

Thèse de Doctorat de l'Université de Cergy-Pontoise

Ecole Doctorale SCIENCES ET INGENIERIE

Présentée par
Anaïs GENTY-VINCENT

Pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Cergy-Pontoise

Les chancis des vernis et des couches picturales des peintures de chevalet à l'huile

Contribution à la caractérisation physico-chimique, à la connaissance
des mécanismes de formation et aux traitements de restauration

MANUSCRIT

Soutenue publiquement le 26 juin 2017

Devant le jury composé de :

M. Ludovic Pauchard , professeur à l'Université Paris-Saclay	Rapporteur
Mme Caroline Tokarski , professeur à l'Université de Lille 1	Rapporteur
M. Piero Baglioni , professeur à l'Université de Florence	Examineur
Mme Marine Cotte , responsable de la plateforme « X-ray nanoprobe » de l'ESRF	Examineur
M. Patrick Guenoun , directeur de recherche au CEA	Examineur
M. Nicolas Milovanovic , conservateur en chef au Musée du Louvre	Examineur
Mme Nadège Lubin-Germain , professeur à l'Université de Cergy-Pontoise	Directeur de thèse
M. Michel Menu , Directeur du département recherche du C2RMF	Directeur de thèse

Avant-propos

Cette thèse a bénéficié d'un contrat doctoral de l'Université Cergy-Pontoise labélisé par la Fondation des Sciences du Patrimoine du 1^{er} octobre 2013 au 30 septembre 2016 puis d'un financement par la fondation des sciences du patrimoine, du 1^{er} octobre 2016 au 31 juillet 2017, suite à l'obtention d'une bourse de fin de thèse.

Les recherches ont été conduites au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France et au Laboratoire de Chimie Biologique de l'Université Cergy-Pontoise.

Remerciements

Je tiens à remercier Mesdames Marie Lavandier et Isabelle Pallot-Frossard, directrices successives du C2RMF et Monsieur Thierry Brigaud, directeur du Laboratoire de Chimie Biologique de l'Université de Cergy-Pontoise, pour leur accueil au sein de leurs structures.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon directeur de thèse, Michel Menu pour son encadrement suivi, ses conseils avisés et sa bienveillance à mon égard. Je le remercie de m'avoir laissé une très grande liberté dans mes recherches et d'avoir su me faire rencontrer les bonnes personnes au bon moment. Merci de m'avoir fait découvrir l'optique et principalement les phénomènes de diffusion de la lumière. Je te remercie de m'avoir suggéré de regarder les lames de vernis bleutés en lumière transmise. Ce jour-là, il y a eu de magnifiques « couchers de soleil » dans le labo et de nombreuses étoiles dans mes yeux. Eurêka, nous avons fait une première véritable avancée dans la compréhension de l'altération. Grâce à toi ou à cause de toi, je ne regarde plus le ciel et les nuages de la même manière.

Je remercie vivement Nadège Lubin-Germain, ma codirectrice de thèse pour ses nombreux conseils, ses encouragements et son soutien constant. Je la remercie de s'être laissé séduire par notre projet et d'avoir accepté de le codiriger. Merci également d'avoir été chercher 15 kg d'épinards pour notre intervention dans les écoles primaires de Cergy.

Je remercie sincèrement Monsieur Ludovic Pauchard (Professeur, Université Paris-Saclay) et Madame Caroline Tokarski (Professeur, Université de Lille 1) d'avoir accepté de rapporter ce travail. Je remercie également Monsieur Piero Baglioni (Professeur, Université de Florence, Italie), Madame Marine Cotte (Responsable de la plateforme « X-ray nanoprobe » de l'ESRF à Grenoble) Monsieur Patrick Guenoun (Directeur de Recherche au Commissariat à l'Energie Atomique, CEA) et Monsieur Nicolas Milovanovic (Conservateur en chef au Musée du Louvre) pour leur participation au jury de thèse.

Je souhaite remercier très chaleureusement Myriam Eveno de m'avoir permis de réaliser un rêve en travaillant au C2RMF. Je la remercie d'avoir accepté de m'encadrer pour mes stages de licence 3 et de master 1. Quand elle m'a écrit le 10 mars 2011 que j'allais travailler sur une

œuvre du XVII^e qui présente des chancis, nous étions loin d'imaginer que ce n'était que le début d'une aventure ô combien enrichissante, scientifiquement stimulante et passionnante. Merci d'avoir cru en ce projet. Je tiens également à la remercier pour son soutien indéfectible, son écoute et sa très grande disponibilité. Je lui en serai éternellement reconnaissante. Merci à Ina Reiche d'avoir permis notre rencontre.

Je remercie Gilles Bastian pour nos nombreuses discussions sur la peinture et la technique de la peinture à l'huile. Merci de m'avoir conseillée pour la préparation des échantillons modèles. Je le remercie pour ses relectures très artistiques de mes chapitres. J'ai notamment beaucoup aimé les personnages qui font de la luge sur les spectres infrarouges. Je vais les scanner et les garder bien précieusement. Je le remercie également de m'avoir permis de me promener dans la grande galerie du Louvre déserte et d'avoir pu admirer l'ensemble des peintures italiennes dont la Joconde dans des conditions rêvées. Un très bon souvenir.

Je tiens à remercier Elisabeth Ravaud pour ses conseils et son expertise sur la technique picturale et l'étude des traités anciens. Je la remercie vivement de m'avoir permis d'assister à deux reprises à la journée Joconde et d'avoir pu la contempler d'aussi près.

Je souhaiterais remercier Witold Nowik pour son aide précieuse dans les analyses par chromatographie en phase gazeuse. Je le remercie de m'avoir fait découvrir cette technique d'analyse. Merci également pour nos nombreuses discussions sur la compréhension de l'altération.

Je remercie Jacques Uziel pour ses nombreux conseils tout au long de la thèse et pour son aide dans la préparation des échantillons pour la nanotomographie, le roi incontesté de « l'Araldite® ».

Je remercie vivement Isabelle Cabillic pour l'accueil chaleureux qu'elle m'a toujours réservée dans les ateliers de restauration de Versailles. Je la remercie d'avoir pensé à nous signaler toutes les œuvres chancies et notamment de nous avoir prévenus de l'arrivée de l'œuvre très chancie de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, dont l'analyse a permis une avancée majeure dans la caractérisation de l'altération.

Michel, Nadège, Myriam, Gilles, Elisabeth, Witold, Jacques, Isabelle, je tiens à vous remercier tous une nouvelle fois pour votre soutien indéfectible et pour vos relectures attentives du manuscrit.

Je remercie également les stagiaires qui ont contribué à ce travail. Merci à Sarah Lhomme et Estelle Monna, toutes deux étudiantes en 1^{ère} année de 2^e cycle à l'école du Louvre dans le groupe de recherche Conservation Restauration d'avoir choisi les sujets de mémoire que j'avais proposés. Je vous remercie d'avoir poursuivi les études que j'avais entreprises sur les œuvres chancées de la base de données EROS et les traités anciens. Merci à Théo Phan van Song, étudiant à l'école INSA de Rennes, pour son aide inestimable pour les modélisations de la diffusion de la lumière. Merci également à Katerina Pachtova, étudiante en restauration à Paris 1 d'avoir reproduit des traitements actuels sur des systèmes modèles pour en évaluer l'efficacité et la durabilité.

Je remercie François Mirambet, directeur adjoint du département recherche du C2RMF pour ses conseils, ainsi que pour son soutien à une certaine période de ma thèse.

Je voudrais remercier également Anne-Solenn Le Hô de m'avoir accueillie dans le groupe peinture du département recherche du C2RMF.

Je tiens à remercier chaleureusement Christine Andraud du Centre de Recherche sur la Conservation des Collections pour son expertise dans la modélisation de la diffusion de la lumière dans des matériaux stratifiés. Merci d'avoir accepté de co-encadrer le stage de Théo.

Je remercie vivement toute l'équipe de la ligne de nanoimagerie ID16A de l'ESRF à Grenoble. Je remercie Peter Cloetens pour ses conseils et l'algorithme qui permet de corriger la rétractation des prélèvements sous le faisceau pendant les scans. Un grand merci à Alexandra Joita Pacureau, une *local contact* en or. Merci pour ta patience incroyable, ton aide pour la préparation des échantillons et les reconstructions des volumes. Merci également à Julio Da Silva et Rémi Tucoulou. Je vous remercie tous pour votre soutien et vos conseils lors de ma présentation au User Meeting 2016 de l'ESRF dans la session *Nanoscience : X-ray diffraction and coherence*.

Je remercie une nouvelle fois Marine Cotte pour ses conseils avisés et pour nous avoir aidés à trouver une solution pour maintenir les échantillons pendant les scans de nanotomographie X à contraste de phase.

Je remercie à nouveau Piero Baglioni pour son aide précieuse dans la recherche d'un composé adapté pour la restauration des œuvres chancées. Merci de m'avoir accueillie une semaine dans votre laboratoire à l'université de Florence. Un grand merci à Rodorico Giorgi, Laura Chelazzi et Samuele Ciattini pour les analyses par microtomographie X en absorption.

J'adresse également mes sincères remerciements à Bernard Cabane de l'école supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI), pour nous avoir permis d'effectuer des expériences de diffusion des neutrons aux petits angles sur la ligne D11 du réacteur nucléaire de l'institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble. Je le remercie pour son aide dans le traitement des données, leur interprétation, ainsi que nos discussions enrichissantes autour du mécanisme physico-chimique responsable de l'altération.

Je tiens à remercier Helmut Schober, directeur de l'ILL de nous avoir accordé du temps directeur pour réaliser le suivi de l'altération par diffusion des neutrons aux petits angles pendant une journée suite à un premier test concluant quelques mois auparavant. Je remercie également Peter Lindner de la ligne D11 pour son aide dans la mise en place de l'analyse.

La qualité des photographies et de la plupart des macro-photographies présentées dans le manuscrit doit beaucoup au talent des photographes du C2RMF. Un grand merci à Philippe Salinson et Joël Requilé pour les clichés des œuvres du Musée Girodet de Montargis. Merci également à Anne Maigret, Jean-Louis Bellec, Gérard de Puniet, Elsa Lambert, Thomas Clot, et Pierre-Yves Duval. Je vous remercie de vous être arrangés pour que je puisse observer les œuvres avec le microscope numérique 3D dans la salle de prise de vue de Versailles et effectuer des analyses de fluorescence X dans la salle de radiographie. Merci également de m'avoir permis d'utiliser un de vos ordinateurs pour traiter les données de nanotomographie X à contraste de phase beaucoup trop lourdes pour mon ordinateur portable.

Je remercie vivement Eric Laval pour ses nombreux conseils pour les réglages du MEB-FEG. Tu ne pourras pas dire que ce n'est pas une « vraie » thèse, mon dossier contient 1930 clichés, en seconde position derrière Patrice Lehuédé. Patrice, tu es imbattable !! Eric, un grand merci également pour les 4 jours intenses d'analyses par fluorescence X à Versailles et pour nos petites sessions ragots pendant les scans. J'attends toujours les résultats de l'opération « M. ».

Un grand merci à la team AGLAE pour leur présence à mes côtés tout au long de la thèse. Merci à Quentin Lemasson et Thomas Calligaro pour leur aide pour les analyses PIXE et bien plus encore. Merci à Brice Moignard pour la course de la culture, la première et unique expérience sportive de ma vie. Je remercie également Laurent Pichon pour nos nombreuses discussions au labo ou en dehors. Je te remercie pour ton petit côté rebelle et taquin qui m'a parfois fait réagir et notamment cette phrase « *Toi avec la vie que tu mènes à 20 ans, tu vas*

nous faire une de ces crises de la quarantaine ». Mémorable, l'avenir nous dira si tu avais raison.

Je remercie vivement Nathalie Balcar, François Boyer, Yannick Vandenberghe et Michel Dubus, pour leur aide dans la programmation des cycles de vieillissement sur les enceintes climatiques et pour avoir su régler les (très) nombreux problèmes techniques rencontrés.

Je souhaiterai également remercier Vincent Detalle de m'avoir permis d'effectuer des mesures d'épaisseur de vernis par tomographie de cohérence optique qui ont enfin permis de confirmer l'hypothèse que j'avais émise.

Merci à Michel Cloitre de l'ESPCI de m'avoir permis de venir faire des analyses par calorimétrie différentielle à balayage et à François Bargain pour le temps qu'il m'a accordé et son aide pour la détermination des températures de transition vitreuse.

Je tiens à remercier l'ensemble de la filière peinture du département restauration du C2RMF : Lorraine Mailho, Matthieu Gilles, Isabelle Cabillic, Claire Gerin-Pierre Clarisse Delmas, Dominique Martos et Stéphanie Deprouw.

Les œuvres étudiées proviennent de très nombreux musées : musée du Louvre, musée national du château de Versailles et du Trianon, musée de la chasse et de la nature, musée national de la renaissance, musée Girodet, Château de Bussy-Rabutin et des musées des Beaux-Arts de Carcassonne, de Rennes, de Quimper et d'Amiens. Un grand merci aux conservateurs de ces musées qui nous ont permis d'accéder à de magnifiques œuvres chancées et de les étudier. Merci particulièrement à Pascale Gardès et Sidonie Lemeux-Fraitot du musée Girodet de Montargis. Le malheur des uns, l'adage est bien connu, peut parfois faire le bonheur des autres. Je remercie également Arnaud Alexandre de la Direction régionale des affaires culturelles de Bourgogne-Franche-Comté et Magali Béline Droguet du Centre des monuments nationaux de m'avoir permis de faire un test avec le composé développé sur une œuvre du château de Bussy Rabutin. Je remercie Béatrice Sarrazin du Musée national des châteaux de Versailles et du Trianon de m'avoir autorisé à appliquer le produit sur une zone chancée d'une œuvre de la galerie des Cotelles. Merci à Sébastien Allard, Dominique Thiébault et Nicolas Milovanovic du Musée du Louvre d'avoir accepté de faire un test sur *L'Aurore*, une œuvre anonyme du XVII^e siècle de leur collection. Cette œuvre tient une place très particulière dans la thèse. En effet, il s'agit de la première œuvre chancée que j'ai analysée lors de mon stage de Licence 3. Sans elle et sans la demande d'analyse qui avait été faite, cette recherche sur les

chancis n'aurait pas pu voir le jour. Cela me tenait vraiment à cœur et je vous remercie de nous avoir permis d'évaluer l'efficacité du produit sur cette œuvre et ainsi de boucler la boucle en concluant ce projet de la meilleure des manières.

Je tiens à remercier vivement les restaurateurs avec qui j'ai eu la chance d'échanger sur les pratiques actuelles de restauration pour les œuvres chancies et ceux qui ont pris le temps de répondre aux questionnaires. Je remercie plus particulièrement Alice Mohen, Angélique Bigolet, Cécile Descloizeaux, Marie-Ange Laudet-Kraft, Marielle Doyon et Nathalie Pincas. Je remercie très chaleureusement enfin les restauratrices des œuvres sur lesquelles le composé développé dans le cadre de la thèse a été appliqué : Marie Noëlle Laurent, Frédérique Maurier et Agnès Malpel. Merci pour vos commentaires et votre enthousiasme vis-à-vis de son efficacité.

Je remercie très chaleureusement l'ensemble des personnes de la Fondation des Sciences du Patrimoine. Je vous remercie de m'avoir accordée une bourse de thèse qui m'a permis d'approfondir mes travaux. J'aimerais remercier tout particulièrement Romain Thomas pour les séminaires épistémologiques et Anne-Julie Etter pour l'organisation des séminaires et de la formation doctorale. Merci de nous avoir permis de visiter des lieux extraordinaires. Je retiens notamment la visite de l'atelier de restauration de la BnF et celle du réseau hydraulique des fontaines du château de Versailles. Merci pour ces moments de parenthèses dans un emploi du temps bien chargé. Ces journées étaient également l'occasion de retrouver tous les thésards Patrima, que je voudrais également remercier. Les discussions autour de nos projets respectifs ou sur des sujets plus légers ont toujours été très enrichissantes. Merci en particulier à Fabien Pottier, Emilande Apchain, Christophe Meslin, Thibault le Hégarat et Emmanuelle Portugal.

Je voudrais remercier encore de nombreuses personnes au C2RMF. Merci à Abdelkader Ouahrani, c'est toujours un plaisir de discuter avec toi. Merci également à Nathalie Pingaud, Cécile Dazord, Nicolas Mélard, Johanna Salvant, Bruno Mottin (entre autre pour les listes des expositions !!), Christel Doublet, Juliette Langlois, Stanislas Kutas, aux personnels de la documentation et en particulier à Christian David. Merci à Claire Pacheco pour les pièces de théâtre toujours très drôles. Merci aux membres de l'administration pour leur aide : Astrid Moitrieux, Malys Ao, Guylaine Bessarion, Isabelle Marfond, Kadiatou Diaby, Eva Stella-Moragues et Maria Bestard. Merci à Frédéric Leblanc, Dominique Robcis et Manuel Leroux du pavillon Flore. Merci aux équipes de surveillance à Paris et à Versailles et en particulier à Eric Drouin, René Duverger et Nathalie Grambin, merci de nous accueillir avec le sourire le matin.

Je voudrais également remercier mon second laboratoire, le LCB. Je tiens à vous remercier pour votre accueil toujours très chaleureux lors de mes rares passages. Je vous remercie d'être venus me soutenir à la finale de MT180 (ma thèse en 180 secondes) et pour la cérémonie pour le prix des Femmes et des Sciences de l'Université Paris-Seine. Je remercie plus particulièrement Matthaia Ieronymaki, Simon Gonzalez et Gwendoline Petroffe (du LPPI) pour notre mission de diffusion dans les écoles primaires de Cergy autour de la science, de l'art et de la chlorophylle. Un très bon souvenir. En tant que trésorière des RCO 2015, je voudrais remercier Florian Gallier le président de l'association et encore une fois Simon le secrétaire/webmaster pour l'organisation des rencontres de chimie organique 2015. Merci également à Nicolas Pasternak pour les nombreux SMS d'encouragements et de soutien. Enfin, merci à Evelyne Chelain, Pascal Griesmar, Nadège Riegel et Sylvaine Girard pour votre aide et vos conseils pour les Travaux Pratiques de chimie organique et inorganique.

Je remercie Marc Montrol pour le temps qu'il a accordé aux dernières relectures.

Je voudrais remercier toute la bande du C2RMF dont la composition a sensiblement évolué au fil du temps : Anita, Marine, Lucile, Marion, Victor, Marie, Karim, Charlotte, Tiphaine, Manon, Maxime, Gauthier, Florian, Fanny, Pierre, Amra, Baptiste, Kilian, Solène, Jérôme, Nicolas et les nombreux stagiaires. Merci à tous pour votre bonne humeur et votre présence à mes côtés surtout ces dernières semaines. Anita, merci ma « *gourmette* » de m'avoir fait découvrir autant de pâtisseries dans Paris, pour nos pauses Mezzo di Pasta ou Positano et pleins d'autres choses. Merci à Marine pour son soutien et les pauses en salle de microtopo. Merci à Victor, mon voisin de bureau pendant 3 ans pour nos nombreuses discussions scientifiques ou non... Merci pour tous tes conseils pour la fin. Merci à Marion pour les petits intervalles de détente dans son bureau et surtout pour ses mots d'encouragements à Technart. Merci à Gianluca, le plus français des italiens !! Ça va me manquer de plus t'entendre râler et te plaindre. Merci Maxime de ne pas avoir totalement aplati mes vernis. Merci à Lucile pour nos sessions de travail nocturnes, les regards qui veulent tout dire, les sessions google images et surtout l'appellation des couleurs selon le référentiel OPI. Il n'y a que toi pour faire ça !!! Merci également au professeur Roisine.

Je voudrais également remercier ceux qui m'ont permis de me changer les idées à l'extérieur. Merci en premier lieu à Anissa et Thomas pour nos soirées dans le Nord et nos longues conversations téléphoniques. Merci à Loïc et Aleksandra et toute la petite bande qui gravite autour de vous Glen, Pauline, Delphine, Valentin, Estelle, Simon, Camille... C'est toujours un plaisir de vous retrouver. Merci également à Alice, Armelle, Aimie, Clément,

Virginie... Merci à la bande d'Estelle, même si elle se rétrécit d'années en années pour les soirées et les balades nocturnes estivales.

Je remercie également ma famille. Merci en particulier à ma grand-mère, mes oncles, Nicolas, Gisèle et Marie-Pierre.

Un grand merci à mes parents. Je vous remercie pour toutes nos escapades culturelles à travers le monde et pour tous les musées et les expositions où vous m'avez emmenée ; dans un porte bébé pour les premières ! Merci de m'avoir fait découvrir tant de choses et appris à regarder une œuvre d'art avec un œil critique. Je vous remercie d'avoir fait naître cet intérêt pour l'art. Merci de m'avoir fait regarder Arte plutôt que les télérealités !! Ce n'est pas devant le LOFT que j'aurais découvert le C2RMF. Je vous en suis maintenant avec le recul très reconnaissante. Je vous remercie de m'avoir permis de faire des breaks à la campagne de temps à temps pour me ressourcer, que ce soit à Sandillon ou à Estelle. Ah et oui, je vous remercie aussi pour les relectures de ce manuscrit. Merci à mon père pour son aide précieuse pour l'étude des filiations maîtres-élèves. Je garderai un très bon souvenir de ce week-end studieux.

Un très grand merci à ma sœur Ysaulde, d'avoir toujours été présente, que ce soit pour faire des pauses makis ou des pauses éclairs à *L'éclair de Génie*. Merci pour les sessions potins, nos délires et nos fous rire !!! Merci aussi à Rémy, le GI.

Merci à Donovan pour ces derniers mois. Une *mitsubachi* au top pour me changer les idées et me soutenir.

Table des matières

Avant-propos.....	3
Remerciements.....	5
Liste des figures	19
Liste des tableaux	29
Liste des abréviations.....	31
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	33
CHAPITRE I : LES CHANCIS DE VERNIS ET DE COUCHES PICTURALES : ETAT DE L'ART ET HYPOTHESES PRELIMINAIRES.....	37
1. La peinture à l'huile.....	41
1.1. Historique.....	41
1.2. Stratigraphie d'une peinture de chevalet	43
1.3. Les constituants d'une peinture à l'huile	44
1.3.1. Le support et sa préparation	44
1.3.2. Les couches picturales.....	45
1.3.2.1. Les huiles	46
1.3.2.2. Les pigments et les colorants	47
1.3.2.3. Les additifs.....	48
1.3.3. Les couches de vernis.....	48
1.3.3.1. Les vernis naturels.....	49
1.3.3.2. Les vernis synthétiques	50
2. Les chancis de vernis et de couches picturales.....	50
2.1. Terminologie	50
2.1.1. Etymologie.....	50
2.1.2. Sémantique	51
2.1.2.1. Dans le vocabulaire courant.....	51
2.1.2.2. Dans le domaine de la conservation-restauration des peintures.....	53
2.2. Définition	55

2.3.	Les hypothèses préliminaires.....	57
2.3.1.	Influence des paramètres externes.....	57
2.3.2.	Hypothèses concernant la nature des chancis.....	59
2.3.2.1.	Les chancis de vernis	60
2.3.2.2.	Les chancis de couches picturales	60
2.4.	Terminologie anglaise pour désigner la notion de blanchiment	64

CHAPITRE II : CONTEXTE HISTORIQUE, MATERIEL ET TECHNIQUE DES ŒUVRES CHANCIÉS DE LA BASE DE DONNÉES EROS DU C2RMF..... 69

1.	Présentation de la méthodologie	74
1.1.	Recensement	74
1.2.	Collecte des données	75
1.3.	Analyses des données.....	76
2.	Résultats et discussion	76
2.1.	Etude de la localisation du chanci au sein de l'œuvre	76
2.2.	Influence des interventions antérieures et des conditions de conservation.....	78
2.3.	Influence du siècle d'exécution.....	81
2.4.	Influence de la nature du support	85
2.5.	Influence du lieu de création, du pays d'origine, de l'atelier du peintre.....	89
3.	Conclusion	96

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES..... 99

1.	Présentation des corpus de peintures anciennes	104
1.1.	Corpus 1 : sélection initiale.....	104
1.2.	Corpus 2 : musée Girodet, Montargis.....	108
1.3.	Corpus 3 : peintures traitées avec le produit développé.....	111
2.	Echantillons modèles.....	112
2.1.	Les couches picturales	113
2.1.1.	Série 1 : caractérisation et compréhension de l'altération.....	113
2.1.2.	Série 2 : caractérisation et compréhension de l'altération.....	114
2.1.3.	Série 3 : étude des traitements de restauration	117
2.2.	Les vernis.....	117
2.2.1.	Série 1 : caractérisation et compréhension de l'altération.....	117
2.2.1.1.	Les vernis naturels.....	117
2.2.1.2.	Les vernis synthétiques	118
2.2.2.	Série 2 : étude des traitements de restauration	118

3. Techniques d'imagerie et d'analyse	119
3.1. Microscopie numérique 3D et microscopie optique	120
3.2. Microscopie électronique à balayage couplée à un spectromètre à dispersion d'énergie 121	
3.2.1. Préparation des échantillons.....	122
3.2.2. Conditions expérimentales.....	124
3.3. Spectroscopie UV-Visible	124
3.4. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.....	126
3.5. Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse	126
3.6. Spectroscopie de fluorescence X	127
3.7. Calorimétrie différentielle à balayage.....	129
3.8. Tomographie de cohérence optique.....	129
3.9. Emission X induite par particules chargées.....	130
3.10. Synchrotron-nanotomographie à contraste de phase (ID16A – ESRF)	133
3.10.1. Préparations des échantillons	136
3.10.2. Conditions expérimentales.....	137
3.10.3. Traitement des données	139
3.11. Micro-tomographie X en absorption	139
3.12. Diffusion des neutrons aux petits angles (D11 – ILL)	140
3.12.1. Intégrale de l'intensité diffuse	142
3.12.2. Limite aux grandes valeurs de q de l'intensité diffusée	143
4. Conclusion	145

**CHAPITRE IV : CARACTERISATION MULTI-EHELLE ET SIMULATIONS NUMERIQUES DE
L'ALTERATION.....147**

1. Caractérisation multi-échelle des chancis de vernis et de couches picturales.....	152
1.1. Echelle macroscopique	152
1.1.1. Les chancis de vernis	152
1.1.2. Les chancis de couches picturales	158
1.2. Echelles micro et nanoscopique	163
1.2.1. Les chancis de vernis	163
1.2.2. Les chancis de couches picturales	169
2. Les chancis : un phénomène optique.....	174
2.1. Rappels sur les théories de diffusion de la lumière	174
2.2. Explication de l'apparence visuelle des couches altérées.....	176
2.2.1. Cas des chancis de vernis	176

2.2.2.	Cas des chancis de couches picturales	178
2.3.	Modélisation de la diffusion de la lumière dans des couches poreuses.....	178
2.3.1.	Méthodologie employée pour la modélisation	179
2.3.1.1.	Résolution de l'équation de transfert radiatif (ETR) par le modèle 4-flux	179
2.3.1.2.	Approche méthodologique pour la modélisation	181
2.3.1.3.	Détermination des paramètres colorimétriques CIE L*a*b*	182
2.3.2.	Modélisations de la diffusion de la lumière dans des couches de vernis.....	183
2.3.2.1.	Impact de la taille des pores.....	183
2.3.2.2.	Impact de la distribution de taille des pores	184
2.3.2.3.	Impact de la concentration en pores et de l'épaisseur de la couche	184
2.3.2.4.	Conclusion pour les couches de vernis.....	186
2.3.3.	Modélisations de la diffusion de la lumière dans des couches picturales	186
2.3.3.1.	Modélisations de couches de terre d'ombre et de terre verte non altérées	186
2.3.3.2.	Impact de la concentration en pores et de l'épaisseur de la couche	187
2.3.3.3.	Impact de la taille des pores.....	188
2.3.3.4.	Conclusion pour les couches picturales.....	189
3.	Conclusion	190

CHAPITRE V : MECANISMES PHYSICO-CHIMIQUES RESPONSABLES DE LA FORMATION DES PORES.....193

1.	Etude de la formation des pores dans les vernis	198
1.1.	Hypothèse 1 : dégradation chimique de la matière ?.....	198
1.2.	Hypothèse 2 : dissolution de constituants ?	200
1.3.	Hypothèse 3 : expansion de la matière ?.....	200
1.4.	Hypothèse 4 : modification de la température de transition vitreuse ?.....	202
1.5.	Suivi de l'altération par diffusion des neutrons aux petits angles	204
1.5.1.	Intensité de la diffusion des différents vernis - contenu en eau	204
1.5.2.	Rayons des régions aqueuses.....	205
1.6.	Expériences complémentaires	206
1.6.1.1.	Effet de la température	206
1.6.1.2.	Effet du pH.....	207
1.6.1.3.	Effet de l'ajout de saccharose dans l'eau d'immersion	208
1.6.1.4.	Effet de la quantité de solvant	208
1.7.	Discussion	209
1.7.1.	Les vernis naturels : des matériaux micro-ségrégés.....	210
1.7.2.	Invasion des groupements par H ₂ O ou D ₂ O	218
1.7.3.	Diffusion de l'eau	221

1.7.4.	Augmentation de la taille des régions aqueuses lors de l'hydratation	223
1.7.5.	Phénomènes induits par la déshydratation	225
1.8.	Influence du support et des couches picturales sous-jacentes	227
1.9.	Pourquoi les vernis synthétiques ne chancissent-ils pas ?.....	231
2.	Etude de la formation des pores dans les liants des couches picturales	232
2.1.	Résultats.....	232
2.2.	Discussion	237
3.	Conclusion	240
 CHAPITRE VI : RESTAURATION DES PEINTURES DE CHEVALET CHANCIES		243
1.	La restauration des peintures chancies : état de l'art.....	248
1.1.	Stratégie n°1 : emploi de substances filmogènes	249
1.2.	Stratégie n°2 : emploi de solvants	250
1.2.1.	Solvants sous forme vapeur (Procédé Pettenkofer et variantes).....	250
1.2.2.	Solvants sous forme liquide	258
2.	Etudes des traitements actuellement utilisés	259
2.1.	Les chancis de vernis.....	260
2.2.	Les chancis de couches picturales.....	262
3.	Proposition d'une alternative innovante	267
3.1.	Solvants eutectiques	267
3.2.	Composés perfluorés	272
3.2.1.	Tests sur les pigments	273
3.2.2.	Tests sur des systèmes modèles	273
3.2.3.	Tests sur des peintures anciennes chancies.....	277
4.	Préconisations.....	280
5.	Conclusion	280
 CONCLUSION GÉNÉRALE		283
 Bibliographie		293

Liste des figures

Figure 1-1 : Schéma de la stratigraphie d'une peinture de chevalet	44
Figure 1-2 : a) Chanci de vernis, Louis Crignier, <i>Jeanne d'Arc en prison</i> , 1824, Musée de Picardie, peinture à l'huile sur toile, école française, Musée des Beaux-Arts d'Amiens, N° d'inventaire : MP récol.90.2.83, C2RMF72785, photographie en lumière directe (détail) © C2RMF/Anne Maigret ; b) Chanci de couche picturale, Jean-Baptiste Siméon Chardin, <i>Les attributs des arts</i> , 1765, peinture à l'huile sur toile, école française, Musée du Louvre, N° d'inventaire : INV 3199, F768, photographie en lumière directe (détail) © C2RMF/Pierre-Yves Duval	56
Figure 2-1 : Etude de la couleur des couches chancies pour les œuvres des corpus 371 (en bleu) et 80 pour lequel la mention chanci de couche picturale est plus clairement identifiée (en vert).	77
Figure 2-2 : Proportion d'œuvres des corpus 371 et 80 ayant été rentoilées, transposées ou refixées (en % par rapport aux nombre total d'œuvres du corpus)	79
Figure 2-3 Représentation graphique du nombre de tableaux chancis en fonction de leur siècle d'exécution dans le corpus de 371 œuvres (en bleu) et 80 (en vert)	82
Figure 2-4 : Proportion de tableaux chancis parmi les tableaux documentés dans la base EROS classés en fonction du siècle d'exécution pour le corpus 371 (en bleu) et le corpus 80 (en vert)	83
Figure 2-5 : Représentation graphique du nombre de tableaux chancis en fonction de la nature du support dans le corpus de 371 œuvres (en bleu) et 80 (en vert)	86
Figure 2-6 : Proportion de tableaux chancis parmi les tableaux documentés dans la base EROS en fonction de la nature du support pour le corpus 371 (en bleu) et le corpus 80 (en vert)	86
Figure 2-7 : Répartition des œuvres du corpus 371 suivant la nature du support et le siècle auxquels elles ont été exécutées	87
Figure 2-8 : Représentation graphique du nombre de tableaux chancis en fonction du pays dans le corpus de 371 œuvres (en bleu) et 80 (en vert)	90
Figure 2-9 : Proportion de tableaux chancis parmi les tableaux documentés dans la base EROS classés par pays pour le corpus 371 (en bleu) et le corpus 80 (en vert)	90
Figure 2-10 : Répartition géographique et temporelle des œuvres du corpus constitué de 371 œuvres.	91
Figure 2-11 : Répartition géographique et temporelle des œuvres du corpus constitué de 80 œuvres.	92

Figure 2-12 : Etude des filiations maîtres-élèves pour les écoles italiennes (a, b et c) et flamandes (d). Les peintres entre parenthèses ne sont pas présents dans notre corpus.....	93
Figure 2-13 : Corpus 371 : étude des filiations maîtres-élèves. Les peintres suivis d'une étoile (*) ne sont pas des élèves mais des collaborateurs et ceux entre parenthèses ne sont pas présents dans notre corpus.....	94
Figure 3- 1 : a) Eprouvette © C2RMF/Jean-Louis Bellec ; b) Enceinte Atlas SUNTEST XXL+ ; c) Lampe arc Xénon.....	113
Figure 3-2 : Photographie des liants préparés selon les recettes 1 et 2	115
Figure 3- 3 : Photographie de l'ensemble des éprouvettes en lumière visible (détails) avant vieillissement en enceinte climatique préparées à partir de deux recettes avec 4 pigments (terre d'ombre, terre verte, noir d'os et azurite) avec ou sans carbonate de calcium. Les pourcentages renvoient aux proportions massiques des différents composés chimiques.	116
Figure 3- 4 : Examen par microscopie numérique 3D. a) Anonyme, <i>L'Aurore</i> , huile sur toile, n° d'inv. 8690, Musée du Louvre ; b) Anne-Louis Girodet-Trioson, <i>Hector Becquerel</i> , huile sur toile, n° d'inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson.	121
Figure 3- 5 : a) Support en carbone utilisé pour analyser les prélèvements au MEB-FEG ; b) Coupe stratigraphique en KBr.....	123
Figure 3- 6 : Espace des couleurs CIELAB	125
Figure 3-7 : a) Système de fluorescence X portable ponctuel. Analyse de l'œuvre de François-Louis Dejuinne, <i>Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier</i> ; b) Système de cartographie 2D. Analyse de l'œuvre de Anne Louis Girodet-Trioson et/ou Jean-Pierre Pequinot, <i>Chasseur dans un paysage</i>	127
Figure 3- 8 : Montage pour les analyses de vernis par OCT.....	130
Figure 3-9 : Analyse de résine par PIXE.....	132
Figure 3- 10 : Nature des interactions en fonction de la distance D échantillon-détecteur. La tomographie en contraste de phase est une technique dite de champ proche reposant sur la diffraction de Fresnel.	135
Figure 3- 11 : Configuration de la ligne ID16A pour les analyses en nano-holotomographie s'appuyant sur l'utilisation d'un faisceau divergent et l'acquisition de projections brutes à 4 distances échantillon-détecteur.....	135
Figure 3- 12 : Différents protocoles utilisés pour fixer les micro-prélèvements lors des acquisitions de nano-holotomographie.....	137
Figure 3- 13 : Ligne de lumière de nano-imagerie, ID16A © ESRF/ID16A.....	138
Figure 3- 14 : Processus de traitement des données : des hologrammes bruts au volume.....	139
Figure 3- 15 : Montage utilisé pour fixer les micro-prélèvements lors des acquisitions de microtomographie.	140

Figure 3- 16 : Représentation schématique de la ligne D11 de l'ILL et de notre expérience.141

Figure 3- 17 : a) Détermination de l'intégrale de l'intensité diffusée à différents temps d'immersion pour le vernis noté D+T0.1. L'axe des abscisses correspond au vecteur de diffusion q et l'axe des ordonnées aux valeurs de $q^2I(q)$. b) Contenu en D₂O dans le film de vernis en fonction du temps d'hydratation..... 143

Figure 3- 18 : a) Détermination de la limite aux grandes valeurs de q de l'intensité diffusée pour le vernis D+T0.1 à différents temps d'immersion. L'axe des ordonnées correspond à l'intensité diffusée $I(q)$ et l'axe des abscisses à q^{-4} . Les droites noires sont les régressions linéaires définies par l'équation suivante $I(q) = aq^{-4} + b$, où a est la pente de Porod et b l'intensité du bruit de fond. b) Détermination du rayon moyen des régions aqueuses d'après l'équation /7/. 144

Figure 4-1 : Détails de tableaux chancis avec perte de transparence partielle a) et b) ou totale c) et d). a) Frans Francken le Vieux (att. à), *Scène de la Passion ; Jésus insulté*, huile sur cuivre, n° inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis ; b) Matteo de Pittochi Ghidoni, *Le Christ guérissant les paralytiques*, huile sur toile, n° inv. 874.6, Musée Girodet, Montargis ; c) Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens © C2RMF/A. Maigret; d) Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson*, huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson. .. 153

Figure 4-2 : Images au microscope numérique 3D d'une couche chancie pulvérulente. Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens 153

Figure 4-3 : Images au microscope numérique 3D de couches opacifiées homogènes. a) Albert Gleize, *Les acrobates*, huile sur carton, n° inv. 978.3, Musée Girodet Montargis ; b) Matteo de Pittochi Ghidoni, *Le Christ guérissant les paralytiques*, n° inv. 874.6, Musée Girodet, Montargis ; c) Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens ; d) Eugène Giraud, *Muletiers espagnols* (esquisse), huile sur bois, n° inv. 885.8, Musée Girodet, Montargis. 154

Figure 4-4 : Images au microscope numérique 3D de chancis localisés en bordures de craquelures. a) Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson*, huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis.; b) François-Hippolyte Debon, *Portrait d'Alexandre Dumeis*, huile sur toile, n° inv. 874.28, Musée Girodet, Montargis ; c) Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis ; d) Jean-Joseph-Xavier Bidault (att. à), *Vue de Subiaco*, huile sur papier marouflé sur bois, n° inv. 015.1.1, Musée Girodet, Montargis..... 155

Figure 4-5 : Images au microscope numérique 3D de chancis autour de germes de craquelures. a) et b) Alexandre Dumeis, *Intérieur de l'église de Montargis avant sa restauration*, huile sur toile, n° inv. 874.21, musée Girodet, Montargis 156

Figure 4-6 : Images au microscope numérique 3D de chancis sur des réseaux d'écailles. a) Image en 2D ; b) Représentation 3D de deux écailles de la zone précédente. L'altération est progressive, des bords vers le centre. ...Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens. 156

Figure 4-7 : Photographie en lumière visible a) François-Hippolyte Debon, *Portrait d'Alexandre Dumeis*, huile sur toile, n° inv. 874.28, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinon ; b) Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson*, huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinon; c) Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinon ; d) François-Louis Dejuinne, *Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier*, huile sur toile, n° inv. 006.1.1 ; Musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Requilé. Pour les œuvres a) et b), il ne s'agit pas d'un dévernisage sélectif. La fluorescence du vernis est homogène sur les photographies en lumière UV (cf Annexe 3). 157

Figure 4-8 : a) Photographie en lumière visible (détail). Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinon ; b) et c) Images au microscope numérique 3D. 158

Figure 4-9 : a) Jean-Baptiste Siméon Chardin, *Les attributs des arts*, huile sur toile, n° inv. INV 3199, Musée du Louvre © C2RMF/P.-Y. Duval ; b) Jean-Marc Nattier (atelier de), *Portrait de Louise-Marie de France, dite Madame Louise*, huile sur toile, n° inv. MV 4442, Musée National du château de Versailles et Trianon © C2RMF/T. Clot ; c) Otto Marseus van Schrieck, *Chardons, écureuil, reptiles et insectes*, huile sur toile, n° inv. 873.1.367, Musée des Beaux-Arts de Quimper ©C2RMF/ J.-L. Bellec ; d) Johannes van der Bent, *Paysage, figures et animaux*, huile sur toile, n° inv. 794.1.1, Musée des Beaux-arts de Rennes © C2RMF/A. Maigret ; e) Anonyme, *Descente de croix*, huile sur bois, n° inv. 890.9.145, Musée des Beaux-Arts de Carcassonne ©C2RMF/T. Clot ; f) et g) Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre © C2RMF/J.-L. Bellec 159

Figure 4-10 : Relevé des zones chancies (adapté d'un relevé de la restauratrice Alice Mohen). Les points rouges matérialisent les zones chancies. Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre © C2RMF/J.-L. Bellec..... 160

Figure 4-11 : Décomposition de type luminance-chrominance dans le système colorimétrique CIELAB de photographies de détails de l'œuvre anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre © C2RMF/J.-L. Bellec. Le chanci correspond à un éclaircissement (paramètre L*) non associé à un changement de couleur (paramètres a* et b*)..... 161

Figure 4-12 : Images de microscopie numérique 3D de chancis de couche picturale. Champ de vue 2.2 mm pour les images a), b) et c) et 713 µm pour l'image d). a) et b) Louis de Silvestre, *La visitation*, huile sur toile, inv. 009.5.16, Musée Girodet, Montargis ; c) et d) Jean Cotelle le Jeune, *Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant*, huile sur toile, n° inv. MV735, Musée National du château de Versailles et Trianon 162

Figure 4-13 : Caractérisation de l'échantillon n° 5 de l'œuvre de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*. a) Observation de la tranche du prélèvement par microscopie numérique 3D. 1) préparation blanche ; 2) couche picturale brun foncé 3-5) couches de vernis ; b) Surface du prélèvement en lumière visible (gauche) et avec un filtre B-2A (droite)..... 163

Figure 4-14 : Caractérisation microscopique et nanoscopique du prélèvement n°5 de l'œuvre de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, au MEB-FEG. a) Observation de la tranche du prélèvement mettant en évidence la présence de porosités dans la couche 3 chancie ; b) et c) Surface de la couche 3. Barres d'échelle : 1µm. 164

Figure 4-15 : Caractérisation microscopique et nanoscopique au MEB-FEG de chancis de vernis. a) Jean Cotelle le Jeune, *Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant*,

huile sur toile, n° inv. MV735, Musée National du château de Versailles et Trianon, Prélèvement 3, grandissement x 4000, barre d'échelle : 1 μm ; b) même œuvre, grandissement x 10 000, barre d'échelle : 1 μm ; c) Collection privée, grandissement x 1600, barre d'échelle : 10 μm ; d) même œuvre, grandissement x 10 000, barre d'échelle : 1 μm 165

Figure 4-16 : Léonard de Vinci, *Saint Jean-Baptiste*, huile sur bois, n° inv. INV 775/MR 318, Musée du Louvre. Coupe stratigraphique enrobée en KBr du prélèvement 1, a) en lumière visible, b) avec un filtre B-2A, c) au MEB-FEG c) pour laquelle les points noirs correspondent à des pores. 166

Figure 4-17 : Photographies en lumière réfléchie (sur fond noir) d'une couche de vernis mastic de la marque Sennelier à différents stades d'altération, correspondant aux durées d'immersion des vernis dans de l'eau ultrapure à température ambiante. 166

Figure 4-18 : Observation de la tranche de prélèvements issus des éprouvettes de vernis mastic au MEB-FEG au même grandissement à différents temps d'immersion : a) T=1.5 jours ; b) T=5.5 jours ; c) T=31 jours. barres d'échelle : 1 μm ; 167

Figure 4-19 : Distribution de la taille des pores pour les échantillons T1.5 (en noir), T5.5 (en vert) et T31 (en rouge). 168

Figure 4-20 : Coexistence de bleuissement et de chancis sur le vernis. Frans Francken le Vieux (att. à), *Scène de la Passion ; Jésus insulté*, huile sur cuivre, n° inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis 169

Figure 4-21 : Caractérisation microscopique et nanoscopique au MEB-FEG de couches picturales non chancie a) c) et chancie b) d) au même grandissement. Barre d'échelle : 1 μm . a) et b) Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre, prélèvements A et B; c) et d) Jean-Marc Nattier (atelier de), *Portrait de Louise-Marie de France, dite Madame Louise*, huile sur toile, n° inv. MV 4442, Musée National du château de Versailles et Trianon, prélèvements 1 et 2. 170

Figure 4-22 : a) Photographies des éprouvettes de terre verte non altérée et altérée préparées avec le liant de la seconde recette, avec ajout de carbonate de calcium ; b) Images par microscopie numérique 3D de la tranche de l'éprouvette altérée ; c) Image MEB-FEG de la tranche de l'éprouvette ; d) Détail de la partie altérée. Barres d'échelles des images MEB-FEG : 10 μm 171

Figure 4-23 : Détails de deux coupes transversales reconstituées après traitement d'image. a) Johannes van der Bent, *Paysages, figures et animaux*, prélèvement 2. b) Otto Marseus van Schrieck, *Chardons, écureuil, reptiles et insectes*, prélèvement 1. Les analyses par nanotomographie à contraste de phase mettent en évidence la présence de pores dans le liant organique. 172

Figure 4-24 : Volume correspondant à une épaisseur de 2.5 μm (50 coupes transversales) reconstitué, après traitement d'image du prélèvement présenté figure 4-23a. 173

Figure 4- 25 : Schéma de l'extinction du faisceau incident par une particule sphérique (Jarrige 2012). 174

Figure 4-26 : Intensité diffusée en fonction de la longueur d'onde selon la théorie de Rayleigh 176

Figure 4- 27 : Photographies en lumière réfléchie (sur fond noir) et transmise d'une couche de vernis mastic Sennelier à différents stades d'altération.	177
Figure 4-28 : Coexistence des diffusions Rayleigh et Mie au sein d'une même couche de vernis chancie. Images au microscope numérique 3D. a) Louis Crignier, <i>Jeanne d'Arc en prison</i> , huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens b) Frans Francken le Vieux (att. à), <i>Scène de la Passion ; Jésus insulté</i> , huile sur cuivre, n° inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis.....	178
Figure 4-29 : Représentation schématique du modèle 4-flux : deux flux collimatés (J et I) et deux flux diffus (j et i) traversent une couche éclairée par un rayonnement incident collimaté. Le modèle 4 flux calcule la réflectance collimatée-collimatée R_{cc} , la réflectance collimatée-diffuse R_{cd} , la transmittance collimatée-collimatée T_{cc} et la transmittance collimatée-diffuse, T_{cd}	180
Figure 4-30 : Parties réelle (n) et imaginaire (k) de l'indice optique complexe du vernis mastic, de l'huile de noix, de la terre d'ombre et de la terre verte en fonction de la longueur d'onde.....	182
Figure 4-31 : Réflectance collimatée R_{cc} , réflectance diffuse R_{cd} , transmittance collimatée T_{cc} et transmittance diffuse T_{cd} et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction du rayon des pores pour une longueur d'onde de 550 nm, une concentration en pores de 30 % et une épaisseur de 40 μm . La taille des points est proportionnelle aux rayons des pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée.	183
Figure 4-32 : Réflectance collimatée R_{cc} , réflectance diffuse R_{cd} , transmittance collimatée T_{cc} et transmittance diffuse T_{cd} et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction de la concentration en pores pour deux rayons (25 et 250 nm), une longueur d'onde de 550 nm et une épaisseur de 40 μm . La taille des points est proportionnelle à la concentration en pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée (bleu pour les pores de 25 nm et gris pour les pores de 250 nm).	185
Figure 4-33 : Comparaison entre réflectance mesurée et réflectance simulée ($R_{cc} + R_{cd}$) d'une couche de terre d'ombre et de terre verte non altérée.	187
Figure 4-34 : Réflectance totale ($R_{cc} + R_{cd}$) pour une longueur d'onde de 550 nm, un rayon de pores de 500 nm et une épaisseur de 40 μm et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction de la concentration en pores. La taille des points est proportionnelle à la concentration en pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée.	188
Figure 4-35 : Réflectance totale ($R_{cc} + R_{cd}$) pour une longueur d'onde de 550 nm, une concentration en pores de 30 % et une épaisseur de 40 μm et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction de la taille des pores. La taille des points est proportionnelle à la concentration en pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée.	189
Figure 4-36 : Correspondance entre l'apparence visuelle de la couche, la taille des pores et le phénomène optique impliqué.	190

Figure 5-1 : Prélèvements de vernis issus de l'œuvre <i>Jeanne d'Arc en prison</i> de Louis Crignier. a) Spectres IRTF d'un prélèvement non altéré (en noir), altéré (en vert) et très altéré (en rose) b) Chromatogrammes GC-MS d'un prélèvement non altéré (en noir) et très altéré (en rose). Les triangles noirs correspondent aux dérivés d'oléanoate.....	199
Figure 5-2 : Image au microscope numérique 3D mettant en évidence une expansion de la matière dans les zones chancies.	201
Figure 5-3 : Analyses OCT de systèmes modèles avant et après immersion pendant 1,5 jours de deux vernis naturels. a) Résine dammar HMB-BDA dans de l'essence de térébenthine ; b) résine mastic RN18, Art & conservation, dans de l'essence de térébenthine. Le support correspond à un scotch blanc sur un système incliné pour limiter les artefacts dus à la réflexion de la lumière.....	201
Figure 5-4 : a) Comparaison des courbes de DSC du mastic Sennelier non chanci et chanci. b) Valeur des températures de transition vitreuses des vernis Dammar HMB + T et Mastic Sennelier non chancis et chancis.	202
Figure 5-5 : Valeurs des températures de transition vitreuse des vernis D+T, M+T et D+WS avant et après 7, 15 et 21 jours d'immersion dans de l'eau ultra pure. L'erreur liée à la détermination des valeurs est d'environ 1 à 2 °C.....	203
Figure 5-6 : Suivi cinétique de l'altération pour 5 couches de vernis. Quantité relative d'eau absorbée par les vernis (liée au volume des pores présents dans la couche) en fonction du temps d'hydratation. D : dammar ; M : Mastic ; T : essence de térébenthine ; WS : white spirit ; 0.1 et 0.2 : simple et double épaisseur.	204
Figure 5-7 : Evolution des rayons moyens des régions hydratées en fonction du temps d'hydratation.	205
Figure 5-8 : Macrophotographies de couches de vernis immergées dans de l'eau pendant 5h30 à température ambiante, au soleil et au réfrigérateur.	207
Figure 5-9 : Macrophotographies de couches de vernis immergées pendant 5 jours à température ambiante dans de l'eau à différents pH : acide, neutre et basique.	207
Figure 5-10 : Macrophotographies de couches de vernis immergées pendant 4 jours à température ambiante de l'eau ultra pure et de l'eau saturée en saccharose.	208
Figure 5-11 : Macrophotographies d'un vernis mastic Sennelier avec différents pourcentages d'essence de térébenthine immergé pendant 18h dans de l'eau ultra pure à température ambiante.	209
Figure 5-12 : Structure de la partie polymère des résines dammar et mastic.....	210
Figure 5-13 : Dissolution de la résine Dammar RN18, Art & Conservation dans de l'essence de térébenthine (T) et du white spirit (WS). A part les impuretés, la totalité de la résine est dissoute dans l'essence de térébenthine. En revanche dans le white spirit, un résidu reste insoluble.	213
Figure 5-14 : Concentration en calcium, potassium et sodium dans les différents vernis	214
Figure 5-15 : Formation d'un dimère par des ponts hydrogène.	216

Figure 5-16 : Quadruplets d'acides carboxyliques et de carboxylates métalliques.	217
Figure 5-17 : Modèle d'Eisenberg-Hird-Moore décrivant la formation d'une structure hiérarchique dans les ionomères : paire d'ion > multiplet > cluster ionique > ionomères. Tiré de Hohlbein <i>et al.</i> 2015.	217
Figure 5- 18 : Structure présumée des vernis naturels (adaptée de Ward et Tobolsky, 1967).	218
Figure 5-19 : Modèle de la cinétique de pénétration de l'eau dans les films de vernis. A l'état initial, le vernis appliqué sur un substrat est immergé dans de l'eau, qui pénètre ensuite progressivement dans la couche par diffusion. La distribution inhomogène de l'eau dans un plan parallèle à la surface à une épaisseur z est ignorée.	221
Figure 5- 20 : Modélisation à partir de la loi de Fick de la quantité relative totale d'eau présente dans les couches de vernis, en fonction du temps.....	222
Figure 5- 21 : Images MEB d'un échantillon modèle de vernis dammar mettant en évidence une augmentation de la taille des pores selon un phénomène de murissement d'Ostwald. Barres d'échelle : 1 µm.	224
Figure 5-22 : Pierre-François-Eugène Giraud, <i>Souvenir de la Sierra Nevada</i> (esquisse) dit aussi <i>Les Muletiers espagnols</i> , entre 1846 et 1850, N°d'inv. 885.8, huile sur bois, Musée Girodet, Montargis. a) photographie en sortie de réserve. La surface de l'œuvre présente des traces de boue mais paraît peu chancie © Musée Girodet b) photographie effectuée 6 mois après l'inondation © C2RMF/J. Réquillé.....	226
Figure 5-23 : Comparaison entre le spectre obtenu pour le prélèvement Aurore 1 bis (équivalent de la coupe 17244) en bleu et le spectre de référence du carbonate de calcium en noir.	233
Figure 5-24 : Macrophotographies (détails) des échantillons modèles de la série 2 préparés selon 2 recettes à partir de 4 pigments (terre d'ombre, terre verte, noir d'os, azurite) avec ou sans carbonate de calcium. La moitié des lames a été placée en environnement humide dans une enceinte climatique pour favoriser l'apparition de l'altération.	236
Figure 5-25 : Structure d'un triglycéride. R ₁ , R ₂ et R ₃ sont des chaînes hydrocarbonées linéaires, principalement C16 et C18 saturés ou avec 1 à 3 insaturations.....	237
Figure 5- 26 : Principaux acides gras des huiles siccatives.....	237
Figure 5-27 : Arrangement à l'échelle macromoléculaire des triglycérides (Coulata 2009).238	
Figure 6- 1 : Dessins non signés ajoutés à un carnet de H. von Alteneck (1865) décrivant le procédé de Pettenkofer. A la différence de la description de la boîte publiée en 1870 par Max von Pettenkofer, ce croquis correspond à la description de Valentinis (Valentinis, 1891) et représente vraisemblablement la construction originale. A gauche : A correspond au niveau d'alcool. Une distance minimale de 4 Zoll (environ 10 cm) doit être respectée entre la surface de la peinture et l'alcool. C correspond à la peinture positionnée face vers le liquide et attachée au couvercle B. A droite, le croquis illustre l'utilisation d'une petite boîte placée horizontalement pour un traitement local. Un morceau de tissu pulvérisé d'alcool est attaché	

au fond de la boîte. La ligne en pointillés indique la distance minimale entre la source d'alcool et le tableau (Schmitt, 2013).	251
Figure 6- 2 : Appareil conçu par le Dr Toivo Pohja (université d'Helsinki) pour les musées de Finlande. © Photographie Ari Tanhuanpää, département conservation Finnish Gallery, Helsinki (Favre-Felix, 2010-2012).....	258
Figure 6- 3 : Essais de régénération de couches picturales réalisés par Alice Mohen sur <i>L'Aurore</i> , Anonyme français de la seconde moitié du XVII ^e siècle.	259
Figure 6- 4 : Régénération d'un vernis mastic chanci avec une goutte d'isopropanol. a) photographie en lumière visible ; b) image par microscopie numérique 3D.	260
Figure 6- 5 : Dispositif pour la régénération d'échantillons modèles par des vapeurs de solvants.....	261
Figure 6- 6 : Images de MEB-FEG d'un prélèvement avant traitement puis après 3 et 10 min d'exposition à des vapeurs d'alcool. Barres d'échelle : 100 µm.....	262
Figure 6- 7 : Présence de cristaux (flèches noires) induits par l'interaction entre le vert-de-gris et le DMSO.....	264
Figure 6- 8 : a) Localisation des prélèvements : 1) chanci et 2) régénéré avec du DMSO/acétate d'éthyle (30/70) suivi de l'application de vernis Régalez ; b) et c) Nanotomographie à contraste de phase. Détails des coupes transversales reconstituées, après traitement d'image. b) prélèvement chanci et c) prélèvement régénéré.....	265
Figure 6- 9 : Photographies à la loupe binoculaire mettant en évidence la haute tension de surface du solvant eutectique chlorure de choline:glycérol (1:2) avec du blanc de plomb, de l'hématite et de l'azurite.....	269
Figure 6- 10 : Dégradation du vermillon et du vert-de-gris en présence des solvants eutectiques sélectionnés : noircissement pour le vermillon et apparence gélifié pour le vert-de-gris.....	269
Figure 6- 11 : Test de l'efficacité du solvant ChCl:éthylène glycol sur un vernis dammar chanci. L'application du solvant n'entraîne aucune amélioration de l'apparence visuelle....	270
Figure 6- 12 : Test de l'efficacité des solvants ChCl:éthylène glycol et ChCl:glycérol sur une couche picturale de terre verte chanci. L'application du solvant entraîne une amélioration de l'apparence visuelle. Notons néanmoins l'apparition de boursoufflures avec le solvant ChCl:glycérol.....	270
Figure 6- 13 : Formation de cristaux de chlorure de plomb suite à l'application des solvants eutectiques sur les couches picturales chancies. a) Image au microscope numérique 3D. b) c) et d) Image au MEG-FEG. b) barre d'échelle : 100 µm. c) et d) barres d'échelle : 10 µm. ..	271
Figure 6- 14 : Tests de la réactivité du DFPE sur des pigments purs après 1 mois	273
Figure 6- 15 : Etude de l'efficacité et de la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) sur un chanci de vernis et un chanci de couche picturale (terre verte). Le DPFPE a été appliqué sur la partie supérieure de l'échantillon puis retiré avec du perfluorooctane. ...	274

Figure 6- 16 : Mesures colorimétriques pour évaluer l'efficacité et la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) sur des chancis de couche picturale (terre verte et terre d'ombre).	274
Figure 6- 17 : Etude de l'efficacité et de la réversibilité du du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) par microtomographie X en absorption sur un chanci de couche picturale (terre verte). Le DPFPE a été appliqué sur l'échantillon chanci puis retiré avec du perfluorooctane.	276
Figure 6- 18 : Evolution de l'efficacité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) par comparaison avec d'autres composés sur l'œuvre de Jean Cotelle le Jeune, <i>Vue de l'entrée du labyrinthe avec le Cabinet des oiseaux, des nymphes et des amours</i> , 1688, n° inv. MV730, Musée National du château de Versailles et du Trianon	277
Figure 6- 19 : Evolution de l'efficacité du diamide de perfluoropolyéther par comparaison sur l'œuvre anonyme, <i>Louis de Bourbon, Prince de Condé</i> , 1700-1800, n° inv. BUS 1820000, Château de Bussy-Rabutin	278
Figure 6- 20 : Tests de réversibilité. a) Jean le Jeune Cotelle, <i>Vue de l'entrée du labyrinthe avec le Cabinet des oiseaux, des nymphes et des amours</i> , 1688, N° inv. MV730, Musée National du château de Versailles et du Trianon ; b) œuvre anonyme, <i>Louis de Bourbon, Prince de Condé</i> , 1700-1800, n° inv. BUS 1820000, Château de Bussy-Rabutin.....	279

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Composition moyenne en acides gras des huiles siccatives employées en peinture de chevalet	46
Tableau 1-2 : Liste des principaux pigments principaux historiques employés en peinture à l'huile pendant la période de notre étude et leur composition chimique	47
Tableau 2-1 : Répartition en fonction des siècles des tableaux chancis du corpus de 371 œuvres puis de 80 (pour lesquelles la mention chancie était inscrite clairement dans les documents). La seconde partie du tableau présente à titre de comparaison la répartition selon le siècle des peintures documentées sur la base EROS du C2RMF.....	74
Tableau 2-2 : Répartition en fonction de la nature du support des tableaux chancis du corpus de 371 œuvres puis de 80 (pour lesquelles la mention chancie était inscrite clairement dans les documents). La seconde partie du tableau présente à titre de comparaison la répartition selon le support des peintures documentées sur la base EROS du C2RMF.....	77
Tableau 2-3 : Répartition des œuvres du corpus 371 suivant la nature du support et le siècle auxquels elles ont été exécutées.....	79
Tableau 2-4 : Répartition en fonction des pays des tableaux chancis du corpus de 371 œuvres puis de 80 (pour lesquelles la mention chancie était inscrite clairement dans les documents). La seconde partie du tableau présente à titre de comparaison la répartition selon les pays des peintures documentées sur la base EROS du C2RMF.....	81
Tableau 3-1 : Présentation des œuvres chancies du corpus 1 avec les références (nom du peintre, titre de l'œuvre, date d'exécution, nom du musée, numéro d'inventaire, numéro C2RMF, dimensions et nature du support), la nature de la couche altérée (verniss et/ou couche picturale), en précisant pour les chancis de couches picturales la couleur des zones affectées et pour finir une photographie en lumière directe, avec la localisation des prélèvements (se reporter à l'annexe 3 pour une photographie plus grande).....	100
Tableau 3-2 : Présentation des œuvres chancies du Musée Girodet de Montargis étudiées, triées par type de support avec les références (nom du peintre, titre de l'œuvre, date d'exécution, numéro d'inventaire, numéro C2RMF, dimensions et nature du support), la nature de la couche altérée (verniss et/ou couche picturale), en précisant pour les chancis de couches picturales la couleur des zones affectées et une photographie en lumière directe...	104
Tableau 3-3 : Références des œuvres du corpus 3 sur lesquelles le produit développé a été appliqué.....	105
Tableau 3-4 : Variations programmées de la température et de l'humidité relative pour les 3 cycles.....	109
Tableau 3-5 : Référence des œuvres analysées en fluorescence X 2D en précisant pour chacune d'entre elles la taille de la zone analysée et la durée de l'acquisition.....	121
Tableau 3- 6 : Référence des œuvres analysées en nanotomographie à contraste de phase présentées dans la suite du manuscrit. Pour chaque prélèvement (chanci ou régénéré), la taille des voxels et du champ de vue est précisée.....	131

Tableau 5-1 : Principaux acides présents dans la résine dammar	204
Tableau 5-2 : Principaux acides présents dans la résine mastic.....	205
Tableau 5-3 : Indices d'acides des différents vernis permettant de déterminer les concentrations massiques et volumiques en acides libres et le nombre d'acides libres/nm ³	206
Tableau 5-4 : Calcul de la molalité (en mol/kg de résine) des cations et du ratio nombre d'acides complexés sur le nombre total d'acides pour les 4 vernis. Les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques sont respectivement notés R-COOH et R-COOM. Lors de la détermination de l'indice d'acide, les acides complexés ne sont pas dosés. Par conséquent, le ratio du nombre d'acides complexés sur le nombre total d'acides est défini par (1).....	208
Tableau 5-5 : Photographie de l'œuvre présentant l'apparence la plus dégradée pour chacun des supports étudiés. Cuivre : Frans Francken le Vieux (att. à), <i>Scène de la Passion ; Jésus insulté</i> , huile sur cuivre, n° d'inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Réquilé ; Papier : Anonyme, <i>Autoportrait de Rembrandt</i> , huile sur papier, n° d'inv. 887.1.7, Musée Girodet, Montargis, © C2RMF/J. Réquilé ; Bois : Eugène Giraud, <i>Muletiers espagnols</i> , (esquisse), huile sur bois, n° d'inv. 885.8, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Réquilé ; Toile : Alexandre Dumeis, <i>Intérieur de l'église de Montargis avant sa restauration</i> , huile sur toile, n° d'inv. 874.21, musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Réquilé.....	221
Tableau 5-6 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. François-Hippolyte Debon, <i>Portrait d'Alexandre Dumeis</i> (détail), huile sur toile, n° inv. 874.28, Musée Girodet, Montargis.....	222
Tableau 5-7 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. Alexandre Menjaud, <i>Les Adieux de Girodet à son atelier</i> (détail), huile sur toile, n° inv. 968.2, Musée Girodet, Montargis.....	223
Tableau 5-8 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, <i>Le jeune Trioson</i> (détail), huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis.....	223
Tableau 5-9 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. Anne-Louis Girodet-Trioson / Jean-Pierre Pequignot, <i>Chasseur dans un paysage</i> (détail), huile sur toile, n° inv. 988.3, Musée Girodet, Montargis.....	224
Tableau 5-10 : Composition chimique des vernis synthétiques étudiés.....	225
Tableau 5-11 : Cartographies élémentaires obtenues pour 5 coupes stratigraphiques mettant en évidence que les couches picturales chancis sont très riches en calcium (en rouge).....	227
Tableau 6- 1 : Indice de réfraction du liant et des solvants les plus couramment utilisés pour la régénération de chancis de couche picturale.....	260
Tableau 6- 2 : Paramètre de viscosité et de tension de surface des solvants eutectiques synthétisés. Le ratio correspond à une fraction molaire. Les valeurs pour les solvants sont tirées de : http://macro.lsu.edu/HowTo/solvents/Surface%20Tension.htm et http://macro.lsu.edu/HowTo/solvents/viscosity.htm	262

Liste des abréviations

AGLAE : accélérateur Grand Louvre d'Analyse Elémentaire

Attr. : attribué à

CCD : dispositif à transfert de charge (charge coupled device)

D : dammar

DSC : calorimétrie différentielle à balayage (differential scanning calorimetry)

EDS : spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie (energy dispersive X-ray spectroscopy)

ESRF : installation européenne de rayonnement synchrotron (European Synchrotron Facility)

ETR : équation de transfert radiatif

GC-MS : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (gas chromatography mass spectrometry)

ILL : Institut Laue-Langevin

IRTF : spectroscopie Infrarouge à transformée de Fourier

M : mastic

MEB : microscopie électronique à balayage

MEB-FEG : microscopie électronique à balayage à effet de champ

OCT : tomographie optique de cohérence (Optical coherence tomography)

PIXE : émission X induite par des particules chargées (Particle induced X-ray emission)

SANS : diffusion des neutrons aux petits angles (Small-angle neutron scattering)

SDD : détecteur à dérivé de silicium (silicon drift detector)

T : essence de térébenthine

WS : white spirit

INTRODUCTION GÉNÉRALE

A l'échelle internationale, une grande partie des recherches en science de la conservation se concentre aujourd'hui sur la compréhension des phénomènes de dégradation des matériaux dus au temps et à l'environnement. Notre recherche s'inscrit dans ce contexte. Les chancis des vernis et des couches picturales des peintures de chevalet à l'huile sont induits par un excès d'humidité et correspondent à une préoccupation d'actualité. Pour l'UNESCO, l'eau présente un risque majeur lié notamment à la montée des eaux et à la recrudescence des inondations. L'eau est susceptible d'envahir des lieux culturels jusqu'alors épargnés. Lors des inondations de juin 2016, les grands musées parisiens situés en bordure de la Seine ont fermé à titre préventif pour transférer les œuvres conservées dans les zones susceptibles d'être inondées vers les étages supérieurs. La crue de la Seine n'ayant pas eu lieu, aucun dommage ne fut à déplorer. Par contre, en région, de nombreux châteaux et musées ont été inondés à des degrés divers. Le plus durablement touché est incontestablement le musée Girodet de Montargis. En rénovation au moment des faits, les réserves provisoires du musée ont été submergées. 5900 œuvres sont restées 72 h sous l'eau et la quasi-totalité des peintures présentent désormais des chancis importants.

Le chanci est une altération opacifiante fréquente induite par l'humidité, affectant les vernis et les couches picturales des peintures de chevalet à l'huile. Les chancis peuvent être consécutifs à un dégât des eaux, une conservation dans un environnement humide ou une restauration nécessitant un apport d'humidité et de chaleur. Selon le degré d'altération, la composition picturale peut être partiellement opacifiée voire totalement dissimulée par un voile blanchâtre.

Malgré la récurrence du problème, les chancis n'ont été que très peu étudiés par les scientifiques aussi bien en France, qu'à l'étranger. Plusieurs hypothèses parfois divergentes ont été énoncées dans les années 1980 sans avoir été vérifiées depuis. L'absence d'explications

tangibles concernant l'origine de l'altération confère à tout traitement de restauration un caractère empirique et pose la question de l'efficacité et de la pertinence des traitements actuels. Leur manque d'efficacité et de durabilité pour pallier aux chancis de couches picturales est d'ailleurs fréquemment mentionné par les restaurateurs. Certains ont d'ailleurs commencé à douter des pratiques actuelles et à remettre en cause leur utilisation. L'éloge du doute en restauration a été récemment discuté par Ségolène Bergeon Langle. Pour elle, « *le doute est nourri de culture : l'homme dangereux en restauration est celui qui, peu curieux, ne progresse pas et se repose sur des idées reçues* » et « *la responsabilité vis-à-vis du patrimoine culturel lors de sa restauration est particulière : l'œuvre d'art est unique et irremplaçable ce qui ne permet aucun faux-pas dans l'appréciation de son état ni dans la manière de la traiter* » (Bergeon Langle 2015). Elle indique à juste titre que le doute ne doit pas être contreproductif mais qu'il doit permettre de faire fructifier des questionnements et les réflexions. Les questionnements autour des chancis sont nombreux. Le conservateur, tout comme le restaurateur support, s'interroge sur l'apparition de l'altération pour essayer de la limiter au maximum. Le restaurateur de couche picturale s'interroge sur les traitements de restauration actuels en s'appuyant sur son expérience. Le chercheur s'interroge sur les phénomènes physico-chimiques à l'origine de l'opacification des peintures de chevalet. Les causes sont-elles, les mêmes pour les chancis de vernis et de couches picturales ? S'agit-il toujours de la même altération ou plutôt d'un terme générique rassemblant plusieurs phénomènes présentant un aspect visuel similaire ? Tous les acteurs patrimoniaux ont néanmoins un objectif commun que le projet de recherche en conservation-restauration sur les chancis puisse aboutir au développement d'un protocole innovant, robuste et durable. L'enjeu est de taille pour la conservation et la restauration des peintures de chevalet chancies et pour leur transmission aux générations futures.

Ainsi, les objectifs de notre travail sont multiples : caractériser l'altération, comprendre son apparition et proposer un traitement adapté et pérenne. La force du projet réside dans son caractère interdisciplinaire à l'interface entre les sciences des matériaux et les sciences humaines, associant des chimistes, des physiciens, des restaurateurs et des conservateurs de musées.

Le présent manuscrit s'articule en six chapitres.

L'origine de la technique de la peinture à l'huile et les différents matériaux nécessaires à son élaboration seront abordés en préambule du **chapitre 1**. Un état de l'art sur les chancis de vernis et de couches picturales sera ensuite proposé. Nous reviendrons sur l'étymologie et la sémantique du terme « *chanci* » dans le vocabulaire courant et dans celui de la conservation-restauration. Nous présenterons une revue des hypothèses proposées pour expliquer l'opacification des vernis et des couches picturales. Pour finir, nous évoquerons la difficile traduction du terme « *chanci* » en anglais compte tenu du manque de connaissance sur la nature de l'altération.

Le **chapitre 2** contribuera à préciser le contexte historique et technique des œuvres chancies. Nous nous interrogerons sur l'influence du siècle d'exécution, du support, de la nature des pigments, des liants et des restaurations antérieures sur l'apparition de l'altération. Le corpus d'étude a été constitué à partir des fiches de la base de données EROS (European Research Open System) du C2RMF et comprend 371 œuvres, qui mentionnent la présence d'un chanci.

Notre démarche expérimentale repose sur l'analyse de 52 peintures anciennes et de systèmes modèles. Elle sera développée dans le **chapitre 3**. Les trois corpus de peintures anciennes seront tout d'abord présentés. Le premier correspond au corpus initial, le second aux œuvres du Musée Girodet de Montargis qui ont été étudiées à la fin du projet et le dernier aux œuvres sur lesquelles le traitement innovant de restauration que nous proposons a été appliqué. Les protocoles de préparation des échantillons modèles seront ensuite détaillés. Enfin, les différentes techniques d'analyses utilisées seront exposées.

Le **chapitre 4** proposera une caractérisation multi-échelle bi- et tridimensionnelle de l'altération. Nous nous concentrerons sur les chancis de vernis puis sur ceux de couches picturales. Les analyses à l'échelle microscopique et nanoscopique permettront de mettre en évidence une structure insoupçonnée. Nous expliquerons ensuite en quelle mesure elle peut avoir une influence notable sur l'apparence visuelle. Nous effectuerons enfin des simulations numériques pour évaluer l'impact de différents paramètres sur l'apparence visuelle des vernis et des couches picturales.

Un modèle physico-chimique, permettant d'expliquer l'apparition de l'altération en présence d'humidité, sera ensuite proposé dans le **chapitre 5**.

Enfin, nous présenterons, dans le **chapitre 6**, un état de l'art sur la restauration des peintures chancis. Les techniques actuellement en usage dans les ateliers de restauration français seront ensuite étudiées plus en détail. Nous discuterons leur manque d'efficacité et de durabilité pour les chancis de couches picturales, en nous appuyant sur la nature de l'altération. Nous reviendrons également sur les risques encourus pour les œuvres et les restaurateurs liés à leur emploi. Nos recherches sur le développement d'un traitement satisfaisant et durable seront ensuite exposées et un composé prometteur sera proposé.

En conclusion, nous dresserons un bilan des résultats et proposerons une nouvelle définition des chancis de vernis et de couches picturales. Nous évoquerons également les perspectives envisageables.

Chapitre I

**LES CHANCIS DE VERNIS ET DE COUCHES PICTURALES :
ETAT DE L'ART ET HYPOTHESES PRELIMINAIRES**

Des peintures gaies, légères et vives, où le chanci mettait, par place comme un brouillard.

Edmond et Jules de Goncourt, Charles Demailly, 1860, p. 274

1. La peinture à l'huile.....	41
1.1. Historique	41
1.2. Stratigraphie d'une peinture de chevalet	43
1.3. Les constituants d'une peinture à l'huile	44
1.3.1. Le support et sa préparation.....	44
1.3.2. Les couches picturales	45
1.3.2.1. Les huiles	45
1.3.2.2. Les pigments et les colorants	46
1.3.2.3. Les additifs.....	48
1.3.3. Les couches de vernis.....	48
1.3.3.1. Les vernis naturels.....	49
1.3.3.2. Les vernis synthétiques	50
2. Les chancis de vernis et de couches picturales	50
2.1. Terminologie.....	50
2.1.1. Etymologie	50
2.1.2. Sémantique	51
2.1.2.1. Dans le vocabulaire courant.....	51
2.1.2.2. Dans le domaine de la conservation-restauration des peintures	53
2.2. Définition.....	55
2.3. Les hypothèses préliminaires.....	57
2.3.1. Influence des paramètres externes	57
2.3.2. Hypothèses concernant la nature des chancis.....	59
2.3.2.1. Les chancis de vernis	60
2.3.2.2. Les chancis de couches picturales	60
2.4. Terminologie anglaise pour désigner la notion de blanchiment.....	64
Conclusion.....	66

Chapitre I

LES CHANCIS DE VERNIS ET DE COUCHES PICTURALES : ETAT DE L'ART ET HYPOTHESES PRELIMINAIRES

Ce chapitre se compose de deux parties distinctes.

Nous exposerons tout d'abord de manière succincte la technique de la peinture à l'huile, son origine et les différents matériaux nécessaires à son élaboration (huile, vernis, pigments, siccatifs, charges, diluants...). Cette partie n'a pas la prétention d'être un précis exhaustif sur le sujet et apparaîtra de ce fait certainement un peu superficielle à un lecteur connaisseur. Elle a été rédigée en se basant entre autres sur la lecture des ouvrages suivants (Watin 1773b, Mérimée 1830, de Langlais 1959, Maroger 1986, Yvel 1991, Rudel 1999, Perego 2005, Brazs 2011), que le lecteur désireux d'approfondir ses connaissances sur cette thématique, est invité à consulter.

La seconde partie visera à préciser le contexte de ce travail. Il nous est apparu pertinent de rappeler en préambule l'étymologie du terme « *chanci* » et l'évolution de sa signification au fil des siècles. Nous définirons ensuite les chancis de vernis et de couches picturales en nous appuyant sur une revue de l'état de l'art sur le sujet. Nous reviendrons notamment sur les hypothèses préliminaires et l'influence des paramètres internes et externes sur l'apparition de chancis en peinture de chevalet. Cette partie sera également l'occasion de nous interroger sur la traduction des termes « *blanchiment* » et « *chanci* » en anglais dans le domaine de la conservation-restauration.

1. La peinture à l'huile

1.1. Historique

Les premières mentions textuelles de l'utilisation d'huiles végétales dans le domaine artistique sont anciennes. Les textes antiques de Vitruve (1^{er} siècle av. J.-C.) et Pline l'Ancien

(1^{er} siècle apr. J.-C.) évoquent déjà des vernis protecteurs composés de cire punique fondue dans de l'huile pour protéger les peintures murales (Vitruve 2003, Pline l'Ancien 2013). L'huile de noix était également utilisée d'après Aetius (fin du V^e – début du VI^e siècle après J.-C.) comme vernis par les doreurs et les peintres à l'encaustique « *soit épaissie soit combinée avec une résine* » (Yvel 1991, Petit *et al.* 1999). Un siècle plus tard, dans le manuscrit de Lucques, de nombreuses recettes de préparation de vernis mentionnent également l'ajout d'huile de lin (Merrifield 1849). Il apparaît important de souligner que les traités précédemment cités relatent l'utilisation des huiles végétales uniquement dans la préparation des vernis et non dans celle des liants. Les plus anciennes véritables peintures à l'huile connues à ce jour, datent de la moitié du VII^e siècle et ont été découvertes dans des grottes de la région afghane de Bamiyan. Dans 12 des 50 grottes analysées en 2008, les chercheurs ont pu mettre en évidence la présence d'huile dans les couches supérieures, probablement de l'huile de noix ou d'œillette (Cotte *et al.* 2008).

L'utilisation de l'huile comme liant est en revanche attestée dans le traité d'Héraclius (X^e siècle), De coloribus et artibus Romanorum, (Merrifield 1849) qui présente un chapitre intitulé « De oleo, quomodo aptatur ad distemperandum colores De l'huile, comment elle est préparée pour disperser les couleurs » et celui du moine Théophile (fin XI^e – début XII^e siècle), Essai sur divers Arts, (Guichard et De l'Escalopier 1843) : « *Prenez les couleurs que vous voulez poser, les broyant avec l'huile de lin sans eau, et faites les teintes des figures et des draperies comme précédemment vous les avez faites à l'eau. Vous pourrez à volonté donner aux animaux, aux oiseaux ou aux feuillages les nuances qui les distinguent.* » (Livre I, Chap. XXVI). Théophile souligne néanmoins que peindre à l'huile est contraignant et que les temps de séchage sont longs : « *On peut broyer les couleurs de toute espèce avec la même sorte d'huile (huile de lin), et les poser sur un travail de bois ; mais seulement pour les objets qui peuvent être séchés au soleil : car, chaque fois que vous avez appliqué une couleur, vous ne pouvez en superposer une autre, si la première n'est séchée ; ce qui dans les images et autres peintures, est long et trop ennuyeux.* » (Livre I, Chap. XXVII). L'huile fut de ce fait peu utilisée à cette époque, les peintres lui préférant la technique *a tempera*. Quelques œuvres exécutées à l'huile peuvent cependant être recensées, comme celle de 1239 à Westminster pour la chambre de la reine ou certaines des peintures italiennes de Giorgio d'Aquila et françaises de Jean Coste au début du XIV^e siècle (Perego 2005). De plus, il convient de mentionner le fait que certains peintres ont réalisé à cette période des œuvres mixtes peintes à l'œuf et à l'huile en superposition ou en mélange (Cennini 1991, Strehlke *et al.* 2002, Perego 2005, Leturque 2013).

Giorgio Vasari (1511-1574) contribua un temps à présenter le peintre primitif flamand Jan van Eyck (1385-1441) comme l'inventeur de la peinture à l'huile. Dans son ouvrage Vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes, paru en 1550, Giorgio Vasari rapporte de manière romancée les éléments qui auraient mené à cette découverte : « *Ayant accompli beaucoup d'efforts pour exécuter un tableau et lui donner une forme achevée, il le vernit et l'exposa au soleil pour le laisser sécher, selon l'usage courant de l'époque. Mais soit que l'ardeur du soleil fût trop grande, ou que le bois ne fût pas assez sec, le panneau se disjoignit. Lorsque Jan constata ce désastre, il résolut de chercher un moyen pour que le soleil ne puisse plus désormais s'attaquer à ses tableaux. Il commença par chercher la formule d'un vernis qui séchât à l'ombre, pour n'avoir plus à exposer ses peintures à la chaleur. Il fit de nombreuses expériences et à la fin trouva que c'était l'huile de lin et l'huile de noix qui, parmi toutes les substances qu'il avait essayées, séchaient le mieux. Les ayant fait bouillir avec d'autres « ingrédients », il réalisa le vernis que lui-même et tous les peintres du monde désiraient trouver.* » (Vasari 1981).

S'il est aujourd'hui indiscutable que l'huile était utilisée en peinture avant les frères Van Eyck, ils sont néanmoins à l'origine des premières améliorations essentielles ayant permis de d'obtenir un liant moins foncé, plus fluide et surtout ayant une meilleure siccativité. L'obtention d'un liant rendant possible l'application successive de couches d'épaisseurs variables permit à la technique de la peinture à l'huile de connaître un véritable essor jusqu'au début du XX^e siècle. Dans l'exécution picturale, la possibilité de réaliser aisément à l'aide de glacis, des jeux subtils de lumières, d'exécuter des modelés et des transitions plus fines transforma le métier de peintre.

1.2. Stratigraphie d'une peinture de chevalet

Une peinture de chevalet est un système stratifié (figure 1-1), complexe, élaboré à partir de matériaux organiques (liants, vernis) et inorganiques (pigments, charges, siccatifs). Il convient de rappeler que chaque peintre ayant sa propre technique, cette stratigraphie n'est donnée qu'à titre d'illustration et ne saurait représenter la peinture de chevalet dans son ensemble. Par ailleurs, l'épaisseur des différentes couches n'est pas représentative.

La définition du terme « *couche picturale* » n'est pas univoque et peut englober ou non les couches de vernis et de préparations. Dans leur ouvrage Peinture & dessin : vocabulaire typologique et technique, Ségolène Bergeon-Langle et Pierre Curie définissent la couche picturale comme comprenant « *l'encollage du support, sa préparation, la couche colorée et*

éventuellement une couche de protection » (Bergeon-Langle et Curie 2009). Cette définition nous paraît beaucoup trop large et difficilement applicable à l'objet de notre étude. En effet, pour préciser la nature de la couche altérée, deux compléments du nom ont été apposés après le terme *chanci* : on parle ainsi de *chancis de vernis* et de *chancis de couche picturale*. Il n'est donc pas envisageable de considérer la couche de vernis dans la couche picturale. De plus, inclure l'encollage et les couches de préparation laisserait sous-entendre qu'un *chanci* de couche picturale affecte également cette partie de la peinture ce qui serait inexact. Ainsi, dans ce manuscrit, le terme « *couche picturale* » renvoie exclusivement à la notion de couche colorée ou couche pigmentaire et correspond aux différentes couches situées entre la préparation, ou éventuellement le dessin préparatoire, et le vernis (coloré ou non).

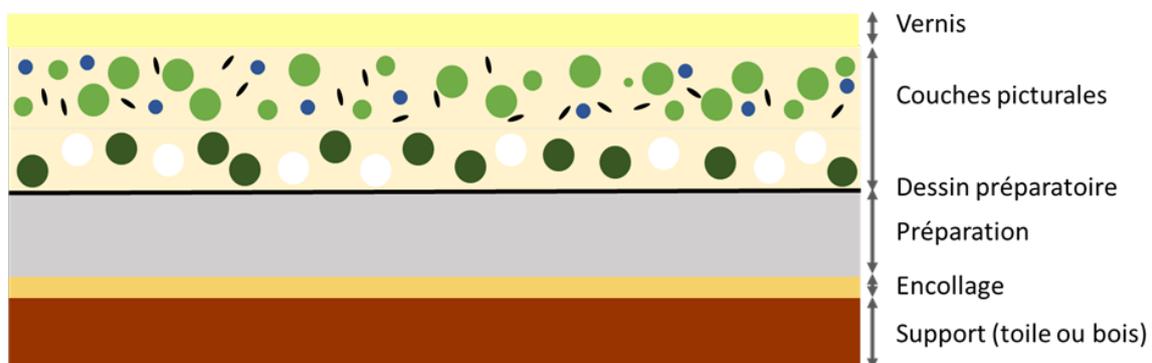


Figure 1-1 : Schéma de la stratigraphie d'une peinture de chevalet

1.3. Les constituants d'une peinture à l'huile

1.3.1. Le support et sa préparation

Les principaux supports utilisés en peinture de chevalet au fil des siècles sont en Europe : le panneau de bois (chêne, noyer, peuplier, conifères...) et la toile tendue sur un châssis. Les supports cuivre, cuir, verre, pierre ou encore papier sont beaucoup plus rares. L'essor de la peinture à l'huile entraîne une évolution des supports. Le panneau de bois traditionnellement utilisé au début du XV^e siècle est peu à peu remplacé par la toile. Le support toile présente de nombreux avantages qui peuvent expliquer son adoption rapide par les peintres. La toile est moins lourde, enroulable et donc plus facile à transporter. De plus, alors que le bois pouvait avoir tendance à se fendre, le peintre a la possibilité de réaliser plus aisément des grands formats, par assemblage de plusieurs lés.

Cette partie se focalisera uniquement sur la préparation des supports bois et toile et ce de manière générale et non exhaustive. Ces derniers sont préalablement encollés avec un apprêt maigre constitué d'eau et de colle de peau ou de parchemin (colles animales). L'encollage permet de rendre le support moins poreux et ainsi de limiter la migration du liant vers celui-ci. Le peintre appliquait ensuite une ou plusieurs couches de préparation principalement pour gommer les irrégularités du support (tissage de la toile, aspérités du bois) et servir de base à l'application des couches picturales. De plus, comme l'encollage, les couches de préparation permettent de limiter l'absorption de l'huile par le support, dont l'action oxydante altère irréversiblement les fibres des toiles. Deux types de préparations peuvent être distingués :

- les préparations maigres composées de colle animale, d'une charge inorganique (craie, gypse...) et éventuellement de pigments.

- les préparations grasses à base d'huile de lin ou de noix siccative et de blanc de plomb. Les préparations pouvaient être colorées par des pigments : des terres (préparations rouges, jaunes et brunes) ou du noir de carbone (préparations grises). L'utilisation des préparations grasses se retrouve dans un premier temps dans les œuvres des écoles nordiques avant de se généraliser à toute l'Europe avec le développement de la peinture à l'huile.

Sur certaines œuvres, il est possible de retrouver une superposition des deux types de préparations. La préparation grasse est alors appliquée sur la préparation maigre selon le principe du gras sur maigre. Après un léger ponçage pour uniformiser la surface de la dernière couche de préparation, le peintre pouvait soit effectuer un dessin préparatoire (fusain, mine de plomb, sinopia, encre, sanguine, ...) soit appliquer directement la ou les couches picturales.

1.3.2. Les couches picturales

Les couches picturales des peintures à l'huile sont constituées de pigments broyés dans un liant lipidique (huile) et éventuellement d'additifs (charges, diluants, résines). Les proportions des différents éléments dépendent de la nature des pigments (prise d'huile) et des propriétés souhaitées en termes de rhéologie (viscosité, consistance, adhérence) et d'apparence (couleur, rugosité, brillance, opacité, transparence...).

1.3.2.1. Les huiles

Les huiles siccatives les plus couramment utilisées dans la peinture à l'huile sont l'huile de lin, de noix et d'œillette (pavot). Une huile est dite siccative si, exposée à l'air, elle est apte à former un film solide. D'un point de vue purement chimique, les huiles sont essentiellement constituées de triglycérides (triesters du glycérol) formés d'acides gras saturés (5-15% en masse) et insaturés (85-95%), d'une faible quantité d'acides gras libres et d'impuretés (substances mucilagineuses, stérols,...) que la purification de l'huile vise à éliminer. Les principaux acides gras composant les triglycérides des huiles siccatives sont l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide linoléique. La composition moyenne en acides gras pour les huiles de lin, de noix et d'œillette est donnée dans le tableau 1-1 (Mills et White 1994, Sultana 1996).

Nom des acides gras	Acide palmitique	Acide stéarique	Acide oléique	Acide linoléique	Acide linoléique
Nombre de C	16	18	18	18	18
Nombre de C=C	0	0	1	2	3
Notation	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
% pour l'huile de lin	4-10	2-8	10-24	12-29	48-60
% pour l'huile de noix	9-11	1-2	11-18	69-77	3-5
% pour l'huile d'œillette	3-8	0.5-3	9-30	57-76	2-16

Tableau 1-1 : Composition moyenne en acides gras des huiles siccatives employées en peinture de chevalet

La siccativité d'une huile dépend du nombre de doubles liaisons (non conjuguées dans le cas des huiles de lin, noix et œillette). En effet, le mécanisme d'oxydation qui permet le « séchage » des huiles repose sur la réticulation des doubles liaisons présentes dans les acides. Ainsi, plus une huile contient de doubles liaisons, plus la formation du film sera rapide. D'après John S. Mills et Raymond White, une huile doit contenir au moins 65% d'acides carboxyliques polyinsaturés pour être siccative (Mills et White 1994). La bonne siccativité de l'huile de lin s'explique ainsi par son fort pourcentage en acide linoléique (3 doubles liaisons) : 48 à 60%. De plus, les métaux lourds comme le plomb sont des initiateurs d'oxydation, l'ajout de litharge (PbO) rend donc l'huile plus siccative (Maroger 1986, Perego 2005).

1.3.2.2. Les pigments et les colorants

En peinture de chevalet, on distingue deux types de matières colorantes : les pigments et les colorants. D'après Abraham Pincas, environ 600 pigments et plus de 3000 colorants sont recensés (Pincas 2010). Les pigments peuvent être définis comme étant « *de fines poudres blanches ou colorées, insolubles ou peu solubles dans le milieu de dispersion* » (Perego 2005). Le nombre de pigments à disposition des peintres a considérablement augmenté au fil des siècles, principalement à partir du XIX^e siècle avec l'essor de la chimie et l'arrivée sur le marché des pigments de synthèse. Une liste non-exhaustive des pigments historiques utilisés dans la période temporelle de notre étude est présentée tableau 1-2.

<u>Nom du pigment</u>	<u>Composition chimique</u>
Blanc de plomb	Cérusite : PbCO_3 et hydrocérusite : $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Noir de carbone	C
Oxyde de manganèse	MnO_2
Noir d'os	C et $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Terre d'ombre	Oxyde de fer, aluminosilicate, oxyde de manganèse
Vert de gris	$x[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2].y[\text{Cu}(\text{OH})_2].z\text{H}_2\text{O}$
Malachite	$\text{CuCO}_3.\text{Cu}(\text{OH})_2$
Terre verte	Glauconite : $(\text{K},\text{Na})(\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Mg})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Azurite	$2\text{CuCO}_3.\text{Cu}(\text{OH})_2$
Smalt	Verre potassique contenant du cobalt et des traces d'arsenic et de nickel
Lapis lazuli	$(\text{Na},\text{Ca})_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}][\text{SO}_4,\text{S},\text{Cl}]$
Minium	Pb_3O_4
Hématite	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$
Vermillon	HgS
Goethite	$\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$
Orpiment	As_2S_3
Jaune de plomb et d'étain	PbSnO_4
Jaune de Naples	$\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$

Tableau 1-2 : Liste des principaux pigments historiques employés en peinture à l'huile pendant la période de notre étude et leur composition chimique

A la différence des pigments, les colorants sont solubles dans le liant. Pour obtenir une poudre qui peut être dispersée dans l'huile, la plupart des colorants doivent être préalablement fixés (précipités) sur un substrat (craie, alun). Les plus utilisés en peinture sont les pigments laqués rouges de la famille des anthraquinoniques (carmin/cochenille, kermès, garance) et les pigments laqués jaunes de la famille des flavonoïdes. L'indigo pour lequel aucune précipitation n'est nécessaire est également fréquemment utilisé.

1.3.2.3. Les additifs

Différents additifs peuvent également être ajoutés pour modifier les propriétés rhéologiques de la peinture, parmi lesquels nous pouvons citer les charges et les diluants. La charge la plus couramment utilisée en peinture de chevalet est la craie (carbonate de calcium). Son ajout est justifié par la volonté d'apporter plus de consistance à la matière picturale, sans en modifier sa couleur (Perego 2005, Pincas 2010). L'indice de réfraction du carbonate de calcium (1.51-1.65) est similaire à celui de l'huile (1.48 pour l'huile fraîche et environ 1.55-1.56 pour une huile datant du XVII^e siècle) (Laurie 1937, O'Hanlon 2013). Par conséquent, broyé dans de l'huile, le carbonate de calcium apparaîtra transparent et permettra à la lumière de pénétrer plus profondément dans les couches picturales, donnant l'impression d'une couche légèrement translucide. Cette propriété a souvent été utilisée par les peintres des XVII^e et XVIII^e siècles (Gifford 1983). L'ajout de charge peut être motivé par des raisons techniques (augmentation de la consistance, de la transparence de la couche et diminution du temps de séchage) ou économiques (prix inférieur à celui des pigments).

Le terme diluant désigne en peinture de chevalet un solvant dont l'ajout permet de fluidifier la peinture sans en modifier la composition. Le principal diluant utilisé par les peintres dans la période qui nous intéresse est l'essence de térébenthine. Volatil, le diluant s'évapore après application de la peinture lors du séchage. L'évaporation de l'essence de térébenthine est cependant assez lente, il en resterait dans la couche encore 10% après 20 jours de séchage (Perego 2005).

1.3.3. Les couches de vernis

Pour finir, la peinture peut être recouverte d'une ou plusieurs couches de vernis. Le vernis a un rôle protecteur et esthétique. Il empêche la couche picturale d'être en contact direct avec les agents extérieurs (oxygène, humidité, lumière, agents chimiques, poussières, ...). De

plus en diminuant la rugosité de la surface, il rend la peinture plus brillante et sature les couleurs (moins de réflexion diffuse) (De la Rie 1987, van der Doelen 1999, Berns et Rie 2003). Les vernis peuvent être divisés en deux types : les vernis naturels et les vernis synthétiques.

1.3.3.1. Les vernis naturels

Les vernis naturels sont élaborés par dissolution d'une résine naturelle dans de l'huile pour les vernis dits gras, dans une essence végétale (essence de térébenthine) ou minérale (white spirit) pour les vernis dits maigres ou de l'alcool pour les vernis à l'alcool. La nature des différents constituants est variée et les recettes de préparation des vernis ont beaucoup évolué au fil du temps. En effet, avec le développement de la peinture à l'huile, les vernis gras ont peu à peu été remplacés par les vernis maigres au cours du XVI^e siècle. Les vernis à l'alcool apparaissent quant à eux au XVI^e siècle (Thoury 2006). Selon les siècles, les vernis ont été préparés à partir de résines très diverses : la colophane, la sandaraque, le copal, le mastic ou encore la dammar à partir du XIX^e siècle. Dans ce manuscrit, nous nous intéresserons aux vernis élaborés à partir de résines mastic et dammar dont les références et les modes de préparation sont présentés dans le chapitre 3, §2.2.1.1.

La résine mastic provient de la sève du *Pistacia lentiscus L.* (une *Anacardiacee*), un arbuste implanté en Europe du Sud principalement en Grèce. La résine provenant de l'île de Chios (Grèce) est réputée pour être d'excellente qualité (peu d'impuretés). D'un point de vue chimique, la résine mastic est une résine triterpénique composée de squelettes bicycliques, tricycliques, tétracycliques (tirucallane et dammarane) et de squelettes pentacycliques (oléanane et lupane) (Barton et Seoane 1956, Seoane 1956, Boar *et al.* 1984, Marner *et al.* 1991, Papageorgiou *et al.* 1997, Dietemann *et al.* 2009, Aksamija 2012). Les vernis préparés à partir de résine mastic ont tendance à jaunir plus rapidement, ce qui explique qu'ils furent progressivement remplacés au XIX^e par les vernis à base de résine dammar (Feller *et al.* 1985, Carlyle *et al.* 1998).

La résine dammar provient de la sève des arbres de la famille des *Dipterocarpacees*, parmi lesquels nous pouvons mentionner le *Shorea* et le *Hopea* qui produisent une résine de très bonne qualité. Cette résine est originaire d'Asie du Sud-Est, principalement d'Indonésie mais également de Malaisie, Java, Sumatra, Inde, Bangladesh... (Aksamija 2012). D'un point de vue chimique, la résine dammar est également une résine triterpénique dont la composition chimique et celle de ses produits de dégradation ne sont pas complètement déterminées (Vahur

et al. 2012). Elle est principalement composée comme la résine mastic de triterpènes bicycliques, tricycliques, tétracycliques (tirucallane et dammarane) et de squelettes pentacycliques (oléanane, lupane, ursane, hopanes).

1.3.3.2. Les vernis synthétiques

A partir du milieu du XX^e siècle, l'utilisation des vernis synthétiques s'intensifie dans le domaine de la restauration des peintures de chevalet. Les vernis synthétiques ont été conçus pour pallier certains inconvénients des résines naturelles (jaunissement, faible résistance mécanique) et avoir une meilleure résistance aux agressions des agents extérieurs (humidité, lumière). Le principal objectif était de réussir à fabriquer un vernis faiblement oxydable (pas ou peu de jaunissement) pour limiter les restaurations, réversible et ayant un bon rendu esthétique. Les alternatives proposées n'ont pas toujours été satisfaisantes : jaunissement, tendance à devenir insoluble, ternissement des couleurs, perte d'élasticité... Même si les résines actuellement utilisées ont fait l'objet de nombreuses études notamment par René de la Rie (De la Rie et McGlinchey 1990, McGlinchey 1990, Whitten 1995, De la Rie *et al.* 2002, De la Rie 2003), le manque de recul sur le vieillissement de ces résines et leur stabilité explique que les vernis synthétiques n'ont pas totalement remplacé les vernis naturels dans les ateliers de restauration. Parmi les vernis synthétiques récemment ou actuellement utilisés, nous pouvons mentionner par exemple : le Paraloïd B72 (résine acrylique à haut poids moléculaire,) la MS2A (résine cétonique), la Laropal A81 (résine urée-aldéhydique), ou encore le Régalrez 1094 (résine hydrocarbure à faible poids moléculaire).

2. Les chancis de vernis et de couches picturales

2.1. Terminologie

2.1.1. Etymologie

D'un point de vue purement linguistique, le terme « chanci », participe passé du verbe intransitif et pronominal *chancier*, peut être utilisé comme un adjectif ou un substantif masculin et s'accorde en genre et en nombre : un chanci, des chancis, une couche chancie,... D'après le Trésor de la Langue Française Informatisé (TLFI), l'étymologie ancienne du terme *chancier* reste

incertaine. Il provient de l'ancien français *chanir* ou *chenir* (moisir, se gâter par l'humidité). Selon les dialectes, différentes variantes peuvent être rencontrées : *chanir* en Normandie, *chenorir*, *chenousir*, *chamir*, *chandir*, *channir*, dans le Berry ou encore par exemple *canuzir* en Provence et Catalogne. Les mots *chanir*, *chandir* et *chamir* seraient issus de *canire* forme altérée du latin *canere* de *canus* (blanc) sous l'influence de *rancir* ou *noircir* (Littré 1873-1874, Godefroy 1891, Bloch et von Wartburg 1950, von Wartburg 1950). En revanche, *chenousir*, *canuzir* et *chenorir* viendraient de *canutire*, lui-même dérivé de *canutus* (blanc). (Littré 1873-1874). Le TLFi propose que la version provençale et catalane *canuzir* pourrait venir du latin *canicescere* en s'appuyant sur l'Etymologisches Wörterbuch der Französischen Sprache, EWFS (dictionnaire étymologique de la langue française), une alternative qu'il juge cependant peu vraisemblable (Gamillscheg 1926).

Knut Nicolaus dans son Manuel de restauration des tableaux, propose une étymologie très différente. D'après lui, le mot *chanci* serait issu du verbe *crepare*, terme utilisé par les Italiens pour désigner la pulvérisation du verre. Il avance ainsi que l'origine du terme est à relier avec l'aspect micro-fissuré du phénomène de *chanci* (Nicolaus 1999). Cette étymologie nous paraît douteuse mais il nous semblait important de la mentionner pour alerter le lecteur sur sa véracité. D'une part, le verbe *crepare* est phonétiquement très éloigné du terme *chanci*. D'autre part, contrairement aux précédentes, aucune autre source ne permet de recouper cette proposition étymologique. Pour finir, il semblerait que Knut Nicolaus propose de manière peu rigoureuse cette étymologie en omettant de citer les autres car celle-ci est en accord avec la définition qu'il propose d'un *chanci* (présence de microfissurations). Elle n'est cependant pas en adéquation avec les résultats de la caractérisation multi-échelle de l'altération (Chapitre 4).

2.1.2. Sémantique

2.1.2.1. Dans le vocabulaire courant

La plus ancienne mention du terme « *chanci* » référencée par le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL), date de 1508 dans Le livre de la Deablerie d'Eloy d'Amerval, d'après le Französisches Etymologisches Wörterbuch, FEW, (Dictionnaire étymologique français) (von Wartburg 1950). Dans la première édition du Dictionnaire de l'Académie française (1694), la définition du terme *chancir* est la suivante : « *chancir. v. n. se chancir. v. n. p. Moisir, ne se dit guere que des choses qui se mangent comme des confitures, des pasteuz, des jambons &c. Ces confitures commencent à chancir, elles se chancissent, il ne*

faut pas laisser chancier ce pasté, ce pain est chanci. » (Académie française 1694). Nous retrouvons sensiblement la même définition dans les éditions suivantes (1762, 1798, 1835), ainsi que dans le Dictionnaire de Féraud (Académie française 1762, Féraud 1788, Académie française 1798, Académie française 1835). Dans le Dictionnaire du Moyen Français (1330-1500), le terme chanci est défini par « *qui présente des traces de moisissures* ».

A cette époque l'orthographe n'est pas encore totalement fixée. Il semblerait que les orthographes « chanci » et « chansi » aient coexisté au XVII^e et au XVIII^e siècles. Nous retrouvons également les mentions « chanssy », « chansy » et même « chassy » dans les mémoires de la veuve Godefroid¹ (restauratrice à la cour du roi Louis XV (Étienne 2012, Sofio 2016)). Dans le Thresor de la langue françoise, de 1606, Jean Nicot utilise par exemple, l'orthographe chansi (Nicot 1606). Dans le Dictionnaire universel François et Latin (...) de 1721, le mot chancier est écrit « chansir » avec une précision sur le fait que d'autres l'écrivent chancier. En revanche, dans l'édition de 1743, seule la version encore employée aujourd'hui subsiste, il n'y a par ailleurs aucune mention d'une ancienne orthographe du mot. Dans les deux éditions, le terme est défini par : « *se corrompre par trop d'humidité* ». Il est de plus fait référence à une utilisation du terme par La Quintinie et Liger dans le domaine du jardinage pour le fumier qui « *commence à blanchir, & à faire une espèce de filamens* » et qui « *ne produit des champignons que lors qu'il est chansi.* » (de La Quintinie 1700, Collectif 1721, Collectif 1743). Nous retrouvons d'autres occurrences de cette utilisation notamment dans le Dictionnaire Oeconomique de Chomel (Chomel *et al.* 1741), l'édition de 1872 du Dictionnaire de la langue française de Littré (Littré et Devic 1872) et le Dictionnaire de Boiste (Boiste 1843). Le terme chanci a également été utilisé au XIX^e dans le domaine mycologique pour désigner une maladie qui se développe sur les mycéliums des champignons (Académie des sciences 1892, Société mycologique de France 1892, Société mycologique de France 1893, Costantin 1894).

Le terme « chanci » est également répertorié au sein de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert (1751-1772) (Diderot et D'Alembert 1780). La signification est cependant différente des précédentes : « *Saline de Salins : On en distingue de deux espèces dans la saline de Salins; le chanci noir est la criblure des braises qui sont amenées aux salines; & le chanci blanc est la criblure de celles que l'on tire des fourneaux des bernés.* » Cette signification est également présente dans l'édition de 1872 de Littré : « *Terme de salines. Charbon éteint* » et le Französisches Etymologisches Wörterbuch (FEW) « *charbons qui s'éteignent sous les poêles*

¹ Référence des archives nationales : A.N. O¹ 1921 a.

des salines » ou encore le Dictionnaire de Boiste (Boiste 1843, Littré et Devic 1872, von Wartburg 1950).

Les termes « chancis » et « chancier » semblent tomber en désuétude dans le vocabulaire courant dès le début du XIX^e siècle. Nous retrouvons ainsi les mentions « *il est vieux* » dans la 6^{ème} édition du Dictionnaire de l'Académie française de 1835 et « *vieux* » dans le Dictionnaire de Bescherelle en 1845 (Académie française 1835, Bescherelle 1845).

2.1.2.2. Dans le domaine de la conservation-restauration des peintures

L'utilisation des termes « chanci » et « chancier » dans le domaine de la conservation-restauration des peintures remonte, d'après R.H. Marijnissen, probablement au XVIII^e siècle (Marijnissen 1967). La notion de blanchiment est très présente dans l'étymologie latine du mot (*canere, canus, canutus*). En revanche, le choix des termes fut au regard de son utilisation dans le vocabulaire courant, certainement, plutôt lié à une mauvaise connaissance de l'altération qui était à tort assimilée à une moisissure (cf. chapitre 1, §2.3.2). Par contre, le mot « chancissure », substantif féminin dérivé de « chancier », que l'on retrouve dans les dictionnaires du XVII^e au XVIII^e siècle ne fut à notre connaissance, guère employé. Nous pouvons cependant citer la présence de ce terme employé comme un synonyme de moisissures dans l'article sur les chancis du traité d'Horsin Déon : « *on rencontre, sans pouvoir s'en rendre compte, des taches rondes ou ovales sur des tableaux d'une extrême pureté. Les tableaux de Ruysdaël offrent souvent ces exemples ainsi que beaucoup d'autres paysagistes, dans leur ciel surtout. Ces taches sont le résultat que produit le séjour des chancissures.* » (Déon 1851)

On retrouve au XVIII^e siècle de nombreuses mentions du terme chanci sous diverses orthographes dans les Mémoires de la Veuve Godefroid².

- 1749 : « *Mémoire des restaurations faites au grand tableau de Paul Véronèse du salon d'Hercule [...] dans les premiers six mois en 1749 après le grand mariage de Monsieur le Dauphin. Avoir ôté tous les blancs, **chanssy** qui couvrent la surface du tableau de P. V. représentant N. S. chez les pharisais occasionne par les festes et bal donné [...] Au plafond de la pièce du concert de la reine avoir ôté les blancs **chansis** occasionnés par les mêmes festes.* »

² Référence des archives nationales : A.N. O¹ 1921 a

- 1753 : « A plusieurs tableaux des petits appartements à fontaine bleaux : les avoir netoyé et auter les blancs **chansy**. Plus au tableau peint par M. Boulogne de dessus la cheminée de la galerie réformée. »

- 1755 : « même année 1755 – à tableau de dessus de porte de la pièce du trône à Versailles pein par vandicte la voir netoye hauter les entien repein et les gris **chanssy** qui couvrois tous le tableau Le Sr Colains a pointillé dans toutes les chaires et draperies ce tableaux étant très gatté. »³

- 1755 : « Pour avoir nettoyé et enlever les anciens repeints vernis **chansis** et les blancs depuis 25 ans etoient sur ses tableaux il a été employé 60 et six journées » (pour neuf tableaux de la galerie du Luxembourg).

- 1755 : « faites à plusieurs tableaux du palais du Luxembourg [...] Au portrait représentant l'archiduc netoyer hauter les blans **chassy** [...] Plus le tableau représentant l'éducation de la Reine, netoyé hauter les gris **chanssy**. Plus le tableau qui présente le portrais de Henri 4 netoyé hauter les gris **châssy**. Plus le tableaux qui représentent Le débarquement des princesses l'avoir netoyé hauter les gris **chanssy**. Plus le tableau qui représente la ville de Lyon nettoyer et ôter les blancs **chanssy**. »

- 1764 : « tableau représentant la Reine dans son lis de justice, [...] l'avoir nettoyé d'un bout à l'autre ôté les blancs, **chanssy**, qui couvroien le tableau. A second Tableau représentant la Reine qui descend de la tour, de même grandeur que cy dessus l'avoir netoyé et ôtés beaucoup de repeins fit revivre les couleurs qui etoient toutes **chansys** depuis nombre d'années. Au 3^e tableau représentant l'accouchement de la Reine de même grandeur que cy dessus, l'avoir netoyé et aux trois quarts. La mauvaise saison etam venue avam qu'il fus achevé j'ai aussi ôté le gris **chansy**. » (Palais du Luxembourg)

Il apparaît à la lecture de ces quelques retranscriptions que les tableaux des collections royales (Versailles, Fontainebleau, Luxembourg) étaient au XVIII^e siècle très sujets au développement de cette altération. Ceci peut vraisemblablement être expliqué par les conditions humides d'exposition ou de stockage dans les résidences royales. (cf. chapitre 1, §2.3.1). Les mémoires de la veuve Godefroid ne précisent pas en revanche comment étaient restaurées les œuvres chancies. Dans une lettre datée du 1 avril 1793 et adressée au ministre de la Convention,

³ La Vierge l'Enfant Jésus et les trois repentants (David, la Madeleine et le fils prodigue), Van Dyck Antoon, Musée du Louvre. INV 1230

D. Garat, J.-M. Picault écrit : « *Je préférerais qu'un maître manquât au Muséum que d'y rencontrer le barbouillage de restaurateurs sans talents ; plusieurs de ses tableaux sont vernis par-dessus les **chassis** et sont si mal repeints qu'on voit les écailles et les mastics de dessous au travers* » (Tuetey et Guiffrey 1910). Cette déclaration tend à suggérer qu'habituellement les vernis chancis devaient probablement être retirés.

Il ne s'agit pas ici de faire une revue exhaustive des mentions du terme chanci depuis le XVII^e siècle. Il convient néanmoins d'ajouter que dans son Traité théorique et pratique des connoissances qui sont nécessaires à tout amateur de tableaux, de 1808, François Xavier de Burtin y consacre un article de 4 pages intitulé « *Différentes espèces de chanci, qui attaquent les Tableaux* » (De Burtin 1808). Cela sous-entend qu'il s'agissait déjà à cette époque d'un phénomène disposant d'une certaine attention dans le milieu mais également, ce qui est plus surprenant, hors du milieu de la conservation-restauration. Nous retrouvons en effet, des références à des peintures chancies dans une littérature non spécialisée. Nous pouvons par exemple citer un extrait du roman de Théophile Gautier, Le Capitaine Fracasse, de 1863, « *Ces toiles chancies et couvertes d'une fleur de moisissure.* » (Gautier et al. 2015) ou encore du roman des frères Edmond et Jules Goncourt, Charles Demailly, de 1860 « *Des peintures gaies, légères et vives, où le chanci mettait, par place comme un brouillard.* » (Goncourt et al. 2011).

2.2. Définition

Le chanci est une altération fréquente des peintures de chevalet qui se traduit optiquement par un blanchiment, une opacification de la matière. Selon le degré d'altération, la composition picturale peut être partiellement ou totalement dissimulée par un voile blanchâtre (figure 1-2). Les principales causes de l'apparition des chancis sont l'humidité et la chaleur (Wyld 1980, Groen 1988, Debauche 1990).

Il existe deux types de chancis : les chancis de vernis et les chancis de couches picturales. Ces derniers sont également désignés par les termes « chancis de couleur » ou encore « chancis profond ». L'absence de définition stricte de ces termes a pu engendrer des confusions terminologiques aussi bien dans les ouvrages que dans les rapports de restaurations. Ainsi, dans l'ouvrage Science et patience ou la restauration des peintures, de Ségolène Bergeon, chapitre « Altération de la couche picturale », l'exemple de « Traitement d'un chanci profond » présenté correspond, malgré l'appellation, à un chanci de vernis. L'erreur d'appréciation est discernable visuellement et les légendes des photographies font référence à un « *vernis ancien affaibli (...)*

très profondément dégradé », à une « *infiltration d'eau dans le vernis* », et à « *une microfissuration et (une) opacification du vernis dues à sa dissolution partielle.* » (Bergeon 1990). Ces confusions probables ont été prises en compte dans l'étude statistique présentée au chapitre 2 pour laquelle une attention particulière a été portée à la vérification et aux croisements des informations pour chaque œuvre. Il peut être difficile au premier abord de distinguer un chanci de vernis, d'un chanci de couche picturale. La distinction peut se faire soit lors de la restauration soit en analysant avec précision les contours des zones altérées. En effet, contrairement au chanci de vernis (figure 1-2a), le chanci de couche picturale a tendance à être plus localisé et à suivre les formes de la composition picturale. Sur la figure 1-2b, les chancis sont par exemple principalement situés dans le fond et sur certains éléments du premier plan.



Figure 1-2 : a) Chanci de vernis, Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, 1824, Musée de Picardie, peinture à l'huile sur toile, école française, Musée des Beaux-Arts d'Amiens, N° d'inventaire : MP récol.90.2.83, C2RMF72785, photographie en lumière directe (détail) © C2RMF/Anne Maigret ; b) Chanci de couche picturale, Jean-Baptiste Siméon Chardin, *Les attributs des arts*, 1765, peinture à l'huile sur toile, école française, Musée du Louvre, N° d'inventaire : INV 3199, F768, photographie en lumière directe (détail) © C2RMF/Pierre-Yves Duval

Cette définition repose essentiellement sur une appréciation visuelle et peut par conséquent être source de confusion. Le terme chanci est ainsi parfois employé de manière abusive pour désigner d'autres types de blanchiments. Il est important de différencier les chancis qui sont liés à une altération du liant, des blanchiments liés à une altération des pigments (consécutives ou non à une interaction avec le liant) (Plesters 1980, Bergeon *et al.* 1981, Bergeon 1990). Ces derniers ont été largement étudiés et nous pouvons citer à titre d'exemple la décoloration du smalt, du bleu outremer ou encore des pigments laqués rouges et jaunes. (Plesters 1980, Debauche 1990, Saunders et Kirby 1994, Rioux 1999, Del Federico *et al.* 2006, van de Berg *et al.* 2006, Robinet *et al.* 2011, Mayhew *et al.* 2013).

L'un des objectifs de la thèse sera de proposer une définition scientifique du terme *chanci* fondée sur une caractérisation multi-échelle de l'altération et une explication des phénomènes physico-chimiques à l'origine de son apparition.

2.3. Les hypothèses préliminaires

Contrairement à d'autres altérations, les *chancis* n'ont été que très peu étudiés par les scientifiques aussi bien en France, qu'à l'international. Malgré la récurrence du problème, ils n'ont fait l'objet d'aucun projet de recherche scientifique approfondi. Si l'influence des paramètres externes (conditions de conservation, traitements de restauration, ...) est attestée (§2.3.1), des hypothèses parfois divergentes concernant la nature de l'altération ont été relevées dans la littérature (§2.3.2).

2.3.1. Influence des paramètres externes

La principale cause d'apparition des *chancis* de vernis et de couche picturale est l'humidité. Sans toutefois mentionner le mot *chanci*, Théodore Turquet de Mayerne faisait déjà le rapprochement dans son traité, entre les lavages de tableaux et le blanchiment des vernis. Il expose ainsi les qualités que doit avoir un vernis pour qu'il ne blanchisse pas au contact de l'eau : « *Les vernis pour être bon doivent être fort siccatifs, clairs et transparents, et les moins colorés que faire se peut. Telle que l'eau ne les touche, qu'il ne s'écaillent ni ne se fendrent et que sans se blanchir ou s'obscurcir ils puissent estre lavés, ou si par le temps ils s'obscurcissent puissent estre restituées avec les mesmes huiles simples desquels ils sont composés* » (De Mayerne 1970). Deux siècles plus tard, dans le *Traité théorique et pratique des connoissances qui sont nécessaires à tout amateur de tableaux*, de 1808, François-Xavier de Burtin, distingue le « vrai *chanci* » du « faux *chanci* » (De Burtin 1808). Il définit le vrai *chanci* comme étant une altération liée à l'humidité et regroupe sous l'appellation « faux *chanci* » : l'altération du blanc d'œuf par l'humidité, des vernis par les spiritueux, la brûlure du vernis par les fers lors des opérations de rentoilages et la dégradation de l'huile par l'esprit de vin ou des mordants trop actifs.

Le rôle de l'humidité dans le blanchiment des vernis était visiblement également connu des faussaires du XIX^e siècle comme le révèle de manière assez amusante Paul Eudel en 1884, dans son ouvrage intitulé, Le trucage - Les contrefaçons dévoilées. Même s'il y a erreur sur la

nature de l'altération, l'extrait suivant montre que certains faussaires provoquaient volontairement des chancis à des fins peu scrupuleuses.

« Je vous répondrai qu'il y a des copistes d'un mérite non moins réel que déplorable. Ces ténébreux praticiens saisissent souvent avec bonheur, sinon les détails, du moins l'ensemble d'une composition ; quant aux détails, c'est une autre affaire. On a cité des écrivains qui, pour s'éviter l'ennui d'une recherche, lorsqu'ils n'étaient pas bien sûrs d'avoir respecté l'orthographe d'un mot quelconque, mettaient un pâtre sur l'accord, en laissant au correcteur de l'imprimerie le soin d'aviser ...

Les peintres usent d'une rouerie toute pareille.

- Ils font des taches d'encre ?

- Non certes ! La rouerie est pareille, dans son effet, mais le moyen diffère. La tache d'encre est remplacée par une végétation.

- Une végétation ...

*- Qu'on obtient en frottant, avec un linge humide, la partie du tableau qu'il s'agit de couvrir et pour cause. L'eau laissée sur le vernis ne tarde pas à provoquer une moisissure et à donner naissance à un nombre infini de petits champignons. Le tout forme une tache qui vaut mieux en ce cas qu'une tache d'encre. **Elle a un nom singulier dans l'argot du truquage, on l'appelle un chanci.** » (Eudel 1884).*

Les circonstances à l'origine de l'apparition des chancis sont diverses. Ils peuvent survenir lors de conditions de conservation trop humides (églises, réserves avec un taux d'hygrométrie relativement élevé) ou suite à un dégât des eaux (Rioux 1979, Mills 1980, Bergeaud *et al.* 1997, Nicolaus 1999). André Béguin précise dans son dictionnaire à l'entrée « chanci » que les changements brusques de température peuvent aussi favoriser son apparition et que les conditions de vernissage des tableaux sont également importantes : plus l'environnement et le tableau seront secs, plus le risque de chanci sera faible (Béguin 1980). Il apparaît toutefois intéressant d'ajouter qu'une matière susceptible de blanchir peut demeurer inaltérée si elle est efficacement protégée des influences extérieures par une autre couche picturale, un repeint par exemple (Bergeon *et al.* 1981).

Il convient également de mentionner les chancis occasionnés par des traitements de restauration nécessitant un apport d'humidité et éventuellement de chaleur (rentoilage, refixage, doublage principalement) (Émile-Mâle 1976, Wyld 1980, Stedman 1986, Bergeon 1990,

Debauche 1990, Bergeaud *et al.* 1997). Véronique Stedman ajoute que l'eau n'est pas le seul solvant susceptible de provoquer un blanchiment et cite l'acétone, les alcools, l'ammoniaque et l'essence de térébenthine employée « postérieurement à des solvants pour neutraliser ceux-ci » (Stedman 1986). François Xavier de Burtin évoque quant à lui, l'esprit de vin, l'eau de vin ou de grain (De Burtin 1808). Il ne s'agit pas ici de critiquer l'emploi de ces pratiques qui ont permis de conserver de nombreuses œuvres d'art, mais de souligner leur contribution dans l'apparition des chancis. Il est cependant important d'ajouter que la majorité des œuvres rentoilées ou refixées ne présente pas de chancis. L'apport d'humidité et de chaleur est nécessaire mais pas suffisant pour faire chancier une peinture, les paramètres internes (nature des liants, des vernis, des pigments, présence de siccatifs, de charges, ...) doivent aussi être considérés. Les restaurations antérieures pourraient aussi avoir un impact négatif sur l'apparition des chancis. (Rioux 1979, Wyld 1980, Verhave *et al.* 2007, Favre-Felix 2010-2011b, Pfister 2010-2011). De nombreuses études affirment en effet que les solvants sont susceptibles d'affaiblir la structure de la couche picturale (diminution de la cohésion entre le liant et les pigments) (Erhardt et Tsang 1990b, Tumosa *et al.* 1999, Phenix et Sutherland 2001, Sutherland 2003).

2.3.2. Hypothèses concernant la nature des chancis

L'association du phénomène avec l'humidité et l'apparition sur la peinture d'un voile blanchâtre a longtemps laissé penser qu'il s'agissait d'une moisissure. Cette notion est de surcroît très présente dans l'étymologie et la sémantique du terme (cf. chapitre 1, §2.1.1 et 2.1.2). Nous la retrouvons notamment dans la définition du terme chanci dans le traité de François Xavier De Burtin de 1808 : « *Lorsqu'un tableau blanchit dans sa totalité, ou dans une de ses parties, quelque puisse en être la cause, on dit qu'il chancit, ou qu'il a le chanci. Ce mot est devenu technique dans l'art pour y désigner, le plus souvent très abusivement, des choses qui n'ont rien de commun avec sa signification générale et primitive, laquelle se réduit presque exclusivement à ce blanc qui annonce toujours la moisissure prochaine, dans les substances qui y sont sujettes, dès qu'il paroît à leur surface, et qui lorsqu'il n'est pas nitreux, n'est qu'un commencement de végétation, appartenant aux mousses ou aux champignons* » (De Burtin 1808).

Les premiers travaux scientifiques sur le sujet sont ceux du Pr Ludwig Radkofer, botaniste, dans le cadre d'une commission à laquelle participait également Max von Pettenkofer, mise en place en 1863 à la Pinacothèque de Munich. Ses investigations à l'échelle

microscopique permirent de montrer que ce qui était considéré comme de la moisissure n'était pas. Il trouva en effet dans les parties chancies « pas d'autres substances que celles composant les parties saines des tableaux ». Max von Pettenkoffer suggéra quant à lui que l'altération serait liée à une perte de cohésion de la matière (Bontinck 1944, Schmitt 1990a, Pettenkofer 2013).

2.3.2.1. Les chancis de vernis

Le blanchiment des couches de vernis pourrait être dû à une microfissuration du vernis (Bergeon *et al.* 1981, Stedman 1986, Bergeon et Perier-D'Ieteren 1987, Bergeaud *et al.* 1997, Nicolaus 1999, Bergeon-Langle et Curie 2009). La présence de microfissurations remplies d'air ou de liquide entraînerait de multiples réflexions dans la couche et donc une sensation optique de blanchiment. L'humidité pourrait entraîner une dissolution partielle des constituants acides (Bergeon et Perier-D'Ieteren 1987, Bergeon 1990, Bergeon-Langle et Curie 2009). Les résines anciennes seraient plus sujettes au blanchiment car en vieillissant une proportion croissante de leurs composés deviendrait soluble dans l'eau (Petit 1975).

D'après E. Bontinck, l'échange d'eau entre l'air et le vernis induirait des modifications de volume (extensions et contractions de la matière). En vieillissant, la couche perd de son élasticité et les fluctuations pourraient provoquer « *des craquelures microscopiques qui se remplissent d'air* ». Elle souligne que le vernis devient alors « *blanc et opaque comme le verre pulvérisé* » (Bontinck 1944, Béguin 1980). L'analogie entre les chancis et le verre pulvérisé est également présente dans l'ouvrage de Knut Nicolaus comme nous l'avons souligné dans la section 2.1.1 de ce chapitre consacrée à l'étymologie (Nicolaus 1999).

2.3.2.2. Les chancis de couches picturales

D'après les études effectuées dans les années 1980 au C2RMF et à la National Gallery de Londres, les pigments ne paraissent pas directement impliqués dans le blanchiment. Aucun blanchiment de pigments n'a été mentionné et la dégradation se situerait par conséquent, plutôt dans le liant (Lank 1972, Rioux 1979, Bergeon *et al.* 1981). Ségolène Bergeon *et al.* suggèrent que le terme chanci de couleur « *pourrait être réservé, par analogie avec le terme « chanci de vernis », aux phénomènes de même nature que celui-ci, c'est-à-dire de microfissurations du liant, qui peuvent être une des causes du blanchiment* » (Bergeon *et al.* 1981).

La cause de cette altération étant l'humidité, il convient de s'interroger sur l'action de l'eau dans une peinture à l'huile. Plusieurs hypothèses ont été proposées dans la littérature (Mills 1980, Debauche 1990, Bergeaud *et al.* 1997) :

- Ouverture de microfissures ne se refermant pas lors de l'évaporation de l'eau.
- Précipitation par l'eau d'une phase solide du médium vitreux.
- Réactions de dissociation et d'hydrolyse induisant des ruptures de liaisons sur la chaîne principale et/ou sur les segments latéraux. L'absorption d'eau par une substance polymère, en modifiant sa structure et en affaiblissant les interactions entre chaînes pourrait ainsi entraîner des modifications des propriétés mécaniques.

Ainsi, si la présence de microfissurations pour expliquer l'opacification observée revient de manière récurrente dans les publications et les ouvrages de restauration, un état de l'art approfondi sur le sujet met en évidence de nombreuses autres hypothèses. L'apparition de l'effet optique de blanchiment pourrait être due de manière plus générale à la formation de microstructures (microfissuration, microcristallisation, microprécipitation ou microémulsion) induisant des réflexions multiples de la lumière au sein du liant de la couche colorée (Mills 1980, Wyld 1980, Bergeon *et al.* 1981, Debauche 1990). D'après Véronique Stedman, comme les microfissurations sont remplies d'eau ou d'air, le blanchiment pourrait être dû à une différence importante d'indice de réfraction au sein du milieu (Stedman 1986). La présence de micropores en surface de la peinture est mentionnée pour des peintures anciennes (Groen 1988) et une peinture moderne (Tanhuanpää 2000). Karin Groen n'emploie pas le mot « pores » pour les décrire mais les termes « holes » et « pits » qu'on pourrait traduire par trous. Elle considère que ces derniers sont la conséquence de l'utilisation d'une peinture séchant trop rapidement, c'est-à-dire avant que le solvant n'ait pu s'évaporer complètement. Une autre explication considère que l'altération serait le résultat d'une modification de l'indice de réfraction du liant (Wyld 1980, Groen 1988, Bergeaud *et al.* 1997).

L'altération du liant étant considérée comme une des principales causes des chancis, certaines études (Rioux 1979, Mills 1980, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988) ont cherché à déterminer la nature du liant utilisé dans les couches picturales chancis. Il apparaît que pour certains tableaux, le liant n'est pas de l'huile pure mais de l'huile additionnée d'une quantité importante de résines naturelles ou d'œuf. Une telle constitution qui pourrait correspondre d'après Jean-Paul Rioux à un désir du peintre d'obtenir une matière plus transparente pourrait

être à l'origine de la formation des chancis. Or comme nous l'avions évoqué dans la partie consacrée aux chancis de vernis, les résines naturelles vieilles seraient plus facilement dégradables par l'humidité (dissolution probable d'une partie de leurs constituants acides). Ce phénomène proposé pour les chancis de vernis pourrait être également à l'origine du phénomène de blanchiment des liants contenant des résines. Concernant les émulsions à l'œuf, il est intéressant de signaler que les peintures réalisées uniquement à l'œuf ne chancissent pas. Ari Tanhuanpää rapporte par exemple l'étude d'une peinture moderne de l'artiste finlandais Unto Pusa élaborée avec une technique mixte. Les parties peintes à l'huile ont chanci mais pas celles *a tempera* (Tanhuanpää 2000). L'altération résulte donc d'une interaction entre l'huile et l'eau.

La technique du peintre pourrait être un facteur induisant ou non, un chanci de couches picturales, comme le souligne à juste titre Véronique Stedman dans son mémoire (Stedman 1986). Il semblerait d'une part, que les couches picturales riches en liant et étendues en couches épaisses (comme les glacis épais et les semi-glacis) soient plus affectées (Bergeon *et al.* 1981, Debauche 1990). Le phénomène pourrait être induit par la forte concentration du liant par rapport aux pigments et pourrait ainsi se manifester de manière variable selon la proportion pigment-liant qui peut être localement différente. D'autre part, le siècle d'exécution et donc la technique employée a également une influence. Gilberte Emile-Mâle souligne que les chancis apparaissent surtout au XVII^e siècle (Poussin, Van Swanevelt, Vélasquez) » (Émile-Mâle 1976). De même, Herbert Lank évoque la sensibilité particulière des peintures de Poussin, mais aussi de Claude le Lorrain, de Gaspard Dughet et d'autres peintres du XVII^e siècle sans citer leurs noms (Lank *et al.* 1972, Wyld 1980). Karin Groen est plus précise et évoque les peintres du XVII^e siècle travaillant en Italie, en particulier à Rome. Il semblerait d'après elle, que ces peintres devaient avoir des matériaux et des techniques en commun, certainement un héritage des sources historiques du XVI^e siècle. Elle cite également les peintures de Claude le Lorrain et de Gaspard Dughet et celles de Salvator Rosa et Gerard van Honthorst (Groen 1988). Le blanchiment des peintures de Claude le Lorrain a également fait l'objet d'une publication à la National Gallery de Londres en 1980 (Wyld 1980). Les peintures du XVII^e siècle sont également mentionnées par Horsin Déon qui cite les peintures du peintre néerlandais Ruysdaël (Déon 1851).

Même si les chancis de couches picturales ne sont pas liés à une dégradation des pigments, leur nature pourrait cependant favoriser son apparition de manière indirecte. En effet, alors que le blanchiment est susceptible d'altérer toutes les couleurs, les couleurs sombres

semblent plus sensibles à ce phénomène : principalement les zones brunes (Rioux 1979, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988) et les zones vertes (Lank *et al.* 1972, Émile-Mâle 1976, Béguin 1980, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988, Rioux 1999). Certaines publications (Wyld 1980, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988, Nicolaus 1999) indiquent que la présence de craie, de quartz, de terre d'ombre ou de terre verte pourrait induire son apparition. La taille des particules de pigments pourrait également avoir une influence. Pour des pigments de petite taille ayant un faible pouvoir colorant, la couche picturale sera plus facilement affectée par des changements de couleurs (Tanhuanpää 2000). Certains pigments et donc certains éléments chimiques ne favorisent-ils pas l'apparition de l'altération (facteur catalytique) ? Est-ce que ces pigments ne seraient pas des composés ayant une prise d'huile élevée (ou CVCP) comme le suggère par exemple Marianne Debauche (Debauche 1990) ? Pour ces pigments principalement hygroscopiques les peintres avaient-ils recours à un liant mixte comme le mentionne Karin Groen (Groen 1988) ? En peinture, le verbe mouiller signifie remplacer l'air situé à la surface des pigments par de l'huile. Nous pouvons également nous demander si les couleurs chancissent plus ou si le blanchiment est simplement plus visible sur les couleurs sombres que sur les couleurs claires.

L'influence du plomb sur l'apparition du blanchiment semble contradictoire selon les études. D'après Ségolène Bergeon *et al.*, il ne se manifesterait pas dans les matières colorées chargées en pigments opaques (blanc de plomb par exemple) (Bergeon *et al.* 1981). En revanche, des études néerlandaises plus récentes (van Loon et Boon 2005, Verhave *et al.* 2007) ont conclu que le blanchiment pourrait dans certains cas être produit par une accumulation de minuscules cristaux de carboxylates de plomb (savons de plomb) à la surface du tableau. De nombreuses études sur la formation des savons de plomb (Keune *et al.* 2002, Noble *et al.* 2002, van der Weerd *et al.* 2002, Plater *et al.* 2003, Robinet et Corbeil 2003, Cotte *et al.* 2006, Boon *et al.* 2007, Cotte *et al.* 2007, Keune et Boon 2007, Shimadzu *et al.* 2008, Keune *et al.* 2011) ont permis de déterminer que le plomb réagit avec les acides gras de l'huile pour former des carboxylates de plomb. Il semblerait que la transformation des composés au plomb en savons de plomb induise un accroissement de la transparence de la couche (Noble *et al.* 2005, Noble et Boon 2007, Zucker et Boon 2007). Les savons de plomb présentés dans ces études ont une taille de l'ordre de quelques dizaines de micromètres, alors que les cristaux entraînant un aspect blanchi à la surface des tableaux sont nettement plus petits. Le blanchiment s'explique dans ce cas par la réflexion diffuse. Selon l'étude menée par Johannecke Verhave, l'état avancé de la saponification d'une couche de préparation pourrait néanmoins être une source possible de

composés lixiviables de carboxylate de plomb. En restauration, le terme lixiviation désigne l'extraction de composés solubles du film d'huile lors de l'évaporation des solvants. Certaines publications mentionnent également la présence de croûtes en surface dues à des migrations de sels de plomb inorganiques. (Ordonez et Twilley 1997a, van Loon et Boon 2005, Van Loon 2008)

La formation d'acides gras libres à partir des esters de l'huile par hydrolyse peut être considérée comme une des causes probables (Burnstock *et al.* 1993, Ordonez et Twilley 1997a). Le phénomène a été observé sur des peintures modernes mais pourrait être applicable à des peintures plus anciennes. La dégradation des esters de l'huile (formation d'acides gras libres par hydrolyse) engendre une perte d'adhésion des composés inorganiques, qui en migrant vers la surface entraîne une fragmentation du vernis. La présence d'acides gras libres et de pigments en surface associée à une dégradation de la cohésion du vernis provoque des réflexions multiples de la lumière (réflexion diffuse) et donc une sensation optique de blanchiment.

Il peut facilement être admis que dans une seule et même peinture et même au sein d'une même plage de couleur, une combinaison des causes et des effets décrits ci-dessus puisse avoir lieu. Les mécanismes évoqués précédemment semblent dans l'absolu applicables à toutes les peintures. Cependant, la plupart ne présentent pas de signe de blanchiment et toutes les peintures ayant été rentoilées n'ont pas chanci. Les recherches précédentes n'ont pas permis de déterminer pourquoi certaines peintures sont plus sensibles au blanchiment que d'autres.

2.4. Terminologie anglaise pour désigner la notion de blanchiment

En anglais, de nombreux termes peuvent être utilisés pour décrire l'apparence blanchâtre d'une peinture selon les causes de l'altération : *blanching, blooming, efflorescence, chalking, clouding, sweating, flooding/flotation, crazing, fading, bleaching, hazing, whitening, crystallization, micro-fissures, micro-cracking, micro-voids, blushing, mold ...* (Hess 1979, Skaliks 2000, Van Loon 2008). Sybille Schmitt précise néanmoins qu'ils sont souvent utilisés à tort, de manière interchangeable (Schmitt 2013). Pour Annelies van Loon, quand la nature du blanchiment n'est pas connue, il est recommandé d'utiliser des termes plus généraux décrivant l'aspect de la surface tel que *whitening* (blanchiment), *haze/hazing* (notion de voile, de brouillard), *white surface depositions* (notion d'exsudats et d'accrétions) ou *crusts* (pour les cas où le blanchiment s'accompagne d'une croûte en surface) (Van Loon 2008).

- *Fading* et *bleaching* désignent une décoloration du pigment, en particulier pour les pigments organiques comme les laques rouges et jaunes qui sont sensibles à la lumière (Saunders et Kirby 1994).
- *Blanching* implique une rupture physique au sein de la peinture. Il s'agit d'un terme général ne précisant pas la nature de la rupture.
- *Micro-fissures*, *crazing*, *micro-cracking*, *micro-voids* indiquent également une rupture physique de la surface de la peinture. La nature de l'altération est en revanche davantage précisée à savoir des microfissures, des microcraquelures ou bien des microvides.
- *Blooming* évoque une migration de composants extractibles et leur dépôt à la surface de la peinture. Ce terme est notamment utilisé pour décrire les précipités blancs d'origine organique (acides gras libres, cire, savons métalliques) (Van Loon 2008). D'après le site du Museum of Fine Arts de Boston, CAMEO (http://cameo.mfa.org/wiki/Main_Page), ce terme désigne pour les vernis soit un dépôt de cire, soit l'altération résultante de la condensation de l'humidité piégée dans la couche de vernis (souvent dans les cas où le vernis est appliqué dans des conditions humides). Pour les couches picturales, ce terme renverrait à une exsudation de savons métalliques formés par réaction entre les pigments et les siccatifs et les huiles ; c'est-à-dire des savons métalliques.
- *Blush* est souvent employé comme synonyme de bloom ou blooming pour décrire l'altération des vernis par condensation.
- *Efflorescence* suggère un dépôt cristallin d'origine inorganique (sels solubles dans l'eau). Il s'agit principalement de sulfate, carbonate et chlorure de sodium, potassium, magnésium, calcium et fer (source CAMEO).
- *Mildew* et *mold* décrivent tous deux une croissance de micro-organismes à la surface de la peinture (moisissures).
- *Chalking* (farinage) renvoie à une décomposition du liant due à une interaction avec le pigment.
- *Sweating* (sudation) désigne une migration d'acides gras ou de savons métalliques.

Les hypothèses concernant les phénomènes physico-chimiques impliqués dans les chancis de vernis et de couches picturales divergent (microfissuration, migration d'acides gras ou de savons de plomb, ...). Il est par conséquent difficile à ce stade de proposer une traduction exacte du terme chanci.

Conclusion

La première partie de ce chapitre a permis de revenir succinctement sur la technique de la peinture à l'huile et d'en présenter sa complexité. Les principaux types de matériaux nécessaires à son élaboration ont été répertoriés (huile, vernis, pigments, siccatifs, charge, diluants, ...). Une peinture de chevalet apparaît ainsi comme un objet stratifié composite complexe constitué de matériaux organiques et inorganiques. La complexité est encore accrue car ces matériaux sont de plus, susceptibles de s'altérer sous l'influence d'agents extérieurs (lumière, humidité, température) et/ou de réagir avec les autres constituants.

La seconde partie correspond à un état de l'art sur le terme chanci et l'altération qu'il décrit. La partie terminologie est revenue sur l'étymologie du mot et sur son utilisation ancienne aussi bien dans le vocabulaire courant que dans celui du domaine de la conservation-restauration des peintures. Le choix du terme « chanci » pour décrire cette altération opacifiante apparaît rétrospectivement inapproprié. Il repose sur une mauvaise connaissance de l'altération qui a longtemps été assimilée, à cause de sa couleur et de son aspect, à une moisissure et ce jusqu'à la fin du XIX^e siècle et les travaux du professeur Ludwig Radkofer.

L'humidité a été identifiée comme étant la principale cause de cette altération. Parmi les éléments pouvant entraîner un chanci, nous pouvons mentionner les dégâts des eaux, les milieux de conservation ayant une hygrométrie élevée (églises principalement) ou encore les traitements de restauration aqueux potentiellement accompagnés de chaleur. L'hypothèse la plus fréquemment reprise pour expliquer le blanchiment est la présence de microfissurations dans la couche. Nous en dénombrons cependant de nombreuses autres dans la littérature : modification de l'indice de réfraction du liant, apparition de microstructures (microvides, microcristallisations, microémulsions...), migration d'acides gras libres ou de savons de plomb vers la surface de la peinture. L'objectif de la thèse est donc de statuer sur les phénomènes physico-chimiques à l'origine de l'apparition de cette opacification. Au regard des différents

résultats obtenus, une nouvelle définition du terme chanci sera proposée en conclusion de ce manuscrit. Nous reviendrons également sur sa traduction.

Bien que le nombre total d'œuvres chancies analysées dans les précédentes publications soit faible, il semblerait que la période d'exécution, les pigments employés, la préparation du liant et les traitements de restaurations pourraient avoir une influence sur l'apparition du phénomène. Il nous a semblé intéressant de confirmer ou d'infirmer ces présomptions en se basant sur un corpus plus important : l'ensemble des documents de la base documentaire du C2RMF (EROS). Nous nous sommes également intéressés à l'évolution des pratiques de préparation des liants en peinture à l'huile du XV^e au XVIII^e siècle à partir de sources historiques. L'ensemble de ces recherches sera présenté dans le chapitre 2.

Chapitre II

CONTEXTE HISTORIQUE, MATERIEL ET TECHNIQUE DES ŒUVRES CHANCIÉS DE LA BASE DE DONNEES EROS DU C2RMF

Je voudrais arriver à ce qu'on ne voie jamais comment mon tableau a été fait.

Qu'est-ce que cela peut faire ? Ce que je souhaite c'est que
de mon tableau se dégage uniquement l'émotion.

Pablo Picasso

1. Présentation de la méthodologie.....	74
1.1. Recensement	74
1.2. Collecte des données.....	75
1.3. Analyses des données.....	76
2. Résultats et discussion.....	76
2.1. Etude de la localisation du chanci au sein de l'œuvre	76
2.2. Influence des interventions antérieures et des conditions de conservation	78
2.3. Influence du siècle d'exécution	81
2.4. Influence de la nature du support	85
2.5. Influence du lieu de création, du pays d'origine, de l'atelier du peintre.....	89
3. Conclusion.....	96

Chapitre II

CONTEXTE HISTORIQUE, MATERIEL ET TECHNIQUE DES ŒUVRES CHANCIES DE LA BASE DE DONNEES EROS

L'état de l'art présenté au chapitre précédent suggère que certains éléments pourraient influencer l'apparition des chancis : siècle d'exécution, nature des pigments, du liant, traitements de restauration... Les recherches sur cette altération étant peu nombreuses, ces présomptions reposent sur l'étude d'un nombre d'œuvres limité. Il convient par conséquent de s'interroger sur leur pertinence et leur exactitude. Une étude approfondie sur un corpus d'œuvre plus large a été entreprise dans le cadre de cette thèse. Le corpus a été établi à partir de la base de données EROS (European Research Open System) qui rassemble les documents produits par les départements recherche et restauration pour l'ensemble des œuvres étudiées au C2RMF. L'objectif de cette étude est de recenser les œuvres pour lesquelles la mention « chanci » apparaît et de préciser notamment leurs contextes historiques et techniques (lieux et dates d'exécution) et leurs histoires matérielles (conditions de conservation, restaurations antérieures (refixage, rentoilage, transposition), traitements de restauration effectués pour atténuer ou résorber le chanci...). L'influence notable du siècle d'exécution dans la propension d'une œuvre à chancier, nous a de plus incité à entreprendre en parallèle une recherche sur l'évolution de la technique picturale et plus particulièrement les modes de préparation des liants entre le XVII^e et le XIX^e siècle.

Ces recherches ont bénéficié de l'appui de deux mémoires de l'Ecole du Louvre (1^{ère} année de 2^e cycle – groupe de recherche Conservation Restauration) : Sarah Lhomme « La problématique des chancis de couches picturales en conservation-restauration » (Lhomme 2014) et Estelle Monna « Etude à partir de sources historiques des liants employés en peinture à l'huile du XV^e au XIX^e siècle » (Monna 2015).

1. Présentation de la méthodologie

L'étude s'est déroulée en trois temps, qui seront explicités en détail dans la suite de cette sous-partie : 1/ Recensement des œuvres chancies restaurées et/ou analysées au C2RMF à partir de la base de données EROS ; 2/ Collecte de données relatives aux contextes historiques et matériels de ces œuvres ; 3/ Traitement et interprétation des résultats dans le but de faire ressortir des influences certaines et/ou possibles sur l'apparition de l'altération.

1.1. Recensement

Le recensement a été effectué en inscrivant le terme « *chanci* » et ses formes dérivées « *chancis* », « *chancie* » et « *chancies* » dans le champ « recherche simple » qui permet d'interroger l'ensemble des documents numériques et numérisés de la base de données EROS : fiches de santé, constats d'état, demandes d'intervention, procès-verbaux des commissions de restauration, rapports d'intervention de conservation-restauration, légendes des dossiers d'imagerie, rapports d'analyses...

Pour la période allant du XV^e au XX^e siècle, la base EROS regroupait en novembre 2013 : 22438 peintures. La recherche effectuée a permis de recenser parmi elles 875 œuvres « chancies » (449 pour *chanci*, 392 pour *chancis*, 11 pour *chancie* et 13 pour *chancies*). Si ce chiffre correspond en toute rigueur à 4 % des tableaux de la base, le nombre de tableaux documentés par le C2RMF et présentant ou ayant présenté un *chanci* est incontestablement bien supérieur à 875. En effet, le résultat est erroné pour plusieurs raisons. Premièrement, seuls les documents postérieurs à 1930 ont été numérisés et versés sur la base EROS. De nombreux documents présentant potentiellement la mention *chancie* ont par conséquent, pu échapper à cette recherche. De plus, pour de nombreux documents numériques ou numérisés, la recherche de contenus textuels n'est pas possible : soit les fichiers sont récents et ont été verrouillés lors de leur conversion en pdf, soit les fichiers sont plus anciens et la reconnaissance des chaînes de caractères n'est pas possible pour des raisons intrinsèques à leur mode de numérisation.

Dans un second temps, l'ensemble des œuvres pour lesquelles la mention « *chancis de vernis* » apparaissait clairement, a été retiré du corpus et ce pour deux raisons. Les peintures des collections muséales françaises ont fait l'objet de nombreuses restaurations au cours des siècles. Contrairement à la couche picturale, les couches de vernis qui chancissent peuvent avoir été appliquées postérieurement et par conséquent n'être caractéristiques ni d'un peintre, ni d'un

siècle, ni d'une école mais uniquement d'une pratique de restauration à un moment et dans un lieu donné. La collecte et l'étude de données sur des tableaux présentant des chancis de vernis n'auraient ainsi fourni aucun élément intéressant pour notre étude. De plus, la consultation des dossiers d'œuvres étant relativement chronophage, il était préférable de réduire le corpus et de l'étudier entièrement (consultations des sources numériques et papiers), plutôt que de faire une étude superficielle d'un corpus plus large. Nous obtenons alors un corpus constitué de 371 œuvres dont 80 œuvres pour lesquelles la mention « chanci de couche picturale » est très clairement identifiable. Pour les autres, les sources consultées ne précisent pas formellement la nature de la couche affectée.

Il a été envisagé de réaliser la même recherche pour le mot blanchiment. Malgré les 140 résultats obtenus, cette recherche n'a pas pu être conduite à son terme. En effet, il était difficile d'identifier avec précision, sans voir les œuvres, si les phénomènes de blanchiment évoqués faisaient référence à des chancis de couches picturales ou à des décolorations de pigments. Dans le doute, ces œuvres n'ont pas été ajoutées au corpus d'étude.

1.2. Collecte des données

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence sur un corpus d'œuvres important, l'influence de certains facteurs sur l'apparition des chancis. Les données recueillies ont été organisées par Sarah Lhomme dans un tableau dont une version légèrement remaniée peut être consultée en annexe (Lhomme 2014). La quantité et la qualité des documents présents dans les dossiers d'œuvres consultés sont disparates. Certains tableaux sont très peu documentés, à l'inverse, d'autres effectués de la main de grands maîtres ont des dossiers conséquents. Ainsi, pour certaines œuvres, des éléments n'ont pu être renseignés par manque d'informations.

Les renseignements collectés sont les suivants :

- Informations sur l'œuvre : nom du peintre, titre, date, numéro d'inventaire, dimensions, nature du support, lieu de conservation, école du peintre
- Restaurations antérieures : date, nom de l'exécutant et nature des interventions (dépoussiérage, allègement des vernis, refixage, rentoilage, transposition,...)
- Localisation du chanci, couleur de la couche altérée
- Nature des matériaux employés dans le but de résorber le chanci
- Références du document mentionnant le terme chanci et citation du passage

1.3. Analyses des données

Une première approche a consisté à dénombrer pour chaque catégorie (localisation, traitements de restauration antérieurs, siècle, nature du support, école), le nombre de tableaux présentant un chanci et à représenter les résultats bruts sous forme d'histogrammes. Pour chacune des catégories deux graphiques ont été réalisés : l'un avec l'ensemble des 371 œuvres chancies recensées dans le tableau synthétique, l'autre avec les 80 œuvres présentées dans les sources comme ayant un chanci profond. Cependant pour les études sur le siècle, le support et les écoles, cette représentation pose problème à cause de la non-homogénéité du corpus. Pour ne pas exposer des conclusions trop hâtives et erronées, les résultats doivent en effet être confrontés à l'activité du C2RMF, c'est-à-dire au nombre total de tableaux étudiés et restaurés pour chaque sous-catégorie. Dans une seconde approche, les données ont donc été normalisées : nombre d'œuvres chancies par rapport au nombre total de tableaux recensés sur la base EROS pour la sous-catégorie concernée.

2. Résultats et discussion

2.1. Etude de la localisation du chanci au sein de l'œuvre

L'état de l'art présenté au chapitre précédent suggère que les couleurs brunes (Rioux 1979, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988) et vertes (Lank *et al.* 1972, Émile-Mâle 1976, Béguin 1980, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988, Rioux 1999) pourraient chancier plus fréquemment. Une étude sur la localisation des chancis a donc été entreprise à partir des œuvres du corpus. La localisation précise de la couche ou des couches chancie(s) n'est pas toujours mentionnée dans les rapports. Certains indiquent clairement la couleur exacte de la couche altérée : « robe verte », « drapé rouge », « fond brun » ou renvoient à une partie de l'œuvre ou un élément de la composition : « dans les feuillages », « dans le ciel », « sur le drapé de la vierge », « en bas à senestre » par exemple. Dans la mesure du possible, les dossiers photographiques des œuvres ont été consultés pour essayer de déterminer ou de confirmer les couleurs correspondantes. Pour d'autres en revanche, des termes plus ambigus sont employés comme « dans les sombres » qui renvoient essentiellement à des fonds bruns/noirs. Les résultats sont présentés pour les deux corpus figure 2-1. Il convient de signaler que l'information de couleur n'a pu être recueillie que pour 120 tableaux sur 371 et 54 sur 80.

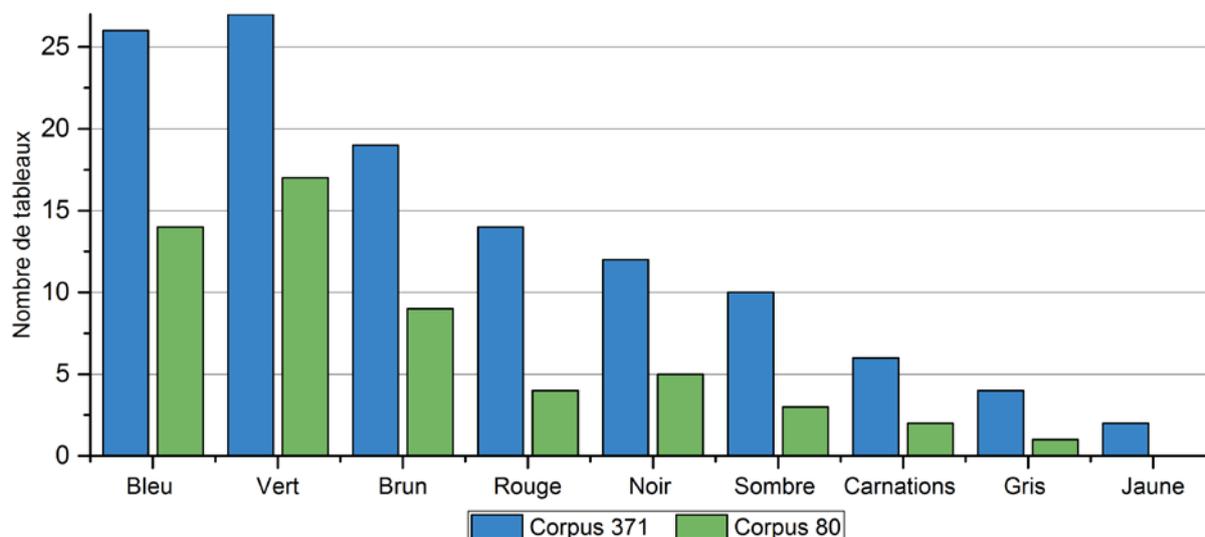


Figure 2-1 : Etude de la couleur des couches chancies pour les œuvres des corpus 371 (en bleu) et 80 pour lequel la mention chanci de couche picturale est plus clairement identifiée (en vert).

Les deux corpus aboutissent à des résultats similaires. Les couleurs qui chancissent sont principalement le vert, le bleu, le brun, les couleurs foncées (sombres, noirs) puis dans une moindre mesure le rouge, les carnations, le gris et uniquement dans le corpus 371 le jaune. Il apparaît que 60 % des couches sont bleues, vertes ou brunes dans le corpus 371 et 73 % dans le corpus 80. Les chiffres sont encore plus élevés si nous ajoutons les sous-catégories « noir » et « sombre ». Dans ce cas, nous obtenons que 78 % des couches sont peintes de ces couleurs pour le corpus 371 et même 87 % pour le corpus 80. Concernant les chancis dans les zones bleues, il convient de rappeler que le terme chanci a pu par le passé être employé de manière abusive pour décrire la décoloration du bleu outremer ou l'altération du smalt. Par conséquent, le fait que 22 % (et 26 %) des couches notées chancies soient bleues est peut-être à nuancer légèrement.

La proportion de couches rouges chancies est surprenante pour plusieurs raisons. Premièrement, il ne s'agit pas d'une couleur citée dans les publications. De plus, les restaurateurs avec qui j'ai pu échanger sur ce point soulignent que les chancis dans les rouges sont rares. Certains n'en ont même jamais vu. D'ailleurs, parmi la soixantaine de prélèvements analysés durant cette thèse, aucun n'est de couleur rouge. Le terme n'est-il pas employé à nouveau à tort ? S'agit-il de chancis ou de décolorations de pigments laqués ? La simple consultation des dossiers sans analyses ne permet pas de trancher sur ce point.

Le fait que les chancis soient plus rares dans les autres couleurs (carnations, gris, jaunes) n'est en revanche pas surprenant et confirme nos observations.

Il apparaît que la nature du pigment a une influence sur la propension d'une couche à chancier. Les résultats sont donc en accord avec les hypothèses relevées dans la littérature ou dans les ateliers de restauration.

2.2. Influence des interventions antérieures et des conditions de conservation

L'influence préjudiciable des traitements de restauration effectués par le passé sur les œuvres a fait l'objet d'un questionnement approfondi. Pour chacune des œuvres recensées, la date, le nom du restaurateur et la nature des interventions ont été consignés dans le tableau récapitulatif. Un intérêt tout particulier a été porté sur les refixages, les rentoilages et les transpositions. Pour ces trois types d'interventions, l'utilisation d'adhésifs provoque un apport d'humidité non négligeable dans les couches de vernis et les couches picturales et peut par conséquent entraîner l'apparition de chancis. Les traitements peuvent de plus nécessiter un apport de chaleur (utilisation locale de fer chauffant).

Il apparaît essentiel avant d'exposer les résultats de définir brièvement les trois interventions :

- Le refixage a pour objectif de rétablir l'adhérence entre les diverses couches constitutives de l'œuvre ou la cohésion d'une couche, grâce à un adhésif (colle de peau, cire-résine (un mélange de cire et de résine dammar), résines synthétiques) (Émile-Mâle 1976, Bergeon-Langle et Curie 2009).
- Le rentoilage consiste à consolider la toile d'origine en collant une nouvelle toile au moyen d'un adhésif (colle de pâte, colle de poisson, cire, cire-résine, résines thermoplastiques...) (Bergeon-Langle et Curie 2009).
- La transposition consiste à retirer le support original de la peinture et à remettre la couche picturale sur un nouveau support après application d'un enduit de transposition. Cette intervention nécessite l'ajout d'adhésifs et parfois de gazes intermédiaires. L'œuvre en ressort fragilisée et les pertes de matières engendrées par le changement de support sont nombreuses. Cette technique fut pratiquée en France couramment de 1750 à 1950, puis de manière plus rare, voire très exceptionnelle aujourd'hui (Nicolaus 1999, Bergeon-Langle et Curie 2009).

Les œuvres des deux corpus ont fait l'objet de nombreuses restaurations. Il apparaît que 63 % des œuvres du corpus 371, et même 68 % des œuvres du corpus 80 ont été refoixées, rentoilées et/ou transposées. L'intervention la plus effectuée est le rentoilage, puis le refoixage et pour finir la transposition (figure 2-2). 46 % des œuvres chancies ont été rentoilées à une ou plusieurs reprises pour le corpus 371 et 36 % pour le corpus 80. 22 (et 27 %) d'entre elles ont été refoixées selon le corpus considéré. Pour finir, 14 et (22 %) des œuvres présentant un chanci ont été transposées.

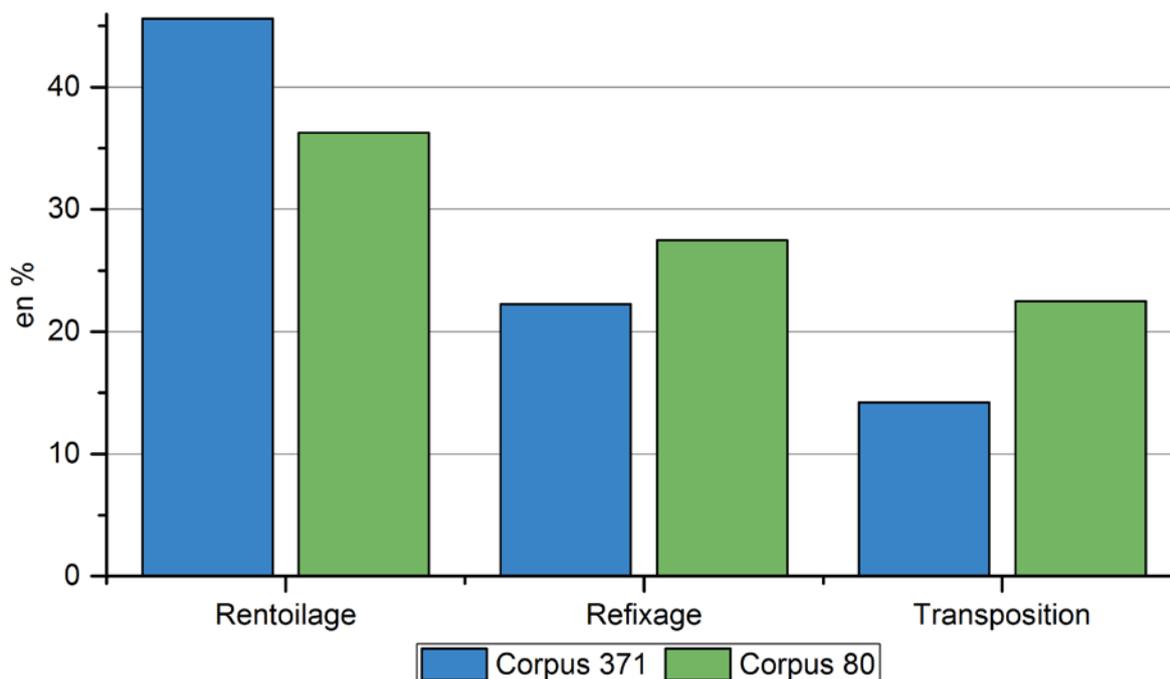


Figure 2-2 : Proportion d'œuvres des corpus 371 et 80 ayant été rentoilées, transposées ou refoixées (en % par rapport au nombre total d'œuvres du corpus)

Les pourcentages précédents ont été calculés en prenant comme référence l'ensemble des œuvres des corpus. Or pour le rentoilage et la transposition, il apparaît plus pertinent de réaliser les calculs en prenant en considération uniquement les œuvres peintes sur toile. En effet, pour les œuvres initialement sur bois et transposées sur toile, le support inscrit dans le tableau récapitulatif est le support actuel c'est-à-dire la toile. Dans ce cas, nous obtenons que 54 % de œuvres chancies sur toile ont été rentoilées et 17 % transposées dans le corpus 371 et 43 % rentoilées et 26 % transposées pour le corpus 80. Il apparaît pour finir que 68 % des œuvres chancies peintes sur toile ont été rentoilées et/ou transposées pour les deux corpus. Le fait que 2/3 des œuvres chancies sur toile ont été rentoilées et/ou transposées est un résultat non négligeable. L'influence de ces deux interventions fondamentales et surtout celle du rentoilage sur l'apparition des chancis semble réel.

Néanmoins, il apparaît important de souligner que si la plupart des œuvres chancies ont été rentoilées et/ou transposées, la plupart des œuvres ayant été rentoilées et/ou transposées ne présentent pas de chancis de couche picturale. En effet, la recherche effectuée dans la base EROS en utilisant le champ « recherche simple » nous indique que 6621 œuvres auraient été rentoilées et 1497 transposées, c'est-à-dire que seules 3.5 % des peintures rentoilées et 2.6 % des peintures transposées auraient chanci en considérant les chiffres du corpus constitué de 371 œuvres.

Des conditions de conservation trop humides peuvent également engendrer des chancis de couches picturales. C'est le cas des œuvres peintes par Jean le Jeune Cotelle et conservées au Grand Trianon du Château de Versailles, que nous proposons de détailler à titre d'exemple. Ces tableaux qui font partie d'une série plus conséquente (21 tableaux de Jean le Jeune Cotelle, 2 d'Etienne Allegrain et 1 de Jean-Baptiste Martin) ont été commandés en 1688, pour la galerie du Grand Trianon (de Barbier de la Serre *et al.* 1995). Sous le règne de Louis XIV, l'absence de chauffage entraîne des variations importantes de température et d'hygrométrie. De plus, la galerie était à cette époque bordée au nord par le Jardin des Sources qui constituait un apport de fraîcheur en été, mais surtout d'humidité en hiver. Il fut détruit sous le règne de Louis XVI. Après avoir souffert d'un manque d'entretien pendant la Révolution, Napoléon décide de retirer les œuvres et de les placer l'hiver en magasin à cause de leur état de dégradation avancée. Elles furent ensuite exposées sous Louis-Philippe dans les salles dites des résidences royales dans le vestibule Louis XIII puis réintégrèrent la galerie du Grand Trianon au début du XX^e siècle. Cependant, l'étanchéité des fenêtres est mauvaise et les œuvres ont à nouveau beaucoup souffert de l'humidité pendant la seconde guerre mondiale. Si aujourd'hui l'étanchéité des fenêtres et les problèmes de chauffage ont été réglés, la galerie du Grand Trianon reste un lieu humide. La porte de sortie donnant sur le jardin est quasi continuellement ouverte, ce qui favorise les variations d'hygrométrie et de température. Compte tenu des conditions de conservation, il n'est pas étonnant de constater la présence de chanci sur les œuvres de la galerie.

Les cas comme celui-ci pour lequel la documentation est suffisamment riche pour faire des liens entre les conditions de conservation et les altérations observées sont rares. Les accidents de conservation sont par contre mieux documentés. Ainsi, parmi les œuvres de la base EROS, 13 chancis sont consécutifs à un dégât des eaux, dont 5 pour lesquels il est avéré qu'il s'agit d'un chanci de couche picturale. L'humidité est également présentée clairement comme la cause dans certains dossiers, comme par exemple dans la demande d'intervention de 2011 pour le tableau de Gustave Courbet, *Marc Trapadoux examinant un livre d'estampes* : « L'huile

sur bois a été « enfermée » dans son cadre, entre une vitre côté face et un carton plume côté revers hermétiquement fixé par un ruban adhésif. Cet état confiné, qui a duré plusieurs années, a vraisemblablement emprisonné de l'humidité qui a causé des chancis de vernis et peut-être des chancis de couche picturale ».

Pour conclure, si les pratiques de restauration impliquant un apport d'eau et de chaleur et les milieux de conservation humide peuvent être à l'origine de l'apparition des chancis, le phénomène est en réalité plus complexe. Toutes les œuvres rentoilées/transposées ou conservées dans des conditions humides par exemple, ne chancissent pas. La technique picturale de ces œuvres doit également être considérée et examinée plus en détail pour comprendre ce qui les rend si sensibles à une telle altération.

2.3. Influence du siècle d'exécution

Dans l'état de l'art présenté dans le chapitre 1, §2.3.2, il apparaît que le siècle d'exécution de l'œuvre et donc la technique du peintre pourrait avoir une influence sur l'apparition des chancis. Ainsi, Gilberte Emile-Mâle, Herbert Lank, Karin Groen, Martin Wyld et Horsin Déon soulignent que les peintures du XVII^e seraient plus sensibles à ce phénomène (Déon 1851, Lank *et al.* 1972, Émile-Mâle 1976, Wyld 1980, Groen 1988). Il nous a semblé intéressant d'approfondir cette question sur un corpus d'œuvres plus important.

Le tableau 2-1 et la figure 2-3 présentent la répartition des œuvres chancies selon le siècle d'exécution pour le corpus de 371 œuvres puis pour celui de 80 pour lequel la mention chanci de couche picturale est clairement identifiée. Pour certaines œuvres anonymes, la date d'exécution n'est pas mentionnée, ce qui explique que les chiffres totaux soient inférieurs, à savoir 364 et 78. Ces chiffres sont ensuite mis au regard de la répartition par siècle de la totalité des œuvres documentées sur la base EROS.

	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	Total
Nombre de tableaux présentant un chanci	13	53	144	71	76	7	364
Nombre de tableaux présentant un chanci profond	1	11	38	16	9	3	78
Nombre de tableaux recensés sur la base EROS	989	2429	5787	4379	6131	2723	22438
Répartition des tableaux sur la base EROS (%)	4,41	10,82	25,79	19,52	27,32	12,14	100

Tableau 2-1 : Répartition en fonction des siècles des tableaux chancis du corpus de 371 œuvres puis de 80 (pour lesquelles la mention chancie était inscrite clairement dans les documents). La seconde partie du tableau présente à titre de comparaison la répartition selon le siècle des peintures documentées sur la base EROS du C2RMF.

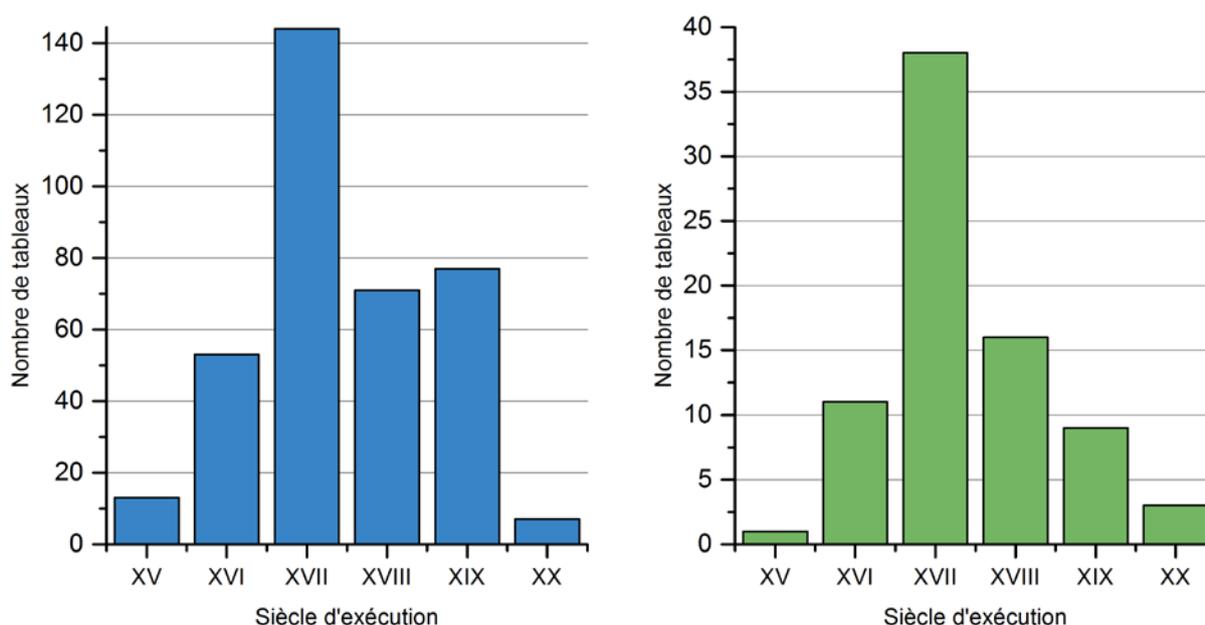


Figure 2-3 Représentation graphique du nombre de tableaux chancis en fonction de leur siècle d'exécution dans le corpus de 371 œuvres (en bleu) et 80 (en vert)

Il ressort des histogrammes présentés dans la figure 2.3, que la répartition des tableaux selon les siècles n'est pas homogène. Les œuvres chancis de notre corpus (à savoir la base EROS) ont été réalisées entre le XV^e siècle et le XX^e siècle. Le siècle pour lequel le plus d'œuvres de la base EROS présente un chanci est incontestablement le XVII^e siècle. Il apparaît selon le corpus considéré que 39% (corpus 371) à 49% (corpus 80) des œuvres chancis étudiées au C2RMF datent du XVII^e siècle. Le biais majeur de cette représentation graphique provient, comme cela avait été souligné précédemment, de l'hétérogénéité initiale du corpus d'étude : la

base EROS. En effet, pour des raisons liées à la fois à l'histoire de l'art, à l'histoire des collections muséales françaises et à l'histoire du C2RMF, la base EROS contient plus d'œuvres du XVII^e que du XV^e siècle par exemple (tableau 2-1). Il convient par conséquent de prendre en compte ce facteur et de s'en affranchir en normalisant les données brutes à l'aide du nombre total de tableaux documentés sur la base EROS par siècle (figure 2-4).

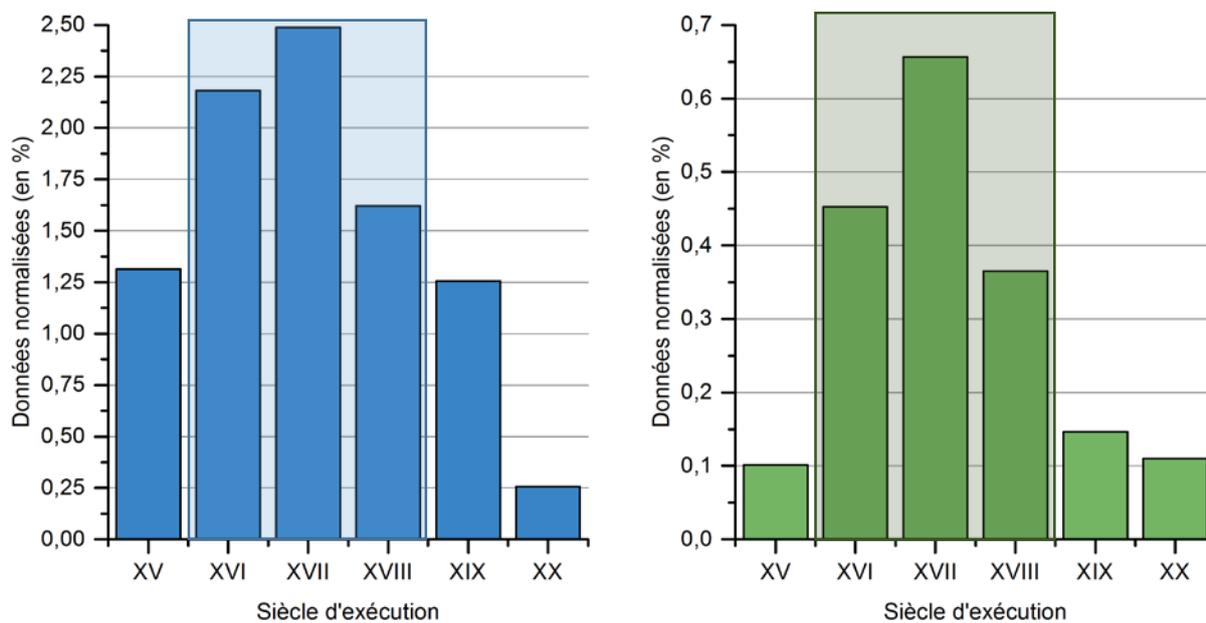


Figure 2-4 : Proportion de tableaux chancis parmi les tableaux documentés dans la base EROS classés en fonction du siècle d'exécution pour le corpus 371 (en bleu) et le corpus 80 (en vert)

Après normalisation des données, même si les proportions divergent selon le corpus pris comme référence, il apparaît que les œuvres peintes **entre le XVI et le XVIII^e siècle** sont plus touchées par cette altération. 73% des peintures ont été exécutées pendant cette période pour le corpus 371 et même 83% pour le corpus 80. De plus, il apparaît que les peintures exécutées au **XVII^e siècle** sont celles qui chancissent le plus et ce pour les deux corpus. L'écart est encore plus net si nous considérons uniquement les œuvres du corpus restreint (en vert) constitué avec certitude de chancis de couche picturale. Ce résultat est en adéquation avec les premières constatations empiriques et confirme les affirmations de différents auteurs (Déon 1851, Lank *et al.* 1972, Émile-Mâle 1976, Wyld 1980, Groen 1988).

Pour les œuvres du **XIX^e siècle**, il est par contre, difficile de conclure car selon le corpus étudié, les résultats sont contradictoires. Si l'on considère l'histogramme du corpus 371, il semblerait que ces œuvres chancissent fréquemment. Mais l'étude de l'histogramme du corpus 80, aboutit à une conclusion opposée.

En revanche, la proportion d'œuvres chancies parmi les œuvres des **XV^e et XX^e siècles** documentées dans la base EROS est très faible pour les deux corpus. Le résultat est vraisemblablement historique et doit être mis en regard de l'évolution des techniques picturales au fil des siècles. La question de la nature du liant des peintures chancies a déjà été abordée dans la partie état de l'art du chapitre 1, §2.3.2. Il semblerait que seules les peintures exécutées à l'huile chancissent. Cette présomption s'appuie notamment sur l'analyse d'un tableau moderne exécuté avec une technique mixte (huile et *a tempera*) pour laquelle les parties à l'huile ont chanci mais pas celles préparées *a tempera* (Tanhuanpää 2000). Il apparaît en effet que les limites temporelles de notre corpus correspondent à celles de l'utilisation de la peinture à l'huile. (Chapitre 1, §1.1) Pour rappel, l'essor de la peinture à l'huile a lieu entre le XV^e et le XIX^e siècle. Avant le XV^e siècle, les peintres peignent *a tempera* et l'utilisation de la peinture à l'huile se fait de manière très éparse. Puis, au début du XX^e siècle, l'huile est peu à peu remplacée par l'acrylique. Ainsi, la proportion d'œuvres chancies au XV^e et au XX^e est faible car les œuvres peintes à l'huile sont minoritaires. De plus, concernant les œuvres du XX^e siècle, un doute persiste quant à l'emploi du mot chanci pour décrire le blanchiment observé. N'est-il pas abusif ? S'agit-il véritablement d'un chanci de couche picturale ou bien de migrations d'acides gras ou d'efflorescence de sels organiques ? Ces types d'altérations sont en effet fréquemment mentionnés pour des œuvres du XX^e siècle et notamment celles de Picasso, Poliakoff (Koller et Burmester 1990, Ordonez et Twilley 1997a).

En conclusion, notre étude révèle une nette influence du siècle d'exécution d'une œuvre dans sa propension à chancier. Nous nous sommes alors interrogés sur l'existence de facteurs d'évolution dans les pratiques susceptibles d'expliquer que les œuvres exécutées à certains siècles chancissent plus qu'à d'autres. Pour répondre à cette question, une recherche sur l'évolution des procédés de préparations des liants a été conduite à partir des 127 recettes recensées dans 19 traités de peinture anciens en français datant du XVII^e au XIX^e siècle. Notre étude s'est focalisée sur la nature des matériaux constitutifs (nature des huiles, des siccatifs...) puis sur les modes de préparation. Une présentation de l'ensemble des traités, des résultats et de la totalité des recettes est consultable dans l'Annexe 2. Il apparaît que la nature des huiles employées entre le XV^e et le XIX^e siècle n'a guère évolué. L'huile de lin a peu à peu remplacé l'huile de noix dans les préconisations des auteurs, mais certaines recettes mentionnaient déjà l'huile de lin au XV^e siècle. Il ne s'agit donc pas d'un marqueur caractéristique. Cette étude révèle cependant de manière assez inattendue l'importance des siccatifs au plomb dans les recettes et parmi eux de la litharge. Le nombre important de référence à des ajouts d'eau lors

de la préparation de l'huile est également un résultat surprenant. Concernant les procédés de transformations des huiles, la combinaison siccatif plus cuisson est omniprésente dans les recettes. Ces éléments ont été pris en considération pour la préparation des liants utilisés pour fabriquer les échantillons-modèles (cf chapitre 3, §2). En revanche, l'analyse des différentes recettes de préparations des liants n'a pas permis de mettre en évidence d'évolutions majeures susceptibles d'expliquer que les peintures du XVII^e siècle chancissent plus que les autres. Il y a une certaine continuité aussi bien dans la nature des matériaux constitutifs que dans les procédés de transformations. De plus, l'analyse des différentes recettes n'a pas révélé l'utilisation d'ingrédients chimiquement instables en présence d'humidité qui auraient pu être une piste à approfondir pour expliquer l'apparition de l'altération.

2.4. Influence de la nature du support

Nous nous sommes intéressés à la nature du support des œuvres chancées de nos corpus. Trois types de supports ont été relevés : le bois, la toile et le cuivre (tableau 2-2 et figure 2-5). Les tableaux peints sur toile sont très largement majoritaires dans nos corpus : 84 % des œuvres du corpus 371 ont été exécutées sur ce support et 86 % pour le corpus 80. Les œuvres sur bois sont beaucoup moins importantes (14 % pour le corpus 371 et 11 % pour le corpus 80). Pour finir, seules 1.6 à 2.5 % des œuvres (respectivement pour le corpus 371 et 80) ont été réalisées sur cuivre.

	Bois	Toile	Cuivre	Total
Nombre de tableaux présentant un chanci	52	311	6	369
Nombre de tableaux présentant un chanci profond	9	68	2	79
Nombre de tableaux recensés sur la base EROS	3386	13573	253	17212
Répartition des tableaux sur la base EROS (%)	19.67	78.86	1.47	100

Tableau 2-2 : Répartition en fonction de la nature du support des tableaux chancés du corpus de 371 œuvres puis de 80 (pour lesquelles la mention chancie était inscrite clairement dans les documents). La seconde partie du tableau présente à titre de comparaison la répartition selon le support des peintures documentées sur la base EROS du C2RMF.

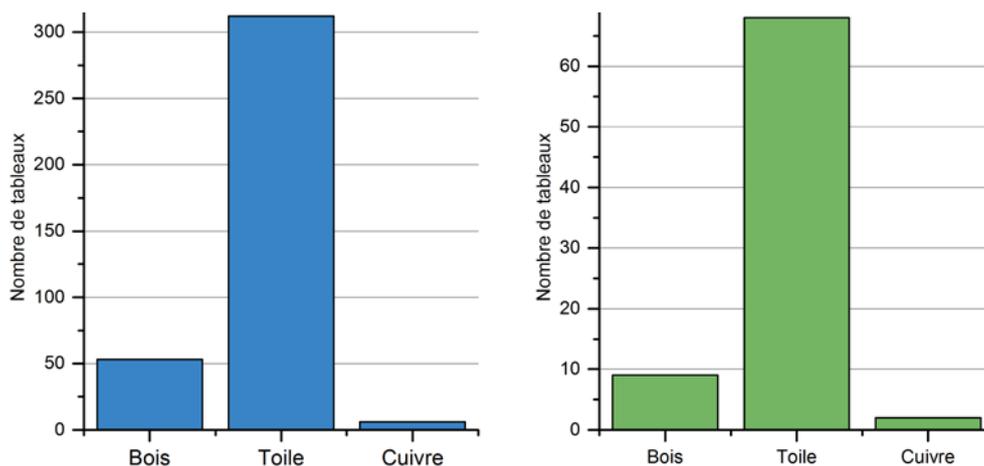


Figure 2-5 : Représentation graphique du nombre de tableaux chancis en fonction de la nature du support dans le corpus de 371 œuvres (en bleu) et 80 (en vert)

En revanche, les données normalisées à partir de la base de données EROS sont peu interprétables (figure 2-6). Le nombre de tableaux sur cuivre est très faible 1.6 à 2.5 %, et le pourcentage élevé obtenu après normalisation est dû à un nombre de tableaux sur cuivre très faible dans la base EROS (253), contre 3 386 pour le support bois et 13 573 pour le support toile. Le résultat n'est pas représentatif et il serait inexact d'avancer que les tableaux peints sur cuivre chancissent plus que ceux peints sur bois et sur toile.

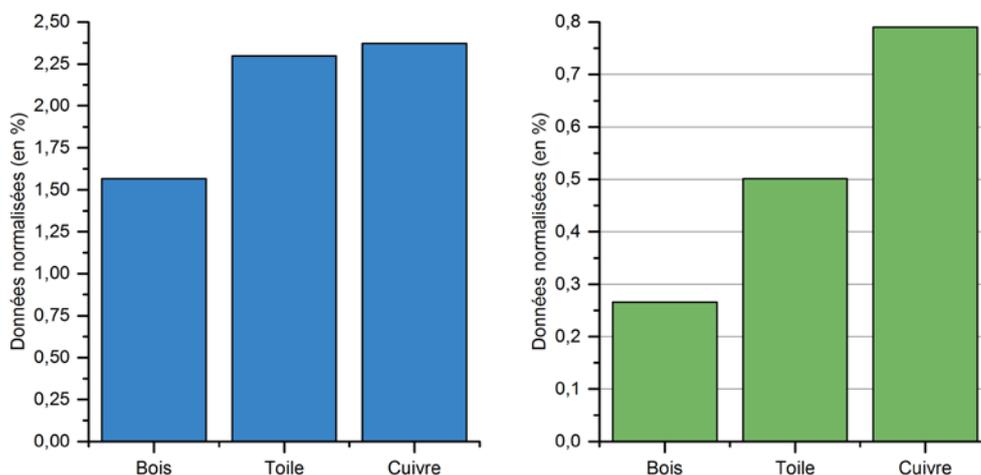


Figure 2-6 : Proportion de tableaux chancis parmi les tableaux documentés dans la base EROS en fonction de la nature du support pour le corpus 371 (en bleu) et le corpus 80 (en vert)

Les graphiques présentés figure 2-6 suggèrent que les œuvres peintes sur toile sont plus sensibles à ce phénomène. Une telle interprétation est trop rapide et erronée. La répartition observée pourrait être historique et liée à la date d'exécution de ces œuvres. Il convient ainsi de discuter les graphiques en prenant en compte l'évolution de l'utilisation des supports au fil des

siècles. Une étude croisée de l'influence de la nature du support et de la date d'exécution des œuvres a été entreprise et les résultats sont présentés dans le tableau 2-3 et la figure 2-7 (graphique normalisé). Il nous a semblé primordial dans cette étude plus précise de distinguer pour les peintures sur toile, celles qui avaient été peintes sur toile à l'origine, de celles qui avaient été transposées (bois vers toile ou fresque vers toile) pour ne pas fausser l'interprétation des résultats en indiquant des peintures sur toile au XV^e siècle par exemple.

	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	Total
Bois	12	19	15	1	5	0	52
Toile	0	30	119	69	70	7	295
Transposé bois vers toile	1	3	5	0	0	0	9
Cuivre	0	1	4	1	0	0	6
Transposé fresque vers toile	0	0	1	0	0	0	1
Total	13	53	144	71	75	7	363

Tableau 2-3 : Répartition des œuvres du corpus 371 suivant la nature du support et le siècle auxquels elles ont été exécutées

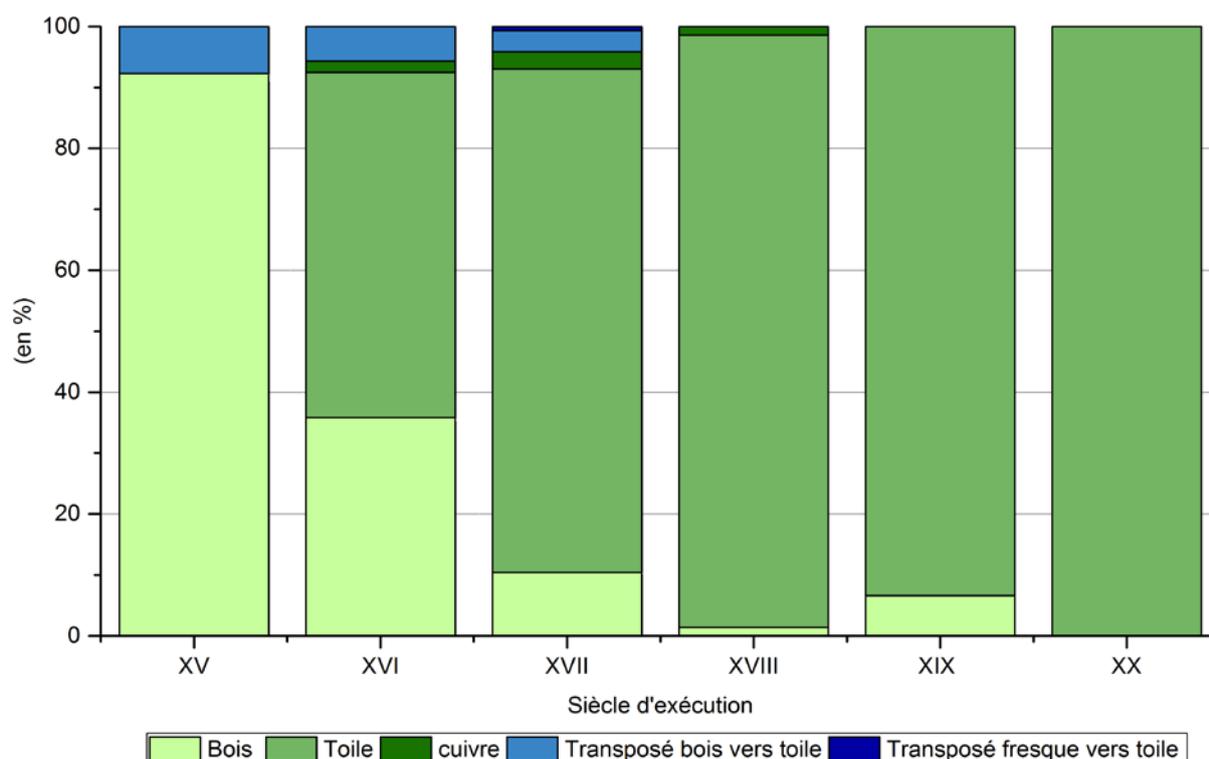


Figure 2-7 : Répartition des œuvres du corpus 371 suivant la nature du support et le siècle auxquels elles ont été exécutées

Il apparaît très clairement que la nature du support des œuvres chancies est liée à la date d'exécution de l'œuvre. Les œuvres chancies de notre corpus sont principalement sur toile (84 à 86 % des œuvres des corpus) et ce pour des raisons historiques. En effet, les peintres occidentaux vont progressivement délaisser le support bois au profit du support toile dès le début du XVI^e siècle en Italie et un siècle plus tard dans le Nord de l'Europe. Jean Félix Watin souligne ainsi en 1773 que : « *Depuis l'invention de la Peinture à l'huile, les Peintres à talent peignent moins sur le bois, cuivre, ils ne se servent plus guère que de toiles.* » (Watin 1773a). Le support toile présente comme nous l'évoquions au chapitre 1, de nombreux avantages : coût plus faible, support moins lourd et donc plus transportable, possibilité de réaliser des grands formats plus facilement... L'abandon du support bois au profit du support toile apparaît de manière incontestable sur l'histogramme figure 2-7. Nous notons en effet une décroissance importante du nombre d'œuvres peintes sur bois au fil des siècles : 92 % au XV^e, 36 % au XVI^e, 10 % au XVII^e, 1 % au XVIII^e siècle, presque 7 % au XIX^e siècle et 0 % au XX^e. De plus, si nous nous intéressons aux œuvres peintes sur bois au XVII^e et XVIII^e siècles, il apparaît comme nous pouvions s'y attendre, que la majorité d'entre elles (un peu plus de 80%) proviennent des écoles nordiques. Pour finir, le fait que certaines œuvres chancies du XIX^e siècle aient été exécutées sur bois est également historique. En effet, les peintres vont à cette époque réemployer le support bois pour des œuvres de petits formats (Perego 2005).

Le support cuivre concerne uniquement 6 œuvres de notre corpus : 1 œuvre au XVI^e, 4 au XVII^e et 1 au XVIII^e siècle). Cette répartition n'est pas surprenante. En effet, le support cuivre a été utilisé à partir du dernier quart du XVI^e siècle dans le Nord et quelques décennies plus tard en Italie. C'est un support coûteux qui a de ce fait, été très peu utilisé. Il a été néanmoins particulièrement apprécié par les écoles nordiques. La moitié des tableaux sur cuivre de notre corpus proviennent des Flandres. L'utilisation du support cuivre tombe rapidement en désuétude. Ainsi, dans l'édition de 1766 des Elemens de peinture, Roger de Piles indique qu'il n'est plus utilisé depuis longtemps (Piles et Jombert 1766).

Pour conclure, même si les tableaux du corpus sont à 84.1 % réalisés sur toile, à 14.3 % sur bois et à 1.6 % sur cuivre (pour le corpus 371), il n'y a aucune influence notable du support sur l'apparition des chancis. Cette répartition est à relier à l'histoire des supports en peinture de chevalet. Les peintures sur toile ne sont donc pas plus sensibles à ce phénomène que les peintures sur cuivre. Le cuivre joue indéniablement un rôle protecteur en empêchant l'humidité venant du revers, d'affecter l'œuvre, mais il n'a aucun impact sur celle pénétrant dans la

peinture par la face. De plus, l'eau présente dans la peinture aura plus de mal à s'évaporer pour une peinture sur cuivre que sur toile à cause de l'imperméabilité du support.

2.5. Influence du lieu de création, du pays d'origine, de l'atelier du peintre

Nous nous sommes ensuite interrogés sur l'existence éventuelle d'une corrélation entre les différentes écoles et l'apparition des chancis. Une première approche a consisté à regrouper les écoles par pays : France, Italie, Flandres, Allemagne, Angleterre, Espagne (tableau 2-4). L'appellation « Italie » rassemble ainsi les écoles de Venise, Florence, Rome, ... Le terme Flandre utilisé dans la base EROS renvoie pour des raisons historiques à la Belgique et aux Pays-Bas. La sous-catégorie « autres » correspond à cinq œuvres du Pérou, une d'un peintre suisse, une d'un artiste algérien et une d'une artiste américaine.

	France	Italie	Flandres	Espagne	Allemagne	Angleterre	Autres	Total
Nombre de tableaux présentant un chanci	206	65	64	10	5	1	8	359
Nombre de tableaux présentant un chanci profond	41	17	13	4	1	0	1	77
Nombre de tableaux recensés sur la base EROS	6024	2019	1145	291	275	125	-	9879
Répartition des tableaux sur la base EROS (%)	61	20.4	11.6	2.9	2.8	1.3	-	100

Tableau 2-4 : Répartition en fonction des pays des tableaux chancis du corpus de 371 œuvres puis de 80 (pour lesquelles la mention chancie était inscrite clairement dans les documents). La seconde partie du tableau présente à titre de comparaison la répartition selon les pays des peintures documentées sur la base EROS du C2RMF.

Il apparaît que les peintures **flamandes**, **italiennes** et **françaises** semblent plus sensibles à cette altération, que les peintures **allemandes** et **anglaises** (tableau 2-4 et figure 2-8). L'interprétation des données normalisées est en revanche plus complexe (figure 2-9). En effet, le corpus de référence (la base EROS) est très hétérogène. Nous dénombrons 6024 peintures françaises contre seulement 291 espagnoles et 125 anglaises. Ainsi, la normalisation des données peut induire des biais statistiques et induire des résultats incohérents. Alors que seulement 1.58 % des tableaux du corpus 371 et 1.11 % du corpus 80 sont espagnols, la normalisation conduit à un pourcentage élevé car très peu de peintures espagnoles sont recensées sur la base EROS.

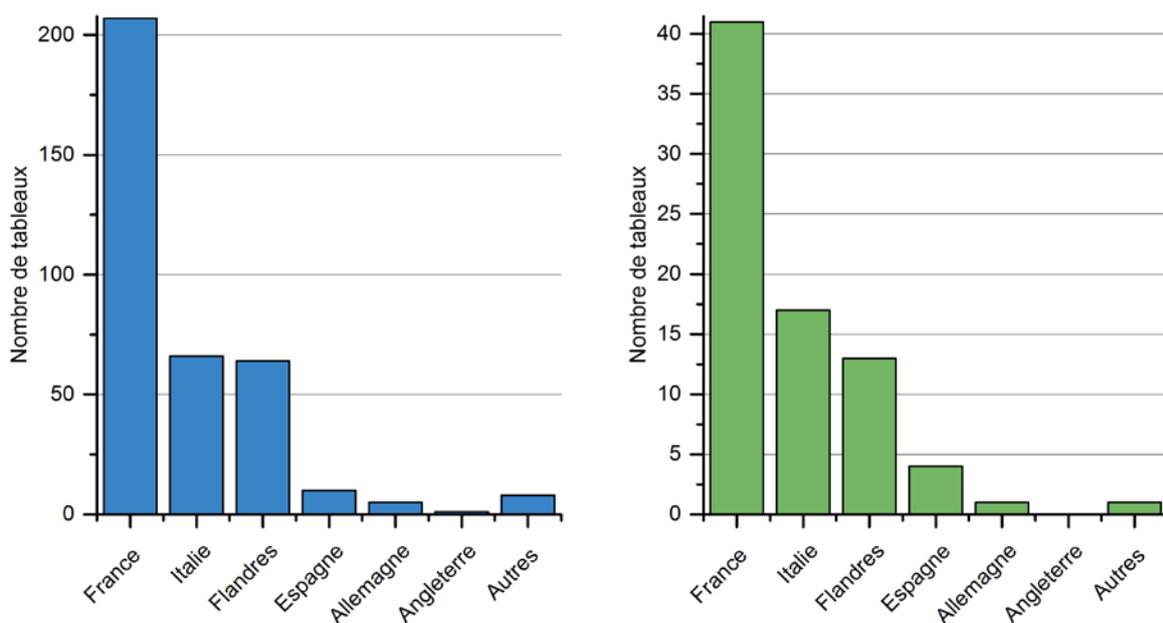


Figure 2-8 : Représentation graphique du nombre de tableaux chancis en fonction du pays dans le corpus de 371 œuvres (en bleu) et 80 (en vert)

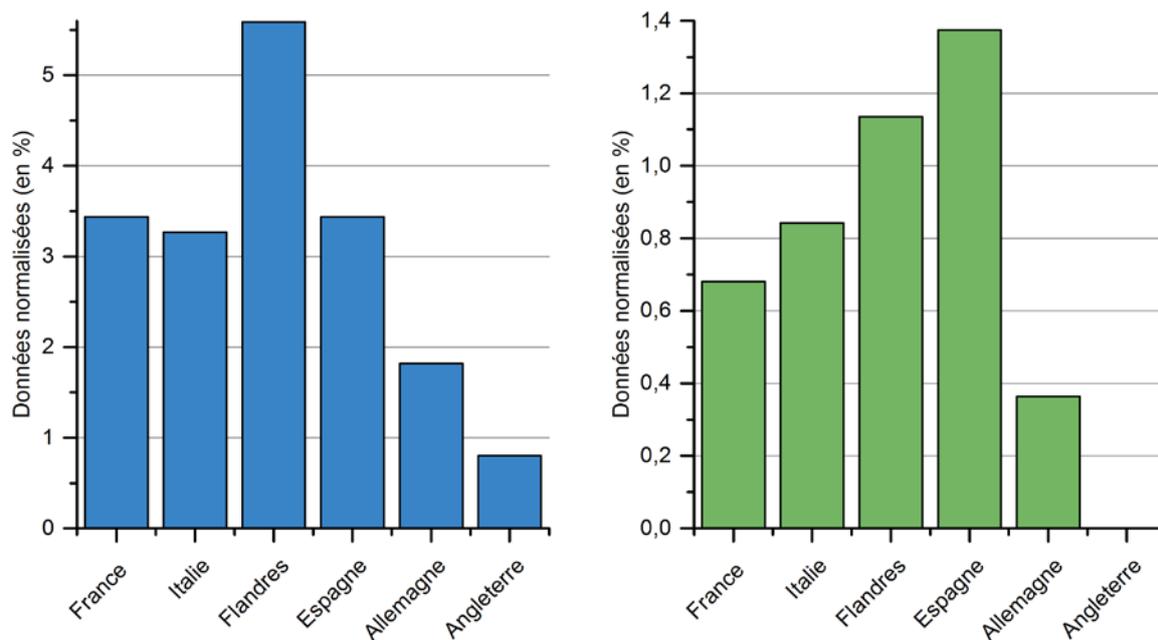


Figure 2-9 : Proportion de tableaux chancis parmi les tableaux documentés dans la base EROS classés par pays pour le corpus 371 (en bleu) et le corpus 80 (en vert)

Nous pouvons nous interroger sur la signification de ces résultats. Est-ce que le fait que ces peintures soient plus ou moins sensibles à cette altération est lié à une technique picturale différente ou bien est-ce lié à notre corpus de référence ? L'interprétation de ces graphiques revêt, de fait, un caractère complexe. De plus, le lien entre une technique picturale particulière et un pays n'est pas si évident. Chaque école a des caractéristiques qui lui sont propres que ce

soit l'emploi de certains types de matériaux, des outils, des procédés de préparation des liants et des couleurs ou encore des gestes. Ainsi, la fréquentation d'une école/d'un atelier de formation a une influence notable sur la technique employée par un peintre. Néanmoins, l'existence de particularités spécifiques à une école doit être nuancée. D'une part, elles ne sont pas figées dans le temps et elles ont évolué en intégrant, par exemple, de nouveaux matériaux ou procédés. D'autre part, la technique picturale des peintres évolue inévitablement au fil du temps au gré de leurs influences. La plupart d'entre eux ont réalisé de nombreux voyages dans toute l'Europe dans le but de découvrir les pratiques des artistes anciens et contemporains. Nous recensons, par exemple, de nombreux échanges entre les Flandres, la France et l'Italie.

Une deuxième approche a consisté à croiser les informations et à étudier la répartition temporelle et géographique des peintures de notre corpus (figures 2-10 et 2-11). Il apparaît que les œuvres françaises, flamandes et italiennes qui présentent des chancis, n'ont pas été exécutées à un siècle particulier et par conséquent avec une technique spécifique. En effet, pour le corpus 371, les peintures italiennes chancis ont été peintes aux XV^e, XVI^e, XVII^e siècle et plus minoritairement au XVIII^e siècle. Les peintures flamandes l'ont été aux XVI^e, puis principalement au XVII^e, et de manière plus faible aux XVIII^e et aux XIX^e siècles. Les peintures françaises chancis de notre corpus ont quant à elles, été réalisées aux XV^e, XVI^e, XVII^e, XVIII^e, XIX^e et XX^e siècles. La tendance est sensiblement la même pour le corpus 80, pour lequel la mention chanci de couche picturale était très clairement identifiée dans les rapports.

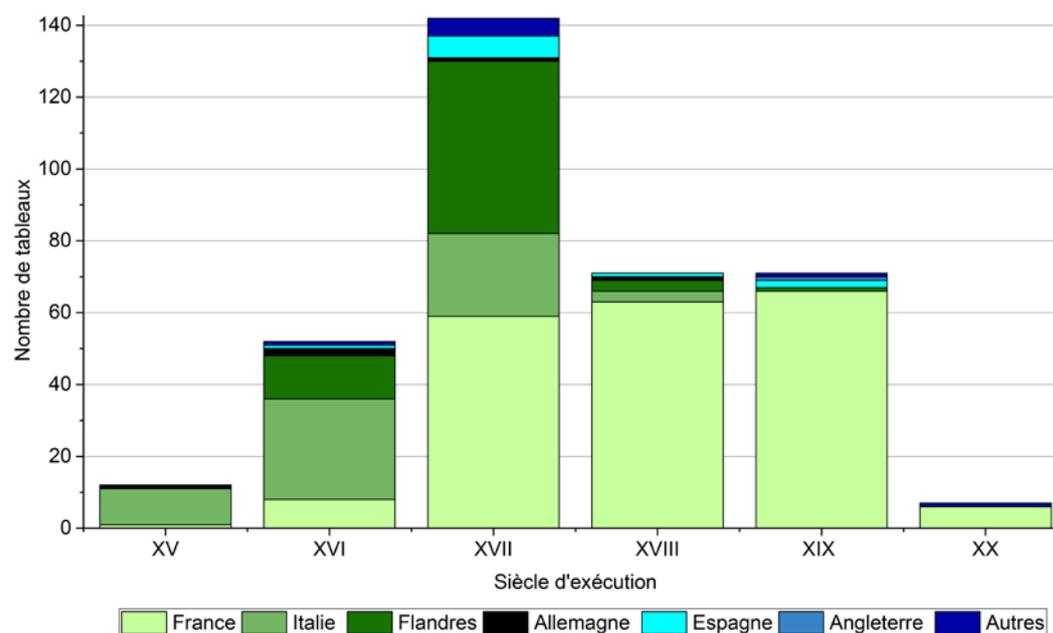


Figure 2-10 : Répartition géographique et temporelle des œuvres du corpus constitué de 371 œuvres.

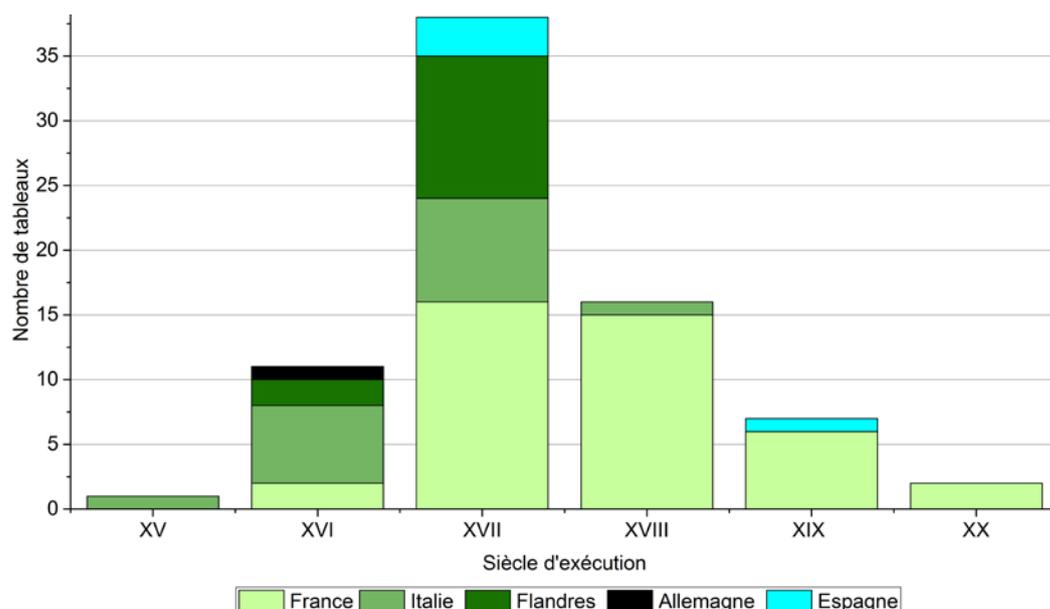


Figure 2-11 : Répartition géographique et temporelle des œuvres du corpus constitué de 80 œuvres.

Les peintures du XVII^e siècle sont les plus sujettes au *chanci* comme nous l'évoquions dans la partie sur l'influence de la date d'exécution de l'œuvre sur l'apparition des *chancis*. Or il apparaît que ces peintures peuvent avoir été exécutées aussi bien par des peintres français, flamands, italiens ou espagnols. Dès lors, quel est ou quels sont les points communs entre les techniques ? Y a-t-il une caractéristique commune qui pourrait expliquer la sensibilité particulière des peintures exécutées à cette époque ? Nous savons que les peintres de différents pays avaient mis en œuvre des techniques spécifiques pour préparer leurs toiles. Par contre, concernant la préparation des liants et le broyage des couleurs, c'est plus compliqué. Y aurait-il des techniques spécifiques, des secrets d'ateliers transmis de génération en génération qui pourraient avoir une certaine influence sur la propension d'une œuvre à *chancier* ? Pour répondre à cette question nous nous sommes interrogés sur l'existence possible de filiations maître-élèves, en étudiant le parcours de l'ensemble des peintres du corpus 371 à partir du Dictionnaire des peintres, sculpteurs, dessinateurs et graveurs d'Emmanuel Bénézit (Bénézit 1976) et du Dictionnaire of Art (Turner 1996).

Avant d'évoquer les filiations à proprement parler, il est très intéressant de souligner que cette altération n'affecte pas uniquement les œuvres des peintres mineurs. Nous retrouvons en effet de nombreuses œuvres de grands maîtres reconnus (Andrea del Sarto, Titien, Le Caravage, Pierre Paul Rubens, Frans Hals, Charles Lebrun, Rembrandt, Jacques Louis David...). De plus, il apparaît que les peintres ayant des œuvres qui *chancissent* ne sont pas des peintres isolés, mais qu'ils ont bien souvent été les maîtres et/ou les élèves d'autres peintres de notre corpus (figure 2-12 et 2-13).

L'importance des liens entre les peintres de notre corpus permet d'obtenir une filiation inattendue qui va du XVI^e au XIX^e siècle, de Adam van Noort à Jean Baptiste Camille Corot, de manière indirecte. Il est d'ailleurs intéressant de noter que la filiation a pour origine la peinture flamande du XVI^e siècle. En effet dans la partie gauche, nous retrouvons exclusivement des peintres flamands, puis dans un second temps des peintres français ayant eu ou non des liens avec eux. Elle met de plus en évidence de nombreux nœuds correspondant à des ateliers dont les œuvres chancissent. Il apparaît que les peintures de la plupart des grands ateliers sont sujettes à cette altération. Nous pouvons ainsi citer pour les flamands, l'atelier de Pierre Paul Rubens, de Frans Hals, de Rembrandt, de Carle van Loo ou encore d'Abraham Bloemaert (figure 2-12d) et leurs descendants. Pour les français, il est très intéressant de souligner les nœuds qui se sont formés autour de Simon Vouet et de Charles Lebrun, un de ses élèves, ou encore plus tardivement les ateliers des peintres formés par François Lemoine, François Boucher ou Joseph-Marie Vien, comme Vincent et surtout David. Le cas de David est d'ailleurs assez impressionnant, nous dénombrons dans notre corpus pas moins de dix-sept peintres qui ont fait partie de ses élèves ou des élèves de ses élèves. Au XIX^e siècle, nous pouvons également citer l'atelier de Pierre Narcisse Guerin (Ary Sheffer, Géricault, Delacroix...) dont les œuvres présentent également de nombreux chancis.

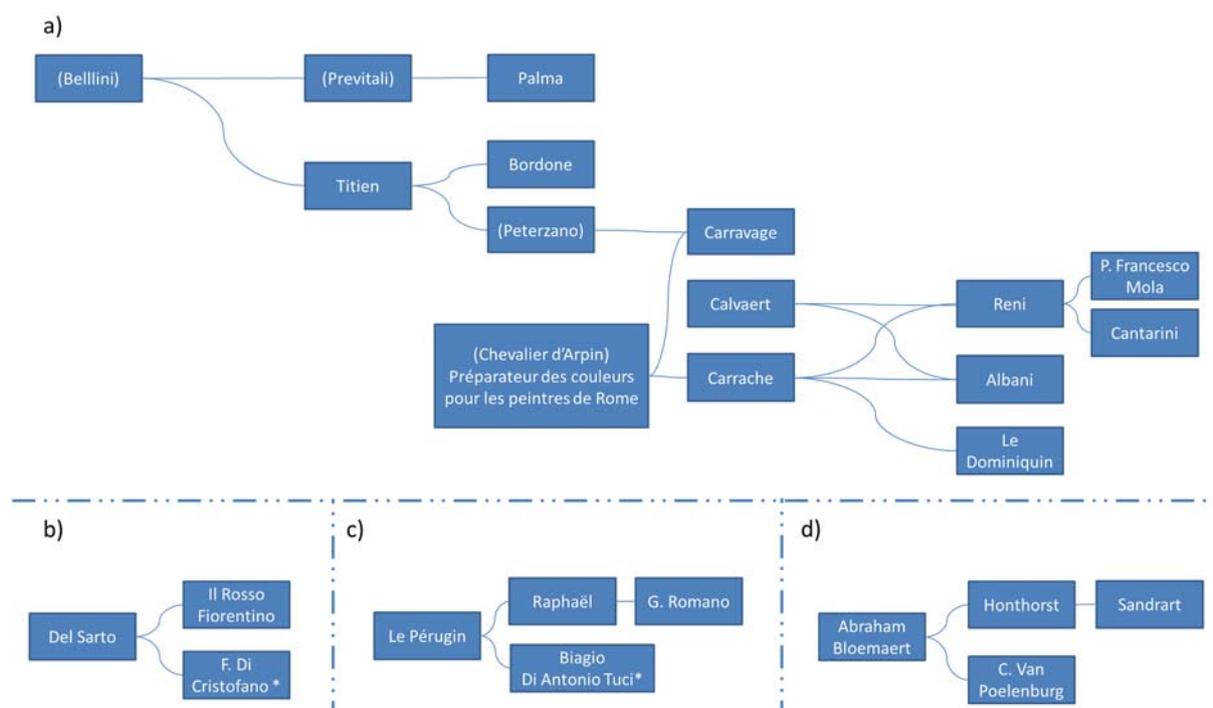


Figure 2-12 : Etude des filiations maîtres-élèves pour les écoles italiennes (a, b et c) et flamandes (d). Les peintres entre parenthèses ne sont pas présents dans notre corpus.

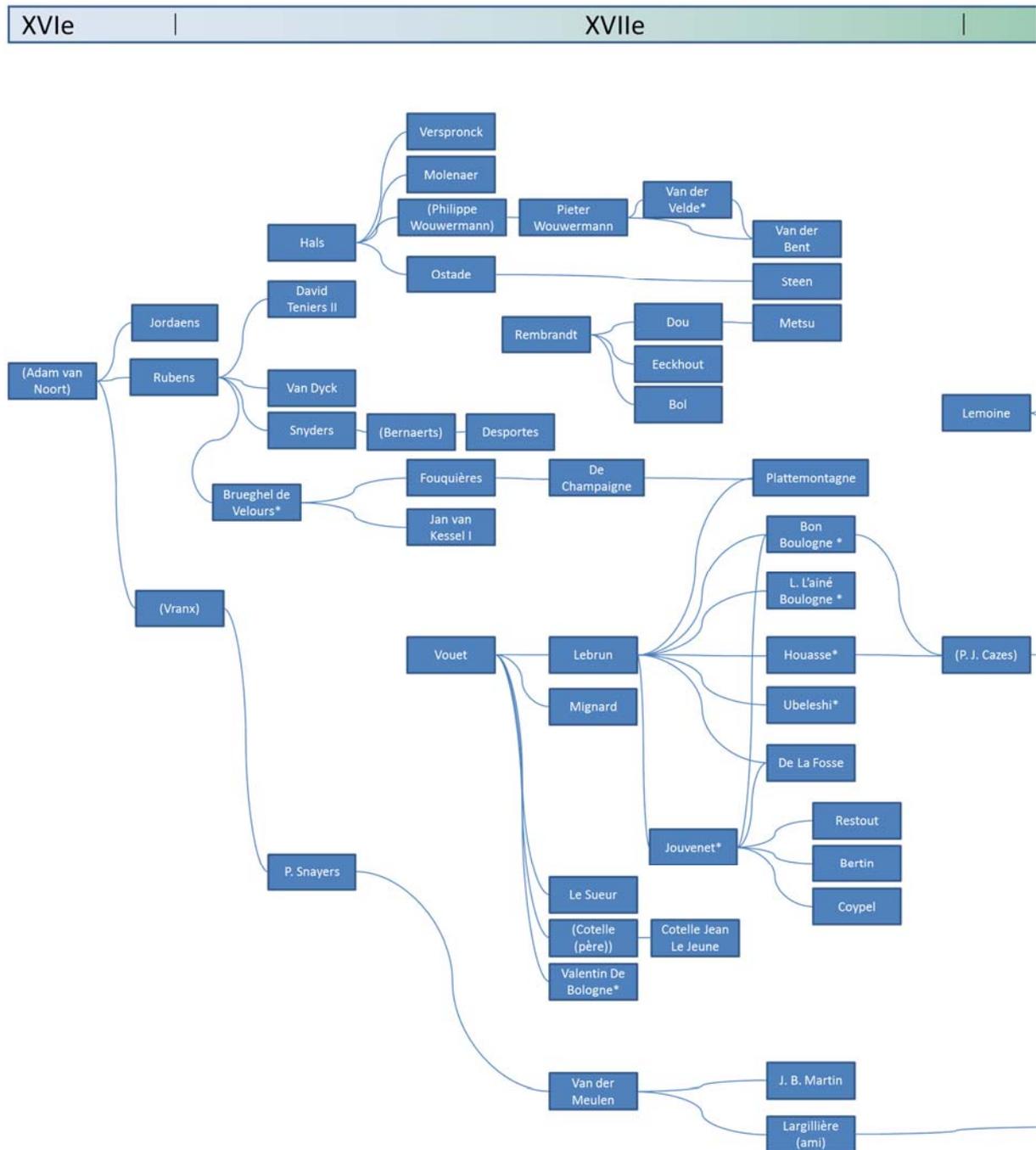
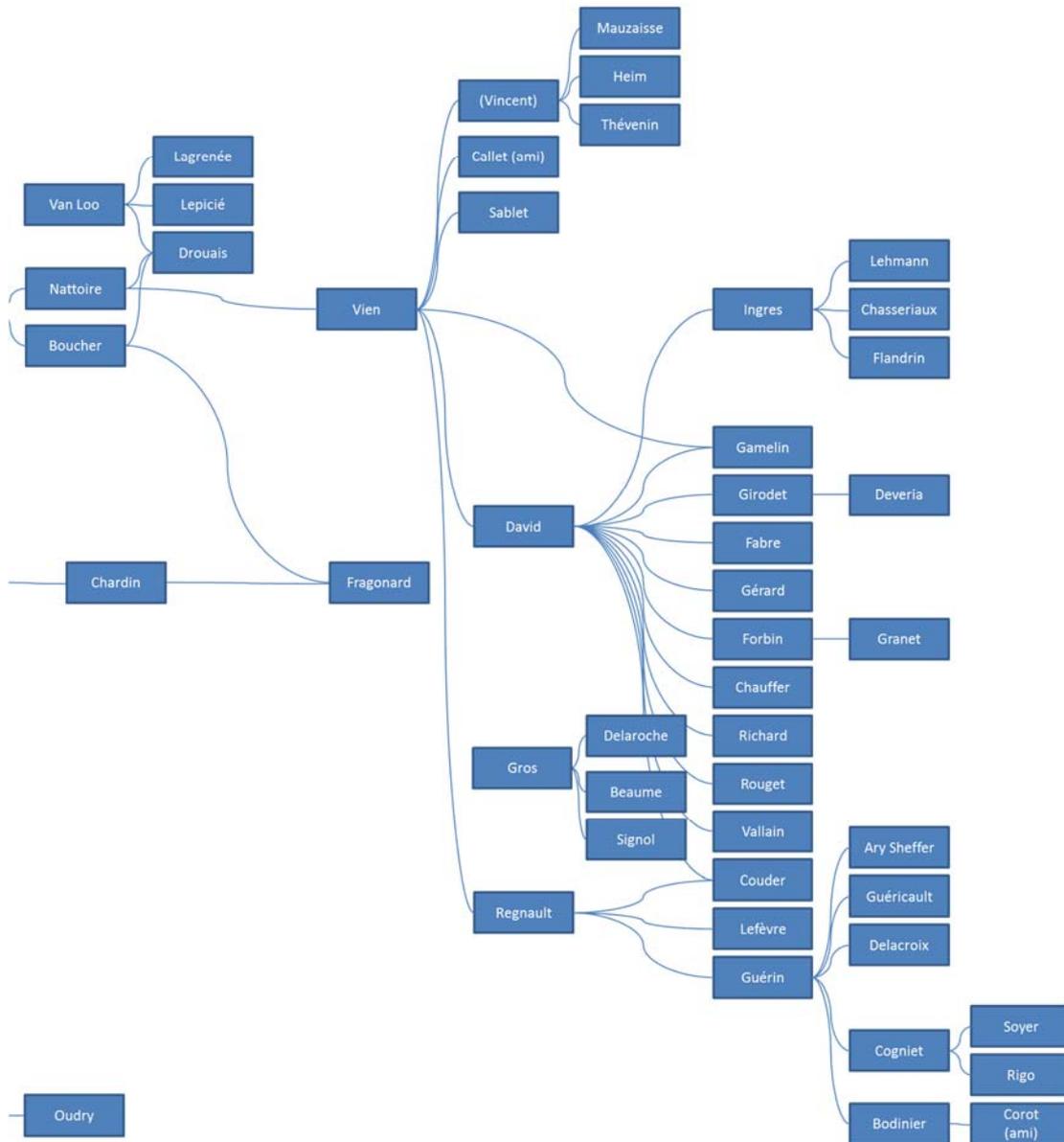
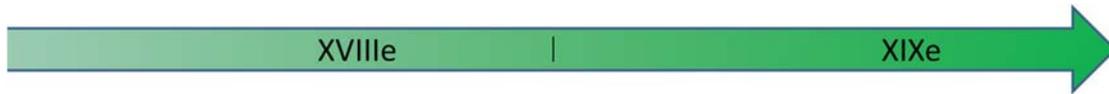


Figure 2-13 : Corpus 371 : étude des filiations maîtres-élèves. Les peintres suivis d'une étoile (*) ne sont pas des élèves mais des collaborateurs et ceux entre parenthèses ne sont pas présents dans notre corpus.



Les peintres italiens de notre corpus sont, par contre, à part (figure 2-13 a, b et c). Nous retrouvons quelques peintres de l'école de Florence autour d'Andrea del Sarto ou du Pérugin avec notamment Raphaël, élève de ce dernier. Les œuvres des peintres issus de l'école de Venise peuvent également chancier, comme celles des élèves de Bellini dont Titien. Des peintures issues des écoles de Bologne (Reni, Carrache, Albane par exemple) sont également présentes dans notre corpus. Il convient de préciser qu'ils ont presque tous travaillé à Rome, où ils ont certainement dû être en contact avec des peintres du Nord de l'Europe.

3. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de préciser le contexte historique et matériel des œuvres chancies. Cette étude a été réalisée à partir de la base de données EROS du C2RMF qui regroupe l'ensemble des documents issus des départements Recherche et Restauration. Suite à l'état de l'art présenté dans le chapitre 1, nous nous sommes interrogés sur l'influence de certains facteurs sur l'apparition des chancis de couche picturale : conditions de conservation, restaurations antérieures, couleur de la couche altérée, siècle d'exécution, support, ainsi que le pays, l'école et l'atelier de chacun des peintres du corpus.

Premièrement, les traitements de restauration ont une influence non négligeable sur l'apparition de l'altération. Il apparaît en effet que 68 % des œuvres chancies sur toile de notre corpus ont été rentoilées et/ou transposées au moins une fois. Il convient cependant de souligner que la plupart des peintures rentoilées et/ou transposées ne présentent pas de chancis. Ainsi, ces interventions de restauration ne sont pas, avec les conditions humides de conservation, les seules causes de l'apparition des chancis. La technique picturale de ces œuvres doit également être prise en compte pour mettre en évidence leur sensibilité particulière à l'humidité.

Nous avons souligné que cette altération n'affectait que les peintures à l'huile, ce qui explique que les œuvres chancies aient été exécutées entre le XV^e et le XX^e siècle. Cette recherche suggère que les œuvres peintes entre le XVI^e et le XVIII^e siècle chancissent fréquemment et principalement celles du XVII^e siècle. L'analyse des pratiques de préparations des liants effectuées à partir de 127 recettes issues de 19 traités anciens du XVII^e au XIX^e siècles n'a pas permis de mettre en évidence d'évolutions majeures ou de ruptures qui pourraient expliquer l'influence notable du siècle d'exécution sur l'apparition des chancis. L'étude de la couleur des couches altérées révèle en revanche que les pigments ont une influence. Il apparaît que les couleurs bleues, vertes et brunes chancissent plus fréquemment

que les autres. Ces résultats confirment sur un corpus plus large les présomptions relevées dans la littérature. La nature du pigment pourrait ainsi, de par sa composition, avoir une influence sur la propension d'une couche picturale à chancier. Ce point sera repris dans le chapitre 5 et mis en regard avec l'explication physico-chimique de l'altération.

En revanche, la nature du support ne semble par contre pas avoir d'influence sur l'apparition de l'altération. Le fait que les œuvres chancées soient pour la plupart peintes sur toile n'est pas symptomatique mais historique (remplacement du support bois par le support toile dès le début du XVI^e siècle en Italie et un siècle plus tard dans le Nord de l'Europe).

Nous nous sommes ensuite interrogés sur le parcours des peintres dont les œuvres chancissent. Les résultats de cette recherche inédite sont très intéressants et ce pour plusieurs raisons. Il apparaît premièrement que toutes les écoles de peinture, du nord au sud de l'Europe, sont confrontées au phénomène des chancis. D'après le corpus de la base EROS, celles-ci ont été peintes aussi bien par des Français, des Flamands ou des Italiens et dans une proportion beaucoup plus faible, mais cela pourrait être lié au corpus de référence, par des Anglais, des Espagnols ou des Allemands. De plus, il convient de souligner que ces œuvres ont été exécutées aussi bien par des peintres d'importance mineure, que par des grands maîtres reconnus ou leurs ateliers. L'étude des filiations maîtres-élèves a permis de mettre en évidence qu'il ne s'agit pas de peintres isolés mais que des nœuds se créent autour de certains grands maîtres comme Pierre Paul Rubens, Frans Hals, Simon Vouet, Charles Lebrun ou encore Jacques-Louis David. Il est ainsi possible de créer à partir des peintres de notre corpus une filiation aussi spectaculaire qu'inattendue s'étendant du XVII^e au XIX^e siècle. Nous pouvons alors nous interroger sur la transmission des pratiques, sur ces secrets d'ateliers confiés oralement de maîtres à élèves. Les liens étroits entretenus entre les artistes sont une réalité factuelle et il pourrait être intéressant d'étudier plus en détail la technique des maîtres pour identifier d'éventuelles caractéristiques communes. Il serait intéressant de réaliser une étude plus large à l'échelle européenne et d'étudier avec la même méthodologie, les fonds de la National Gallery à Londres ou de l'Opificio delle Pietre Dure à Florence par exemple. La principale difficulté d'une telle investigation est terminologique. Comment traduire le mot *chanci* ? Quel mot est utilisé pour décrire cette altération à l'étranger ? N'y a-t-il pas de confusions avec d'autres phénomènes ou de termes employés de manière abusive ? Sybille Schmitt indique d'ailleurs comme nous l'avons mentionné dans le chapitre 1, que les termes anglophones sont souvent utilisés à tort, de manière interchangeable (Schmitt 2013).

Chapitre III

MATERIELS ET METHODES

" La peinture, c'est très facile quand vous ne savez pas comment faire.

Quand vous le savez, c'est très difficile "

Edgar Degas

1.	<i>Présentation des corpus de peintures anciennes</i>	104
1.1.	Corpus 1 : sélection initiale	104
1.2.	Corpus 2 : musée Girodet, Montargis	108
1.3.	Corpus 3 : peintures traitées avec le produit développé.....	111
2.	<i>Echantillons modèles</i>	112
2.1.	Les couches picturales	113
2.1.1.	Série 1 : caractérisation et compréhension de l'altération.....	113
2.1.2.	Série 2 : caractérisation et compréhension de l'altération.....	114
2.1.3.	Série 3 : étude des traitements de restauration.....	117
2.2.	Les vernis	117
2.2.1.	Série 1 : caractérisation et compréhension de l'altération.....	117
2.2.1.1.	Les vernis naturels.....	117
2.2.1.2.	Les vernis synthétiques	118
2.2.2.	Série 2 : étude des traitements de restauration.....	118
3.	<i>Techniques d'imagerie et d'analyse</i>	119
3.1.	Microscopie numérique 3D et microscopie optique	120
3.2.	Microscopie électronique à balayage couplée à un spectromètre à dispersion d'énergie	121
3.2.1.	Préparation des échantillons	122
3.2.2.	Conditions expérimentales	124
3.3.	Spectroscopie UV-Visible	124
3.4.	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier	126
3.5.	Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse	126
3.6.	Spectroscopie de fluorescence X	127
3.7.	Calorimétrie différentielle à balayage	129
3.8.	Tomographie de cohérence optique	129
3.9.	Emission X induite par particules chargées	130
3.10.	Synchrotron-nanotomographie à contraste de phase (ID16A – ESRF)	133
3.10.1.	Préparations des échantillons.....	136
3.10.2.	Conditions expérimentales	137

3.10.3. Traitement des données	139
3.11. Micro-tomographie X en absorption	139
3.12. Diffusion des neutrons aux petits angles (D11 – ILL)	140
3.12.1. Intégrale de l'intensité diffuse	142
3.12.2. Limite aux grandes valeurs de q de l'intensité diffusée	143
4. Conclusion.....	145

Chapitre III

MATERIELS ET METHODES

Une part importante des résultats repose sur l'examen et l'analyse de peintures de chevalet anciennes. Un premier corpus constitué de 14 œuvres exécutées entre le XVI^e et le XIX^e siècle a été examiné à l'échelle macroscopique puis microscopique à partir de prélèvements dans le but de caractériser l'altération (chapitre IV), comprendre son apparition (chapitre V) et évaluer l'efficacité des traitements de restauration actuels (chapitre VI). Le second corpus est composé exclusivement d'œuvres du Musée Girodet de Montargis, pour lesquels les chancis sont consécutifs à l'inondation des réserves survenue le 31 mai 2016. Les 35 œuvres étudiées présentent d'importants chancis de vernis et pour certaines, des chancis de couches picturales sont également visibles. Les observations à l'échelle macroscopique et les analyses non invasives ont permis de compléter la partie sur la caractérisation des chancis de vernis et la réflexion sur leur apparition. Le dernier corpus correspond aux 4 œuvres anciennes sur lesquelles l'efficacité et la pérennité du traitement développé pour la restauration des peintures chancies ont été testées, après des essais préliminaires prometteurs sur des échantillons modèles. Les corpus seront présentés dans la première partie du chapitre en insistant sur les critères de choix, les atouts et les limites éventuelles des sélections retenues.

En parallèle, des échantillons modèles ont été préparés afin de comprendre l'influence des paramètres externes comme l'humidité ou la chaleur et inhérents à la peinture comme la nature des vernis, du liant, des pigments, la présence de siccatifs, de charges) sur l'apparition des chancis (chapitre V). La caractérisation à l'échelle macroscopique et microscopique est reportée dans le chapitre IV. Une série d'échantillons modèles reproduisant des chancis de vernis et de couches picturales a été conçue pour étudier les traitements actuels et en tester de nouveaux (chapitre VI). Les protocoles de préparation de l'ensemble des éprouvettes seront exposés dans la seconde partie du chapitre.

Dans la partie méthodologique, les techniques d'imagerie et d'analyse utilisées dans la suite du manuscrit seront présentées. Dans un premier temps, nous évoquerons les techniques

classiques de caractérisation des matériaux : microscopie optique, microscopie électronique à balayage à effet de champ, spectroscopies UV-Visible et infrarouge à transformée de Fourier, chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et calorimétrie différentielle à balayage, pour lesquelles uniquement les modes de préparation des échantillons et les conditions expérimentales seront indiqués. Les techniques moins conventionnelles suivantes seront exposées plus en détails : tomographie de cohérence optique, émission X induite par des particules chargées (PIXE pour *Particle induced X-ray Emission*), nanotomographie X à contraste de phase, microtomographie X en absorption et diffusion des neutrons aux petits angles (SANS pour *Small Angle Neutron Scattering*).

1. Présentation des corpus de peintures anciennes

1.1. Corpus 1 : sélection initiale

Dans le cadre d'un sujet comme le nôtre, l'enjeu est de définir un corpus non pas exhaustif mais représentatif des collections muséales françaises. Les œuvres restaurées dans les ateliers du C2RMF sont préalablement sélectionnées par des conservateurs et des chargés de collections et discutées dans des comités interrégionaux de restauration. Pour chacune d'entre elles, le problème de lisibilité que pose la présence des chancis, qu'ils atteignent uniquement le vernis ou la couche picturale, a été jugé suffisamment préoccupant pour que le C2RMF soit sollicité pour leur restauration. Cette étape de pré-sélection par des professionnels de la conservation et de la restauration en amont confère au corpus 1 une validité, un atout certain et les biais liés au choix initial des œuvres sont ainsi limités. Le corpus reflète de ce fait parfaitement les collections muséales françaises et en est par conséquent représentatif. Par ailleurs, le fait que le corpus 1 ne contienne aucune œuvre de monuments historiques, n'est pas une limite en soi. Il n'y a pas des chancis de musées et des chancis de monuments historiques, mais une seule et même altération.

Parmi les œuvres chancies en cours de restauration dans les ateliers du C2RMF, une sélection a été entreprise à partir des critères suivants. Une attention toute particulière a été accordée à la date d'exécution des œuvres pour balayer au mieux la période allant du XVI^e au XIX^e siècle au cours de laquelle les peintures sont majoritairement à l'huile et la présence de chancis est attestée (chapitre II). De plus, pour avoir un panel représentatif des diversités en terme de techniques picturales, il était primordial de choisir des peintures exécutées par des

peintres français et étrangers et sur différents supports. Initialement, le projet devait se focaliser uniquement sur les chancis de couches picturales mais l'intérêt de l'étendre aux chancis de vernis est rapidement apparu. Dans les deux cas, l'origine de l'altération est la même : l'humidité. Dès lors, il n'est pas impensable d'envisager que les phénomènes physico-chimiques à l'origine des chancis de vernis et de couches picturales puissent présenter des similitudes. Contrairement aux couches picturales qui sont des systèmes complexes constitués de matériaux organiques et inorganiques, les vernis sont seulement composés de matériaux organiques (sauf pour le cas particulier des vernis teintés) et sont donc relativement plus simples à analyser. De plus, la vitesse de séchage des vernis étant très nettement supérieure à celle des couches picturales à l'huile, préparer des échantillons modèles de vernis s'est avéré très rapide, ce qui est un paramètre non négligeable pour une étude limitée dans le temps.

Le corpus 1 est constitué de 14 œuvres dont 4 présentent des chancis de vernis et 12 des chancis de couches picturales. D'un point de vue spatio-temporel, le corpus regroupe des œuvres françaises, flamandes et italiennes datant des XVI^e, XVII^e, XVIII^e et XIX^e siècles. Concernant la nature du support, 2 peintures sont exécutées sur bois et les autres le sont sur toile. Les œuvres étudiées sont issues de 8 musées répartis sur l'ensemble du territoire (Paris, Versailles, Ecoen, Rennes, Quimper, Carcassonne et Amiens). Le tableau 3-1 présente chronologiquement les œuvres du corpus 1. Pour chacune des œuvres étudiées un bilan est consultable dans l'annexe 3.

Concernant les chancis de vernis, l'œuvre de Louis Crignier (1790-1824), *Jeanne d'Arc en Prison*, du Musée d'Amiens a été intensivement étudiée et a permis une grande avancée dans la caractérisation de l'altération et donc dans sa compréhension. La première visualisation de la modification des zones chancies à l'échelle microscopique (chapitre IV) a été mise en évidence sur un prélèvement de cette œuvre. Trois autres œuvres ont par la suite été ajoutées au corpus pour préciser et appuyer notre analyse sur un nombre plus important de prélèvements. Pour les chancis de couche picturale, la première œuvre étudiée a été *L'Aurore*, d'un peintre anonyme français du XVII^e siècle, au cours des stages de Licence 3 et Master 1 qui ont précédé le dépôt du projet de recherche. Le corpus s'est densifié avec l'ajout de 11 œuvres. Outre les critères spatio-temporels, il était essentiel de constituer dans la mesure du possible un corpus avec un large éventail de couleur et donc de pigments.

Peintre	Titre	Date	Musée	N° d'inv / C2RMF	Taille H x L (mm ²)	Support	Couche altérée	Photographie
Marco D'Oggiono (ca. 1467-1524)	La cène	1506	Musée national de la renaissance, Ecouen	INV 781 F18048	2600 x 5490	Toile	Vernis et couche picturale (brun, sombre, violet, orange)	
Leonard de Vinci	Saint Jean-Baptiste	Ca 1513-1516	Musée du Louvre, Paris	INV 775/ MR 318 F5961	690 x 570	Bois	Vernis	
Anonyme	Descente de croix	1600-1650	Musée des Beaux-Arts, Carcassonne	890.9.145 C2RMF 71528	930 x 1190	Bois	Couche picturale (brun, sombre, bleu)	
Joachim I von Sandrart (1606-1688)	Sainte famille dans un paysage	1606-1688	Musée des Beaux-Arts, Rennes	801.1.27 C2RMF 72663	1292 x 1365	Toile	Couche picturale (vert, brun)	
Adams Frans van der Meulen (1632-1690)	Siège de Courtrai	Ca. 1667	Musée National du château de Versailles et du Trianon	MV 5846/ INV 1477/ LP 2836 C2RMF 70244	2300 x 3260	Toile	Couche picturale (vert)	
Johannes van der Bent (ca. 1650-1690)	Paysages, figures et animaux	1650-1690	Musée des Beaux-Arts, Rennes	794.1.3 C2RMF 72661	950 x 1250	Toile	Couche picturale (brun, sombre)	
Anonyme	L'Aurore	1650-1700	Musée du Louvre, Paris	INV 8690 F13848	1880 diamètre	Toile	Couche picturale (carnation orange, brun, vert, violet, noir)	
Otto Marseus van Schrieck (1619-1678)	Chardons, écureuils, reptiles et insectes	Ca. 1660-1678	Musée des Beaux-Arts, Quimper	873.1.367 F5767	1355 x 1020	Toile	Couche picturale (bleu sombre)	

Peintre	Titre	Date	Musée	N° d'inv / C2RMF	Taille H x L (mm ²)	Support	Couche altérée	Photographie
Jean Cotelle (le Jeune) (1645-1708)	Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant	1650-1700	Musée National du château de Versailles et du Trianon	MV 735 C2RMF 72457	2015 x 1375	Toile	Vernis et couche picturale (vert)	
Jean Cotelle (le Jeune) (1645-1708)	Vue des cinquante-deux jets de Trianon	1688	Musée National du château de Versailles et du Trianon	MV 777 C2RMF 72732	2030 x 2290	Toile	Couche picturale (vert)	
Alexandre François Desportes, (1661-1743)	Chiens et gibier mort	1726	Musée de la chasse et de la nature, Paris	INV 3934 F1380	1100 x 1360	Toile	Couche picturale (vert)	
Jean Marc Nattier (atelier de) (1685-1766)	Portrait de Louise-Marie de France, dite Madame Louise	Ca. 1750	Musée National du château de Versailles et du Trianon	MV 4442 C2RMF 72147	1345 x 1046	Toile	Couche picturale (vert), brun)	
Jean Baptiste Siméon Chardin (1699-1779)	Les Attributs des arts	1765	Musée du Louvre, Paris	INV 3199 F768	910 x 1450	Toile	Couche picturale (brun)	
Louis Crignier (1790-1824)	Jeanne d'arc en prison	1824	Musée des Beaux-Arts, Amiens	MP récol. 90.2.83 C2RMF72 785	1164 x 885	Toile	Vernis	

Tableau 3-1 : Présentation des œuvres chancées du corpus 1 avec les références (nom du peintre, titre de l'œuvre, date d'exécution, nom du musée, numéro d'inventaire, numéro C2RMF, dimensions et nature du support), la nature de la couche altérée (verniss et/ou couche picturale), en précisant pour les chancés de couches picturales la couleur des zones affectées et pour finir une photographie en lumière directe, avec la localisation des prélèvements (se reporter à l'annexe 3 pour une photographie plus grande).

Chaque œuvre a fait l'objet d'une observation rigoureuse à l'échelle macroscopique afin de sélectionner les zones d'intérêt. Des prélèvements ont ensuite été effectués dans des zones non chancies et chancies adjacentes (même plage de couleur) pour caractériser l'altération, et chancies et régénérées pour évaluer l'efficacité des traitements de restauration actuels.

1.2. Corpus 2 : musée Girodet, Montargis

Le second corpus est exclusivement composé d'œuvres chancies du Musée Girodet de Montargis. Lors de la rénovation du Musée, l'ensemble des collections avait été entreposé dans un coffre-fort qui fut entièrement submergé pendant la crue du Loing le 31 mai 2016. Les œuvres sont restées dans l'eau pendant 72 h et présentent pour la plupart des chancis de vernis généralisés ou localisés, et pour certaines également des chancis de couches picturales.

Parmi les 68 œuvres qui seront restaurées dans les ateliers de restauration de Versailles, 35 ont été examinées à la loupe binoculaire et l'altération a été documentée par des macrophotographies. L'observation des autres œuvres a été rendue impossible du fait de la présence sur leur surface de papier japon (facing) comme réponse provisoire aux problèmes d'adhésion. L'étude des œuvres du Musée de Montargis avait pour objectif d'approfondir la caractérisation des chancis de vernis à l'échelle macroscopique pour répertorier les différentes typologies d'altération. Par ailleurs, nous nous sommes interrogés sur l'influence du support et de la nature de la préparation (blanche ou rouge) pour les œuvres sur toile dans l'apparition de l'altération. Suite aux premières observations effectuées sur les 35 œuvres, un sous-corpus de 17 œuvres a été constitué pour répondre à nos questionnements (tableau 3-2). Pour chacune des œuvres, un bilan est consultable dans l'annexe 3.

Peintre	Titre	Date	N° d'inv / C2RMF	Taille H x L (mm ²)	Support	Couche altérée	Photographie avant restauration
Sur cuivre							
Frans Francken le vieux (att. à) (1542-1616)	Le Christ aux outrages	/	885.1 C2RMF 75847	346 x 290	Cuivre fixé sur parquetage bois	Vernis	
Anonyme d'après Pierre Paul Rubens	Le Triomphe de la Religion ou Allégorie du triomphe de la foi catholique sur la science profane, la philosophie stoïcienne, la philosophie épicurienne et la nature matérielle	/	009.5.15 C2RMF 75829	616 x 510	Cuivre	Vernis	
Sur papier et carton							
Jean-Joseph-Xavier Bidault (att. à) (1758 -1846)	Vue de Subiaco avec les « bains de Néron »	Vers 1810	Inv. 015.1.1 C2RMF 75831	250 x 340	Papier marouflé sur bois	Vernis	
Albert Gleizes (1881-1953)	Sur des acrobates aériens	1916	978.3 C2RMF 62116	740 x 620	Carton	Vernis	
Sur bois							
Pierre-François-Eugène Giraud (1809-1881)	Souvenir de la Sierra Nevada (esquisse) dit aussi Les Muletiers espagnols	Entre 1846 et 1850	885.8 C2RMF 75849	370 x 247	Bois	Vernis	
Sur Toile							
Préparation rouge							
Matteo de Pittochi Ghidoni (att. à) (1626-1689)	Jésus guérissant les paralytiques, esquisse	Fin XVII ^e	874.6 C2RMF 75864	638 x 740	Toile rentoilée	Vernis	
Louis Galloche (1670-1761)	La Moisson, dit aussi L'Eté	1750	009.5.13 C2RMF 60847	825 x 1135	Toile	Vernis	

Peintre	Titre	Date	N° d'inv / C2RMF	Taille H x L (mm ²)	Support	Couche altérée	Photographie avant restauration
Préparation blanche							
Louis de Silvestre (1675-1760)	La Visitation	1750	009.5.16 F1637	450 x 372	Toile rentoilée	Vernis et couche picturale (brun et bleu)	
Anne Louis Girodet-Trioson (1767-1824)	La Mort de Camille, dit aussi Horace tuant sa soeur	1785	874.10 C2RMF 60846	1130 x 1460	Toile rentoilée	Vernis	
Anne Louis Girodet-Trioson (1767-1824)	Hector Becquerel	Vers 1820	965.1 C2RMF 68303	615 x 505	Toile	Vernis	
François-Louis Dejuinne (1784-1844)	Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier	1821	006.1.1 C2RMF 75837	653 x 550	Toile	Vernis	
Anne Louis Girodet-Trioson (1767-1824) et/ou Jean-Pierre Pequignot (1765-1807)	Chasseur dans un paysage	/	988.3 F2937	620 x 790	Toile	Vernis	
Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson	Portrait de Benoît-Agnès Trioson	/	968.1 C2RMF 68322	460 x 385	Toile	Vernis	
Alexandre Menjaud (1773-1832)	Les Adieux de Girodet à son atelier	1826	968.2 C2RMF 75858	706 x 546	Toile	Vernis	

Peintre	Titre	Date	N° d'inv / C2RMF	Taille (mm ²)	Support	Couche altérée	Photographie avant restauration
Théodore Géricault (1791-1824)	Etude de trois crânes (Vanité)	/	937.6 C2RMF 61079	315 x 598	Toile	Vernis	
François-Hippolyte Debon (1807-1872)	Portrait d'Alexandre Dumeis	1831	874.28 C2RMF 75836	920 x 731	Toile	Vernis	
Alexandre Dumeis (1808-1864)	Intérieur de l'église de Montargis avant sa restauration	1854	874.21 C2RMF 75839	923 x 730	Toile	Vernis	

Tableau 3-2 : Présentation des œuvres chancies du Musée Girodet de Montargis étudiées, triées par type de support avec les références (nom du peintre, titre de l'œuvre, date d'exécution, numéro d'inventaire, numéro C2RMF, dimensions et nature du support), la nature de la couche altérée (verniss et/ou couche picturale), en précisant pour les chancis de couches picturales la couleur des zones affectées et une photographie en lumière directe.

1.3. Corpus 3 : peintures traitées avec le produit développé

Suite à la caractérisation de l'altération et aux résultats de l'étude sur les traitements de restauration actuels, une recherche a été entreprise pour développer un composé adapté permettant de supprimer l'effet visuel du blanchiment des vernis mais aussi et surtout des couches picturales (chapitre VI). Différents produits ont été testés sur des systèmes modèles dont le mode de préparation est reporté dans la seconde partie du présent chapitre. L'un d'entre eux a donné des résultats très prometteurs pour les deux types de chancis. Dans une phase finale du projet, une discussion s'est donc engagée avec différentes institutions et des restaurateurs dans le but d'effectuer un test sur une œuvre ancienne chancie. Après accord écrit des institutions et des personnes propriétaires des œuvres, le produit a été appliqué sur 4 peintures sur une zone restreinte (tableau 3-3). L'objectif était d'évaluer l'efficacité du composé et sa réversibilité à l'échelle macroscopique puis microscopique.

Peintre	Titre	Date	Musée	N° d'inv / C2RMF	Taille H x L (mm ²)	Support	Photographie
Jean Cotelle (le Jeune) (1645-1708)	Vue de l'entrée du labyrinthe avec le Cabinet des oiseaux, des nymphes et des amours	1688	Musée National du château de Versailles et du Trianon	MV 730 / INV 3356 / B 1668 F7684	2030 x 2290	Toile	
Anonyme	Louis de Bourbon, Prince de Condé	1700-1800	Château de Bussy-Rabutin	BUS 1920000 / MH 1921/11/19	2750 x 1940	Toile	
Anonyme	L'Aurore	1650-1700	Musée du Louvre, Paris	INV 8690 F13848	1880 diamètre	Toile	
-	Nature morte	-	Collection particulière	-	-	Toile	Non communiqué

Tableau 3-3 : Références des œuvres du corpus 3 sur lesquelles le produit développé a été appliqué

2. Echantillons modèles

Des échantillons modèles de couches picturales et de vernis ont été préparés dans le but d'une part de caractériser l'altération et de comprendre son apparition, et d'autre part de tester les traitements de restauration actuels et ceux développés dans le cadre du projet.

2.1. Les couches picturales

2.1.1. Série 1 : caractérisation et compréhension de l'altération

Une première série de six éprouvettes a été préparée en 2012 par Claire Toussat (restauratrice couche picturale) lors du stage de M1, préalable au présent projet (Genty-Vincent 2012). Sur une toile de lin préalablement encollée à la colle de peau de lapin), trois couches de préparation de carbonate de calcium (réf. Kremer 58000) mêlé à de la colle de peau ont été appliquées. Les éprouvettes ont été subdivisées en quatre parties pour tester l'influence de la nature des pigments (figure 3-1a). Les pigments sélectionnés, l'ocre jaune (réf. Kremer 48000, Allemagne), l'azurite (réf. Kremer 10200, Allemagne), la terre verte de Vérone (réf. Kremer 11000, Allemagne) et la terre d'ombre brûlée (réf. Kremer 40612, Allemagne) ont été broyés avec de l'huile de lin cuite (réf. Talens 026, Hollande) dans des proportions permettant d'obtenir une matière aisément applicable au pinceau. Les éprouvettes ont ensuite été vieillies en enceinte climatique⁴ (figure 3-1b et c).



Figure 3- 1 : a) Epreuve © C2RMF/Jean-Louis Bellec ; b) Enceinte Atlas SUNTEST XXL+ ; c) Lampe arc Xénon

Les conditions de vieillissement ont été choisies en fonction des possibilités de l'enceinte (Atlas 2009b, Atlas 2009a) et à partir d'une série de publications relatant des vieillissements de matériaux du patrimoine (Meilunas *et al.* 1990, Lazzari et Chiantore 1999, Aze 2005) :

- éclairage en continu pendant trois semaines : 50 W/m² dans la gamme spectrale 300-400 nm; lampes xénon avec un filtre "verre à vitre", ce qui équivaut à 9 ans et demi d'exposition dans un musée dans des conditions de conservation optimale (Atlas 2009a, Ezrati 2012) ;

⁴ Atlas, SUNTEST XXL+

•température et humidité relative : succession de 3 cycles divisés en 4 phases :

1. T = 50 °C et HR = 35 % ; t = 41.5 h
2. T = 40 °C et HR = 50 % ; t = 41.5 h
3. T = 40 °C et HR = 65 % ; t = 41.5 h
4. T = 40 °C et HR = 50 % ; t = 41.5 h

Dans le but de reproduire l'altération, 5 protocoles proposés par Claire Toussat ont été testés sur les éprouvettes : apport d'eau (goutte d'eau, humidification au pinceau, compresses humides) ; apport d'acétone avec le même protocole ; alternance de périodes sèches et humides en enceinte climatique⁵ : au total 136 h à 90% d'HR et 60 h à 40% d'HR à 40 °C ; nettoyage au savon de Marseille puis rinçage à l'eau pour reproduire la méthode employée lors du dégrasage de l'œuvre anonyme du XVII^e intitulée *L'Aurore* ; projection de vapeur d'eau à l'aide d'un décapeur à vapeur.

Les traitements effectués sur les éprouvettes qu'ils soient légers ou plus agressifs n'ont pas permis de reproduire l'altération. Ainsi, il apparaît que l'apport d'humidité additionnée ou non de chaleur n'est pas suffisant pour faire chancier une couche picturale, la composition chimique de la matière picturale doit également être prise en compte.

2.1.2.Série 2 : caractérisation et compréhension de l'altération

De nouveaux échantillons ont été préparés en s'appuyant sur l'étude des traités anciens présentée au chapitre précédent et dans l'annexe 2 et sur les premiers résultats obtenus à partir de l'analyse des œuvres chanciers. L'objectif de cette seconde série d'échantillons modèles était de tester l'influence des trois paramètres suivants sur l'apparition des chancis : la nature du liant, la nature des pigments et la présence de charge de carbonate de calcium (craie).

L'étude des recettes anciennes nous a incités à préparer deux liants au plomb à partir d'huile de noix (HMB-BDA, France), d'eau et de litharge, PbO, (Merck-Eurolab-Prolabo, France) dans les proportions massiques 4-4-1 pour la recette 1 et 10-10-1 pour la recette 2 (figure 3-2). Le premier est inspiré du « *second médium au plomb de Léonard de Vinci* » donné par Jacques Maroger (Maroger 1986) et d'une recette décrite dans le folio 28 du traité de

⁵ MPC FN0 100L

Théodore Turquet de Mayerne (De Mayerne 1970). Cette recette a déjà été reproduite par Marine Cotte *et al.* (Cotte *et al.* 2006, Cotte *et al.* 2007). Les proportions massiques utilisées pour le second liant dérivent de la recette de l'huile noire donnée par Claude Yvel (Yvel 1991). Pour ce dernier, seule la phase supérieure a été utilisée pour le broyage avec les pigments. La phase intermédiaire plus claire contient, d'après les analyses effectuées par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, des savons de plomb et la phase inférieure de l'eau résiduelle.

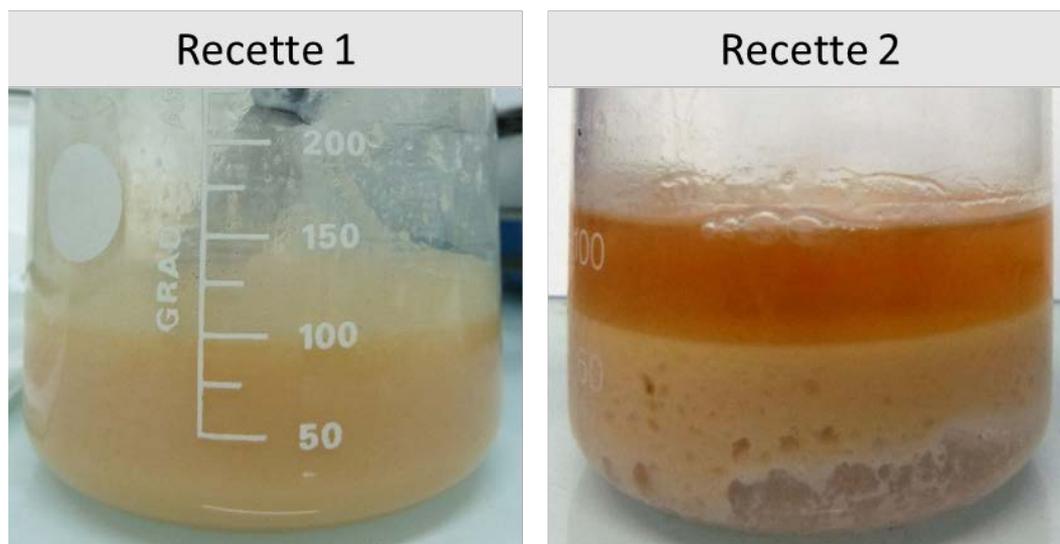


Figure 3-2 : Photographie des liants préparés selon les recettes 1 et 2

La litharge a dans un premier temps été broyée avec de l'huile manuellement sur une plaque de verre avec une molette à broyer. Le mélange a été chauffé à 60 °C pendant 40 min, puis à 100 °C pendant 180 min après l'ajout d'eau. Les liants ont ensuite été broyés sur une plaque en verre avec une molette à broyer avec les pigments suivants : terre d'ombre (réf. Kremer 40612) ; terre verte (réf. Sennelier 213) ; noir d'os (réf. Kremer 12000) ; Azurite (réf. Kremer 10200) avec ou sans ajout de carbonate de calcium et appliqués sur des lames de microscope en verre. Le choix des pigments s'appuie sur le fait que les chances de couche picturale sont principalement localisés dans les zones vertes, brunes, bleues et sombres (Wyld 1980, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988, Lhomme 2014) et sur une étude sur le blanchiment du noir d'os réalisée par des chercheurs néerlandais (van Loon et Boon 2004, van Loon et Boon 2005). Les quantités relatives de liant, pigments et carbonate de calcium utilisées sont reportées dans la figure 3-3. Pour une consistance similaire, la quantité de liant nécessaire est plus importante avec le liant de la recette 1 car il est épais et mouille moins aisément les pigments.

	Première recette				Seconde recette			
	Sans CaCO ₃		Avec CaCO ₃		Sans CaCO ₃		Avec CaCO ₃	
Terre d'ombre								
	Pigment: 27 % Liant : 73 %		Pigment: 13.5 % CaCO ₃ : 13.5 % Liant : 73 %		Pigment: 59 % Liant : 41 %		Pigment: 30.5 % CaCO ₃ : 30.5 % Liant : 39 %	
Terre verte								
	Pigment: 24 % Liant : 76 %		Pigment: 14 % CaCO ₃ : 14 % Liant : 72 %		Pigment: 61 % Liant : 39 %		Pigment: 30 % CaCO ₃ : 30 % Liant : 40 %	
Noir d'os								
	Pigment: 25 % Liant : 75 %		Pigment: 14 % CaCO ₃ : 14 % Liant : 72 %		Pigment: 43 % Liant : 57 %		Pigment: 21 % CaCO ₃ : 21 % Liant : 58 %	
Azurite								
	Pigment: 26 % Liant : 74 %		Pigment: 13.5 % CaCO ₃ : 13.5 % Liant : 73 %		Pigment: 61 % Liant : 39 %		Pigment: 32 % CaCO ₃ : 32 % Liant : 36 %	

Figure 3- 3 : Photographie de l'ensemble des éprouvettes en lumière visible (détails) avant vieillissement en enceinte climatique préparées à partir de deux recettes avec 4 pigments (terre d'ombre, terre verte, noir d'os et azurite) avec ou sans carbonate de calcium. Les pourcentages renvoient aux proportions massiques des différents composés chimiques.

Deux éprouvettes ont été préparées pour chaque composition. Après deux mois de séchage, l'une d'entre elles a été placée en enceinte climatique⁶. Une lampe à arc au xénon avec un filtre verre à vitre a été fixée à 50 W/m² dans la gamme 300-400 nm et les cycles suivants ont été effectués (tableau 3-4) :

Cycle 1 : 12 jours	Cycle 2 : 5 jours (30 h par phase)	Cycle 3 : 15 jours (30 h par phase)
T = 40 °C RH = 40 %	Phase 1 : T = 50 °C et HR = 40 % Phase 2 : T = 40 °C et HR = 50 % Phase 3 : T = 40 °C et HR = 70 % Phase 4 : T = 40 °C et HR = 50 %	Phase 1 : T = 50 °C et HR = 40 % Phase 2 : T = 40 °C et HR = 60 % Phase 3 : T = 40 °C et HR = 80 % Phase 4 : T = 40 °C et HR = 60 %

Tableau 3-4 : Variations programmées de la température et de l'humidité relative pour les 3 cycles

⁶ Atlas SUNTEST XXL+

2.1.3.Série 3 : étude des traitements de restauration

Pour tester les traitements de restauration en usage actuellement par la plupart des restaurateurs et les nouveaux protocoles développés, les éprouvettes de la série précédente ayant le plus chanci ont été préparées à nouveau et soumises aux mêmes conditions (tableau 3-4) :

- 30 éprouvettes : terre verte et carbonate de calcium, liant de la recette 2
- 30 éprouvettes : terre d'ombre et carbonate de calcium, liant de la recette 2

2.2. Les vernis

2.2.1.Série 1 : caractérisation et compréhension de l'altération

2.2.1.1.Les vernis naturels

Les échantillons modèles ont été élaborés à partir de 7 vernis naturels : 2 vernis commerciaux et 5 vernis préparés au laboratoire par dissolution de la résine dans un solvant :

- Vernis dammar (réf. 135413, Sennelier, France)
- Vernis mastic (réf. N135131.75, Sennelier, France)
- Résine Dammar de Singapour (réf. RN18, Art & conservation, France)
 - à 33% vol. dans de l'essence de térébenthine
 - à 33% vol. dans du white spirit
- Résine Dammar (HMB-BDA, France)
 - à 33% vol. dans de l'essence de térébenthine
- Résine Mastic de Chios (réf. RN33, Art & conservation, France)
 - à 33% vol. dans de l'essence de térébenthine
 - à 33% vol. dans du white spirit

Les éprouvettes ont ensuite été réalisées en appliquant une à quatre couches de vernis directement sur des lames de microscope en verre. Après séchage, deux protocoles ont été testés dans le but de reproduire l'altération. Le premier a consisté à placer les couches de vernis dans une enceinte climatique dans les conditions décrites au tableau 3-4, sans succès. Dans une seconde approche, les couches de vernis ont été immergées sur une période de 31 jours dans de

l'eau ultra pure (pour éviter l'apport de cations métalliques) dans le but de simuler un dégât des eaux. Ce protocole expérimental a permis de reproduire l'altération. Lors de l'analyse par diffusion des neutrons aux petits angles effectuée sur le réacteur de l'Institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble, une variante avait été mise en place pour les besoins de l'expérience et les lames ont été immergées dans de l'eau deutérée (D₂O).

2.2.1.2. Les vernis synthétiques

Il nous a semblé intéressant d'étudier également la sensibilité des vernis synthétiques à l'humidité. Cette étude a été menée en parallèle de celle des vernis naturels en immergeant des couches de vernis appliquées sur des lames en verre dans de l'eau ultra-pure pendant 31 jours. Le choix de la nature des résines testées a été effectué en concertation avec les restauratrices de couche picturale Angélique Bigolet et Cécile des Cloizeaux :

- Laropal A81: 1.25g de résine (CTS, France) dans 5 mL d'un mélange white spirit/xylène (50/50)
- Régalrez 1094 : 1.25 g de résine (CTS, France) dans 5 mL de white spirit
- Paraloid B72 : 0.56 g de résine (CTS, France) dans 5 mL de xylène
- MS2A : 1.8 g de résine (Linden chemicals, Portugal) dans 5 mL de white spirit

2.2.2. Série 2 : étude des traitements de restauration

Comme pour les chancis de couches picturales, des échantillons modèles de chancis de vernis ont été préparés par immersion dans de l'eau ultra-pure pour tester les traitements de restaurations actuels ainsi que de nouveaux traitements :

- 10 éprouvettes : résine dammar (HMB-BDA, France) à 33 % dans de l'essence de térébenthine

- 10 éprouvettes : vernis mastic (réf. N135131.75, Sennelier, France)

3. Techniques d'imagerie et d'analyse

La démarche expérimentale mise en place repose premièrement sur une caractérisation multi-échelle de l'altération. Dans un premier temps, des macrophotographies des zones altérées des peintures anciennes du corpus 1 ont été prises pour caractériser l'altération à l'échelle macroscopique. Certains tableaux, ainsi que la totalité des éprouvettes et des prélèvements ont ensuite été étudiés avec un microscope numérique 3D et par microscopie optique en lumière visible et en lumière bleue avec un filtre B-2A pour les prélèvements. Une caractérisation à l'échelle microscopique a ensuite été entreprise par microscopie électronique à balayage à effet de champ. Les résultats obtenus qui seront exposés dans le chapitre IV nous ont incités à recourir à une technique de caractérisation tridimensionnelle des prélèvements. Notre choix s'est porté sur la nano-holotomographie X, également appelée nanotomographie X à contraste de phase. Les analyses ont été effectuées sur la nouvelle ligne dédiée à la nano-imagerie de l'ESRF, ID16A, qui permet d'accéder à une taille de voxel (pixel en 3D, contraction de « volumetric pixel »), optimale pour notre problématique, de 130 nm, 50 nm ou même 25 nm pour un large champ de vue (entre $266 \times 266 \times 266 \mu\text{m}^3$ et $51 \times 51 \times 51 \mu\text{m}^3$). Pour les œuvres du Musée de Montargis correspondant au corpus 2, seule une caractérisation à l'échelle macroscopique a été entreprise. Aucun prélèvement n'a été effectué car la caractérisation à l'échelle microscopique des chancis de vernis avait déjà été parachevée à partir des œuvres du corpus 1. De nombreuses macrophotographies ont été prises et les œuvres ont été examinées avec un microscope numérique 3D. Des analyses de fluorescence X ponctuelles et en 2D (cartographie élémentaire) ont été effectuées pour évaluer l'influence de la composition des couches picturales sous-jacentes dans l'apparition des chancis de vernis localisés.

Dans un second temps, des investigations ciblées ont été entreprises pour comprendre l'apparition de l'altération. Des analyses ont été effectuées par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier et chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse pour mettre en évidence une éventuelle modification chimique et par tomographie de cohérence optique pour étudier les variations possibles d'épaisseur au cours de l'altération. Un suivi cinétique de l'altération a été effectué par diffusion des neutrons sur la ligne D11 du réacteur de l'Institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble. Suite aux résultats de ces analyses, les éléments traces présents dans les vernis ont été analysés par Emission X induite par particules chargées (PIXE). Des analyses complémentaires par spectroscopie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS), ainsi qu'un dosage par hydroxyde de potassium (KOH) pour

mesurer l'indice d'acide des résines et des vernis ont été demandées au Bureau des Analyses du CNRS à Villeurbanne pour lesquels nous présenterons uniquement les résultats.

Pour finir, les traitements de restauration actuels et ceux développés dans le cadre de la thèse ont été testés sur des systèmes modèles. L'efficacité, l'inertie chimique et la réversibilité des composés ont été étudiées par microscopie numérique 3D, microscopie électronique à balayage à effet de champ ou microtomographie X en absorption. Une étude a également été entreprise par spectrocromimétrie pour évaluer la durabilité du traitement. Dans un second temps, le composé retenu a été appliqué sur des œuvres anciennes. Son efficacité et sa réversibilité ont été étudiées à l'échelle macroscopique et par nano-holotomographie X.

L'ensemble des techniques d'imagerie et d'analyse utilisées est présenté dans la suite du chapitre et le cas échéant, les modes de préparation des échantillons et les conditions expérimentales seront indiqués.

3.1. Microscopie numérique 3D et microscopie optique

L'ensemble des prélèvements a premièrement été observé avec un microscope numérique 3D.⁷ L'avantage de cette technique est de pouvoir obtenir pour un échantillon non plan une image nette en 2D en superposant la série de clichés collectés pour l'ensemble des points focaux, ainsi qu'une image topographique en 3D. La qualité des images obtenues à des grossissements importants (jusqu'à x 2500) a permis d'effectuer une caractérisation optimale des échantillons à l'échelle macroscopique et notamment de distinguer la présence de zones plus ou moins altérées au sein d'un même micro-prélèvement. Par ailleurs, pour les échantillons modèles, la fonctionnalité permettant de réaliser des profils à partir des images en 3D a permis de déterminer leur épaisseur, donnée nécessaire à la simulation numérique de l'altération (chapitre IV, §2.3). En parallèle, la surface des prélèvements a également été examinée sous lumière bleue avec un filtre B-2A avec un microscope optique⁸ avec un grossissement compris entre x 50 et x 200 pour déceler des éventuelles traces de vernis grâce à leur fluorescence.

Une caractérisation par microscopie numérique 3D a également été effectuée directement sur l'ensemble des œuvres de Montargis du corpus 2, ainsi que l'œuvre de Louis

⁷ Hirox KH8700 couplé avec une lentille revolver MXG-2500REZ

⁸ Nikon Labophot-2 couplé avec une caméra Nikon DS-Ri1

Crignier, les deux de Jean Cotelle dans les ateliers de Versailles et sur *L'Aurore* au laboratoire (figure 3-4). Les acquisitions ont été faites avec un autre microscope numérique 3D plus transportable⁹ et monté sur un pied de studio photo robuste (réf. FOBA DSS-ALPHA).

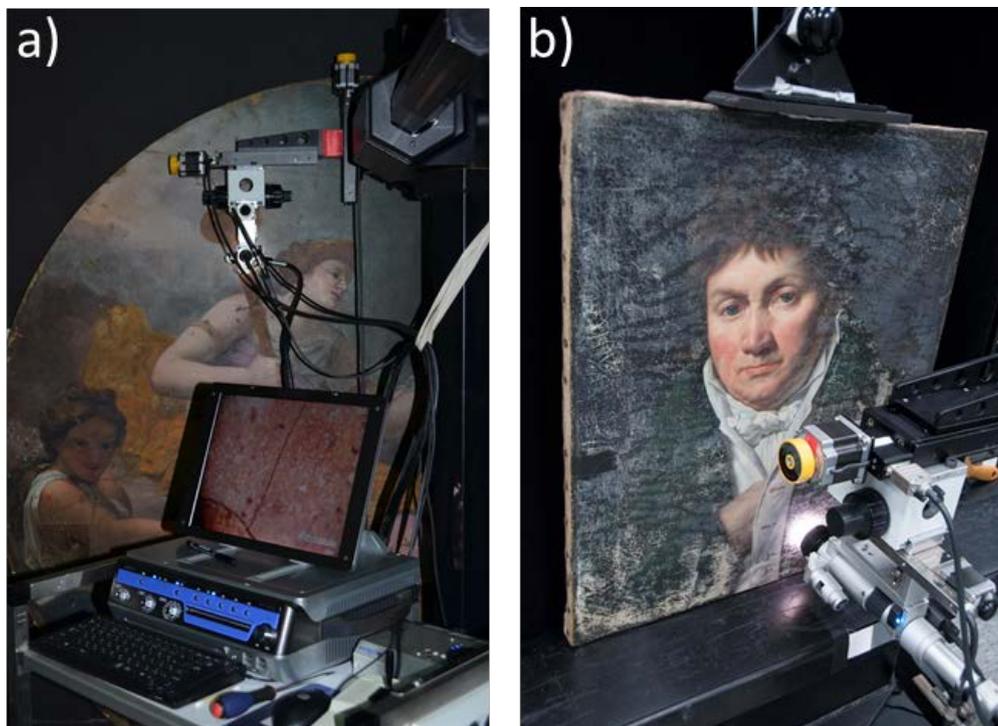


Figure 3- 4 : Examen par microscopie numérique 3D. a) Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° d'inv. 8690, Musée du Louvre ; b) Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° d'inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson.

3.2. Microscopie électronique à balayage couplée à un spectromètre à dispersion d'énergie

Le C2RMF dispose de deux microscopes électroniques à balayage : un microscope électronique à balayage (MEB) à filament de tungstène¹⁰ à pression variable et un microscope électronique à balayage à émission de champ à cathode chaude (FEG en anglais pour *Field Emission Gun*) (MEB-FEG).¹¹ Les deux permettent d'effectuer des images en électrons

⁹ Hirox KH7700

¹⁰ Philips XL30CP piloté par le logiciel XL30 Microscope Control disposant d'un détecteur d'électrons secondaires (SE) de type Everhart-Thornley, d'un détecteur d'électrons rétrodiffusés (BSE) à 2 cadrans et d'un détecteur EDS SDD (silicon drift detectors ; surface active : 50 mm², refroidisseur Pelletier) couplé au logiciel INCA (Oxford instrument).

¹¹ JEOL JSM-7800F piloté par le logiciel PC-SEM Ver. 5.1.0.1 disposant d'un détecteur LED (SE) de type Everhart-Thornley situé dans la chambre, d'un détecteur BED-C (BSE sous la colonne), d'un détecteur UED

secondaires (SE) et rétrodiffusés (BSE) et sont couplés à un spectromètre X à dispersion d'énergie (EDS) permettant d'effectuer des analyses qualitatives et quantitatives.

La caractérisation à l'échelle microscopique des échantillons chancis et non chancis a été effectuée sur le MEB-FEG et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, l'utilisation d'un canon à émission de champ à cathode chaude permet d'obtenir une source plus brillante que sur les MEB à émission thermoïonique et de mieux en maîtriser la stabilité. Les MEB-FEG permettent par conséquent d'accéder à une très bonne résolution spatiale et ainsi d'obtenir des images acceptables à des grossissements importants (x 50 000 à x 100 000). De plus, l'appareil offre la possibilité d'effectuer des acquisitions à basse tension et donc de travailler sans métallisation préalable de l'échantillon.

3.2.1. Préparation des échantillons

La préparation des prélèvements pour la microscopie électronique à balayage a fait l'objet de nombreux tâtonnements. Dans un premier temps, les échantillons ont été enrobés dans un mélange composé de la résine polyester SODY 33 et du catalyseur SODY 33 C à 4% en volume (réf. E.S.C.I.L., France) puis polis mécaniquement à sec avec des disques de carbure de silicium de P1000 jusqu'à P12000 (réf. Micro-Mesh, Micro-Surface Finishing Products, Inc., USA) pour obtenir des coupes stratigraphiques. Alors que la présence de microfissurations est présentée dans la littérature de manière récurrente pour expliquer le blanchiment (chapitre I), la caractérisation des coupes stratigraphiques préparées avec le protocole précédent ne permet pas de les observer. Le polissage mécanique pourrait entraîner un possible comblement des microfissurations et être de ce fait inadapté. Dans un second temps, les prélèvements ont donc été inclus de la même manière puis polis avec un polisseur ionique (réf. Ilion+, Gatan, USA).

Les différents essais ont mis en évidence que la principale difficulté n'était pas le mode de polissage mais l'enrobage. En effet, les œuvres chancies sont régénérées par les restaurateurs en faisant pénétrer des solvants et éventuellement des vernis dans les couches altérées. La pénétration de la résine d'enrobage entraîne donc selon le même mode d'action une régénération de la matière comparable et persistante. Les prélèvements ont donc été caractérisés sans aucune préparation pour que la structure interne ne soit pas modifiée de la structure interne

(détecteur annulaire dans la lentille avec filtrage en énergie pour la détection des BSE ou SE) et de deux détecteurs EDS SDD Brücker AXS 6|30, (surface active : 30 mm²) couplé au logiciel Bruker Quantax Duo 400 / Esprit.

et sans métallisation. Ils n'ont de plus pas été métallisés pour pouvoir les réutiliser pour des examens et des analyses complémentaires. L'observation de la surface des prélèvements a été effectuée en les posant directement sur un plot de carbone légèrement creusé (figure 3-5a). Pour certains prélèvements, la tranche a été examinée dans le but de mieux comprendre la localisation du chanci dans la stratigraphie. Dans ce cas, le prélèvement a été fixé sur un morceau de scotch carbone. Ce mode de préparation est resté très minoritaire car le faisceau provoque un échauffement du scotch qui a tendance à fondre et il peut ensuite être difficile de récupérer le prélèvement.

Le prélèvement issu du *Saint Jean-Baptiste* de Léonard de Vinci (figure 3-5b) a quant à lui été enrobé dans du bromure de potassium (KBr) en suivant le protocole développé par des chercheurs italiens (Mazzeo *et al.* 2007). Le bromure de potassium est un composé solide qui présente l'avantage de ne pas pénétrer dans la matière. Une première pastille est préparée en imposant une pression de 2 tonnes pendant 1 min sur 300 mg de KBr préalablement broyés. Après avoir positionné le prélèvement sur la première pastille, 300 mg de KBr broyé sont à nouveau ajoutés et l'ensemble est soumis à une pression de 3 tonnes pendant 2 minutes. Un polissage à sec avec des disques de carbure de silicium de P1000 jusqu'à P12000 (réf. Micro-mesh, Micro-Surface Finishing Products, Inc., USA) permet ensuite d'obtenir la coupe stratigraphique du prélèvement. Elle a ensuite été analysée avec le MEB.

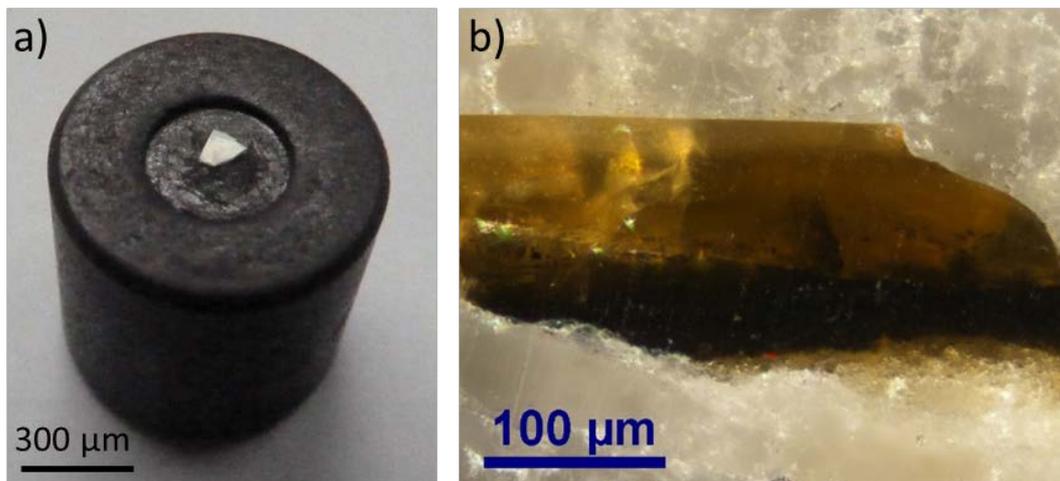


Figure 3- 5 : a) Support en carbone utilisé pour analyser les prélèvements au MEB-FEG ; b) Coupe stratigraphique en KBr

3.2.2. Conditions expérimentales

Pour la caractérisation de l'altération, les images en électrons secondaires ont été acquises avec le MEB-FEG à basse tension, 1 kV, et en mode balayage alternatif pour éviter les effets de charges, induits par l'absence de métallisation. Les clichés correspondent donc à une caractérisation topographique d'extrême surface (très faible pénétration des électrons dans la matière). Les acquisitions sont réalisées à une distance de travail de 6-7 mm, avec un courant de 18-20 pA. La gamme de grandissement utilisée s'étend de x 50 à x 100 000.

Dans un second temps, les coupes stratigraphiques préparées selon le protocole décrit précédemment par inclusion dans de la résine époxy et polissage à sec ont été métallisées au carbone puis analysées au MEB avec une tension d'accélération de 20 kV, un courant de 80 mA et une distance de travail de 10 mm.

3.3. Spectroscopie UV-Visible

Les analyses par spectroscopie UV-Visible ont été effectuées avec trois appareils différents en fonction de la nature et de la précision des mesures recherchées.

Le vieillissement artificiel des éprouvettes de couches picturales en enceinte climatique a été suivi grâce à un spectromètre portable de contact,¹² en utilisant l'observateur standard 2° et l'illuminant standard D65 équivalent à la lumière du jour moyenne. L'objectif était de s'assurer que le vieillissement n'entraînait pas une dégradation de la couleur avant de les faire chancier et donc que la variation chromatique ΔE n'excédait pas 5. En effet, un observateur classique ne peut distinguer un écart entre deux couleurs inférieur à 5.

Le spectromètre sans contact RUBY,¹³ a été utilisé pour comparer les couleurs des systèmes modèles non chancis et chancis puis également chancis et régénérés. Les acquisitions ont été effectuées en réflexion dans la gamme spectrale 380-800 nm, avec une taille de spot de 6 mm de diamètre, un angle de détection de 26° dans le but d'éviter les reflets spéculaires (Chiron et Menu 1999), une distance de 7 à 8 cm, une résolution spectrale de 0.6 nm/pixel et l'illuminant standard D65.

¹² Minolta CM-2006 d

¹³ STIL, RUBY piloté par le logiciel RUBY Manager

Enfin, un spectromètre CARY¹⁴ équipé d'une sphère intégrante a été utilisé pour déterminer les indices de réfraction des pigments et des vernis nécessaires à la simulation numérique de l'altération. L'avantage de la sphère intégrante est de pouvoir mesurer la transmission et la réflexion diffuse et spéculaire. Les acquisitions ont été effectuées dans la gamme 380-780 nm avec un pas de 1 nm. Le calcul des indices à partir des données en réflexion et en transmission sera exposé dans le chapitre IV § 2.3.

Les mesures colorimétriques sont exprimées dans l'espace colorimétrique ouvert et isotrope CIELAB établi par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE 1986). Il permet de déterminer la teinte, la clarté et la saturation d'une couleur. Il est de ce fait bien adapté à la caractérisation des couleurs des objets opaques et en particulier celles des œuvres d'art. La clarté ou luminance désignée par L^* est portée sur l'axe vertical de 0 (noir) à 100 (blanc). Les points représentatifs des couleurs ayant la même clarté sont par conséquent sur un plan horizontal. Le paramètre a^* s'étend du vert ($a^* < 0$) au rouge ($a^* > 0$) et le paramètre b^* du bleu ($b^* < 0$) au jaune ($b^* > 0$) (figure 3-6). La variation chromatique ΔE est définie par : $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ et la variation de chromaticité par $\Delta C^* = C_1^* - C_2^*$ avec $C_x^* = \sqrt{(a_x^*)^2 + (b_x^*)^2}$.

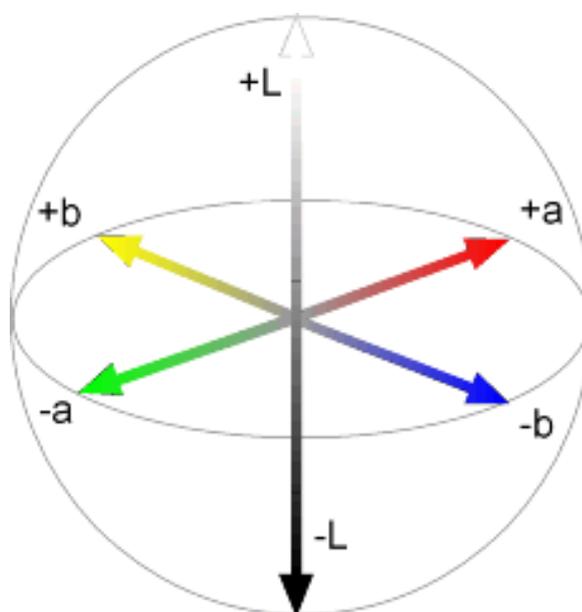


Figure 3- 6 : Espace des couleurs CIELAB

¹⁴ Agilent, CARY 5000 piloté par le logiciel CARY WinUV

3.4. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

La totalité des systèmes modèles chancis et non chancis (vernis et couche picturale) ainsi que des prélèvements de la peinture de Louis Crignier ont été étudiées avec un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier¹⁵. L'objectif était d'investiguer à l'échelle moléculaire l'altération et de mettre en évidence de possibles différences entre les spectres d'échantillons chancis et non chancis. Les analyses ont été effectuées à l'aide d'une cellule diamant. Pour chaque spectre, 64 scans ont été collectés dans la région 4000-400 cm^{-1} avec une résolution spectrale de 4 cm^{-1} .

3.5. Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse

Les systèmes modèles chancis et non chancis (vernis et couches picturales), ainsi que des prélèvements de l'œuvre de Louis Crignier ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse¹⁶ (GC-MS). L'objectif de ces analyses était d'une part de caractériser la partie organique des échantillons (nature des résines et des acides gras) et d'autre part de déterminer si l'altération pouvait être induite par une modification des composés organiques à l'échelle moléculaire. Les analyses sont complémentaires de celles effectuées par IRTF.

Les prélèvements de vernis (environ 50-200 μg) ont été silylés avec 50 μL BSTFA + 1 % TMCS (réf. Supelco, Bellefonte, PA, USA) à 75 °C pendant 30min, puis évaporés avec du N_2 . Le résidu a été repris avec du CH_2Cl_2 dans les proportions de 10 μL pour 100 μg de prélèvement solide. En parallèle, les prélèvements ont également été méthylés avec du Meth-Prep II (réf. Grace, Deerfield, IL, USA) et du toluène (1:1, v/v) à 75 °C pendant 30 min dans les proportions de 10 μL pour 100 μg . Les prélèvements de couches picturales ont été uniquement méthylés en utilisant 150 μL de réactifs pour 100 μg .

Une partie aliquote de 1 μL de solution contenant les composés dérivés a été injectée dans le système. La séparation des composés a été effectuée après une injection sans diviseur de flux (splitless) sur une colonne capillaire, CP-Sil 8CB, de 30 m de long et 0.25 mm de diamètre interne avec une phase stationnaire de 0.25 μm d'épaisseur. La température de

¹⁵ Perkin Elmer FTIR-Spectrum 2000 muni d'un détecteur DTGS (sulfate de triglycine deutéré), d'une séparatrice et d'une fenêtre en iodure de césium

¹⁶ Shimadzu GCMS-QP2010

l'injecteur a été fixée à 310 °C et la ligne de transfert à 320 °C. Le programme de température du four est le suivant : 80 °C pendant 2 min, puis montée jusqu'à 150 °C avec un gradient de 7 °C/min, puis jusqu'à 340 °C avec un gradient de 4 °C/min et pour finir un palier pendant 5 min. L'hélium est utilisé comme gaz vecteur avec une vitesse linéaire constante de 36.3 cm/s. L'ionisation a été effectuée par impact électronique à 70 eV dans une source maintenue à 200 °C. La gamme de masse est comprise entre 50-950 m/z.

3.6. Spectroscopie de fluorescence X

La fluorescence X a été utilisée dans le cadre de l'étude des œuvres du Musée de Girodet pour plusieurs raisons. Il s'agit d'une technique non destructive et non invasive parfaitement adaptée à l'étude *in-situ* des peintures de chevalet (Janssens *et al.* 2000, Scott 2001, De Viguerie *et al.* 2009). Les autres avantages de la fluorescence X sont la rapidité des mesures et du traitement des données. L'objectif était d'effectuer une analyse afin d'évaluer l'influence de la composition chimique des couches picturales sous-jacentes dans l'apparition des chancis localisés de vernis. Deux types d'analyses ont été entrepris en parallèle : des pointés et des cartographies 2D (figure 3-7).



Figure 3-7 : a) Système de fluorescence X portable ponctuel. Analyse de l'œuvre de François-Louis Dejuinne, *Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier* ; b) Système de cartographie 2D. Analyse de l'œuvre de Anne Louis Girodet-Trioson et/ou Jean-Pierre Pequignot, *Chasseur dans un paysage*.

Les pointés ont été effectués avec un spectroscope de fluorescence X portable¹⁷ avec une tension de 40 kV, une intensité de 100 μ A et une taille de spot de 1 mm. La durée des acquisitions a été fixée à 180 s. Les œuvres analysées sont les suivantes : Louis Silvestre, *La Visitation* ; Anne Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel* et *La Mort de Camille* ; Alexandre Menjaud, *Les Adieux de Girodet à son atelier* ; François-Louis Dejuinne, *Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier*.

Les cartographies ont été enregistrées avec le prototype de fluorescence X (MA-XRF) développé au C2RMF¹⁸. Une description détaillée de l'appareil est proposée dans les publications suivantes (Eveno *et al.* 2014, Ravaud *et al.* 2016). L'acquisition de cartographies de fluorescence X avec une petite résolution spatiale est chronophage et requiert le plus souvent de nombreuses heures. Pour limiter la durée du scan et donc le temps d'analyse par pixel, l'utilisation d'un faisceau de rayon X incident intense et d'un détecteur de haute efficacité capable de supporter des hauts taux de comptages est nécessaire. L'appareil est monté sur une platine de translation XY, ce qui permet son déplacement devant l'œuvre. Les données ont été acquises à une tension de 40 kV et une intensité de 1000 μ A, avec une résolution spatiale de 500 μ m et une durée d'exposition de 150 ms. Ensuite, pour chaque pixel, les spectres ont été traités à l'aide du module « *ROI Imaging Tool* » du logiciel PyMCA pour accéder aux cartographies de répartition des éléments chimiques (Solé *et al.* 2007). Le tableau 3-5 regroupe, pour chaque œuvre, la taille de la zone analysée et la durée du scan.

Peintre	Titre	Taille de la zone	Durée
Anne Louis Girodet-Trioson et/ou Jean-Pierre Pequignot	Chasseur dans un paysage	9.0 x 12 cm ²	2h02
Alexandre Menjaud	Les Adieux de Girodet à son atelier	5.0 x 6.0 cm ²	33 min
François-Hippolyte Debon	Portrait d'Alexandre Dumeis	22.0 x 29.0 cm ²	11h11
Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson	Portrait du fils du Docteur Trioson, dit aussi "Le Jeune Trioson"	23.5 x 20.0 cm ²	10h17

Tableau 3-5 : Référence des œuvres analysées en fluorescence X 2D en précisant pour chacune d'entre elles la taille de la zone analysée et la durée de l'acquisition

¹⁷ XGLab, ELIO, muni d'un tube de rhodium et d'un détecteur SDD avec une surface active de 25 mm²

¹⁸ Prototype développé par le C2RMF à partir d'un générateur de rayons X avec un tube de molybdène, ROENTEC X1, un détecteur SDD Amptek ayant une surface active de 25 mm² et une platine de déplacement XY OWIS LTM80.

3.7. Calorimétrie différentielle à balayage

L'ensemble des vernis naturels a été analysé par calorimétrie différentielle à balayage (DSC).¹⁹ Les analyses ont été effectuées sur des vernis non chancis puis après 7, 14 et 21 jours d'immersion pour déterminer les températures de transition vitreuse des matériaux. Selon les vernis, une masse comprise entre 1 et 8 mg (équivalent à la quantité de vernis appliquée sur une lame de microscope) a été placée dans des cuvettes en aluminium fermées et analysée sous hélium entre -100 et 200 °C avec gradient de 10 °C/min.

3.8. Tomographie de cohérence optique

La tomographie de cohérence optique (OCT) permet d'évaluer de manière non invasive et sans contact, la structure interne d'un matériau, à condition qu'il soit semi-transparent à la longueur d'onde de travail. Elle est de ce fait particulièrement bien adaptée à l'étude des vernis et permet de déterminer leur épaisseur (Liang *et al.* 2004, Targowski *et al.* 2004, Liang *et al.* 2005, Gora *et al.* 2007, Gorczyńska *et al.* 2007, Targowski *et al.* 2007, Targowski *et al.* 2008, Targowski et Iwanicka 2012). L'objectif était de déterminer si l'altération entraînait une expansion de la couche de vernis.

Elle est basée sur une technique d'interférométrie nécessitant l'utilisation de sources de faible cohérence spatiale. Pour un matériau non homogène, la lumière incidente va être diffusée soit aux interfaces soit par des défauts internes. La lumière diffusée est ensuite recombinaisonnée avec le faisceau de référence avec un interféromètre de Michelson. Les motifs d'interférences permettent alors d'accéder à la structure interne du matériau. La résolution transversale correspond à la distance entre deux points lors du balayage de la surface et dépend de la tête de balayage du système. La résolution axiale est la plus faible épaisseur détectable par l'instrument. Elle dépend principalement de la source lumineuse. Les appareils commerciaux actuels permettent d'accéder à une résolution axiale de quelques microns.

Des analyses par OCT²⁰ ont été effectuées à une longueur d'onde de 900 nm avant et après 1,5 jours d'immersion sur deux vernis élaborés à partir des résines dammar HMB-BDA et mastic RN18 dissoutes dans de l'essence de térébenthine. Les vernis ont été étalés sur des

¹⁹ TA instrument DSC Q1000.

²⁰ Thorlabs, OCTG 900 avec une lentille LSM02

lamelles de verre de 150 μm d'épaisseur. Ils ont été légèrement inclinés pour limiter au maximum les artefacts (figure 3-8).



Figure 3- 8 : Montage pour les analyses de vernis par OCT

3.9. Emission X induite par particules chargées

L'ensemble des résines et des vernis naturels a été analysé pour détecter la présence éventuelle d'éléments traces par émission X induite par particules chargées (PIXE pour *Particle Induced X-ray Emission*) sur la ligne de micro-faisceau extrait de l'Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire (AGLAE).²¹ L'appareil, ainsi que les analyses possibles (PIXE, PIGE, RBS, IBIL, ...) sur AGLAE sont décrits dans de nombreuses publications (Calligaro *et al.* 1998, Calligaro *et al.* 2004, Dran *et al.* 2004, Salomon *et al.* 2008, Pichon *et al.* 2010, Pichon *et al.* 2014). Il s'agit de l'unique accélérateur dédié exclusivement à l'étude d'œuvres et d'objets du patrimoine culturel. La ligne de micro-faisceau extrait permet d'effectuer des analyses rapides non invasives et non destructrices directement sur les œuvres à la pression atmosphérique.

Le PIXE est une technique d'émission de fluorescence X présentant de nombreuses similitudes avec la fluorescence X ou encore l'analyse des photons X produits par un faisceau d'électrons (analyse EDS dans les microscopes électroniques à balayage). Le faisceau de protons accélérés induit premièrement une ionisation des couches atomiques profondes, suivie d'une désexcitation par émission d'un rayonnement X de longueur d'onde caractéristique de l'élément chimique (Moretto et Beck 2003). Le PIXE est une technique d'analyse élémentaire

²¹ National Electrostatics Corporation (NEC), accélérateur électrostatique de 2 millions de volt de type tandem, modèle Pelletron 6-SDH-2 avec une source Duoplasmatron pour les protons et une source Alphasource pour les particules alpha et avec un système de détection X composé de 5 détecteurs SDD.

permettant de doser simultanément les éléments compris entre le sodium et l'uranium. La sensibilité du PIXE est limitée par un bruit de fond continu apparaissant sur les spectres X dû au rayonnement de freinage des électrons secondaires éjectés de la cible pendant l'irradiation qui prédomine à basse énergie, au rayonnement de freinage des particules incidentes qui prédomine à haute énergie sur le spectre, et à la diffusion Compton du rayonnement gamma dû à l'excitation coulombienne des noyaux. Cependant pour les analyses PIXE, le bruit de fond est très faible par rapport à celui obtenu lors des analyses en XRF ou EDS. De plus, l'analyse comparative de spectres obtenus par XRF et PIXE indique que la détection des éléments dont les pics d'émission ont une énergie située en dessous de 8 keV est meilleure en PIXE. Calligaro *et al.* ont démontré qu'il y a un gain de 8 (pour les raies K du fer) à 30 (pour la raie M du plomb et les raies K du calcium) en PIXE par rapport à la XRF. Contrairement à la XRF, le rendement de productions des raies en PIXE augmente avec la diminution du numéro atomique de la cible (Calligaro *et al.* 2015). Il est ainsi possible de détecter des éléments traces présents à des teneurs de l'ordre de la partie par million (ppm).

Compte tenu de notre intérêt pour les éléments traces, la grande sensibilité du PIXE rend cette technique particulièrement adaptée à notre problématique. L'analyse de matériaux organiques, comme les vernis, par des méthodes de faisceau d'ions nécessite de prendre certaines précautions et d'adapter les conditions expérimentales pour éviter les dommages liés à l'irradiation. En effet, les matériaux organiques sont beaucoup plus sensibles aux effets des radiations ionisantes que les matériaux inorganiques. Les liaisons organiques peuvent être facilement cassées par les effets de radiations primaires et secondaires. Les molécules excitées (chargées ou radicalaires) forment rapidement de nouvelles liaisons chimiques entraînant des réticulations, des agrégations, des décompositions, des oxydations ou encore des isomérisations (Bertrand *et al.* 2015). Ces réactions chimiques sont susceptibles d'affaiblir le matériau, de le rendre plus cassant et d'induire une modification de ses propriétés optiques. De plus, l'analyse dépose une quantité d'énergie sur un volume réduit. La dissipation d'énergie étant faible pour les matériaux organiques, l'échauffement local peut entraîner des dégradations thermiques. Les dommages sont directement liés à la fluence et à la dose totale d'irradiation. Ainsi, pour les prévenir et les minimiser, il est nécessaire d'adapter les paramètres expérimentaux. Plusieurs stratégies ont été proposées en optimisant les temps d'exposition, la dose, la fluence, le flux (Bertrand *et al.* 2015, Calligaro *et al.* 2015). Les paramètres des analyses ont par conséquent été choisis, pour éviter les dommages.

Les analyses par PIXE ont été effectuées sur l'ensemble des résines et des vernis présenté dans le paragraphe 2.2.1. Les résines ont été préalablement broyées et pressées pour obtenir des pastilles de 1 à 2 mm d'épaisseur (figure 3-9). Les vernis ont été appliqués sur des lames de quartz. Compte tenu de la faible épaisseur des couches (quelques dizaines de μm), le support est également analysé. Il était donc nécessaire d'appliquer les couches sur un support présentant le moins d'impuretés possible. Les analyses ont été effectuées avec un faisceau extrait de 3 MeV avec une intensité d'environ 700-900 pA soit une fluence de 400-600 pA/mm², en utilisant un détecteur basse énergie avec un flux d'hélium et un détecteur haute énergie avec un filtre de 100 μm de Mylar®. La charge totale est d'environ 0.7 μC . Le traitement des données a été effectué avec les logiciels GUPIX et TrauPIXE en considérant que la résine terpénique constituant la matrice organique pouvait être décrite par la formule brute suivante : $\text{C}_{37}\text{H}_{60}\text{O}_2$ (formule obtenue en effectuant une moyenne pondérée à partir de l'ensemble des molécules constitutives des résines mastic et dammar). Pour les vernis, une première étape a consisté à calibrer la dose reçue par l'échantillon en utilisant comme référence une lame de quartz sans vernis. Dans un second temps, sur la base de cette dose, la concentration en calcium a été déterminée à partir des résultats du détecteur en basse énergie. Pour les éléments plus lourds, la concentration a été calculée en utilisant le détecteur haute énergie et le calcium comme élément pivot selon la procédure décrite par Pichon *et al.* pour calibrer la dose à haute énergie (Pichon *et al.* 2010, Pichon *et al.* 2015).

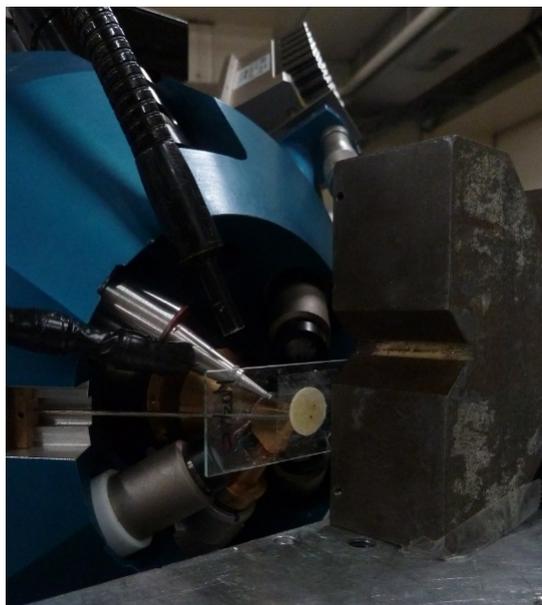


Figure 3-9 : Analyse de résine par PIXE

3.10. Synchrotron-nanotomographie à contraste de phase (ID16A – ESRF)

Des analyses par SR-nanotomographie à contraste de phase ont été effectuées sur la nouvelle ligne synchrotron de nano-imagerie, ID16A, de l'ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*) de Grenoble à deux reprises. La première série d'analyses avait pour objectif d'obtenir une caractérisation tridimensionnelle des prélèvements et d'évaluer l'efficacité des traitements de restauration actuels et la seconde série de tester l'efficacité et la réversibilité du traitement développé sur des peintures anciennes chancies. Contrairement à l'archéologie et en particulier la paléontologie, les travaux utilisant la SR-microtomographie sont très rares en peinture de chevalet (Ferreira *et al.* 2009, Ferreira *et al.* 2011, Gervais *et al.* 2013) et il s'agit à notre connaissance de la première utilisation de la SR-nanotomographie X à contraste de phase appliquée à la peinture.

La tomographie également appelée tomodensitométrie ou scannographie (scanner) dans le domaine médical est une technique d'imagerie très utilisée en science des matériaux. Le terme vient du grec τομος", la coupe, et de "γραφω", écrire. Le principe de la tomographie repose sur la reconstruction d'un volume à partir des projections bidimensionnelles enregistrées pour une multitude d'angles différents lors de la rotation de l'échantillon. L'utilisation d'une source synchrotron de troisième génération permet d'obtenir un faisceau incident monochromatique de très haute cohérence spatiale avec un flux élevé. Ainsi, par comparaison avec des sources X de laboratoire, le temps d'exposition par pixel est considérablement réduit et le ratio signal sur bruit est amélioré. Pour atteindre une résolution nanométrique, le faisceau incident est focalisé en amont à l'aide de miroirs de Kirkpatrick-Baez (KB) pour avoir à 17 keV un focus vertical d'environ 35 nm et horizontal d'environ 25 nm. Le système de Kirkpatrick-Baez consiste en deux miroirs courbes disposés perpendiculairement pour focaliser le faisceau verticalement et horizontalement (Morawe *et al.* 2015). Alors qu'en géométrie parallèle, la résolution spatiale est limitée par la résolution du détecteur (300 nm à quelques microns), la focalisation grâce au miroir de Kirkpatrick-Baez permet d'obtenir un faisceau divergent et donc d'accéder à des résolutions spatiales bien inférieures. En effet, en géométrie conique, le grandissement est géométrique si bien que la résolution dépend de la distance échantillon-focus. Sur la ligne ID16A, la résolution spatiale des analyses de nanotomographie est comprise entre 15 et 130 nm. Elle permet d'obtenir des images d'une netteté inégalée. Le détecteur est composé d'un scintillateur, une optique visible et une caméra CCD FReLoN (*Fast Readout Low Noise*) F_K4320 de 2048x2048 pixels. Par conséquent la taille du champ de vue est déterminée par le nombre de pixel et leur taille : 266x266x266 μm^3 pour une résolution spatiale de 130 nm et 133

$51 \times 51 \times 51 \text{ } \mu\text{m}^3$ pour une résolution spatiale de 25 nm. La nanotomographie est la seule technique capable de concilier haute résolution et large champ de vue. Compte tenu de l'hétérogénéité des couches picturales, la caractérisation d'un volume de taille importante était nécessaire pour notre problématique. Par ailleurs, la plupart des analyses a été effectuée en tomographie locale, c'est-à-dire que le prélèvement était plus large que le champ de vue. Les zones hors du champ ne pourront être reconstruites mais elles ont une influence non négligeable sur les projections enregistrées. Toutefois, si la zone d'intérêt est parfaitement centrée et si l'échantillon est globalement homogène, une bonne reconstruction peut être obtenue à partir des projections tronquées (Zhang 2012).

Sur la ligne ID16A, la très haute cohérence du faisceau (distance entre la source et la station d'analyse : 185 m) permet d'obtenir des images en contraste de phase. L'interaction entre le faisceau incident et l'échantillon induit une modification de l'amplitude de l'onde due à l'absorption et un déphasage dû à l'indice de réfraction n du matériau. Pour les rayons X, l'indice de réfraction d'un milieu s'écrit : $n = 1 - \delta + i\beta$ où δ correspond à la variation de phase comparée à une propagation dans le vide et la partie imaginaire β est liée à l'atténuation des rayons X. Il est proportionnel au coefficient d'absorption linéaire μ , $\mu = \frac{4\pi}{\lambda} \beta$ (Baruchel *et al.* 2000).

Sur la ligne ID16A, le contraste de phase est obtenu par propagation, en laissant le faisceau se propager en ligne droite après avoir interagi avec l'échantillon. Lorsque le détecteur est placé en contact avec l'objet, l'image obtenue correspond uniquement à de l'absorption (effet d'atténuation). En revanche, en champ proche, pour une faible distance, les contours des formes présentes dans l'échantillon sont détectables et pour une distance plus grande, les discontinuités provoquent des franges d'interférences selon la diffraction de Fresnel. En champ lointain, les interférences suivent le modèle de la diffraction de Fraunhofer (figure 3-10). Les analyses en champ lointain par ptychographie permettent une caractérisation tridimensionnelle des échantillons avec une meilleure résolution spatiale, mais avec un champ de vue beaucoup plus restreint (quelques dizaines de microns) et une durée d'acquisitions plus longue (Baruchel *et al.* 2000).

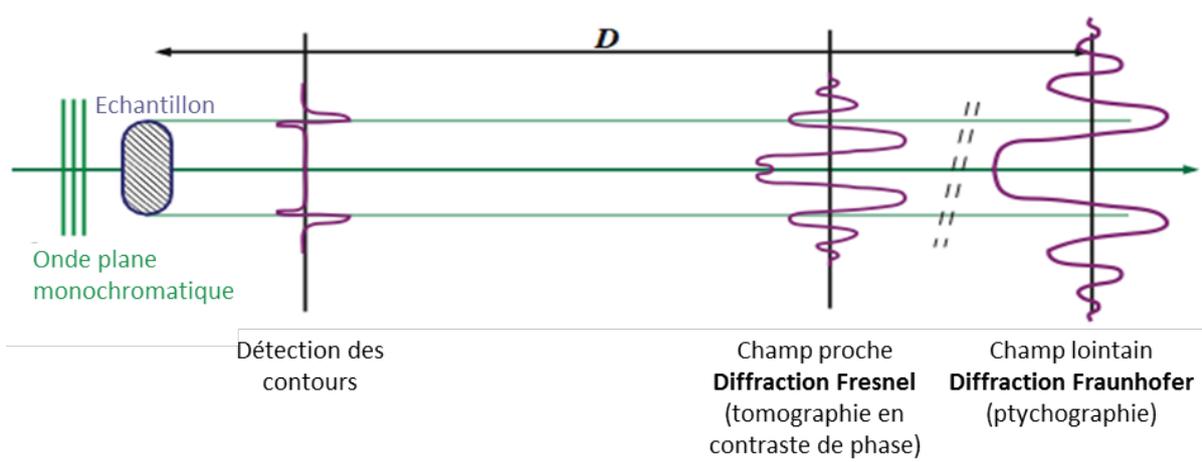


Figure 3- 10 : Nature des interactions en fonction de la distance D échantillon-détecteur. La tomographie en contraste de phase est une technique dite de champ proche reposant sur la diffraction de Fresnel.

La technique de la nano-holotomographie utilisée sur la ligne ID16A consiste à effectuer 4 scans tomographiques à différentes distances de propagation en champ proche en plein champ (pas de balayage) avec un faisceau divergent (figure 3-11).

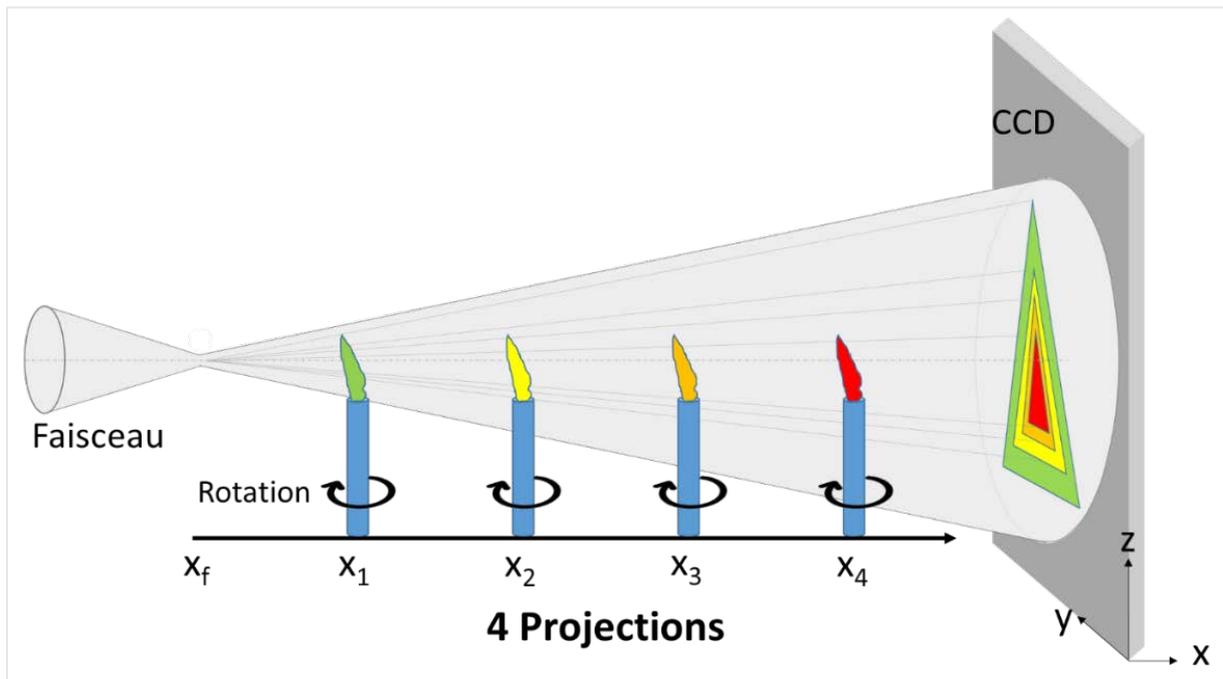


Figure 3- 11 : Configuration de la ligne ID16A pour les analyses en nano-holotomographie s'appuyant sur l'utilisation d'un faisceau divergent et l'acquisition de projections brutes à 4 distances échantillon-détecteur

A partir des projections brutes, appelées hologrammes, un algorithme permet de déterminer de manière quantitative le déphasage induit par l'échantillon. Cette étape est appelée estimation de la phase (*phase retrieval*). Les cartes de phases peuvent alors être traitées avec un algorithme de reconstruction tomographique. Les coupes transversales virtuelles obtenues correspondent alors à la reconstruction de la partie réelle de l'indice de réfraction complexe (δ). Le paramètre δ est proportionnel à la densité électronique du matériau qui peut être convertie en densité massique. Dans le domaine des rayons X durs, δ est de un à deux ordres de grandeur plus grand que la partie imaginaire de l'indice de réfraction complexe (absorption). Ainsi, la sensibilité de l'imagerie en contraste de phase est bien meilleure que celle en absorption. Le volume reconstitué correspond donc à la distribution de la densité électronique (Cloetens *et al.* 1996, Cloetens 1999, Cloetens *et al.* 1999a, Cloetens *et al.* 1999b, Cloetens *et al.* 1999c, Baruchel *et al.* 2000, Gerstenmayer et Thiery 2002, Maire *et al.* 2004, Zabler *et al.* 2005, Langer 2008, Boller *et al.* 2010).

Compte tenu de l'hétérogénéité des couches picturales en terme de composition élémentaire, le recours à la nano-holotomographie était nécessaire pour obtenir une caractérisation tridimensionnelle des prélèvements. En effet, contrairement à la tomographie en absorption, la tomographie en contraste de phase permet d'étudier des échantillons présentant à la fois des densités électroniques faibles (matière organique par exemple) et élevées (pigments) et surtout d'être capable de distinguer des régions de densités électroniques semblables. L'analyse a constitué un véritable défi technique aussi bien pour la préparation des échantillons que pour la reconstruction des volumes.

3.10.1. Préparations des échantillons

Une première approche a consisté à bloquer les prélèvements dans un capillaire en quartz de 200 μm , avec un succès relatif (figure 3-12a). Les échantillons n'étant pas immobilisés totalement, ils ont eu tendance à bouger sous l'impact du faisceau, jusqu'à sortir du capillaire pour certains. Pour éviter le mouvement de l'échantillon, un premier essai a consisté à bloquer le prélèvement dans un capillaire en quartz entre des billes de polystyrène, sans succès (figure 3-12b). L'utilisation d'un scotch carbone s'est également avérée inadaptée car le faisceau entraîne un échauffement local du scotch et donc des micro-mouvements au niveau du prélèvement (figure 3-12c). Le recours à de la colle pour fixer l'échantillon avait été écarté dans un premier temps pour éviter l'apport et donc la potentielle pénétration d'une

matière organique ayant un coefficient d'absorption des rayons X et un indice de réfraction proches de celui du liant. Il y avait de ce fait un risque de ne pas être à même de distinguer le liant et les régions comblées par la colle lors du traitement des données. Après avoir testé différentes colles, notre choix s'est finalement porté sur l'Araldite® dont la viscosité était suffisamment importante pour limiter la pénétration dans la matière. Les prélèvements ont été collés au bout d'un capillaire en quartz (figure 3-12d) et l'analyse a été effectuée sur l'extrémité opposée (au niveau de la croix).

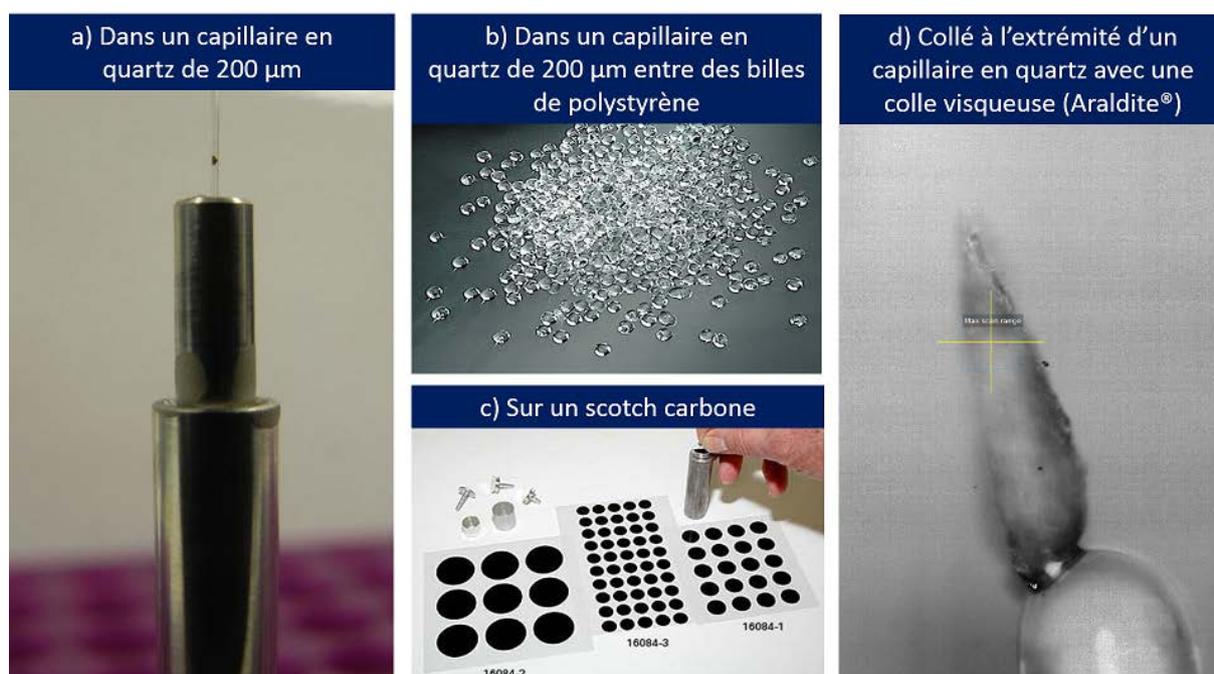


Figure 3- 12 : Différents protocoles utilisés pour fixer les micro-prélèvements lors des acquisitions de nano-holotomographie.

3.10.2. Conditions expérimentales

Les échantillons sont positionnés par 4 sur une rampe et introduits dans le sas sous vide. Le premier est ensuite descendu dans la chambre d'analyse au moyen d'une pince après ouverture de la valve d'accès et fixé à la platine de positionnement piézoélectrique (figure 3-13). Dans un second temps, l'échantillon est positionné et aligné pour définir le centre de rotation. L'acquisition est ensuite programmée avec un nombre de projections variant entre 1200 et 1300, un temps d'exposition de 0.25 s. La taille des voxels est précisée pour chaque prélèvement dans le tableau 3-6. Les analyses ont été conduites sous vide à une énergie de 17 keV avec un $\Delta E/E$ de 1 % et un flux de 10^{12} photons/s. Pour chaque échantillon, 4 scans ont été

effectués à 4 distances échantillon-détecteur dans le but d'obtenir une information en contraste de phase.

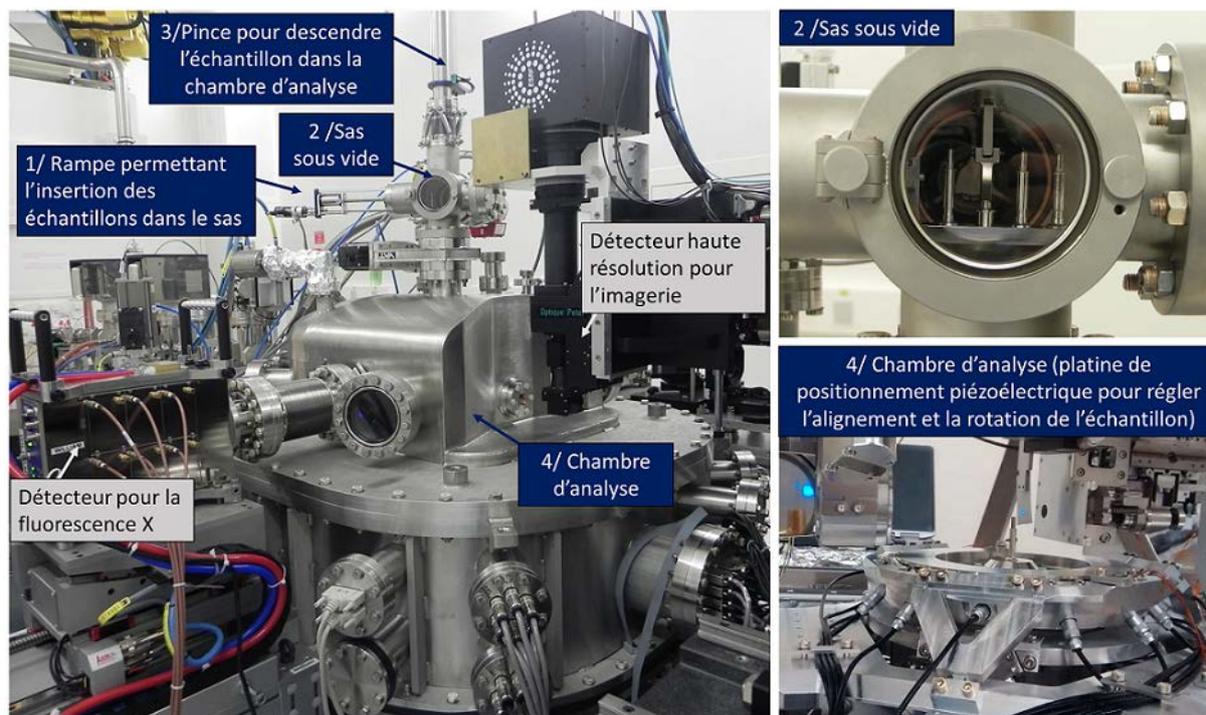


Figure 3- 13 : Ligne de lumière de nano-imagerie, ID16A © ESRF/ID16A

Peintre	Titre	Description du prélèvement	Taille des voxels	Champ de vue
Otto Marseus van Schrieck	Chardons, écureuils, reptiles et insectes	Chanci de couche picturale	130x130x130 nm ³	266x266x266 μm ³
			50x50x50 nm ³	102x102x102 μm ³
			25x25x25 nm ³	51.2x51x51 μm ³
Johannes van der Bent	Paysages, figures et animaux	Chanci de couche picturale	50x50x50 nm ³	102x102x102 μm ³
		Régénéré avec du diméthylsulfoxyde et de l'acétate d'éthyle (30/70) et un vernis régalez	50x50x50 nm ³	102x102x102 μm ³

Tableau 3-6 : Référence des œuvres analysées en nanotomographie à contraste de phase présentées dans la suite du manuscrit. Pour chaque prélèvement (chanci ou régénéré), la taille des voxels et du champ de vue est précisée.

3.10.3. Traitement des données

La démarche entreprise pour obtenir le volume à partir des projections brutes est synthétisée dans la figure 3-14. Les volumes ont été reconstruits par Peter Cloetens et Alexandra Pacureau de la ligne ID16A.

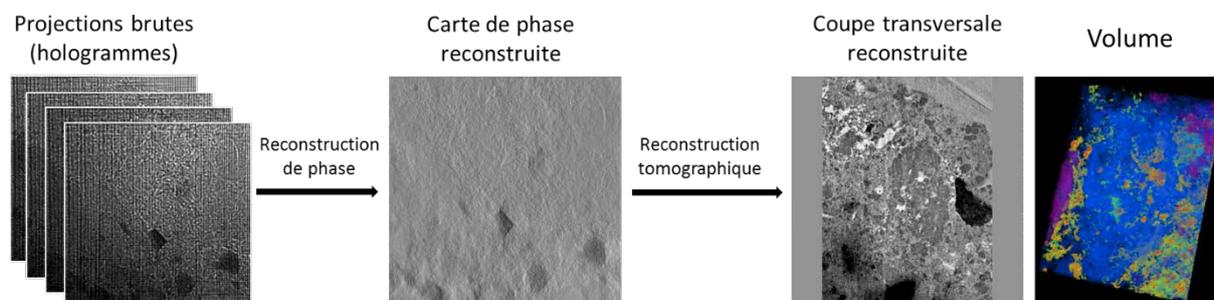


Figure 3- 14 : Processus de traitement des données : des hologrammes bruts au volume

Les hologrammes collectés ont été dans un premier temps prétraités pour corriger des distorsions optiques, les amener au même grandissement (champs de vue différents pour les 4 scans liés à la divergence du faisceau) et les aligner. De plus, le faisceau a induit une rétractation des micro-prélèvements, qui a dû être corrigée grâce à un programme spécialement développé par Peter Cloetens. Dans un second temps, la reconstruction de phase effectuée à partir des projections corrigées à l'aide d'un algorithme itératif initialisé par une reconstruction type Paganin avec un rapport δ/β de 100 (Nugent *et al.* 1996, Paganin *et al.* 2002, Hubert *et al.* 2016). A partir des cartes de phase, les coupes transversales ont été obtenues par reconstruction tomographique (Mirone *et al.* 2010). La visualisation des volumes et le traitement d'images ont été effectués à l'aide des logiciels ImageJ et MeVislab.

3.11. Micro-tomographie X en absorption

Un micro-tomographe X de laboratoire²² avec un faisceau polychromatique parallèle a été utilisé à l'Université de Florence pour tester l'efficacité et la réversibilité d'un nouveau matériau comme alternative aux traitements actuels, sur des systèmes modèles. Contrairement à la nanotomographie synchrotron à contraste de phase, le fait d'utiliser une géométrie parallèle

²² Micro-CT SkyScan 1172 muni d'une source de rayon X Hamamatsu 100/250 et d'un détecteur CCD de 11 MPixel.

avec un faisceau polychromatique ne permet pas d'accéder à une aussi bonne résolution ni d'effectuer de l'imagerie en contraste de phase. De plus, les temps d'exposition par pixel sont plus longs, puisque la source produit un flux moins important que sur les lignes synchrotron.

Les lames de verre sur lesquelles sont appliquées les couches picturales ont été découpées à l'aide d'une pointe diamant pour obtenir un fragment de 10 à 15 mm de haut et de largeur et épaisseur similaires, environ 3 mm. L'échantillon obtenu a ensuite été monté sur un support et fixé sur la platine de micro-positionnement (figure 3-15).

Après alignement de l'échantillon avec la platine de micro-positionnement, les données ont été collectées à une tension de 88 kV et un courant de 90 μ A. Les acquisitions ont été effectuées avec un pas de rotation de $0,2^\circ$, une durée d'exposition de 1767 ms et une résolution d'environ $1,6 \mu\text{m}$. Les volumes ont été obtenus par reconstruction analytique (Feldkamp) et visualisés à l'aide du logiciel DataViewer 1.5.2.4.



Figure 3- 15 : Montage utilisé pour fixer les micro-prélèvements lors des acquisitions de microtomographie.

3.12. Diffusion des neutrons aux petits angles (D11 – ILL)

Un suivi des premières heures de l'altération a été effectué par diffusion des neutrons aux petits angles (SANS pour *Small Angle Neutron Scattering*) sur la ligne D11 du réacteur nucléaire de l'institut Laue-Langevin (ILL) de Grenoble, pour comprendre l'apparition de l'altération. Les échantillons analysés sont des couches de vernis appliquées sur des lames de quartz, elles ont été immergées dans des cuves en quartz de 5 mm d'épaisseur (réf. Hellma) remplies de D_2O tout au long de l'acquisition (figure 3-16).

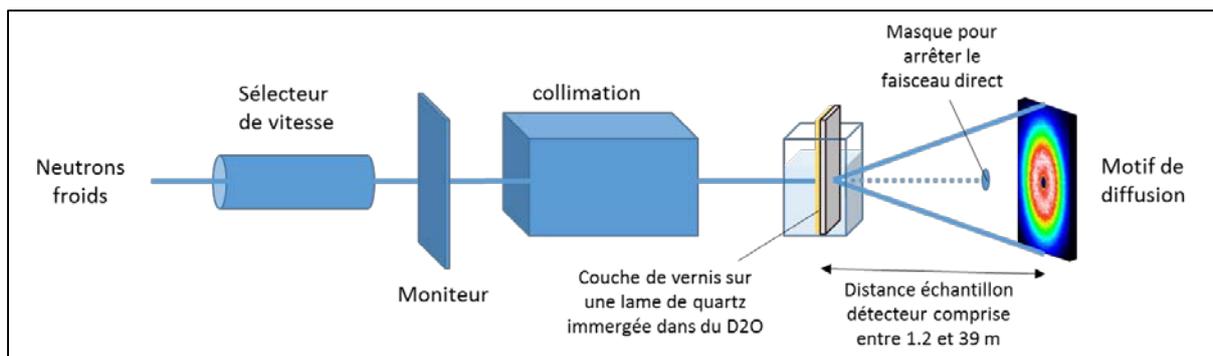


Figure 3- 16 : Représentation schématique de la ligne D11 de l'ILL et de notre expérience.

Les neutrons sont des particules neutres qui n'interagissent pas, par définition, avec les champs électriques dont celui induit par les électrons et permettent une très bonne pénétration dans la matière même pour des énergies faibles. Ainsi, la diffusion des neutrons est uniquement due aux interactions nucléaires entre les neutrons et les noyaux des atomes. La gamme de longueur d'onde des neutrons est comprise entre 1 et 10 nm, ce qui rend cette technique particulièrement intéressante pour l'étude de la structure de la matière à l'échelle mésoscopique (1-100 nm). L'avantage des neutrons par rapport aux rayons X pour notre problématique est qu'ils n'entraînent aucun échauffement et donc aucun dommage sur la structure interne des échantillons au cours de l'analyse.

Sur la ligne D11, les neutrons sont produits par le réacteur à haut flux de l'ILL situé à environ 140 m de l'échantillon. Le faisceau polychromatique est rendu monochromatique grâce à un sélecteur de vitesse hélicoïdal qui sélectionne les neutrons à une longueur d'onde donnée ($\pm 9\%$) puis collimaté (figure 3-15). La ligne D11 offre la possibilité de travailler à des distances détecteur-échantillon variables : 1.2 m, 8 m et 39 m. Les analyses ont été effectuées avec une longueur d'onde de 0.6 nm et une distance de 39 m.

Le motif de diffusion 3D obtenu a été normalisé grâce au logiciel LAMP en utilisant la diffusion incohérente de D₂O pour une longueur de trajet de 1 mm comme standard d'intensité puis converti en 2D. Les données brutes correspondent à l'intensité diffusée recueillie par le détecteur en fonction du vecteur de diffusion q en \AA^{-1} définie par

$$q = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad /1/$$

avec λ la longueur d'onde du faisceau incident (en \AA) et θ l'angle de diffusion (en degré).

L'intensité des neutrons est le produit d'un terme technique par un terme géométrique. Le terme technique prend une forme simple quand le matériau qui diffuse les neutrons peut être considéré comme un système à deux phases. Il est alors proportionnel au carré de la différence des densités de longueurs de diffusion des deux phases. En présumant qu'un vernis chanci est constitué d'une phase organique et d'une phase de D₂O, il est possible de calculer le contraste de densité de diffusion. Cette approximation est justifiée par le fait que l'eau a une faible solubilité dans les composés organiques triterpéniques. La densité de longueur de diffusion de la matrice organique a été calculée à partir de la formule brute moyenne utilisée également pour la quantification des analyses PIXE, C₃₇H₆₀O₂, avec une densité de 1.1, $\rho_{orga} = 4.0 \times 10^{13} \text{ m}^{-2}$ et celle du D₂O est de $\rho_{D_2O} = 6.4 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$. Si bien que le contraste de densité de diffusion est $\Delta\rho = \rho_{D_2O} - \rho_{orga} = 6.0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$, ce qui correspond à un contraste suffisant pour l'approximation d'un matériau constitué de deux phases.

3.12.1. Intégrale de l'intensité diffuse

La diffusion des neutrons permet d'obtenir une quantification relative de la turbidité des films de vernis au cours du temps en intégrant le flux total de neutrons diffusés dans toutes les directions de l'espace. Une estimation du flux Q est donnée par le nombre total de neutrons comptés par le détecteur. Une mesure plus quantitative peut cependant être obtenue à partir de l'intégrale suivante :

$$Q = \int_0^{\infty} I_{abs}(q) q^2 dq = 2\pi^2 \langle \eta^2 \rangle \quad \text{avec } I_{abs}(q) = \frac{I_{exp}(q)}{h} \quad /2/$$

où $I_{abs}(q)$ est l'intensité diffusée absolue par unité de volume, h est l'épaisseur du film et $\langle \eta^2 \rangle$ la fluctuation moyenne de la densité de longueur de diffusion (longueur de diffusion par unité de volume) au sein du volume irradié.

Pour un film avec deux niveaux de densité de longueur de diffusion ρ_{orga} et ρ_{D_2O} et une fraction volumique de D₂O, ϕ_{D_2O} , la fluctuation moyenne s'écrit :

$$\langle \eta^2 \rangle = (\rho_{D_2O} - \rho_{orga})^2 \phi_{D_2O} (1 - \phi_{D_2O}) \quad /3/$$

Par conséquent :

$$Qh = \int_0^{\infty} I_{exp}(q) q^2 dq = 2\pi^2 h (\rho_{D_2O} - \rho_{orga})^2 \phi_{D_2O} (1 - \phi_{D_2O}) \quad /4/$$

L'intégrale de l'intensité expérimentale a été déterminée en mesurant sa valeur pour la plus grande valeur de q , pour chaque spectre. La valeur obtenue a ensuite été tracée en fonction du temps d'hydratation. Elle correspond à une valeur relative du contenu en D_2O présent dans le vernis à un instant t (figure 3-17).

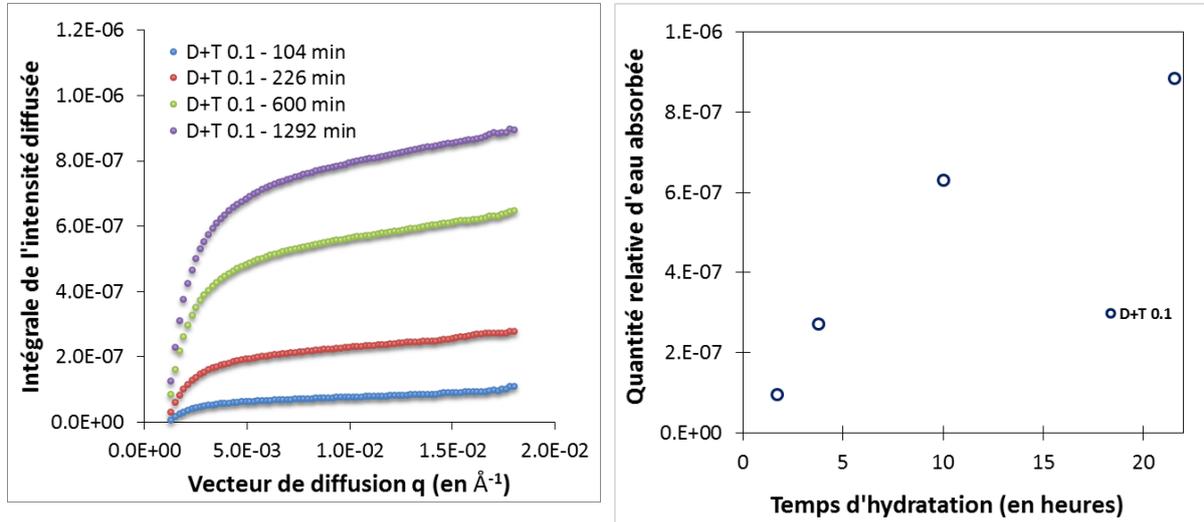


Figure 3- 17 : a) Détermination de l'intégrale de l'intensité diffusée à différents temps d'immersion pour le vernis noté D+T0.1. L'axe des abscisses correspond au vecteur de diffusion q et l'axe des ordonnées aux valeurs de $q^2I(q)$. b) Contenu en D_2O dans le film de vernis en fonction du temps d'hydratation.

3.12.2. Limite aux grandes valeurs de q de l'intensité diffusée

La limite aux grandes valeurs de q permet de déterminer l'aire totale de l'interface entre les deux phases à l'endroit irradié par le faisceau. Pour un système avec deux niveaux de densités de diffusion, la limite aux grandes valeurs de q suit la loi de Porod :

$$\lim_{q \rightarrow \infty} q^4 I_{exp}(q) = 2\pi h (\rho_{D_2O} - \rho_{orga})^2 \frac{A}{V} \quad /5/$$

La limite asymptotique de la diffusion mesurée peut être comparée à celle d'un système contenant des régions sphériques de rayon R remplies de D_2O . Si toutes ces régions occupent une fraction ϕ_{D_2O} du volume du vernis, l'aire de l'interface est $A = 3V\phi_{D_2O}/R$ et la limite aux grandes valeurs de q est :

$$\lim_{q \rightarrow \infty} q^4 I_{exp}(q) = 6\pi h (\rho_{D_2O} - \rho_{orga})^2 \frac{\phi_{D_2O}}{R} \quad /6/$$

Les valeurs de $\lim_{q \rightarrow \infty} q^4 I_{exp}(q)$ sont obtenues en traçant l'intensité $I_{exp}(q)$ en fonction de q^{-4} et en déterminant les valeurs des pentes par régression linéaire. Il apparaît que ces valeurs augmentent avec le temps d'immersion (figure 3-1).

Si le contenu en D_2 est encore faible, les expressions 4 pour l'intégrale et 6 pour la limite aux grandes valeurs de q peuvent être combinées et il est possible de déterminer le rayon R qui caractérise l'aire totale de l'interface.

$$R = \frac{\frac{3}{\pi} \frac{1}{1 - \phi_{D_2O}} \int_0^\infty I_{exp}(q) q^2 dq}{\lim_{q \rightarrow \infty} q^4 I_{exp}(q)} \quad 7$$

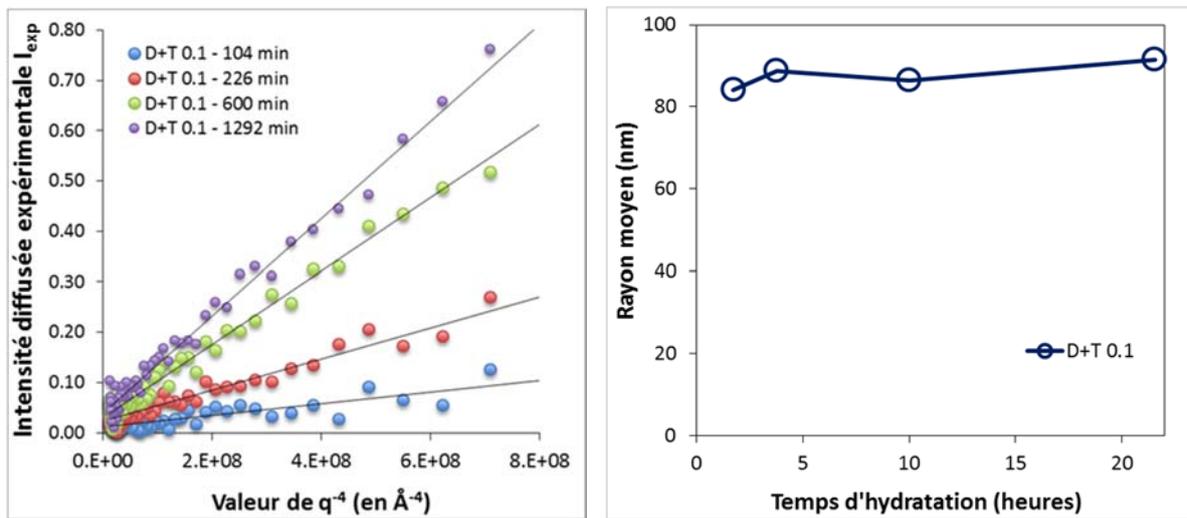


Figure 3- 1 : a) Détermination de la limite aux grandes valeurs de q de l'intensité diffusée pour le vernis D T .1 à différents temps d'immersion. L'axe des ordonnées correspond à l'intensité diffusée $I(q)$ et l'axe des abscisses à q^{-4} . Les droites noires sont les régressions linéaires définies par l'équation suivante $I(q) = aq^{-4} + b$, où a est la pente de Porod et b l'intensité du bruit de fond. b) Détermination du rayon moyen des régions aqueuses d'après l'équation 7 .

4. Conclusion

La première partie de ce chapitre a permis de présenter les trois corpus d'œuvres étudiés dans la suite du manuscrit. Le corpus 1 constitué de 14 œuvres exécutées entre le XVI^e et le XIX^e a permis grâce à une analyse comparative de prélèvements chancis et non chancis de caractériser l'altération de l'échelle macroscopique à l'échelle nanoscopique. Par la suite, pour 6 œuvres d'entre elles, des prélèvements ont été effectués lors de leur régénération pour étudier l'efficacité des traitements de restauration actuels. Le corpus 2 est composé de 17 œuvres de Montargis présentant des chancis de vernis importants. L'étude de ces œuvres a permis d'approfondir la partie sur la caractérisation des chancis de vernis à l'échelle macroscopique mais également de réfléchir aux facteurs pouvant favoriser ou au contraire inhiber l'apparition de l'altération. Le corpus 3 correspond aux 4 œuvres sur lesquelles le produit de restauration développé a été appliqué après des tests préliminaires sur des systèmes modèles.

La seconde partie a consisté à décrire les modes de préparation des échantillons modèles. Concernant les couches picturales, trois séries ont été préparées, deux pour la caractérisation et la compréhension de l'altération dont une qui n'a pas chanci et une pour tester des protocoles de restauration. Concernant les vernis (résines naturelles et synthétiques), deux séries ont été préparées, une pour caractériser l'altération et la seconde pour tester les traitements de restauration.

Pour finir, les techniques d'imagerie et d'analyses utilisées durant la thèse ont été exposées. Pour les techniques classiquement employées pour caractériser les matériaux (microscopie optique, microscopie électronique, spectroscopies infrarouge à transformée de Fourier et UV-visible, chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse, fluorescence X, calorimétrie différentielle à balayage), uniquement les modes de préparation et les conditions expérimentales ont été exposées. Les techniques moins conventionnelles comme l'émission X induite par des particules chargées, la nanotomographie en contraste de phase et la diffusion des neutrons aux petits angles ont été présentées plus en détails.

Les résultats obtenus suite aux analyses des œuvres anciennes et des systèmes modèles concernant la caractérisation multi-échelle de l'altération seront présentés dans le chapitre IV. La compréhension de son apparition sera détaillée dans le chapitre V. Pour finir, une étude des traitements de restauration actuels, ainsi que les recherches sur le développement d'un composé adapté et durable pour la restauration des œuvres chancies sera exposée dans le chapitre VI en s'appuyant sur les résultats présentés dans les chapitres IV et V.

Chapitre IV

CARACTERISATION MULTI-EHELLE ET SIMULATIONS NUMERIQUES DE L'ALTERATION

Les couleurs sont des actions de la lumière.

Johann Wolfgang von Goethe, *De la théorie des couleurs*, 1810

1.	<i>Caractérisation multi-échelle des chancis de vernis et de couches picturales.</i>	152
1.1.	Echelle macroscopique	152
1.1.1.	Les chancis de vernis	152
1.1.2.	Les chancis de couches picturales	158
1.2.	Echelles micro et nanoscopique	163
1.2.1.	Les chancis de vernis	163
1.2.2.	Les chancis de couches picturales	169
2.	<i>Les chancis : un phénomène optique</i>	174
2.1.	Rappels sur les théories de diffusion de la lumière	174
2.2.	Explication de l'apparence visuelle des couches altérées	176
2.2.1.	Cas des chancis de vernis	176
2.2.1.	Cas des chancis de couches picturales	178
2.3.	Modélisation de la diffusion de la lumière dans des couches poreuses	178
2.3.1.	Méthodologie employée pour la modélisation	179
2.3.1.1.	Résolution de l'équation de transfert radiatif (ETR) par le modèle 4-flux	179
2.3.1.2.	Approche méthodologique pour la modélisation	181
2.3.1.3.	Détermination des paramètres colorimétriques CIE L*a*b*	182
2.3.2.	Modélisations de la diffusion de la lumière dans des couches de vernis	183
2.3.2.1.	Impact de la taille des pores	183
2.3.2.2.	Impact de la distribution de taille des pores	184
2.3.2.3.	Impact de la concentration en pores et de l'épaisseur de la couche	184
2.3.2.4.	Conclusion pour les couches de vernis	186
2.3.3.	Modélisations de la diffusion de la lumière dans des couches picturales	186
2.3.3.1.	Modélisations de couches de terre d'ombre et de terre verte non altérées	186
2.3.3.2.	Impact de la concentration en pores et de l'épaisseur de la couche	187
2.3.3.3.	Impact de la taille des pores	188
2.3.3.4.	Conclusion pour les couches picturales	189
3.	<i>Conclusion</i>	190

Chapitre IV

CARACTERISATION MULTI-ECHELLE ET SIMULATIONS NUMERIQUES DE L'ALTERATION

L'état de l'art exposé au chapitre I a révélé les hypothèses divergentes concernant les origines de l'altération, parmi lesquelles l'apparition de microstructures, la modification de l'indice de réfraction, la migration d'acides gras libres ou encore l'accumulation de savons de plomb. Dès lors, il convient de s'interroger sur la nature physico-chimique des chancis et de comprendre le phénomène de blanchiment. L'objectif premier de ce chapitre est de proposer une caractérisation multi-échelle bi- et tridimensionnelle de l'altération. A chacune des échelles étudiées, nous nous focaliserons premièrement sur les chancis de vernis puis sur ceux de couches picturales. A l'échelle macroscopique, l'altération a été documentée par des macrophotographies et des images de microscopie numérique 3D. La caractérisation à l'échelle microscopique s'appuie sur l'analyse de prélèvements par microscopie électronique à balayage à effet de champ (MEB-FEG) et également par nanotomographie à contraste de phase pour les chancis de couches picturales. Cette partie constitue une synthèse des résultats obtenus sur un corpus de 50 œuvres. Pour chacune d'entre-elles, une fiche contenant le dossier d'imagerie ainsi que la totalité des analyses effectuées est consultable dans l'annexe 3.

Nous expliquerons dans un second temps comment la modification structurale mise en évidence à l'échelle microscopique agit sur l'apparence visuelle de la couche à l'échelle macroscopique. Après un bref rappel sur les théories de diffusion de la lumière de Rayleigh et de Mie, nous démontrerons qu'elles permettent d'expliquer la couleur et l'opacification des couches chancies. Pour se faire nous simulerons des vernis et des couches picturales altérés et modéliserons la diffusion de la lumière. Pour une couche donnée, les courbes de réflectance (collimatée et diffuse) et de transmittance (collimatée et diffuse) seront déterminées par résolution de l'équation de transfert radiatif (ETR) selon la méthode 4-flux. Le calcul des coordonnées colorimétriques dans l'espace CIELAB nous permettra de déterminer la couleur des couches simulées et ainsi d'évaluer l'impact sur l'apparence visuelle de différents paramètres que nous définirons ultérieurement.

Les modélisations numériques ont été réalisées par Théo Phan van Song, élève ingénieur en Science et Génie des Matériaux (SGM) à l'Institut national des sciences appliquées de Rennes (INSA), en collaboration avec Christine Andraud du Centre de Recherche des Collections (CRC) (Phan van Song 2015).

1. Caractérisation multi-échelle des chancis de vernis et de couches picturales

1.1. Echelle macroscopique

1.1.1. Les chancis de vernis

A l'échelle macroscopique, un vernis est dit chanci si sa transparence n'est plus assurée. L'observation d'un corpus de 38 œuvres présentant des chancis de vernis nous a permis d'identifier différents stades et faciès d'altération.

Selon le degré d'altération, la perte de transparence peut être partielle ou totale. Dans le premier cas, la composition picturale est légèrement masquée par un voile opacifiant mais reste perceptible (figure 4-1 a et b). Dans le second cas, l'opacité est si importante que la couleur de la couche picturale sous-jacente est indiscernable (figure 4-1 c et d). Dans une phase ultime d'altération, la couche de vernis peut perdre sa cohésion et devenir pulvérulente (figure 4-2).

Il est intéressant de souligner que le degré d'altération a uniquement un impact sur l'opacité. La couleur de la couche opacifiée dépend de l'état d'oxydation du vernis. Pour un vernis oxydé, le chanci ne sera pas blanc mais légèrement brun, voire jaune comme pour la figure 4-1c. De plus, quel que soit le degré d'opacité de la couche, la perte de transparence est induite par une modification interne. Il ne s'agit ni d'une migration de composés depuis les couches de préparation ou les couches picturales, ni d'un dépôt de sels inorganiques initialement dissous dans l'eau après son évaporation.

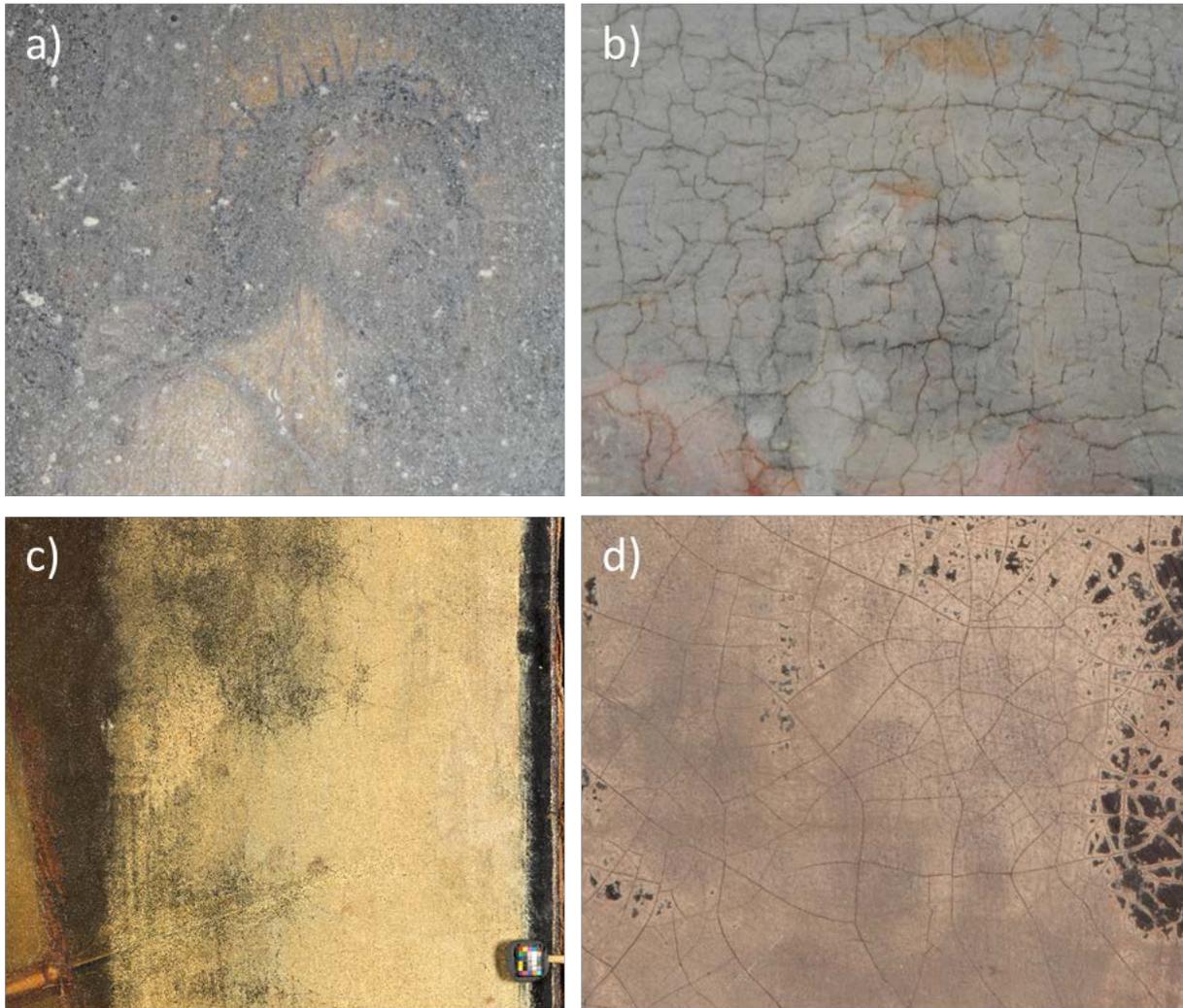


Figure 4-1 : Détails de tableaux chancés avec perte de transparence partielle a) et b) ou totale c) et d). a) Frans Francken le Vieux (att. à), *Scène de la Passion ; Jésus insulté*, huile sur cuivre, n° inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis ; b) Matteo de Pittochi Ghidoni, *Le Christ guérissant les paralytiques*, huile sur toile, n° inv. 874.6, Musée Girodet, Montargis ; c) Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens © C2RMF/A. Maigret; d) Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson*, huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson.

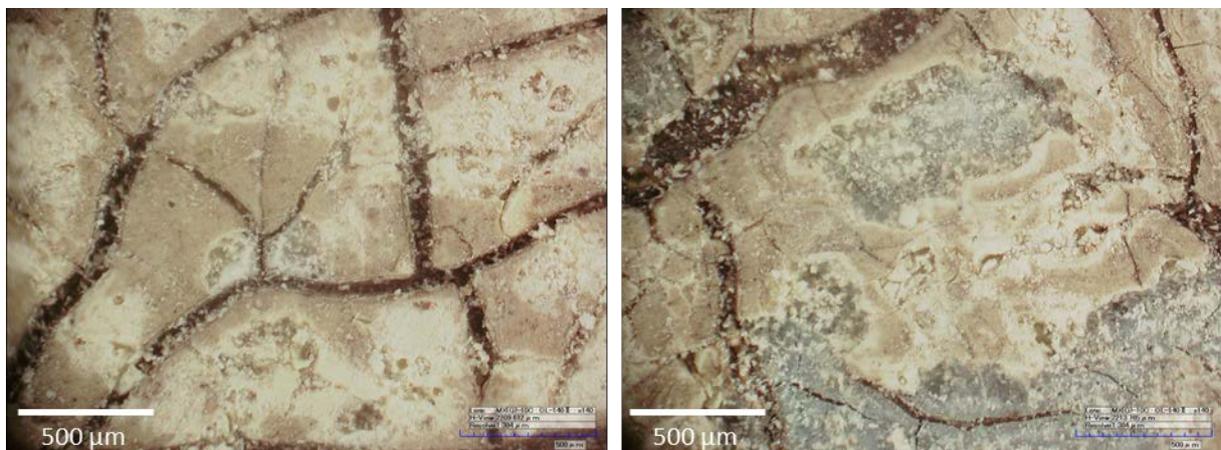


Figure 4-2 : Images au microscope numérique 3D d'une couche chancie pulvérulente. Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens

Différents faciès d'altération ont été repérés sur les œuvres.

Il peut s'agir d'un voile opacifiant affectant l'ensemble de la zone altérée, comme par exemple dans les photographies de détail a), b) et dans une moindre mesure c) de la figure 4-1. La régularité de l'opacification est confirmée par les observations effectuées au microscope numérique 3D (figure 4-3). Ce faciès d'altération est observable aussi bien sur des œuvres présentant un vernis récent peu accidenté (figure 4-3a) que sur des couches plus craquelées (figure 4-3 b, c et d).

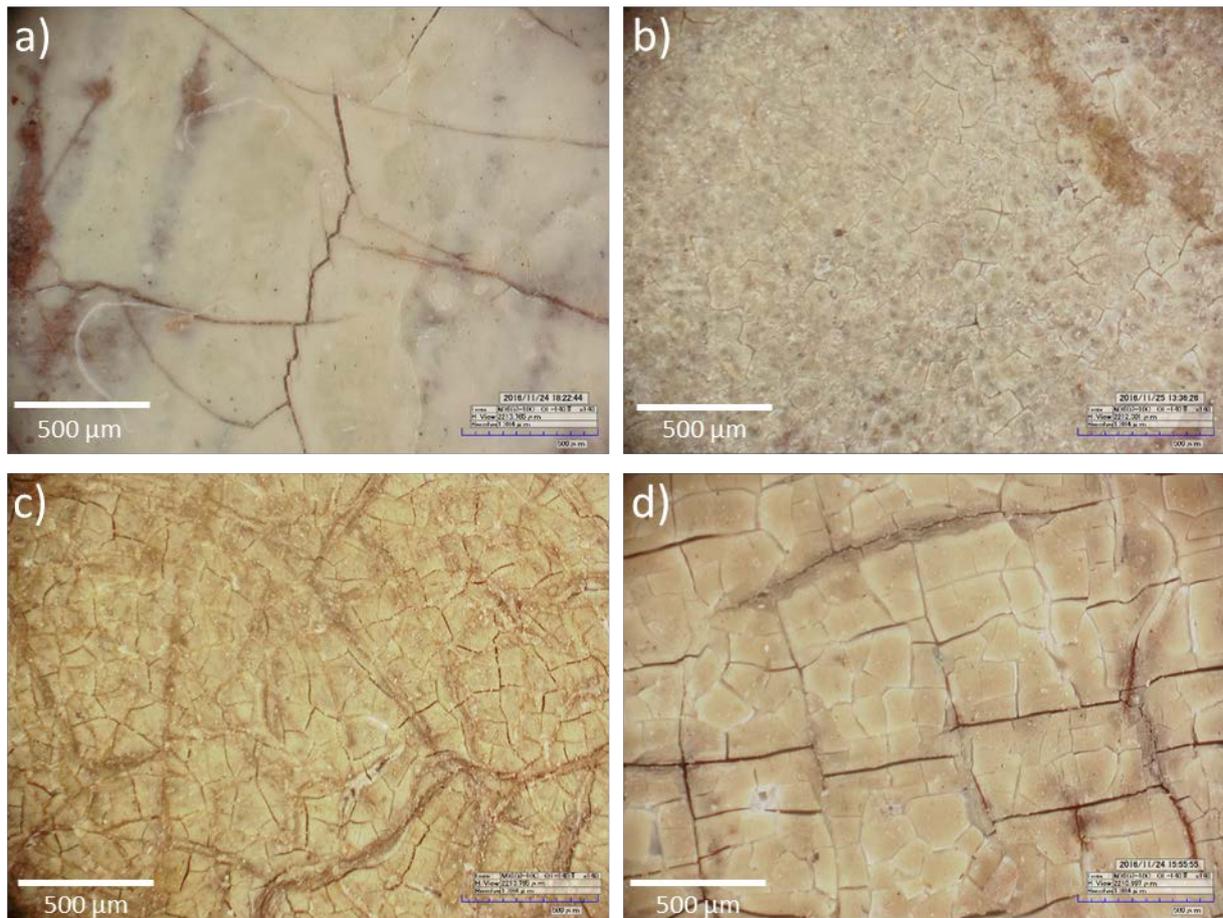


Figure 4-3 : Images au microscope numérique 3D de couches opacifiées homogènes. a) Albert Gleize, *Les acrobates*, huile sur carton, n° inv. 978.3, Musée Girodet Montargis ; b) Matteo de Pittochi Ghidoni, *Le Christ guérissant les paralytiques*, n° inv. 874.6, Musée Girodet, Montargis ; c) Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens ; d) Eugène Giraud, *Muletiers espagnols* (esquisse), huile sur bois, n° inv. 885.8, Musée Girodet, Montargis.

Pour de nombreuses œuvres, les chancis sont localisés le long des craquelures longitudinales (figure 4-4). Dans ce cas, l'eau ou l'humidité s'infiltrent dans des craquelures préexistantes et provoquent localement des chancis. D'après nos observations sur les œuvres du corpus du Musée Girodet pour lesquelles les conditions d'apparition des chancis étaient semblables (dégâts des eaux), la largeur de la zone altérée dépend de la progression de

l'altération, elle-même selon toute vraisemblance dépendante de la profondeur de la craquelure. L'altération s'est propagée latéralement sur plusieurs centaines de micromètres (figure 4-4a, b et c) sauf pour celle dont est issue la figure 4-4d, où uniquement quelques dizaines de micromètres ont chanci (même échelle). Pour cette dernière exécutée sur papier, les craquelures sont très superficielles et étroites, ce qui semble avoir ralenti la pénétration de l'eau et donc l'étendue de l'altération.

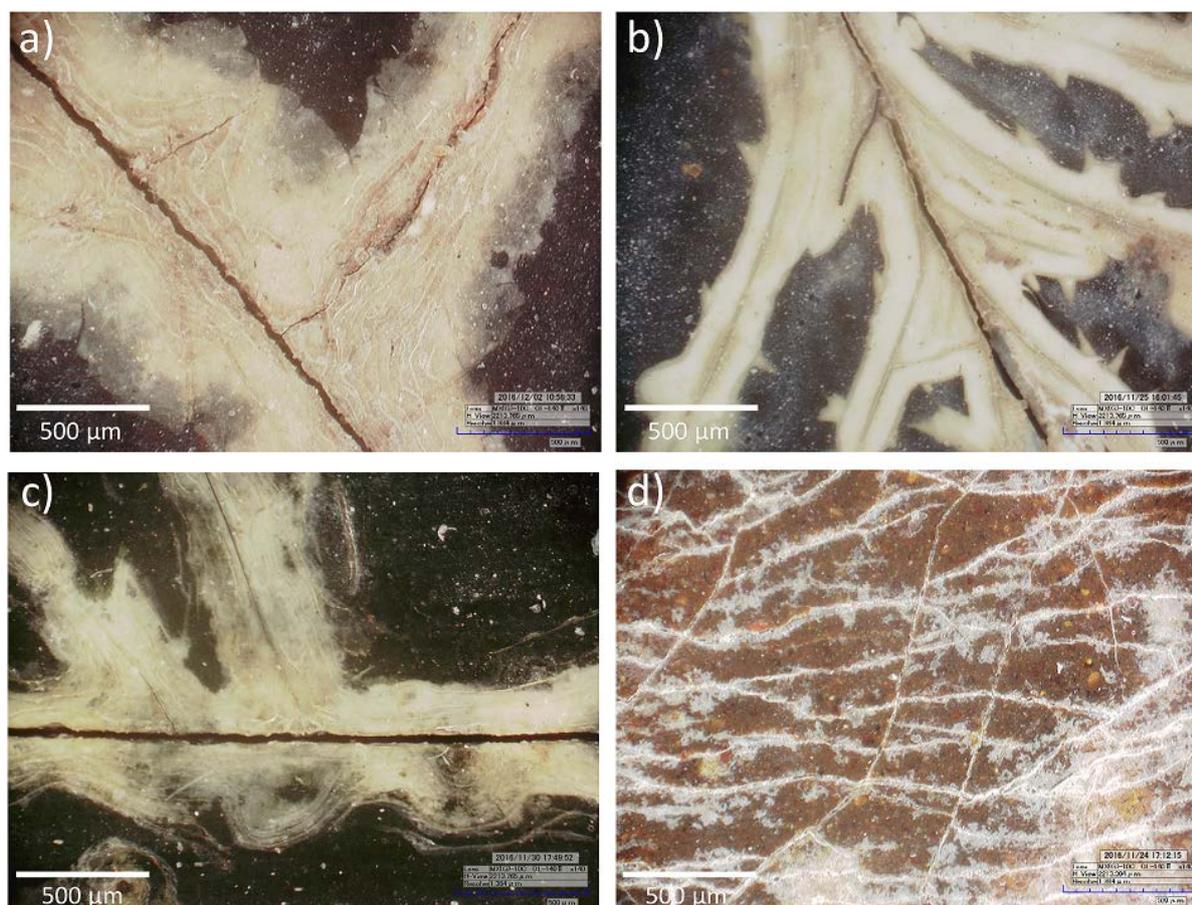


Figure 4-4 : Images au microscope numérique 3D de chancis localisés en bordures de craquelures. a) Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson*, huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis.; b) François-Hippolyte Debon, *Portrait d'Alexandre Dumeis*, huile sur toile, n° inv. 874.28, Musée Girodet, Montargis ; c) Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis ; d) Jean-Joseph-Xavier Bidault (att. à), *Vue de Subiaco*, huile sur papier marouflé sur bois, n° inv. 015.1.1, Musée Girodet, Montargis.

Deux cas particuliers de faciès d'altération peuvent être mentionnés. Premièrement, sur plusieurs œuvres, les chancis sont également localisés sur des germes de craquelures (figure 4-5). L'altération permet d'ailleurs de révéler ces prémices de craquelures difficilement discernables sur des peintures non altérées. Deuxièmement, lorsque les craquelures forment un réseau dense d'écailles, l'altération commence par affecter les bords avant de se propager progressivement (figure 4-6). A plus fort grossissement, l'étude topographique de la surface

permet de mettre en évidence la formation de cuvettes induite par une augmentation de l'épaisseur du vernis dans les zones altérées (figure 4-6b). Au centre des écailles, le vernis n'étant pas chanci, la couche picturale de couleur brune reste visible.

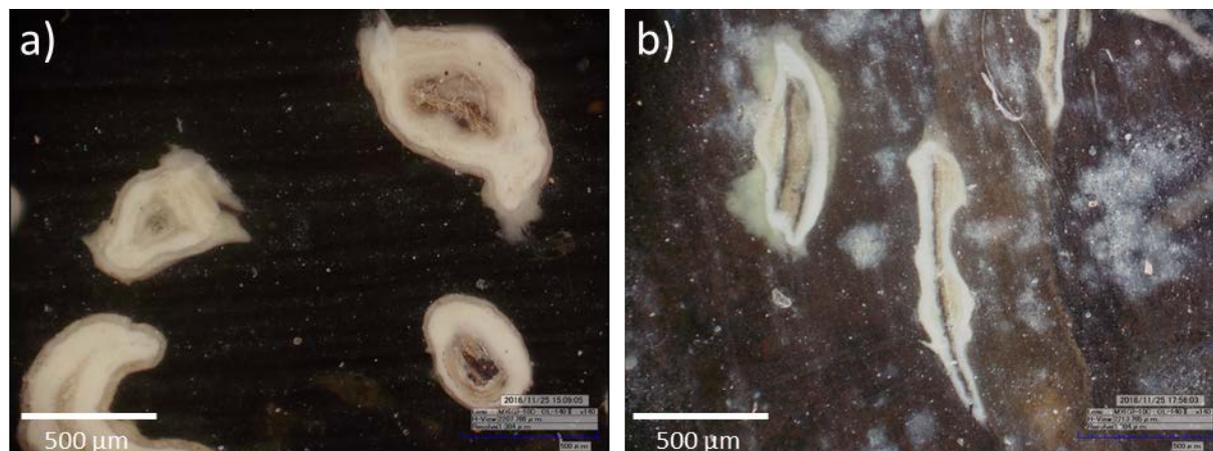


Figure 4-5 : Images au microscope numérique 3D de chancis autour de germes de craquelures. a) et b) Alexandre Dumeis, *Intérieur de l'église de Montargis avant sa restauration*, huile sur toile, n° inv. 874.21, musée Girodet, Montargis

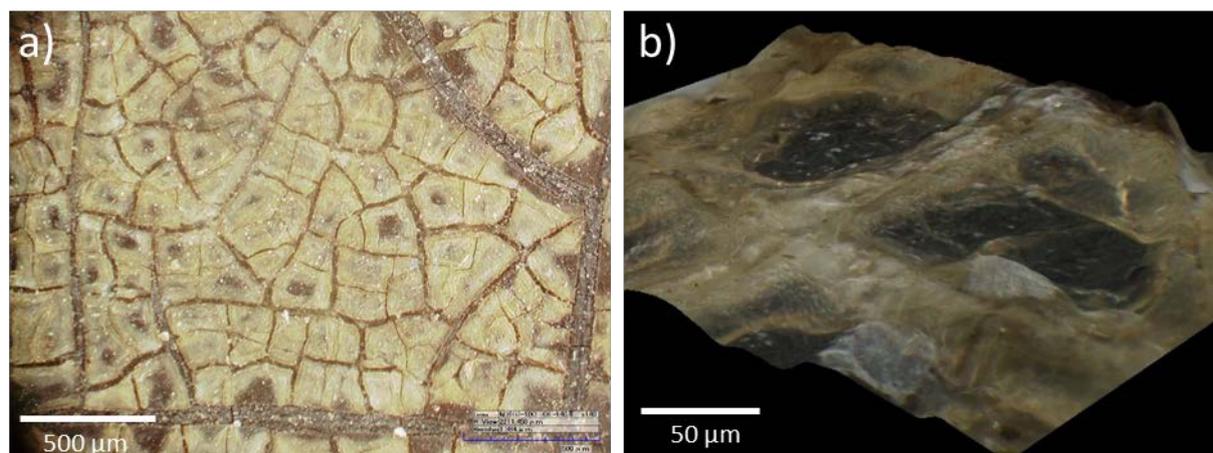


Figure 4-6 : Images au microscope numérique 3D de chancis sur des réseaux d'écailles. a) Image en 2D ; b) Représentation 3D de deux écailles de la zone précédente. L'altération est progressive, des bords vers le centre. Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens.

Enfin, nos observations mettent en évidence que la couche picturale sous-jacente a un impact sur l'apparition de l'altération, comme dans les exemples présentés dans la figure 4-7. Pour l'œuvre a), le chanci est localisé préférentiellement au niveau de la veste et plus minoritairement dans le fond et les ombres des carnations. Dans l'œuvre b) le chanci a majoritairement affecté le fond et plus légèrement les cheveux et la veste. Dans l'œuvre c) la partie la plus altérée est le rehaut au niveau de la veste, puis le fond et la veste. Dans l'œuvre d) le chanci est localisé au niveau de certains éléments de la composition (escabeau, lampadaire, fauteuils...) et des traces de dessin préparatoire.

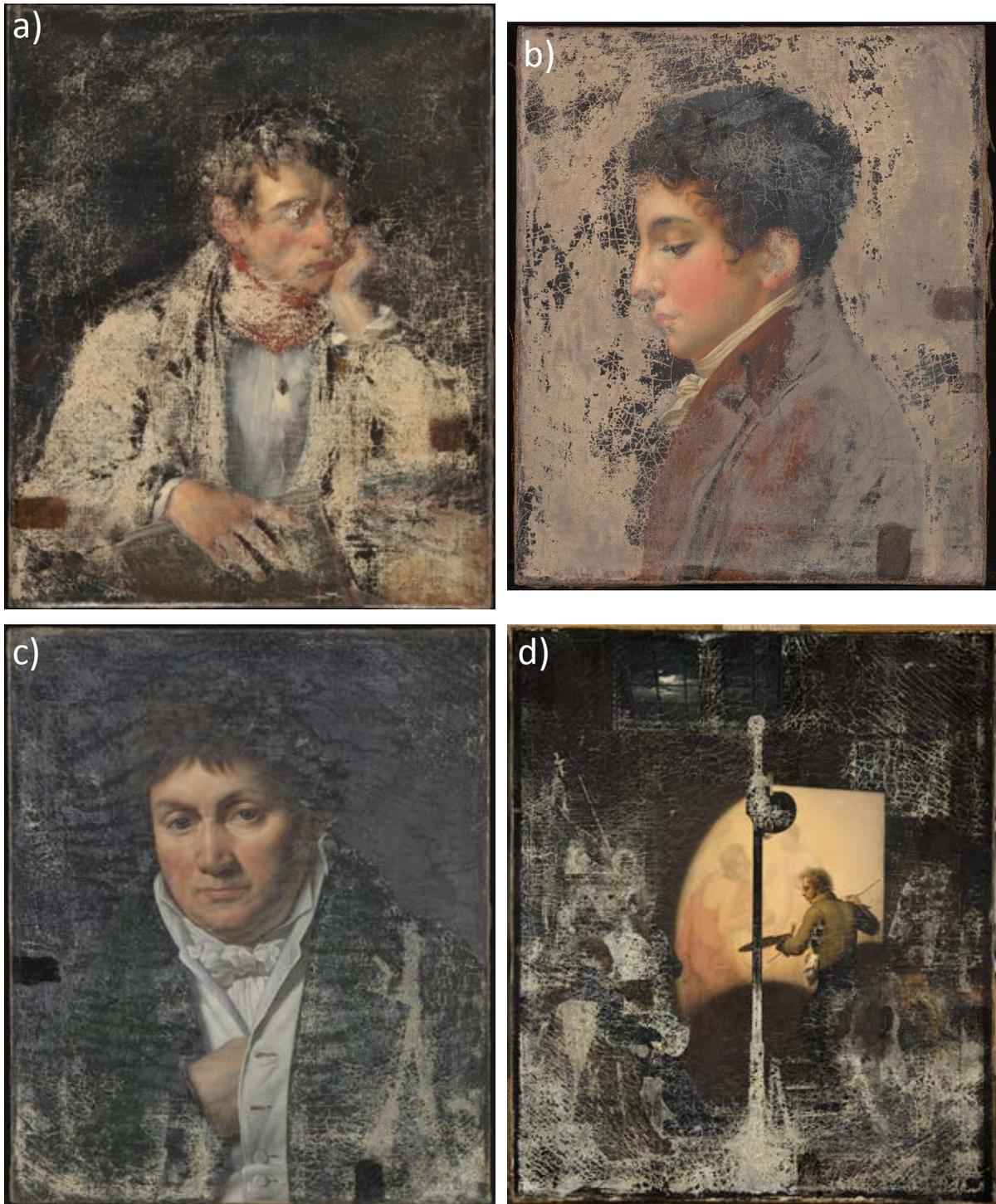


Figure 4-7 : Photographie en lumière visible a) François-Hippolyte Debon, *Portrait d'Alexandre Dumeis*, huile sur toile, n° inv. 874.28, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson ; b) Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson*, huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson ; c) Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson ; d) François-Louis Dejuinne, *Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier*, huile sur toile, n° inv. 006.1.1 ; Musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Requilé. Pour les œuvres a) et b), il ne s'agit pas d'un dévernissage sélectif. La fluorescence du vernis est homogène sur les photographies en lumière UV (cf Annexe 3).

Il apparaît que les vernis apposés directement sur des zones riches en blanc de plomb (carnations, chemise, scène éclairée) ou sur une couche exécutée sur ces dernières (lampadaire dans la figure 4-7d) n'ont pas chanci. Pour le portrait d'Hector Becquerel par exemple, le chanci s'arrête de manière assez nette à la limite entre la veste verte et la chemise blanche, bien que les craquelures se prolongent (figure 4-8). Nous reviendrons sur ce point ainsi que sur l'influence de la nature du support dans le chapitre V consacré à la compréhension de l'apparition de l'altération.



Figure 4-8 : a) Photographie en lumière visible (détail). Anne-Louis Girodet-Trioson, *Hector Becquerel*, huile sur toile, n° inv. 965.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/P. Salinson ; b) et c) Images au microscope numérique 3D.

1.1.2. Les chancis de couches picturales

Un chanci de couche picturale se traduit également, à l'échelle macroscopique, par un blanchiment. Il est premièrement important de mentionner que pour toutes les œuvres étudiées, l'altération affecte préférentiellement certaines zones et non l'ensemble de la composition, comme par exemple le fond (figure 4-9a, c et d), les feuilles (figure 4-9b), les cheveux du Christ (figure 4-9e) et les drapés (figure 4-9f et g). De plus, l'altération n'est pas toujours homogène et des zones altérées et non altérées peuvent coexister au sein d'une même plage de couleur.

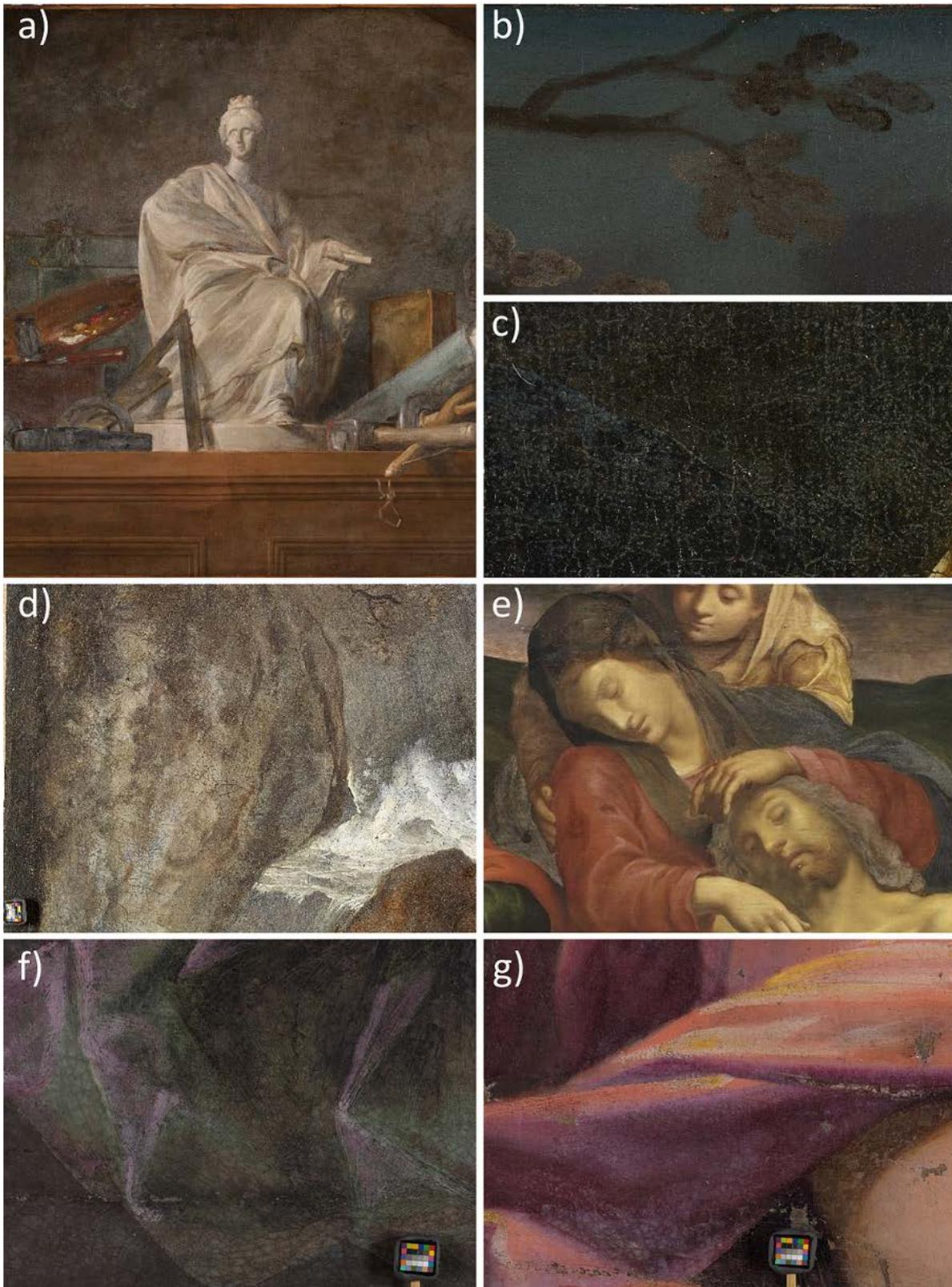


Figure 4-9 : a) Jean-Baptiste Siméon Chardin, *Les attributs des arts*, huile sur toile, n° inv. INV 3199, Musée du Louvre © C2RMF/P.-Y. Duval ; b) Jean-Marc Nattier (atelier de), *Portrait de Louise-Marie de France, dite Madame Louise*, huile sur toile, n° inv. MV 4442, Musée National du château de Versailles et Trianon © C2RMF/T. Clot ; c) Otto Marseus van Schrieck, *Chardons, écureuil, reptiles et insectes*, huile sur toile, n° inv. 873.1.367, Musée des Beaux-Arts de Quimper ©C2RMF/ J.-L. Bellec ; d) Johannes van der Bent, *Paysage, figures et animaux*, huile sur toile, n° inv. 794.1.1, Musée des Beaux-arts de Rennes © C2RMF/A. Maïgret ; e) Anonyme, *Descente de croix*, huile sur bois, n° inv. 890.9.145, Musée des Beaux-Arts de Carcassonne ©C2RMF/T. Clot ; f) et g) Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre © C2RMF/J.-L. Bellec

Lors de l'étude effectuée à partir de la base EROS sur la couleur des couches picturales chancies présentée chapitre II, §2.1, nous avons conclu que l'altération apparaissait principalement dans les zones brunes et vertes, et dans une moindre mesure dans les zones bleues. L'examen des plages chancies de l'ensemble des peintures du corpus confirme ce point. L'œuvre anonyme intitulée *L'Aurore* du musée du Louvre fait figure d'exception puisque les couleurs des couches chancies sont plus nombreuses (brun, vert, violet, orange, carnation). Un relevé des zones chancies est reporté figure 4-10.



Figure 4-10 : Relevé des zones chancies (adapté d'un relevé de la restauratrice Alice Mohen). Les points rouges matérialisent les zones chancies. Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre © C2RMF/J.-L. Bellec.

Suite à l'examen des œuvres et des macrophotographies, nous nous sommes interrogés sur la couleur des zones chancies. S'agit-il uniquement d'un blanchiment ou bien est ce que la couleur de la couche est également modifiée ? Pour répondre à cette question, une décomposition de type luminance-chrominance a été effectuée sur les macrophotographies à l'aide du logiciel Photoshop. La première étape a consisté à convertir les images RVB dans le système colorimétrique CIELAB. L'image obtenue peut alors être dissociée en 3 couches en niveaux de gris : la couche L* pour la luminance et les deux couches de chrominance a* (du vert au rouge) et b* (du bleu au jaune). Les différentes couches peuvent ensuite être affichées séparément pour distinguer les variations de luminance et de chrominance (figure 4-11).

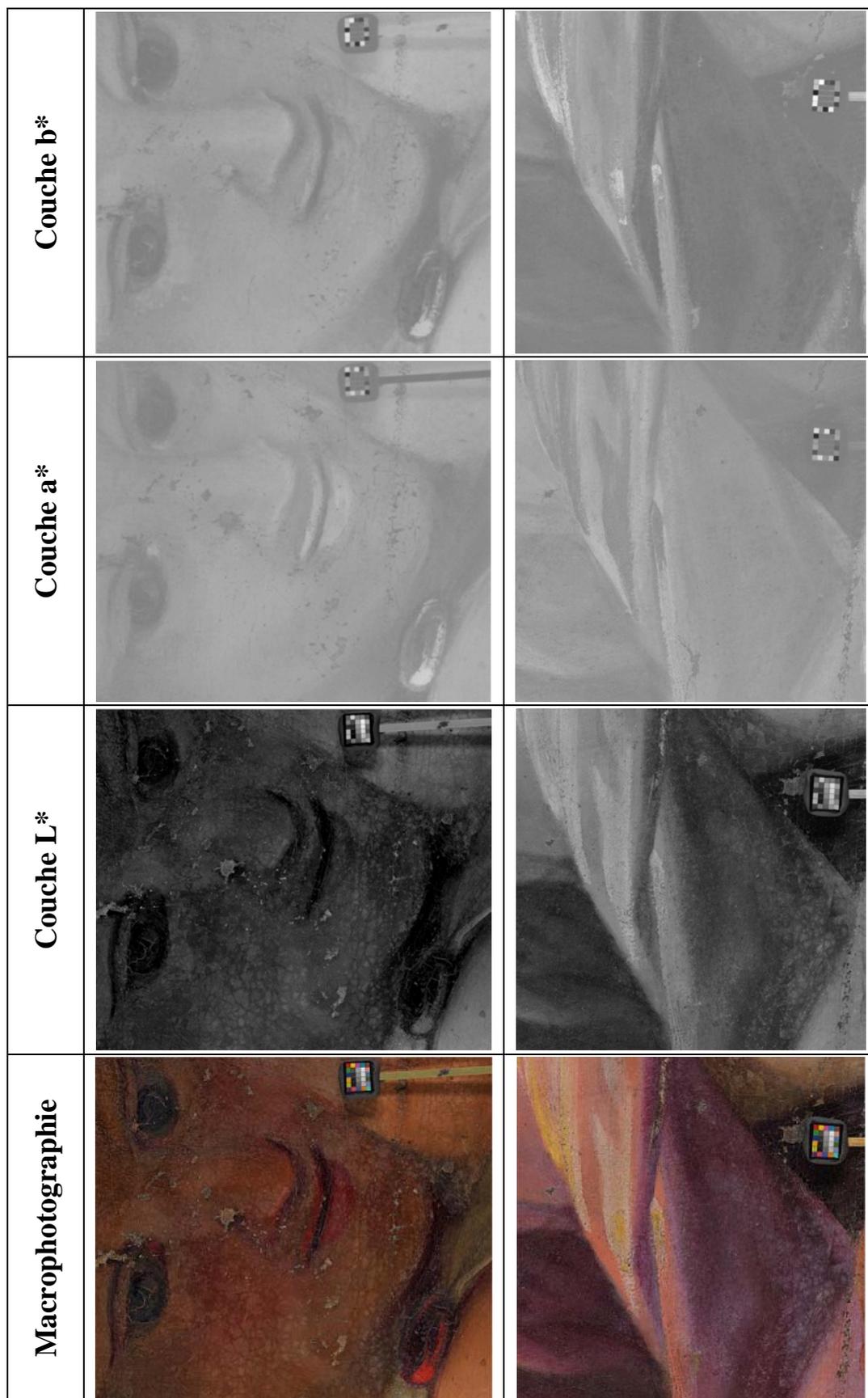


Figure 4-11 : Décomposition de type luminance-chrominance dans le système colorimétrique CIELAB de photographies de détails de l'œuvre anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre © C2RMF/J.-L. Bellec. Le canali corrisponde à un éclaircissement (paramètre L*) non associé à un changement de couleur (paramètres a* et b*).

La comparaison des niveaux de gris pour les écailles altérées et non altérées met en évidence une augmentation significative de la valeur du paramètre L^* correspondant à la luminosité. En revanche, les valeurs des paramètres de chromaticité a^* et b^* ne sont pas modifiées. On peut en conclure que l'éclaircissement observé sur les œuvres dans les zones altérées n'est pas accompagné d'une modification de la couleur, ce qui suggère que l'altération n'est pas liée à une décoloration d'un pigment. Ce point est appuyé par les observations effectuées directement sur les œuvres par microscopie numérique 3D (figure 4-12). Les pigments sont perceptibles et non altérés en apparence. Le liant en revanche apparaît blanchâtre et opaque dans les zones chancées.

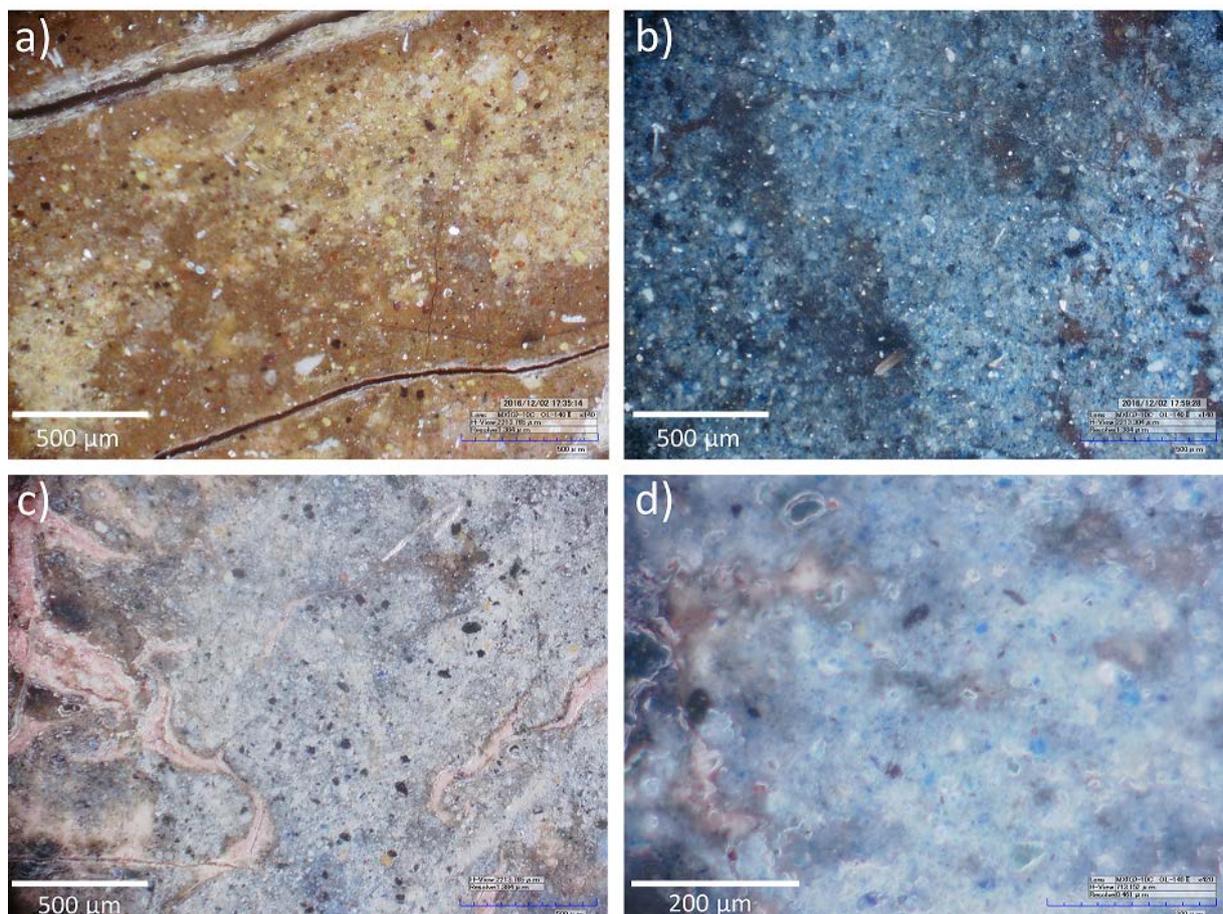


Figure 4-12 : Images de microscopie numérique 3D de chancis de couche picturale. Champ de vue 2.2 mm pour les images a), b) et c) et 713 µm pour l'image d). a) et b) Louis de Silvestre, *La visitation*, huile sur toile, inv. 009.5.16, Musée Girodet, Montargis ; c) et d) Jean Cotelle le Jeune, *Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant*, huile sur toile, n° inv. MV735, Musée National du château de Versailles et Trianon

1.2. Echelles micro et nanoscopique

1.2.1. Les chancis de vernis

Pour illustrer notre propos, nous nous focaliserons tout d'abord sur l'analyse du prélèvement n°5 de l'œuvre de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison* puis nous présenterons les résultats obtenus sur d'autres œuvres et sur les échantillons modèles.

D'un point de vue méthodologique, pour chacune des œuvres étudiées, les prélèvements ont d'abord été observés avec un microscope numérique 3D, à un grossissement compris entre x200 et x2500 et un microscope optique sous lumière UV. Puis, les échantillons ont été examinés directement par microscopie électronique à balayage à effet de champ (MEB-FEG). Pour rappel, les prélèvements n'ont pas été enrobés dans une résine synthétique afin que la structure interne des couches chancies ne soit pas modifiée (cf. chapitre III, §3.2).

L'observation de la tranche du prélèvement chanci n° 5 révèle la stratigraphie suivante (figure 4-13a) : une couche de préparation blanche (1), une couche picturale brun foncé (2) et trois couches de vernis en surface (3-5) fluorescentes avec un filtre B-2A (figure 4-13b). Alors que la couche 5 est oxydée mais encore transparente, la couche 3 est devenue blanche et opaque.

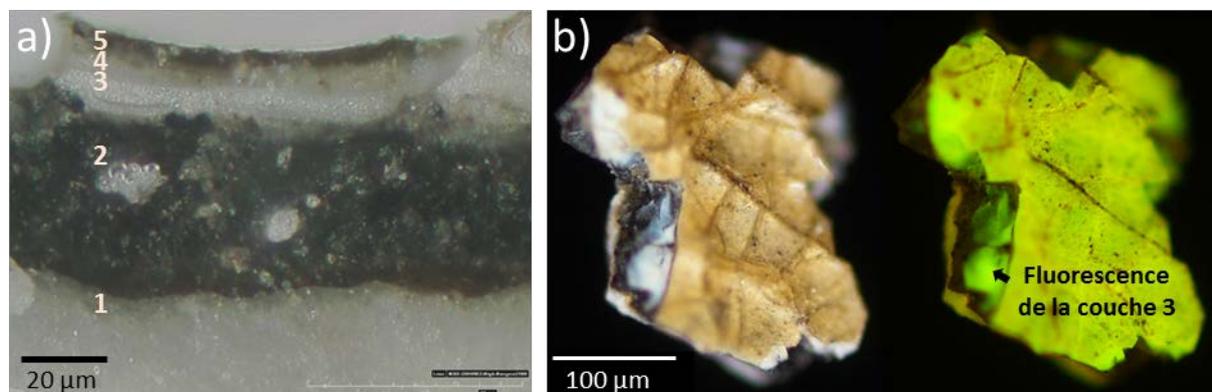


Figure 4-13 : Caractérisation de l'échantillon n° 5 de l'œuvre de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*. a) Observation de la tranche du prélèvement par microscopie numérique 3D. 1) préparation blanche ; 2) couche picturale brun foncé 3-5) couches de vernis ; b) Surface du prélèvement en lumière visible (gauche) et avec un filtre B-2A (droite).

Les observations au MEB-FEG révèlent une structure poreuse insoupçonnée dans les couches de vernis chancies. Pour le prélèvement n°5, la localisation des pores dans la stratigraphie est parfaitement corrélée au blanchiment (figure 4-14). En effet, les pores sont localisés dans la couche 3 devenue blanche et opaque mais pas dans les couches 4 et 5. La taille des pores est comprise entre 100 nm et 1 μm. Il est par ailleurs intéressant de mentionner

qu'aucune porosité n'a été observée dans les échantillons non altérés prélevés sur le même tableau.

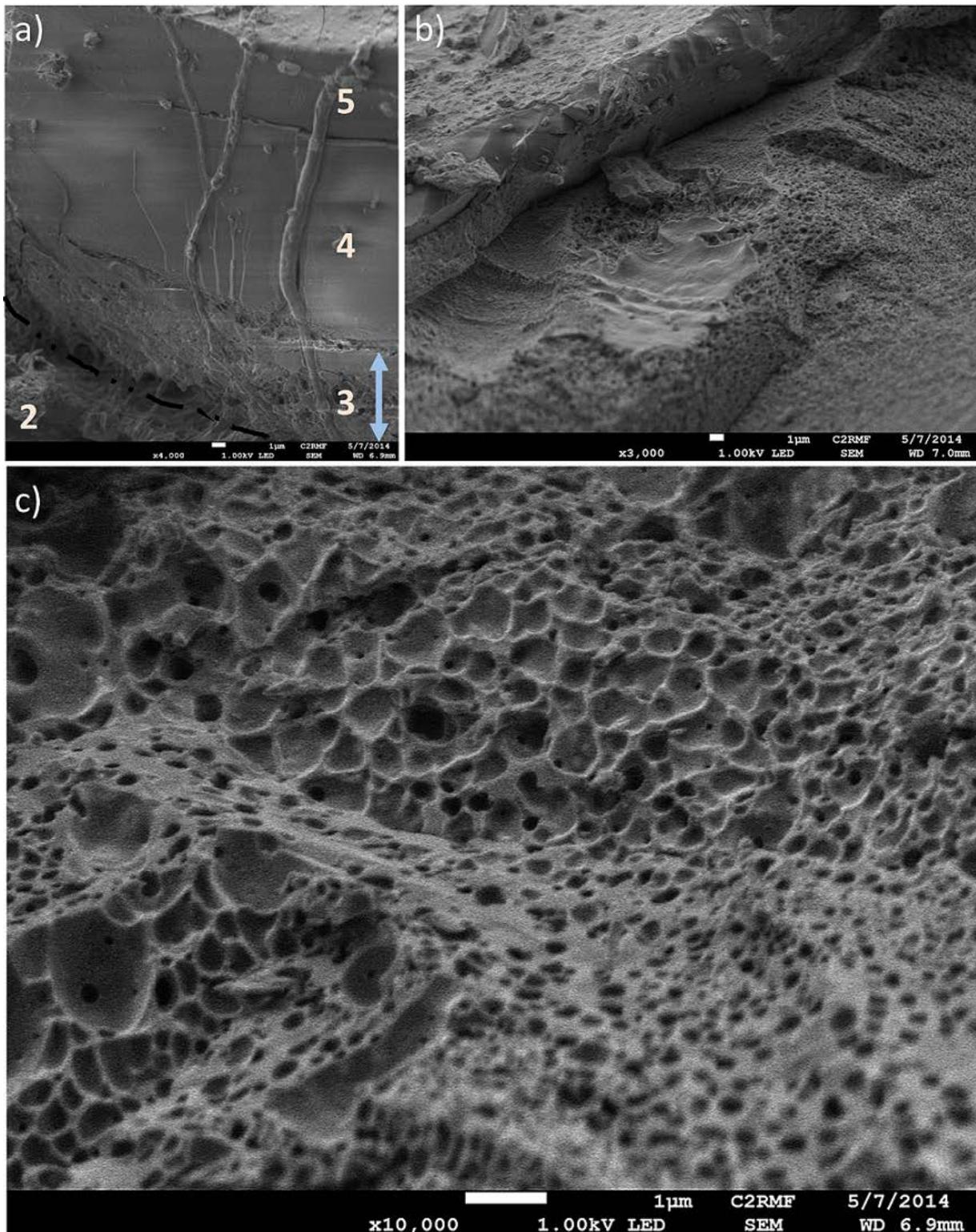


Figure 4-14 : Caractérisation microscopique et nanoscopique du prélèvement n°5 de l'œuvre de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, au MEB-FEG. a) Observation de la tranche du prélèvement mettant en évidence la présence de porosités dans la couche 3 changée ; b) et c) Surface de la couche 3. Barres d'échelle : 1 μ m.

Pour les autres œuvres étudiées, les vernis chancis ont à l'échelle microscopique également une structure poreuse (figure 4-15 et 4-16) avec une taille de pores comprise entre 20 nm et 4 μm . Les deux exemples présentés figure 4-15 correspondent à des prélèvements vus du dessus avec la surface d'une première couche de vernis non altérée puis une couche chancie présentant une structure poreuse. La figure 4-16 correspond à une coupe en KBr d'un prélèvement du *Saint Jean-Baptiste* de Léonard de Vinci. Contrairement à l'enrobage traditionnel en résine, l'enrobage KBr, ne comble pas les pores (4-16c). Leur visualisation est cependant moins aisée due à une possible compression de l'échantillon lors de la préparation de la pastille et à une modification de la surface lors du polissage.

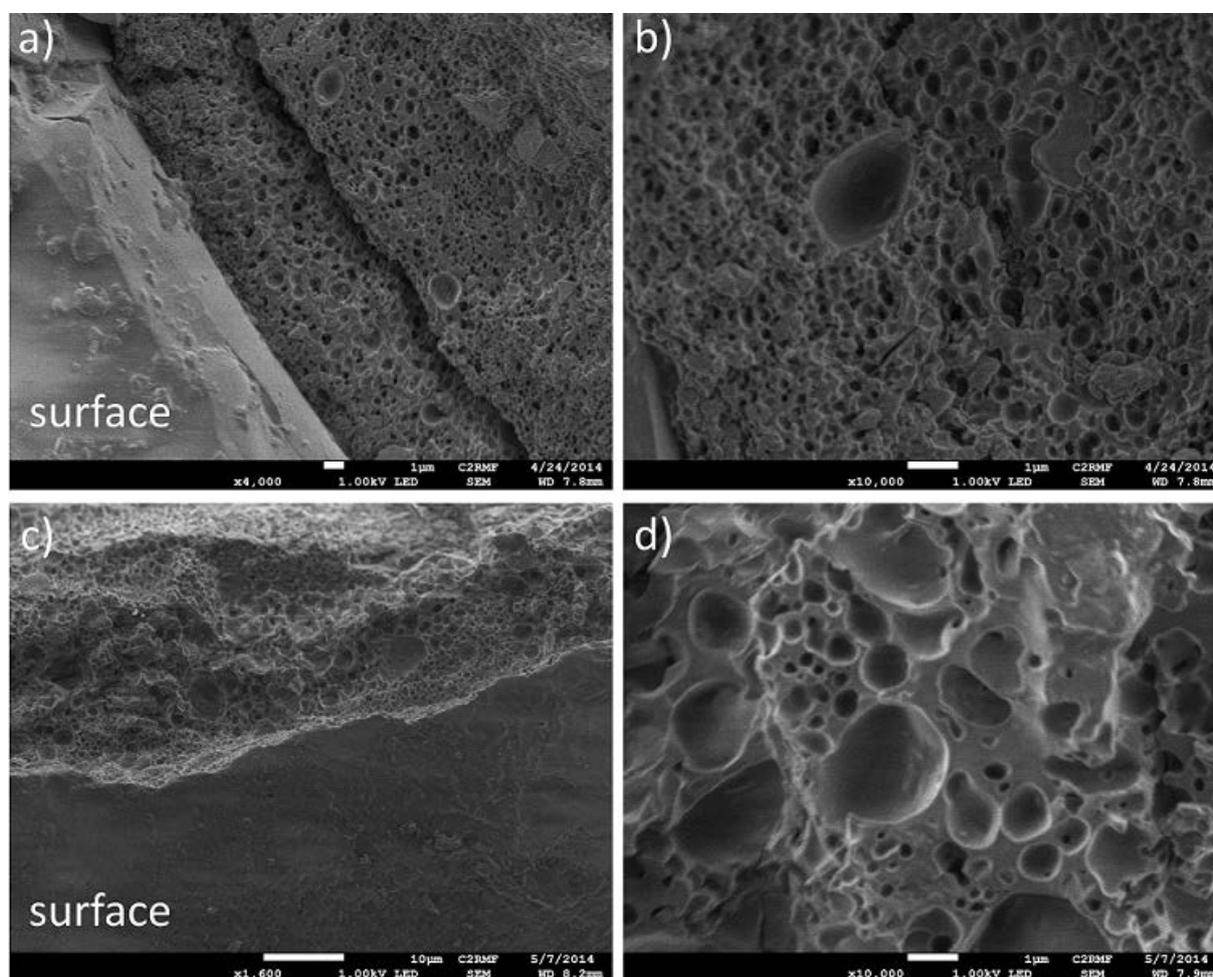


Figure 4-15 : Caractérisation microscopique et nanoscopique au MEB-FEG de chancis de vernis. a) Jean Cotelle le Jeune, *Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant*, huile sur toile, n° inv. MV735, Musée National du château de Versailles et Trianon, Prélèvement 3, grandissement x 4000, barre d'échelle : 1 μm ; b) même œuvre, grandissement x 10 000, barre d'échelle : 1 μm ; c) Collection privée, grandissement x 1600, barre d'échelle : 10 μm ; d) même œuvre, grandissement x 10 000, barre d'échelle : 1 μm .

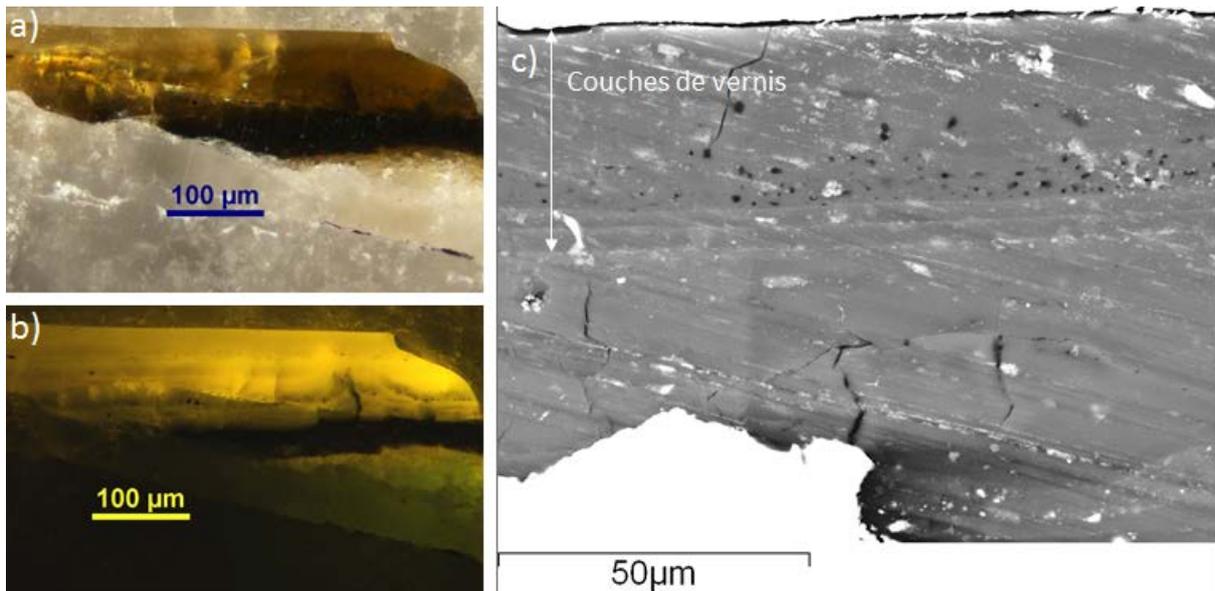


Figure 4-16 : Léonard de Vinci, *Saint Jean-Baptiste*, huile sur bois, n° inv. INV 775/MR 318, Musée du Louvre. Coupe stratigraphique enrobée en KBr du prélèvement 1, a) en lumière visible, b) avec un filtre B-2A, c) au MEB-FEG c) pour laquelle les points noirs correspondent à des pores.

En parallèle des analyses sur les œuvres anciennes, l'altération a été reproduite en immergeant des lames de vernis naturels (dammar et mastic) dans de l'eau ultra pure à température ambiante pendant 31 jours. Dans ces conditions, les vernis synthétiques n'ont pas chanci. Le suivi de l'altération révèle que le vernis translucide ne devient pas directement blanc. Un bluissement de la couche a été mis en évidence dans les premiers jours. Des photographies du vernis mastic en lumière réfléchiée avant immersion et après 1.5, 10, 15 et 31 jours sont présentées sur la figure 4-17.

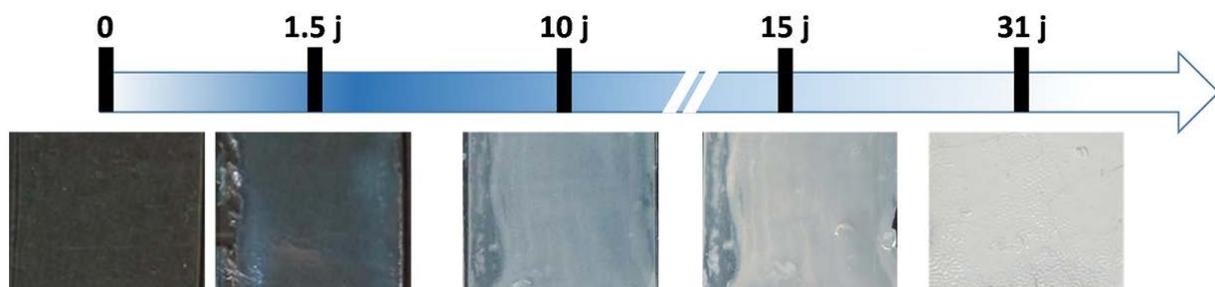


Figure 4-17 : Photographies en lumière réfléchiée (sur fond noir) d'une couche de vernis mastic de la marque Sennelier à différents stades d'altération, correspondant aux durées d'immersion des vernis dans de l'eau ultrapure à température ambiante.

Les prélèvements effectués à différents temps d'immersion ont été analysés sur la tranche par MEB-FEG. Les clichés de la figure 4-18 correspondent au vernis mastic Sennelier à trois stades d'altération (temps d'immersion : 1.5 jours, 5.5 jours et 31 jours) au même grandissement.

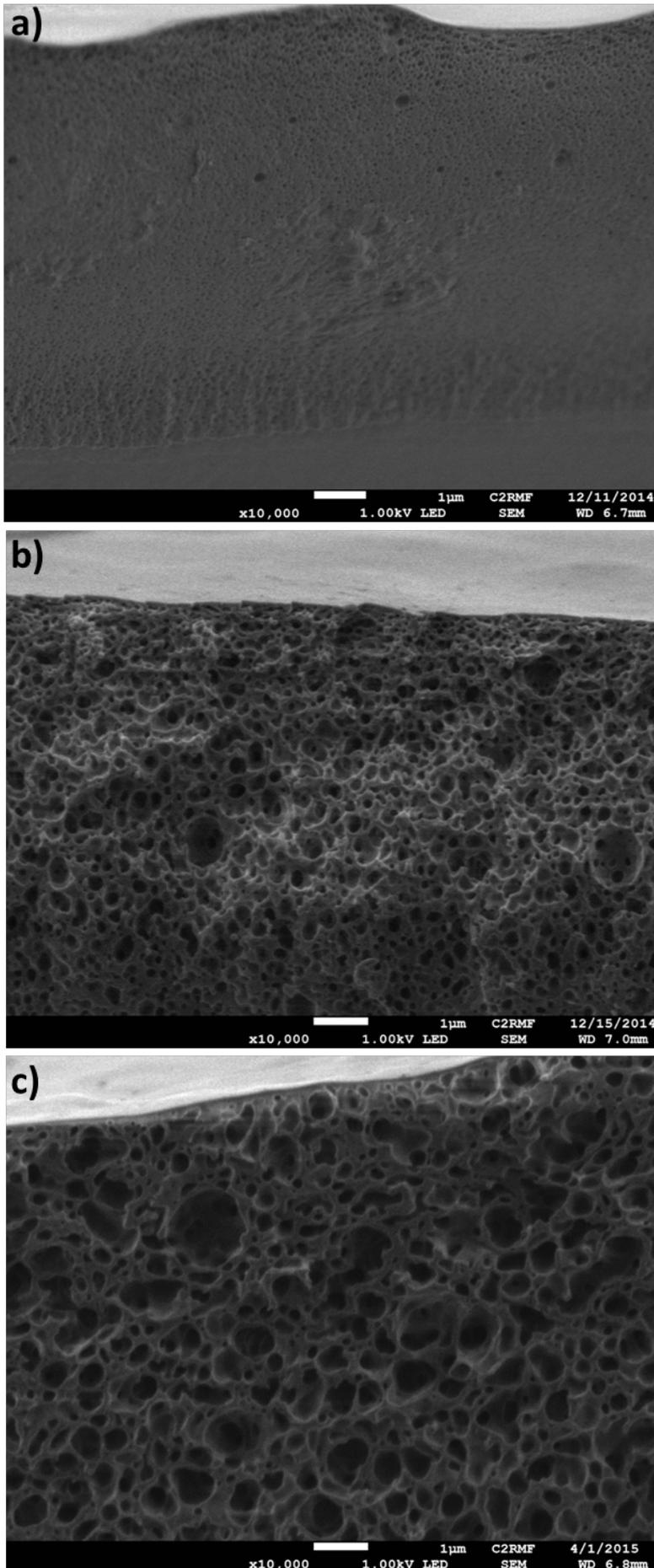


Figure 4-18 : Observation de la tranche de prélèvements issus des éprouvettes de vernis mastic au MEB-FEG au même grandissement à différents temps d'immersion : a) T=1.5 jours ; b) T=5.5 jours ; c) T=31 jours. barres d'échelle : 1µm ;

Une augmentation significative de la taille des pores est observable entre T1.5 et T31 (figure 4-18). Pour chacun des échantillons, les pores sont localisés dans l'épaisseur de la couche, mais pas sur sa surface. Une distribution de la taille des pores correspondant aux trois clichés précédents est présentée sur la figure 4-19 avec T1.5 en noir, T5.5 en vert et T31 en rouge. Pour l'échantillon T1.5 (bleu en lumière réfléchie), les pores sont proches de la surface et ont une taille comprise entre environ 20 et 300 nm et majoritairement entre 40 et 50 nm. L'échantillon T5.5 (entre bleu et blanc en lumière réfléchie) présente des pores dont la taille varie entre environ 25 nm et 1 μm , localisés dans quasiment toute l'épaisseur de la couche. Enfin, l'échantillon T31 très altéré (blanc et opaque) est composé d'une combinaison de petites et de grosses porosités (souvent interconnectées) de 25 nm à 2 μm .

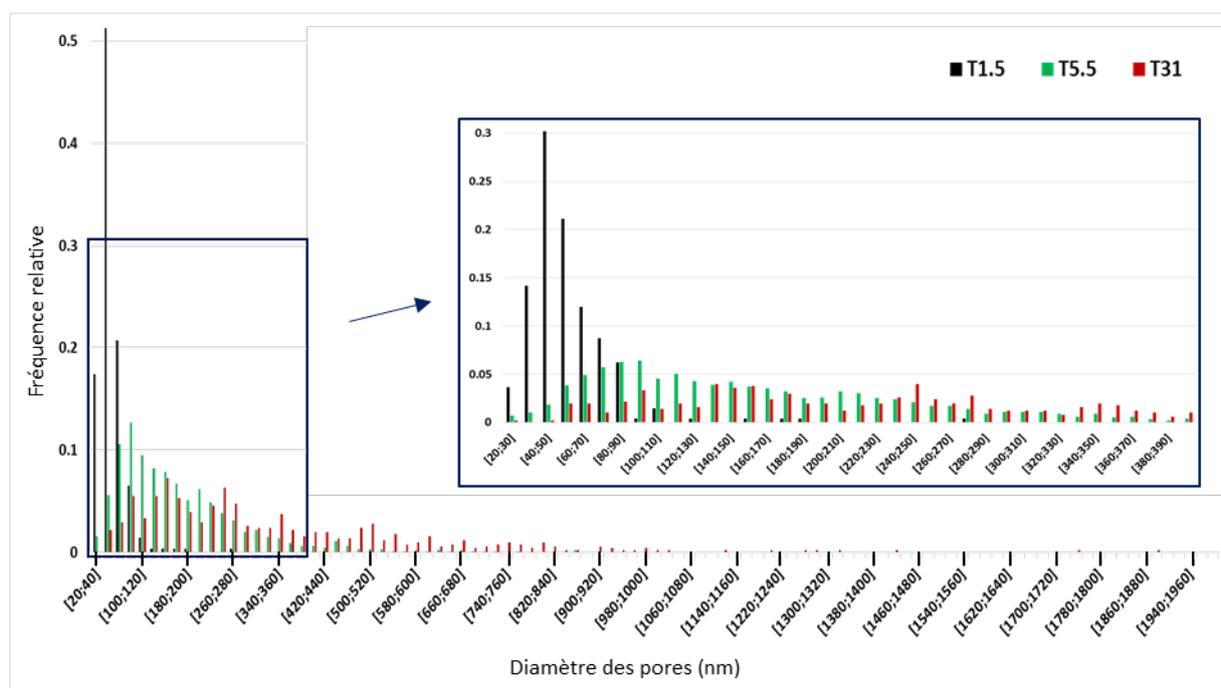


Figure 4-19 : Distribution de la taille des pores pour les échantillons T1.5 (en noir), T5.5 (en vert) et T31 (en rouge).

Pour conclure, la présence de pores essentiellement submicroniques est une caractéristique manifeste des chancis de vernis. En effet, l'analyse de prélèvements chancis et non chancis révèle qu'ils sont présents uniquement dans les couches altérées. L'aspect des couches chancies à l'échelle microscopique est indépendante des conditions d'apparition de l'altération (dégâts des eaux, conservation en milieu humide ou traitement de restauration aqueux) et de la nature du support (toile ou bois). La reproduction de l'altération a permis de mettre en évidence son caractère dynamique. En présence d'eau, le vernis initialement incolore et transparent devient tout d'abord légèrement bleuté et translucide puis de plus en plus blanc

et opaque. Postérieurement à la réalisation des échantillons-modèles, la coexistence des deux stades d'altération (bleuissement et blanchiment) a été observée sur des œuvres du musée Girodet (figure 4-20). Le bleuissement des vernis naturels correspond donc à un premier niveau d'altération susceptible d'évoluer en cas d'exposition prolongée à l'humidité vers la formation de chancis et non à une altération à part entière comme il était présumé. A l'échelle microscopique, la modification de l'apparence visuelle des vernis s'accompagne d'une augmentation significative de la taille des pores. Le lien entre la présence de pores et les changements en termes de couleur et d'opacification sera détaillé dans la seconde partie du chapitre.

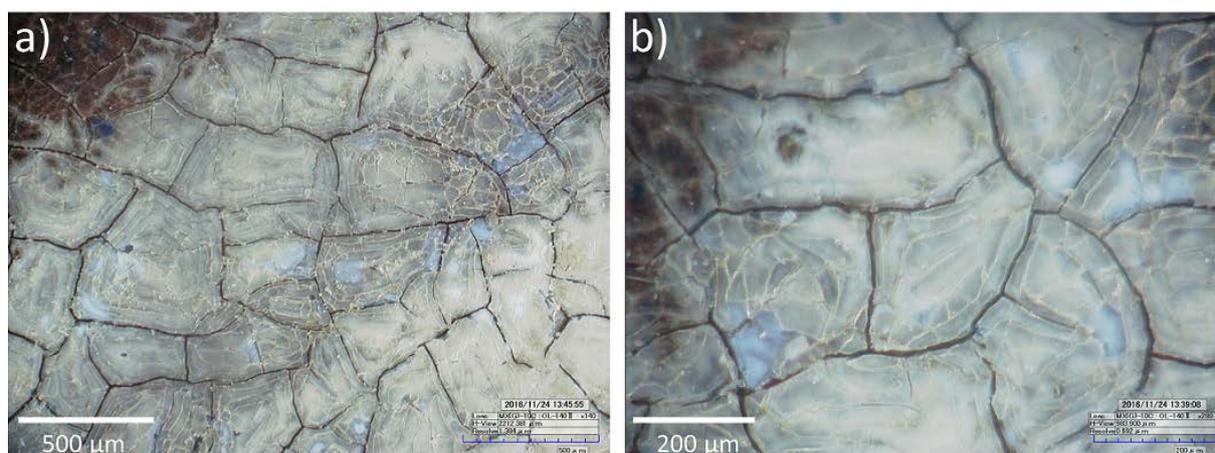


Figure 4-20 : Coexistence de bleuissement et de chancis sur le vernis. Frans Francken le Vieux (att. à), *Scène de la Passion ; Jésus insulté*, huile sur cuivre, n° inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis

1.2.2. Les chancis de couches picturales

Pour les chancis de couches picturales, la caractérisation à l'échelle micro et nanoscopique s'appuie sur l'analyse comparative d'échantillons altérés et non altérés prélevés au sein de mêmes pages de couleur sur des œuvres dévernies en cours de restauration. Dans un second temps, les résultats obtenus pour un échantillon-modèle partiellement chanci seront également exposés.

Comme pour les chancis de vernis, les observations par MEB-FEG révèlent que les couches picturales chancies sont poreuses (figure 4-21). La taille des pores est comprise entre 100 nm et 4 µm. Les pores ont une forme légèrement moins sphérique que pour les chancis de vernis due aux contraintes spatiales imposées par la présence des pigments.

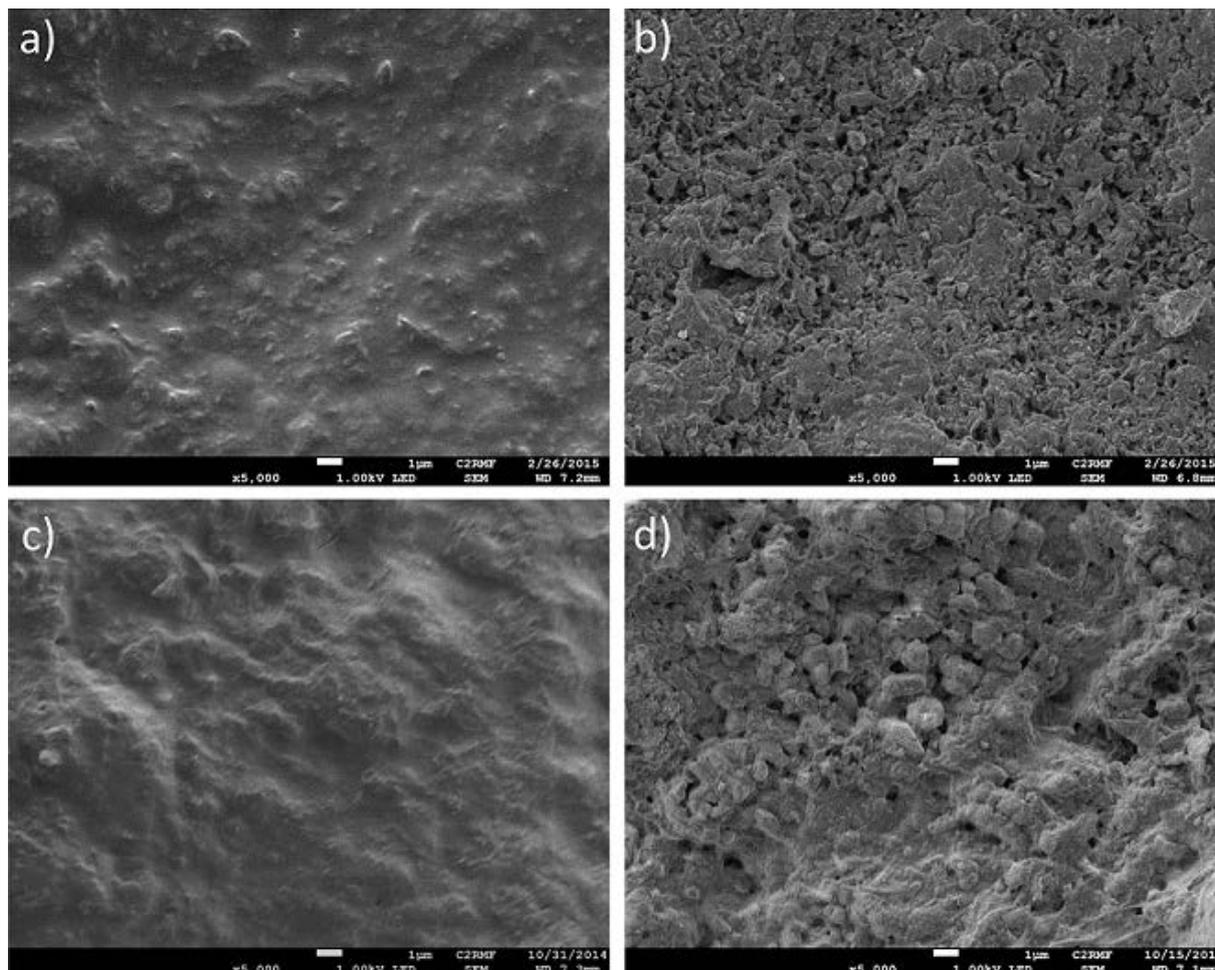


Figure 4-21 : Caractérisation microscopique et nanoscopique au MEB-FEG de couches picturales non chancie a) c) et chancie b) d) au même grandissement. Barre d'échelle : 1 µm. a) et b) Anonyme, *L'Aurore*, huile sur toile, n° inv. 8690, Musée du Louvre, prélèvements A et B; c) et d) Jean-Marc Nattier (atelier de), *Portrait de Louise-Marie de France, dite Madame Louise*, huile sur toile, n° inv. MV 4442, Musée National du château de Versailles et Trianon, prélèvements 1 et 2.

Concernant les systèmes modèles, seuls les résultats concernant l'échantillon chanci préparé avec de la terre verte, du carbonate de calcium et le liant de la recette 2 (série 2) puis placé en enceinte climatique seront exposés (figure 4-22) (cf. chapitre III §2.1.2 pour les proportions et les paramètres de l'enceinte). L'observation de la tranche du prélèvement révèle que l'altération est importante mais encore superficielle. La partie basse de la couche est vert foncé et les particules sont bien agglomérées dans le liant. En surface, la couche picturale est devenue plus claire et présente des pores de 500 nm à 4 µm. L'apparence à l'échelle macroscopique et microscopique de la couche chancie de cette éprouvette correspond parfaitement à celle observée sur des peintures anciennes chancies. Par ailleurs, il apparaît que la nature des pigments, du liant et l'ajout ou non de carbonate de calcium a une influence sur l'apparition de l'altération. Ce point sera développé dans le chapitre V.

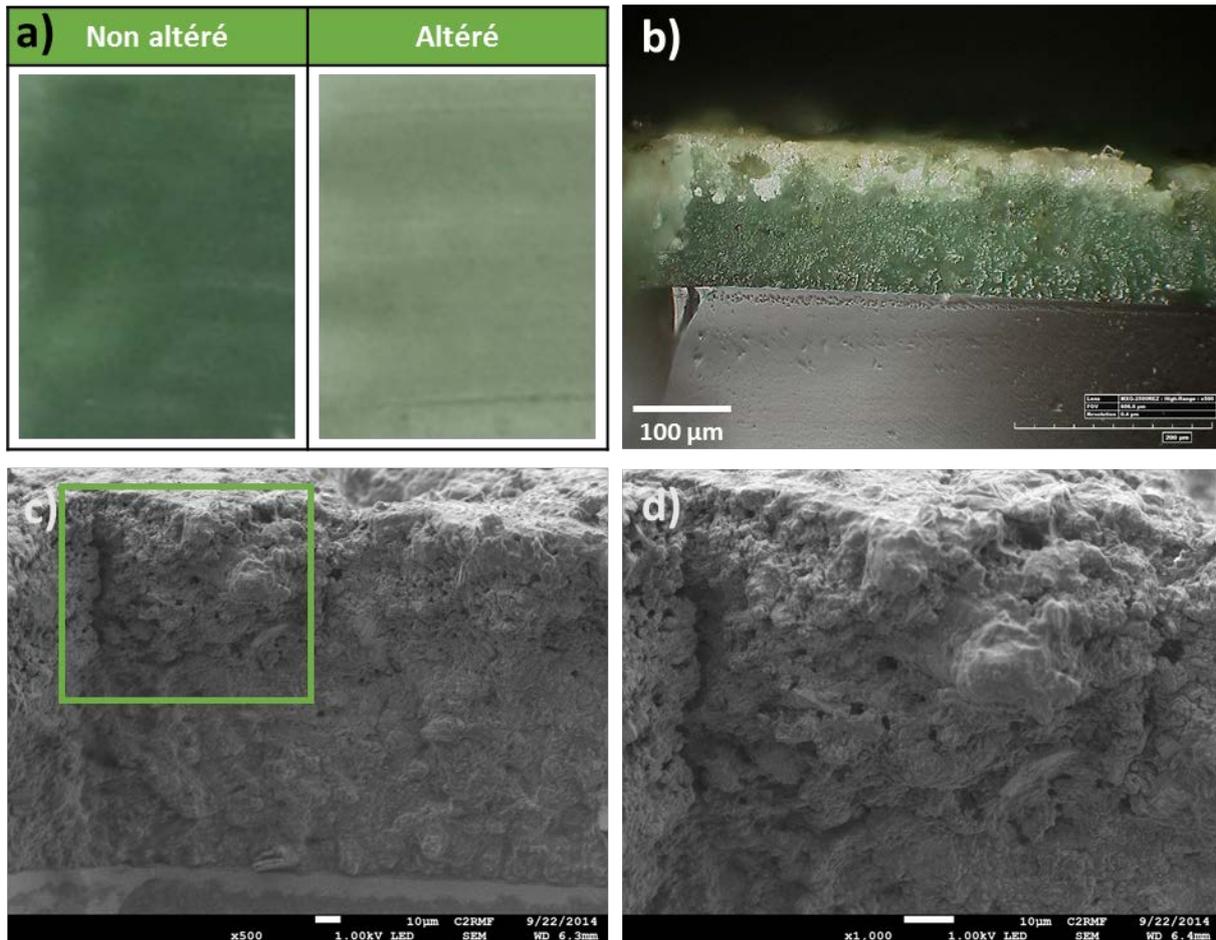
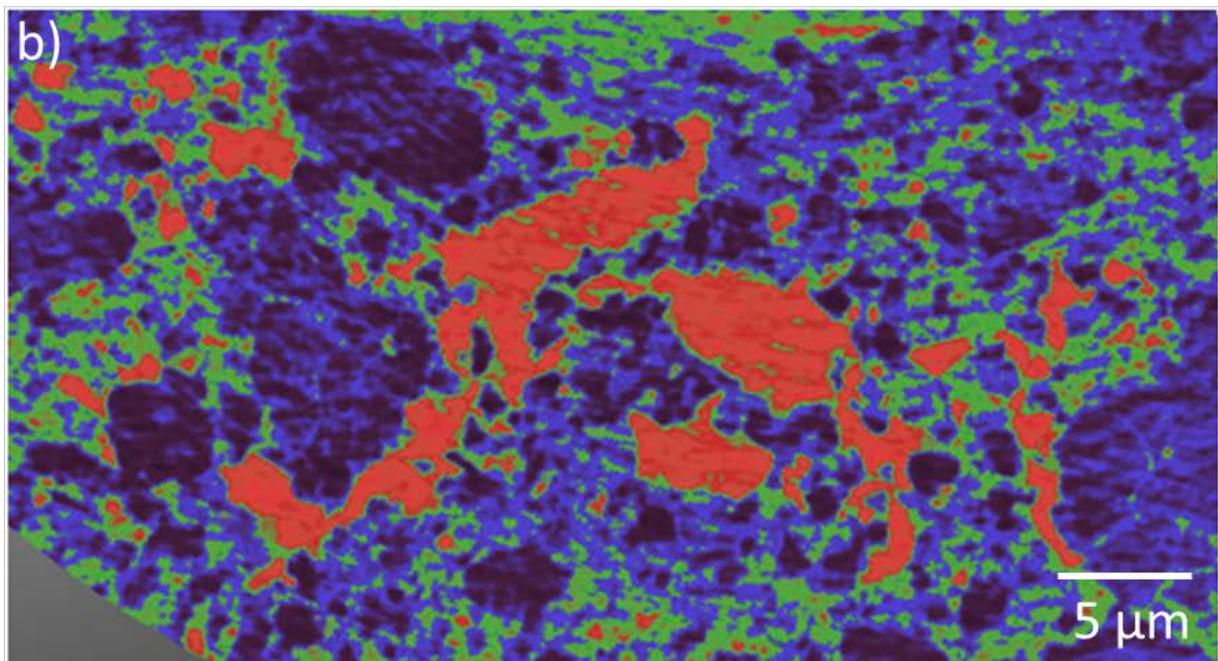
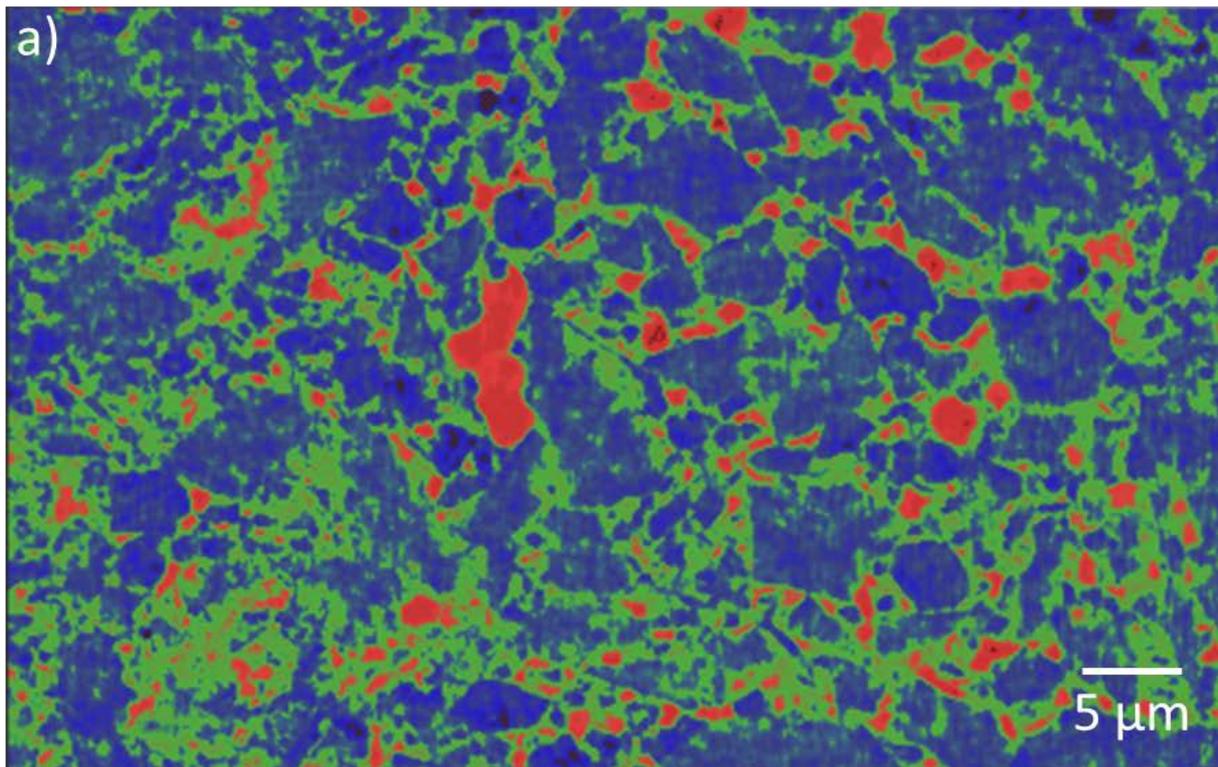


Figure 4-22 : a) Photographies des éprouvettes de terre verte non altérée et altérée préparées avec le liant de la seconde recette, avec ajout de carbonate de calcium ; b) Images par microscopie numérique 3D de la tranche de l'éprouvette altérée ; c) Image MEB-FEG de la tranche de l'éprouvette ; d) Détail de la partie altérée. Barres d'échelles des images MEB-FEG : 10 μm.

Les observations par MEB-FEG attestent la présence de pores dans les couches picturales chancies mais ne permettent pas de déterminer leur localisation dans la stratigraphie. S'agit-il d'une perte de cohésion entre le liant et les pigments ou d'une dégradation au sein du liant ? Autrement dit, les pores sont-ils accolés aux pigments ou localisés dans le liant ? Pour répondre à ces questions, une caractérisation tridimensionnelle des prélèvements a été effectuée par nanotomographie X à contraste de phase avec une résolution spatiale de 50 nm sur la ligne synchrotron ID16A de l'ESRF de Grenoble. Contrairement à la tomographie X en absorption, la tomographie en contraste de phase permet de distinguer des régions de densités électroniques faibles et surtout semblables (liant et pores) en présence de pigments de densités électroniques élevées. L'analyse des données par traitement d'image (figure 4-23) révèle que les pores (en rouge) sont localisés dans le liant (en vert).



● Pigments

● Liant

● Pores

Figure 4-23 : Détails de deux coupes transversales reconstituées après traitement d'image. a) Johannes van der Bent, *Paysages, figures et animaux*, prélèvement 2. b) Otto Marseus van Schrieck, *Chardons, écureuil, reptiles et insectes*, prélèvement 1. Les analyses par nanotomographie à contraste de phase mettent en évidence la présence de pores dans le liant organique.

La caractérisation des prélèvements par nanotomographie permet également d'accéder à l'arrangement tridimensionnel des pores. L'augmentation de la transparence des pigments et du liant par traitement d'image, permet d'imager un volume et non plus une coupe. D'après les analyses effectuées avec une résolution de 50 nm, les pores semblent fermés, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas directement reliés à la surface de la peinture et qu'ils ne sont pas ou peu interconnectés (figure 4-24). Les couches picturales sont des matériaux perméables, néanmoins le fait que les pores soient fermés est un élément important à prendre en compte pour la restauration des œuvres chancées. En effet, la pénétration du produit pourra s'effectuer grâce à la perméabilité de la couche mais ne pourra pas être accentuée par des phénomènes de capillarité.

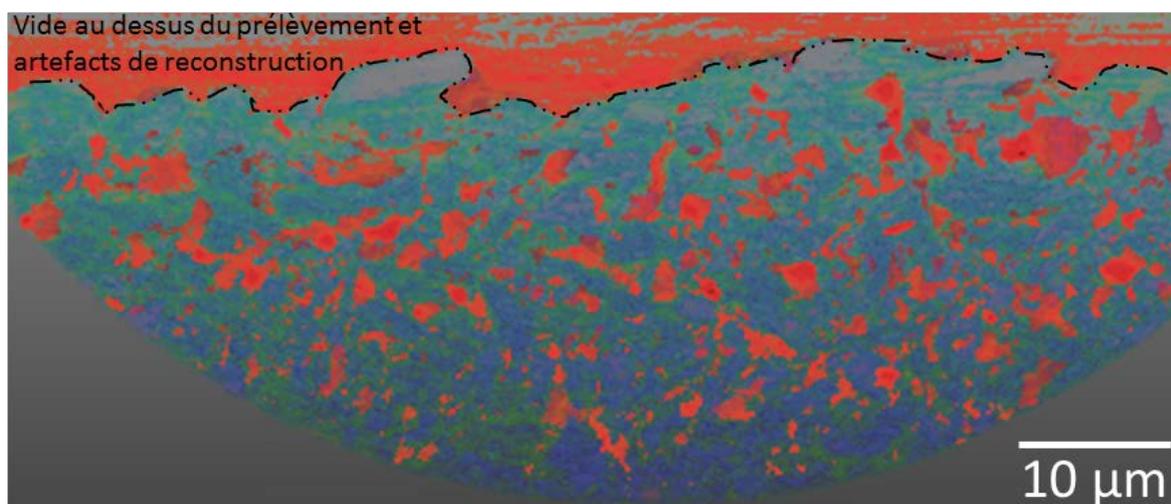


Figure 4-24 : Volume correspondant à une épaisseur de 2.5 μm (50 coupes transversales) reconstitué, après traitement d'image du prélèvement présenté figure 4-23a.

La caractérisation à l'échelle microscopique et nanoscopique met en évidence comme pour les chancis de vernis, la présence de pores dans les zones altérées. Les analyses complémentaires effectuées par nanotomographie démontrent que les pores sont localisés dans le liant. Les chancis de couches picturales sont donc, comme les chancis de vernis, induits par une altération de la matière organique. La caractérisation multi-échelle de l'altération soulève deux questions majeures qui seront discutées respectivement dans la seconde partie du présent chapitre et dans le chapitre V :

1/ quel est le lien entre la présence de pores à l'échelle microscopique et l'apparence visuelle des vernis et des couches picturales altérées à l'échelle macroscopique ?

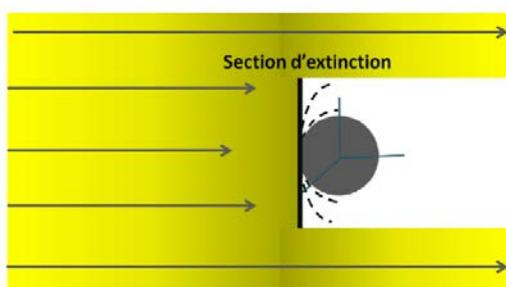
2/ quels sont les phénomènes physico-chimiques impactant la matière organique à l'origine de l'apparition des pores ?

2. Les chancis : un phénomène optique

La caractérisation à l'échelle macroscopique des chancis de vernis et de couche picturale met en évidence une modification de l'apparence visuelle des couches altérées (couleur et transparence). D'après K. Nassau, la couleur des matériaux peut être induite par 15 mécanismes distincts, regroupés en 5 sous-catégories : excitations simples, effets du champ cristallin, transitions entre orbitales moléculaires ou bandes d'énergie et optique géométrique et physique (Nassau 2001). Nous nous intéresserons dans ce manuscrit, uniquement aux couleurs d'origine physique et plus précisément à la diffusion. Un rappel succinct des théories de diffusion de la lumière est présenté dans la partie suivante. Il s'appuie notamment sur la lecture de plusieurs thèses et d'ouvrages (Callet 1998, Simonot 2002, Dupuis 2004, Elias et Lafait 2006, Magnain 2009, Jarrige 2012)

2.1. Rappels sur les théories de diffusion de la lumière

Le processus de diffusion est induit par la présence d'une particule ayant un indice de réfraction différent de celui du milieu environnant. Les particules peuvent être considérées comme des discontinuités optiques sur le trajet de l'onde incidente et sont appelées centres de diffusion ou diffuseurs. La lumière incidente et la particule interagissent sur une surface nommée section efficace d'extinction C_{ext} qui représente la surface de la lumière incidente perdue en raison de l'absorption et de la diffusion (figure 4-25)



$$C_{ext} = C_{sca} + C_{abs} \quad (1)$$

avec C_{sca} la section efficace de diffusion et C_{abs} la section efficace d'absorption

Figure 4- 25 : Schéma de l'extinction du faisceau incident par une particule sphérique (Jarrige 2012)

Soit une particule sphérique de rayon α et d'indice optique complexe \tilde{n}_{inc} (inclusion) dans un milieu d'indice \tilde{n}_{mil} . Les sections efficaces d'absorption et de diffusion dépendent du paramètre de taille $x = q\alpha$ où le vecteur d'onde q est défini par $q = \frac{2\pi\tilde{n}_{mil}}{\lambda}$ et du rapport des

indices $m = \frac{\tilde{n}_{inc}}{n_{mil}}$. Les sections efficaces sont donc dépendantes des caractéristiques de la particule (taille et indice optique complexe) et du milieu environnant.

Le facteur d'efficacité Q est le rapport entre la section efficace et la section géométrique de l'inclusion. Dans le cas d'une particule sphérique de rayon a , $Q = \frac{C_{ext}}{\pi a^2}$.

La fonction de phase de diffusion $p(\vec{u}, \vec{u}_i)$ est la probabilité qu'une particule lumineuse provenant d'une direction \vec{u}_i soit diffusée dans la direction \vec{u} . Elle correspond à la distribution angulaire de la lumière diffusée et dépend fortement de la taille de la particule :

- Si le rayon est grand devant la longueur d'onde, la diffusion est anisotrope vers l'avant. Elle est de plus, indépendante de la longueur d'onde (couleur blanche). L'intensité diffusée est proportionnelle à la différence d'indice entre la particule et le milieu. Plus la différence est grande, plus le blanc de la couche sera éclatant. Il s'agit de la diffusion de Mie (Mie 1908).
- Si le rayon est petit devant la longueur d'onde (inférieur à 50 nm), la diffusion tend à être isotrope. Dans ce cas, le facteur d'efficacité de diffusion Q_{sca} autrement dit l'intensité diffusée est proportionnel à λ^{-4} . Il s'agit de la diffusion de Rayleigh, cas particulier de la diffusion de Mie (Strutt 1871).

Lorsque la diffusion est induite par un ensemble de particules, on parle de milieu diffusant et de diffusion multiple. La lumière diffusée par une particule peut alors être à nouveau diffusée ou absorbée par une autre particule. Deux types de diffusion peuvent être distingués :

- le régime de diffusion multiple cohérente, si les particules sont proches les unes des autres et qu'il existe une relation de phase entre les champs diffusés.
- le régime de diffusion multiple incohérente, si au contraire les particules sont suffisamment éloignées les unes des autres. Il est alors possible d'additionner les intensités diffusées et si les particules sont sphériques, la diffusion de la lumière peut être simulée en résolvant l'équation de transfert radiatif (ETR) obtenue en effectuant un bilan des flux à l'intérieur du milieu (cf § 2.3).

2.2. Explication de l'apparence visuelle des couches altérées

La visualisation de porosités dans les vernis et les couches picturales chancis est une avancée majeure pour la compréhension de l'altération. En effet, les porosités peuvent être assimilées à des particules sphériques et les théories de diffusion de la lumière de Rayleigh et de Mie pourraient permettre d'expliquer l'apparence visuelle des vernis altérés.

2.2.1. Cas des chancis de vernis

Pour les chancis de vernis, la différence d'indice de réfraction entre le vernis ($n = 1.53-1.55$) et les pores probablement remplis d'air ($n = 1$) induit une forte diffusion de la lumière dans les couches altérées.

Pour des tailles de pores inférieures à 100 nm, selon la théorie de Rayleigh, l'intensité de la radiation diffusée est proportionnelle à λ^{-4} . Il en résulte que les courtes longueurs d'onde (bleu) sont seize fois plus rétrodiffusées que les longueurs d'onde plus grandes (rouge). De plus, comme les radiations bleues sont diffusées par les particules, seules les radiations rouges seront transmises (figure 4-26).

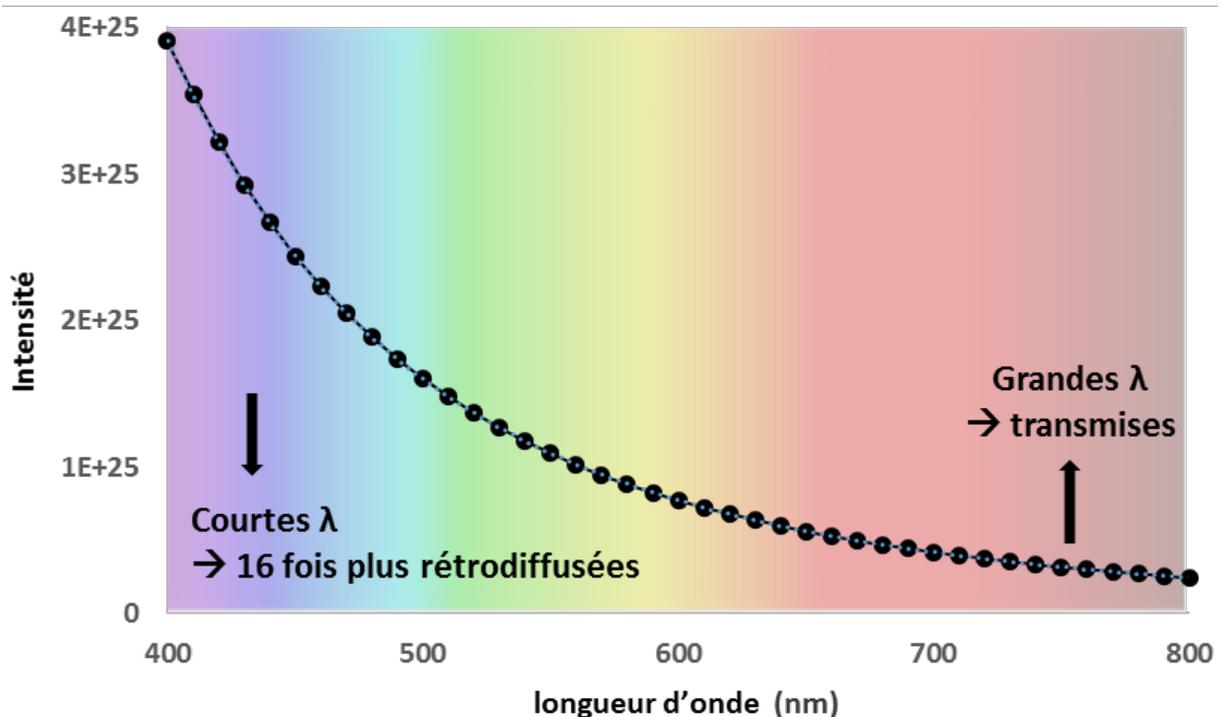


Figure 4-26 : Intensité diffusée en fonction de la longueur d'onde selon la théorie de Rayleigh

Ainsi, selon la théorie de diffusion de Rayleigh, un vernis dont la taille des pores est principalement comprise entre 40 et 50 nm, comme le vernis T1.5 (figure 4-17 et 4-18), devrait apparaître bleu en réflexion et rouge en transmission. Les couleurs observées expérimentalement en lumière réfléchie et transmises correspondent parfaitement à la théorie (figure 4-27).

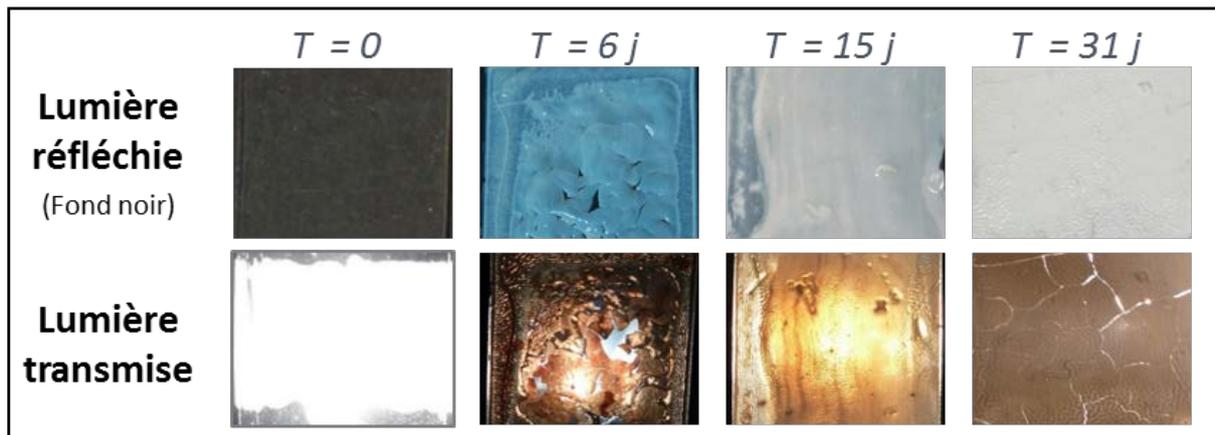


Figure 4- 27 : Photographies en lumière réfléchie (sur fond noir) et transmise d'une couche de vernis mastic Sennelier à différents stades d'altération.

Pour des tailles de pores supérieures à 100 nm, selon la théorie de Mie, la diffusion est indépendante de la longueur d'onde. Par conséquent toutes les longueurs d'onde seront rétrodiffusées et l'échantillon apparaîtra blanc en lumière réfléchie. Dans l'échantillon T31, les pores de taille supérieure à 100 nm, induisent une diffusion très importante de la lumière qui n'est quasiment pas transmise (figure 4-18 et 4-27).

Comme la taille des porosités augmente avec le temps d'immersion, l'aspect de l'échantillon suit la théorie de Rayleigh au début de la formation des porosités jusqu'à une taille d'environ 100 nm (couleur bleue) puis la théorie de Mie (couleur blanche). Cependant, la distribution de taille est importante et des pores de taille inférieure et supérieure à 100 nm peuvent coexister durant le processus d'altération, ce qui explique pourquoi certains échantillons apparaissent bleu clair ou présentent une coexistence de zones bleues et blanches (diffusion de Rayleigh et de Mie) (figure 4-20 et 4-27). Par ailleurs, l'observation à fort grossissement de la surface de couches de vernis chancies confirme le caractère diffusant de celles-ci (figure 4-28).

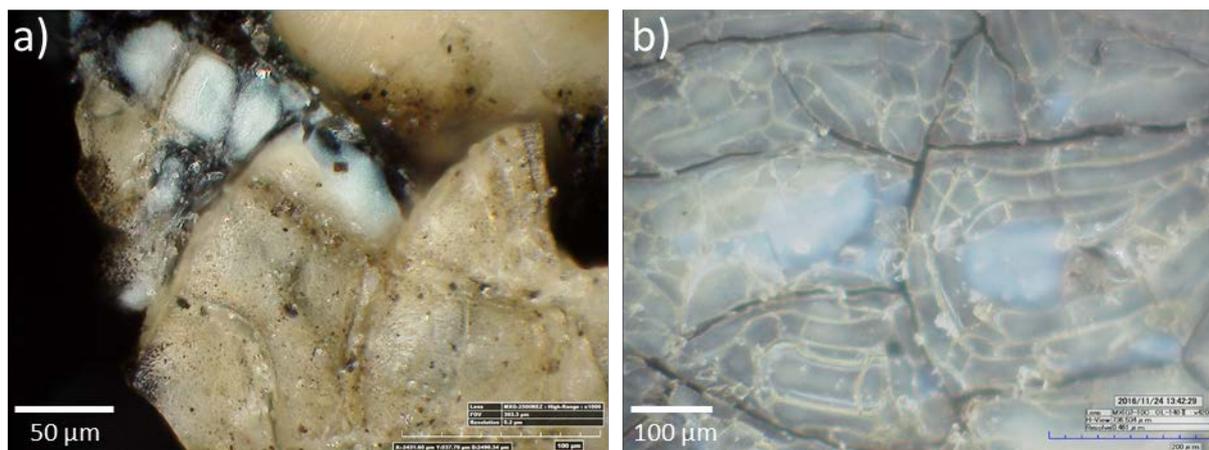


Figure 4-28 : Coexistence des diffusions Rayleigh et Mie au sein d'une même couche de vernis chancie. Images au microscope numérique 3D. a) Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, huile sur toile, n° inv. MP récol.90.2.83, Musée des Beaux-Arts d'Amiens b) Frans Francken le Vieux (att. à), *Scène de la Passion ; Jésus insulté*, huile sur cuivre, n° inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis

Enfin, l'augmentation de la taille des pores peut entraîner un phénomène d'interconnexion. La proportion de matière organique (vernis) peut alors devenir trop faible pour assurer la cohésion de la couche et entraîner de possibles clivages entre le vernis et la couche picturale. Ce stade ultime d'altération a été observé à l'échelle macroscopique dans les parties les plus altérées de la peinture de Louis Crignier (figure 4-2).

2.2.2. Cas des chancis de couches picturales

Pour les chancis de couches picturales, la taille des pores est supérieure à 100 nm. Par conséquent, comme pour les chancis de vernis, la diffusion de la lumière par ces derniers induit selon la théorie de Mie un blanchiment de la matière à l'échelle macroscopique. En revanche, comme les couches picturales contiennent des pigments, le léger bleuissement du liant induit par la présence de pores de 20 à 100 nm (diffusion Rayleigh) observé pour les vernis, n'est généralement pas perceptible. Le bleuissement n'est pas assez intense pour entraîner un changement de couleur à l'échelle macroscopique.

2.3. Modélisation de la diffusion de la lumière dans des couches poreuses

L'objectif de cette partie est de démontrer par simulations que la modification de l'apparence visuelle peut être expliquée par les théories de diffusion de la lumière (Rayleigh ou Mie selon la taille des pores de la couche considérée). La résolution de l'équation de transfert radiatif par le modèle 4-flux a été utilisée afin de simuler la réflectance (collimatée et diffuse)

et la transmittance (collimatée et diffuse) pour une couche donnée. Après une présentation de la méthodologie, nous exposerons les résultats obtenus pour les modélisations de diffusion dans des couches de vernis puis dans des couches picturales à l'huile. L'influence sur la couleur et la transparence de la modification des paramètres suivants a été étudiée : taille des pores, distribution de taille, concentration en pores et épaisseur de la couche altérée.

2.3.1. Méthodologie employée pour la modélisation

2.3.1.1. Résolution de l'équation de transfert radiatif (ETR) par le modèle 4-flux

Dans une peinture, la diffusion multiple prédomine puisque la densité pigmentaire est telle que la lumière incidente interagit avec plus d'une particule avant de quitter la couche. L'équation de transfert radiatif (ETR) a été décrite par Subrahmanyan Chandrasekhar pour tout type de radiation à condition que la répartition spatiale des centres diffuseurs soit aléatoire et que ceux-ci soient présents en faible concentration (Chandrasekhar 1960). Pour une peinture, la diffusion multiple peut être modélisée en résolvant l'ETR puisque les conditions sont satisfaites. En effet, la matrice (liant ou vernis) a une concentration relativement faible d'inclusions (pores et pigments), distribuées aléatoirement, ce qui garantit une diffusion multiple incohérente. D'après la caractérisation à l'échelle microscopique présentée dans la partie précédente, les pores peuvent être assimilés à des particules sphériques. Les pigments quant à eux, ne sont pas parfaitement sphériques. Cependant, puisqu'ils ne sont pas déformés dans une direction et que la lumière agit sur un grand nombre d'entre eux, ils n'induisent pas de diffusion multiple cohérente. Il est donc concevable de les modéliser par des particules sphériques.

D'après l'ETR, lorsque la lumière traverse une couche d'épaisseur dz , elle perd de l'énergie en raison de l'absorption, alors que la diffusion redistribue de l'énergie, ce qui induit à la fois des pertes et des gains. L'ETR a été extensivement étudiée. De nombreuses solutions ont été proposées principalement en discrétisant la distribution angulaire en N angles solides (Mudgett et Richards 1971). Pour $N = 2$, l'ETR a des solutions analytiques, connues comme les formules de Kubelka-Munk (Kubelka et Munk 1931, Kubelka 1948). Les modélisations exposées dans la suite du chapitre ont été obtenues en utilisant le modèle 4-flux proposé par Maheu *et al.* (Maheu *et al.* 1984), avec le formalisme matriciel décrit par Rozé *et al.* (Rozé *et al.* 2001). L'approche 4-flux permet la modélisation d'une lumière incidente collimatée, ce qui permet de modéliser au mieux la diffusion de la lumière et de comparer avec les mesures

spectrophotométriques effectuées avec une sphère intégrante. La lumière est modélisée comme étant constituée de 4 composantes se propageant à travers la couche : deux flux collimatés, I vers l'avant et J vers l'arrière et deux flux diffus semi-isotropiques, i vers l'avant et j vers l'arrière (figure 4-29).

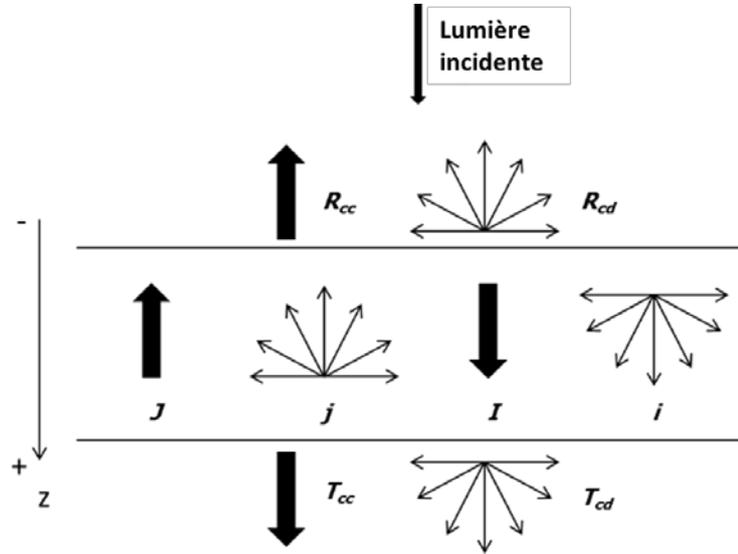


Figure 4-29 : Représentation schématique du modèle 4-flux : deux flux collimatés (J et I) et deux flux diffus (j et i) traversent une couche éclairée par un rayonnement incident collimaté. Le modèle 4 flux calcule la réflectance collimatée-collimatée R_{cc} , la réflectance collimatée-diffuse R_{cd} , la transmittance collimatée-collimatée T_{cc} et la transmittance collimatée-diffuse, T_{cd} .

En écrivant la balance entre les flux absorbés et diffusés, le modèle 4-flux permet d'obtenir un système de quatre équations différentielles (1 – 4) :

$$\frac{dj}{dz} = \zeta s I + (1 - \zeta) s J - \epsilon k i - \epsilon(1 - \zeta) s i + \epsilon(1 - \zeta) s j \quad (1) \quad ; \quad \frac{dJ}{dz} = (k + s) J \quad (3)$$

$$\frac{di}{dz} = -(1 - \zeta) s I - \zeta s J + \epsilon(1 - \zeta) s j - \epsilon(1 - \zeta) s i + \epsilon k j \quad (2) \quad ; \quad \frac{dI}{dz} = -(k + s) I \quad (4)$$

$s = \rho C_{sca}$ et $k = \rho C_{abs}$ sont respectivement les coefficients de diffusion et d'absorption de la couche dans laquelle ρ est le nombre de particules par unité de volume. ζ est le taux de diffusion vers l'avant (rapport entre l'énergie diffusée par une particule vers l'avant et l'énergie totale diffusée) et $(1-\zeta)$ le taux de diffusion vers l'arrière. Le paramètre ϵ qui représente la distance moyenne parcourue par le flux diffusé a été introduit par Maheu *et al.* (Maheu *et al.* 1984). ϵ est tel que pour un flux traversant une épaisseur dz , la distance moyenne parcourue par le flux diffus est ϵdz . ϵ est égale à 1 pour un flux collimaté et 2 pour un flux diffus. $\epsilon \zeta s$ et $\epsilon(1 -$

ζ_s sont respectivement les coefficients de diffusion vers l'avant et vers l'arrière pour un flux diffus. εk est le coefficient d'absorption pour un flux diffus.

Le système ci-dessus peut s'écrire sous la forme matricielle $\frac{d\bar{I}}{dz} = \bar{A}\bar{I}$ avec \bar{I} le vecteur $[I, J, i, j]^T$ et être résolu en utilisant les conditions aux limites. Les formules qui en résultent permettent de calculer la réflectance collimatée-collimatée R_{cc} , la réflectance collimatée-diffuse R_{cd} , la transmittance collimatée-collimatée T_{cc} et la transmittance collimatée-diffuse T_{cd} (Rozé *et al.* 2001) (figure 4-29).

2.3.1.2. Approche méthodologique pour la modélisation

Pour chaque longueur d'onde comprise entre 380 et 780 nm, un programme développé en langage C utilisant les matrices 4-flux calcule les sections efficaces d'absorption (C_{abs}) et de diffusion (C_{sca}). Il permet ensuite de déterminer R_{cc} , R_{cd} , T_{cc} et T_{cd} , pour un éclairage supposé spéculaire/collimaté. Les couches de vernis et les couches picturales poreuses ont été modélisées en utilisant respectivement un type d'inclusion (pores) et deux types d'inclusion (pigments et pores).

De nombreux paramètres nécessaires aux simulations ont été déterminés à partir des échantillons modèles présentés au chapitre III. La couche est supposée semi-infinie (pour éviter les effets de bords) mais avec une épaisseur finie (selon la direction z). L'épaisseur moyenne a été obtenue par des mesures de profils 3D avec le microscope numérique HIROX 8700. La taille et la concentration des inclusions (pores et pigments) ont été estimées à partir des images FEG-SEM avec le logiciel ImageJ. Les modélisations ont été effectuées en postulant que les pores sont remplis d'air (indice de réfraction $n=1$ et coefficient d'absorption $k=0$), ce qui est hautement probable mais n'a pas pu être confirmé. Les indices de réfraction et les coefficients d'absorption n et k des liants et des vernis (figure 4-30) ont été calculés respectivement à partir des spectres de réflectance et de transmittance diffuses R_{cd} et T_{cd} , collectés par un spectrophotomètre visible, couplé à une sphère intégrante (CARY 500, Agilent) sur les échantillons modèles en prenant en compte dans la formule l'indice de réfraction du verre (support des échantillons modèles) (Hébert *et al.* 2015). Les indices de réfraction et les coefficients d'absorption des pigments n et k (figure 4-30) ont été déterminés avec la même méthodologie en utilisant les échantillons modèles de couches picturales. Ils correspondent donc en toute rigueur à des indices de peintures (pigment + liant) et non à des indices de pigments. Néanmoins, puisque les indices des pigments prédominent sur ceux des liants,

l'utilisation des indices déterminés selon cette méthodologie n'est pas aberrante. La rugosité des échantillons modèles entraîne une surestimation de la réflectance mesurée qui a été corrigée pour les calculs des indices d'un facteur 0.85 pour la terre d'ombre et 0.65 pour la terre verte.

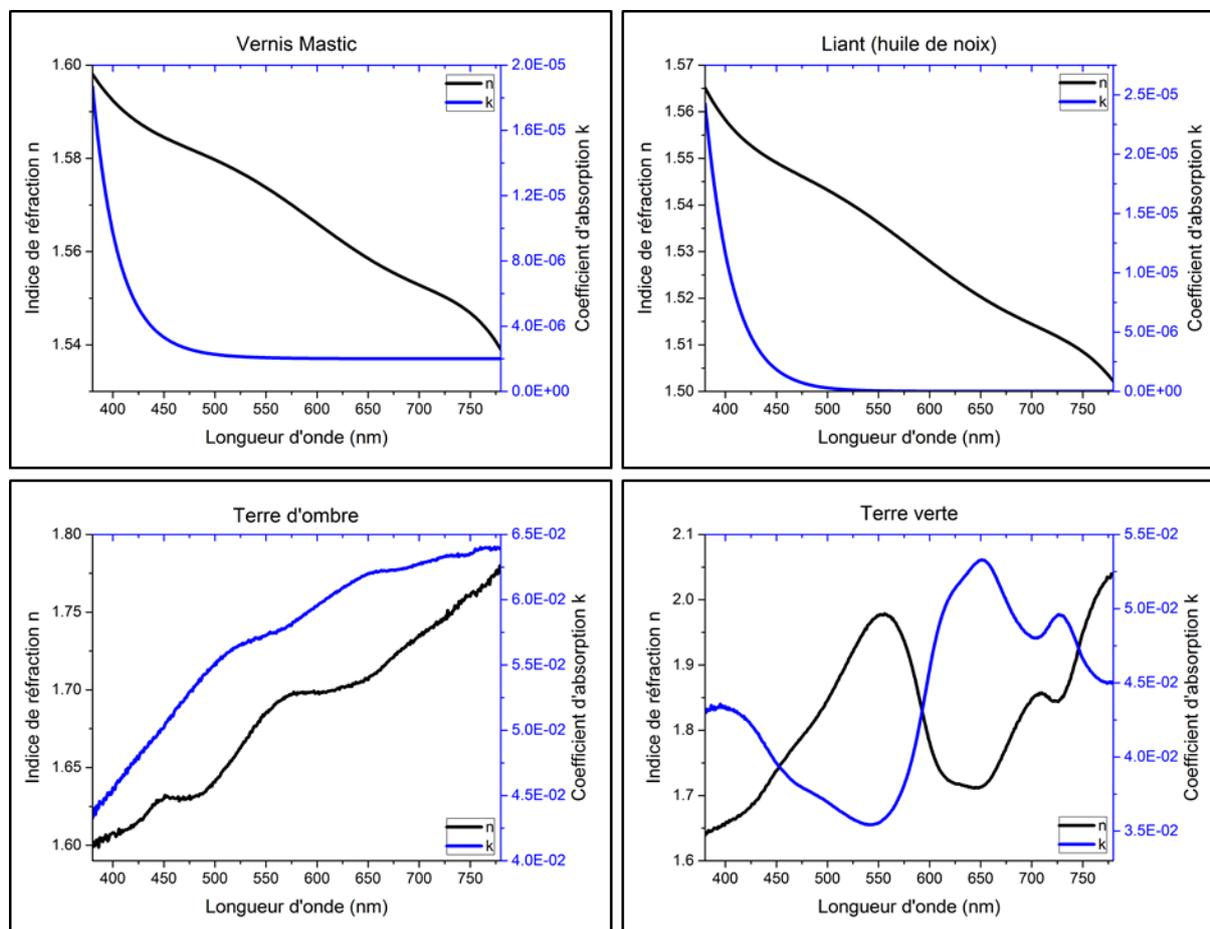


Figure 4-30 : Parties réelle (n) et imaginaire (k) de l'indice optique complexe du vernis mastic, de l'huile de noix, de la terre d'ombre et de la terre verte en fonction de la longueur d'onde.

2.3.1.3. Détermination des paramètres colorimétriques CIE $L^*a^*b^*$

Les coordonnées colorimétriques ont été calculées à partir des spectres de réflectance (380-780 nm) en utilisant la convention internationale CIELAB avec l'illuminant standard E et l'observateur standard 2° (CIE 1986, ASTM 2000). Pour rappel, dans l'espace colorimétrique CIELAB (ou CIE $L^*a^*b^*$), L^* représente la clarté du noir ($L^*=0$) au blanc ($L^*=100$) et a^* et b^* correspondent à la chrominance et décrivent la couleur : a^* du vert ($a^*<0$) au rouge ($a^*>0$) et b^* du bleu ($b^*<0$) au jaune ($b^*>0$). Cela nous permet de déterminer la couleur des couches simulées et par conséquent de mettre en évidence l'influence des paramètres sélectionnés sur l'apparence visuelle des peintures.

2.3.2. Modélisations de la diffusion de la lumière dans des couches de vernis

2.3.2.1. Impact de la taille des pores

Une couche de vernis avec une taille de pores comprise entre 0 et 500 nm a été modélisée pour mettre en évidence l'influence de la taille des pores sur la réflectance et par conséquent l'apparence visuelle mais aussi sur la transmittance (figure 4-31). La concentration en pores a été fixée à 30 % et l'épaisseur de la couche altérée à 40 μm .

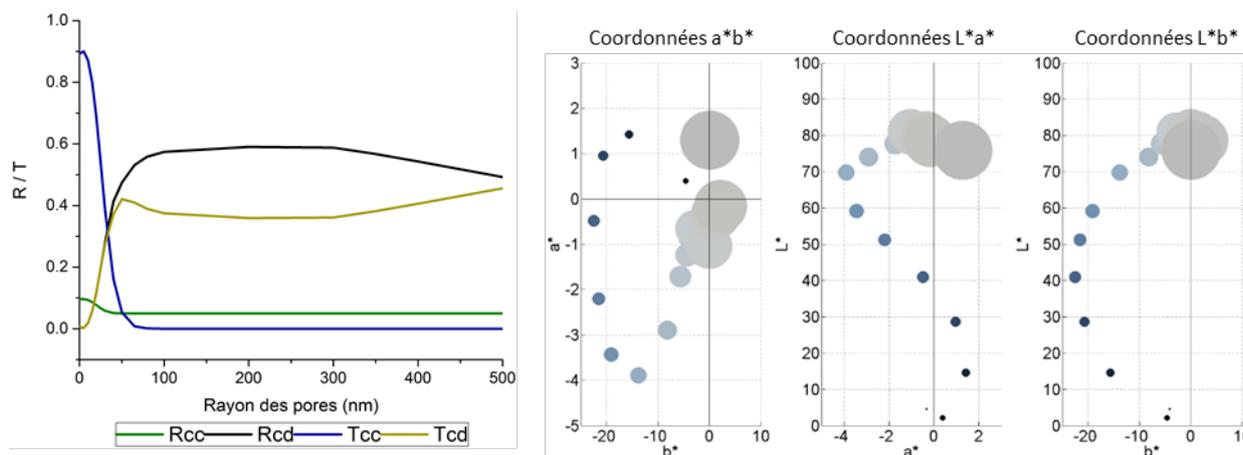


Figure 4-31 : Réflectance collimatée R_{cc} , réflectance diffuse R_{cd} , transmittance collimatée T_{cc} et transmittance diffuse T_{cd} et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction du rayon des pores pour une longueur d'onde de 550 nm, une concentration en pores de 30 % et une épaisseur de 40 μm . La taille des points est proportionnelle aux rayons des pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée.

Trois zones peuvent être distinguées : la première entre 0 et 50 nm correspond à la diffusion de Rayleigh, ensuite entre 50 nm et 500 nm à la diffusion de Mie. La légère discontinuité observée à 50 nm est liée au paramètre ε (distance moyenne parcourue par le flux diffus), qui est égal à 1 pour la diffusion de Rayleigh et 2 pour la diffusion de Mie. Pour des rayons inférieurs à 50 nm, la réflectance diffuse R_{cd} , augmente et la transmission collimatée T_{cc} diminue significativement, ce qui entraîne respectivement une plus grande clarté et une plus grande opacité. Pour un rayon de 50 à 300 nm, la couche est complètement opaque et devient de plus en plus blanche. Ensuite, pour un rayon supérieur à 300 nm, la réflectance diffuse diminue au bénéfice de la transmission diffuse, ce qui induit un léger assombrissement de la couche (la taille des pores est si importante que la lumière est diffusée vers l'avant).

Les coordonnées $L^*a^*b^*$ calculées pour chaque rayon sont reportées également sur la figure 4-31. La couleur est presque noire pour les premières modélisations, puisque le calcul des $L^*a^*b^*$ est effectué à partir de la lumière réfléchie et ne prend pas en compte la transmission simulée. L'axe de clarté, L^* , doit par conséquent plutôt être considéré comme un axe d'opacité et les couches simulées sont premièrement transparentes et incolores, puis translucides et légèrement bleues et pour finir opaques et blanches.

2.3.2.2. Impact de la distribution de taille des pores

Les images FEG-SEM des couches de vernis chancies présentées dans la partie précédente révèlent une distribution de tailles de pores importante au sein des couches altérées. La distribution de tailles des pores a été modélisée en utilisant une distribution gaussienne autour de la valeur moyenne, divisée en de nombreuses bandes et pondérée. Les coefficients de diffusion et d'absorption (k et s) ont été calculés pour chaque taille et la valeur moyenne pondérée a été utilisée pour calculer les matrices 4-flux. De nombreuses simulations ont été effectuées en variant l'écart-type de la distribution. Il apparaît que l'impact de la distribution de taille est insignifiant autant sur la couleur que sur l'opacité de la couche. Par conséquent, aucune dispersion de la taille des pores n'a été utilisée dans les modélisations suivantes.

2.3.2.3. Impact de la concentration en pores et de l'épaisseur de la couche

L'impact de la concentration en pores a été étudié pour deux rayons de pores : 25 nm (Rayleigh) et 250 nm (Mie) pour une épaisseur de 40 μm (figure 4-32). Dans les deux cas, lorsque la concentration en pores est faible (5 %), la transmission directe est de 90 % et la diffusion est presque inexistante. Pour un rayon de 25 nm, la transmission collimatée T_{cc} , diminue progressivement. En revanche, pour un rayon de 250 nm, la transmission collimatée diminue rapidement et même pour des faibles concentrations en pores, le vernis va être opaque. Pour les deux rayons, la réflexion diffuse R_{cd} augmente avec la concentration et les vernis poreux deviennent plus opaques et légèrement plus bleus ou significativement plus blancs, selon la taille de pore considérée.

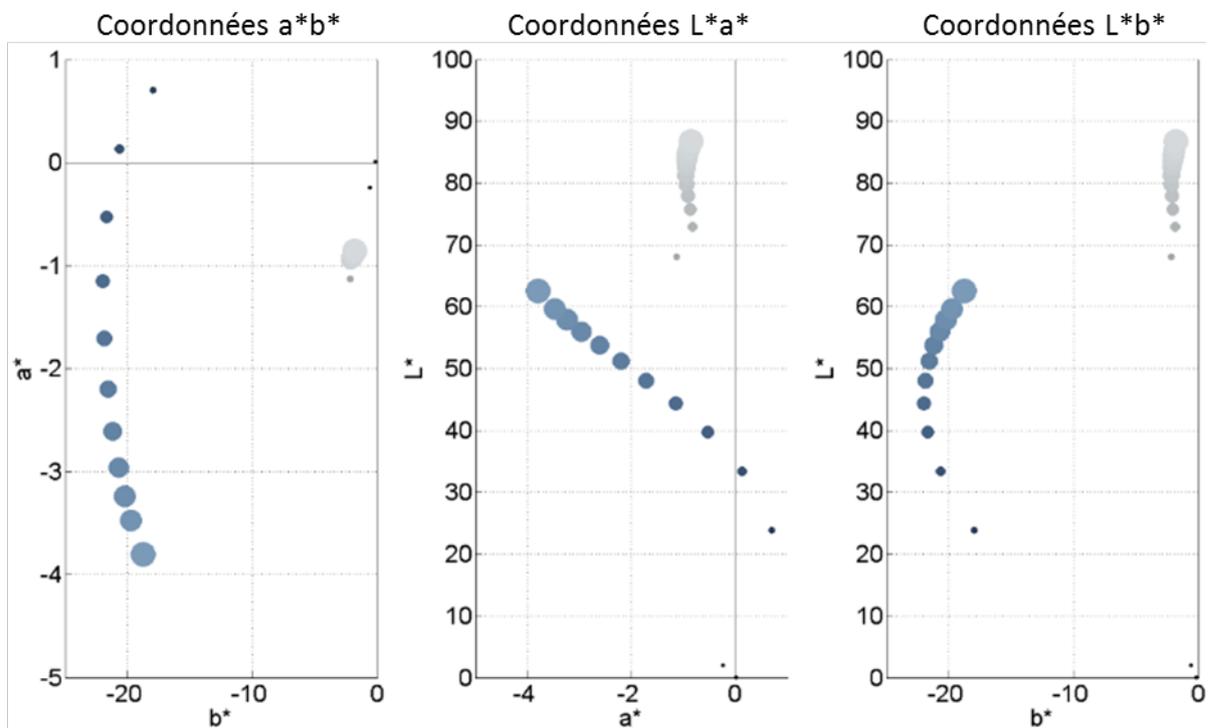
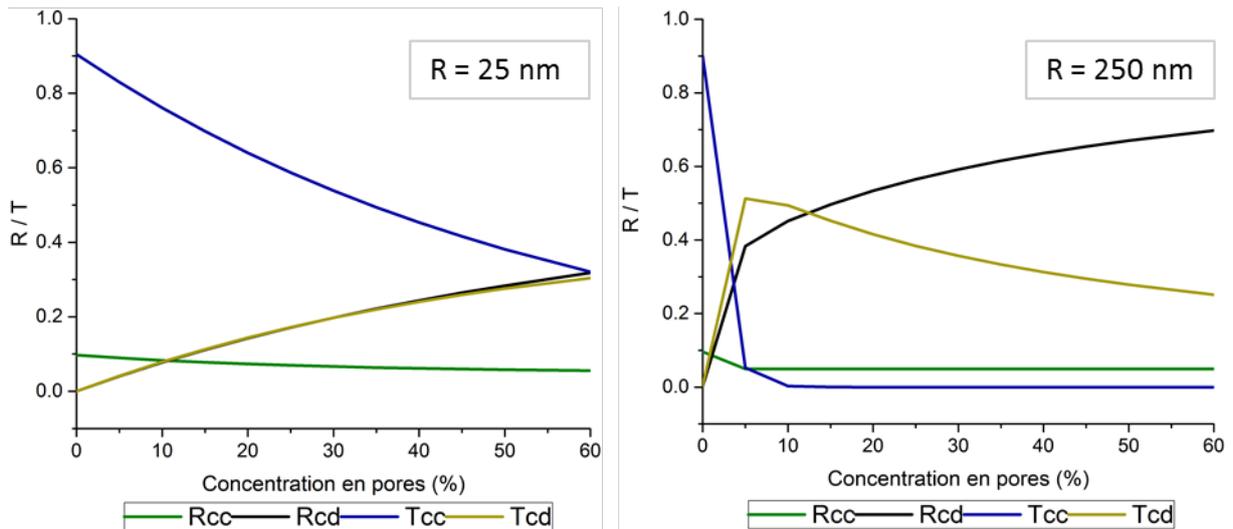


Figure 4-32 : Réflectance collimatée R_{cc} , réflectance diffuse R_{cd} , transmittance collimatée T_{cc} et transmittance diffuse T_{cd} et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction de la concentration en pores pour deux rayons (25 et 250 nm), une longueur d'onde de 550 nm et une épaisseur de 40 μm . La taille des points est proportionnelle à la concentration en pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée (bleu pour les pores de 25 nm et gris pour les pores de 250 nm).

Concernant l'impact de l'épaisseur de la couche altérée modélisée entre 5 et 40 μm avec une concentration en pores de 30 % et également pour deux rayons (25 et 250 nm), les mêmes conclusions peuvent être faites : une augmentation de la réflexion diffuse et une diminution de la transmission collimatée, ce qui se traduit visuellement par une couche plus bleue ou plus blanche et plus opaque.

2.3.2.4. Conclusion pour les couches de vernis

La taille des pores a une influence importante sur la couleur de la couche et dans une moindre mesure sur son opacité. Quand la taille des pores augmente, le vernis initialement incolore et transparent devient tout d'abord légèrement bleuté et translucide puis de plus en plus blanc et opaque. Les couleurs simulées sont en accord avec celles observées sur les échantillons modèles (figure 4-27) en lumière transmise et réfléchiée pour une taille de pores donnée. Les simulations ont ainsi permis de corroborer que la couleur des vernis altérés poreux est due à la diffusion de la lumière. La diffusion Rayleigh (rayons des pores inférieurs à 50 nm) induit un bleuissement et la diffusion Mie (rayons des pores supérieurs à 50 nm) un blanchiment de la couche. Contrairement à la taille des pores, l'augmentation de la concentration en pores ou de l'épaisseur, affecte l'opacité (plus opaque) mais pas la couleur. La distribution de taille de pores n'a pas d'effet significatif sur la couleur et l'opacité.

2.3.3. Modélisations de la diffusion de la lumière dans des couches picturales

2.3.3.1. Modélisations de couches de terre d'ombre et de terre verte non altérées

Pour modéliser une couche picturale à l'huile poreuse, deux inclusions doivent être prises en compte : les pigments et les pores. La première étape a donc consisté à modéliser une couche picturale sans pore en ajustant différents paramètres (taille des pigments, indices de réfraction des pigments, épaisseur de la couche) pour que les spectres modélisés correspondent au mieux avec ceux collectés sur les échantillons modèles non altérés. Comme les chancis apparaissent de manière prédominante dans les verts et les bruns (chapitre I §2.3.2.2 et chapitre II §2.1) (Lank *et al.* 1972, Émile-Mâle 1976, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988), les modélisations ont été effectuées à partir de terre verte et de terre d'ombre. La concentration pigmentaire a été fixée à 30 % et l'épaisseur de la couche à 40 μm pour s'assurer que la lumière ne soit pas transmise. Les simulations mettent en évidence que l'épaisseur de la couche et la concentration pigmentaire ont un effet sur la transmittance mais pas sur la réflectance. Concernant la taille des pigments, pour la terre d'ombre avec un rayon de 0.9 μm avec un écart type de 0.1 μm et pour la terre verte avec un rayon de 1 μm et un écart-type de 0.5 μm , les spectres modélisés s'accordent bien avec les spectres expérimentaux (figure 4-33) et les tailles des pigments sont en accord avec celles mesurées par FEG-SEM. La différence entre la

réflectance simulée R_{tot} ($R_{cc} + R_{cd}$) et celle mesurée a été évaluée en utilisant la distance colorimétrique CIELAB ΔE_{94} . Elle est de $0.27 \Delta E_{94}$ pour la terre d'ombre et de $1.49 \Delta E_{94}$ pour la terre verte. Notons qu'une différence inférieure à $2 \Delta E_{94}$ n'est pas perceptible par l'œil humain (Mokrzycki et Tatol 2011). Les couches picturales non altérées ont donc été correctement modélisées à l'aide de paramètres plausibles.

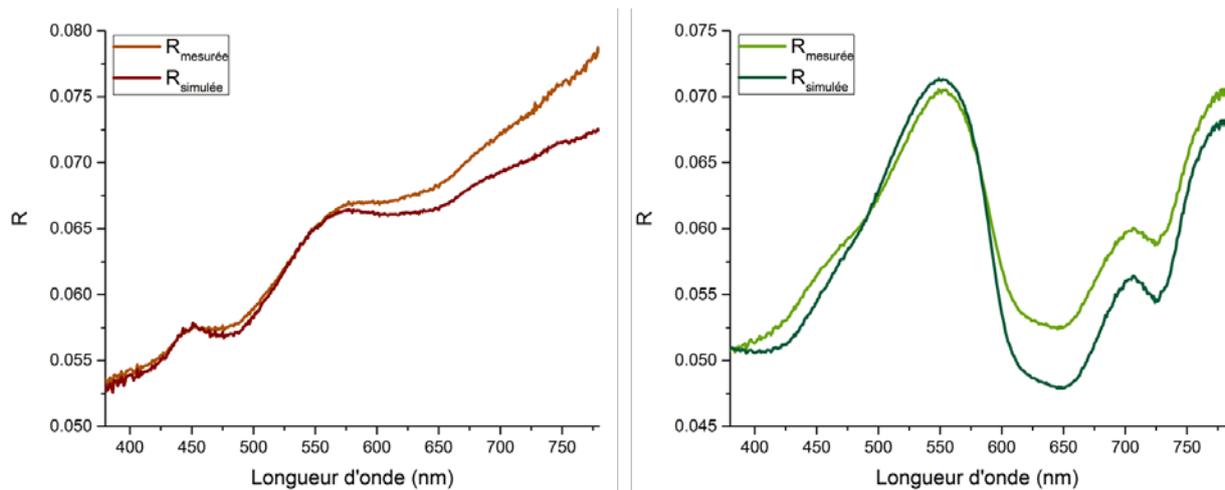


Figure 4-33 : Comparaison entre réflectance mesurée et réflectance simulée ($R_{cc} + R_{cd}$) d'une couche de terre d'ombre et de terre verte non altérée.

2.3.3.2. Impact de la concentration en pores et de l'épaisseur de la couche

Lors de l'ajout d'inclusions supplémentaires, le programme calcule séparément les sections efficaces des deux inclusions et les coefficients d'absorption et de diffusion sont déterminés en utilisant la méthode des moyennes pondérées. L'influence de la concentration en pores a été étudiée pour un rayon de 500 nm et une épaisseur de 40 μm . Pour les deux pigments, la réflectance augmente avec la concentration induisant un important blanchiment (augmentation de la valeur du paramètre L^*) (figure 4-34). Les changements en terme de chromaticité sont très faibles avec un ΔC^* de 0.18 pour la terre d'ombre et de 3.09 pour la terre verte. Les couleurs simulées correspondent à celles observées sur les échantillons-modèles altérés.

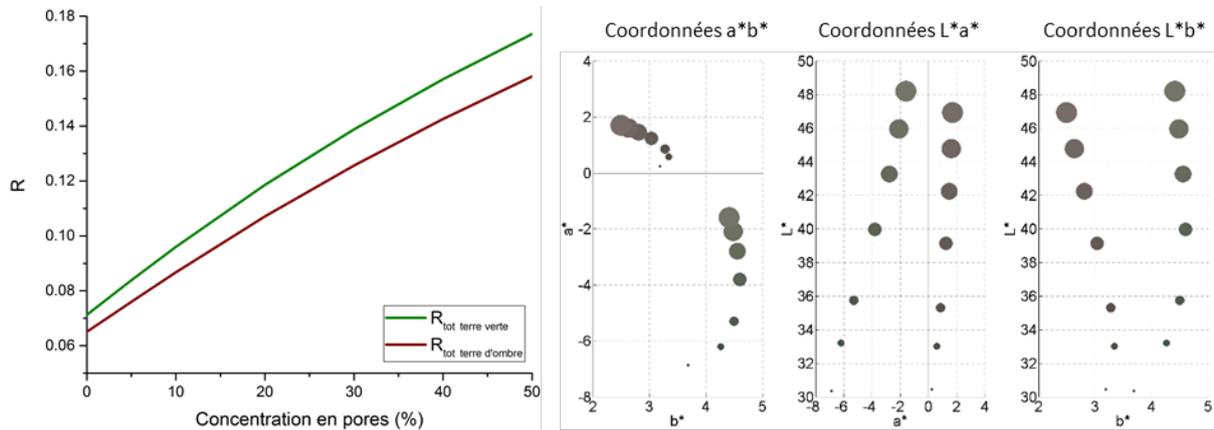


Figure 4-34 : Réflectance totale ($R_{cc} + R_{cd}$) pour une longueur d'onde de 550 nm, un rayon de pores de 500 nm et une épaisseur de 40 μm et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction de la concentration en pores. La taille des points est proportionnelle à la concentration en pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée.

L'influence de l'épaisseur de la couche altérée a également été modélisée entre 10 et 100 μm , avec un rayon de 500 nm et une concentration en pores de 30 %. Comme pour les vernis, l'augmentation de l'épaisseur de la couche altérée ou de la concentration en pores a le même impact sur la couleur et l'opacité. Les couches deviennent en effet plus blanches et plus opaques.

2.3.3.3. Impact de la taille des pores

L'influence de la taille des pores a été modélisée pour une concentration en pore de 30 % et une épaisseur de 40 μm . La nature des pigments n'a aucune influence : le même comportement a été observé avec la terre d'ombre et la terre verte (figure 4-35). Le maximum de réflectance apparaît de manière similaire aux vernis pour une taille de pore de 250 nm (ΔL^* de 17.25 pour la terre d'ombre et 18.6 pour la terre verte). Néanmoins, même si la réflectance diminue ensuite, elle reste supérieure à la valeur de la réflectance de l'échantillon non altéré. Concernant les paramètres a^* et b^* , les modifications sont très faibles avec un Δc^*_{max} de 2.09 pour la terre d'ombre et de 3.11 pour la terre verte.

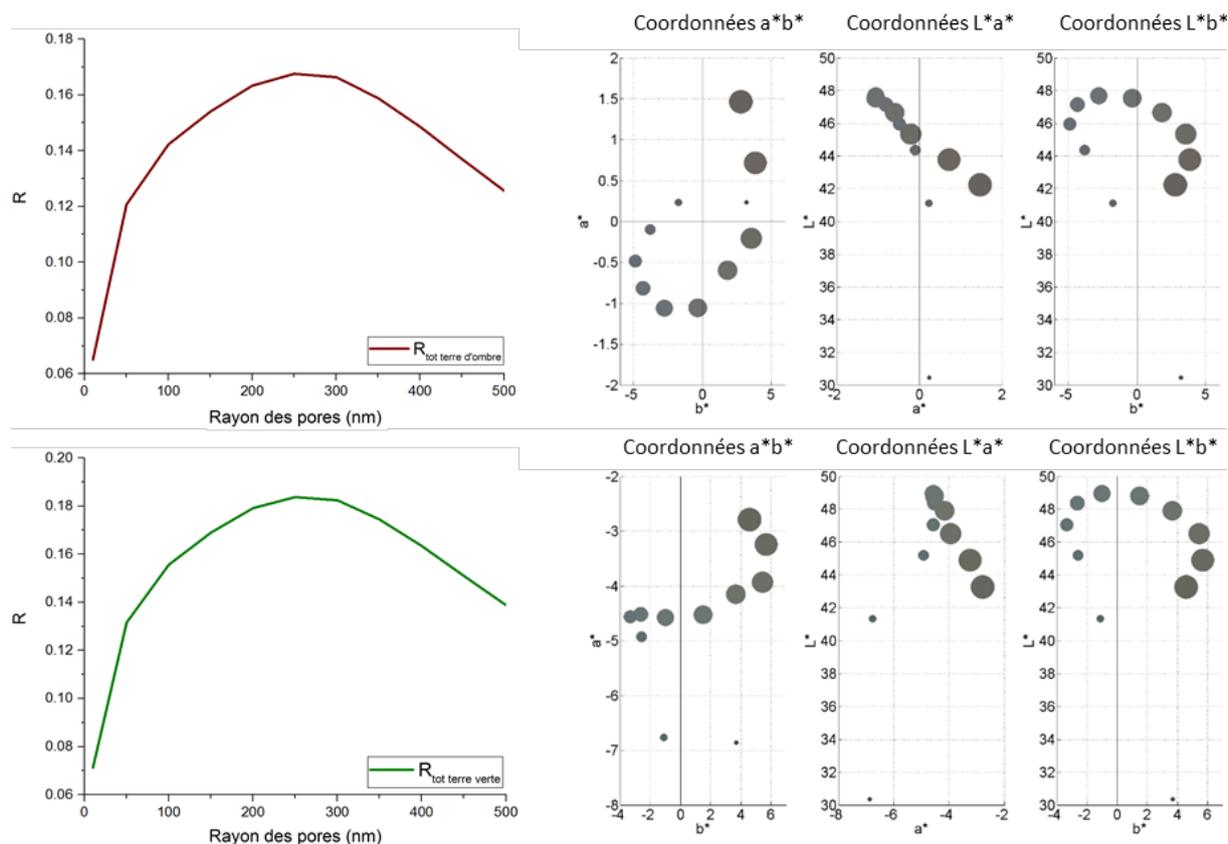


Figure 4-35 : Réflectance totale ($R_{cc} + R_{cd}$) pour une longueur d'onde de 550 nm, une concentration en pores de 30 % et une épaisseur de 40 μm et les coordonnées CIE $L^*a^*b^*$ calculées correspondantes en fonction de la taille des pores. La taille des points est proportionnelle à la concentration en pores et sa couleur correspond à la couleur modélisée.

2.3.3.4. Conclusion pour les couches picturales

Les analyses effectuées sur les échantillons modèles non altérés nous ont premièrement permis de déterminer l'ensemble des paramètres nécessaires pour modéliser des couches picturales à l'huile de terre d'ombre et de terre verte non poreuses. Les couches poreuses ont ensuite été simulées en ajoutant une inclusion - les pores - aux simulations précédentes. Il apparaît que la présence de pores dans la couche a le même impact sur l'apparence visuelle pour les deux pigments. Les changements en terme de couleurs (paramètres a^* et b^*) sont faibles et pas ou peu perceptibles par l'œil humain. Par contre, la réflectance, et donc également le paramètre de clarté L^* , augmente de manière significative et proportionnellement à la concentration en pores. Concernant l'impact de la taille des pores, la réflectance augmente jusqu'à un rayon de 300 nm et diminue sans toutefois atteindre la valeur obtenue pour les couches non poreuses.

3. Conclusion

Le chapitre a consisté à présenter la caractérisation multi-échelle des chancis de vernis et de couches picturales.

A l'échelle macroscopique, un chanci de vernis correspond à une perte de transparence partielle ou totale du vernis. Dans la majorité des cas, l'eau s'infiltré par des craquelures préexistantes ou les bords des écailles et se propage latéralement provoquant des chancis localisés. Pour des stades d'altération plus importants, le vernis peut être entièrement chanci et éventuellement perdre sa cohésion. L'emploi du terme blanchiment pour décrire l'altération paraît inadapté, puisque la couleur de la couche altérée est dépendante de l'état d'oxydation du vernis et peut de ce fait tirer vers le jaune. Ainsi, il serait plus exact de définir le chanci de vernis comme une opacification de la matière plutôt qu'un blanchiment. A l'échelle microscopique, le chanci de vernis est caractérisé par la présence de pores, dont la taille varie de 20 nm à quelques microns. La reproduction de l'altération par immersion a permis d'identifier son caractère dynamique. Les couches deviennent d'abord légèrement bleutées puis opaques et blanches pour des vernis non oxydés et la taille des pores augmente de manière significative. Les modélisations numériques effectuées en résolvant l'équation de transfert radiatif par la méthode 4-flux démontrent que la taille des pores a une influence importante sur la couleur. Pour des pores de 20 à 100 nm, la couche est bleue et translucide et devient de plus en plus blanche et opaque quand la taille des pores augmente, selon les théories de diffusion de Rayleigh et de Mie. Par ailleurs, l'augmentation de la concentration en pores ou de l'épaisseur de la couche altérée accentue l'opacification. Puisque les couleurs simulées correspondent parfaitement à celles observées expérimentalement sur les peintures anciennes et les échantillons modèles en lumière réfléchi et en lumière transmise, nous pouvons conclure que l'apparence visuelle des couches altérées est indubitablement due à la diffusion de la lumière par les pores. Les résultats obtenus pour les chancis de vernis sont résumés sur la figure 4-36.

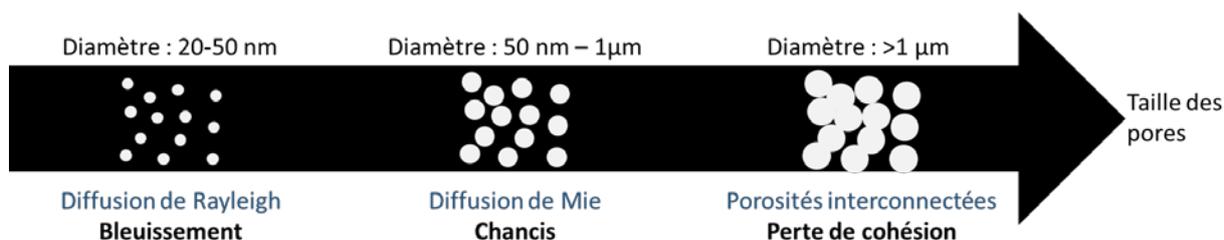


Figure 4-36 : Correspondance entre l'apparence visuelle de la couche, la taille des pores et le phénomène optique impliqué.

Les chancis de couche picturale sont caractérisés à l'échelle macroscopique par un éclaircissement de la matière. Les observations à l'échelle microscopique mettent en évidence la présence de pores dans les zones altérées. La taille des pores est comprise entre 100 nm et 4 μ m. Les analyses complémentaires effectuées par nanotomographie X à contraste de phase ont permis de préciser que les pores étaient localisés dans le liant. Il s'agit donc comme pour les vernis d'une altération de la matière organique. Il est important de mentionner que pour les œuvres de notre corpus constitué de peintures anciennes, aucune efflorescence (acides gras libres, sels inorganiques) n'a été mise en évidence. Ces phénomènes relevés dans la littérature semblent affecter uniquement les œuvres modernes (Ordonez et Twilley 1997b). Considérant la taille des pores, l'éclaircissement est dû à la diffusion de Mie de la lumière au sein de la couche. Les modélisations démontrent que l'augmentation de la taille des pores, de la concentration en pores ou de l'épaisseur de la couche altérée induit également une opacification de la couche. D'après la littérature (chapitre I §2.3.2.2) et l'étude de la base EROS (chapitre II §2.1) les couches brunes et vertes chancissent plus fréquemment que les autres. D'après les théories de diffusion de la lumière, il n'y a aucune raison manifeste pour expliquer l'altération préférentielle de certaines couleurs. Peu importe la couleur de la couche, la lumière sera diffusée par les pores. Cependant, il est probable que la formation des pores soit favorisée ou au contraire inhibée par la composition chimique de certains pigments. Les phénomènes physico-chimiques à l'origine de la formation des pores seront discutés dans le chapitre suivant.

Ce travail démontre que les chancis des vernis et des couches picturales des peintures de chevalet à l'huile sont des phénomènes optiques. Par conséquent, les traitements de restauration seront efficaces et durables, seulement s'ils résorbent ou combleront durablement les pores, en vue de limiter la diffusion de la lumière. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre VI dédié à la conservation et la restauration des œuvres chancies.

Chapitre V

**MECANISMES PHYSICO-CHIMIQUES
RESPONSABLES DE LA FORMATION DES PORES**

Le blanc sonne comme un silence, un rien avant tout commencement.

Wassily Kandinsky, *Du spirituel dans l'art et dans la peinture en particulier*, 1912

1. Etude de la formation des pores dans les vernis	198
1.1. Hypothèse 1 : dégradation chimique de la matière ?	198
1.2. Hypothèse 2 : dissolution de constituants ?	200
1.3. Hypothèse 3 : expansion de la matière ?	200
1.4. Hypothèse 4 : modification de la température de transition vitreuse ?	202
1.5. Suivi de l'altération par diffusion des neutrons aux petits angles	204
1.5.1. Intensité de la diffusion des différents vernis - contenu en eau	204
1.5.2. Rayons des régions aqueuses	205
1.6. Expériences complémentaires	206
1.6.1.1. Effet de la température	206
1.6.1.2. Effet du pH	207
1.6.1.3. Effet de l'ajout de saccharose dans l'eau d'immersion	208
1.6.1.4. Effet de la quantité de solvant	208
1.7. Discussion	209
1.7.1. Les vernis naturels : des matériaux micro-ségrégés	210
1.7.2. Invasion des groupements par H ₂ O ou D ₂ O	218
1.7.3. Diffusion de l'eau	221
1.7.4. Augmentation de la taille des régions aqueuses lors de l'hydratation	223
1.7.5. Phénomènes induits par la déshydratation	225
1.8. Influence du support et des couches picturales sous-jacentes	227
1.9. Pourquoi les vernis synthétiques ne chancissent-ils pas ?	231
2. Etude de la formation des pores dans les liants des couches picturales	232
2.1. Résultats	232
2.2. Discussion	237
3. Conclusion	240

Chapitre V

MECANISMES PHYSICO-CHIMIQUES RESPONSABLES DE LA FORMATION DES PORES

Le but de ce chapitre est de comprendre les mécanismes à l'origine de la formation des pores et de leur expansion. Après avoir démontré l'existence de pores dans les zones chancis, l'objectif de la recherche est de proposer un modèle robuste de l'altération particulière des vernis et des liants.

Le présent chapitre est subdivisé en deux parties.

Nous nous focaliserons dans un premier temps sur les chancis de vernis. Suite à la caractérisation de prélèvements chancis, la nature des mécanismes physico-chimiques responsables de l'apparition de l'altération a soulevé de nombreuses questions. S'agit-il d'une dégradation chimique de la matière, d'une dissolution aqueuse de constituants, d'une expansion du vernis ou du liant ? L'eau sous forme liquide ou vapeur entraîne-t-elle une modification de la température de transition vitreuse ? Y-a-t-il une réorganisation interne de la matière ? Les hypothèses seront examinées une à une en les confrontant aux résultats des analyses. Ensuite dans le but de mieux comprendre l'apparition des pores, quatre vernis préparés à partir de deux résines et deux solvants ont été analysés *in situ* pendant les premières heures de l'altération par diffusion des neutrons aux petits angles (SANS). Des expérimentations complémentaires ont également été entreprises pour évaluer notamment l'influence de la température, du pH de l'eau d'immersion et de la quantité de solvant dans le vernis au moment de son application. L'ensemble des résultats exposés sera alors discuté et nous proposerons un mécanisme physico-chimique permettant d'expliquer la formation des pores dans les vernis naturels. Nous nous interrogerons ensuite sur l'impact du support et des couches picturales sous-jacentes sur l'apparition des chancis de vernis. Enfin, nous expliquerons pourquoi, contrairement aux vernis naturels, les vernis synthétiques ne chancissent pas.

Dans un second temps, nous indiquerons dans quelle mesure les mécanismes mis en évidence pour les chancis de vernis pourraient s'appliquer aux chancis de couches picturales.

Une attention toute particulière sera accordée à l'influence de la composition chimique des couches picturales (pigments, charges, siccatifs) dans l'apparition de l'altération.

1. Etude de la formation des pores dans les vernis

1.1. Hypothèse 1 : dégradation chimique de la matière ?

Intuitivement, et ce avant la mise en évidence des pores, nous nous étions demandés si l'eau entraînait une dégradation chimique de la matière. Pour statuer sur ce point, une étude comparative par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) a été entreprise sur des échantillons non chancis et chancis de systèmes modèles et de l'œuvre de Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*. Pour ces derniers, les analyses IRTF ont permis d'identifier que le vernis a été élaboré à partir d'une résine naturelle triterpénique grâce à la présence des bandes caractéristiques suivantes : ca. 3410 cm^{-1} (bande d'élongation -OH) ; $2947\text{--}2953\text{ cm}^{-1}$ et 2877 cm^{-1} (bandes d'élongation des groupements méthyle (-CH₃) et méthylène (-CH₂-) ; 1711 cm^{-1} (bande d'élongation C=O) ; 1456 cm^{-1} et 1385 cm^{-1} (bandes de déformation C-H) ; 1259 cm^{-1} (bande d'élongation C-O) (figure 5-1a). De plus, les échantillons méthylés et analysés par GC-MS révèlent la présence de nombreux pics de dérivés d'oléanoate (figure 5-1b). La présence de ces composés ainsi que la comparaison avec des échantillons standards de résines naturelles permet d'affirmer qu'il s'agit d'un vernis mastic (Assimopoulou et Papageorgiou 2005). En revanche, les spectres IRTF et les chromatogrammes d'échantillons non altérés et altérés ne présentent pas de différence significative. L'analyse des 32 échantillons modèles de la série 2 a conduit aux mêmes conclusions.

Conclusion partielle

L'apparition de l'altération n'est pas la conséquence d'une détectable dégradation structurelle de la matière.

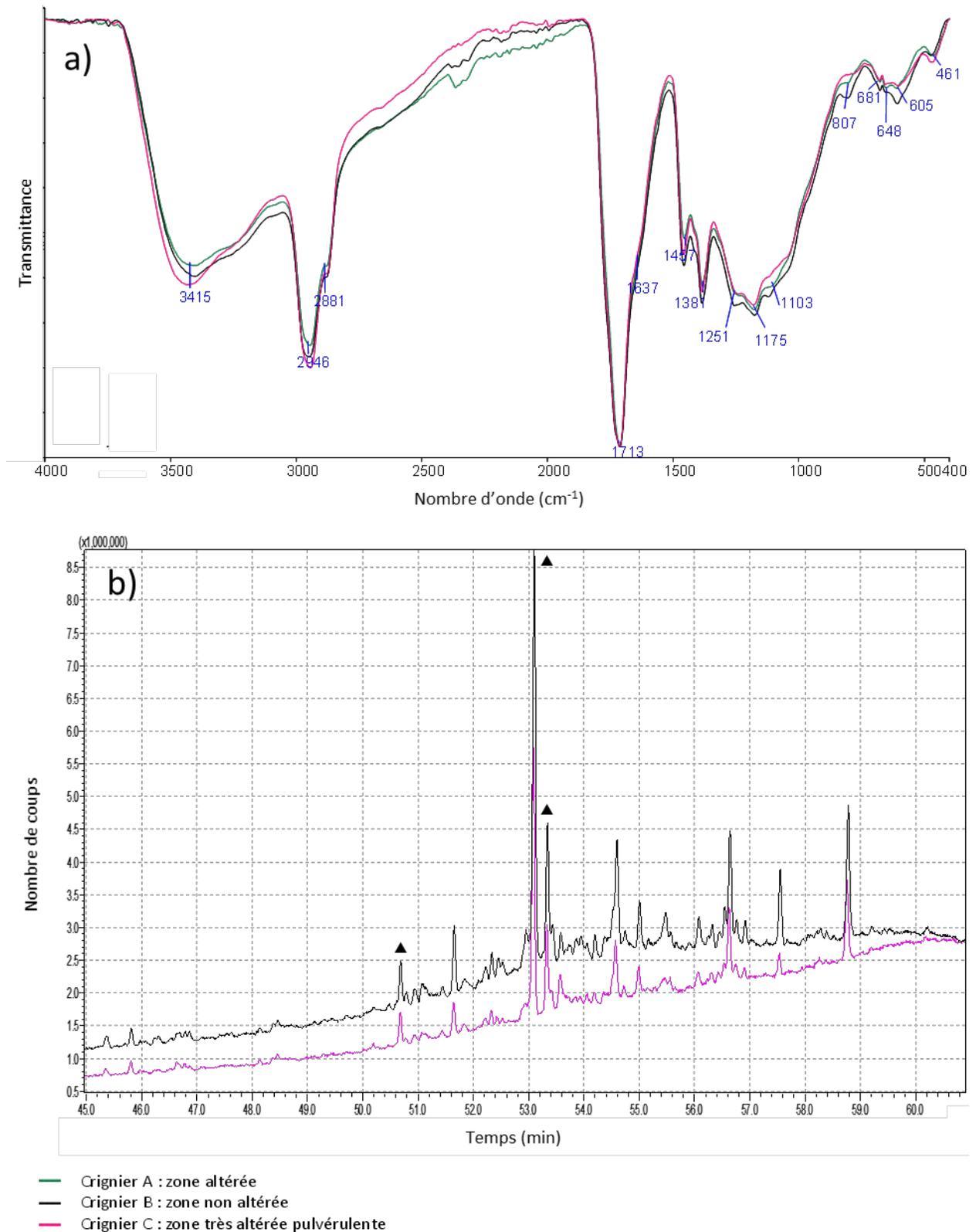


Figure 5-1 : Prélèvements de vernis issus de l'œuvre *Jeanne d'Arc en prison* de Louis Crignier. a) Spectres IRTF d'un prélèvement non altéré (en noir), altéré (en vert) et très altéré (en rose) b) Chromatogrammes GC-MS d'un prélèvement non altéré (en noir) et très altéré (en rose). Les triangles noirs correspondent aux dérivés d'oléanoate.

1.2.Hypothèse 2 : dissolution de constituants ?

La caractérisation à l'échelle microscopique a mis en évidence la présence de pores dans les zones altérées. Dès lors, une hypothèse a été d'envisager qu'ils se formaient par dissolution de certains composés. Pour étudier la validité de cette hypothèse, des échantillons de vernis dammar et mastic ont été immergés dans de l'eau ultra-pure pour provoquer des chancis de manière accélérée. Pour chaque vernis, l'eau résiduelle a été filtrée puis évaporée à sec et le résidu a été analysé par GC-MS. La comparaison entre les analyses de l'eau résiduelle et des vernis immergés révèle que l'eau résiduelle contient uniquement des traces de vernis (chromatogrammes identiques). Le fait de retrouver d'infimes traces de vernis dans l'eau d'immersion n'est pas surprenant car comme le chanci entraîne une perte de cohésion de la matière, il est probable que de micro-agrégats de taille inférieure à la limite du filtre aient pu se retrouver en solution.

Conclusion partielle

Les analyses ne mettent pas en évidence la dissolution ciblée d'une ou de quelques types de molécules parmi les composés des résines naturelles triterpéniques, qui aurait pu expliquer l'apparition des pores.

1.3.Hypothèse 3 : expansion de la matière ?

Nous nous sommes ensuite demandés si la formation des pores était liée à une expansion de la matière. L'observation approfondie à fort grossissement de prélèvements met en évidence que l'épaisseur des couches de vernis est plus importante dans les zones les plus chancies (bord des craquelures) qu'au centre des écailles (figure 5-2).

Des analyses ont également été entreprises par tomographie de cohérence optique (OCT) sur des systèmes modèles avant et après 1,5 jours d'immersion dans de l'eau ultra pure (figure 5-3). Il est intéressant de noter que pour les échantillons chancis, la lumière est très fortement diffusée en surface par les pores et atteint très difficilement les interfaces inférieures. L'épaisseur des vernis chancis est sensiblement plus importante que celle des vernis non chancis.

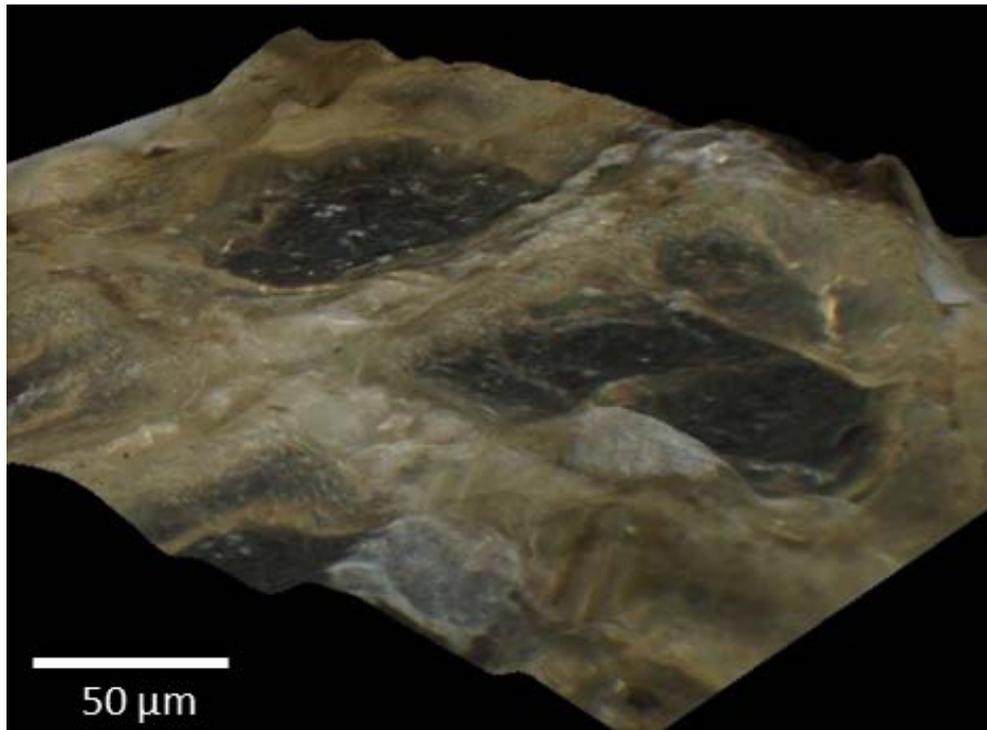


Figure 5-2 : Image au microscope numérique 3D mettant en évidence une expansion de la matière dans les zones chancies.

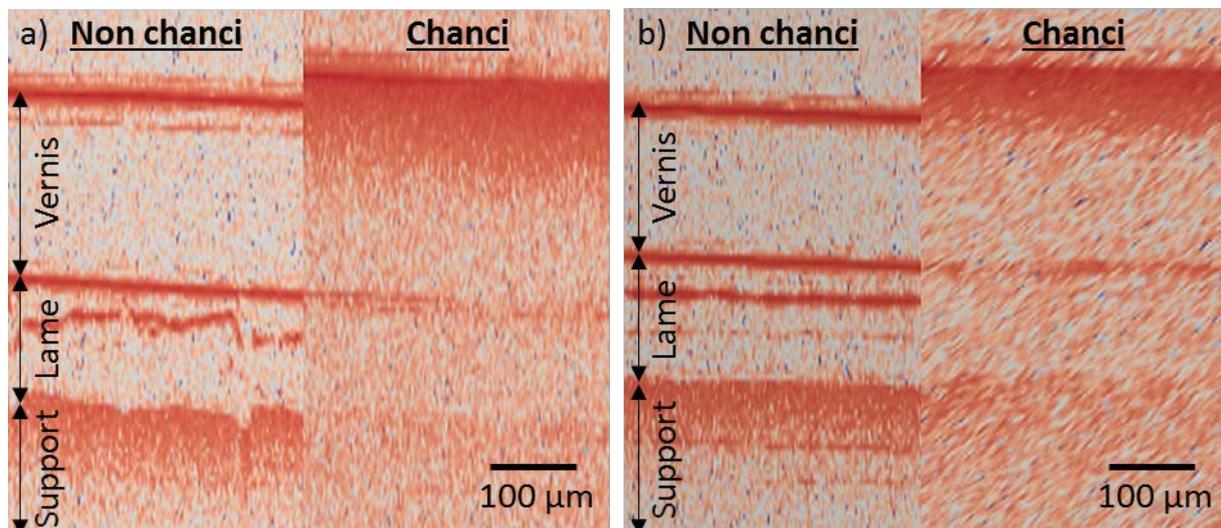


Figure 5-3 : Analyses OCT de systèmes modèles avant et après immersion pendant 1,5 jours de deux vernis naturels. a) Résine dammar HMB-BDA dans de l'essence de térébenthine ; b) résine mastic RN18, Art & conservation, dans de l'essence de térébenthine. Le support correspond à un scotch blanc sur un système incliné pour limiter les artefacts dus à la réflexion de la lumière.

Conclusion partielle

La formation des pores entraîne donc une expansion, un gonflement de la matière.

1.4. Hypothèse 4 : modification de la température de transition vitreuse ?

Des analyses ont été entreprises par calorimétrie différentielle à balayage (DSC) pour déterminer si l'apparition de l'altération entraîne une modification de la température de transition vitreuse (T_g) des vernis. La T_g d'un matériau est la température à laquelle ce dernier passe d'un état vitreux à un état caoutchouteux. L'objectif est de déterminer si l'eau agit comme un plastifiant entraînant une diminution de la T_g , c'est-à-dire si l'eau absorbée augmente la mobilité des molécules.

Dans un premier temps, les analyses ont été effectuées sur deux vernis préparés et altérés deux ans auparavant. Il apparaît que la température de transition vitreuse des vernis chancis est plus élevée que celle des vernis non chancis (figure 5-4). Par conséquent, l'eau n'a pas entraîné une plastification du vernis. Au contraire, les échantillons chancis présentent une cohésion moléculaire plus importante probablement dû à un réarrangement pour minimiser les interactions avec l'eau.

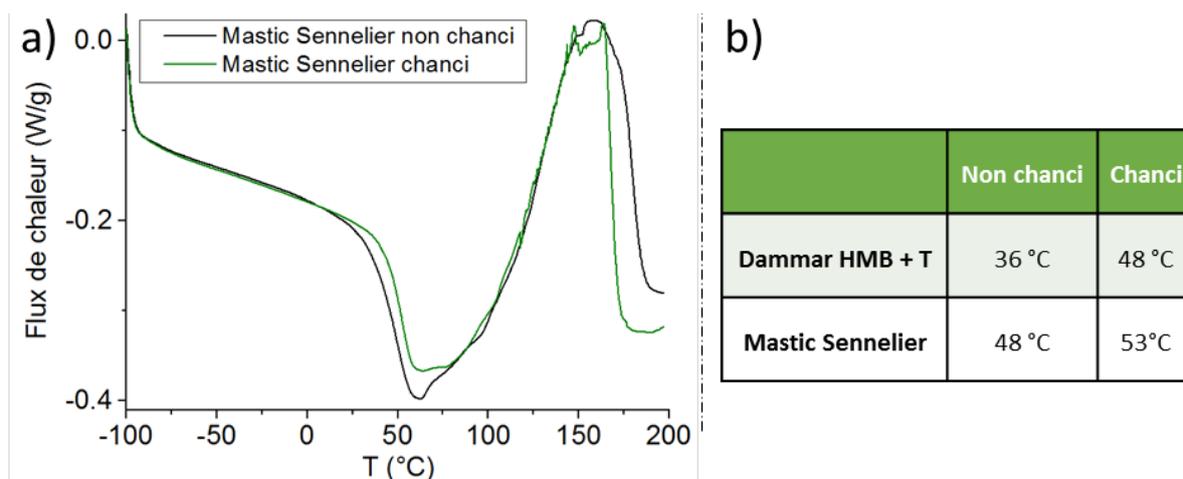


Figure 5-4 : a) Comparaison des courbes de DSC du mastic Sennelier non chanci et chanci. b) Valeur des températures de transition vitreuses des vernis Dammar HMB + T et Mastic Sennelier non chancis et chancis.

Dans un second temps, des vernis non commerciaux ont été analysés avant immersion et après 7, 15 et 21 jours d'immersion dans l'eau. Le recours à des vernis préparés en laboratoire est motivé par la nécessité d'étudier des vernis élaborés uniquement à partir de résines et de solvants, sans adjuvant. Ils ont été élaborés à partir des résines et des solvants suivants :

- 33 % de résine dammar de Singapour (RN18, Art & conservation, France)
 - dans de l'essence de térébenthine → noté **D + T**
 - dans du white spirit → noté **D + WS**

- 33 % de résine mastic de Chios (RN33, Art & conservation, France)
 - dans de l'essence de térébenthine → noté **M + T**
 - dans du white spirit → noté **M + WS**

Les vernis ont été analysés le lendemain de leur retrait de l'eau. Les résultats sont présentés dans la figure 5-5. Comme précédemment, les températures de transition vitreuse sont supérieures pour les échantillons chancis. L'augmentation est très importante pour les vernis préparés avec de l'essence de térébenthine, qui sont ceux qui chancissent le plus. Les résultats ne permettent pas de relier l'évolution de la température de transition vitreuse avec le temps d'immersion. Pour le vernis M + WS, les quantités de matière étant trop faibles (inférieures à 1 mg sur une lame), les courbes de DSC obtenues n'ont pas permis de déterminer les températures de transition vitreuse.

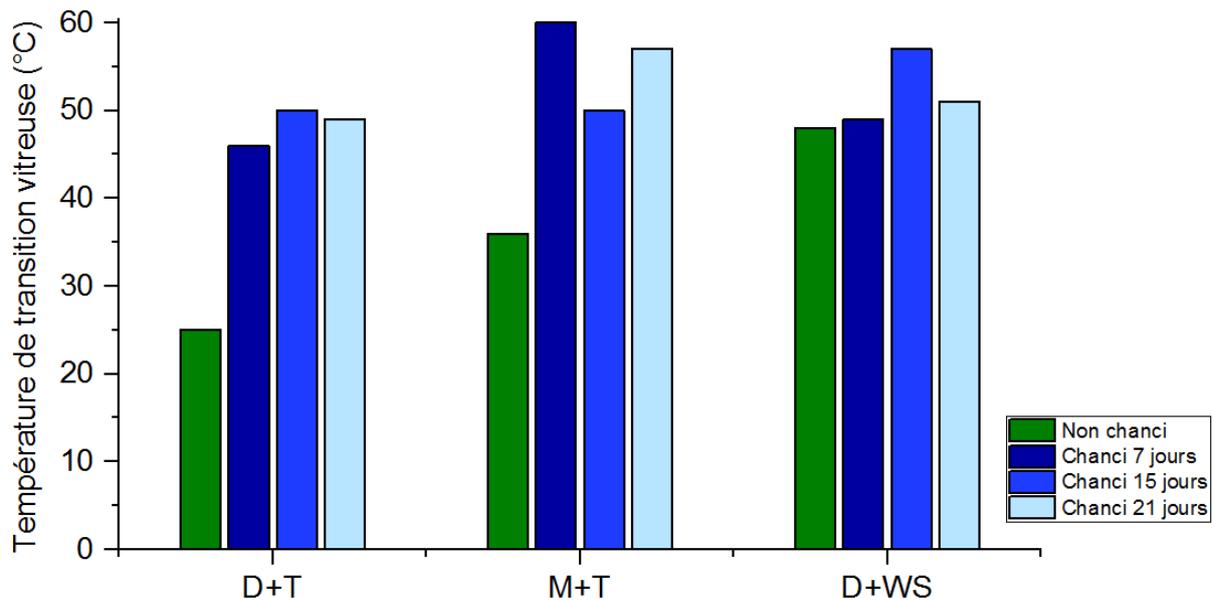


Figure 5-5 : Valeurs des températures de transition vitreuse des vernis D+T, M+T et D+WS avant et après 7, 15 et 21 jours d'immersion dans de l'eau ultra pure. L'erreur liée à la détermination des valeurs est d'environ 1 à 2 °C.

Conclusion partielle :

Les vernis chancis présentent une température de transition vitreuse plus élevée que les non chancis. Cette tendance est encore plus marquée pour ceux préparés avec de l'essence de térébenthine.

1.5. Suivi de l'altération par diffusion des neutrons aux petits angles

Dans le but de mettre en évidence les mécanismes physicochimiques impliqués dans la formation des pores, les premières heures de l'altération ont été suivies par diffusion des neutrons aux petits angles (SANS), sur la ligne D11 du réacteur de l'Institut Laue-Langevin à Grenoble. Le choix de cette technique est justifié par la nécessité d'accéder à des tailles de pores nanométriques et d'effectuer des acquisitions en milieu aqueux ce qui exclut l'ensemble des techniques sous vide. Les analyses ont été effectuées sur les vernis non commerciaux appliqués sur des lames de quartz : D+T 0.1/0.2 (simple/double épaisseur), D+WS, M+T et M+WS). Ils ont été immergés dans de l'eau deutérée (D_2O) et analysés *in situ* en continu pendant jusqu'à 22 heures.

1.5.1. Intensité de la diffusion des différents vernis - contenu en eau

L'intensité des neutrons diffusée par les couches de vernis est proportionnelle à la quantité d'hétérogénéités présentes dans la matrice. La valeur relative du contenu en D_2O peut être calculée suivant la méthode décrite dans le chapitre 3, §3.12.1. Le suivi de l'altération permet alors de déterminer l'évolution du contenu relatif en D_2O présent dans la couche en fonction du temps d'hydratation. Il apparaît que la cinétique d'altération dépend non seulement de la nature de la résine mais aussi et surtout du solvant (figure 5-6).

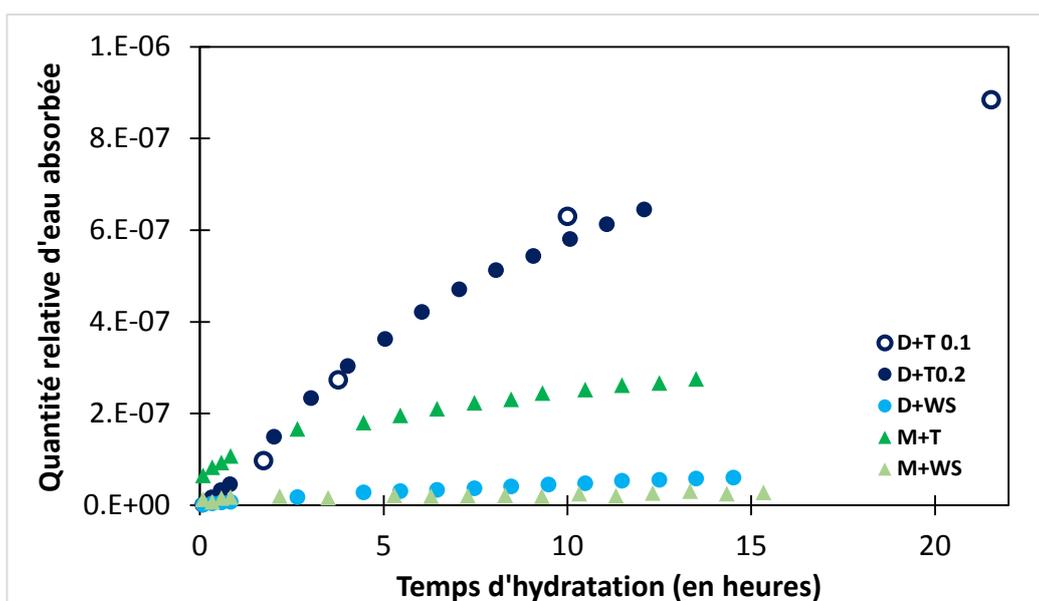


Figure 5-6 : Suivi cinétique de l'altération pour 5 couches de vernis. Quantité relative d'eau absorbée par les vernis (liée au volume des pores présents dans la couche) en fonction du temps d'hydratation. D : dammar ; M : Mastic ; T : essence de térébenthine ; WS : white spirit ; 0.1 et 0.2 : simple et double épaisseur.

Le contenu en D₂O est approximativement 100 fois plus important pour les vernis dammar et mastic préparés avec de l'essence de térébenthine que pour ceux préparés avec du white spirit. Indépendamment de la nature du solvant, les vernis élaborés à partir de résine dammar présentent un contenu en D₂O supérieur à ceux constitués de résine mastic. Au moment de l'immersion et pendant les premières heures, la quantité relative de D₂O absorbée est cependant plus importante pour les vernis préparés à partir de vernis mastic. Enfin, il est important de noter que pour les couches de vernis D+T0.1 et D+T0.2 (simple/double épaisseur), les quantités relatives de D₂O sont similaires. Ainsi, la cinétique d'altération est indépendante de l'épaisseur de la couche.

1.5.2. Rayons des régions aqueuses

Le D₂O a été absorbé par le vernis dans des zones que nous appellerons *régions aqueuses*. Elles correspondent à des pores remplis d'eau. L'évolution des rayons moyens des régions aqueuses en fonction du temps d'hydratation est reportée figure 5-7. Ils ont été déterminés à partir des équations détaillées dans le chapitre 3, §3.12.1. Pour les vernis préparés avec du white spirit, les analyses sont légèrement bruitées et la valeur des rayons est imprécise.

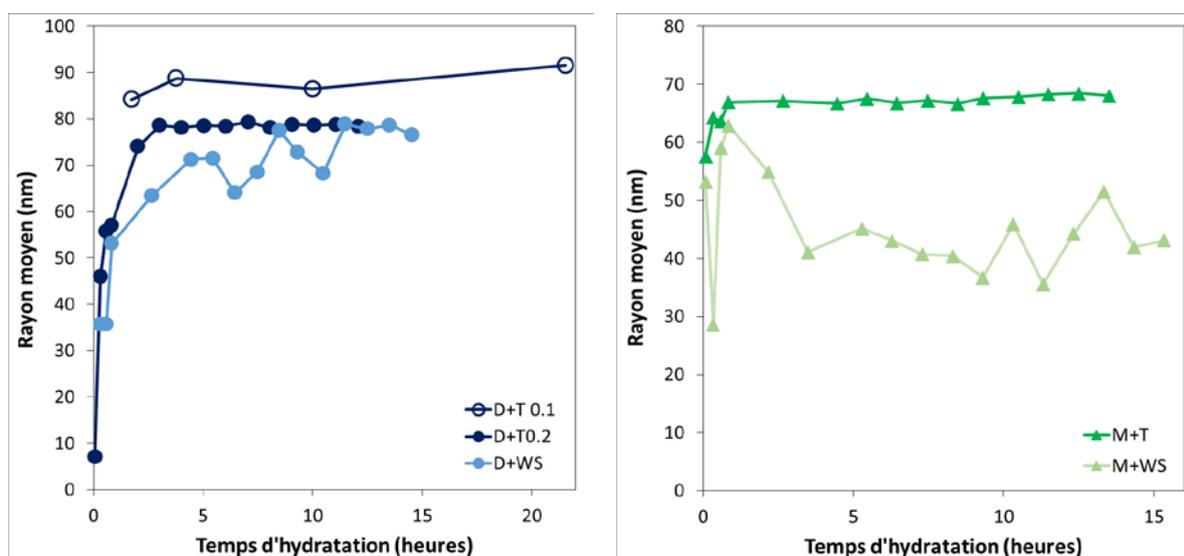


Figure 5-7 : Evolution des rayons moyens des régions hydratées en fonction du temps d'hydratation.

Alors que les quantités relatives d'eau absorbée augmentent avec le temps d'hydratation, les rayons moyens croissent dans les premières heures d'immersion puis semblent se stabiliser et atteindre un palier. Ces résultats ne sont pas contradictoires. En effet, le volume d'une sphère étant proportionnel à la puissance cube du rayon, il augmente plus vite

que ce dernier. De plus, les observations par MEB-FEG ont prouvé que l'épaisseur altérée augmentait avec le temps, ce qui induit une augmentation de la quantité d'eau totale mais pas nécessairement du rayon moyen. Par ailleurs, les valeurs calculées correspondent à des rayons moyens. Ainsi, les résultats de SANS ne sont pas incompatibles avec ceux de MEB-FEG démontrant que la taille des pores augmente avec le temps d'immersion. La distribution de taille étant importante, si la taille des pores en surface augmente pendant que d'autres se forment plus en profondeur, le rayon moyen restera identique. De plus, pour une longueur d'onde d'analyse de 0.6 nm, la gamme des tailles analysable est comprise entre 1 et 100 nm. Par conséquent, les pores de taille supérieure ne sont pas pris en compte dans le calcul du rayon moyen par cette technique. Il serait intéressant d'effectuer un suivi de l'altération par diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS pour *small angle X-ray scattering*) pour accéder à une gamme de rayon supérieure à 100 nm.

Conclusion partielle

Le suivi de l'altération par SANS a permis de déterminer que la quantité d'eau relative contenue dans les vernis augmente avec le temps d'immersion. Les vernis préparés avec de l'essence de térébenthine absorbent plus d'eau que ceux préparés avec du white spirit. De plus, les vernis dammar sont trois fois plus sensibles à l'humidité que les vernis mastic. Les rayons des régions aqueuses augmentent au début de l'hydratation puis atteignent un plateau.

1.6. Expériences complémentaires

L'effet de la température, du pH, de l'ajout de saccharose et de la quantité de solvant sur l'apparition de l'altération a été évalué par des expérimentations sommaires.

1.6.1.1. Effet de la température

Pour étudier l'influence de la température de l'eau sur l'apparition des chancis, des lames de vernis ont été immergées à température ambiante, au réfrigérateur et au soleil. Les photographies effectuées 5h30 après l'immersion révèlent que plus la température de l'eau est élevée plus les couches chancissent (figure 5-8). La cinétique d'altération est donc dépendante de la température.

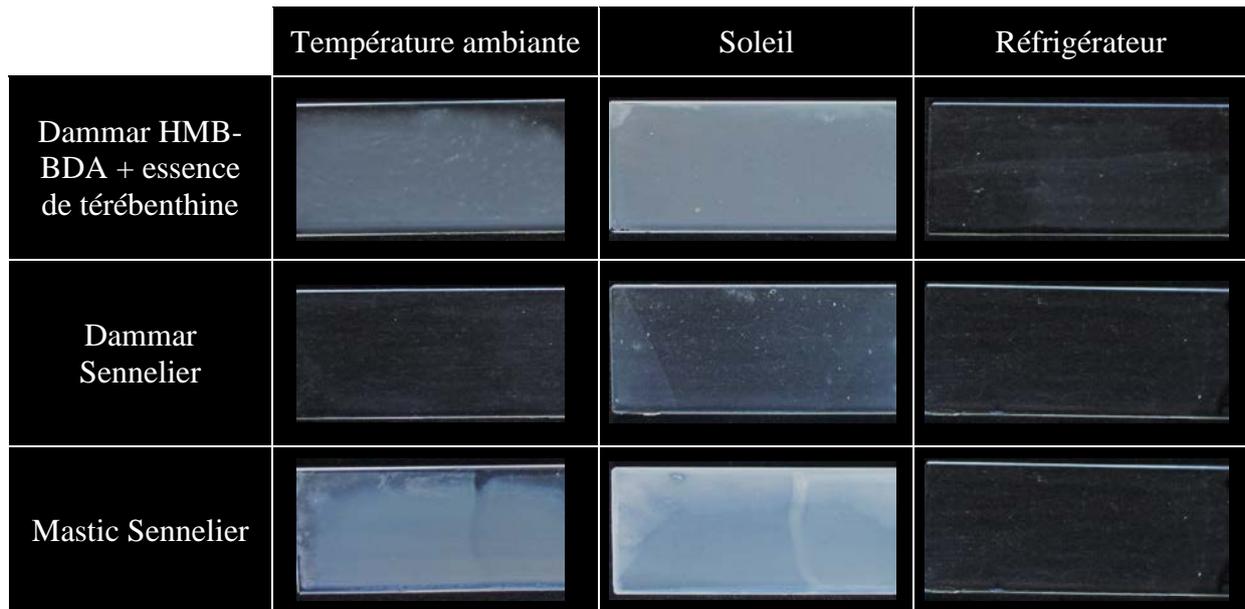


Figure 5-8 : Macrophotographies de couches de vernis immergées dans de l'eau pendant 5h30 à température ambiante, au soleil et au réfrigérateur.

1.6.1.2.Effet du pH

Nous nous sommes ensuite interrogés sur l'impact du pH de l'eau sur la cinétique d'altération. Après 5 jours d'immersion à température ambiante, la turbidité des films immergés en milieu acide, neutre ou basique est semblable (figure 5-9). Le pH de l'eau, ainsi que pour les bases la nature du cation, Ca^{2+} ou Na^+ , n'a pas d'impact significatif sur l'apparition des chancis.

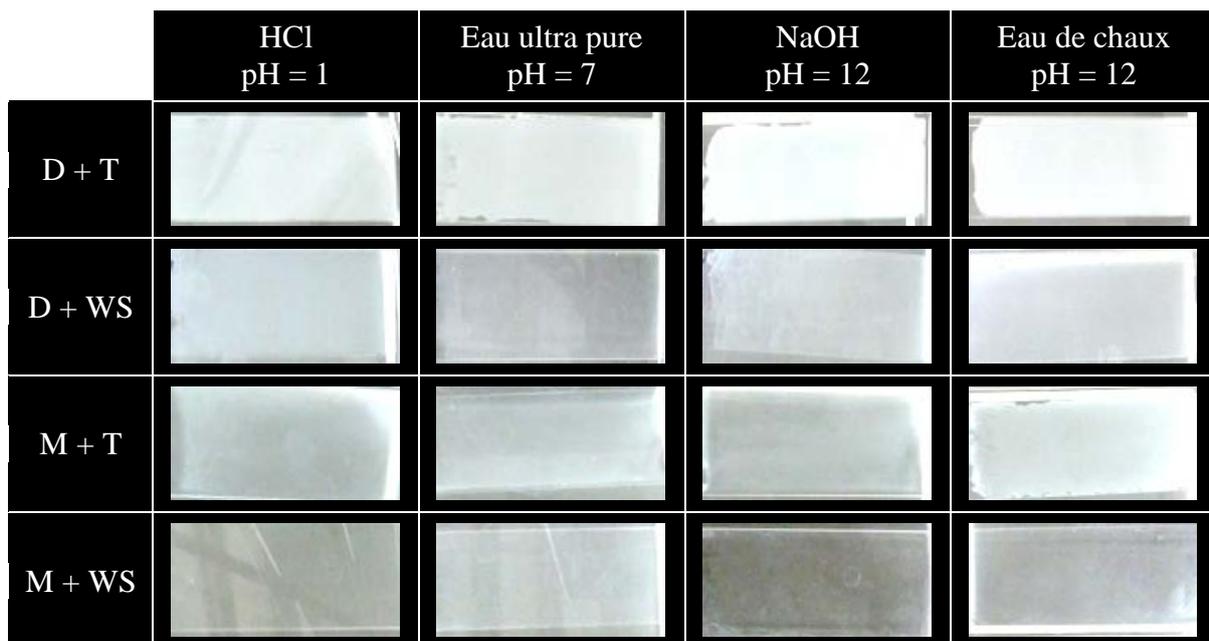


Figure 5-9 : Macrophotographies de couches de vernis immergées pendant 5 jours à température ambiante dans de l'eau à différents pH : acide, neutre et basique.

1.6.1.3.Effet de l'ajout de saccharose dans l'eau d'immersion

Des couches de vernis ont ensuite été immergées à température ambiante dans de l'eau ultra pure et de l'eau sucrée à saturation. Il est intéressant de souligner qu'en présence d'eau saturée en saccharose, les vernis ne chancissent pas (figure 5-10). Lorsque le vernis est plongé dans de l'eau ultra pure, l'eau peut entrer et sortir à travers la membrane de surface. En revanche, lorsque le vernis est plongé dans de l'eau sucrée, l'eau qui pénètre pourrait être repoussée vers l'extérieur, selon un phénomène d'osmose. En effet, selon le second principe de la thermodynamique, l'état le plus favorable serait celui où toutes les molécules d'eau se mélangent avec le sucre à l'extérieur de vernis (Cabane et Hénon 2003). De plus, comme les molécules d'eau sont en interaction avec le sucre, la taille des molécules hydratées est très grande et il est possible que cela contraigne leur pénétration dans le vernis. Enfin, les interactions entre le sucre et l'eau sont favorables mais défavorables avec le vernis, qui est apolaire. Ainsi, l'eau qui pénètre est refoulée pour minimiser les interactions entre le vernis et le sucre. L'ajout de saccharose permet ainsi d'inhiber l'altération.

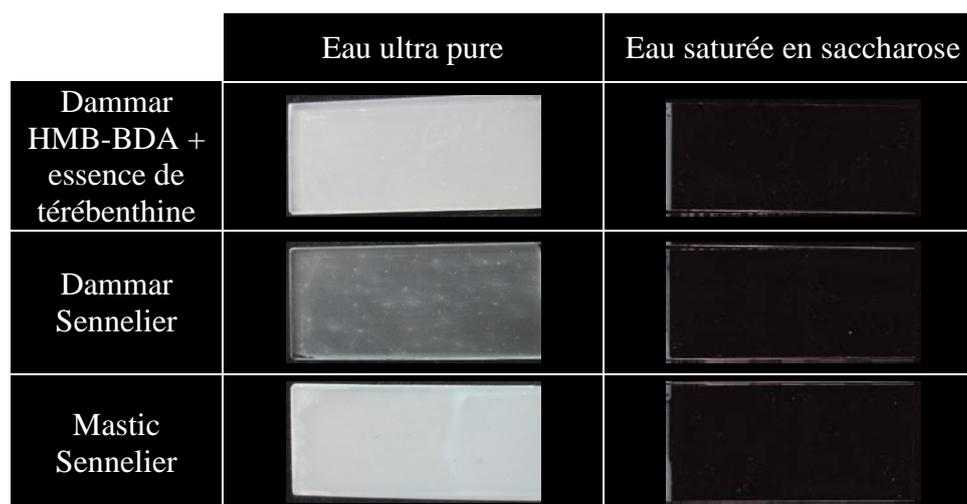


Figure 5-10 : Macrophotographies de couches de vernis immergées pendant 4 jours à température ambiante de l'eau ultra pure et de l'eau saturée en saccharose.

1.6.1.4.Effet de la quantité de solvant

L'impact de la quantité de solvant ajouté lors de la préparation du vernis a été évalué. Des vernis ont été dilués à différents dosages avec de l'essence de térébenthine. Les échantillons modèles ont été immergés dans de l'eau ultra pure à température ambiante un an et demi après leur préparation, si bien que le solvant (essence de térébenthine) est supposé partiellement évaporé. Il apparaît que la cinétique d'altération est directement liée à la quantité initiale de

solvant (figure 5-11). La quantité de solvant résiduel est plus importante dans les vernis les plus dilués. Ainsi, la mobilité des molécules sera favorisée. De plus, l'évaporation du solvant entraîne l'apparition de défauts dans la structure du vernis. Plus la quantité de solvant est importante, plus les hétérogénéités sont nombreuses, ce qui pourrait également contribuer à l'apparition des chancis.

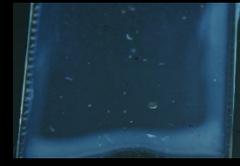
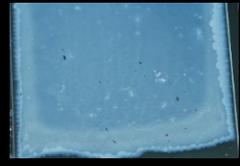
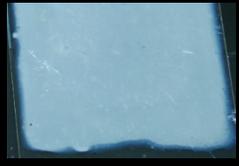
Ratio vernis Mastic Sennelier : essence de térébenthine	1 : 0	3 : 1	1 : 1	1 : 3
				
% de résine	33 %	24,75 %	16,50 %	8,25 %
Après 18h d'immersion				

Figure 5-11 : Macrophotographies d'un vernis mastic Sennelier avec différents pourcentages d'essence de térébenthine immergé pendant 18h dans de l'eau ultra pure à température ambiante.

Conclusion partielle

La cinétique d'altération est dépendante de la température mais indépendante du pH. Elle est liée à la quantité de solvant ajouté lors de la préparation du vernis. Pour provoquer une altération, les molécules d'eau doivent être libres. L'ajout d'un soluté peut ainsi permettre d'inhiber l'altération.

1.7. Discussion

L'objectif de la présente sous-partie est de discuter les résultats précédemment exposés et de proposer un mécanisme pour expliquer comment l'hydratation des couches de vernis entraîne la formation de pores. Parmi les hypothèses émises, certaines ont d'ores et déjà pu être écartées. En effet, les analyses par IRTF et GC-MS ont révélé que l'altération n'était pas liée à une dégradation chimique de la matière et que les pores ne résultaient pas de la dissolution de certains composés.

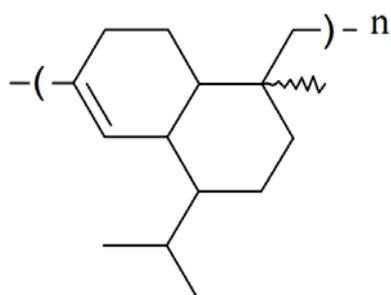
La discussion sur le mécanisme d'altération est subdivisée en 5 parties. Dans un premier temps, nous verrons que les vernis non altérés peuvent être assimilés à des matériaux micro-ségrégés contenant des régions polaires et apolaires. Ensuite, nous nous concentrerons sur le phénomène d'hydratation à proprement parler. Nous évoquerons l'impact de l'hydratation sur les groupes polaires, la diffusion de l'eau et l'augmentation de la taille des pores au cours du processus d'altération. Enfin, nous nous intéresserons à la phase de déshydratation et expliquerons pourquoi la formation des pores est un phénomène irréversible.

1.7.1. Les vernis naturels : des matériaux micro-ségrégés

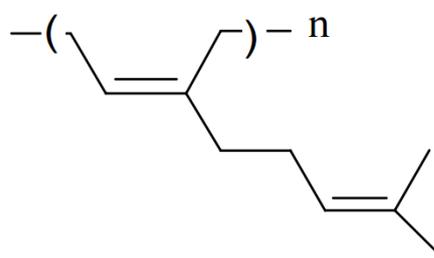
Il convient dès lors de s'interroger sur la composition chimique des vernis naturels non chancis et de déterminer comment elle peut favoriser ou au contraire inhiber la formation des pores et donc l'apparition de l'altération.

Les résines végétales mastic et dammar ont une composition chimique très complexe, partiellement résolue, avec de nombreux isomères et produits de dégradation (Aksamija 2012, Vahur *et al.* 2012). De plus, d'une résine à l'autre, les proportions des différents constituants peuvent varier. La résine contient une partie polymère et une partie résinique.

La partie polymère est apolaire. Elle a été identifiée comme étant un polycadinène pour la résine dammar et un *cis*-1,4-poly- β -myrcène pour la résine mastic (figure 5-12) (Van Aarssen *et al.* 1990, van den Berg *et al.* 1998, Aksamija 2012).



Dammar : polycadinène



Mastic : *cis*-1,4-poly- β -myrcène

Figure 5-12 : Structure de la partie polymère des résines dammar et mastic

La partie résinique est constituée de triterpènes (squelette à 30 atomes de carbone). La résine dammar contient principalement des composés tétracycliques (dammarane, tirucallane) et dans une moindre mesure pentacycliques (oléanane, ursane, hopane, lupane), tricycliques et bicycliques. La résine mastic contient également des composés tétracycliques (dammarane, tirucallane, euphane), pentacycliques (oléanane, lupane), tricycliques et bicycliques. Les espèces triterpéniques peuvent être porteuses de groupements polaires : hydroxyles et carboxyles, qui sont ionisables, et carbonyles pouvant créer des liaisons hydrogène. Les principaux composés acides présents dans les résines dammar et mastic sont listés dans les tableaux 5-1 et 5-2 (Aksamija 2012).

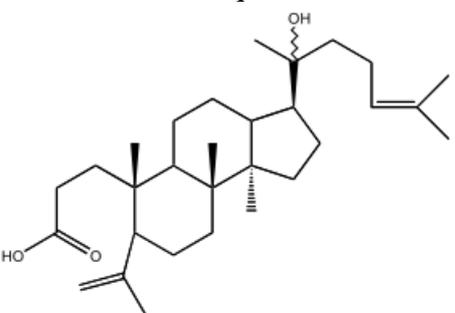
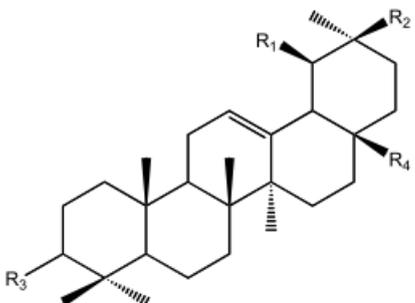
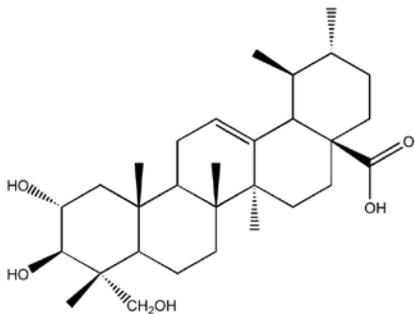
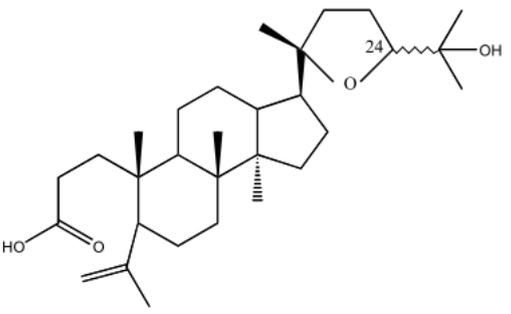
Dammar	
<p>Acide dammarénolique</p> 	<p>Acide oléanonique $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$; $R_3 = O$; $R_4 = COOH$</p> <p>Acide oléanolique $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$; $R_3 = OH, H$; $R_4 = COOH$</p> <p>Acide ursonique $R_1 = CH_3$; $R_2 = H$; $R_3 = OH, H$; $R_4 = COOH$</p> 
<p>Acide asiatique</p> 	<p>Acide shoérique : configuration 24 R</p> <p>Acide eïchlérianique : configuration 24 S</p> 

Tableau 5-1 : Principaux acides présents dans la résine dammar

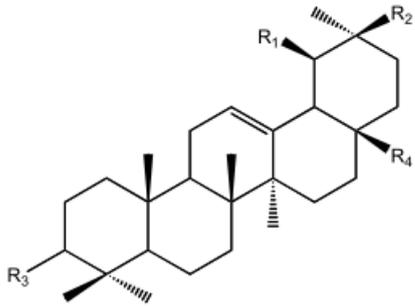
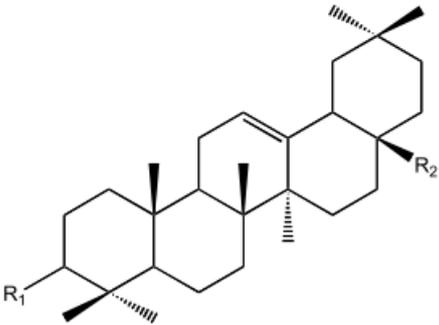
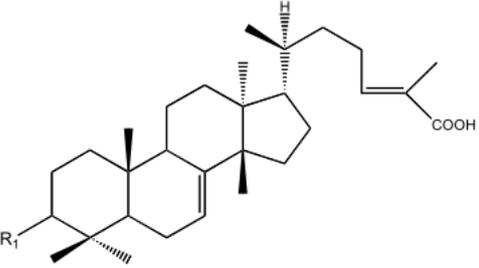
Mastic	
<p>Acide oléanonique $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$; $R_3 = O$; $R_4 = COOH$</p> <p>Acide oléanolique $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$; $R_3 = OH, H$; $R_4 = COOH$</p> <p>Acide ursonique $R_1 = CH_3$; $R_2 = H$; $R_3 = O$; $R_4 = COOH$</p> <p>Acide ursolique $R_1 = CH_3$; $R_2 = H$; $R_3 = OH, H$; $R_4 = COOH$</p> 	<p>Acide moronique $R_1 = O$; $R_2 = COOH$</p> 
	<p>Acide masticadiénonique $R_1 = O$</p> <p>Acide masticadiénolique $R_1 = OH, H$</p> 

Tableau 5-2 : Principaux acides présents dans la résine mastic

Le suivi des premières heures de l'altération par SANS a mis en évidence que l'hydratation des vernis est 100 fois plus importante pour les vernis élaborés à partir d'essence de térébenthine que pour ceux préparés avec du white spirit.

Les vernis ont été préparés en dissolvant la même résine dans deux solvants distincts. Avec l'essence de térébenthine, la résine est entièrement dissoute, il ne reste que quelques impuretés. En revanche, avec le white spirit, une fraction demeure insoluble (figure 5-12). La polarité de l'essence de térébenthine étant légèrement plus élevée que celle du white spirit, elle solubilisera plus facilement les composés polaires. Les analyses comparatives effectuées par GC-MS sur les 4 vernis méthylés selon le protocole décrit dans le chapitre 3, §3.5, ne révèlent pas de différence significative en terme de composition chimique, exceptés les pics correspondant aux solvants. Les vernis préparés avec de l'essence de térébenthine semblent contenir les mêmes composés polaires que ceux préparés avec du white spirit mais en concentration plus importante.

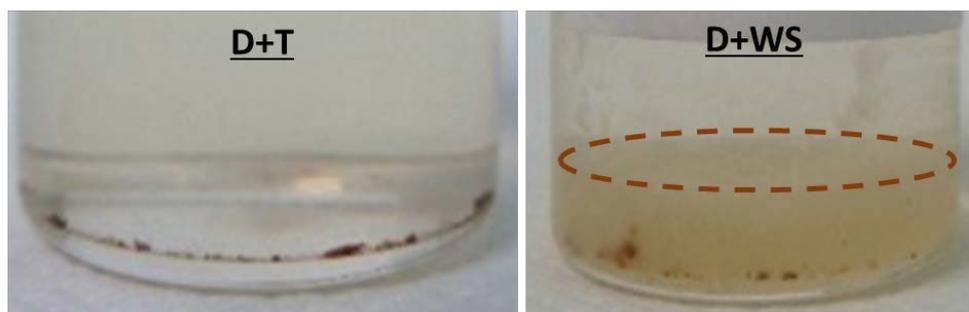


Figure 5-13 : Dissolution de la résine Dammar RN18, Art & Conservation dans de l'essence de térébenthine (T) et du white spirit (WS). A part les impuretés, la totalité de la résine est dissoute dans l'essence de térébenthine. En revanche dans le white spirit, un résidu reste insoluble.

Pour déterminer le nombre de molécules d'acides par unité de volume présents dans les vernis en fonction de la nature de la résine et du solvant, les indices d'acide ont été mesurés par un dosage en retour avec une solution d'hydroxyde de potassium (KOH). Ils sont exprimés en mg de KOH/g. Il apparaît que les vernis préparés avec de l'essence de térébenthine ont un indice d'acide supérieur à ceux préparés avec du white spirit. On peut donc indirectement en déduire que la partie résiduelle contient des composés polaires que le white spirit n'a pas dissous. Par ailleurs, pour un même solvant, les vernis dammar ont un indice d'acide plus important que les vernis mastic (tableau 5-3). Or, les vernis qui s'altèrent le plus rapidement sont ceux préparés avec de l'essence de térébenthine et une résine dammar. Par conséquent, la cinétique d'altération est donc directement proportionnelle à la valeur de l'indice d'acide, c'est-à-dire au nombre d'acides libres. Les vernis préparés avec du white spirit contiennent un acide pour 44 nm³ pour le mastic et un acide pour 26 nm³ pour le dammar. Concernant les vernis élaborés avec de l'essence de térébenthine, la densité d'acide est plus importante avec un acide pour 17 nm³ pour le mastic et un acide pour 14 nm³ pour le dammar.

	Indice d'acide (mgKOH/grésine)	Nombre d'acides libres / nm³
M+WS	2	0.023
D+WS	3.41	0.039
M+T	5.09	0.059
D+T	6.33	0.073

Tableau 5-3 : Indices d'acides des différents vernis permettant de déterminer les concentrations massiques et volumiques en acides libres et le nombre d'acides libres/nm³.

Nous nous sommes ensuite demandés si par analogie avec les chancis de couches picturales, l'apparition des chancis de vernis pourrait être favorisée par la présence de certains éléments chimiques, autrement dit si les groupements carboxyliques peuvent être complexés par des cations. Les résines peuvent, avant d'être recueillies, fixer des cations métalliques dans leur environnement. Les analyses effectuées par PIXE révèlent la présence de traces de calcium, de potassium et de sodium (quelques dizaines de ppm) et d'ultra-traces de fer et de titane (quelques ppm) dans la matrice organique. Des analyses par ICP-AES ont été demandées au Bureau des Analyses du CNRS pour obtenir une quantification plus précise des éléments traces (calcium, sodium et potassium). Le dosage a été effectué après mise en solution des échantillons par minéralisation en milieu acide. Les concentrations élémentaires sont très faibles et la quantité totale de cations est comprise entre 66 et 145 ppm (figure 5-14). Les résultats confirment que le cation le plus présent dans les vernis étudiés est le calcium (entre 28 et 65 ppm), suivi du sodium (entre 21 et 54 ppm) et enfin du potassium (entre 11 et 26 ppm).

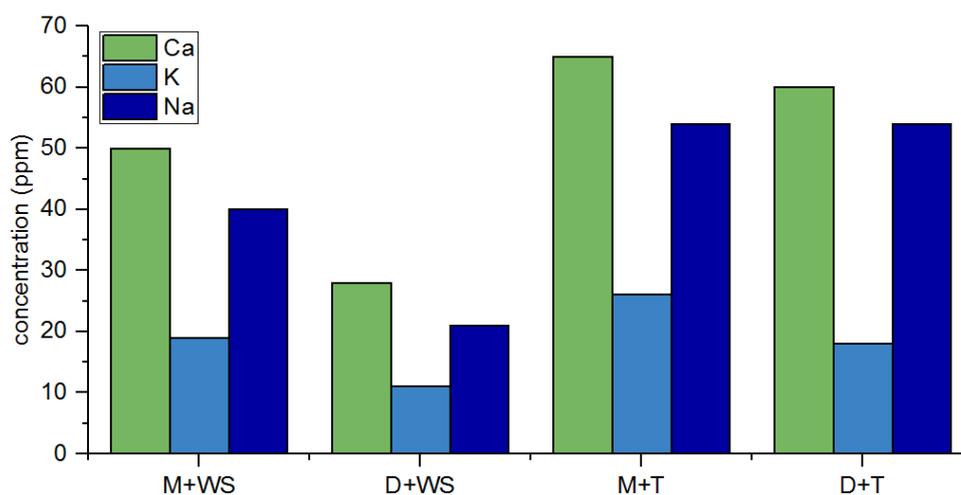


Figure 5-14 : Concentration en calcium, potassium et sodium dans les différents vernis

Dès lors il convient de se demander sous quelle forme les cations sont présents, avec quels anions ils sont associés et d'évaluer la force d'interaction entre les anions et les cations dans les vernis. L'influence de leur présence sur l'apparition de l'altération sera également discutée.

L'énergie potentielle d'interaction entre deux charges q_1 et q_2 séparées par une distance R est définie par :

$$U_{cation-anion} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_{vernis}R^2} \quad /1/$$

où ϵ_0 est la permittivité du vide, ϵ_{vernis} la constante diélectrique des vernis.

Une valeur approximative de la constante diélectrique des vernis et des solvants peut être obtenue à partir de la partie réelle de leur indice de réfraction :

$$\varepsilon_{\text{vernis}} = n_{\text{vernis}}^2 = (1.55)^2 = 2.4 ;$$

$$\varepsilon_{\text{white spirit}} = n_{\text{white spirit}}^2 = (1.43)^2 = 2.04 ;$$

$$\varepsilon_{\text{essence de térébenthine}} = n_{\text{essence de térébenthine}}^2 = (1.47)^2 = 2.16.$$

A titre de comparaison, la constante diélectrique de l'eau est de 78.5. Plus la constante diélectrique sera faible, plus l'énergie d'interaction sera élevée et l'attraction sera grande. Les ions sont donc dissociés en milieu polaire mais associés en milieu apolaire.

Dans les vernis, les cations monovalents (potassium, sodium) et bivalents (calcium) seront par conséquent associés à un ou deux anions. Aucun anion inorganique n'a été mis en évidence lors des analyses. Les acides carboxyliques ont une constante de dissociation pK_A , faible (entre 4 et 5), ils peuvent donc facilement être déprotonés. Les cations métalliques mis en évidence sont donc associés aux ions carboxylates $-\text{COO}^-$. Néanmoins, aucune corrélation ne peut être faite entre la cinétique d'altération et le pourcentage d'acides neutralisés par les cations (tableau 5-4). Il apparaît par conséquent que le facteur déterminant la cinétique soit la quantité d'acide totale présente dans les vernis. Le fait que les acides carboxyliques soient liés à des cations métalliques ou non est secondaire.

	Molalité calcium	Molalité potassium	Molalité sodium	Molalité totale RCOOM	Molalité acides RCOOH	$\frac{Mol_{RCOOM}}{Mol_{RCOOM} + Mol_{RCOOH}}$ (1)
M+WS	1.3E-02	4.9E-03	1.7E-02	3.5E-02	3.6E-02	0.49
D+WS	7.0E-03	2.8E-03	9.1E-03	1.9E-02	6.1E-02	0.24
M+T	1.6E-02	6.7E-03	2.4E-02	4.6E-02	9.1E-02	0.34
D+T	1.5E-02	4.6E-03	2.4E-02	4.3E-02	1.1E-01	0.28

Tableau 5-4 : Calcul de la molalité (en mol/kg de résine) des cations et du ratio nombre d'acides complexés sur le nombre total d'acides pour les 4 vernis. Les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques sont respectivement notés R-COOH et R-COOM. Lors de la détermination de l'indice d'acide, les acides complexés ne sont pas dosés. Par conséquent, le ratio du nombre d'acides complexés sur le nombre total d'acides est défini par (1).

Conclusion partielle

Les vernis sont des matériaux apolaires avec une faible constante diélectrique. La partie résinique contient néanmoins des groupements polaires et leur concentration a une influence manifeste sur la cinétique d'hydratation. Le fait que les ions carboxylates soient associés à un hydrogène ou à un cation métallique a en revanche peu d'impact.

Les résines triterpéniques naturelles sont donc constituées de nombreuses molécules présentant divers degrés de polarité du polymère hydrocarbonée aux triterpènes porteurs de groupements polaires : carboxyle et hydroxyle. Dans la suite de la discussion, les vernis seront assimilés à des ionomères. Les ionomères sont des matériaux présentant une chaîne principale apolaire avec des groupements ionisables disposés aléatoirement et dont la fraction molaire ionique reste inférieure à 15 % (Hohlbein *et al.* 2015). Dans les ionomères, les groupements polaires ségrègent (séparation microphasique) et se regroupent en clusters (ou agrégats) dans une matrice apolaire (Eisenberg 1970, Hsu et Gierke 1982, Dreyfus 1985, Dreyfus *et al.* 1990, Eisenberg *et al.* 1990, Slusarczyk et Wlochowicz 1997, Bose *et al.* 2015, Hohlbein *et al.* 2015).

Les acides carboxyliques R-COOH et les carboxylates métalliques R-COOM présentent simultanément un caractère apolaire et polaire. Le groupement R est apolaire et hydrophobe, alors que le groupement RCOOH/M est polaire. Les groupements -OH et C=O peuvent former des liaisons hydrogènes et les molécules d'acides ou de sels d'acides organiques dimérisent (figure 5-15).

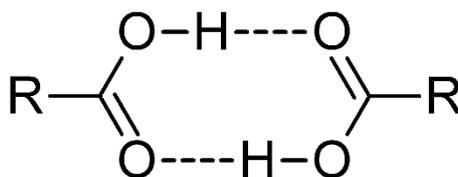


Figure 5-15 : Formation d'un dimère par des ponts hydrogène.

L'énergie d'interaction entre les ions est élevée en milieu apolaire (équation /1/) et les paires d'ions peuvent se regrouper pour former des « poches ioniques » (Ward et Tobolsky 1967). En 1970, Eisenberg propose un modèle physique pour expliquer le regroupement des ions dans les ionomères (Eisenberg 1970). Il montre que dans les milieux organiques de faible constante diélectrique, les ions se regroupent en paires d'ions ou en multiplets plus importants. Eisenberg et Dreyfus ont étudié les multiplets et concluent que le quadruplet est l'association la plus stable (Eisenberg 1970, Dreyfus 1985, Eisenberg *et al.* 1990). En effet, les regroupements sont limités par des contraintes stériques liées au fait que les groupements ioniques sont portés par des macromolécules. Le positionnement d'une paire d'ions dans un multiplet nécessite l'introduction simultanée de la partie apolaire de la macromolécule et réduit l'ampleur de l'interaction. La figure 5-16, présente l'arrangement de carboxylates métalliques sous forme de quadruplet.

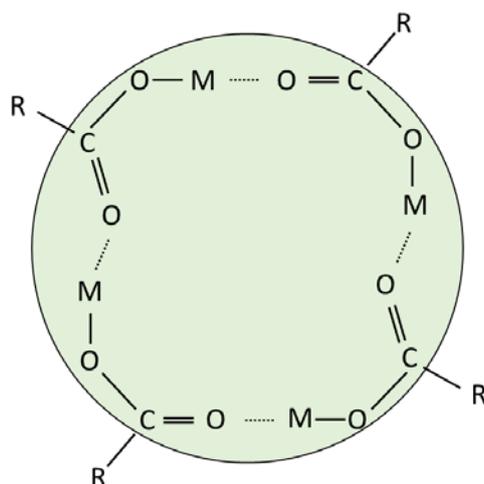


Figure 5-16 : Quadruplets d'acides carboxyliques et de carboxylates métalliques.

Eisenberg a ensuite démontré que l'énergie d'interaction entre les multiplets est suffisamment forte pour qu'ils puissent s'attirer (Eisenberg 1970). L'attraction faible de grande portée entraîne alors la formation de clusters ioniques (figure 5-17). Il en résulte une microségrégation de phase à l'échelle nanométrique entre la matrice apolaire et les domaines ioniques.

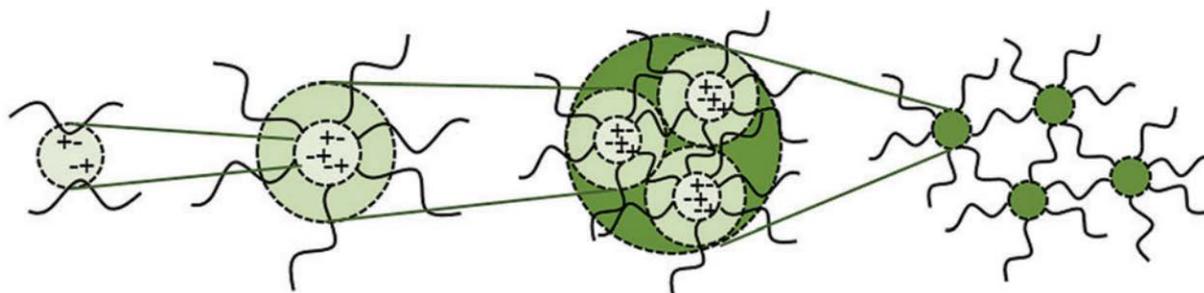


Figure 5-17 : Modèle d'Eisenberg-Hird-Moore décrivant la formation d'une structure hiérarchique dans les ionomères : paire d'ion > multiplet > cluster ionique > ionomères. Tiré de Hohlbein *et al.* 2015.

Ainsi, les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques sont ordonnés à l'échelle nanométrique selon une structure similaire à celle proposée par Ward *et al.* (figure 5-18) (Ward et Tobolsky 1967). Les groupements R sont assimilés sur ce schéma à des chaînes aliphatiques qui peuvent être porteuses de plusieurs groupements ioniques. Dans le cas des vernis, l'arrangement est légèrement différent puisqu'il n'y a qu'une fonction $-\text{COOH}$ ou $-\text{COOM}$ par molécule et que cette dernière présente une structure multicyclique (tableau 5-1 et 5-2). L'encombrement dû à l'effet stérique est donc plus important. De plus, le type de cation n'a pas d'influence sur la formation des clusters (Ward et Tobolsky 1967).

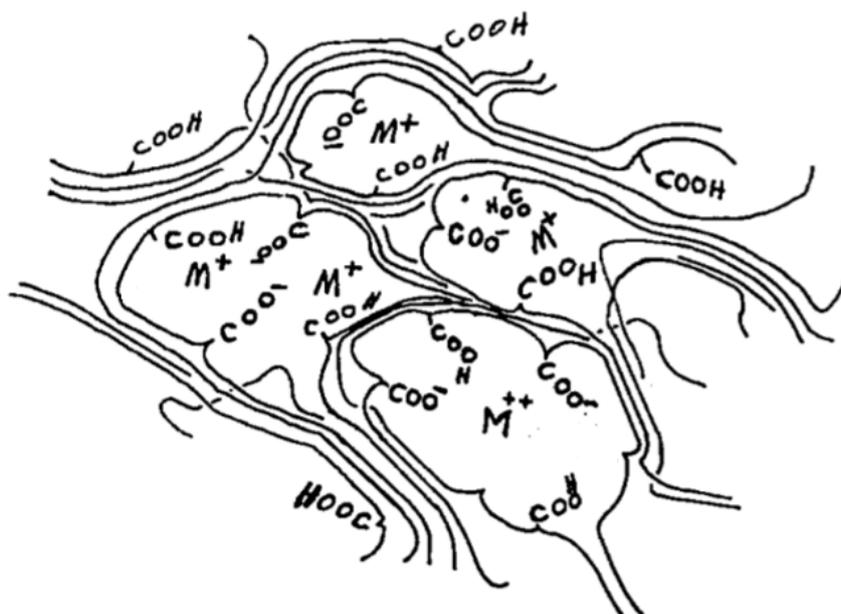


Figure 5- 18 : Structure présumée des vernis naturels (adaptée de Ward et Tobolsky, 1967).

Conclusion partielle

En milieu apolaire, la force d'interaction entre les anions et les cations est forte. Par conséquent, les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques présents dans les vernis se regroupent pour former des dimères, puis des multiplets et enfin des clusters ioniques.

1.7.2. Invasion des groupements par H_2O ou D_2O

Les observations effectuées par MEB-FEG ont montré que les vernis non altérés ne contiennent pas de pores. La formation de ces derniers est donc la conséquence directe de l'absorption d'eau dans le matériau.

L'eau a une constante diélectrique très élevée ($\epsilon_{eau} = 78.5$ à température ambiante) et un moment dipolaire ($\mu = 1.84$ Debye). En tant que solvant, elle possède donc une forte capacité d'ionisation et de dissociation. Lors de l'hydratation du vernis, les clusters polaires contenant des paires d'ions, des doublets et des quadruplets sont transférés d'un environnement hydrocarboné ($\epsilon_{verniss} = 2.4$; $\epsilon_{white\ spirit} = 2.04$ et $\epsilon_{essence\ de\ térébenthine} = 2.16$) à un environnement aqueux et ils sont dissociés. Les cations monovalents sont plus facilement dissociables que les cations bivalents.

L'énergie dissociation d'une paire d'ions dans le vernis est définie par :

$$U_1 = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0\epsilon_{\text{vernis}}(a_+ + a_-)} \quad /2/$$

où e est la charge élémentaire $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, ϵ_0 est la permittivité du vide, $a_+ + a_-$ la somme des rayons des cations et des anions, ϵ_{vernis} est la constante diélectrique des régions vernis.

La variation de l'énergie électrostatique de chaque ion lors de la modification de l'environnement chimique autour des ions par :

$$U_2 = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_+} \left(\frac{1}{\epsilon_{\text{eau}}} - \frac{1}{\epsilon_{\text{vernis}}} \right) + \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_-} \left(\frac{1}{\epsilon_{\text{eau}}} - \frac{1}{\epsilon_{\text{vernis}}} \right) \quad /3/$$

où ϵ_{eau} est la constante diélectrique des régions aqueuses

La constante diélectrique de l'eau étant beaucoup plus grande que celle du vernis, l'expression de U_2 peut être simplifiée :

$$U_2 = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0\epsilon_{\text{vernis}}} \left(\frac{1}{a_+} + \frac{1}{a_-} \right) \quad /4/$$

La variation totale de l'énergie électrostatique par paire d'ions est :

$$\Delta U = U_1 + 2U_2. \quad /5/$$

Ainsi, pour une distance ionique de 0,2 nm ($a_+ = a_- = 0,2$ nm), le changement est de 7×10^{-20} J. A température ambiante, l'énergie d'agitation thermique vaut $4,11 \times 10^{-21}$ J. La variation d'énergie électrostatique est donc 17 fois plus importante que l'énergie de l'agitation thermique.

En prenant l'exemple d'une paire d'ions hydratés par 8 molécules d'eau, la variation de volume est :

$$\Delta V = 24 \times 10^{-29} \text{ m}^3 = 0.24 \text{ nm}^3$$

et la pression de gonflement est :

$$P_{\text{gonfl}} = \Delta U / \Delta V = 2.9 \times 10^8 \text{ Pa.}$$

La pression de gonflement électrostatique est opposée à la pression de Laplace P_L du cluster liée à sa tension de surface γ par :

$$P_L = 2 \gamma/R. \quad /6/$$

où R est le rayon

Pour une tension de surface correspondant à une interface entre un milieu aqueux et apolaire de $\gamma = 50 \times 10^{-3} \text{ J.m}^{-2}$, la pression de gonflement des régions aqueuses est supérieure à la pression de Laplace pour toutes les régions aqueuses ayant un rayon supérieur à $R_{\min} = 2\gamma/P_L = 0.35 \text{ nm}$. Les clusters polaires vont par conséquent être hydratés spontanément en présence de molécules d'eau. La variation de volume induite par l'hydratation des clusters conduit à la formation de pores responsables d'une expansion non négligeable de la matière. Le gonflement a été observé expérimentalement par microscopie numérique 3D et OCT sur des œuvres d'art et des systèmes modèles.

Le contenu en eau à un instant t est lié à la diffusion de l'eau dans le matériau et au nombre de clusters. La formation de clusters dépend de plusieurs paramètres. Le premier est évidemment la quantité de groupements carboxylates présents dans la couche de vernis. En effet, pour des concentrations faibles, les ions seront éloignés et l'énergie d'attraction entre deux ions ne sera pas suffisante pour permettre leur regroupement. Par ailleurs, la vitesse d'évaporation de l'essence de térébenthine est beaucoup plus lente que celle du white spirit (Masschelein-Kleiner 1991). Le solvant facilitant la mobilité des molécules, les groupements ioniques auront plus le temps de se regrouper en cluster dans les vernis préparés avec de l'essence de térébenthine. La polarité des solvants peut aussi orienter ou non leur formation. Ainsi, les vernis élaborés à partir d'essence de térébenthine sont ceux qui contiennent le plus d'acides carboxyliques ou de carboxylates métalliques et ceux pour lesquels la formation de clusters est la plus favorisée. Ce sont donc ceux qui chancissent le plus.

Conclusion partielle

La variation de volume induite par l'hydratation des clusters ioniques induit la formation des pores. Par conséquent, plus le vernis contient de régions polaires, plus la cinétique d'altération et le gonflement sont importants.

1.7.3. Diffusion de l'eau

Les analyses effectuées par SANS, MEB-FEG et OCT ont démontré que la pénétration de l'eau dans les couches de vernis est progressive. A un instant t , la quantité d'eau contenue dans une couche de vernis est indépendante de son épaisseur et croît avec le temps d'hydratation. L'eau pénètre dans le matériau, sature les régions polaires et continue à progresser, si bien que la profondeur de pénétration et donc l'épaisseur altérée augmentent avec le temps. La pénétration de l'eau dans les couches de vernis s'apparente donc à un cas de diffusion unidimensionnelle (figure 5-19).

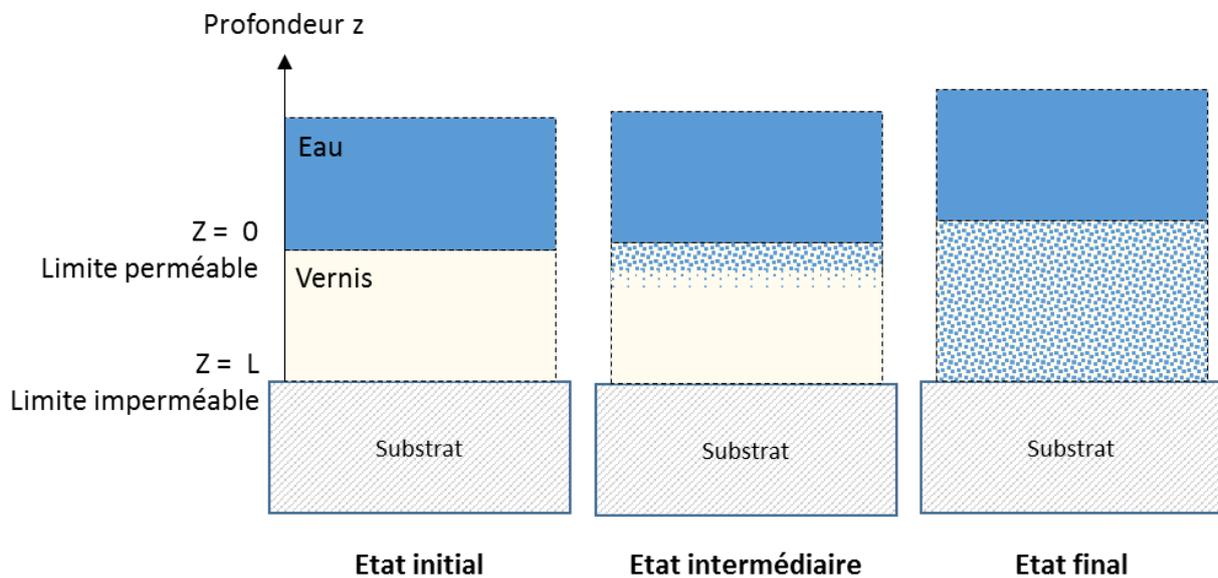


Figure 5-19 : Modèle de la cinétique de pénétration de l'eau dans les films de vernis. A l'état initial, le vernis appliqué sur un substrat est immergé dans de l'eau, qui pénètre ensuite progressivement dans la couche par diffusion. La distribution inhomogène de l'eau dans un plan parallèle à la surface à une épaisseur z est ignorée.

La pénétration de l'eau peut être modélisée par la seconde loi de diffusion de Fick qui décrit la variation de concentration d'une espèce en fonction du temps et de la profondeur z . Elle relie la dérivée première de la concentration par rapport au temps en un point à la dérivée seconde de la concentration par rapport à une distance :

$$\frac{\delta c}{\delta t} = D \frac{\delta^2 c}{\delta z^2} \quad /7/$$

où c est la concentration en mol/m^3 ; z la position (en m) ; t le temps (en s) et D le coefficient de diffusion des molécules d'eau dans les régions aqueuses (en $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$) indépendant de la concentration.

Dans le cas d'une diffusion unidimensionnelle, la solution de l'équation différentielle partielle /7/ à une profondeur z et un temps t s'écrit :

$$n(z, t) = n_0 \operatorname{erfc} \left(\frac{z}{2\sqrt{Dt}} \right) \quad /8/$$

Où erfc défini par $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$ est la fonction erreur complémentaire et n_0 correspond à la concentration en eau dans le film proche de la limite eau/vernis.

Par conséquent, la quantité totale d'eau dans le film, mesurée lors de l'expérience de SANS, peut être également déterminée en intégrant l'équation 8 sur toute l'épaisseur remplie d'eau :

$$h\varphi_{eau} = Q(t) = \sum_{z=0}^{z=L} n(z, t) dz(t) \quad /9/$$

où h est l'épaisseur hydratée et φ_{eau} la fraction volumique de l'eau.

Les données expérimentales ont été simulées en ajustant le coefficient de diffusion D et la concentration n_0 dans le film (figure 5-20).

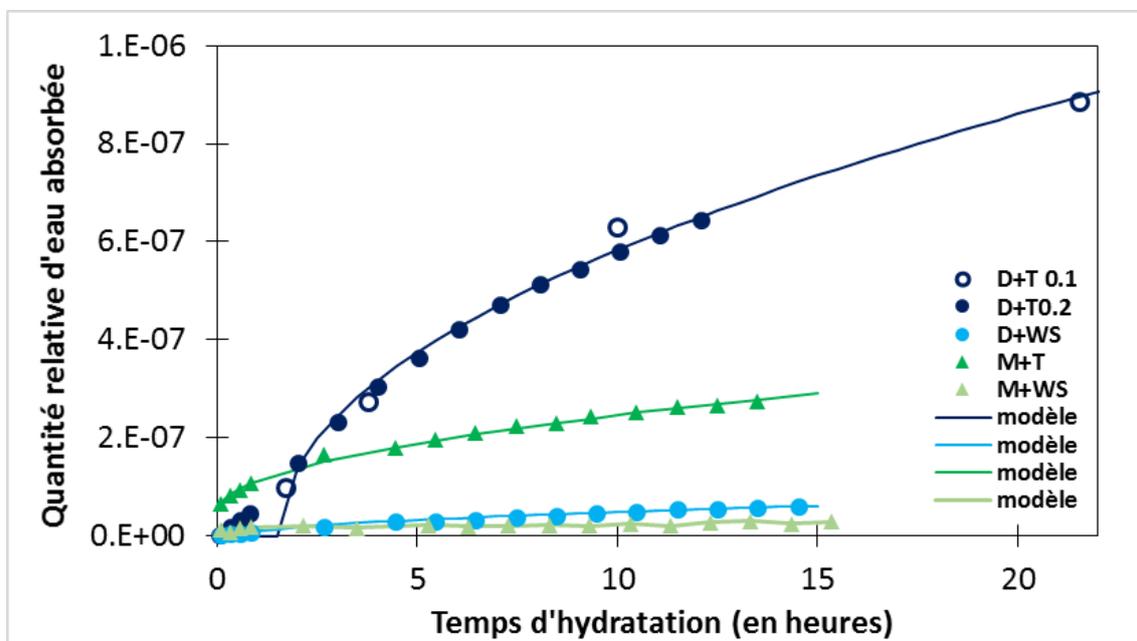


Figure 5- 20 : Modélisation à partir de la loi de Fick de la quantité relative totale d'eau présente dans les couches de vernis, en fonction du temps.

Le fait que l'accord entre les données expérimentales et simulées soit bon, confirme que la pénétration de l'eau est induite par un procédé de diffusion linéaire modélisable par la seconde loi de Fick. Les expérimentations complémentaires ont montré que la cinétique d'altération était dépendante de la température. D'après la loi d'Arrhenius, l'augmentation de la température favorise la mobilité des molécules et donc la diffusion de l'eau :

$$D = D_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad /10/$$

où D est le coefficient de diffusion en $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, E_a est l'énergie d'activation de la réaction, R est la constante des gaz parfaits ($8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), T est la température en Kelvin

Plus le vernis sera craquelé et oxydé, plus la pénétration de l'eau sera rapide et l'altération importante. En effet, les craquelures augmentent la surface de contact entre l'eau et le vernis et l'oxydation augmente la polarité du vernis. De plus, comme évoqué précédemment, le solvant peut faciliter la mobilité des molécules et donc la formation de clusters. Cependant, il peut également indirectement favoriser la pénétration de l'eau dans le matériau. En effet, l'évaporation du solvant est susceptible de laisser des nanovides dans le matériau. Ainsi plus la quantité de solvant est importante, plus les défauts morphologiques et les canaux entre la surface et les profondeurs du vernis sont nombreux. La diffusion de l'eau à travers le réseau macromoléculaire est donc facilitée et la cinétique d'altération accélérée. De plus, plus la vitesse d'évaporation du solvant est lente, plus les molécules polaires auront le temps de se regrouper et de former des clusters.

Conclusion partielle

La diffusion de l'eau est progressive dans les vernis. Par conséquent, l'épaisseur de la couche altérée augmente avec le temps d'hydratation. L'altération est dépendante de l'état du vernis et de la quantité de solvant présent au moment de son application.

1.7.4. Augmentation de la taille des régions aqueuses lors de l'hydratation

Les observations effectuées par MEB-FEG à différents temps d'hydratation ont mis en évidence une augmentation de la taille des pores au cours de l'altération. Les analyses de DSC n'ont pas permis de déterminer la température de transition vitreuse du vernis hydraté.

Cependant, compte tenu de la quantité d'eau absorbée, il est supposé que cette dernière diminue. A la température ambiante, le vernis hydraté serait non plus vitreux mais légèrement caoutchouteux et la mobilité des molécules serait favorisée. Le mécanisme de grossissement des pores s'apparente au murissement d'Ostwald pour les pores de petites tailles (Voorhees 1985). En effet, la pression de Laplace et l'énergie de surface des pores est d'autant plus faible que leur taille est grande. Ainsi, comme le système tend à évoluer spontanément vers l'état d'énergie le plus bas, l'eau des petites régions aqueuses est transférée aux plus grosses par diffusion moléculaire. Le fait de diminuer le ratio surface/volume permet de minimiser les interfaces avec le milieu apolaire environnant. Ensuite pour des pores de plus grandes tailles, les images MEB-FEG du vernis élaboré à partir de résine dammar HMB-BDA et d'essence de térébenthine démontre que l'augmentation de la taille des pores est induite par un mécanisme de coalescence (figure 5-21).

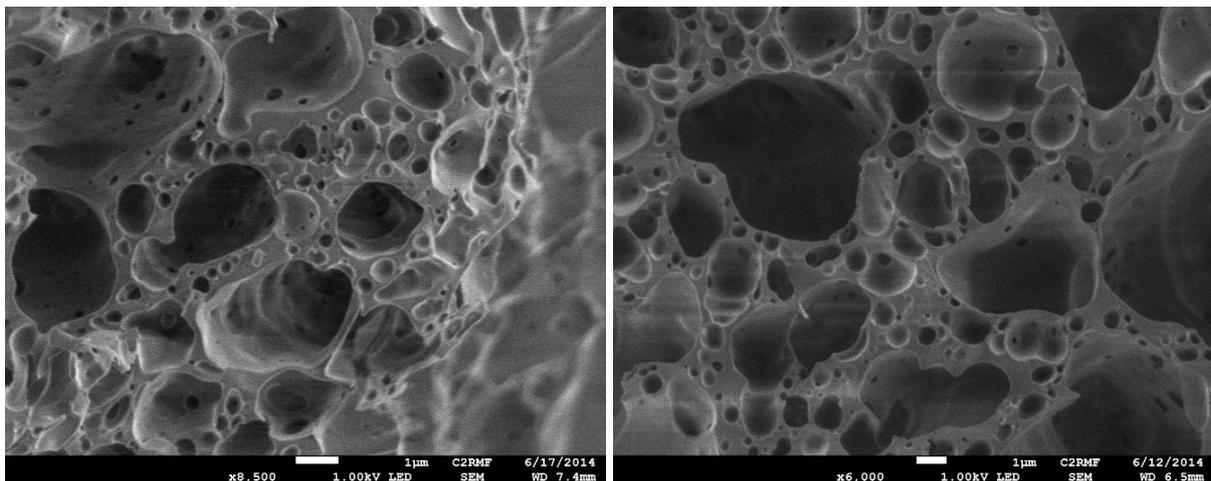


Figure 5- 21 : Images MEB d'un échantillon modèle de vernis dammar mettant en évidence une augmentation de la taille des pores selon un phénomène de murissement d'Ostwald. Barres d'échelle : 1 µm.

Les gros pores ont une forme moins sphérique que les petits traduisant qu'ils ont été formés par association de plusieurs pores. De plus, il est intéressant de noter que des petits pores non encore annexés sont présents tout autour des gros pores. L'augmentation de la taille des pores est limitée par l'élasticité du matériau. Si les pores grossissent trop, le matériau peut perdre sa cohésion. Un stade d'altération aussi avancé avait été observé à l'échelle macroscopique dans les zones les plus altérées de la peinture de Louis Crignier.

Conclusion partielle

L'augmentation de la taille des régions aqueuses est induite par un phénomène de murissement puis de coalescence.

1.7.5. Phénomènes induits par la déshydratation

L'altération induite par l'hydratation des couches de vernis persiste généralement lorsque l'eau s'évapore. En effet, si la matrice organique ne s'affaisse pas sous l'effet de sa tension de surface, les pores subsistent. La stabilité mécanique des pores peut être atteinte si le coût de la déformation de la matrice qui entoure la cavité excède le gain résultant de son élimination. C'est-à-dire si la rigidité du matériau est plus grande que la pression de Laplace. Cette condition est donc satisfaite si :

$$GR^3 > \gamma R^2 \quad \text{soit} \quad R > \frac{\gamma}{G} \quad /11/$$

où R est le rayon des pores, G le module de rigidité (module de Coulomb) et γ la tension interfaciale entre l'eau et le vernis.

Par ailleurs, les analyses effectuées par DSC ont montré que les vernis altérés et non altérés sont des systèmes amorphes vitreux à température ambiante. Elles révèlent que les températures de transition vitreuse des échantillons altérés sont supérieures à celles des échantillons non altérés. Il est en effet probable que certaines molécules d'eau liées au vernis demeurent après évaporation de l'eau. La formation de liaison hydrogène entre les molécules d'eau et le vernis diminue la flexibilité du matériau et induit une augmentation de la température de transition vitreuse. Ainsi, les vernis chancis présentent un caractère vitreux plus important. Alors que l'état caoutchouteux aurait favorisé la mobilité moléculaire et le comblement des pores, l'état vitreux garantit leur maintien.

Nos expérimentations ont montré que pour des stades d'altération très peu avancés, le vernis pouvait redevenir transparent lors du séchage, signe que les pores disparaissent. Les plus petites tailles de pores observées par MEB-FEG après séchage sont comprises entre 25 et 30 nm (verniss mastic Sennelier immergé 1.5 jours – chapitre 4, §1.2.1). Ainsi, il est probable que les pores de taille inférieure à 25 nm collapsent lors du séchage mais que ceux de taille supérieure à l'origine du blanchiment subsistent.

L'évaporation de l'eau présente dans les pores accentue l'opacification des couches de vernis. Ce phénomène optique a été noté lors du séchage des œuvres du Musée Girodet. Les œuvres paraissent moins altérées en sortie de réserve qu'après le début de l'évaporation de l'eau résiduelle (figure 5-22). L'intensité de la lumière diffusée est proportionnelle à la différence d'indice de réfraction. Plus la différence est grande, plus la diffusion sera importante. Or, lorsque l'eau présente dans les pores s'évapore et est substituée par de l'air, la différence d'indice de réfraction augmente :

$$\Delta n = n_{\text{vernis}} - n_{\text{eau}} = 1.55 - 1.33 = 0.22$$

$$\Delta n = n_{\text{vernis}} - n_{\text{air}} = 1.55 - 1.0 = 0.55$$



Figure 5-22 : Pierre-François-Eugène Giraud, Souvenir de la Sierra Nevada (esquisse) dit aussi Les Muletiers espagnols, entre 1846 et 1850, N°d'inv. 885.8, huile sur bois, Musée Girodet, Montargis. a) photographie en sortie de réserve. La surface de l'œuvre présente des traces de boue mais paraît peu changée © Musée Girodet b) photographie effectuée 6 mois après l'inondation © C2RMF/J. Réquillé

Conclusion partielle :

Lors du séchage des vernis, les pores se vident de leur contenu en eau par évaporation mais les cavités subsistent. La lumière est alors diffusée par les pores, ce qui induit un blanchiment à l'échelle macroscopique.

1.8. Influence du support et des couches picturales sous-jacentes

Lors de l'inondation de mai 2016, les collections du Musée Girodet à Montargis ont été immergées pendant plus de 3 jours et la quasi-totalité des peintures présentent désormais des opacifications sévères. Parmi les 68 œuvres, 35 ont fait l'objet d'un examen approfondi à l'échelle macroscopique en vue de constituer un corpus réduit représentatif composé de 17 œuvres. Toutes les œuvres ont été soumises aux mêmes conditions d'humidité et de température, pourtant elles présentent des degrés d'altération très différents. Nous nous sommes alors interrogés sur l'influence du support dans la propension d'un vernis à chancier. Parmi les 35 œuvres chancées examinées, 3 sont exécutées sur cuivre, 5 sur papier ou carton, 1 sur bois et 26 sur toile. Les chancis des peintures sur cuivre et sur papier/carton semblent plus superficiels que ceux sur bois et sur toile. Le tableau 5-5 présente l'œuvre la plus dégradée pour chaque type de support.

Une explication intuitive mais erronée serait de considérer que comme le support cuivre est imperméable, les œuvres sur cuivre sont moins enclines à chancier que les autres. Or l'imperméabilité du support ne les protège pas de la pénétration de l'eau par la face. Quel que soit le support, en présence d'humidité, l'eau va pénétrer par le recto de l'œuvre dans le vernis puis éventuellement dans la couche picturale et provoquer la formation de chancis. Pour pénétrer, l'eau liquide ou l'humidité doit être en contact avec la couche. L'eau pénétrant par le revers de l'œuvre ne causera pas de chancis de vernis car elle rencontrera le front de diffusion issu de la face, avant d'atteindre le vernis et le système se stabilisera. Le mécanisme est donc complètement indépendant de la nature du support. L'influence du support est en réalité indirecte. En effet, les peintures sur cuivre et sur papier présentent moins de craquelures que celles sur toile et sur bois. L'eau diffusera donc moins facilement dans l'œuvre et les chancis seront plus superficiels. Aucune influence significative de la nature de la préparation (blanche ou rouge) n'a été mise en évidence pour les mêmes raisons.



Tableau 5-5 : Photographie de l'œuvre présentant l'apparence la plus dégradée pour chacun des supports étudiés. **Cuivre** : Frans Francken le Vieux (att. à), *Scène de la Passion ; Jésus insulté*, huile sur cuivre, n° d'inv. 885.1, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Réquillé ; **Papier** : Anonyme, *Autoportrait de Rembrandt*, huile sur papier, n° d'inv. 887.1.7, Musée Girodet, Montargis, © C2RMF/J. Réquillé ; **Bois** : Eugène Giraud, *Muletiers espagnols*, (esquisse), huile sur bois, n° d'inv. 885.8, Musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Réquillé ; **Toile** : Alexandre Dumeis, *Intérieur de l'église de Montargis avant sa restauration*, huile sur toile, n° d'inv. 874.21, musée Girodet, Montargis © C2RMF/J. Réquillé.

En revanche, l'examen des œuvres du Musée Girodet a révélé que les couches picturales sous-jacentes pouvaient avoir un impact sur les chancis de vernis. Sur certaines œuvres, les chancis sont localisés. Des illustrations sont consultables dans le chapitre 4, §1.1.1. Des analyses ont été entreprises par fluorescence X pour déterminer les compositions chimiques des zones chancies et non chancies. Les cartographies élémentaires de 4 œuvres sont présentées dans les tableaux 5-6 à 5-9. Les zones blanches correspondent à des zones de présence de l'élément considéré. La cartographie de la raie M du plomb correspond au plomb de surface et celle de la raie K au plomb de l'ensemble de l'œuvre, incluant la préparation. Les analyses confirment que les zones très riches en blanc de plomb comme les carnations ne chancissent pas ou peu. L'arbre présenté dans le tableau 5-9 contient certes du plomb mais en plus faible proportion et le vernis a chanci. L'influence des autres éléments chimiques est moins nette. Il est difficile d'établir des corrélations. Le calcium semble inhiber l'altération dans certains cas et la favoriser dans d'autres. Le rôle du fer est également complexe à interpréter. Il convient toutefois de noter que lorsque la couche sous-jacente est riche en terre, le vernis a tendance à chancier. Il n'est pas improbable que certains cations métalliques aient migré dans la couche de vernis dans les clusters ioniques et favorisent leur gonflement lors de l'hydratation. Il serait intéressant de corroborer ou d'infirmer ces observations sur un corpus d'œuvres plus important pour évaluer si des tendances claires se dégagent. Néanmoins, il semblerait que comme précédemment, le paramètre qui influence le plus le développement de l'altération soit la présence ou l'absence de craquelures. En effet, les couches riches en blanc de plomb présentent un réseau de craquelures moins dense que les autres et ce sont celles qui chancissent le moins.

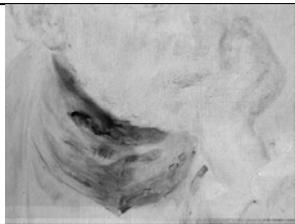
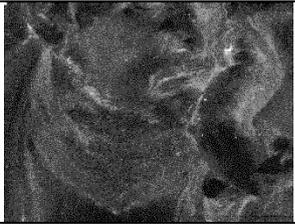
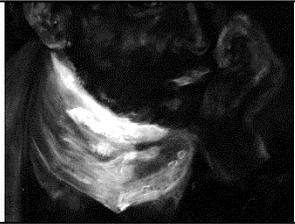
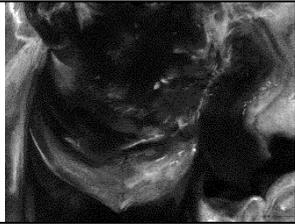
Lumière visible	Lumière UV	Plomb L α	Plomb M
			
Calcium K α	Mercure L α	Fer K α	
			

Tableau 5-6 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. François-Hippolyte Debon, *Portrait d'Alexandre Dumeis* (détail), huile sur toile, n° inv. 874.28, Musée Girodet, Montargis

Lumière visible	Lumière UV	Plomb $L\alpha$	Plomb M	Calcium $K\alpha$
				
Mercure $L\alpha$	Fer $K\alpha$	Cobalt $K\alpha$	Zinc $K\alpha$	
				

Tableau 5-7 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. Alexandre Menjaud, *Les Adieux de Girodet à son atelier* (détail), huile sur toile, n° inv. 968.2, Musée Girodet, Montargis

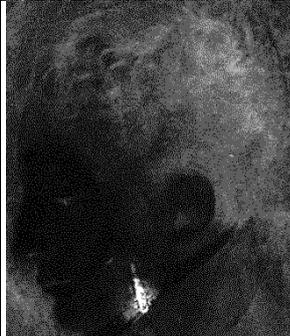
Lumière visible	Lumière UV	Plomb $L\alpha$	Plomb M
			
Mercure $L\alpha$	Fer $K\alpha$	Calcium $K\alpha$	Manganèse $K\alpha$
			

Tableau 5-8 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Le jeune Trioson* (détail), huile sur toile, n° inv. 968.1, Musée Girodet, Montargis.

Lumière visible	Lumière UV	Plomb $L\alpha$	Plomb M
			
Calcium $K\alpha$	Mercure $L\alpha$	Fer $K\alpha$	Manganèse $K\alpha$
			

Tableau 5-9 : Photographies en lumière visible et UV © C2RMF/P. Salinson. Cartographies de fluorescence X. Anne-Louis Girodet-Trioson / Jean-Pierre Pequignot, *Chasseur dans un paysage* (détail), huile sur toile, n°inv. 988.3, Musée Girodet, Montargis

1.9. Pourquoi les vernis synthétiques ne chancissent-ils pas ?

Les vernis synthétiques étudiés (Laropal A 81, Régalrez 1094, Paraloïd B72 et MS2A) présentent une très bonne stabilité hygrométrique et ne chancissent pas. Leur composition chimique est présentée dans le tableau 5-10.

Les molécules constitutives des vernis synthétiques ne contiennent pas de groupements ionisables. Elles ont un fort caractère hydrophobe et ne sont donc pas solvatées en présence d'eau. Par conséquent, il n'y aura aucun phénomène de micro-ségrégation. Les mécanismes décrits précédemment pour les vernis naturels ne peuvent donc pas s'appliquer. La présence d'eau à la surface de vernis synthétiques n'entraînera pas d'altération. L'examen des œuvres du Musée Girodet a mis en évidence que des restes de vernis naturels présents sous un vernis synthétique pouvaient chancier, si ces derniers présentaient des micro-craquelures.

Nom	Monomère	Formule générique
Laropal A81 résine urée-aldéhyde	Urée Formaldéhyde Isobutyraldéhyde	
Régalez résine hydrocarbonée	Styrène Alpha-méthyl-styrène	
Paraloid B72 résine acrylique	Méthacrylate d'éthyle (70 %) Acrylate de méthyle (30 %)	
MS2A résine cétonique	3-Méthyl-cyclohexanone Méthanol	

Tableau 5-10 : Composition chimique des vernis synthétiques étudiés

2. Etude de la formation des pores dans les liants des couches picturales

La première partie du chapitre a permis de proposer un mécanisme physico-chimique concernant la formation des pores dans les vernis. L'objectif de cette seconde partie est d'évaluer s'il peut être transposé aux chancis de couches picturales.

2.1. Résultats

Les chancis de vernis et de couches picturales sont tous deux induits par l'humidité. Ils présentent les mêmes caractéristiques à l'échelle macroscopique (perte de transparence) et à l'échelle microscopique (présence de pores de taille majoritairement submicronique). Comme pour les chancis de vernis, aucune différence n'a été mise en évidence lors de la comparaison de spectres IRTF ou de chromatogrammes GC-MS de prélèvements non chancis et chancis. Il est donc envisageable que le mécanisme qui conduit à la formation des pores soit analogue.

Les analyses effectuées au MEB-EDS sur des coupes stratigraphiques révèlent que les couches picturales chancies présentent une caractéristique commune. Elles sont toutes très riches en carbonate de calcium par comparaison avec des œuvres non chancies exécutées à la même époque (tableau 5-11). Les analyses par IRTF ont permis d'associer le calcium à du

carbonate de calcium (figure 5-23). La bande large autour de $1410\text{-}1440\text{ cm}^{-1}$ est en effet caractéristique de la vibration d'élongation asymétrique des ions carbonates CO_3^{2-} . Les autres bandes propres aux carbonates à 713 cm^{-1} (déformation symétrique CO_3^{2-}), 875 cm^{-1} (déformation asymétrique CO_3^{2-}) sont également présentes.

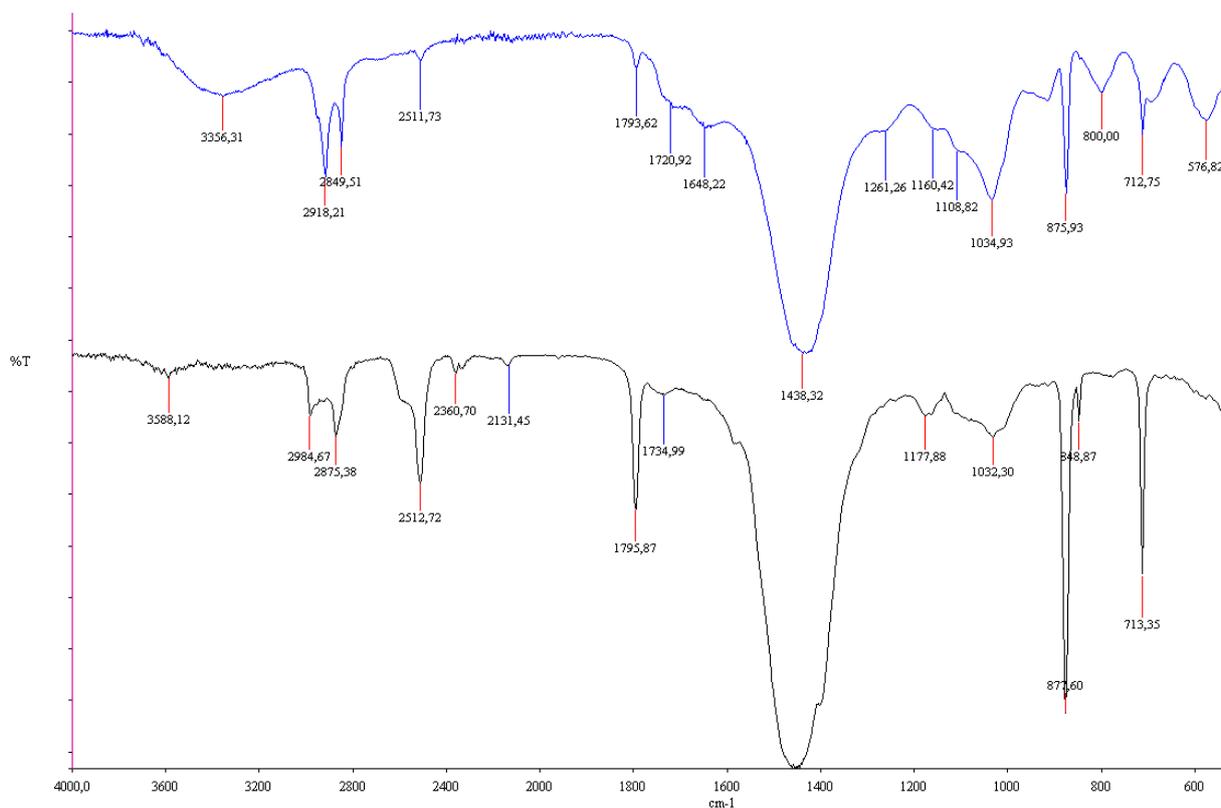


Figure 5-23 : Comparaison entre le spectre obtenu pour le prélèvement Aurore 1 bis (équivalent de la coupe 17244) en bleu et le spectre de référence du carbonate de calcium en noir.

Le carbonate de calcium est un composé fréquemment utilisé par les peintres en tant que charge. Présentant un indice de réfraction similaire à celui de l'huile, le carbonate de calcium ne modifie pas la couleur de la matière picturale. Les peintres l'ajoutent pour des raisons techniques et économiques. Les charges sont en effet moins chères que les pigments. Elles permettent donc d'augmenter la consistance de la peinture et de diminuer le temps de séchage à moindre frais. L'ajout de carbonate de calcium par les peintres peut être volontaire ou involontaire. Certains marchands de couleur peu honnêtes ont en effet ajouté du carbonate de calcium dans leur couleur pour augmenter leur marge. Mélanie Gifford indique que le carbonate de calcium a été très utilisé au XVII^e et au XVIII^e siècles pour obtenir des couches légèrement translucides (Gifford 1983). Les siècles d'utilisation du carbonate de calcium correspondent donc vraisemblablement aux siècles pour lesquels les œuvres chancissent le plus.

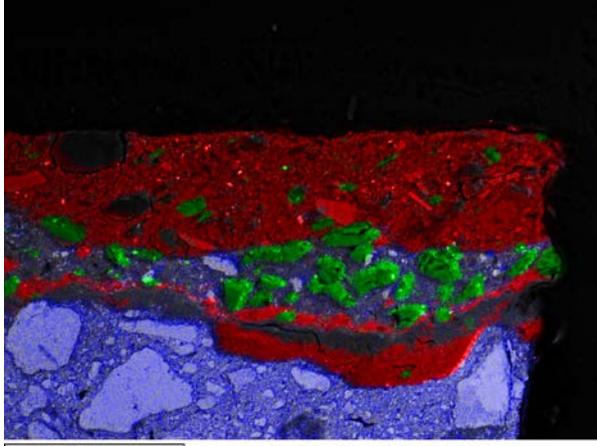
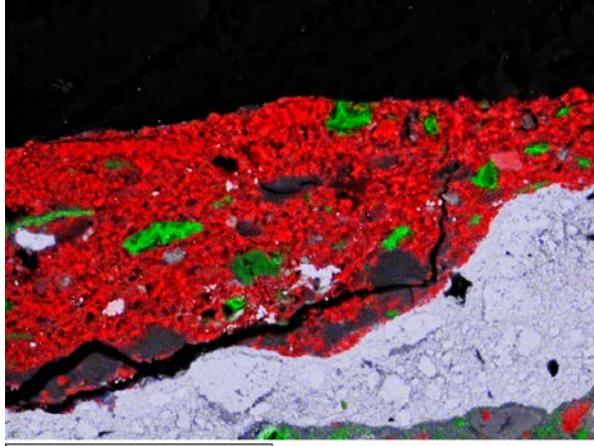
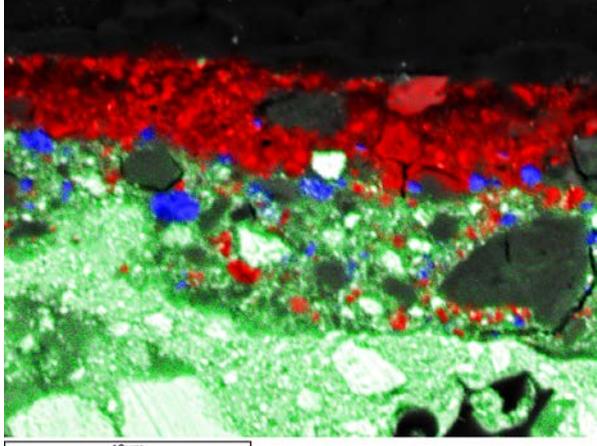
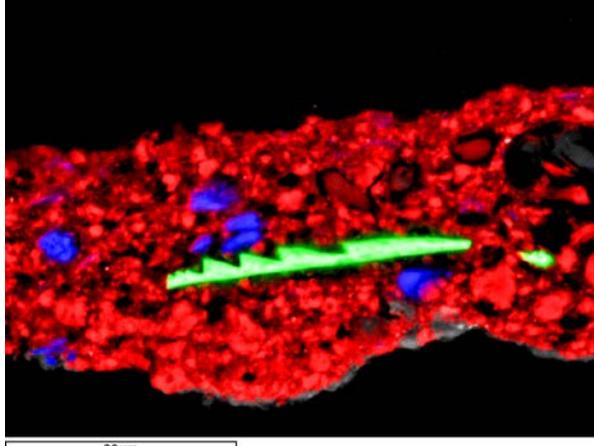
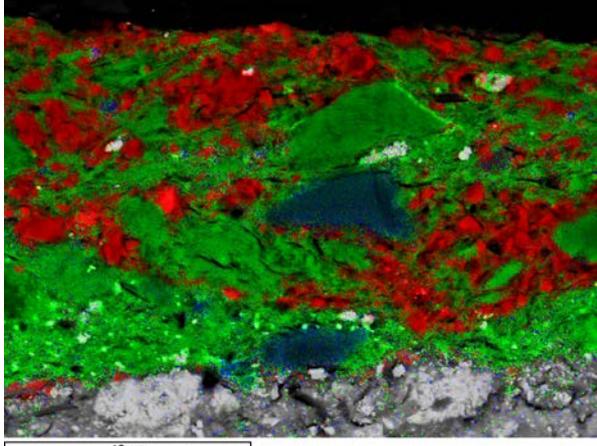
<p>Anonyme, <i>L'Aurore</i>, coupe 17244 Calcium ; Silicium ; Plomb</p>	<p>Anonyme, <i>L'Aurore</i>, coupe 17206 Calcium ; Silicium ; Plomb</p>
	
<p>Anonyme, <i>L'Aurore</i>, coupe 17246 Calcium ; Plomb ; Cuivre</p>	<p>Van Schrieck, <i>Ecureuils ...</i>, coupe 17572 Calcium ; Cuivre ; Silicium</p>
	
<p>Van der Meulen, <i>Siège...</i>, coupe 17571 Calcium ; Silicium ; Aluminium</p>	
	

Tableau 5-11 : Cartographies élémentaires obtenues pour 5 coupes stratigraphiques mettant en évidence que les couches picturales chancées sont très riches en calcium (en rouge)

Pour comprendre les paramètres influant sur l'apparition de l'altération, deux séries d'échantillons modèles ont été préparées. Une description détaillée des matériaux utilisés est donnée dans le chapitre 3, §2.1.1 et 2.1.2. Les échantillons de la première série ont été élaborés à partir d'huile de lin cuite et soumis à différents traitements dans le but de les faire chancier, sans succès. L'apport d'humidité sous forme liquide ou vapeur n'est donc pas suffisant pour provoquer un chancier de couche picturale. D'autres paramètres doivent être considérés.

Une seconde série d'échantillons modèles a donc été élaborée en s'appuyant sur les recettes des traités de peintures anciens et les résultats issus des analyses d'œuvres chancières. L'objectif était de mettre en évidence l'influence du mode de préparation du liant, de la nature des pigments et de la présence de carbonate de calcium dans la propension d'une couche à chancier. Les résultats sont présentés dans la figure 5-24. Il apparaît que la nature des pigments a une influence sur l'apparition de l'altération. En effet, seules les éprouvettes préparées avec de la terre verte et de la terre d'ombre ont chanci. Aucune différence significative n'a été observée sur les éprouvettes d'azurite et de noir d'os. Ces résultats sont en accord avec les observations faites sur les peintures anciennes pendant cette étude et également décrites dans des articles antérieurs (Wyld 1980, Bergeon *et al.* 1981, Groen 1988, Lhomme 2014). Le mode de préparation du liant a également un impact. Les éprouvettes placées dans un environnement humide (enceinte climatique) préparées avec la recette 1 n'ont pas chanci ou moins chanci que celles préparées avec la recette 2. La différence entre les deux recettes est la quantité de siccatif ajouté (litharge) : 11.1 % pour la recette 1 et 4.8 % pour la recette 2. De plus, les couches picturales contenant du carbonate de calcium ont plus chanci que celles qui n'en avaient pas. Ainsi, comme nous l'avions pressenti, suite à l'analyse de prélèvements d'œuvres anciennes chancières, l'addition de carbonate de calcium en tant que charge a une influence majeure dans l'apparition de l'altération. Les échantillons-modèles qui ont le plus chanci sont ceux préparés avec du carbonate de calcium, de la terre verte ou de la terre d'ombre et un liant siccatif au plomb à 4.8 %.

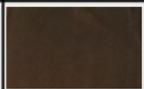
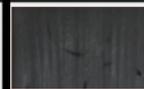
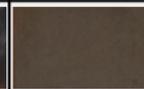
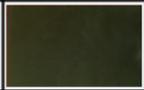
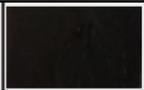
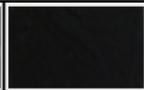
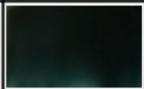
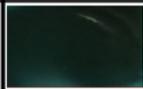
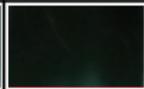
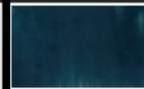
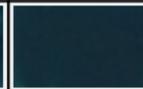
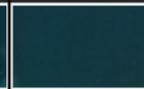
		Première recette				Seconde recette			
		Sans CaCO ₃		Avec CaCO ₃		Sans CaCO ₃		Avec CaCO ₃	
		-		-		-		-	
		Enceinte climatique		Enceinte climatique		Enceinte climatique		Enceinte climatique	
Terre d'ombre									
	Pigment: 27 % Liant : 73 %		Pigment: 13.5 % CaCO ₃ : 13.5 % Liant : 73 %		Pigment: 59 % Liant : 41 %		Pigment: 30.5 % CaCO ₃ : 30.5 % Liant : 39 %		
Terre verte									
	Pigment: 24 % Liant : 76 %		Pigment: 14 % CaCO ₃ : 14 % Liant : 72 %		Pigment: 61 % Liant : 39 %		Pigment: 30 % CaCO ₃ : 30 % Liant : 40 %		
Noir d'os									
	Pigment: 25 % Liant : 75 %		Pigment: 14 % CaCO ₃ : 14 % Liant : 72 %		Pigment: 43 % Liant : 57 %		Pigment: 21 % CaCO ₃ : 21 % Liant : 58 %		
Azurite									
	Pigment: 26 % Liant : 74 %		Pigment: 13.5 % CaCO ₃ : 13.5 % Liant : 73 %		Pigment: 61 % Liant : 39 %		Pigment: 32 % CaCO ₃ : 32 % Liant : 36 %		

Figure 5-24 : Macrophotographies (détails) des échantillons modèles de la série 2 préparés selon 2 recettes à partir de 4 pigments (terre d'ombre, terre verte, noir d'os, azurite) avec ou sans carbonate de calcium. La moitié des lames a été placée en environnement humide dans une enceinte climatique pour favoriser l'apparition de l'altération.

L'analyse des peintures anciennes et des échantillons modèles a mis en évidence que le carbonate de calcium facilite l'apparition de l'altération. Le rôle du siccatif est plus ambigu. Selon la concentration dans l'huile, il peut soit favoriser l'altération soit la ralentir. Néanmoins, il ne l'inhibe pas totalement. La nature du pigment a également un rôle non négligeable dans l'apparition de l'altération.

2.2. Discussion

Les huiles siccatives sont principalement constituées de triglycérides formés d'acides gras et d'acides gras libres (0.5 à 2 % du poids total). Le pourcentage d'acides gras libres est cependant dépendant du mode de préparation des huiles et peut être plus élevé. La structure d'un triglycéride est représentée dans la figure 5-25 et les principaux acides gras contenus dans les huiles siccatives sont recensés dans la figure 5-26.

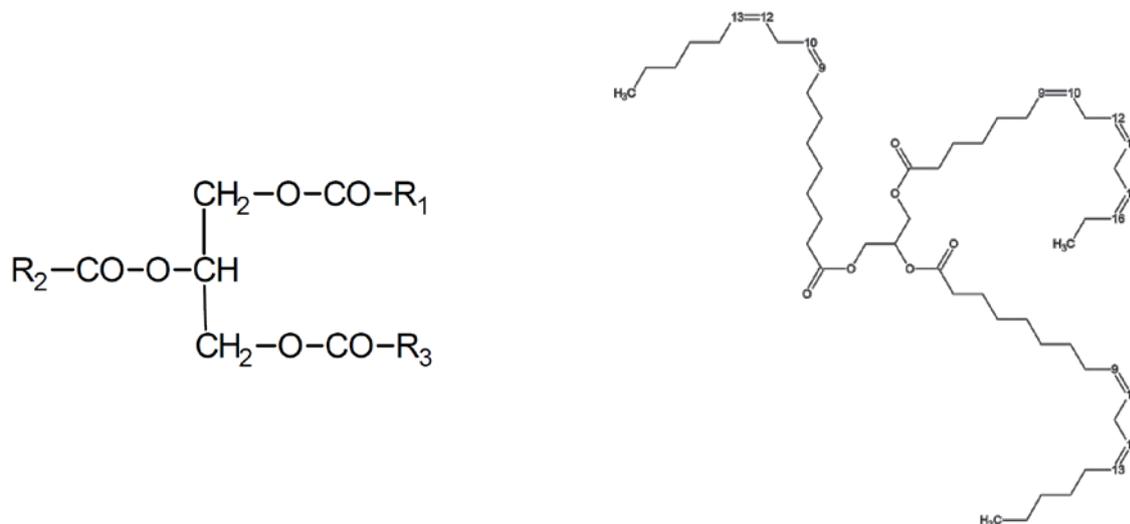


Figure 5-25 : Structure d'un triglycéride. R₁, R₂ et R₃ sont des chaînes hydrocarbonées linéaires, principalement C16 et C18 saturés ou avec 1 à 3 insaturations.



Figure 5- 26 : Principaux acides gras des huiles siccatives

A l'échelle macromoléculaire, les chaînes hydrocarbonées ont tendance à s'orienter parallèlement les unes aux autres (figure 5-27).

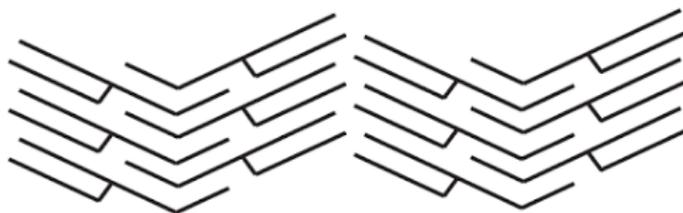


Figure 5-27 : Arrangement à l'échelle macromoléculaire des triglycérides (Coultate 2009).

Le processus de séchage des huiles est complexe. La formation du film d'huile est induite par une double réaction d'oxydation et de polymérisation radicalaire des acides gras insaturés. Il en résulte la formation d'un réseau tridimensionnel réticulé (van den Berg 2002, Weerd 2002). Les liaisons esters peuvent être hydrolysées pendant ou après la polymérisation et entraîner la formation d'acides gras libres. Il s'agit d'une réaction très lente à température ambiante. Néanmoins, pour des peintures du XIX^e siècle, au moins 90 % des liaisons esters ont été hydrolysées (Boon *et al.* 1996). Les acides gras libres peuvent alors migrer et/ou réagir avec les pigments, les charges ou les siccatifs pour former des carboxylates métalliques ou savons métalliques. Les acides gras libres associés ou non à des cations métalliques sont alors susceptibles de ségréger et de former des clusters. En effet, une étude récente a prouvé que les carboxylates de plomb et de zinc pouvaient présenter une structure ionomérique dans laquelle les carboxylates métalliques liés de manière covalente au réseau tridimensionnel sont dispersés dans le liant (Hermans *et al.* 2016). La formation de carboxylates de calcium dans les couches picturales des peintures à l'huile a été également mise en évidence (Ferreira *et al.* 2011). Il n'est pas illogique d'imaginer qu'ils puissent également s'agréger pour former des clusters. Le mécanisme proposé pour expliquer la formation des pores dans les vernis peut ainsi être aisément transposé aux liants composés de clusters ioniques. Leur hydratation en présence d'eau sous forme liquide ou vapeur va induire la formation de régions aqueuses puis de pores.

Une autre possibilité est que les clusters se forment lors de la préparation de l'huile. En effet, les traités anciens recommandent fréquemment de chauffer l'huile avec de l'eau et un siccatif (chapitre 2, §2.3 et Annexe 2, §3.3). La cuisson favorise l'hydrolyse des triglycérides et la création d'acides gras libres, puis de carboxylates métalliques par réaction avec le siccatif. La température facilitant la mobilité des chaînes, les acides gras libres et les carboxylates

métalliques vont pouvoir migrer aisément et former des clusters. L'arrangement à l'échelle macromoléculaire n'est pas ou peu modifié par les phénomènes d'oxydation et de polymérisation, les clusters persistent alors dans la peinture. De même, l'hydratation du matériau entraînera un gonflement au niveau des clusters et la formation de pores. Cette seconde hypothèse pourrait correspondre au phénomène observé pour les échantillons de la série 2 qui ont été placés en milieu humide seulement quelques semaines après leur fabrication (hydrolyse naturelle très faible). Le liant a été préparé en chauffant à 100°C de l'huile avec de l'eau et avec 4.8 ou 11.1 % de litharge. Dans les deux cas, les analyses IRTF ont prouvé la présence de carboxylates de plomb, et en milieu humide, les couches picturales ont chanci. Les peintures de la série 1 préparées sans plomb et sans carbonate de calcium, n'ont pas chanci.

Il convient dès lors de s'interroger sur le phénomène de clustering ionique des peintures à l'huile anciennes. En effet, toutes les peintures ne chancissent pas et certaines couleurs y sont plus sujettes. L'hypothèse la plus plausible est que les acides gras ne ségrégent pas dans toutes les couches picturales. L'hydratation du liant entraînera donc une altération irréversible uniquement s'ils ont ségrégé. Le clustering est-il le résultat d'une hydrolyse lente de la matière en présence de cations métalliques ou bien au contraire le marqueur d'un mode de préparation particulier (cuisson de l'huile en présence d'eau et de siccatif) ? Les expérimentations et l'analyse de prélèvements de peintures anciennes chancies ont permis de déterminer que l'altération, et donc la ségrégation, sont fortement favorisées par l'ajout de calcium, la quantité de litharge et/ou la présence de certains pigments comme la terre verte et la terre d'ombre. L'impact de la nature du pigment sur l'apparition de l'altération pourrait être lié à un effet de catalyse de certains éléments chimiques. Par ailleurs, Charles S. Tumosa et Marion Mecklenburg indiquent que la cohésion est moindre dans les couches picturales contenant des terres que dans celles contenant du blanc de plomb (Tumosa et Mecklenburg 2013). Par conséquent, les acides gras libres pourront migrer plus facilement et la formation de clusters puis de pores en cas d'hydratation sera favorisée. La prise d'huile des pigments pourrait également avoir une influence sur l'apparition de l'altération. En effet, plus le ratio liant/pigment est important, plus la migration des acides gras libres au sein du film et leur ségrégation seront facilitées. Il serait intéressant d'effectuer des expériences et des analyses complémentaires pour mieux comprendre les paramètres influençant la ségrégation des espèces ioniques dans les couches picturales.

3. Conclusion

Le présent chapitre a permis de proposer un modèle physico-chimique expliquant la formation des pores dans les vernis et les liants à l'huile des peintures de chevalet.

Le mécanisme d'altération comporte plusieurs étapes. Les vernis naturels peuvent être assimilés à des ionomères dans lesquels les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques ségrègent pour former des clusters ioniques. Les vernis sont des milieux apolaires présentant des constantes diélectriques faibles. Par conséquent, les forces d'attraction entre les ions sont grandes, ce qui favorise leur ségrégation. En présence d'eau, les clusters vont s'hydrater pour former des régions aqueuses quasi sphériques. L'augmentation de leur taille résulte d'un phénomène de mûrissement et de coalescence. La cinétique d'altération est dépendante de la diffusion progressive de l'eau dans le matériau (loi de Fick). L'apparition des chancis sera aussi favorisée par la présence de craquelures dans la peinture. Lors du séchage, les régions aqueuses se vident et seuls les pores de plus de 25 nm subsistent car la pression de Laplace est supérieure à l'élasticité du matériau. Lors du remplacement de l'eau par l'air, l'opacification de la couche est accentuée car la différence d'indice de réfraction entre le vernis et les pores augmente.

Les vernis synthétiques ne chancissent pas car les molécules ne contiennent pas d'acides carboxyliques et ne peuvent donc pas former de clusters ioniques. Par ailleurs, les vernis préparés à l'essence de térébenthine chancissent plus que ceux préparés avec du white spirit, et les vernis dammar s'altèrent plus rapidement que les vernis mastic.

Pour les couches picturales, les huiles anciennes sont fortement hydrolysées. La formation d'acides gras libres peut pour les peintures anciennes être induite par une très lente réaction d'hydrolyse. Elle peut également, comme pour nos systèmes modèles être favorisée par le mode de préparation des liants. Le chauffage de l'huile en présence d'eau favorise son hydrolyse. Les acides gras libres sous forme d'acides carboxyliques ou de carboxylates métalliques peuvent alors migrer dans la couche et se rassembler en clusters. L'arrangement sous forme de clusters a été prouvé pour les carboxylates de plomb et de zinc amorphes, par opposition aux carboxylates des savons de plomb présentant une structure cristalline. Il peut être présumé que les carboxylates de calcium possèdent une structure similaire. L'apparition des chancis de couches picturales est donc directement dépendante de la quantité d'acides gras libres présents dans la couche et de leur capacité à former des clusters. Il a pu être démontré que le plomb, le calcium et certains éléments chimiques présents dans les terres facilitent leur apparition. Une meilleure compréhension du phénomène de clustering des liants des peintures

à l'huile serait nécessaire pour expliquer pourquoi certains pigments chancissent plus que d'autres. Il sera intéressant d'étudier l'influence de différents paramètres sur l'apparition de l'altération : le mode de préparation des huiles, la nature des cations, leur concentration, la quantité d'acides gras libres ...

Chapitre VI

RESTAURATION DES PEINTURES DE CHEVALET CHANCIES

Celui qui s'est occupé toute sa vie de la restauration des tableaux ne peut pas encore se flatter d'avoir rencontré toutes les difficultés.

Jean-François Léonor Mérimée, *De la peinture à l'huile*, 1830

1. La restauration des peintures chancies : état de l'art	248
1.1. Stratégie n°1 : Emploi de substances filmogènes	249
1.2. Stratégie n°2 : Emploi de solvants	250
1.2.1. Sous forme de vapeurs (Procédé Pettenkofer et variantes)	250
1.2.2. Sous forme liquide	258
2. Etudes des traitements actuellement utilisés	259
2.1. Les chancis de vernis	260
2.2. Les chancis de couches picturales	262
3. Proposition d'une alternative innovante	267
3.1. Solvants eutectiques	267
3.2. Composés perfluorés	272
3.2.1. Tests sur les pigments	273
3.2.2. Tests sur des systèmes modèles	273
3.2.3. Tests sur des peintures anciennes chancies	277
4. Préconisations	280
5. Conclusion	280

Chapitre VI

RESTAURATION DES PEINTURES DE CHEVALET CHANCIES

L'opacification des couches picturales et des couches de vernis peut perturber la lisibilité des œuvres. En modifiant les jeux de clair-obscur initialement souhaités par le peintre, l'altération peut entraîner une perte de profondeur spatiale rendant la lecture de l'œuvre et donc sa compréhension difficile.

La notion de régénération est fréquemment utilisée lors de la restauration d'œuvres chancies. Pour Ségolène Bergeon-Langle et Pierre Curie, le terme « régénérer » signifie rendre au vernis sa transparence (Bergeon-Langle et Curie 2009). Il est également utilisé par extension, pour les chancis de couches picturales. L'utilisation du terme « régénérer » sous-entend que le traitement employé, lors de la restauration, reforme le film de vernis ou le liant afin de lui redonner sa cohésion initiale. Nous verrons que, bien souvent, le terme est employé de manière abusive car les traitements ne régènèrent pas toujours la matière. Le terme « transparentation » a été proposé par Nicole Goetghebeur, ancienne responsable de l'atelier de restauration de l'IRPA à Bruxelles (Institut Royal du Patrimoine Artistique), comme synonyme de régénération. Il présente l'avantage de ne pas insinuer que les couches retrouvent leur cohésion après traitement, mais ce terme n'aurait à notre connaissance jamais ou peu été utilisé dans les ateliers de restauration.

Le présent chapitre est divisé en 4 parties. Nous présenterons d'abord un état de l'art des différentes méthodes employées au cours des siècles pour palier l'altération. Nous verrons qu'elles reposent principalement sur l'ajout de substances filmogènes et de solvants sous forme liquide ou vapeur. Les pratiques actuellement en usage dans les ateliers de restauration français seront ensuite exposées plus en détail. Nous nous appuierons sur les résultats présentés dans les chapitres précédents pour discuter leur manque d'efficacité et de durabilité. Les risques liés à l'emploi de solvants non volatils pour les œuvres et les restaurateurs seront également évoqués. Nous nous interrogerons enfin sur les choix à entreprendre face à une œuvre chancie. Est-il préférable de régénérer ou alléger un vernis chanci ? Est-il préférable de régénérer ou retoucher

une couche picturale chancie. Pour les chancis de couches picturales, les traitements actuels sont rarement satisfaisants et trouver une solution pérenne constitue un enjeu de taille pour la restauration et la conservation. Deux types de traitements seront testés et discutés. Enfin, nous formulerons quelques préconisations à l'attention des restaurateurs et des conservateurs.

1. La restauration des peintures chancies : état de l'art

Afin de restaurer les tableaux chancis, de nombreuses méthodes ont été utilisées au cours des siècles. Leur nature varie selon le stade d'altération et le siècle auquel elles ont été effectuées. Toutefois, elles peuvent pour la plupart être regroupées en deux grandes catégories. La première stratégie consiste à appliquer des substances filmogènes et la seconde à utiliser des solvants sous forme vapeur ou liquide. Leur combinaison au cours d'un même traitement est également possible. Elles seront exposées en détails dans la suite du chapitre

D'autres techniques plus marginales ont aussi été utilisées pour éliminer/restaurer la partie altérée. L'une d'entre elles consistait à gratter la surface de la peinture blanchie jusqu'à atteindre une zone d'apparence non altérée (Lank et Pemberton-Pigott 1976, Wyld 1980). Pour éliminer le bleuissement des vernis, il fut recommandé de frotter la surface du tableau avec de la laine, du coton hydrophile ou de la soie. André Béguin ajoute que « *Si cela devient nécessaire, on frotte avec une peau de chamois, imbibée d'une solution à l'essence de térébenthine contenant 20% de gomme mastic et 2% d'huile de ricin* » (Béguin 1980). Dans son traité sur la peinture datant du 17^{ème} siècle, Turquet de Mayerne préconisait déjà l'utilisation d'un linge pour atténuer le bleuissement : « *Notés que sur le vernis principalement en lieu ou à l'air humide, se fait un ternissement bleüastre comme si l'on avoit soufflé dessus, qui s'essuye facilement avec un linge* » (De Mayerne 1970). Max Doerner note qu'il ne s'agit que d'une illusion d'optique et qu'après un tel polissage, la peinture va briller mais ne retrouvera pas sa cohésion (Doerner 1984). On peut également citer une autre pratique que Véronique Stedman appelle la mise à feu (Stedman 1986). Désignée par Secco Suardo comme la méthode Guizzardi, cette technique consistait à enflammer le tableau préalablement imprégné d'un solvant volatil (alcool), afin de provoquer un ramollissement, voire une fusion du liant altéré (Secco-Suardo 2010). Il s'agit d'une technique très empirique qui était transmise dans les ateliers de manière orale et dont la réussite devait beaucoup au savoir-faire du restaurateur. Elle fut d'ailleurs considérée comme dangereuse par Herbert Lank qui releva des traces de carbonisation de la

couche picturale lors de l'examen d'une œuvre restaurée suivant ce procédé (Lank *et al.* 1972). Cette technique fut néanmoins beaucoup utilisée dans les ateliers soviétiques en particulier à Leningrad mais également en France par le restaurateur Pierre Paulet vers 1972-1973 (Stedman 1986, Bergeon-Langle et Curie 2009).

1.1.Stratégie n°1 : emploi de substances filmogènes

Dans le passé, une pratique courante consistait à appliquer et/ou à frotter des substances diverses à la surface des couches chancies (Wyld 1980, Stedman 1986). Knut Nicolaus précise qu'« *on étalait ces substances pures ou mélangées sur le tableau, on les laissait agir, on renforçait éventuellement leur action par un apport de chaleur, puis on les enlevait du tableau et le procédé pouvait être répété autant que nécessaire* » (Nicolaus 1999). Le principal inconvénient de ces techniques est leur irréversibilité. De plus, la matière est comblée par des substances filmogènes mais elle ne retrouve pas son aspect initial. Il ne s'agit donc pas d'une régénération. Les diverses substances utilisées sont listées ci-dessous :

- **jaune d'œuf** (Wyld 1980, Stedman 1986)
- **huiles non siccatives** : huile d'olive (Stedman 1986)
- **huiles siccatives** : huile de lin ou de noix. L'inconvénient des huiles grasses est qu'elles ne s'infiltrant pas convenablement et qu'elles couvrent le tableau d'un film dur qui risque de tirer sur la couche picturale et nécessitera l'emploi de solvants lourds pour être enlevé. (Stedman 1986, Nicolaus 1999, Favre-Felix 2010-2011b)
- **verniss** mastic, dammar, ambre... (Stedman 1986, Nicolaus 1999).
- **divers mélanges d'huile et de vernis** (parfois utilisés chauds). (Stedman 1986)
- **essences végétales** (Stedman 1986, Nicolaus 1999)
- **baume de copahu** : résine naturelle issue des arbres de la famille des *Copaifera* (Mills et White 1994). Cette sève étant beaucoup plus fluide que les huiles grasses siccatives, elle s'infiltrait beaucoup plus facilement et fut pour cette raison largement utilisée au 19^{ème} siècle. (Stedman 1986, Nicolaus 1999, Favre-Felix 2010-2011b). Les effets au long terme de l'application de baume de copahu sont étudiés par Sybille Schmitt notamment (Schmitt 1990b, Schmitt 2000, Van der Werf *et al.*

2000) et seront explicités plus en détail dans la partie suivante consacrée au procédé de régénération de Pettenkofer.

- **cire** d'abeille ou de Carnauba (Stedman 1986)

1.2.Stratégie n°2 : emploi de solvants

Une autre approche consiste à utiliser des solvants sous forme vapeur ou liquide pour restaurer les œuvres chancies.

1.2.1.Solvants sous forme vapeur (Procédé Pettenkofer et variantes)

Le recours aux solvants sous forme vapeur fut développé à Munich par le professeur Max von Pettenkofer, dès 1863, dans le cadre d'un *Comité pour l'inspection des peintures restaurées* créé par le Roi de Bavière suite à de nombreux scandales et des articles de presse à charge du peintre et critique d'art Friedrich Pecht (Schmitt 1990b). Même si le nom de Max von Pettenkofer reste indéniablement associé à cette technique, que l'on nomme d'ailleurs maintenant *Procédé Pettenkofer*, d'autres restaurateurs l'avaient utilisé bien avant lui. On peut par exemple citer Andreas Eigner (à Augsburg) dans les années 1830, ainsi que Nicolas Hopman (à Amsterdam) qui l'a utilisé en 1851 pour le traitement de *La Ronde de la nuit*, de Rembrandt (Marijnissen 1967). La principale innovation de Max von Pettenkofer serait d'avoir utilisé des vapeurs à température ambiante et non des vapeurs chaudes d'alcool comme dans les systèmes précédents (Favre-Felix 2010-2011a).

Le procédé de régénération (*Regenerationsverfahren*) est décrit par Max von Pettenkofer dans son ouvrage publié en 1870 (Pettenkofer 1870). D'après lui, le principal avantage de sa technique était de rendre au vernis sa transparence sans ajouter ni retirer de matière. Les œuvres chancies sont exposées à des vapeurs d'alcool à température ambiante dans des boîtes. Un tissu contenant de *l'esprit de vin* (Weingeist), c'est-à-dire 80% d'éthanol et 20% d'eau est placé au fond de la boîte et la peinture est accrochée à l'intérieur du couvercle face au tissu. Grâce à cette technique, il est possible de régénérer un tableau dans sa totalité en le plaçant dans une boîte ou localement en positionnant une petite boîte sur la zone à régénérer (figure 6-1). Max Doerner indique que d'après sa propre expérience, il est préférable de placer la peinture sur le fond de la boîte plutôt que de l'accrocher au couvercle. Suite à un ramollissement trop rapide de la peinture, la couche picturale pourrait en effet se cliver de la

couche de préparation sous l'effet du poids et provoquer la formation de cloques (Doerner 1984).

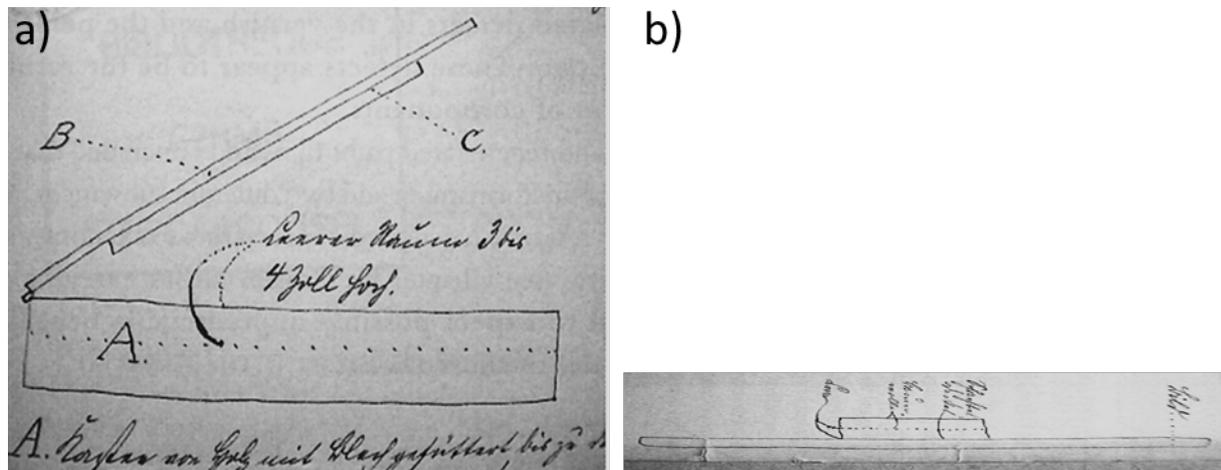


Figure 6- 1 : Dessins non signés ajoutés à un carnet de H. von Alteneck (1865) décrivant le procédé de Pettenkofer. A la différence de la description de la boîte publiée en 1870 par Max von Pettenkofer, ce croquis correspond à la description de Valentinis (Valentinis, 1891) et représente vraisemblablement la construction originale. A gauche : A correspond au niveau d'alcool. Une distance minimale de 4 Zoll (environ 10 cm) doit être respectée entre la surface de la peinture et l'alcool. C correspond à la peinture positionnée face vers le liquide et attachée au couvercle B. A droite, le croquis illustre l'utilisation d'une petite boîte placée horizontalement pour un traitement local. Un morceau de tissu pulvérisé d'alcool est attaché au fond de la boîte. La ligne en pointillés indique la distance minimale entre la source d'alcool et le tableau (Schmitt, 2013).

Le procédé fut rapidement breveté en Bavière par Max von Pettenkofer qui recevait 20 florins pour chaque traitement de régénération utilisant des vapeurs d'alcool (Schmitt 1990b). Dès juillet 1863, six peintures régénérées suivant le *procédé Pettenkofer* furent présentées à la Pinacothèque de Munich dans le but de calmer les critiques. Mais les réactions furent négatives et véhémentes, particulièrement en Autriche et dans le sud de l'Allemagne (Vogelsang 1980). Une seconde exposition fut organisée en février 1865 pour justifier l'utilisation de cette technique par le musée, accompagnée de rapports élogieux d'une commission d'experts (Schmitt 2013). Les critiques portèrent entre autre, sur le fait que la « boîte magique » ne guérissait pas les vernis à l'huile (vernis gras) et les liants des couches picturales. Devant cet inconvénient incontestable, Max von Pettenkofer se lança le défi de créer un procédé universel. Ne trouvant pas de solvant capable de répondre à ce challenge, il se rabattit sur l'application sur la peinture de baume de copahu (ou Copahu ou Copaïba) sous forme liquide en complément des vapeurs d'alcool. L'ajout de matière allant à l'encontre des principes qu'il avait lui-même exposés (ni ajout, ni retrait de matière), il le garda secret dans un premier temps. Les vapeurs avaient alors pour rôle de faciliter la pénétration du baume de copahu dans les couches altérées. L'apport de baume de copahu pour régénérer les peintures chancées était un procédé connu mais

déjà très controversé qui fut accueilli avec beaucoup d'inquiétude par les membres de la commission lorsque l'information fut révélée (Doerner 1984, Schmitt 1990b). Alors que la commission rejeta l'utilisation de copahu sur les peintures, le ministère des affaires culturelles n'en tint pas compte et continua à faire confiance à Pettenkofer en lui confiant la restauration de 50 tableaux supplémentaires. Convaincue par leur régénération, la commission donna finalement un avis favorable au procédé de Max von Pettenkofer, qui déposa un nouveau brevet en 1876 en ajoutant l'utilisation de baume de copahu. Il obtint une reconnaissance également à l'étranger, ainsi qu'un brevet à Londres déposé par Carl Vogt. Le brevet londonien mentionne les termes « wood oil » (distillat de la résine du pin, méthanol ou distillat issu du tung (arbre de Chine) selon les sources) et « naphta » en remplacement du baume de copahu (Schmitt 2013).

Ce procédé fut très largement utilisé en Europe (Schmitt 1990b, Schmitt 2013) :

- Un millier de tableaux furent restaurés en Allemagne à la pinacothèque de Munich par Max von Pettenkofer et ses assistants entre 1865 et 1891 (Favre-Felix 2010-2011a). En raison des droits élevés de l'utilisation des brevets (20 florins par tableau), cela engendra une dépense considérable pour le musée. En 1864, la quasi-totalité du budget fut allouée à la restauration des œuvres chancées. Le musée créa même un poste spécialement dédié à la régénération des peintures (Schmitt 1990b, Schmitt 1999). Max von Pettenkofer persuada, en 1868, le ministère bavarois de lui racheter le brevet pour la somme de 40 000 florins (soit l'équivalent de 2 000 régénérations). D'autres restaurateurs utilisèrent cette technique en Allemagne : à Berlin (Alois Hauser dès 1877) et à Dresde. Le traitement du tableau pratiqué par Alois Hauser durait 10 à 20 min puisqu'il avait remarqué qu'une exposition plus longue avait tendance à provoquer des trous dans les vernis à l'huile. Par ailleurs, il remarqua que l'ajout de baume de copahu pouvait entraîner un blanchiment et abandonna son utilisation. (Hauser 1901). Un élève de Pettenkofer, Pfänner Büttner zu Thal, qui publia un ouvrage intitulé « Le procédé Pettenkofer » utilisa quant à lui une variante, en employant du *Phöbus A*, un mélange contenant de la vaseline (huile non siccative) et des huiles volatiles avec un succès durable qui entraîna par contre, avec le temps, de nombreuses altérations. Il conseille également l'utilisation de chloroforme à la place de l'alcool (Schmitt 1990b, Schmitt 1999). Parmi les nombreuses critiques concernant la régénération de tableaux en Allemagne, on peut citer celle de Paul Buéso dans la revue critique hebdomadaire belge *L'art moderne*, de 1907 : « *quant au système Pettenkofer, si prisé en Allemagne, il faut en voir les effets sur les panneaux de Van Eyck à Berlin et sur ceux de Dürer à Munich. Les tonalités riches et chaudes de la peinture n'existent plus ; un aspect de ripolin les remplace.* » (Buéso 1907).

- La première version du procédé Pettenkofer fut introduite en Italie par Carl Vogt, professeur de sciences naturelles de Berne, en novembre 1864 au cours notamment d'une démonstration privée chez le collectionneur Baron Garriod (Ferrucci 1999). Carl Vogt déposa un brevet en 1864 pour trois ans qui s'étend par anticipation aux vapeurs issues d'autres composés : éthers de toutes sortes, huiles volatiles variées, essences florales, acides divers, alcalis, ... (Terribile 2002). Dix ans plus tard, Valentini diffuse quant à lui, le second procédé après avoir découvert l'ouvrage de Max von Pettenkofer et l'avoir traduit en italien en 1874. Il est un fervent adepte du baume de copahu, allant même jusqu'à affirmer que « *quelles que soient les altérations dont souffre une peinture, celle-ci doit être avant tout imprégnée de copahu, qui consolide et revivifie et « nourrit » la couche picturale* » (Favre-Felix 2010-2011a). Une centaine de peintures fut régénérée à Florence et à Venise principalement, dont *La Vénus d'Urbino* de Titien à la Galerie des Offices par le restaurateur Umberto Valentini. (Valentini 1891). Il semblerait que mis à part Valentini, les autres restaurateurs italiens employèrent majoritairement la première version du procédé de Pettenkofer. C'est par exemple le cas de Forni puis de Conti à Florence et des restaurateurs de l'académie de Venise (Favre-Felix 2010-2011a). G. Secco-Suardo quant à lui expérimenta d'autres vapeurs comme celle de chloroforme, d'éther, de sulfure de carbone qu'il recommande pour les « *chancis rebelles* » (Secco-Suardo 2010). Il est difficile de savoir s'il fait référence ou non à un *chanci* de couche picturale. Toutefois, d'après les réflexions de l'époque, il semblerait que mis à part Max von Pettenkofer avec du baume de copahu, les restaurateurs aient peu régénéré des *chancis* de couches picturales au moyen de vapeurs de solvants. Forni par exemple note que « *les vapeurs d'alcool ne sont pas efficaces pour traiter les vernis à l'huile ... heureusement –ajoute-t-il – car, sinon, c'est aussi l'huile de la peinture qu'elles seraient capables de ramollir, avec de graves dangers* » et que si en 30 minutes la régénération n'a pas été efficace, c'est que « *le vernis est de nature huileuse, non régénérable par ce moyen* ». (Favre-Felix 2010-2011a). Il est donc peu probable que les restaurateurs se soient lancés dans une régénération des liants, mais cela ne peut pas être exclu compte tenu du peu d'informations dont nous disposons.

- Le livre de Pettenkofer *Über Ölfarbe und Konservierung der Gemälde-Galerien durch das Regenerations-Verfahren* fut rapidement traduit en Hollande et utilisé par au moins deux restaurateurs, dont Willem A. Hopman au Mauritshuis de La Haye. Ce dernier exposait aux vapeurs seulement le recto de l'œuvre et appliquait le baume de copahu uniquement sur le verso. Comme Alois Hauser et d'autres restaurateurs du Rijksmuseum, il décrit l'apparition d'un blanchiment sur les peintures fraîchement régénérées (Hopman 1871, Hauser 1901,

Honingh 1995). Parmi les œuvres néerlandaises régénérées avec du baume de copahu, on peut noter le vernis de *La Leçon d'anatomie* de Rembrandt et celui de *La Jeune fille à la perle* de Vermeer en 1915 et 1922 par le restaurateur D. de Wild (Wadum *et al.* 1995, Van der Werf *et al.* 2000). *La Jeune fille à la perle* qui fut régénéré deux fois n'est pas un cas à part, puisque André Béguin, Sybille Schmitt et R. H. Marijnissen indique que le résultat n'était pas durable et que le blanchiment réapparut sur de nombreuses œuvres (Béguin 1980, Schmitt 1990b, Schmitt 1999, Marijnissen 1967).

- A Londres, le premier procédé fut présenté à Charles Eastlake, directeur de la National Gallery par Carl Vogt qui y déposa un brevet sur les vapeurs d'alcool en 1864. Le procédé fut utilisé sur 16 peintures dans un premier temps, dont une *Vierge et l'enfant* d'Andrea del Sarto et le célèbre *Bacchus et Ariane* de Titien. Charles Eastlake fut convaincu par le procédé qu'il qualifia de « *moyen important pour améliorer l'aspect des peintures et contribuer à leur conservation* » (Favre-Felix 2010-2011a). La technique fut en revanche assez mal reçue par les restaurateurs comme le remarqua Carl Vogt « *le procédé encore inconnu fait l'objet des plus vives attaques surtout de la part des restaurateurs qui voyaient leur métier compromis* » (Terribile 2002). C'est certainement pour cette raison que ce procédé ne fut guère appliqué après la mort d'Eastlake en décembre 1865. Les rapports de la National Gallery stipulent que des peintures d'Andrea del Sarto, de Rembrandt, de Titien et de Van Dyck furent régénérées sans ajout de baume de copahu et qu'aucune altération n'a été observée. Larry Keith affirme par exemple que pour le tableau d'Andrea del Sarto, *La Vierge et l'Enfant avec sainte Élisabeth et saint Jean Baptiste* « *aucun signe de solubilité inhabituelle des vernis, ni des couches picturales n'a été constaté* » (Keith 2001). Cette information est importante car il s'agit d'un tableau régénéré sans baume de copahu. Est-ce que l'utilisation de vapeur seule est moins encline à provoquer des altérations ou bien est-ce que le vernis de la National Gallery composé d'huile cuite (stand oil) aurait pu efficacement protéger les couches picturales, hypothèse avancée par Sybille Schmitt (Schmitt 2013).

Cette liste est non exhaustive mais elle permet de se rendre compte de la rapide diffusion du procédé de Pettenkofer à travers l'Europe, ainsi que de la diversité des procédés employés. Au total, plusieurs milliers de tableaux furent régénérés suivant le procédé de Pettenkofer ou des variantes. Sybille Schmitt note que le recours à cette technique de manière massive est à relier avec l'installation de système de chauffage à air chaud à cette période qui entraîna de possibles dérèglements climatiques dans les musées (Schmitt 1990b).

Les vapeurs de solvants furent très largement employées par les restaurateurs européens. Cependant il convient de revenir sur les critiques, les inconvénients remarqués pour certains dès le XIX^e siècle et les altérations au long terme qu'elles provoquent. Une des premières réserves émises, notamment par Adolf Erhardt dans l'annexe de la 5^{ème} édition allemande du *Manuel du Peintre* de Pierre Louis Bouvier (Bouvier et Ehrhardt 1882) est que le couvercle de la boîte empêche le restaurateur de suivre l'avancée de la régénération et donc de la contrôler. Les dommages sont d'ailleurs souvent liés à une exposition trop longue aux vapeurs (Eibner 1928). Cette constatation est d'autant plus vraie pour les peintures sensibles comme celles ayant un glacis. Les traités contemporains de l'apparition de ce procédé notent également que la régénération provoque un ramollissement de la matière et certains conseillent de revernir avec du baume de copahu (Schmitt 2013). Il fut également remarqué qu'une exposition prolongée pouvait favoriser l'apparition de trous en surface et que certaines œuvres étaient plus sensibles que d'autres. (Hauser 1901, Groen 1988) C'est le cas notamment des peintures hollandaises du XVII^e siècle de Brouwer, Teniers et Wouwerman comme le remarquèrent F.N. Foltz de Munich et F.N. Morelli de Florence pour lesquelles un blanchiment est souvent observé après le traitement. La raison de cette sensibilité n'est pas clairement comprise mais la présence de glacis et de vernis contenant de la térébenthine de Venise (instable) est évoquée (Schmitt 2013). Toutefois, l'apparition de blanchiment suite à un traitement de restauration avec de l'alcool est un procédé connu depuis le XVIII^e siècle (Guette 1793-1804). Forni, un peintre de Sienne, nota dans son ouvrage qu'une utilisation excessive de cette méthode pouvait provoquer une absorption par la couche d'imprimatura (Forni 1866).

Concernant l'ajout de baume de copahu, les effets négatifs étaient connus quand Max von Pettenkofer commença à l'appliquer sur les tableaux. En effet, dès 1845, Fernbach était conscient du rôle inhibiteur du baume de copahu dans le processus de séchage des peintures à l'huile (Jantsch 1939). C'est pourquoi, dès l'annonce de l'utilisation de baume de copahu pour la régénération des peintures de nombreuses critiques pointèrent du doigt le manque de connaissance sur les effets à long terme de son ajout (Schmitt 1990b). Malgré toutes les objections, Max von Pettenkofer continua de recommander ouvertement l'imprégnation complète du tableau avec du baume de copahu, comme une mesure de précaution (Pettenkofer 1870), allant même jusqu'à affirmer, sans la moindre preuve, qu' « *il est à présent possible de prouver que, au moins pour ce qui concerne la conservation des peintures à l'huile, [le baume de copahu] est indispensable et irremplaçable.* » (Pettenkofer 1870). Pourtant, dès 1873, un membre de l'ambassade d'Italie

avertit son ministre des dommages causés par l'application du baume de copahu : « *dommageables aux peintures, créant des taches bleuâtres, privant le tableau de ses teintes les plus brillantes et laissant des contours indécis.* » (Conti 1988). Michel Favre-Félix rapporte des témoignages italiens de la fin du XIX^e siècle toujours sur le même sujet : « *donne aux peintures un aspect vitreux et les rend fragiles et fendillées* » allant même jusqu'à parler de l'embaumement des peintures qui deviennent de « *splendides momies* » (Favre-Félix 2010-2011a). Dès 1936, Schmidt remarqua que le baume de copahu retardait considérablement le séchage et que le fait de poser une main sur le tableau pouvait dans certains cas suffire à ramollir une couche picturale qui était auparavant sèche. Il montra également que les peintures traitées au baume de copahu étaient très sensibles à l'humidité (Schmidt 1936). Elles sont également devenues vulnérables à l'action des solvants les plus couramment utilisés pour les nettoyages (Schmitt 2000). De plus, comme le souligne Max Doerner, le baume de copahu est un plastifiant qui augmente la rétention des solvants par la peinture, ce qui provoque avec le temps de nombreuses altérations (Doerner 1984).

Récemment, l'état de conservation des peintures régénérées avec des vapeurs et du baume de copahu a fait l'objet d'une étude approfondie conduite par Sybille Schmitt et l'équipe des scientifiques du MOLART en Hollande (Schmitt 1990b, Schmitt 1999, Schmitt 2000, Van der Werf *et al.* 2000, Schmitt 2013). Toutes les peintures étudiées présentent des défauts au sein des couches de vernis et des couches picturales et particulièrement à l'interface entre les deux. Ces défauts semblent être le résultat d'un gonflement extrême et d'une migration de certains constituants de la peinture. Les films de peintures peuvent être entièrement gonflés, perturbés, désorganisés ou complètement dissous permettant aux pigments de migrer de manière isolée dans différentes directions. Les résultats préliminaires ont permis de distinguer sept types d'altérations consécutives aux procédés de régénération (Schmitt 2000) :

- Ligne marbrée à bordures ondulées si bien que la ligne du coup de pinceau devient floue
- Boursouflures,
- Voile ; Effacement
- Particules isolées
- Traînée (migration de particules suivant vraisemblablement les craquelures)
- Décomposition (perte de cohésion entre le liant et les pigments)
- Eruption de particules de pigments en surface

L'application du baume de copahu à la surface des peintures étant à l'origine d'une instabilité physico-chimique au sein de la peinture elle-même, cette pratique a depuis été totalement bannie des ateliers de conservation-restauration. En revanche, aucune étude européenne à grande échelle ne s'est intéressée pour l'instant à l'effet à long terme des vapeurs d'alcool utilisées seules. Cette absence d'étude s'explique par le fait que les régénérations n'ont pour la plupart pas été documentées de manière précise et qu'il est par conséquent impossible de savoir avec certitude quelle technique de régénération a été employée et si d'autres types de matériaux n'ont pas été ajoutés.

Sybille Schmitt souligne que l'utilisation de vapeurs de solvants a continué au XXI^e siècle et que la collaboration avec des chimistes a permis de choisir des solvants plus adaptés pour faire gonfler le tenace film de linoxyne (film qui se forme à la surface de la peinture) comme le diméthylformamide (DMF), le glycol, le cellosolve® et le dovanol® (Schmitt 1990b). Le principe de la régénération reste le même, à la différence près qu'un extracteur de solvant est souvent fixé au sommet de la boîte. L'utilisation de vapeurs de DMF par la National Gallery à Londres a fait l'objet d'une publication en 1972 (Lank *et al.* 1972). Les auteurs rapportent la régénération réussie de chancis de couches picturales en appliquant des vapeurs de DMF sur le tableau pendant 2 à 20 heures. Néanmoins, Karin Groen qui a étudié cette technique de régénération note une liquéfaction du liant lors du traitement et une séparation de ses constituants (Groen 1988).

La régénération au moyen de vapeurs d'alcool n'a jamais été utilisée en France sur des collections publiques. Elle n'est mentionnée dans aucun manuel de restauration, ni traités de peinture de la fin du XIX^e siècle. Le premier manuel à évoquer la régénération est d'après Michel Favre-Félix, celui de Georges Meusnier en 1909 et prône la méthode de l'alcool liquide qu'il présente comme un « procédé tout à fait nouveau » (Favre-Felix 2010-2011a). Diverses hypothèses peuvent être évoquées pour l'expliquer :

- réticences face à un procédé dit universel alors que les tableaux sont tous différents (composition, histoire matérielle),
- sentiment de ne pas contrôler la restauration qui a lieu dans une boîte opaque,
- connaissance préalable des conséquences néfastes du baume de copahu,
- guerre franco-allemande de 1870

Alors que de nombreux musées à l'étranger utilisent encore actuellement cette technique (Kunsthalle de Zürich, Allemagne, Finlande, Russie, Angleterre), la position française sur l'apport des vapeurs de solvants pour la régénération n'a pas évolué (Favre-Felix 2010-2011b). De nombreuses modifications du système ont eu lieu ces dernières années. L'application de baume de copahu et l'utilisation de vapeurs de DMF ont été bannies. De plus, il est maintenant possible de contrôler l'avancée de la régénération en employant une boîte transparente ou bien un appareil diffuseur de vapeurs, utilisé au Kunsthalle de Hambourg et dans les musées de Finlande (Figure 6-2). Ari Tanhuanpää rapporte que l'utilisation de cet appareil avec des vapeurs d'éthanol sur un chanci de couche picturale n'est pas efficace et a entraîné des blanchiments (Tanhuanpää 2000).



Figure 6-2 : Appareil conçu par le Dr Toivo Pohja (université d'Helsinki) pour les musées de Finlande. © Photographie Ari Tanhuanpää, département conservation Finnish Gallery, Helsinki (Favre-Felix, 2010-2012)

1.2.2. Solvants sous forme liquide

Le recours aux solvants sous forme liquide est la technique qui est actuellement pratiquée dans les ateliers de restauration français. Elle sera exposée plus en détail dans la seconde partie du chapitre. Le solvant (pur ou en mélange) est appliqué avec une brosse large en évitant les recouvrements. Pour les chancis de couches picturales, il est mis, le plus souvent, après dévernissage pour faciliter sa pénétration. Un vernis est ensuite apposé en surface pour ralentir son évaporation. Le choix du solvant est déterminé de manière empirique en testant différentes combinaisons directement sur l'œuvre (figure 6-3).

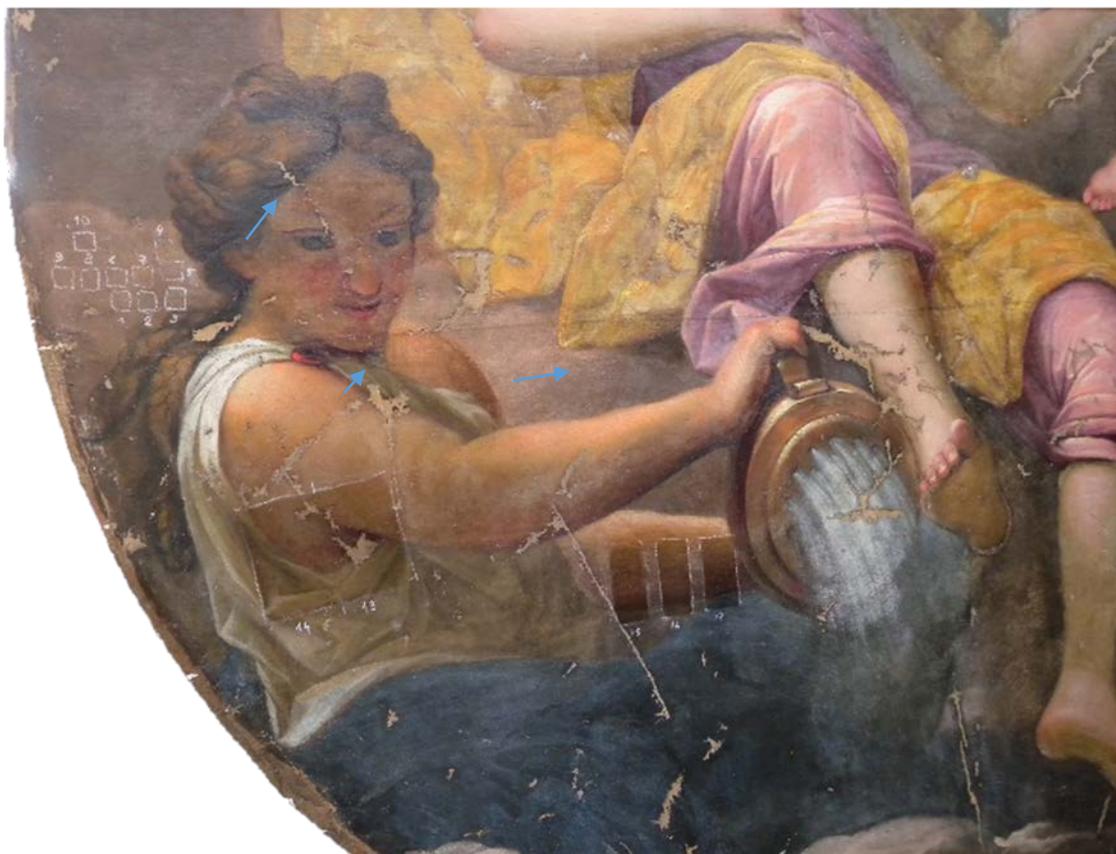


Figure 6-3 : Essais de régénération de couches picturales réalisés par Alice Mohen sur *L'Aurore*, Anonyme français de la seconde moitié du XVII^e siècle.

2. Etudes des traitements actuellement utilisés

Deux approches ont été mises en œuvre. Les retours d'expériences de restaurateurs en activité ont permis d'établir un état des lieux des traitements actuellement en usage dans les ateliers de restauration. Les informations ont été récoltées directement dans les ateliers en discutant avec les restauratrices à partir d'un questionnaire préétabli. Le questionnaire a également été distribué lors de la conférence JERI 2015 (Journée étude, Recherche et innovation en conservation-restauration des biens culturels) à Toulouse en novembre 2015 et lors du séminaire organisé au C2RMF à l'attention des restaurateurs franciliens en mars 2016. En parallèle, les tests de régénération effectués par les restaurateurs sur les peintures chancées du corpus initial (corpus 1), ainsi que sur des échantillons modèles, ont été étudiés. L'objectif était d'évaluer leur efficacité à l'échelle macroscopique sur le rendu visuel, et microscopique sur les pores, et d'apprécier leur durabilité. Le blanchiment étant induit par la diffusion de la lumière par des pores, un traitement de restauration sera efficace et durable, si et seulement si, il résorbe ou remplit durablement les pores.

2.1. Les chancis de vernis

Les chancis de vernis ne présentent pas de problèmes majeurs pour la restauration. La couche chancie peut être facilement retirée ou « régénérée » avec des solvants volatils appliqués sous forme liquide.

La première option correspond à un allégement du vernis. Il est retiré progressivement en évitant autant que possible de le véhiculer. Selon la profondeur de l'altération, il peut être nécessaire de dévernir totalement l'œuvre. Il convient cependant de souligner que les solvants utilisés pour alléger le vernis vont simultanément le régénérer. De même, lors de la régénération, le vernis est probablement légèrement allégé. Nous ne reviendrons pas ici sur le choix du solvant pour alléger un vernis à partir du triangle de solubilité de Teas (Teas 1968, Masschelein-Kleiner 1991, Phenix 1998a, Zumbühl 2005).

La seconde option consiste à régénérer le film de vernis sans le retirer. Les solvants les plus utilisés par les restaurateurs pour régénérer un vernis chanci sont l'éthanol et l'isopropanol sous forme liquide. La régénération d'un échantillon modèle de vernis mastic chanci par de l'isopropanol est reporté dans la figure 6-4 à titre d'illustration. L'application d'une couche de vernis Régalrez ou dammar (solubilisé dans du white spirit ou de l'essence de térébenthine) permet également de régénérer une couche de vernis chanci.

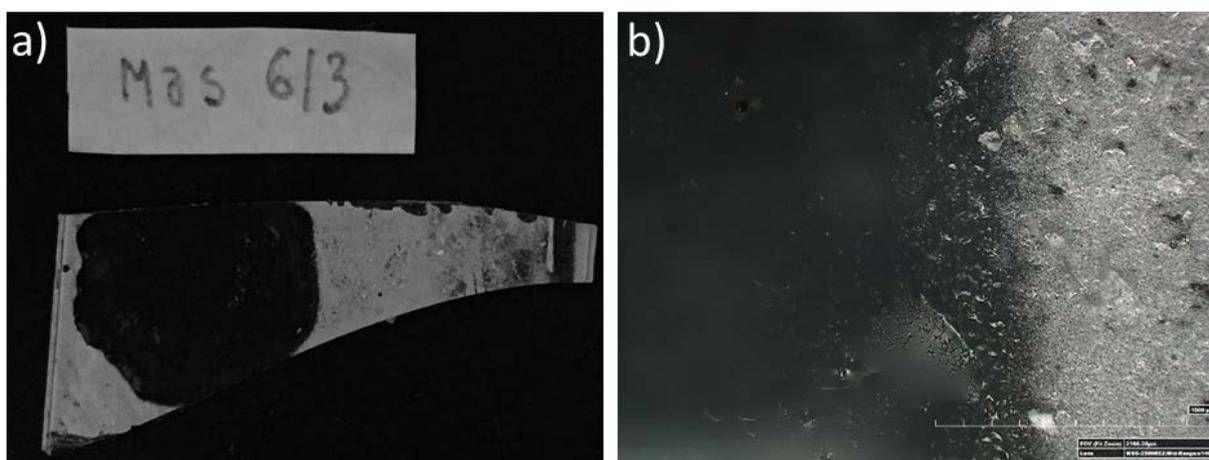


Figure 6- 4 : Régénération d'un vernis mastic chanci avec une goutte d'isopropanol. a) photographie en lumière visible ; b) image par microscopie numérique 3D.

Le recours à des solvants très volatils permet d'éviter qu'ils diffusent inutilement jusqu'à la couche picturale. La résorption des pores est vraisemblablement induite par une dissolution partielle du vernis. Certains restaurateurs notent toutefois que les solvants ne régénèrent pas toujours les chancis de vernis de manière pérenne. De plus, l'application d'un solvant à la surface de la couche de vernis chancie peut induire des surbrillances, si l'alcool est employé seul. Il peut alors être nécessaire de revernir l'ensemble de l'œuvre pour homogénéiser la brillance générale et donc d'appliquer une couche de vernis supplémentaire sur un vernis partiellement dégradé.

La régénération au moyen de solvants sous forme vapeur n'est pas pratiquée dans les ateliers du C2RMF, mais elle l'est dans certains ateliers de restauration privés et à l'étranger. Des tests ont été effectués en plaçant des échantillons modèles de vernis chancis dans une atmosphère saturée en solvant. Un dispositif a été conçu pour maintenir un coton imbibé de solvant volatil (isopropanol ou éthanol) dans un verre au-dessus du vernis chanci (figure 6-5).



Figure 6- 5 : Dispositif pour la régénération d'échantillons modèles par des vapeurs de solvants

L'examen au microscope électronique à balayage à effet de champ (MEB-FEG) d'un prélèvement de vernis chanci puis régénéré 3 et 10 min par des vapeurs de solvants met en évidence une perte de consistance du vernis même pour des temps d'exposition très courts (figure 6-6). Après 10 min, les bords saillants du prélèvement ne sont plus discernables. De plus, le vernis devient légèrement poisseux. Les vapeurs d'alcool induisent un ramollissement du vernis qui peut alors aisément s'infiltrer dans les couches picturales.

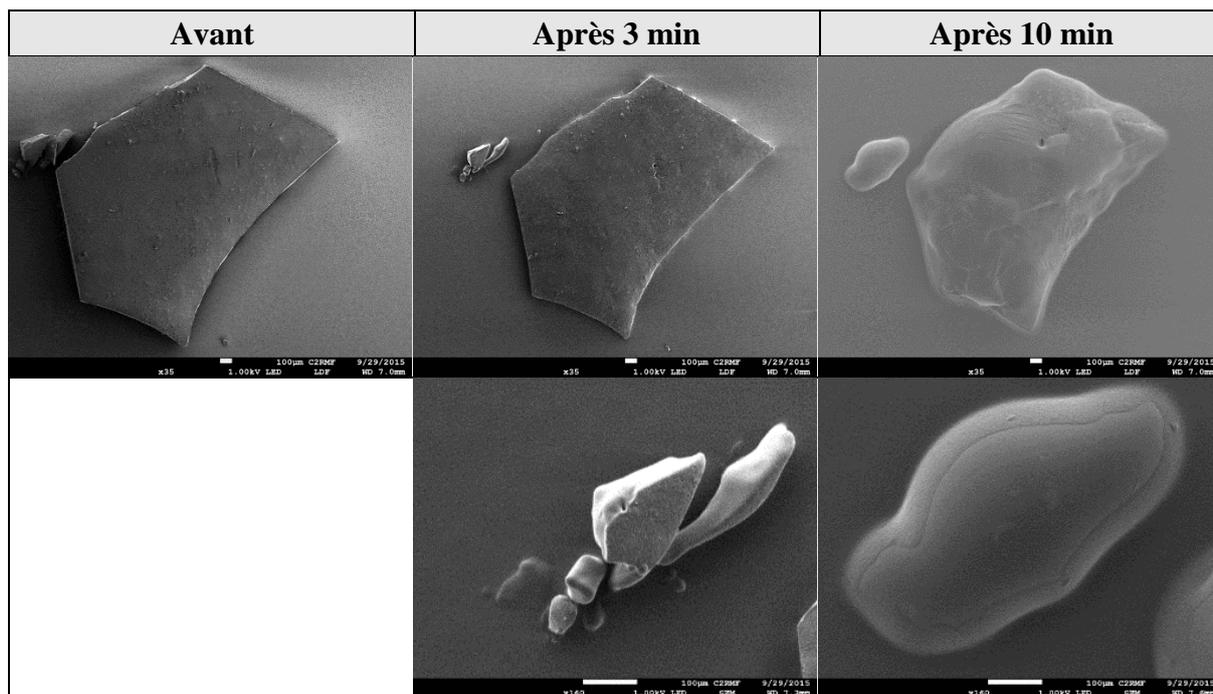


Figure 6- 6 : Images de MEB-FEG d'un prélèvement avant traitement puis après 3 et 10 min d'exposition à des vapeurs d'alcool. Barres d'échelle : 100 μ m.

Faut-il régénérer ou au contraire alléger les vernis chancis ? Lorsque les chancis sont provoqués par des conditions humides de conservation, il serait préférable de retirer la ou les couches altérées. En effet, si le vernis présente une propension certaine à chancier et que les conditions hygrométriques ne peuvent pas être améliorées, les chancis réapparaîtront inévitablement. En revanche, s'ils sont consécutifs à des traitements de restauration, ils sont pour la plupart superficiels et ne reviendront *a priori* pas, si l'œuvre est stockée dans un environnement adapté. Il serait alors préférable de les régénérer. Les décisions des restaurateurs sont néanmoins susceptibles d'être contraintes par de nombreux paramètres inhérents aux œuvres. La présence de repeints sous-jacents peut par exemple, nécessiter le retrait d'une couche chancie qui aurait pu être régénérée.

2.2. Les chancis de couches picturales

Pour les chancis de couches picturales, les solvants volatils utilisés sous forme liquide ou vapeur ne sont pas efficaces : les pores ne sont pas comblés durablement et l'évaporation du solvant est trop rapide pour les résorber.

L'emploi de solvants peu volatils est nécessaire pour ramollir les huiles anciennes particulièrement dures. Dans le domaine de la conservation-restauration, ces solvants sont qualifiés de solvants lourds. Les plus utilisés ces dernières années sont par ordre de fréquence : le diméthylsulfoxyde (DMSO), le diacétone alcool (4-Hydroxy-4-methylpentan-2-one) et le diméthylformamide (DMF). Le DMSO et le DMF ne sont jamais utilisés purs mais en mélange avec respectivement, le plus fréquemment, de l'acétate d'éthyle ou du toluène. Le recours à l'alcool benzylique a été mentionné plus rarement dans les questionnaires. La morpholine® et l'acétate d'amyle ont également été cités. Il convient de préciser que chaque œuvre est différente et que certaines sont si sensibles aux solvants que la régénération peut s'avérer impossible. Suite à l'application des solvants, une couche de vernis est apposée pour le « bloquer » dans la couche picturale. Les vernis les plus fréquemment utilisés pour cet usage sont les vernis Régalrez® et dammar. L'avantage du Régalrez® est qu'il s'agit d'une résine à faible poids moléculaire qui pourrait pénétrer plus facilement et combler les pores. De nombreux restaurateurs utilisent un mélange DMSO/acétate d'éthyle puis du Régalrez®. Si la cohésion de la matière picturale le permet, le vernis Régalrez® peut être passé « au bouchon²³ » en massant la couche picturale. Renouveler l'opération peut permettre d'obtenir un meilleur rendu visuel.

Il convient de mentionner que les trois solvants les plus employés pour régénérer des couches picturales sont très pénétrants et présentent une forte rétention (Masschelein-Kleiner 1991). R.H. Masschelein Kleiner indique que le DMF est le solvant le plus pénétrant utilisé en restauration, que sa rétention est très élevée et qu'il ramollit les huiles même anciennes (Masschelein-Kleiner 1991, Perego 2005). De plus, son utilisation n'est pas sans danger pour les restaurateurs. Il peut entraîner des irritations après un contact avec la peau ou les yeux. Il est reprotoxique, foetotoxique et probablement cancérigène et génotoxique. Son inhalation peut provoquer des dommages neurologiques, respiratoires et hépatiques (Perego 2005, Palmade-Le Dantec et Picot 2010). Son emploi est aujourd'hui de plus en plus rare dans les ateliers de restauration. Le DMSO a été proposé comme alternative au DMF (Bégin *et al.* 2002, Palmade-Le Dantec et Picot 2010, Cremonesi 2011). Le DMSO est moins toxique que le DMF mais peut provoquer des nausées et des urticaires. Il présente une rétention beaucoup plus longue (Masschelein-Kleiner 1991). Mélangé avec de l'acétate d'éthyle, le DMSO forme un azéotrope, si bien que son évaporation est plus rapide (Dortmund Data Bank 2014). Le DMSO est susceptible de former des complexes avec les métaux. Les tests effectués sur différents

²³ Le coton est mis dans un bas pour éviter que les fibres ne s'accrochent à la peinture lors du massage.

pigments montrent que le vert-de-gris réagit avec le DMSO entraînant l'apparition de cristaux plus clairs en surface dont la nature n'a pas pu être déterminée. Aucune réaction n'a en revanche été observée pour la terre verte, la terre d'ombre, l'azurite, le vermillon, l'hématite et le jaune de Naples. Le diacétone alcool s'évapore également lentement. Il peut entraîner une irritation modérée de la peau et des muqueuses. Il est de plus narcotique à haute concentration (Masschelein-Kleiner 1991, Perego 2005). L'exposition prolongée provoque des troubles digestifs, de l'insomnie et une intolérance à l'alcool. Les trois solvants utilisés par les restaurateurs pour régénérer les chancis de vernis ne sont pas sans danger pour leur santé.

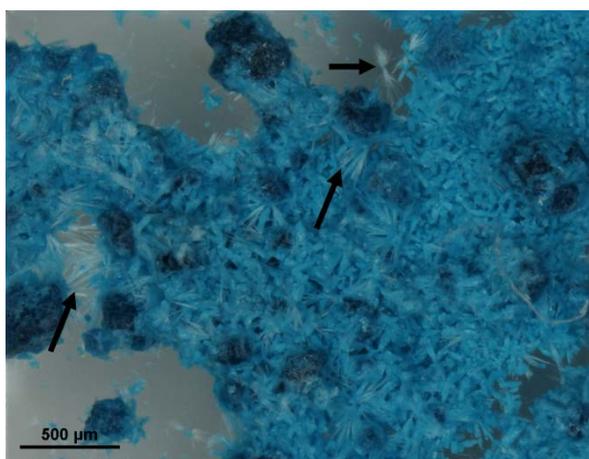


Figure 6- 7 : Présence de cristaux (flèches noires) induits par l'interaction entre le vert-de-gris et le DMSO

Le principe de la régénération par des solvants liquides consiste à bloquer des solvants peu volatils dans les couches picturales poreuses. Ainsi, il convient de s'interroger sur les conséquences à long terme des traitements actuellement en usage dans la plupart des ateliers de restauration. Le ramollissement prolongé de la couche picturale pourrait en effet avoir des conséquences néfastes sur l'œuvre. Très pénétrants et longtemps actifs dans la couche picturale, les solvants lourds augmentent le risque de lixiviation. La lixiviation correspond à une extraction des constituants du liant induite par l'évaporation du solvant (Bergeon-Langle et Curie 2009). De nombreuses études ont été entreprises sur l'action des solvants sur les peintures (Erhardt et Tsang 1990a, Erhardt et Tsang 1990b, Tsang et Erhardt 1992, Phenix 1998b, Tumosa *et al.* 1999, Sutherland 2000, Phenix et Sutherland 2001, Sutherland 2001, Erhardt *et al.* 2002, Sutherland 2003, Sutherland 2006, Sutherland 2012, Phenix 2013). Elles ont mis en évidence que les solvants entraînaient un gonflement de la couche picturale. De plus, l'extraction par lixiviation des composés polaires et des petites molécules ayant un rôle de plastifiant, a une influence sur les propriétés mécaniques des couches picturales. Elles deviennent moins souples et plus cassantes. Lors de son évaporation, le solvant a tendance à

transporter du liant depuis les profondeurs vers la surface. Il en résulte la formation d'une surface très riche en liant, brillante avec des teintes saturées qui paraissent régénérées. Or l'enrichissement en surface entraîne inévitablement un appauvrissement en profondeur, qui se traduit par une perte d'homogénéité du liant et donc la formation de chancis de plus en plus profonds. De plus, la formation d'une pellicule dure en surface est susceptible d'engendrer des problèmes pour les futures restaurations et de nécessiter à nouveau l'emploi de solvants lourds qui affaibliront encore plus la couche picturale. Les pigments sont également sensibles aux solvants. Les solvants peuvent être à l'origine de la rupture de la cohésion entre le pigment et le liant (Michalsky 1990, Phenix 1998b).

Des investigations ont été entreprises par nanotomographie à contraste de phase sur un prélèvement d'une zone chancie puis d'une zone régénérée avec du DMSO/acétate d'éthyle (30/70) suivie de l'application d'un vernis Régalez (figure 5-6a). Les analyses ont été effectuées un an après la restauration de l'œuvre pour étudier l'efficacité et la durabilité d'un des traitements les plus actuellement utilisés. Elles révèlent que les pores ne sont ni résorbés ni durablement comblés (figure 6-7b et c). Ils sont cependant moins bien définis, signe que le solvant a entraîné un ramollissement de la matière.

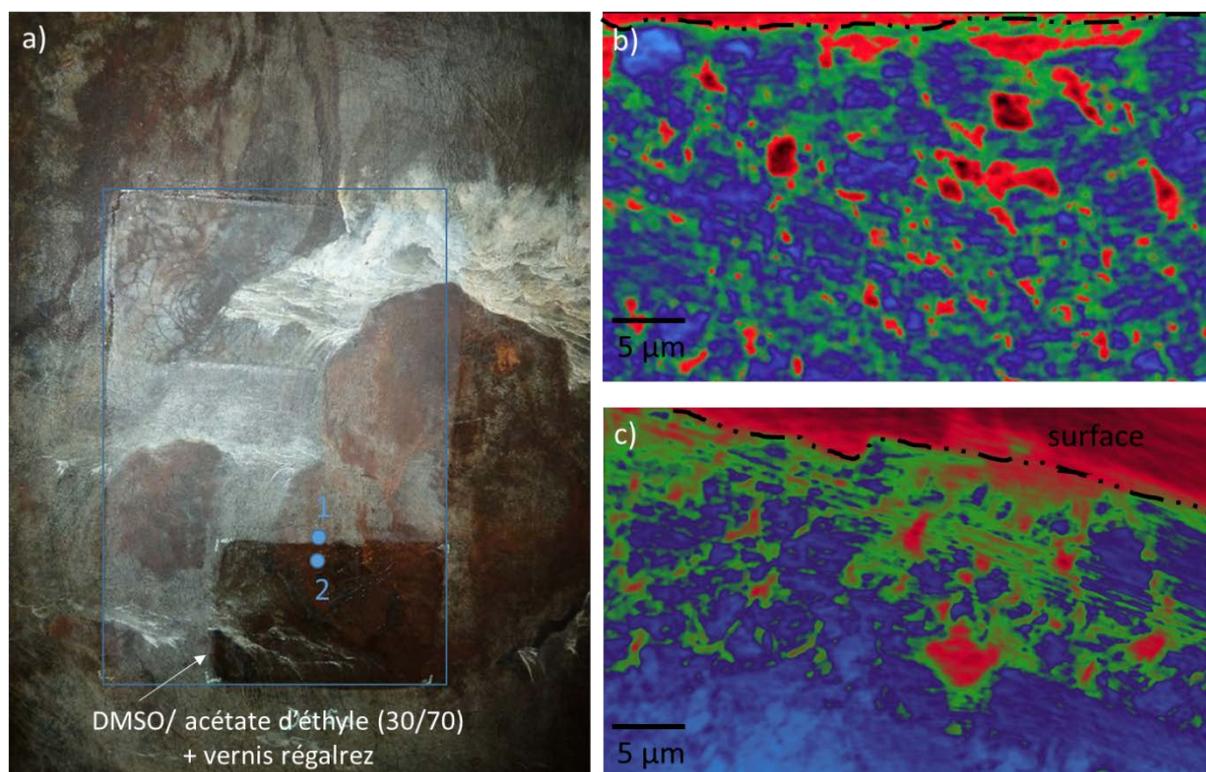


Figure 6- 8 : a) Localisation des prélèvements : 1) chanci et 2) régénéré avec du DMSO/acétate d'éthyle (30/70) suivi de l'application de vernis Régalez ; b) et c) Nanotomographie à contraste de phase. Détails des coupes transversales reconstituées, après traitement d'image. b) prélèvement chanci et c) prélèvement régénéré.

Parmi les tableaux régénérés, nombreux sont ceux qui l'ont été plusieurs fois. L'œuvre du corpus 1 de Jean-Baptiste Chardin, *Les attributs des arts* du Musée du Louvre, exécutée en 1765 et transposée en 1939, en est un parfait exemple. Elle a été régénérée 3 fois en 36 ans avec des solvants liquides, sans parvenir à une suppression pérenne des chancis. Comment expliquer le manque de durabilité des traitements actuellement en usage dans les ateliers de restauration ? D'après François Perego, un solvant est « *un liquide volatil capable de dissoudre une substance solide sans altération chimique de celle-ci* » (Perego 2005). Dans le cadre de la restauration d'œuvres présentant des chancis de couches picturales, les solvants ne sont pas employés pour leurs propriétés solvatantes. Le recours à des solvants peu volatils permet de combler temporairement les pores. En effet, l'indice de réfraction des solvants employés est proche de celui du liant (tableau 6-1). Par conséquent, le remplacement de l'air initialement contenu dans les pores va diminuer la différence d'indice de réfraction et donc limiter la diffusion de la lumière dans le matériau. Visuellement, l'apparence sera alors satisfaisante. Or l'évaporation du solvant est inévitable. L'ajout d'une couche de vernis en surface va permettre de la restreindre mais en aucun cas de l'inhiber totalement. Les couches de vernis sont perméables. L'évaporation du solvant entraîne une progressive réapparition de la diffusion et donc du blanchiment. Le fait que l'amélioration de l'apparence visuelle ne soit généralement que temporaire prouve que les pores avaient été comblés mais non résorbés. Les analyses par nanotomographie à contraste de phase effectuées un an après la restauration ont montré que les solvants n'avaient pas régénéré la matière. Les solvants ont entraîné un ramollissement de la surface des pores mais pas leur résorption.

	Indice de réfraction
Air	1.0
Huile de lin fraîche	1.48 (Laurie 1937)
Huile de lin du XVIII ^e	1.54 (Laurie 1937)
Huile de lin du XVII ^e	1.558 (Laurie 1937)
Huile du lin du XV ^e	1.59 (Laurie 1937)
DMSO	1.48 à 20 °C (Merck 1968)
DMF	1.43 à 25 °C (Merck 1968)
Diacétone alcool	1.42 à 20 °C (Merck 1968)

Tableau 6- 1 : Indice de réfraction du liant et des solvants les plus couramment utilisés pour la régénération de chancis de couche picturale.

L'emploi de solvants lourds pour la restauration des couches picturales chancies présente donc de nombreux risques pour les œuvres et les restaurateurs, avec un résultat seulement temporaire. Leur utilisation est donc à proscrire. De nombreux restaurateurs contactés ne les utilisent d'ailleurs déjà plus. Quand les zones chancies gênent la lecture de l'œuvre, les restaurateurs les retouchent. La retouche est chronophage et ne constitue pas une réelle solution. Elle ne résorbe pas l'altération, mais la masque temporairement. En vieillissant, la retouche devient visible et désaccordée et l'œuvre doit à nouveau être restaurée.

Ainsi, il s'avère nécessaire de proposer une méthode développée non plus empiriquement, mais une alternative fondée sur les conclusions tirées de la caractérisation et de la compréhension de l'altération. La résolution du problème constitue un enjeu de taille pour la conservation et la restauration des peintures chancies.

3. Proposition d'une alternative innovante

Nos recherches se sont orientées sur le développement d'un composé capable de combler durablement les pores. En effet, la proposition d'une solution fondée sur la résorption des pores par ramollissement de la couche picturale par des solvants lourds, nous a semblé peu déontologique. Le traitement de restauration « idéal » serait un liquide peu visqueux pour pénétrer dans la matière, constitué de molécules de petite taille, ayant un indice de réfraction proche de celui du liant, pour supprimer la diffusion de la lumière, tout en étant évidemment chimiquement inerte, réversible, stable à long terme. De plus, l'objectif était de développer un traitement qui soit inoffensif pour les restaurateurs.

3.1. Solvants eutectiques

Les solvants eutectiques sont des nouveaux solvants qu'il nous a semblé intéressant d'étudier. Ils ont été développés dans les années 2000 par l'équipe du Prof. Andrew P. Abbott de l'Université de Leicester (Abbott *et al.* 2004). Ils ont connu un intérêt croissant ces dernières années et font l'objet de trois revues récentes (Zhang *et al.* 2012, Smith *et al.* 2014, García *et al.* 2015). Ils sont formés par réaction entre un sel organique et une molécule donneuse de liaison hydrogène. La température de fusion du mélange est bien inférieure à celle des deux réactifs, d'où leur nom de solvants eutectiques. Leur synthèse est facile et rapide à mettre en œuvre. Ils sont très peu volatils et présentent l'avantage d'être très peu onéreux, sans danger et biodégradables. Ils sont qualifiés de solvants verts.

Deux solvants eutectiques ont été synthétisés : chlorure de choline:glycérol (1:2) et chlorure de choline:éthylène glycol (1:3). Les paramètres de viscosité et de tension de surface sont reportés dans le tableau 6-2. Le chlorure de choline est un composé non-toxique, biodégradable et fabriqué en quantité industrielle. La sélection a été orientée par la nécessité d'avoir un solvant liquide à température ambiante et le moins visqueux possible (Zhang *et al.* 2012, Smith *et al.* 2014). Les solvants préparés présentent une tension de surface légèrement supérieure à celle des solvants traditionnels (tableau 6-2). Ils auront donc une plus faible mouillabilité. Leur viscosité est également plus élevée. Néanmoins, à titre de comparaison, l'huile de moteur a une viscosité comprise entre 85-1000 cP et le sirop d'érable de 5000 cP. Leur indice de réfraction est proche de celui des liants : 1.49 pour le chlorure de choline:glycérol et 1.47 pour le chlorure de choline:éthylène glycol. Par conséquent, s'ils pénètrent dans les pores la diffusion de la lumière est beaucoup moins importante et le blanchiment disparaît.

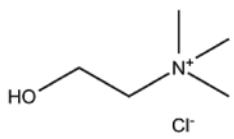
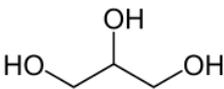
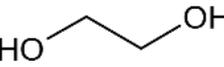
Chlorure de choline (ChCl)	X	ChCl:x	Tension de surface (dyn/cm) à 25°C	Viscosité (en cP) à 20°C
	Glycérol 	1:2	55.8	19
	Ethylène glycol 	1:3	49 (pour un ratio 1:2)	373
Isopropanol			21.8 (15°C)	2.4
Ethanol			22.4 (20°C)	1.1 (25°C)
Acétate d'éthyle			23.8 (20°C)	0.45
DMF			36.8 (20°C)	0.92
DMSO			43.5 (20°C)	2.24

Tableau 6- 2 : Paramètre de viscosité et de tension de surface des solvants eutectiques synthétisés. Le ratio correspond à une fraction molaire. Les valeurs pour les solvants sont tirées de : <http://macro.lsu.edu/HowTo/solvents/Surface%20Tension.htm> et <http://macro.lsu.edu/HowTo/solvents/viscosity.htm>

L'étude de la bibliographie a soulevé quelques inquiétudes au sujet de leur stabilité dans la couche picturale. En effet, ils seraient susceptibles de dissoudre certains oxydes métalliques (Abbott *et al.* 2006). Il s'agit de plus de solvants chlorés qui pourraient réagir avec certains pigments. Ils ont été testés sur des pigments purs puis sur des échantillons modèles. Les tests sur les pigments mettent en évidence que la tension de surface des deux solvants eutectiques sélectionnés est très importante. Les solvants sont visqueux et ont du mal à enrober les

particules de pigments (figure 6-9). De plus, il apparaît qu'ils réagissent avec le vermillon et le vert-de-gris (figure 6-10).



Figure 6- 9 : Photographies à la loupe binoculaire mettant en évidence la haute tension de surface du solvant eutectique chlorure de choline:glycérol (1:2) avec du blanc de plomb, de l'hématite et de l'azurite.

	ChCl:glycérol	ChCl:éthylène glycol
Vermillon	 1000 µm	 1000 µm
Vert-de-gris	 1000 µm	 1000 µm

Figure 6- 10 : Dégradation du vermillon et du vert-de-gris en présence des solvants eutectiques sélectionnés : noircissement pour le vermillon et apparence gélifié pour le vert-de-gris

Lors de l'application des solvants eutectiques sur des échantillons modèles de chancis de vernis, la goutte de solvant reste en surface et ne pénètre pas dans la couche. Les pores ne sont par conséquent pas comblés et l'apparence visuelle n'est pas modifiée (figure 6-11).

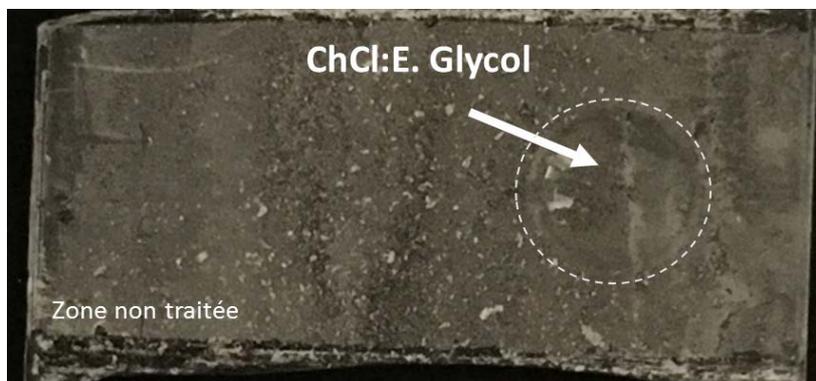


Figure 6- 11 : Test de l'efficacité du solvant ChCl:éthylène glycol sur un vernis dammar chanci. L'application du solvant n'entraîne aucune amélioration de l'apparence visuelle

Concernant les chancis de couches picturales, la pénétration des solvants est lente mais importante. Le blanchiment disparaît, signe que les pores ont été comblés par les solvants (figure 6-12).

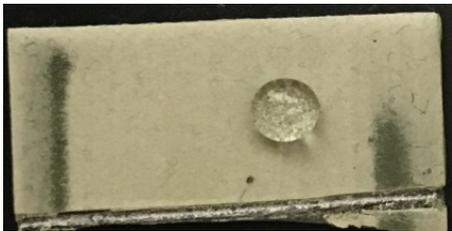
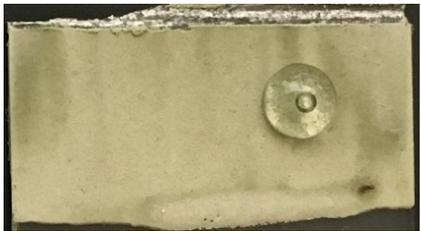
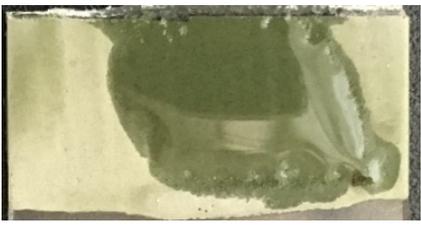
	ChCl:éthylène glycol	ChCl:glycérol
T = 1 min		
T = 30 min		
T = 1h30		

Figure 6- 12 : Test de l'efficacité des solvants ChCl:éthylène glycol et ChCl:glycérol sur une couche picturale de terre verte chanci. L'application du solvant entraîne une amélioration de l'apparence visuelle. Notons néanmoins l'apparition de boursofflures avec le solvant ChCl:glycérol.

Après 5 jours, l'examen des échantillons modèles chancis de terre verte et terre d'ombre après application des deux solvants eutectiques a révélé la présence de cristaux translucides en surface (figure 6-13). Les analyses effectuées par FEG-SEM/EDS indiquent qu'ils sont constitués de plomb et de chlore. Le chlorure de plomb formé serait de la laurionite, $\text{PbCl}(\text{OH})$ ²⁴. Le chlore issu du chlorure de choline a réagi avec la litharge PbO , présente dans le liant pour former des chlorures de plomb qui ont ensuite migré vers la surface.

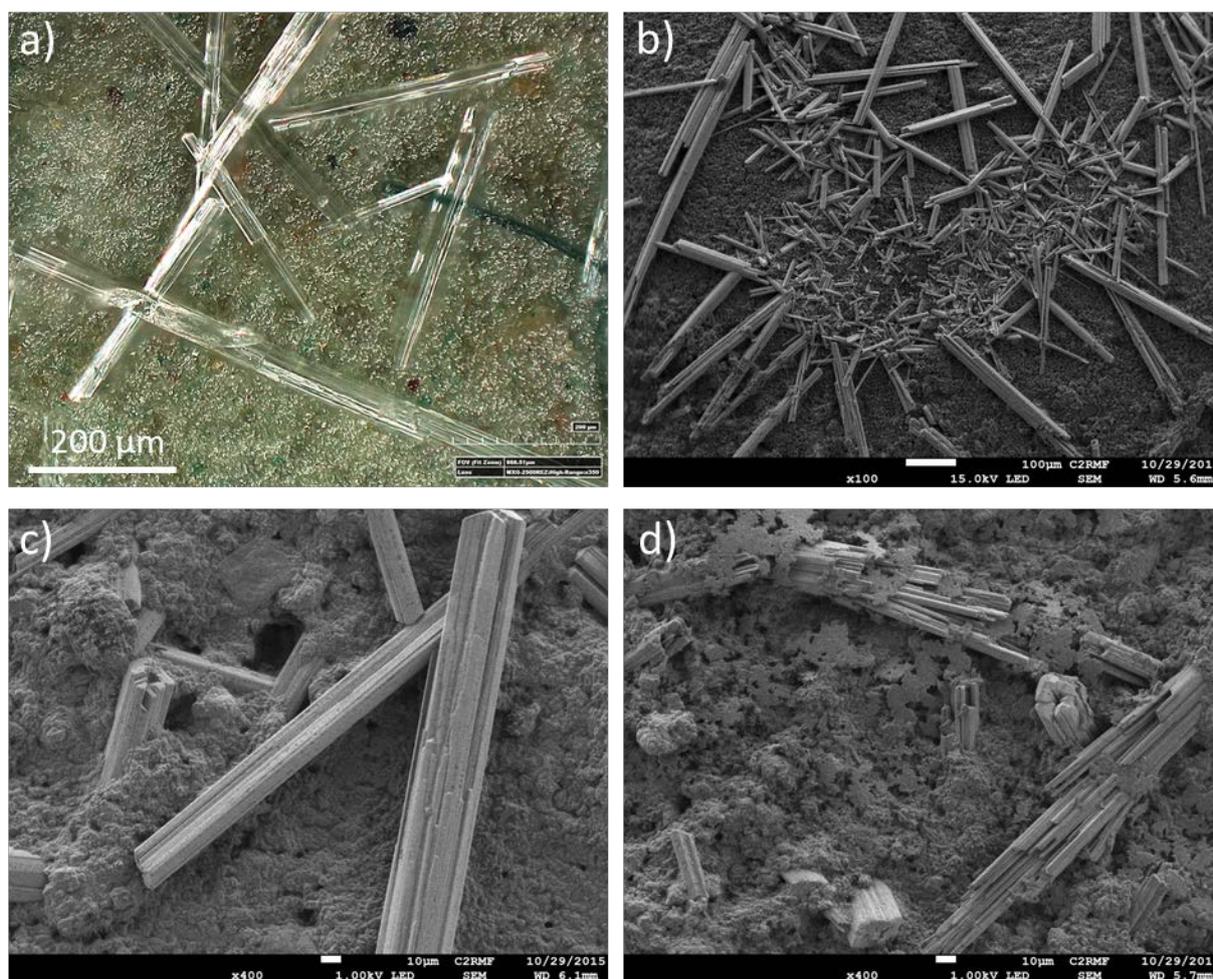


Figure 6- 13 : Formation de cristaux de chlorure de plomb suite à l'application des solvants eutectiques sur les couches picturales chancis. a) Image au microscope numérique 3D. b) c) et d) Image au MEG-FEG. b) barre d'échelle : 100 µm. c) et d) barres d'échelle : 10 µm.

Les tests effectués avec les solvants eutectiques sur des pigments purs puis des vernis et des couches picturales chancis ont permis de démontrer qu'ils n'étaient pas adaptés pour la restauration.

²⁴ <http://www.mindat.org/gm/2343>

3.2. Composés perfluorés

Le second produit testé a été développé avec le Consorzio interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI) de l'Université de Florence. Il s'agit d'un composé de la famille des diamides de perfluoropolyéthers de formule : $[R-CO-NH-(CH_2)_6-NH-CO-R]$, avec $R = CF_3-O-(CF_2-CF(CF_3)-O)_m-(CF_2-O)_n$.

Les molécules organiques perfluorées sont chimiquement et thermiquement très stables en raison de la haute énergie de la liaison C-F et de la désactivation induite par l'atome de fluor électronégatif. Le fluor est l'atome le plus électronégatif du tableau périodique. L'énergie de la liaison C-F (116 kcal/mol) est bien plus élevée que celle des liaisons C-H (101 kcal/mol), C-O (84 kcal/mol) et C-C (82.6 kcal/mol) (Piacenti 1994, Piacenti et Camaiti 1994). Les perfluoropolyéthers ont été utilisés comme hydrofuge sur les pierres de monuments historiques (Frediani *et al.* 1982, Piacenti *et al.* 1990, Piacenti 1994, Piacenti et Camaiti 1994, Tuminello *et al.* 2002). Cette application a fait l'objet d'un dépôt de brevet en 1988 (Strepparola *et al.* 1988). Les premiers composés utilisés étaient des perfluoropolyéthers non dérivés. Les amides de perfluoropolyéthers ont été développés plus tardivement (Piacenti et Camaiti 1994). La présence de groupements polaires permet au composé de se fixer à la matière (pierre ou couche picturale) par liaison hydrogène et ainsi de moins diffuser dans la couche. Les perfluoropolyéthers sont transparents et incolores. De nombreuses analyses ont été entreprises pour évaluer leur stabilité dans les articles précédemment cités. Les diamides de perfluoropolyéther sont inertes chimiquement. Aucune réaction n'a été mise en évidence lors des tests d'hydrolyse en milieu acide et basique. Ils sont également stables thermiquement jusqu'à une température de 100°C et aux irradiations UV. Les diamides de perfluoropolyéther sont faiblement volatils et sont perméables aux vapeurs d'eau. Ils sont solubles uniquement dans les solvants perfluorés, comme le perfluorooctane. L'application ultérieure des solvants traditionnellement utilisés en restauration n'aura de ce fait aucun impact sur le diamide de perfluoropolyéther. Ils présentent de plus, l'avantage d'être non toxiques.

La synthèse des amides de perfluoropolyéther est décrite par Franco Piacenti et Mara Camaiti. L'ester isobutylique de l'acide monocarboxylique perfluoropolyéthérique a été mis à réagir dans une solution de 1,1,2-trichlorotrifluoroéthane (A113) avec l'hexaméthylènediamide (DC6) dans un ratio molaire 1:2. L'ester est ajouté lentement sous azote et agitation à température ambiante. La réaction s'effectue dans un ballon à deux cols avec un condenseur à reflux et une ampoule de coulée. La durée de la réaction est estimée à 12h. Après élimination

du solvant, le produit est purifié par élution sur une colonne de chromatographie $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{C}$, en utilisant le A113 comme éluant. (Piacenti et Camaiti 1994). Le composé synthétisé présente un poids moléculaire de 1900 g/mol, une viscosité de 1850 cP à 25°C et une tension de surface de 20 dyne/cm. Dans la suite du chapitre, le diamide de perfluoropolyéther sera appelé DPFPE pour faciliter la lecture.

3.2.1. Tests sur les pigments

Dans un premier temps, la réactivité du DPFPE a été testée sur des pigments purs, susceptibles de s'altérer ou fréquemment présents dans les couches chancies. Aucune altération n'a été mise en évidence (figure 6-14).

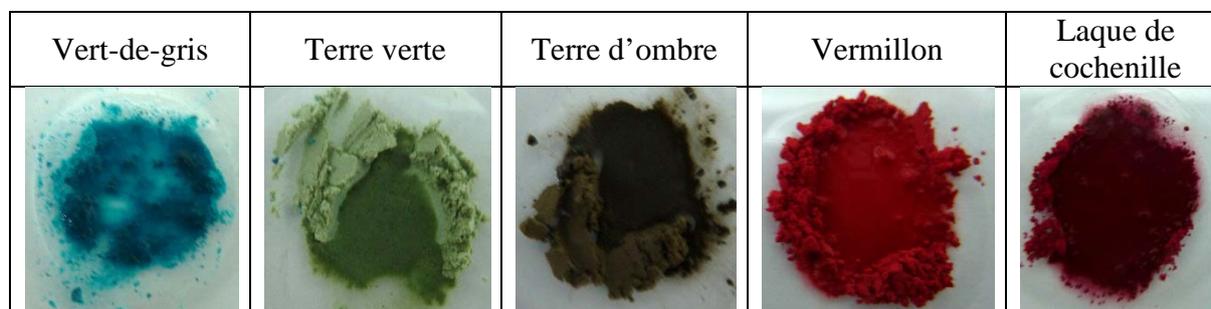


Figure 6- 14 : Tests de la réactivité du DPFPE sur des pigments purs après 1 mois

3.2.2. Tests sur des systèmes modèles

Le produit a été testé dans un second temps sur des systèmes modèles. L'application du DPFPE atténue le blanchiment et est visuellement satisfaisante (figure 6-15). Les vernis chancis regagnent leur transparence et pour les couches picturales chancies, le blanchiment disparaît, signe que la diffusion est inhibée et donc que les pores sont comblés. Par ailleurs, le DPFPE peut être retiré des pores en utilisant du perfluorooctane. Après retrait du DPFPE aucune trace du traitement n'est visible, aucune démarcation.

Des analyses colorimétriques ont été entreprises pour évaluer l'efficacité du traitement et sa réversibilité (figure 6-16). L'application du composé change très peu la chromaticité (paramètre a^* et b^*). En revanche, elle induit une forte diminution de la luminance $\Delta L^*_{\text{chanci-traité}} = 24.8$ pour la terre verte et $\Delta L^*_{\text{chanci-traité}} = 20.2$ pour la terre d'ombre. On peut donc en déduire que la diffusion de la lumière est inhibée. Suite au retrait du produit, la luminance réaugmente jusqu'à atteindre sensiblement la même valeur qu'avant son application : $\Delta L^*_{\text{chanci-}}$

après retrait = 4 pour la terre verte et ΔL^* chanci-après retrait = 2.8 pour la terre d'ombre. Le traitement proposé paraît donc réversible à l'échelle macroscopique.

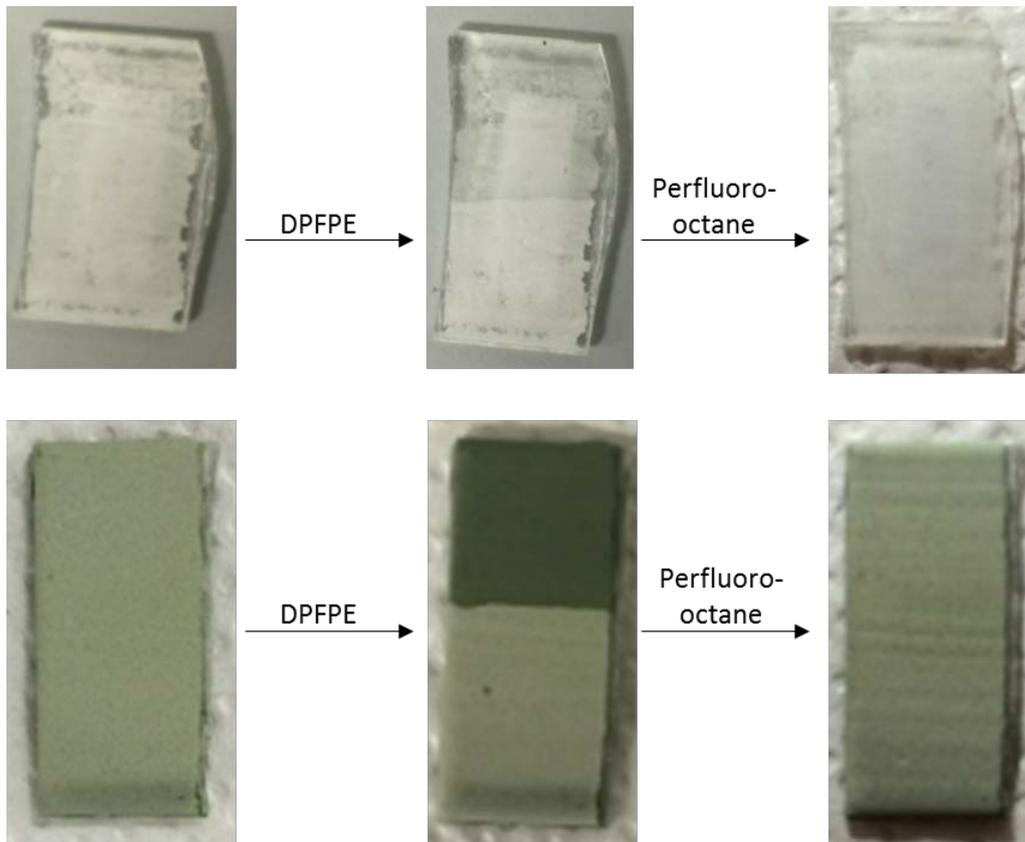


Figure 6- 15 : Etude de l'efficacité et de la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) sur un chanci de vernis et un chanci de couche picturale (terre verte). Le DPFPE a été appliqué sur la partie supérieure de l'échantillon puis retiré avec du perfluorooctane.

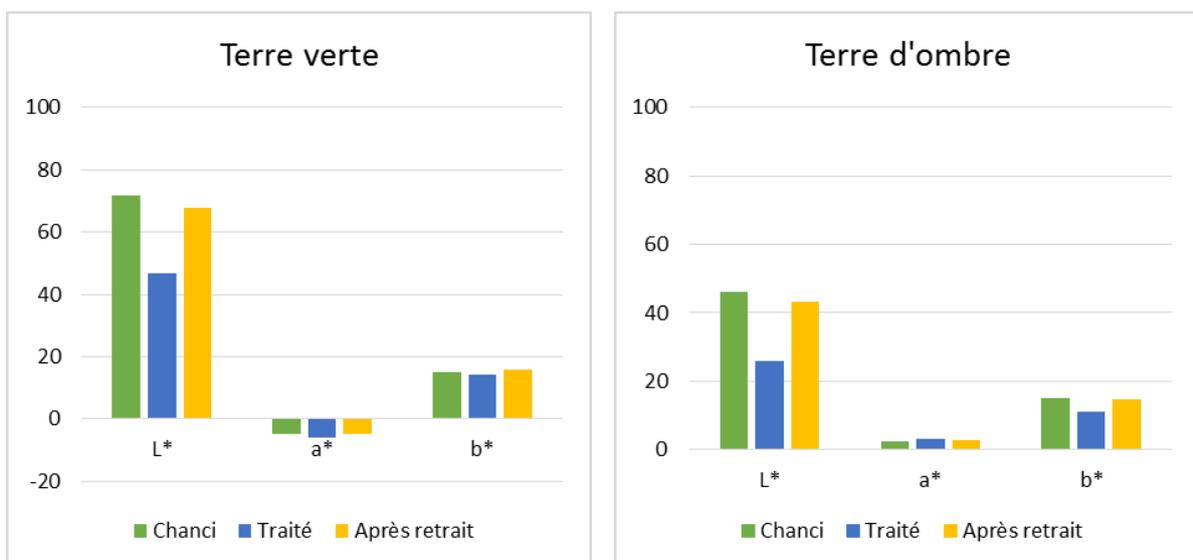


Figure 6- 16 : Mesures colorimétriques pour évaluer l'efficacité et la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) sur des chancis de couche picturale (terre verte et terre d'ombre).

Pour les chancis de couches picturales, des analyses par microtomographie X en absorption ont été effectuées pour étudier l'action du produit sur les pores et sa réversibilité (figure 6-17). Les coupes transversales présentées correspondent à la partie inférieure de la couche picturale. L'échantillon chanci présente de nombreux pores remplis d'air qui apparaissent en noir sur les coupes transversales. La plupart des pores ne sont plus visibles sur l'échantillon traité avec le DPFPE. Après retrait du perfluoropolyéther avec du DPFPE, les pores sont de nouveau présents dans la matière. Le traitement fondé sur l'utilisation du DPFPE pour restaurer les œuvres chancies est donc réversible.

Concernant la durabilité du traitement pour les chancis de couches picturales, un an après son application (vieillessement naturel), le résultat est visuellement toujours satisfaisant et aucune dégradation n'a été mise en évidence. Des échantillons modèles traités avec le DPFPE ont été placés pendant 1 mois en enceinte climatique après 4 mois de vieillissement naturel. Les paramètres de l'enceinte climatique sont les suivants : succession de 4 phases : 1/ 50°C et 35% HR ; 2/ 40 °C et 50 % HR ; 3/ 40 °C et 70 % HR et 4/ 40°C et 50% HR ; 2000 min/phase ; HR : humidité relative). Une légère désaturation de la couleur a pu être observée sur les échantillons non vernis mais pas sur les échantillons vernis suite à l'application du produit. Ainsi, sur une œuvre ancienne pour laquelle un vernissage sera effectué après l'application du DPFPE, la restauration sera très probablement durable.

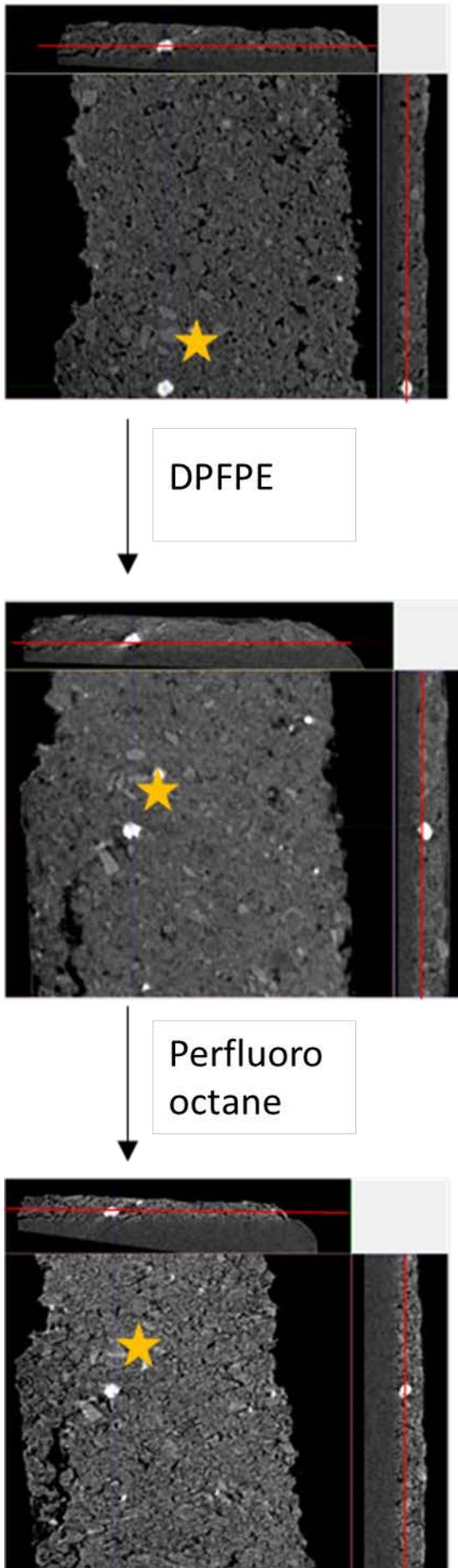


Figure 6- 17 : Etude de l'efficacité et de la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) par microtomographie X en absorption sur un chanci de couche picturale (terre verte). Le DPFPE a été appliqué sur l'échantillon chanci puis retiré avec du perfluorooctane.

3.2.3. Tests sur des peintures anciennes chancies

Le DPFPE a également été appliqué sur 4 œuvres anciennes afin d'évaluer son efficacité et sa réversibilité. L'évolution de la restauration pour deux d'entre elles est présentée dans les figures 6-18 et 6-19. A titre de comparaison, du diacétone alcool et du vernis dammar ont été appliqués.

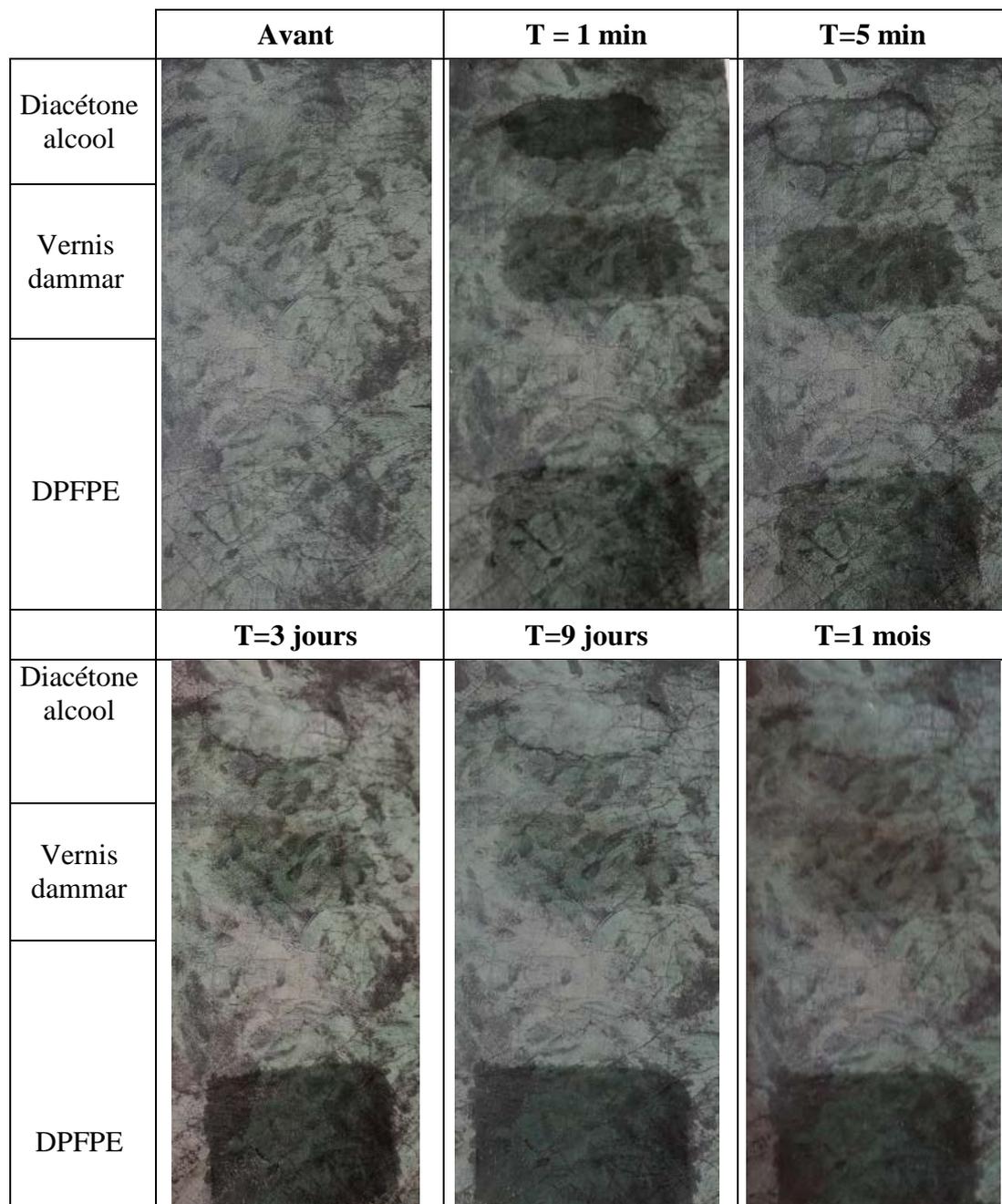


Figure 6- 18 : Evolution de l'efficacité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) par comparaison avec d'autres composés sur l'œuvre de Jean Cotelle le Jeune, *Vue de l'entrée du labyrinthe avec le Cabinet des oiseaux, des nymphes et des amours*, 1688, n° inv. MV730, Musée National du château de Versailles et du Trianon

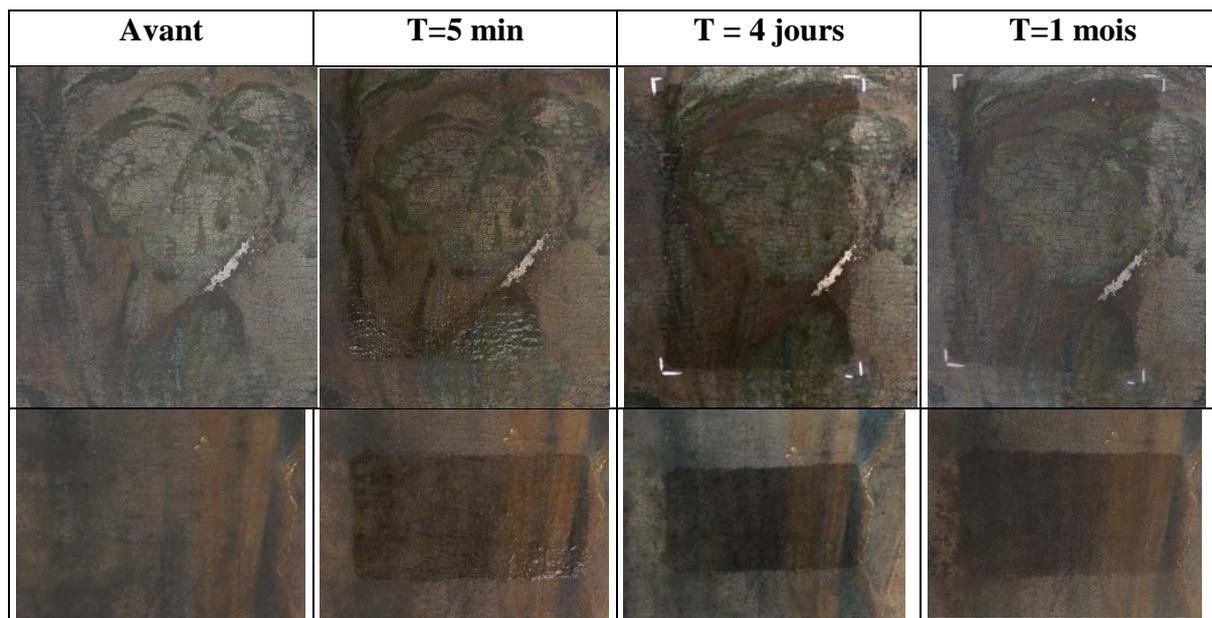


Figure 6- 19 : Evolution de l'efficacité du diamide de perfluoropolyéther par comparaison sur l'œuvre anonyme, *Louis de Bourbon, Prince de Condé*, 1700-1800, n° inv. BUS 1820000, Château de Bussy-Rabutin

Lors de l'application du traitement sur des peintures anciennes chancées, la saturation des couleurs n'est pas immédiate. Le composé met un peu de temps à pénétrer et à combler les pores. Par conséquent, la restauration n'est effective que quelques heures/jours après l'application du produit. Il convient d'être patient et de ne pas appliquer le produit en excès. Il n'est pas nécessaire de réappliquer du produit tout de suite. En cas de surplus, si le traitement est appliqué sur un tableau à la verticale, il peut avoir tendance à couler légèrement, comme ce fut le cas sur l'œuvre de Jean Cotelle le Jeune. Il est certainement préférable, si possible, de placer le tableau à l'horizontale, d'une part pour faciliter la pénétration du produit par gravité et d'autre part pour limiter le risque de coulure. De plus, il est nécessaire d'attendre que le composé pénètre avant de vernir pour éviter de le véhiculer et de le diluer dans le vernis. Auquel cas, son action serait moindre. Il est peut-être préférable de vernir par pulvérisation.

Les restauratrices associées à cette partie du projet soulignent que la restauration est visuellement satisfaisante par comparaison avec les pratiques actuelles. Dans les mêmes conditions, c'est-à-dire sans vernis, le diacétone alcool s'est évaporé en quelques heures, le solvant du vernis dammar s'est également évaporé, si bien que le blanchiment a réapparu (figure 6-18). Le test effectué sur une autre zone du tableau du château de Bussy Rabutin avec du DMSO/diacétone alcool n'est également pas concluant. Le traitement au DPFPE apparaît donc comme une alternative possible et prometteuse pour la restauration des œuvres chancées.

Les essais de réversibilité sont concluants (figure 6-20). Le DPFPE peut être retiré avec du perfluorooctane. Le solvant est assez volatil et peut avoir tendance à s'évaporer avant d'avoir atteint et donc solubilisé le DPFPE présent dans les pores en profondeur. Les essais effectués sur l'œuvre de Bussy-Rabutin avec des compresses et du mélinex pour limiter son évaporation ont permis de retirer le DPFPE plus rapidement. Il serait cependant intéressant de réfléchir à optimiser cette étape et essayer de fabriquer un gel à partir du perfluorooctane.

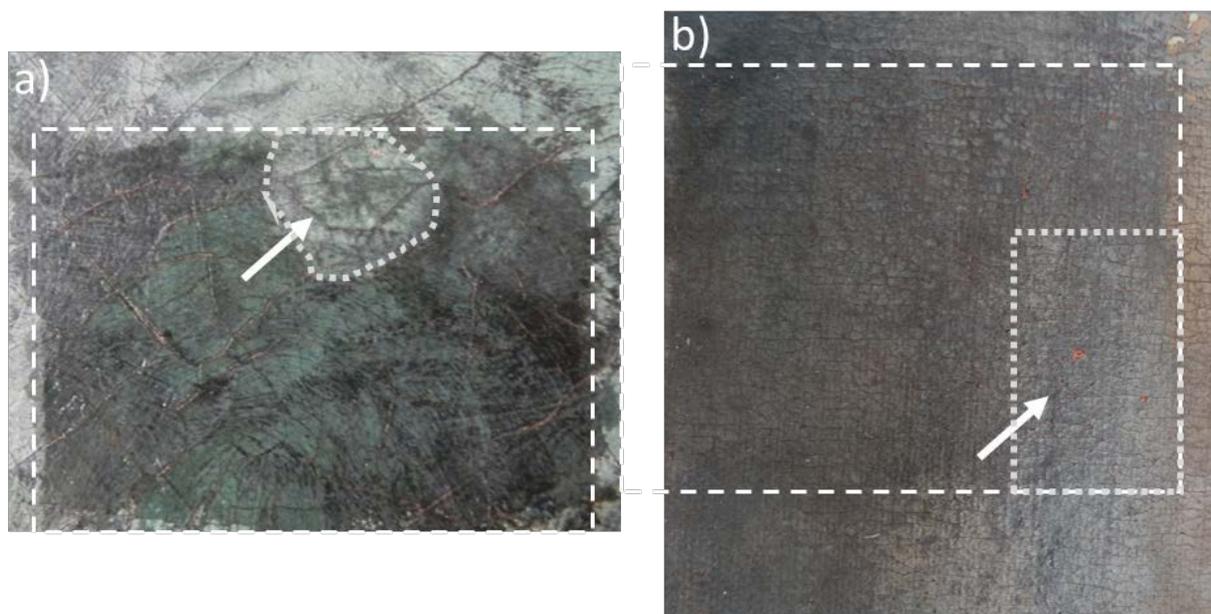


Figure 6- 20 : Tests de réversibilité. a) Jean le Jeune Cotelle, *Vue de l'entrée du labyrinthe avec le Cabinet des oiseaux, des nymphes et des amours*, 1688, N° inv. MV730, Musée National du château de Versailles et du Trianon ; b) œuvre anonyme, *Louis de Bourbon, Prince de Condé*, 1700-1800, n° inv. BUS 1820000, Château de Bussy-Rabutin

Des analyses complémentaires ont été effectuées par nanotomographie à contraste de phase pour préciser l'efficacité et réversibilité du DPFPE. Les données sont en cours de reconstruction et de traitement.

Les différents tests et analyses ont permis de démontrer l'efficacité et la réversibilité du DPFPE pour la restauration des œuvres chancées. Le DPFPE et le perfluorooctane sont des composés inertes qui n'interagissent pas avec les matériaux constitutifs de la peinture. Le traitement proposé n'entraîne par conséquent aucune altération de la couche picturale originale. Il peut être retiré uniquement avec un solvant perfluoré. Par conséquent, de nouvelles restaurations avec des solvants conventionnels sont possibles.

4. Préconisations

Concernant le choix du vernis, si le recours à un vernis synthétique n'est pas envisagé, il convient de revenir sur les conclusions présentées dans le chapitre V quant aux liens entre la nature des solvants et des résines et la cinétique d'altération. Les analyses ont prouvé que les vernis élaborés à partir de white spirit contiennent moins de composés polaires que ceux préparés avec de l'essence de térébenthine. Ils sont donc moins sensibles à l'humidité. De plus, les résines mastic chancissent moins que les résines dammar. Ces résultats constituent des lignes directrices quant au choix des matériaux à utiliser pour vernir les œuvres lors des futures restaurations pour minimiser le risque d'apparition de futurs chancis.

Pour les chancis de vernis, le suivi de l'altération a mis en évidence qu'elle était dynamique. Le vernis devient bleuté puis de plus en plus blanc et opaque. Le bleuissement des vernis doit donc être considéré par les responsables des collections comme un premier signe indicateur de la possible apparition de chancis.

5. Conclusion

Un état de l'art des traitements proposés au cours des siècles pour restaurer les œuvres chancies a été entrepris à partir de la littérature, ainsi que des retours d'expériences des restaurateurs en activité. Ils ont été subdivisés en trois groupes. Nous sommes tout d'abord revenus sur quelques techniques marginales, parmi lesquelles l'inflammation d'œuvres préalablement imprégnées de solvants ou le grattage des couches chancies jusqu'à atteindre une partie non altérée. Les pratiques liées à l'ajout de substances filmogènes (huile, résine, œuf, cire...) ont ensuite été évoquées. Mises à part, celles reposant sur l'ajout de vernis, elles ne sont actuellement plus utilisées. Enfin, les techniques fondées sur l'utilisation de solvants sous forme vapeur ou liquide ont été présentées. Le recours aux vapeurs d'alcool a été développé principalement par Max von Pettenkofer en Allemagne. Des milliers d'œuvres ont été restaurées de cette manière à la fin du XIX^e siècle avec ou sans ajout de baume de copahu. Les traitements par vapeurs d'alcool seules ne sont pas utilisés pour la restauration d'œuvres des collections publiques françaises. Elles le sont néanmoins dans certains ateliers de restaurations privés et à l'étranger. Les traitements actuellement en usage dans les ateliers de restauration français reposent sur l'application de solvant sous forme liquide sur les vernis chancis ou les couches picturales chancies après dévernissage.

Dans une deuxième phase, les pratiques actuelles ont été étudiées sur des peintures chancies du XVI^e au XIX^e siècle lors de leur restauration et sur des systèmes modèles afin d'évaluer leur efficacité sur le rendu visuel à l'échelle macroscopique et sur les pores à l'échelle microscopique. Le blanchiment étant induit par la diffusion de la lumière par des porosités, un traitement de restauration sera efficace et durable, si et seulement si, il résorbe ou remplit durablement les pores. Il convient de distinguer les chancis de vernis des chancis de couche picturale. Les premiers ne présentent pas un problème majeur en restauration et peuvent être retirés en allégeant les vernis ou résorbés par des solvants volatils, comme l'éthanol ou l'isopropanol. Si les chancis sont consécutifs à une conservation en milieu humide irrémédiable, il est préférable de retirer entièrement le vernis, pour éviter qu'ils réapparaissent ultérieurement. Pour les chancis de couches picturales, les traitements actuels reposent sur l'utilisation de solvants peu volatils qui ne sont pas sans danger pour les œuvres et la santé des restaurateurs. Ils sont peu efficaces et peu durables. Les analyses ont démontré que les pores ne sont pas comblés durablement ni résorbés. Ainsi, lorsque le solvant s'évapore, le chanci réapparaît progressivement. Le développement d'une solution alternative efficace et durable constitue donc un enjeu de taille pour la restauration et la conservation des œuvres chancies.

Nos recherches se sont orientées sur le développement d'un composé ayant un indice de réfraction proche de celui du liant et capable de remplir durablement les pores. Le traitement doit être inerte, stable à long terme et réversible et sans danger pour les restaurateurs. L'utilisation de solvants eutectiques pour la restauration a rapidement été écartée en raison de sa nocivité vis-à-vis des composés constitutifs de la matière picturale. En revanche, les tests effectués avec un diamide de perfluoropolyéther (DPFPE) sont très efficaces et prometteurs. Les tests sur des échantillons modèles et des œuvres anciennes sont visuellement très satisfaisants et durables. Le recul pour les échantillons modèles en vieillissement naturel est d'un peu plus d'un an et pour les œuvres de quelques mois. Le DPFPE comble les pores et peut si nécessaire être retiré uniquement avec un solvant perfluoré, comme le perfluorooctane. Il ne sera ainsi pas enlevé par des solvants traditionnels et les futures restaurations n'interféreront pas. Les composés perfluorés présentent une inertie chimique et sont stables thermiquement jusqu'à 100°C et aux rayonnements UV. Contrairement à certains produits actuellement employés en restauration, le DPFPE présente l'avantage d'être sans danger pour la peinture et aussi pour les restaurateurs. Les essais de vieillissement accéléré sur des échantillons modèles ont mis en évidence une légère désaturation de la couleur pour les échantillons non vernis mais pas sur les échantillons vernis suite à l'application du DPFPE.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le chanci, qu'il affecte les vernis naturels et/ou les couches picturales à l'huile, est une altération fréquente des peintures de chevalet. Cette dégradation se manifeste par l'apparition d'un voile blanchâtre opacifiant qui nuit à la perception des œuvres atteintes. Selon le degré de l'opacification, l'appréciation de l'œuvre peut être plus ou moins affectée. Son apparition est causée par l'eau sous forme liquide ou vapeur (dégâts des eaux, conditions de conservation humide, traitement de restauration aqueux avec éventuellement un apport de chaleur). Contrairement à ce que sous-entend l'étymologie du terme « chanci », les travaux du professeur Radkofer ont démontré qu'il ne s'agit pas de moisissures. En revanche, la nature exacte des chancis était méconnue et les hypothèses proposées sur l'origine des altérations et leurs effets sur la perception des œuvres étaient divergentes. Pourtant comprendre les mécanismes physico-chimiques responsables de l'altération est un préalable indispensable pour développer un protocole robuste de restauration-conservation.

Notre démarche expérimentale s'est donc articulée suivant quatre axes successifs mais ô combien complémentaires. Nous nous sommes premièrement intéressés au contexte historique, matériel et technique des œuvres chancies. L'altération a ensuite été caractérisée à l'échelle macroscopique, microscopique et nanoscopique puis un mécanisme physico-chimique permettant d'expliquer son apparition a été proposé. L'ensemble des résultats a enfin permis de développer un traitement de restauration novateur et prometteur.

L'étude des documents archivés sur la base de données EROS du C2RMF pour un corpus de 371 œuvres présentant des chancis de couches picturales a permis de conforter certaines hypothèses relevées dans la littérature et d'apporter de nouveaux éclairages. Les peintures dont la couche picturale a chanci ont été exécutées entre le XV^e et le XX^e siècle. L'ancrage chronologique correspond à l'essor de la peinture à l'huile. Il est lié au fait que seules les couches picturales exécutées à l'huile sont susceptibles de chancier. De plus, il apparaît que

les œuvres du XVI^e au XVIII^e chancissent fréquemment, en particulier celles du XVII^e siècle. L'étude des recettes de préparation des liants n'a cependant pas permis de repérer de variations majeures dans les matériaux constitutifs ni dans les procédés de transformation, qui auraient pu permettre d'expliquer cette tendance. L'analyse du corpus révèle que les chancis ne se concentrent pas sur les œuvres d'une seule école ou d'un seul pays. Ils affectent aussi bien les œuvres exécutées par des peintres d'importance mineure que par des grands maîtres reconnus ou leurs ateliers. La recherche effectuée a permis de confirmer sur un corpus d'œuvres important que les couches picturales vertes, brunes et bleues sont plus sensibles à l'humidité que les autres, ceci suggère donc que la nature du pigment joue un rôle dans l'apparition de l'altération. La nature du support ne semble en revanche pas avoir d'influence notable. Concernant l'influence des paramètres extérieurs, celle des traitements de restauration avec apport d'humidité est non négligeable : 68% des œuvres chancies sur toile du corpus ont été rentoilées et/ou transposées au moins une fois. Néanmoins, il convient de ne pas conclure hâtivement sur le caractère préjudiciable des rentoilages et des transpositions puisque d'une part ils ont permis de préserver et de transmettre de nombreuses œuvres peintes et d'autre part la majorité des œuvres rentoilées et/ou transposées ne présentent pas de chanci. La technique picturale des peintres (préparation des couleurs et mode d'application) doit également être prise en compte pour expliquer pourquoi certaines œuvres sont plus sensibles que d'autres à l'humidité.

Le premier objectif de la thèse était de proposer une caractérisation précise de l'altération et de confirmer ou d'infirmer les hypothèses évoquées dans la littérature. Les chancis se caractérisent à l'échelle macroscopique par une perte de transparence partielle ou totale du vernis ou de la matière picturale. A l'échelle microscopique, il a été démontré que les zones altérées présentent une structure extrêmement poreuse, avec une taille des pores variant entre 25 nm et quelques microns. Les pores sont localisés dans le vernis pour les chancis de vernis et dans le liant pour les chancis de couches picturales, comme l'ont prouvé les analyses par nanotomographie X à contraste de phase. Il s'agit donc dans les deux cas d'une transformation de la matière organique. Il apparaît que le processus d'altération est dynamique et que la taille des pores augmente en cas de contact prolongé à l'humidité. Or la diffusion de la lumière induite par la différence d'indice de réfraction entre le vernis ou le liant et les pores remplis d'air est fortement dépendante de la taille des pores. Pour des tailles de pores comprises entre 25 et 100 nm, la couche est bleutée et translucide, en cohérence avec la théorie de diffusion Rayleigh de la lumière. Lorsque la taille des pores augmente, la couche devient ensuite de plus

en plus blanche et opaque, selon la théorie de diffusion de la lumière de Mie. Les modélisations numériques effectuées en résolvant l'équation de transfert radiatif par la méthode 4-flux confirment que la diffusion de la lumière dans une matière poreuse explique l'apparence visuelle des chancis. Il apparaît que la taille des pores a une influence significative sur la couleur de la couche (incoloré, bleuté, blanc) et que la concentration en pores joue sur le degré d'opacité.

Par ailleurs, aucune microfissuration ni efflorescence d'acides gras ou de sels inorganiques, n'a été mise en évidence lors des analyses des 14 peintures anciennes chancies du corpus initial et de l'ensemble des échantillons modèles. La caractérisation aux échelles microscopique et nanoscopique des zones altérées a ainsi permis d'invalider les hypothèses émises principalement dans les années 1980. Il convient de souligner que notre recherche a su bénéficier des progrès techniques dans le domaine de la caractérisation des matériaux et de l'accès à des instruments de pointe et qu'elle n'aurait pas pu être effectuée, il y a ne serait-ce que quelques années. L'accès à des microscopes électroniques à balayage à effet de champ (ME-FEG) permettant d'obtenir une meilleure résolution spatiale que les microscopes électroniques à filament est récent dans les laboratoires de recherche du patrimoine. De plus, la ligne de nano-imagerie du synchrotron ESRF de Grenoble n'a ouvert qu'en mars 2015 et nous étions la seconde équipe de chercheurs extérieurs à y effectuer des analyses.

Le modèle physico-chimique permettant d'expliquer la formation des pores dans les vernis et les liants à l'huile des peintures de chevalet a ensuite été présenté et discuté. Nous avons démontré que les vernis pouvaient être assimilés à des ionomères et que les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques ségrègent pour former des clusters ioniques. Pour les couches picturales, les huiles hydrolysées contiennent une importante quantité d'acides gras libres sous formes d'acides carboxyliques ou de carboxylates métalliques qui peuvent de manière analogue ségréger et se regrouper en clusters. En présence d'humidité, les clusters s'hydratent entraînant la formation de régions aqueuses. L'augmentation de la taille des pores est ensuite induite par la combinaison d'un phénomène de mûrissement et de coalescence. Lors de la phase de déshydratation, les pores initialement remplis d'eau se vident mais subsistent. En effet, la formation des pores n'est pas un phénomène réversible. Les plus petits pores détectés par MEB-FEG ont une taille de 25 nm. Il semblerait que ceux d'une taille inférieure collapsent lors du séchage. En revanche, ceux de taille plus importante responsables de l'opacification de la matière persistent. Lorsque l'eau initialement présente dans les régions aqueuses est substituée par de l'air, la différence d'indice de réfraction

entre la matrice organique et les pores augmente, si bien que la diffusion de la lumière et donc le blanchiment et l'opacification de la couche sont accentués. L'apparition des chancis de vernis et de couches picturales est donc directement liée à la quantité d'acides présents et à leur capacité à former des clusters.

Il a pu être prouvé que les vernis élaborés avec du white spirit chancissent moins que ceux préparés avec de l'essence de térébenthine, et que les vernis mastic s'altèrent moins rapidement que les vernis dammar. Ces indications constituent des lignes directrices quant au choix des matériaux à utiliser pour prévenir l'apparition des chancis. Enfin, les vernis synthétiques ne chancissent pas car les molécules ne contiennent pas d'acides carboxyliques et ne peuvent donc pas former de clusters ioniques.

Notre travail démontre que des phénomènes optiques sont responsables de la modification de la perception que l'on a des œuvres peintes à l'huile affectées par des chancis de vernis ou de couches picturales. Par conséquent, les traitements de restauration seront efficaces et durables, seulement s'ils résorbent ou combler durablement les pores, en vue de limiter la diffusion de la lumière. Pour les chancis de vernis, les pratiques actuelles avec des solvants volatils (isopropanol et éthanol) permettent une dissolution partielle du vernis et la résorption des pores, d'autant plus que généralement les pratiques de la restauration autorisent l'élimination des couches de vernis chancis. En revanche, pour les chancis de couches picturales, les solvants volatils ne sont pas efficaces et les solvants moins volatils (diacétone alcool, DMSO, DMF principalement) ne sont pas durables. Les pores ne sont pas résorbés et l'évaporation du solvant entraîne une progressive réapparition du chanci. De plus, ces solvants sont susceptibles d'induire des dégradations au sein des œuvres (gonflement, lixiviation...) et ils sont dangereux pour la santé des restaurateurs. Pour répondre aux attentes des restaurateurs qui se retrouvent très fréquemment démunis en présence d'un chanci de couche picturale, un protocole a été développé dans le cadre de la thèse. Le traitement repose sur *l'application d'un diamide de perfluoropolyéther* (DPFPE) pour combler les pores. Les composés perfluorés présentent une très faible volatilité et sont donc particulièrement adaptés pour combler durablement la porosité. De plus, ils sont stables chimiquement, thermiquement et aux radiations UV. Lors des tests sur des pigments aucune dégradation n'a été mise en évidence. Les tests sur des échantillons modèles et 4 peintures anciennes ont démontré l'efficacité et la réversibilité du composé. Les pores sont comblés par le DPFPE, qui peut être retiré en utilisant un solvant perfluoré comme le perfluorooctane. L'avantage du produit développé est qu'il peut être enlevé uniquement par des solvants perfluorés et que les solvants

classiquement utilisés n'ont aucune incidence. Les futures restaurations n'auront par conséquent aucune influence sur le produit. Les essais de vieillissement en enceinte climatique ne mettent pas en évidence de désaturation de la couleur pour les échantillons vernis suite à l'application du produit. Les résultats concernant l'efficacité, la durabilité et la réversibilité sont donc plus que prometteurs.

Les résultats de la recherche ont permis d'améliorer sensiblement notre connaissance de l'altération des peintures de chevalet désigné en français par le terme « *chanci* ». Il convient par conséquent d'en proposer une nouvelle définition :

Le *chanci* est une altération opacifiante des peintures de chevalet, qui est principalement induite par l'humidité et qui affecte les vernis naturels dammar et mastic et les couches picturales à l'huile. A l'échelle microscopique, les couches *chancies* sont caractérisées par une structure poreuse, avec une taille de pores comprise entre 100 nm et quelques microns. Les pores sont situés dans le vernis pour les *chancis* de vernis et dans le liant pour ceux de couches picturales. Dans les deux cas, l'hydratation des régions polaires entraîne la formation de régions aqueuses puis de pores après évaporation de l'eau. La présence des pores induit une forte diffusion de la lumière qui se traduit optiquement par une opacification. La taille des pores a une influence importante sur la couleur de la couche altérée et la concentration en pores joue sur le degré d'opacification. En effet, lorsque la taille des pores est comprise entre 25 nm et 100 nm, la couche apparaît bleutée et translucide. Lorsqu'elle augmente, les couches deviennent de plus en plus blanches et opaques. Ainsi, le bleuissement des vernis doit être considéré comme un signe de la probable future apparition de *chancis*. Les traitements de restauration seront efficaces et durables seulement s'ils résorbent ou combleront durablement les pores, en vue de limiter la diffusion de la lumière.

Les *chancis* résultent d'une opacification de la matière et la couleur de la couche altérée est dépendante de la couleur initiale du film. Ainsi, les *chancis* ne sont pas nécessairement blancs et l'utilisation du terme « *blanchiment* » pour décrire l'altération paraît de ce fait inadaptée.

Compte tenu de la nature de l'altération, le terme « *chanci* » peut être traduit en anglais par le terme « *blanching* » qui sous-entend que la dégradation résulte d'une rupture physique au sein de la matière sans toutefois en préciser l'origine ou par le terme « *haze* » lorsqu'il s'agit d'un léger voile opacifiant.

Les perspectives offertes par ce travail sont nombreuses.

L'étude du contexte historique et matériel des œuvres chancies a été effectuée à partir de la base de données EROS du C2RMF. Elle comporte de ce fait des biais liés à la constitution des collections muséales françaises, qui contiennent de nombreuses œuvres françaises, italiennes et flamandes mais peu d'œuvres anglaises ou espagnoles. Il serait par conséquent intéressant pour s'affranchir de ces biais et pour avoir une vision plus globale des caractéristiques des œuvres chancies de procéder à une étude similaire avec la même méthodologie à partir des fonds des grands centres de recherche et de restauration européens. Nous pouvons néanmoins nous questionner sur la faisabilité d'une telle recherche. Le terme chanci renvoie en français à une altération bien spécifique dont toute traduction peut être difficile et approximative. Le risque est de ne pas pouvoir être à même, en consultant uniquement les rapports sans avoir accès aux œuvres, de discriminer les chancis de liant des blanchiments induits par une dégradation des pigments.

Il a été mis en évidence que le siècle d'exécution des œuvres a une influence notable sur l'apparition des chancis, qui sont bien plus fréquents sur les œuvres du XVII^e siècle. L'étude de l'évolution des pratiques de préparation des liants n'a pas permis d'identifier de variations majeures tant dans les matériaux constitutifs que dans les procédés de transformation. Elle est fondée sur les recettes de 19 traités anciens français. Il faudrait l'élargir aux traités européens écrits entre le XV^e et le XX^e siècle en s'attardant plus particulièrement sur les recommandations faites par les auteurs sur la quantité de siccatifs, les charges et les pigments.

La formation des pores résulte de l'hydratation de clusters ioniques préexistants. Une suite intéressante de notre travail consisterait à mener des recherches sur le clustering des molécules polaires dans les vernis et les liants à l'huile des peintures de chevalet. Les analyses pourraient être effectuées par diffusion des rayons X aux petits angles qui permet d'analyser une gamme de taille plus importante qu'en neutrons. L'objectif serait de mettre en évidence le clustering des acides carboxyliques et des carboxylates métalliques dans les vernis et de comprendre comment leur formation est facilitée par la nature du solvant. En fonction de la nature du solvant et de sa vitesse d'évaporation, la mobilité des molécules et donc la formation de clusters pourrait être favorisée ou au contraire inhibée. Concernant les chancis de couches picturales, des analyses de fluorescence X avec une résolution spatiale nanométrique en 2D avaient également été effectuées sur la ligne ID16A. Elles n'ont pas été présentées car elles n'apportaient aucun résultat intéressant pour la discussion. La réalisation de nanofluotomographie X aurait été plus intéressante, mais la durée des scans étant de l'ordre de

15h, notre priorité fut de réaliser des nanotomographies X en contraste de phase pour caractériser l'altération. Le recours à la nanofluotomographie pourrait néanmoins être envisagé pour investiguer l'environnement direct des pores. Il est en effet essentiel de caractériser plus en détails la nature des pigments des couches picturales chancies pour comprendre comment leur présence induit ou non la formation de clusters ioniques. Une recherche pourrait être effectuée sur l'influence de différents paramètres sur l'apparition de l'altération : le mode de préparation des huiles, la quantité de siccatifs, la nature des cations, leur concentration, la quantité d'acides gras libres ...

Les tests effectués sur les œuvres anciennes présentant des chancis de couches picturales avec le composé perfluoré sont très prometteurs. Des analyses ont été entreprises par nanotomographie X à contraste de phase pour évaluer l'efficacité et la réversibilité du traitement. Les données sont en cours d'analyse. De plus, il convient d'effectuer en complément de l'imagerie du fluor pour mettre en évidence la présence de cet élément dans les pores et son absence après le retrait. Des analyses pourraient être entreprises sur une ligne de synchrotron par microscopie des rayons X mous (K_{α} du fluor = 667 eV), comme la ligne ID08 du synchrotron Diamond au Royaume-Uni, qui peut permettre d'accéder à une résolution latérale de 20 nm. Un sujet de mémoire en collaboration avec une école de restauration pourrait être proposé pour effectuer des tests complémentaires sur des peintures modèles chancies pour atténuer les éventuelles réticences de conservateurs et restaurateurs vis-à-vis d'un composé ayant été utilisé pour des monuments historiques mais jamais sur des peintures de chevalet. Il apparaît en effet primordial de prouver que l'application du traitement ne présente aucun inconvénient pour les éventuelles futures restaurations. Des recherches sur l'optimisation du retrait du produit par un solvant perfluoré pourraient également être entreprises en testant différentes approches avec des compresses ou des gels. Le produit pourrait ensuite être commercialisé dans un futur proche et ainsi combler un véritable besoin pour la restauration des œuvres chancies.

Les analyses effectuées sur des laques décolorées avec la même méthodologie que pour les chancis ont démontré que la décoloration n'est pas induite par la présence de pores. En revanche, le traitement développé pourrait être efficace pour le blanchiment du bleu outremer qui pourrait dans certains cas être induit par une rupture physique au sein du film autour du pigment (Van Loon 2008). La réaction entre les acides gras de l'huile et le pigment pourrait induire la formation du gaz H_2S et donc de pores autour du pigment. Il est donc envisageable

que le DPFPE puisse également supprimer de manière satisfaisante le blanchiment d'une couche altérée de bleu outremer.

Les expériences effectuées en immergeant des lames de vernis dans de l'eau saturée en glucose, ont démontré qu'il était possible d'inhiber l'action de l'eau et d'empêcher l'apparition de chancis. Ce résultat constitue une piste intéressante pour limiter l'apparition des chancis dus à des traitements de restauration aqueux. Il serait pertinent de réfléchir au développement d'un composé permettant de complexer l'eau sans empêcher la dissolution des colles.

De plus, nous avons démontré que la cinétique d'altération est fortement dépendante de la quantité d'acides présents. Pour les vernis naturels, il pourrait être judicieux de réfléchir à un moyen de réduire la quantité d'acide avant leur application. Nous avons vu que les vernis préparés avec du white spirit s'altéraient moins rapidement que ceux préparés avec de l'essence de térébenthine. Ainsi, il serait intéressant de développer des recherches avec différents solvants apolaires pour déterminer ceux qui sont à même de dissoudre préférentiellement les composés apolaires tout en limitant au maximum la dissolution des composés polaires. Une autre alternative pourrait constituer à séparer les constituants polaires et apolaires du vernis en post-traitement.

Les conclusions présentées dans le manuscrit sont le résultat d'une collaboration fructueuse entre des chercheurs, des restaurateurs et des conservateurs. Elles ont été présentées à de nombreuses reprises dans des conférences scientifiques internationales et dans des journaux à comité de lecture. Les travaux présentent un intérêt pour les chercheurs, notamment en termes d'innovations méthodologiques. Le recours à la nanotomographie X à contraste de phase est une première sur des matériaux du patrimoine et son apport pour notre travail est incontestable. Nul doute que cette technique pourrait apporter des informations inédites sur d'autres types de matériaux dans un futur proche, notamment pour l'étude des céramiques lustrées ou de certains verres présentant des nanoparticules. Le fait de pouvoir à présent effectuer des analyses par fluorescence X avec une résolution spatiale nanométrique en 2D ou 3D offre également des perspectives intéressantes pour l'étude de la dégradation des matériaux du patrimoine. Par ailleurs, l'utilisation de la diffusion des neutrons est également rare pour le patrimoine et elle mériterait de se développer.

La littérature scientifique est cependant très spécifique et s'adresse à des chercheurs physico-chimistes. Il est primordial d'envisager également une diffusion des résultats en France et à l'étranger, auprès des communautés des restaurateurs et des conservateurs de musées, qui

sont les principaux destinataires de notre recherche. La diffusion a été envisagée auprès des futurs restaurateurs français grâce à des formations spécifiques sous la forme de séminaires. De même, des séminaires dans les treize Directions Régionales des Affaires Culturelles de France métropolitaine adressés aux restaurateurs et aux conservateurs pourraient être organisés. Il serait nécessaire d'élaborer des fiches succinctes sur la caractérisation et la compréhension de l'altération, des préconisations préventives et la restauration des œuvres chancies. Dans un second temps, une diffusion pourrait s'engager à l'échelle européenne et internationale dans les grands centres de recherche et de restauration internationalement reconnus. Enfin, les éditions Hermann ont manifesté un vif intérêt pour les résultats du projet et un livre intitulé « Conservation et restauration des peintures de chevalet chancies » pourrait voir le jour dans le sillage du Vademecum sur la restauration des œuvres d'art rédigé par Ségolène Bergeon et Goerges Brunel en 2015. Un livre ou un chapitre de livre en anglais pourrait également être publié dans un futur proche.

Une communication autour des conclusions du projet est essentielle. Les restaurateurs, les conservateurs et les scientifiques ont en effet un objectif commun : assurer la transmission des œuvres chancies du patrimoine culturel mondial aux générations futures dans un bon état de conservation.

Bibliographie

ABBOTT, A. P., BOOTHBY, D., CAPPER, G., DAVIES, D. L. et RASHEED, R. K. (2004). "Deep eutectic solvents formed between choline chloride and carboxylic acids: versatile alternatives to ionic liquids." Journal of the American Chemical Society **126**(29): 9142-9147.

ABBOTT, A. P., CAPPER, G., DAVIES, D. L., MCKENZIE, K. J. et OBI, S. U. (2006). "Solubility of metal oxides in deep eutectic solvents based on choline chloride." Journal of Chemical & Engineering Data **51**(4): 1280-1282.

ACADÉMIE DES SCIENCES (1892). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, Vol. 114, Paris, Gauthier-Villars.

ACADÉMIE FRANÇAISE (1694). Le dictionnaire de l'Académie françoise, dédié au Roy., 1^{ère} édition, Paris, Veuve de J. B. Coignard & J. B. Coignard. 164.

ACADÉMIE FRANÇAISE (1762). Dictionnaire de l'Académie française., 4e édition, Paris, chez la Veuve de Bernard Brunet.

ACADÉMIE FRANÇAISE (1798). Dictionnaire de l'Académie française., Vol. 2, Revu, corrigé et augmenté. 5e édition, Paris, J. J. Smits et Cie.

ACADÉMIE FRANÇAISE (1835). Dictionnaire de l'Académie française, 6e édition, Paris, Firmin-Didot frères.

AKSAMIJA, A. (2012). Etude chimique des matériaux résineux : oliban, dammar et mastic : application à des prélèvements artistiques et archéologiques. Thèse de doctorat, Université d'Avignon.

ASSIMOPOULOU, A. N. et PAPAGEORGIOU, V. P. (2005). "GC-MS analysis of penta- and tetra-cyclic triterpenes from resins of Pistacia species. Part I. Pistacia lentiscus var. Chia." Biomedical Chromatography **19**(4): 285-311.

ASTM (2000). Standards on color and appearance measurement, Philadelphia, American Society for Testing and Materials.

ATLAS (2009a). Comparaison entre les unités radiométriques et unités photométriques, Operating Instructions Sunstest XXL/XXL+.

ATLAS. (2009b). "Network of weathering – Produits & Service." from <http://atlas-mts.com/products/product-detail/pid/10/>

AZE, S. (2005). ALTERATIONS CHROMATIQUES DES PIGMENTS AU PLOMB DANS LES ŒUVRES DU PATRIMOINE-Etude expérimentale des altérations observée sur les peintures murales. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille.

BARTON, D. H. R. et SEOANE, E. (1956). "801. Triterpenoids. Part XXII. The constitution and stereochemistry of masticadienonic acid." Journal of the Chemical Society(0): 4150-4157.

BARUCHEL, J., BUFFIERE, J.-Y. et MAIRE, E. (2000). "X-ray tomography in material science."

BÉGIN, D., GÉRIN, M., LAVOUÉ, J. et IRSST (2002). La substitution des solvants par le diméthylsulfoxyde, Montréal: IRSST.

BÉGUIN, A. (1980). Dictionnaire technique de la peinture, A. Béguin.

BÉNÉZIT, E. (1976). Dictionnaire des peintres, sculpteurs, dessinateurs et graveurs., Paris, Gründ.

BERGEAUD, C., HULOT, J. F. et ROCHE, A. (1997). La dégradation des peintures sur toile: méthode d'examen des altérations, École nationale du patrimoine. 84.

BERGEON-LANGLE, S. et CURIE, P. (2009). Peinture & dessin: vocabulaire typologique et technique, Éditions du patrimoine.

BERGEON LANGLE, S. (2015) "L'Éloge du doute en Restauration des œuvres d'art." CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art [En ligne], | Juin 2015, mis en ligne le 2031 mai 2015, consulté le 2004 mai 2017. URL : <http://ceroart.revues.org/4627>.

BERGEON, S. (1990). "Science et patience" ou la restauration des peintures, Editions de la Réunion des musées nationaux.

BERGEON, S., MONDORF, G., DELBOURGO, S. et RIOUX, J. P. (1981). Le blanchiment : un cas précis d'étude. 6th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, Ottawa, 21-25 September 1981, Vol. 4, Preprints, Paris : International Council of Museums. 81/20/83/81-81/20/83/88.

BERGEON, S. et PERIER-D'IETEREN, C. (1987). Typologie des altérations de surface de la couche picturale. 8th Triennial Meeting, ICOM Committee for Conservation, Sydney, 6-11 September 1987, Vol. 1, Preprints, Los Angeles : The Getty Conservation Institute. 13-15.

BERNS, R. S. et RIE, E. R. D. L. (2003). "The Effect of the Refractive Index of a Varnish on the Appearance of Oil Paintings." Studies in Conservation **48**(4): 251-262.

BERTRAND, L., SCHÖEDER, S., ANGLOS, D., BREESE, M. B., JANSSENS, K., MOINI, M. et SIMON, A. (2015). "Mitigation strategies for radiation damage in the analysis of ancient materials." TrAC Trends in Analytical Chemistry **66**: 128-145.

BESCHERELLE, L. N. (1845). Dictionnaire national ou dictionnaire universel de la langue française: Monument élevé à la gloire de la langue et des lettres françaises, Simon/Garnier. 289.

BLOCH, O. et VON WARTBURG, W. (1950). Dictionnaire étymologique de la langue française, Préf. d'A. Meillet, Presses Universitaires de France.

BOAR, R. B., COUCHMAN, L. A., JAQUES, A. J. et PERKINS, M. J. (1984). "Isolation from Pistacia resins of a bicyclic triterpenoid representing an apparent trapped intermediate of squalene 2,3-epoxide cyclization." Journal of the American Chemical Society **106**(8): 2476-2477.

BOISTE, P. C. V. (1843). Dictionnaire universel de la langue française avec le latin et l'étymologie... manuel encyclopédique de grammaire d'orthographe de vieux langage et de néologie, Firmin-Didot frères.

BOLLER, E., TAFFOREAU, P., LUDWIG, W., HELFEN, L., WEITKAMP, T., SALVO, L., CLOETENS, P. et BARUCHEL, J. (2010). Techniques d'imagerie pour la caractérisation 3D des matériaux à l'ESRF. Matériaux 2010. -.

BONTINCK, E. (1944). Physique et peinture, Paris-Bruxelles, Lumière.

BOON, J. J., HOOGLAND, F. et KEUNE, K. (2007). Chemical processes in aged oil paints affecting metal soap migration and aggregation. AIC paintings specialty group postprints : papers pres. at the 34th annual meeting of the AIC of Historic & Artistic Works providence, Rhode Island, 16-19 June 2006, Vol. 19, Postprints, Washington : Mar Parkin, H. 16-23.

BOON, J. J., PEULÉ, S., VAN DEN BRINK, O., DUURSMA, M. et RAINFORD, D. (1996). Molecular aspects of mobile and stationary phases in aging tempera and oil paint films. Early Italian Paintings Techniques and Analysis, Symposium, Maastricht, Limburg Conservation Institute.

BOSE, R. K., HOHLBEIN, N., GARCIA, S. J., SCHMIDT, A. M. et VAN DER ZWAAG, S. (2015). "Connecting supramolecular bond lifetime and network mobility for scratch healing in poly (butyl acrylate) ionomers containing sodium, zinc and cobalt." Physical Chemistry Chemical Physics **17**(3): 1697-1704.

BOUVIER, P. L. et EHRHARDT, A. (1882). Handbuch der Oelmalerei, Braunschweig.

BRAZS, J.-P. (2011). Manières de peindre. Carnet d'atelier, Notari.

BUÉSO, P. (1907). La restauration des tableaux. L'art moderne (Revue critique hebdomadaire). Bruxelles. **7**: 52-53.

BURNSTOCK, A., CALDWELL, M. et ODLYHA, M. (1993). A technical examination of surface deterioration of Stanley Spencer's paintings at Sandham Memorial Chapel. 10th Triennial Meeting ICOM Comitee for Conservation Washington, 22-27 August 1993, Vol. 1, Preprints, Bridgland, Janet (ed.), London, James & James.

CABANE, B. et HÉNON, S. (2003). Liquides: solutions, dispersions, émulsions, gels, Belin Paris.

CALLET, P. (1998). Couleur-lumière; Couleur matière: interaction lumière-matière et synthèse d'images, Diderot Editeur.

CALLIGARO, T., DRAN, J.-C., HAMON, H., MOIGNARD, B. et SALOMON, J. (1998). "An external milli-beam for archaeometric applications on the AGLAE IBA facility of the Louvre museum." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **136**: 339-343.

CALLIGARO, T., DRAN, J.-C., SALOMON, J. et WALTER, P. (2004). "Review of accelerator gadgets for art and archaeology." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **226**(1): 29-37.

CALLIGARO, T., GONZALEZ, V. et PICHON, L. (2015). "PIXE analysis of historical paintings: Is the gain worth the risk?" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **363**: 135-143.

CARLYLE, L., BINNIE, N. E., VAN DER DOELEN, G., BOON, J., MCLEAN, B. et RUGGLES, A. (1998). Traditional painting varnishes project: preliminary report on natural and artificial aging and a note on the preparation of cross-sections. Varnish : Material - Aesthetics - History, International Colloquium, Braunschweig, 15.-17 June 1998, Postprints, A. Harmsen (ed.) Braunschweig : Herzog-Anton-Ulrich-Museum. 110-127.

CENNINI, C. (1991). Le livre de l'art (Il libro dell'arte), édition critique, commentée et annotée par Colette Déroche, Paris, Berger-Levrault.

CHANDRASEKHAR, S. (1960). Radiative Transfer, Dover Publications.

CHIRON, A. et MENU, M. (1999). "La couleur des oeuvres d'art." Techné **9-10**: 161-171.

CHOMEL, N., MARRET, J. et ROGER, P. (1741). Dictionnaire oeconomique, contenant divers moyens d'augmenter son bien, et de conserver sa santé, Vol. 1, Henry Thomas.

CIE (1986). Colorimetry, CIE publication 15.2, Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna.

CLOETENS, P. (1999). "Contribution to phase contrast imaging, reconstruction and tomography with hard synchrotron radiation: principles, implementation and applications." Ph. D. thesis.

CLOETENS, P., BARRETT, R., BARUCHEL, J., GUIGAY, J.-P. et SCHLENKER, M. (1996). "Phase objects in synchrotron radiation hard x-ray imaging." Journal of Physics D: Applied Physics **29**(1): 133.

CLOETENS, P., LUDWIG, W., BARUCHEL, J., GUIGAY, J.-P., PERNOT-REJMÁNKOVÁ, P., SALOMÉ-PATEYRON, M., SCHLENKER, M., BUFFIÈRE, J.-Y., MAIRE, E. et PEIX, G. (1999a). "Hard x-ray phase imaging using simple propagation of a coherent synchrotron radiation beam." Journal of Physics D: Applied Physics **32**(10A): A145.

CLOETENS, P., LUDWIG, W., BARUCHEL, J., VAN DYCK, D., VAN LANDUYT, J., GUIGAY, J. et SCHLENKER, M. (1999b). "Holotomography: Quantitative phase tomography with micrometer resolution using hard synchrotron radiation x rays." Applied physics letters **75**(19): 2912-2914.

CLOETENS, P., LUDWIG, W., VAN DYCK, D., GUIGAY, J.-P., SCHLENKER, M. et BARUCHEL, J. (1999c). Quantitative phase tomography by holographic reconstruction. SPIE's International Symposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation, International Society for Optics and Photonics. 279-290.

COLLECTIF (1721). Dictionnaire universel françois et latin, Vol. 1, Fl. Delaulne et al. 1631.

COLLECTIF (1743). Dictionnaire universel François et latin Contenant La Signification Et La Definition Tant des mots de l'une & de l'autre Langue, avec leurs différens usages, que des termes propres de chaque Etat & de chaque Profession [...] Avec des remarques d'érudition et de critique Nouvelle édition corrigée et considerablement augmentée, Paris, La veuve Delaune et al. 1935.

CONTI, A. (1988). Storia del restauro e della conservazione delle opere d'arte, Electa, Milano, réed 2003.

COSTANTIN, J. (1894). "Recherches sur le Vert de gris, le Platre et le Chanci, maladies du blanc de champignon." Revue générale de botanique **6**(1).

COTTE, M., CHECROUN, E., SUSINI, J., DUMAS, P., TCHORELOFF, P., BESNARD, M. et WALTER, P. (2006). "Kinetics of oil saponification by lead salts in ancient preparations of pharmaceutical lead plasters and painting lead mediums." Talanta **70**(5): 1136-1142.

COTTE, M., CHECROUN, E., SUSINI, J. et WALTER, P. (2007). "Micro-analytical study of interactions between oil and lead compounds in paintings." Applied Physics A **89**(4): 841-848.

COTTE, M., SUSINI, J., SOLE, V. A., TANIGUCHI, Y., CHILLIDA, J., CHECROUN, E. et WALTER, P. (2008). "Applications of synchrotron-based micro-imaging techniques to the chemical analysis of ancient paintings." Journal of Analytical Atomic Spectrometry **23**(6): 820-828.

COULTATE, T. P. (2009). Food: The Chemistry of Its Components, Royal Society of Chemistry.

CREMONESI, P. (2011). "L'amaro caso del Dimetilsolfossido... Ovvero, dove sta andando l'opera d'arte, la sua conservazione, la ricerca scientifica che la riguarda?" Ge-conservación(1): 9-36.

DE BARBIER DE LA SERRE, T., BONHOMME, A. et GIRARD, L. (1995). Les tableaux de la galerie des Cotelles au Grand Trianon, Ecole du Louvre.

DE BURTIN, F. X. (1808). Traité théorique et pratique des connoissances qui sont nécessaires à tout amateur de tableaux: et à tous ceux qui veulent apprendre à juger, apprécier et conserver les productions de la peinture; suivi d'observations sur les collections publiques et particulières, et de la description des tableaux que possède en ce moment, Vol. 1, Paris, Renouard. 407-410.

DE LA QUINTINIE, J. (1700). Instruction Pour Les Jardins Fruitiers Et Potagers, Avec un Traité des Orangers, suivy de quelques Reflexions sur l'Agriculture Par feu Mr De La Quintinye, Directeurs de tous les Jardins Fruitiers & Potagers du Roy, Vol. 2, Par La Compagnie Des Libraires. 292.

DE LA RIE, R. (1987). "The influence of varnishes on the appearance of paintings." Studies in Conservation **32**(1): 1-13.

DE LA RIE, R. (2003). Why use a synthetic picture varnish ? Art et chimie, les polymères, Paris, CNRS Edition. 63-68.

DE LA RIE, R. et MCGLINCHEY, C. (1990). "New synthetic resins for picture varnishes " Studies in Conservation **35**(Supplément 1): 168-173.

DE LA RIE, R., QUILLEN LOMAX, S., PALMER, M. et MAINES, C. (2002). An Investigation of the Photochemical Stability of Films of the Urea-Aldehyde Resins Laropal A 81 and Laropal A 101. 13th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002, Preprints, Vontobel, Roy (ed.), London, James & James. 881-887.

DE LANGLAIS, X. (1959). La technique de la peinture à l'huile: histoire du procédé à l'huile, de Van Eyck à nos jours : éléments, recettes et manipulations : pratique du métier : suivie d'une étude sur la peinture acrylique, Flammarion.

DE MAYERNE, T. (1970). Le manuscrit de Turquet de Mayerne: pictoria, sculptoria & quae subalternarum artium, présenté par Marcel Faidutti et Camille Versini, Lyon, Audin.

DE VIGUERIE, L., SOLE, V. A. et WALTER, P. (2009). "Multilayers quantitative X-ray fluorescence analysis applied to easel paintings." Analytical and bioanalytical chemistry **395**(7): 2015-2020.

DEBAUCHE, M. (1990). Les dégats d'eau sur les peintures à l'huile sur toile, Ecole nationale des Arts visuels de la Cambre.

DEL FEDERICO, E., SHÖFBERGER, W., SCHELVIS, J., KAPETANAKI, S., TYNE, L. et JERSCHOW, A. (2006). "Insight into Framework Destruction in Ultramarine Pigments." Inorganic Chemistry **45**(3): 1270-1276.

DÉON, H. (1851). De la conservation et de la restauration des tableaux: éléments de l'art du restaurateur; historique de la partie mécanique de la peinture, depuis sa renaissance jusqu'à nos jours; classification de toutes les écoles : recherches et notices sur quelques grands maîtres, H. Bossange. 89-90.

DIDEROT, D. et D'ALEMBERT, J. R. (1780). Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, chez les Sociétés typographiques. 779.

DIETEMANN, P., HIGGITT, C., KÄLIN, M., EDELMANN, M. J., KNOCHENMUSS, R. et ZENOBI, R. (2009). "Aging and yellowing of triterpenoid resin varnishes – Influence of aging conditions and resin composition." Journal of Cultural Heritage **10**(1): 30-40.

DOERNER, M. (1984). The Materials of the Artist and Their Use in Painting, with Notes on the Techniques of the Old Masters, Harcourt Brace Jovanovich.

DORTMUND DATA BANK (2014). Ethyl acetate-Dimethyl sulfoxide Azeotropic Data: Datasheet from "Dortmund Data Bank (DDB) – Thermophysical Properties Edition 2014" in SpringerMaterials (http://materials.springer.com/thermophysical/docs/azd_c21c151). J. Gmehling, Springer-Verlag Berlin Heidelberg & DDBST GmbH, Oldenburg, Germany.

DRAN, J.-C., SALOMON, J., CALLIGARO, T. et WALTER, P. (2004). "Ion beam analysis of art works: 14 years of use in the Louvre." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **219–220**: 7-15.

DREYFUS, B. (1985). "Model for the clustering of multiplets in ionomers." Macromolecules **18**(2): 284-292.

DREYFUS, B., GEBEL, G., ALDEBERT, P., PINERI, M., ESCOUBES, M. et THOMAS, M. (1990). "Distribution of the «micelles» in hydrated perfluorinated ionomer membranes from SANS experiments." Journal de Physique **51**(12): 1341-1354.

DUPUIS, G. (2004). Couleur de la matière picturale : caractérisation des pigments et des mélanges de pigments, effets induits par l'adjonction de liant et de charges. Thèse de doctorat, Paris 11.

EIBNER, A. V. (1928). Entwicklung und Werkstoffe der Tafelmalerei, Munich.

EISENBERG, A. (1970). "Clustering of Ions in Organic Polymers. A Theoretical Approach." Macromolecules **3**(2): 147-154.

EISENBERG, A., HIRD, B. et MOORE, R. (1990). "A new multiplet-cluster model for the morphology of random ionomers." Macromolecules **23**(18): 4098-4107.

ELIAS, M. et LAFAIT, J. (2006). La couleur: lumière, vision et matériaux, Belin.

ÉMILE-MÂLE, G. (1976). La Restauration des Peintures de Chevalet, Office du Livre.

ERHARDT, D., CUNNINGHAM, R. H. et RÄSÄNEN, S. (2002). "Extraction of material from oil paints by solvents." MRS Online Proceedings Library Archive **712**.

ERHARDT, D. et TSANG, J.-S. (1990a). "THE EXTRACTABLE COMPONENTS OF OIL PAINT FILMS." Studies in Conservation **35**(sup1): 93-97.

ERHARDT, D. et TSANG, J. S. (1990b). The extractable components of oil paint films. Cleaning, retouching and coatings. Technology and practice for easel paintings and polychrome sculpture, Preprints of the contribution to the Brussels Congress, IIC, J. S. Mills and P Smith. 93-97.

ÉTIENNE, N. (2012). "La pensée dans la pratique: le cas de Marie-Jacob Godefroid, restauratrice de tableaux au xviiiè siècle." Collections électroniques de l'INHA. Actes de colloques et livres en ligne de l'Institut national d'histoire de l'art.

EUDEL, P. (1884). Le trucage - Les contrefaçons dévoilées, 2e édition, Paris, E. Dentu. 98-99.

EVENO, M., RAVAUD, E., CALLIGARO, T., PICHON, L. et LAVAL, E. (2014). "The Louvre Crucifix by Giotto—Unveiling the original decoration by 2D-XRF, X-ray radiography, Emissiography and SEM-EDX analysis." Heritage Science **2**(1): 17.

EZRATI, J.-J. (2012). Cours sur la lumière, Institut National du Patrimoine.

FAVRE-FELIX, M. (2010-2011a). Les deux systèmes du Professeur Pettenkofer (sur l'éthique de la science et l'histoire de la restauration). Nuances n° 42-43, ARIPA: 42-48.

FAVRE-FELIX, M. (2010-2011b). Régénérer les vernis : pourquoi et surtout comment (sur les dangers de la méthode française et la nécessité d'étudier celle appliquée à l'étranger). Nuances n° 42-43, ARIPA: 30-37.

FELLER, R. L., STOLOW, N. et JONES, E. H. (1985). On picture varnishes and their solvents Revised version. Washington, D.C. : National Gallery of Art. 158-159.

FÉRAUD, J. F. (1788). Dictionnaire critique de la langue française: A - Z, Vol. 1, Chez Jean Mossy Père et fils. 405.

FERREIRA, E., BOON, J., MARONE, F. et STAMPANONI, M. (2011). Study of the mechanism of formation of calcium soaps in an early 20th century easel painting with correlative 2D and 3D microscopy. Proceeding of 16th Triennial meeting ICOM committee for conservation. James & James Publisher, Lisbon.

FERREIRA, E. S., BOON, J. J., VAN DER HORST, J., SCHERRER, N. C., MARONE, F. et STAMPANONI, M. (2009). 3D synchrotron X-ray microtomography of paint samples. SPIE Europe Optical Metrology, International Society for Optics and Photonics. 73910L-73910L-73918.

FERRUCCI, F. (1999). "Il metodo della rigenerazione dei dipinti e la sua diffusione in Italia : Valentinis, Secco Suardo e Forni." Kemes **12** (36): 11-19.

FORNI, U. (1866). Manuale del pittore restauratore, Successori Le Monner.

FREDIANI, P., DEL FA', C. M., MATTEOLI, U. et TIANO, P. (1982). "Use of perfluoropolyethers as water repellents: study of their behaviour on pietra serena a Florentine building stone." Studies in Conservation **27**(1): 31-37.

GAMILLSCHEG, E. (1926). Französisches etymologisches Wörterbuch, Bruch, J.

GARCÍA, G., APARICIO, S., ULLAH, R. et ATILHAN, M. (2015). "Deep eutectic solvents: physicochemical properties and gas separation applications." Energy & Fuels **29**(4): 2616-2644.

GAUTIER, T., VAN DEN BOGAERT, G. et SCHMITT, M. (2015). Le Capitaine Fracasse, Flammarion.

GENTY-VINCENT, A. (2012). Étude du blanchiment de la couche picturale supérieure de peintures de chevalet, Université d'Artois.

GERSTENMAYER, J. L. et THIERY, C. (2002). Tomographie à rayons X, Ed. Techniques Ingénieur.

GERVAIS, C., BOON, J., MARONE, F. et FERREIRA, E. B. (2013). "Characterization of porosity in a 19th century painting ground by synchrotron radiation X-ray tomography." Applied Physics A **111**(1): 31-38.

GIFFORD, M. (1983). The aesthetic consequences of painting materials: a study of Dutch tonal landscapes, Abstracts of Papers Delivered in Art History Sessions, 71st Annual Meeting, College Art Association of America. 96.

GODEFROY, F. (1891). Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IXe au XVe siècle : composé d'après le dépouillement de tous le plus important documents manuscrits ou imprimés qui se trouvent dans les grandes bibliothèques de la France et de l'Europe et dans les principales archives départementales, municipales, hospitalières ou privées, Paris, Slatkine.

GONCOURT, E., GONCOURT, J. et WRONA, A. (2011). Charles Demailly, Flammarion.

GORA, M., TARGOWSKI, P., RYCYK, A. et MARCZAK, J. (2007). "Varnish ablation control by optical coherence tomography." Laser chemistry **2006**.

GORCZYŃSKA, I., WOJTKOWSKI, M., SZKULMOWSKI, M., BAJRASZEWSKI, T., ROUBA, B., KOWALCZYK, A. et TARGOWSKI, P. (2007). "Varnish Thickness Determination by Spectral Optical Coherence Tomography." Proceedings in Physics **116**: 493–497.

GROEN, K. (1988). "Scanning electron microscopy as an aid in the study of blanching." The Hamilton Kerr Institute Bulletin **1**: 48-65.

GUETLE, J. C. (1793-1804). Gründlicher Unterricht zur Verfertigung guter Firnisse nebst der Kunst zu Lackieren und zu Vergolden nach richtigen Grundsätzen und eigener Erfahrung für Künstler, Fabrikanten and Handwerker, Adam Gottlieb Schneider und Weigels. 88-89.

GUICHARD, J. M. et DE L'ESCALOPIER, C. (1843). Theophili libri III. seu diversarum Artium Schedula., (Théophile. Essai sur divers arts publié par C. de l'Escalopier et précédé d'une introduction par J. M. Guichard), Paris, Chez Toulouse, Techener et Delion. 232-233.

HAUSER, A. (1901). Über die Restauration von Gemälde, P. Mandt in 1995: 49.

HÉBERT, M., MALLET, M., DEBOOS, A., CHAVEL, P., KUANG, D.-F., HUGONIN, J.-P., BESBES, M. et CAZIER, A. (2015). Exploring the bronzing effect at the surface of ink layers. SPIE/IS&T Electronic Imaging, International Society for Optics and Photonics. 93980U-93980U-93915.

HERMANS, J. J., KEUNE, K., VAN LOON, A., CORKERY, R. W. et IEDEMA, P. D. (2016). "Ionomer-like structure in mature oil paint binding media." RSC Advances **6**(96): 93363-93369.

HESS, M. (1979). Paint film defects : their causes and cure, 3e édition, édité et revu par H. R. Hamburg et W. M. Morgans, London Chapman & Hall.

HOHLBEIN, N., SHAABAN, A., BRAS, A., PYCKHOUT-HINTZEN, W. et SCHMIDT, A. (2015). "Self-healing dynamic bond-based rubbers: understanding the mechanisms in ionomeric elastomer model systems." Physical Chemistry Chemical Physics **17**(32): 21005-21017.

HONINGH, M. (1995). Restauratie en conservering van schilderijen in den negentiende eeuw in de Nederlanden, Report to the Centraal Laboratorium Amsterdam. 20.

HOPMAN, W. A. (1871). Over Olieverven en het Conserveren van Schilderijen door de regeneratie-Behandeling. (Traduction annotée de Pettenkofer, M. von (1870) über die Ölfarbe und Conservierung der Gemälde-Gallerien durch das Regenerations-Verfahren, C.L. Brinkman Amsterdam.

HSU, W. Y. et GIERKE, T. D. (1982). "Elastic theory for ionic clustering in perfluorinated ionomers." Macromolecules **15**(1): 101-105.

HUBERT, M., LAURENCIN, J., CLOETENS, P., DA SILVA, J. C., LEFEBVRE-JOUD, F., BLEUET, P., NAKAJO, A. et SIEBERT, E. (2016). "Role of microstructure on electrode operating mechanisms for mixed ionic electronic conductors: From synchrotron-based 3D reconstruction to electrochemical modeling." Solid State Ionics **294**: 90-107.

JANSSENS, K., VITTIGLIO, G., DERAEDT, I., AERTS, A., VEKEMANS, B., VINCZE, L., WEI, F., DE RYCK, I., SCHALM, O. et ADAMS, F. (2000). "Use of microscopic XRF for non-destructive analysis in art and archaeometry." X-ray Spectrometry **29**(1): 73-91.

JANTSCH, C. (1939). "Rückblicke und Ausblicke zur Entwicklung der heutigen Restaurierungstechnik." Technische Mitteilungen für Malerei **21**: 163-166/171-173.

JARRIGE, R. (2012). Détermination des propriétés optiques de matériaux granulaires. Thèse de doctorat, Paris 6.

KEITH, L. (2001). "Andrea del Sarto's The Virgin and the Child with Saint Elizabeth and Saint John the Baptist : Technique and critical reputation." National Gallery Technical Bulletin **22**: 51.

KEUNE, K. et BOON, J. J. (2007). "Analytical Imaging Studies of Cross-Sections of Paintings Affected by Lead Soap Aggregate Formation." Studies in Conservation **52**(3): 161-176.

KEUNE, K., NOBLE, P. et BOON, J. (2002). Chemical changes in lead-pigmented oil paints: on the early stage of formation of protrusions. Art 2002 : 7th international Conference on non-destructive testing and microanalysis for diagnostics and conservation of the cultural and environmental heritage, Antwerp, 2-6 june 2002, ed. R van Grieken - Antwerp : University of Antwerp. 9.

KEUNE, K., VAN LOON, A. et BOON, J. J. (2011). "SEM backscattered-electron images of paint cross-sections as information source for the presence of the lead white pigment and lead-related degradation and migration phenomena in oil paintings." Microscopy and Microanalysis **17**(5): 696-701.

KOLLER, J. et BURMESTER, A. (1990). "Blanching of unvarnished modern paintings: a case study on a painting by Serge Poliakoff." Studies in Conservation **35**(sup1): 138-143.

KUBELKA, P. (1948). "New contributions to the optics of intensely light-scattering materials. Part I." JOSA **38**(5): 448-448.

KUBELKA, P. et MUNK, F. (1931). "Ein Beitrag Zur Optik Der Farbanstriche." Zeitschrift für Technische Physik, **12**: 593-601.

LANGER, M. (2008). Phase retrieval in the Fresnel region for hard X-ray tomography, Villeurbanne, INSA.

LANK, H. (1972). "The use of dimethyl formamide vapour in reforming blanched oil paintings." Studies in Conservation **17**(Supplément 1): 809-813.

LANK, H. et PEMBERTON-PIGOTT, V. (1976). The Use of Dimethylformamide Vapour in Reforming Blanched Oil Paintings. Conservation and Restoration of Pictorial Art. N. S. Brommelle et P. Smith. Butterworths, Butterworth-Heinemann Limited: 103-109.

LANK, H., PEMBERTON-PIGOTT, V. et PLESTERS, J. (1972). The use of dimethylformamide vapour in reforming blanched oil paintings. Conservation of paintings and the graphic arts: preprints of contributions to the Lisbon IIC Congress, Lisbonne, 9-14 october 1972, IIC. 809-813.

LAURIE, A. P. (1937). "The Refractive Index of a Solid Film of Linseed Oil Rise in Refractive Index with Age." Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences **159**(896): 123-133.

LAZZARI, M. et CHIANTORE, O. (1999). "Drying and oxidative degradation of linseed oil." Polymer Degradation and stability **65**(2): 303-313.

LETURQUE, A. (2013). "Le savoir technique dans l'art de peindre au Moyen Âge: les modes opératoires décrits dans le Liber Diversarum Artium (MS. H277, bibliothèque de l'école de médecine de Montpellier)." In Situ. Revue des patrimoines(22).

LHOMME, S. (2014). La problématique des chancis de couche picturale en conservation-restauration. Mémoire de 1^{ère} année de 2^e cycle – Groupe de recherche Conservation-Restauration, Ecole du Louvre

LIANG, H., CID, M. G., CUCU, R. G., DOBRE, G., PODOLEANU, A. G., PEDRO, J. et SAUNDERS, D. (2005). "En-face optical coherence tomography-a novel application of non-invasive imaging to art conservation." Optics Express **13**(16): 6133-6144.

LIANG, H., CUCU, R., DOBRE, G. M., JACKSON, D. A., PEDRO, J., PANNELL, C., SAUNDERS, D. et PODOLEANU, A. G. (2004). Application of OCT to examination of easel paintings. Second European Workshop on Optical Fibre Sensors, International Society for Optics and Photonics. 378-381.

LITTRÉ, E. (1873-1874). Dictionnaire de la langue française, Vol. 1, Paris, L. Hachette. 548.

LITTRÉ, E. et DEVIC, L. M. (1872). Dictionnaire de la langue française, Hachette et cie.

MAGNAIN, C. (2009). Modélisation de la couleur de la peau et sa représentation dans les œuvres d'art. Thèse de doctorat, Paris 6.

MAHEU, B., LETOULOZAN, J. N. et GOUESBET, G. (1984). "Four-flux models to solve the scattering transfer equation in terms of Lorenz-Mie parameters." Applied Optics **23**(19): 3353-3362.

MAIRE, E., SALVO, L., CLOETENS, P. et DI MICHIEL, M. (2004). "Tomographie à rayons X appliquée à l'étude des matériaux." Techniques de l'ingénieur. Matériaux métalliques(IN20).

MARIJNISSEN, R. H. (1967). Dégradation, conservation et restauration de l'œuvre d'art, Ed. Arcade.

MARNER, F.-J., FREYER, A. et LEX, J. (1991). "Triterpenoids from gum mastic, the resin of Pistacia lentiscus." Phytochemistry **30**(11): 3709-3712.

MAROGER, J. (1986). The Secret Formulas and Techniques of the Masters, Dessain et Tolra, Paris.

MASSCHELEIN-KLEINER, L. (1991). "Les Solvants, l'Institut Royal du Patrimoine Artistique." Cours de Conservation **2**.

MAYHEW, H. E., FABIAN, D. M., SVOBODA, S. A. et WUSTHOLZ, K. L. (2013). "Surface-enhanced Raman spectroscopy studies of yellow organic dyestuffs and lake pigments in oil paint." Analyst **138**(16): 4493-4499.

MAZZEO, R., JOSEPH, E., PRATI, S. et MILLEMAGGI, A. (2007). "Attenuated Total Reflection–Fourier transform infrared microspectroscopic mapping for the characterisation of paint cross-sections." Analytica chimica acta **599**(1): 107-117.

MCGLINCHEY, W. (1990). The Industrial Use and Development of Low Molecular Weight Resins : An Examination of New Products of Interest to The Conservation Field. 9th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation Dresden, 26-31 August 1990, Vol. 2, Preprints, Grimstad, Kirsten et Hill, Joann (ed.), Los Angeles : The Getty Conservation Institute. 563-567.

MEILUNAS, R. J., BENTSEN, J. G. et STEINBERG, A. (1990). "Analysis of Aged Paint Binders by FTIR Spectroscopy." Studies in Conservation **35**(1): 33-51.

MERCK, I. (1968). "Merck and Company." Inc., Rahway, NJ.(Cost).

MÉRIMÉE, J. F. L. (1830). De la peinture à l'huile ou des procédés matériels employés dans ce genre de peinture depuis Hubert et Jean Van-Eyck jusqu'à nos jours, Huzard.

MERRIFIELD, M. P. (1849). Original Treatises dating from XIIe to XVIIIe centuries on the Arts of Paintings, London, John Murray.

MICHALSKY, S. (1990). A physical model of cleaning of oil paint. IIC Preprints of the Contribution to the Brussels Congress : Cleaning, retouching and coatings 35. 85-92.

MIE, G. (1908). "Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen." Annalen der Physik **330**(3): 377-445.

MILLS, J. (1980). "Some Observations on Blanching (with Special Reference to the Paintings of Claude)." The National Gallery Technical Bulletin **4**(1): 60.

MILLS, J. S. et WHITE, R. (1994). The Organic Chemistry of Museum Objects, Butterworth-Heinemann.

MIRONE, A., WILCKE, R., HAMMERSLEY, A. et FERRERO, C. (2010). PyHST–High Speed Tomographic Reconstruction.

MOKRZYCKI, W. et TATOL, M. (2011). "Colour difference ΔE --A survey." Machine Graphics & Vision **20**(4).

MONNA, E. (2015). Etude à partir de sources historiques des liants employés en peinture à l'huile du XV^e au XIX^e siècle. Mémoire de 1^{ère} année de 2^e cycle – Groupe de recherche Conservation-Restauration, Ecole du Louvre

MORAWE, C., BARRETT, R., CLOETENS, P., LANTELME, B., PEFFEN, J.-C. et VIVO, A. (2015). Graded multilayers for figured Kirkpatrick-Baez mirrors on the new ESRF end station ID16A. SPIE Optical Engineering+ Applications, International Society for Optics and Photonics. 958803-958803-958807.

MORETTO, P. et BECK, L. (2003). Emission X induite par particules chargées (PIXE): Theorie, Ed. Techniques Ingénieur.

MUDGETT, P. et RICHARDS, L. (1971). "Multiple scattering calculations for technology." Applied Optics **10**(7): 1485-1502.

NASSAU, K. (2001). "The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color." The Physics and Chemistry of Color: The Fifteen Causes of Color, 2nd Edition, by Kurt Nassau, pp. 496. ISBN 0-471-39106-9. Wiley-VCH, July 2001. **1**.

NICOLAUS, K. (1999). Manuel de restauration des tableaux, Könemann.

NICOT, J. (1606). Thresor de la langue françoise, Paris, David Douceur. 112.

NOBLE, P. et BOON, J. J. (2007). Metal soap degradation of oil paintings : aggregates, increased transparency and efflorescence. AIC paintings specialty group postprints : papers pres. at the 34th annual meeting of the AIC of Historic & Artistic Works providence, Rhode Island, 16-19 June 2006, Vol. 19, Postprints, Washington : Mar Parkin, H. 1-15.

NOBLE, P., BOON, J. J. et WADUM, J. (2002). "Dissolution aggregation and protrusion: lead soap formation in 17th century grounds and paint layers." ArtMatters **1**: 46-61.

NOBLE, P., VAN LOON, A. et BOON, J. J. (2005). Chemical changes in old master paintings II: darkening due to increased transparency as a result of metal soap formation. 14th Triennial meeting ICOM Committee for Conservation, The Hague, 12-16 September 2005, Preprints, Verger, Isabelle (ed.), London, James & James. 496-503.

NUGENT, K., GUREYEV, T., COOKSON, D., PAGANIN, D. et BARNEA, Z. (1996). "Quantitative phase imaging using hard x rays." Physical review letters **77**(14): 2961.

O'HANLON, G. (2013). "Why Some Paints are Transparent and Others Opaque." from <http://www.naturalpigments.com/art-supply-education/transparent-opaque-paints/>.

ORDONEZ, E. et TWILLEY, J. (1997a). "Clarifying the Haze: Efflorescence on Works of Art." Analytical Chemistry **69**(13): 416A-422A.

ORDONEZ, E. et TWILLEY, J. (1997b). "Peer Reviewed: Clarifying the Haze: Efflorescence on Works of Art." Analytical chemistry **69**(13): 416A-422A.

PAGANIN, D., MAYO, S., GUREYEV, T. E., MILLER, P. R. et WILKINS, S. W. (2002). "Simultaneous phase and amplitude extraction from a single defocused image of a homogeneous object." Journal of microscopy **206**(1): 33-40.

PALMADE-LE DANTEC, N. et PICOT, A. (2010). La prévention des risques : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques. Conservation-Restauration et Sécurité des personnes, 3-10 février 2010, Draguignan.

PAPAGEORGIU, V. P., BAKOLA-CHRISTIANOPOULOU, M. N., APAZIDOU, K. K. et PSARROS, E. E. (1997). "Gas chromatographic–mass spectroscopic analysis of the acidic triterpenic fraction of mastic gum." Journal of Chromatography A **769**(2): 263-273.

PEREGO, F. (2005). Dictionnaire des matériaux du peintre, Belin.

PETIT, J. (1975). Examen chimique d'un vernis de la fin du 18ème siècle après vieillissement naturel sur un tableau. 4th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation. , Venice, 13-18 October 1975, Preprints, Paris : International Council of Museums. 75/22/77-71-75/22/77-10.

PETIT, J., ROIRE, J. et VALOT, H. (1999). Encyclopédie de la peinture: formuler, fabriquer, appliquer, EREC.

PETTENKOFER, M. V. (1870). Über Ölfarbe und Conservierung der Gemälde-Galerien durch das Regenerations-Verfahren, Braunschweig, Friedrich Vieweg.

PETTENKOFER, M. V. (2013). On oil paint and the conservation of painting galleries using the procedure of regeneration (1902). Historical Perspectives on Preventive Conservation - Readings in conservation. S. Staniforth et G. C. Institute, Getty Conservation Institute: 126-130.

PFISTER, P. (2010-2011). Problèmes provoqués par les alcools liquides employés en restauration. Nuances n° 42-43, ARIPA: 27-29.

PHAN VAN SONG, T. (2015). Modélisation de la diffusion de la lumière dans des couches de vernis et de peintures poreuses : impact sur l'apparence visuelle. Projet de fin d'études, Institut national des sciences appliquées de Rennes (INSA).

PHENIX, A. (1998a). "Solubility parameters and the cleaning of paintings: an update and review." Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung **12**(2): 387-409.

PHENIX, A. (1998b). "Solvent-induced swelling of paint films : some preliminary results." Newsletter of the Western Association for Art Conservation **20**(3).

PHENIX, A. (2013). Effects of organic solvents on artists' oil paint films: swelling. New Insights Into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference, Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute, Citeseer. 69.

PHENIX, A. et SUTHERLAND, K. (2001). "The cleaning of paintings: effects of organic solvents on oil paint films." Studies in Conservation **46**(Supplément 1): 47-60.

PIACENTI, F. (1994). "Chemistry for the conservation of the cultural heritage." Science of the total environment **143**(1): 113-120.

PIACENTI, F. et CAMAITI, M. (1994). "Synthesis and characterization of fluorinated polyetheric amides." Journal of fluorine chemistry **68**(2): 227-235.

PIACENTI, F., CAMAITI, M. et CANTRELL, G. (1990). "Structure and behaviour of materials for the conservation of monumental buildings." WIT Transactions on The Built Environment **26**.

PICHON, L., BECK, L., WALTER, P., MOIGNARD, B. et GUILLOU, T. (2010). "A new mapping acquisition and processing system for simultaneous PIXE-RBS analysis with external beam." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **268**(11-12): 2028-2033.

PICHON, L., CALLIGARO, T., LEMASSON, Q., MOIGNARD, B. et PACHECO, C. (2015). "Programs for visualization, handling and quantification of PIXE maps at the AGLAE facility." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **363**: 48-54.

PICHON, L., MOIGNARD, B., LEMASSON, Q., PACHECO, C. et WALTER, P. (2014). "Development of a multi-detector and a systematic imaging system on the AGLAE external

beam." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **318**: 27-31.

PILES, R. D. et JOMBERT, C.-A. (1766). Éléments de peinture pratique. Par M. de Piles, de l'Académie Royale de Peinture & Sculpture. Nouvelle édition entièrement refondue, & augmentée considérablement par Charles-Antoine Jombert, Paris, Charles-Antoine Jombert.

PINCAS, A. (2010). Recettes de peintures : Techniques de la peinture et du dessin, Beaux-Arts de Paris ; Marin Beaux-Arts.

PLATER, M. J., DE SILVA, B., GELBRICH, T., HURSTHOUSE, M. B., HIGGITT, C. L. et SAUNDERS, D. R. (2003). "The characterisation of lead fatty acid soaps in 'protrusions' in aged traditional oil paint." Polyhedron **22**(24): 3171-3179.

PLESTERS, J. (1980). "Some Observations on Blanching (with Special Reference to the Paintings of Claude)." The National Gallery Technical Bulletin **4**(1): 61-63.

PLINE L'ANCIEN (2013). Histoire naturelle, Livre XXXIII, c. 40 (texte traduit, présenté et annoté par Stéphane Schmitt), Bibliothèque de la Pléiade.

RAVAUD, E., PICHON, L., LAVAL, E., GONZALEZ, V., EVENO, M. et CALLIGARO, T. (2016). "Development of a versatile XRF scanner for the elemental imaging of paintworks." Applied Physics A **122**(1): 17.

RIOUX, J. P. (1979). Rapport interne n°1354a, *La Manne dans le désert*, Giovanni Francesco Romanelli.

RIOUX, J. P. (1999). Caractérisation de pigments décolorés dans des tableaux de Van Gogh à Auvers sur Oise. 12th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, Lyon, 29 August-3 September 1999, Preprints, London, James & James. 403-408.

ROBINET, L. et CORBEIL, M.-C. (2003). "The Characterization of Metal Soaps." Studies in Conservation **48**(1): 23-40.

ROBINET, L., SPRING, M., PAGÈS-CAMAGNA, S., VANTELON, D. et TRCERA, N. (2011). "Investigation of the Discoloration of Smalt Pigment in Historic Paintings by Micro-X-ray Absorption Spectroscopy at the Co K-Edge." Analytical Chemistry **83**(13): 5145-5152.

ROZÉ, C., GIRASOLE, T. et TAFFORIN, A.-G. (2001). "Multilayer four-flux model of scattering, emitting and absorbing media." Atmospheric environment **35**(30): 5125-5130.

RUDEL, J. (1999). Technique de la peinture, Que sais-je ? 13e édition corrigée (1^{ère} édition 1950), Paris, Presses Universitaires de France.

SALOMON, J., DRAN, J.-C., GUILLOU, T., MOIGNARD, B., PICHON, L., WALTER, P. et MATHIS, F. (2008). "Present and future role of ion beam analysis in the study of cultural heritage materials: The example of the AGLAE facility." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **266**(10): 2273-2278.

SAUNDERS, D. et KIRBY, J. (1994). "Light-induced colour changes in red and yellow lake pigments." National Gallery Technical Bulletin **15**(1): 79-97.

SCHMIDT, J. (1936). Zur Kenntnis der Künstlerölfarben, Technische Mitteilungen für Malerei 1.

SCHMITT, S. (1990a). "Das Pettenkofersche Regenerationsverfahren: eine Studie zur Geschichte einer Methode und ihren Auswirkungen." Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung **4**(1): 30-76.

SCHMITT, S. (1990b). Examination of paintings treated by Pettenkofer's process IIC Preprints of the Contribution to the Brussels Congress : Cleaning, retouching and coatings 35. 81-84.

SCHMITT, S. (1999). The reprint of Professor Max von Pettenkofer's 1870 publication "Über Ölfarbe". 12th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, Lyon, 29 August-3 September 1999, Vol. 1, Preprints, London, James & James. 188-193.

SCHMITT, S. (2000). Process in research on effects of the Pettenkofer process. Art Et Chimie, la Couleur: Actes Du Congrès CNRS Éd. 137-140.

SCHMITT, S. (2013). Research on the Pettenkofer method and the historical understanding of paint film swelling and interaction. Conservation of Easel Paintings. J. H. Stoner et R. Rushfield, Taylor & Francis.

SCOTT, D. A. (2001). "The application of scanning X-ray fluorescence microanalysis in the examination of cultural materials." Archaeometry **43**(4): 475-482.

SECCO-SUARDO, G. (2010). Il restauratore dei dipinti, Hoepli.

SEOANE, E. (1956). "802. Further crystalline constituents of gum mastic." Journal of the Chemical Society(0): 4158-4160.

SHIMADZU, Y., KEUNE, K., VAN DEN BERG, K., BOON, J. et TOWNSEND, J. (2008). The effects of lead and zinc white saponification on surface appearance of paint. 15th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, New Delhi, 22-26 September 2008, Vol. 2, Preprints, Allied Publishers. 626-632.

SIMONOT, L. (2002). Étude expérimentale et modélisation de la diffusion de la lumière dans une couche de peinture colorée et translucide : application à l'effet visuel des glacis et des vernis. Thèse de doctorat, Paris 6.

SKALIKS, A. (2000). Blooming-Auswandern von Bindemittelbestandteilen aus ölhaltigen Farbsystemen: Phänomene, mögliche Ursachen und Überlegungen zur Prävention und Restaurierung. Diplomarbeit, vorgelegt dem Fachbereich Restaurierung und Konservierung von Kunst-und Kulturgut, Fachhochschule Köln.

SLUSARCZYK, C. et WLOCHOWICZ, A. (1997). "The theories of ion group aggregation in ionomers." Polimery **42**(9): 532-537.

SMITH, E. L., ABBOTT, A. P. et RYDER, K. S. (2014). "Deep eutectic solvents (DESs) and their applications." Chemical reviews **114**(21): 11060-11082.

SOCIÉTÉ MYCOLOGIQUE DE FRANCE (1892). Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France, Vol. 8 à 9, Société mycologique de France.

SOCIÉTÉ MYCOLOGIQUE DE FRANCE (1893). Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France, Vol. 9, Société mycologique de France.

SOFIO, S. (2016). Artistes femmes. Parenthèse enchantée XVIII - XIXe siècle: La parenthèse enchantée XVIIIe-XIXe siècles, CNRS Editions.

SOLÉ, V., PAPILLON, E., COTTE, M., WALTER, P. et SUSINI, J. (2007). "A multiplatform code for the analysis of energy-dispersive X-ray fluorescence spectra." Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy **62**(1): 63-68.

STEDMAN, V. (1986). Les chances de vernis. Mémoire, IFROA, Institut français de restauration des œuvres d'art.

STREHLKE, C. B., FROSININI, C. et BELLUCCI, R. (2002). The panel paintings of Masolino and Masaccio: the role of technique, Milan 5 Continents.

STREPPAROLA, E., CAPORICCIO, G., PASETTI, A. et PIACENTI, F. (1988). Use of perfluoropolyether derivatives for protecting stone materials from atmospheric agents, Google Patents.

STRUTT, J. W. (1871). "XXXVI. On the light from the sky, its polarization and colour." Philosophical Magazine Series 4 **41**(273): 274-279.

SULTANA, C. (1996). Oleaginous flax in Oils & Fats Manual, Vol. 1, Intercept Ltd., Andover. 154-168.

SUTHERLAND, K. (2000). "The Extraction of Soluble Components from an Oil Paint Film by a Varnish Solution." Studies in Conservation **45**(1): 54-62.

SUTHERLAND, K. (2006). "Measurements of solvent cleaning effects on oil paintings." Journal of the American Institute for Conservation **45**(3): 211-226.

SUTHERLAND, K. (2012). "Solvent Leaching Effects on Aged Oil Paints." New Insights into the Cleaning of Paintings: 45.

SUTHERLAND, K. R. (2001). Solvent extractable components of oil paint films. Thèse de doctorat, Université d'Amsterdam.

SUTHERLAND, K. R. (2003). "Solvent extractable components of linseed oil paint films." Studies in Conservation **48**(2): 111-135.

TANHUANPÄÄ, A. (2000). Blanching on a large scale: changes in a monumental painting entitled H2SO4 by Unto Pusa. Conservation without limits: IIC Nordic Group XV congress, August 23-26, 2000, Helsinki, Finland, IIC Nordic Group. 171-184.

TARGOWSKI, P., GORA, M. et WOJTKOWSKI, M. (2007). "Optical coherence tomography for artwork diagnostics." Laser chemistry **2006**.

TARGOWSKI, P. et IWANICKA, M. (2012). "Optical coherence tomography: its role in the non-invasive structural examination and conservation of cultural heritage objects—a review." Applied Physics A **106**(2): 265-277.

TARGOWSKI, P., ROUBA, B., GÓRA, M., TYMIŃSKA-WIDMER, L., MARCZAK, J. et KOWALCZYK, A. (2008). "Optical coherence tomography in art diagnostics and restoration." Applied Physics A: Materials Science & Processing **92**(1): 1-9.

TARGOWSKI, P., ROUBA, B., WOJTKOWSKI, M. et KOWALCZYK, A. (2004). "The application of optical coherence tomography to non-destructive examination of museum objects." Studies in Conservation **49**(2): 107-114.

TEAS, J. P. (1968). "Graphic analysis of resin solubilities." Journal of paint technology **40**(516): 19-25.

TERRIBILE, C. (2002). Valentinis e le polemiche ministeriali sul metodo Pettenkoffer. Colloque d'Udine. 371-422.

THOURY, M. (2006). Non destructive identification of varnishes of works of art by UV fluorescence. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

TSANG, J.-S. et ERHARDT, D. (1992). "Current Research on the Effects of Solvents and Gelled and Aqueous Cleaning Systems on Oil Paint Films." Journal of the American Institute for Conservation **31**(1): 87-94.

TUETEY, A. et GUIFFREY, J. (1910). La Commission du muséum et la création du Musée du Louvre 1792-1793, Paris. 115.

TUMINELLO, W. H., BRACCI, S. et PIACENTI, F. (2002). "New Developments in Fluorinated Materials for Stone Preservation." APT bulletin **33**(4): 19-22.

TUMOSA, C. S. et MECKLENBURG, M. F. (2013). "Oil paints: the chemistry of drying oils and the potential for solvent disruption." Smithsonian Contributions to Museum Conservation **3**: 51-58.

TUMOSA, C. S., MILLARD, J., ERHARDT, D. et MECKLENBURG, M. F. (1999). Effects of solvents on the physical properties of paint films. 12th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, Lyon, 29 August-3 September 1999, Vol. 1, Preprints, London, James & James. 347-352.

VAHUR, S., TEEARU, A., HALJASORG, T., BURK, P., LEITO, I. et KALJURAND, I. (2012). "Analysis of dammar resin with MALDI-FT-ICR-MS and APCI-FT-ICR-MS." Journal of Mass Spectrometry **47**(3): 392-409.

VALENTINIS, G. U. (1891). La riparazione ai dipinti secondo il methodo Pettenkofer G. Seitz. 37.

VAN AARSSSEN, B., COX, H., HOOGENDOORN, P. et DE LEEUW, J. (1990). "A cadinene biopolymer in fossil and extant dammar resins as a source for cadinanes and bicadinanes in crude oils from South East Asia." Geochimica et Cosmochimica Acta **54**(11): 3021-3031.

VAN DE BERG, K., BURNSTOCK, A., CARLYLE, L., CLARKE, M., HENDRIKS, E., HOPPENBROUWERS, R., KIRBY, J. et LANFEAR, I. (2006). "Fading of red lake paints after Vincent van Gogh—an interdisciplinary study involving three De Mayerne projects." Reporting Highlights of the De Mayerne Programme, (Jaap J. Boon and Esters SB Ferrera), Den Haag: 89-96.

VAN DEN BERG, J. D. J. (2002). Analytical chemical studies on traditional linseed oil paints.

VAN DEN BERG, K. J., VAN DER HORST, J., BOON, J. J. et SUDEIJER, O. O. (1998). "Cis-1, 4-poly- β -myrcene; the structure of the polymeric fraction of mastic resin (*Pistacia lentiscus* L.) elucidated." Tetrahedron Letters **39**(17): 2645-2648.

VAN DER DOELEN, G. (1999). Molecular studies of fresh and aged triterpenoid varnishes. Thèse de doctorat, University of Amsterdam.

VAN DER WEERD, J., BOON, J. J., GELDOF, M., HEEREN, R. M. A. et NOBLE, P. (2002). "Chemical changes in old master paintings: dissolution, metal soap formation and remineralisation processes in lead pigmented paint layers of 17th century paintings." Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung **16**: 36-51.

VAN DER WERF, I. D., VAN DEN BERG, K. J., SCHMITT, S. et BOON, J. J. (2000). "Molecular Characterization of Copaiba Balsam as Used in Painting Techniques and Restoration Procedures." Studies in Conservation **45**(1): 1-18.

VAN LOON, A. (2008). Color changes and chemical reactivity in seventeenth-century oil paintings. Thèse de doctorat, University of Amsterdam.

VAN LOON, A. et BOON, J. (2005). The whitening of oil paints films containing bone black. 14th Triennial meeting ICOM Committee for Conservation, The Hague, 12-16 September 2005, Preprints, Verger, Isabelle (ed.), London, James & James. 515-518.

VAN LOON, A. et BOON, J. J. (2004). "Characterization of the deterioration of bone black in the 17th century Oranjezaal paintings using electron-microscopic and micro-spectroscopic imaging techniques." Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy **59**(10): 1601-1609.

VASARI, G. (1981). Les Vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes, traduit et édité sous la dir. d'André Chastel, 1^{ère} édition 1550-1568, Paris, Berger-Levrault.

VERHAVE, J., VAN LOON, A. et NOBLE, P. (2007). "Changes in appearance unintentional lightening in stable interiors by Philips Wouwerman (1619-1668)." Art Matters: Netherlands Technical Studies in Art **4**: 103-110.

VITRUVÉ (2003). De l'architecture, Livre VII, C. 9, Cum paries expolitus et aridus fuerit, tunc ceram punicam igni liquefactam paulo oleo temperatam saeta inducat, Edition Belles Lettres

VOGELSANG, U. (1980). Max von Pettenkofer und die Gemälderestaurierung im 19. Jahrhundert. Magisterarbeit MS, Université de Cologne.

VON WARTBURG, W. (1950). Französisches etymologisches Wörterbuch : eine Darstellung des galloromanischen Sprachschatzes, Vol. 2, F. Klopp Verlag. 238 a.

VOORHEES, P. W. (1985). "The theory of Ostwald ripening." Journal of Statistical Physics **38**(1): 231-252.

WADUM, J., HOPPENBROUWERS, R. et STRUICK VAN DER LOEFF, L. (1995). Vermeer Illuminated Conservation, Restoration and Research Naarden.

WARD, T. C. et TOBOLSKY, A. V. (1967). "Viscoelastic study of ionomers." Journal of Applied Polymer Science **11**(12): 2403-2415.

WATIN, J.-F. (1773a). L'art du peintre, doreur, vernisseur : ouvrage utile aux artistes & aux amateurs qui veulent entreprendre de peindre, dorer et vernir toutes sortes de sujets en bâtiments, meubles, bijoux, équipages, etc. Paris, Chez Grangé, Durand neveu, l'Auteur.

WATIN, J. F. (1773b). L'art du peintre, doreur, vernisseur, Seconde édition revue, corrigée & considérablement augmentée, Grangé.

WEERD, J. V. D. (2002). Microspectroscopic analysis of traditional oil paint. Thèse de doctorat, Amsterdam.

WHITTEN, J. (1995). "Regalrez 1094 : Properties and Uses." WAAC Newsletter **17**(1): 11-12.

WYLD, M. (1980). "Some Observations on Blanching (with Special Reference to the Paintings of Claude)." The National Gallery Technical Bulletin **4**(1): 48-59.

YVEL, C. (1991). Le métier retrouvé des maîtres - La peinture à l'huile, Flammarion / Arts et Métiers Graphiques.

ZABLER, S., CLOETENS, P., GUIGAY, J.-P., BARUCHEL, J. et SCHLENKER, M. (2005). "Optimization of phase contrast imaging using hard x rays." Review of Scientific Instruments **76**(7): 073705.

ZHANG, Q., VIGIER, K. D. O., ROYER, S. et JÉRÔME, F. (2012). "Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications." Chemical Society Reviews **41**(21): 7108-7146.

ZHANG, T. (2012). Imagerie multi-résolution par tomographie aux rayons X: application à la tomographie locale en science des matériaux, Université Grenoble Alpes.

ZUCKER, J. et BOON, J. (2007). Opaque to transparent : paint film defects in the work of Frederic Church and the Hudson River School. AIC paintings specialty group postprints : papers pres. at the 34th annual meeting of the AIC of Historic & Artistic Works providence, Rhode Island, 16-19 June 2006, Vol. 19, Postprints, Washington : Mar Parkin, H. 33-41.

ZUMBÜHL, S. (2005). "Illusion mit System: das Lösemitteldreieck in der Praxis: Aspekte zur Charakterisierung der Wirkung von binären Lösemittelmischungen." Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung: ZKK **19**(2): 253-263.

Résumé

Les chancis des vernis et des couches picturales des peintures de chevalet : Contribution à la caractérisation physico-chimique, à la connaissance des mécanismes de formation et aux traitements de restauration.

Le chanci est une altération récurrente des peintures de chevalet à l'huile, induite par l'humidité. Elle affecte les vernis et les couches picturales. Selon le degré d'altération, la couche picturale peut être partiellement ou totalement masquée par un voile blanchâtre. L'analyse d'environ 50 micro-prélèvements altérés et non altérés par microscopie électronique à effet de champ a révélé une structure poreuse dans les vernis et les couches picturales altérées, avec une taille de pores comprises entre 50 nm et 4 μm . Pour les chancis de couches picturales, des investigations complémentaires par nanotomographie X à contraste de phase ont démontré que les pores étaient localisés dans le liant. L'apparence visuelle des couches altérées est due à la diffusion de la lumière par les pores, ce qui a été corroboré par des simulations numériques.

Un modèle physico-chimique a été proposé pour expliquer la formation des pores. Il repose sur le fait que les vernis et les liants lipidiques peuvent être assimilés à des ionomères dans lesquels les acides carboxyliques et les carboxylates métalliques ségrègent pour former des clusters ioniques. En présence d'humidité, les clusters s'hydratent entraînant la formation de régions aqueuses. Lors de la phase de déshydratation, les pores initialement remplis d'eau se vident mais subsistent. L'apparition des chancis de vernis et de couches picturales est donc directement liée à la quantité d'acides et à leur capacité à former des clusters.

Les traitements de restauration seront efficaces et durables, si et seulement s'ils résorbent ou comblent durablement les pores, dans le but de réduire la diffusion de la lumière. Pour les chancis de couches picturales, les traitements actuels sont peu satisfaisants. Un nouveau traitement innovant a été développé et testé sur des échantillons modèles et des peintures anciennes chancies. Les résultats sont très prometteurs en termes de stabilité, d'efficacité, de durabilité et de réversibilité. Cette recherche aura incontestablement un impact majeur, puisqu'elle pourrait répondre à un véritable besoin pour la restauration et la conservation des peintures de chevalet chancies.

Mots clés : peinture, altération, chanci, pores, diffusion, ionomères, restauration

Abstract

Blanching of varnish and paint layers in easel oil paintings: a contribution to the physico-chemical characterization, understanding of formation mechanisms and the conservation treatments.

Blanching of easel oil paintings is a recurrent alteration, induced by humidity. It affects varnish and paint layers. Depending on the degree of alteration, the paint composition can be partially or totally hidden by a whitish haze. The analysis of circa 50 altered and unaltered paint micro-samples by field-emission gun scanning electron microscopy revealed a highly porous structure in both varnish and paint altered layers, with pores ranging in size from 50 nm to 4 μm . Regarding the blanching of paint layer, in-depth investigation performed by X-ray phase contrast nanotomography highlighted that pores are located in the binder. The visual appearance of altered layers is due to the light scattering by the pores, which was corroborated by computational modeling.

A physico-chemical model was proposed to explain the pores formation. It is based on the fact that the varnish and the lipidic binder can be assimilated to ionomers, where carboxylic acids and metal carboxylates segregate to form ionic clusters. In a humid environment, the clusters get hydrated inducing the formation of aqueous regions. During the dehydration, the water is drained out from them, but the pores remains. The blanching emergence is thus directly linked to the quantity of acids and their ability to form clusters.

Conservation treatments will be efficient and sustainable only if they resorb or durably fill the pores, in order to reduce the light scattering. For the blanching of paint layers, current treatments are not very effective over time. A new innovative treatment has been developed and tested on mock-ups and ancient altered paintings. The results are very promising in terms of stability, efficiency, durability and reversibility. This research will undoubtedly have a major impact, fulfilling a real requirement for the conservation of blanched easel oil paintings.

Keywords: painting, alteration, blanching, pores, scattering, ionomers, conservation

Thèse de Doctorat de l'Université de Cergy-Pontoise

Ecole Doctorale SCIENCES ET INGENIERIE

Présentée par
Anaïs GENTY-VINCENT

Pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Cergy-Pontoise

Les chancis des vernis et des couches picturales des peintures de chevalet à l'huile

Contribution à la caractérisation physico-chimique, à la connaissance
des mécanismes de formation et aux traitements de restauration

ANNEXES

Soutenue publiquement le 26 juin 2017

Devant le jury composé de :

M. Ludovic Pauchard , professeur à l'Université Paris-Saclay	Rapporteur
Mme Caroline Tokarski , professeur à l'Université de Lille 1	Rapporteur
M. Piero Baglioni , professeur à l'Université de Florence	Examineur
Mme Marine Cotte , responsable de la plateforme « X-ray nanoprobe » de l'ESRF	Examineur
M. Patrick Guenoun , directeur de recherche au CEA	Examineur
M. Nicolas Milovanovic , conservateur en chef au Musée du Louvre	Examineur
Mme Nadège Lubin-Germain , professeur à l'Université de Cergy-Pontoise	Directeur de thèse
M. Michel Menu , Directeur du département recherche du C2RMF	Directeur de thèse

Tables des matières

Annexe 1 : Contexte et histoire matérielle des œuvres chancies de la base de données EROS.....5

Annexe 2 : Etude à partir de sources historiques des liants employés en peinture à l'huile du XVIIe au XIXe siècle.....57

Annexe 3 : Corpus des peintures chancies étudiées161

ANNEXE I

Contexte et histoire matérielle des œuvres chancies de la base de données EROS

L'annexe 1 recense, pour chacun des tableaux chancis de la base de données EROS du C2RMF, les éléments suivants:

- Informations sur l'œuvre : nom du peintre, titre, date, numéro d'inventaire, dimensions, nature du support, lieu de conservation, école du peintre
- Restaurations antérieures : date, nom de l'exécutant et nature des interventions (dépolissage, allègement des vernis, refixage, rentoilage, transposition,...)
- Localisation du chanci, couleur de la couche altérée
- Nature des matériaux employés dans le but de résorber le chanci
- Références du document mentionnant le terme chanci et citation du passage

La liste des abréviations employées est donnée ci-dessous :

Pour les supports :

- T : Toile
- B : Bois
- C : Cuivre
- BT : Bois transposé sur toile
- FT : Fresque transposée sur toile

Pour les pays :

- Fr : France
- Fl : Flandres
- I : Italie
- E : Espagne
- All : Allemagne
- GB : Angleterre

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
XV^e siècle									
Vivarini Antonio	<i>Sainte famille</i>	Vers 1450	450	65x52	B	Musée des Beaux-Arts, Strasbourg	I		
Anonyme	<i>Retable du parlement de Paris</i>	1452	RF 2065	226x270	B	Musée du Louvre	/	1-Aubert 05/12/1952	1-Suppression d'une couche de crasse collée dans le vernis
								2-Castor 19/05/1953	2-Allègement vernis
								3-Aubert 28/12/1965	3-Mastiqué restauré cassure
								4-Linard 23/05/1967	4-Masticage restauration deux joints
								5-Linard 12/11/1968 + 02/02/1972 et Aubert 29/12/1970	5-Mise au ton écailles tombées
								6-Paulet 29/07/1975	6-Bichonnage
								7-Delsaux 03/08/1976	7-Points retouche sur fentes droite senestre
Vivarini Bartolomeo	<i>Saint Jean de Capistran</i>	1459	MI 488	197x98	B	Musée du Louvre	I		
Signorelli Luca	<i>L'Adoration des Mages</i>	1459-1523	MI 540	330x245	BT	Musée du Louvre	I	1-Aillet 26/04/1905	1-Restauration
								2-1943	2-Vernis allégé et égalisé
								3-Paulet 06/12/1949	3-Enlevé le bleu
								4-Aillet 07/10/1952	4-Régénéré
Juste de Gand Berruguete Pedro	<i>Ptolémée</i>	Vers 1475	MI 657	98x66	B	Musée du Louvre	I	1-Chudeau 01/05/1953	1- 3 trous rebouchés mastiqués, restauration éclats
								2-Zezos 08/09/1953	2-Débleuissement
								3-Linard 04/01/1961 et 06/07/1965	3-Bichonnage
Juste de Gand Berruguete Pedro	<i>Virgile</i>	Vers 1475	MI 652	93x75	B	Musée du Louvre	I		
Giannicola di Paolo	<i>Les apôtres découvrant le tombeau de la Vierge</i>	1478-1544	MI 563	44x87	B	Musée du Louvre	I	Muller 1943	Parquetage
Maître de la Sainte Parenté	<i>Retable des sept joies de la Vierge : L'Adoration des Mages. La présentation au temple. Le Christ apparaissant à Marie.</i>	Vers 1480	RF 2045	127x182	B	Musée du Louvre	All	1-Chauffrey 01/03/1939	1-Restauration pièces collées
								2-Goulinat 01/02/1950	2-Restauré cassure verticale, nettoyage fond, refecion anciennes retouches, restauration de tombées
								3-Paulet 10/12/1959	3-Points sur écailles le long joint
								4-Linard 30/01/1963	4-Restauration petites écailles tombées
								5-Aubert 28/12/1965	5-Fentes remplies de mastic
Bicci Neri di	<i>La Vierge et l'enfant trônant avec six saints</i>	Vers 1480-1490	INV 20255 / Campana 342	165x162	B	Musée du Petit Palais, Avignon	I		
Titien	<i>Ecce homo</i>	1488-1576	INV 747	109x109	B	Musée du Louvre	I	1-Jaunard 01/06/1960	1-Restructuration châssis
								2-Chocqueel 16/05/1973	2-Bichonnage
								3-Mallet 01/12/1994	3-Nettoyage couche picturale
Biagio d'Antonio Tucci	<i>Le Père éternel avec saint Michel, saint Gabriel et douze anges</i>	Vers 1490-1500	MI 509	97x105	B	Musée du Petit Palais, Avignon	I		
Perreal Jean	<i>Portrait d'homme : Pierre Marin de la Chesnaye</i>	1493	RF 1993-8	24x18	B	Musée du Louvre	Fr	1-Malpel 01/10/1993	1-Nettoyage, réintégration
								2-Jaunard 18/10/1993	2-Recollage de la moulure supérieure

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
XV^e siècle								
						1189 : rapport de laboratoire, non signé, 07/03/1978	"Certaines zones grisâtres pourraient être l'indice d'un chanci partiel des matières résineuses provenant de ces vernis."	
			Bas à senestre		x acétate de butyle, vernis Rembrandt	Fiche de santé : Rem Ep 03/06/1982 Hourrière 08/06/1982	« Deux petites taches en bas à senestre : chanci ? » « Enlèvement des petites taches de chanci (?) à l'acétate de butyle. Régénération et vernissage local à la bombe (verniss Rembrandt à retoucher). »	
			Fond noir	x		P924 : rapport d'intervention de c-r, René Longa Mars-novembre 1938	"Le fond du tableau avant sa restauration était devenu entièrement gris, fait assez anormal chez Vivarini dont les fonds sont généralement noirs. Le fait était dû à un chanci généralisé et imperceptible à l'œil parce qu'il était le fait, non du vernis, mais de la matière elle-même, autrement dit de la peinture à l'œuf avec laquelle fut peinte le St Jean."	Utilisation de peinture à l'œuf
	De bois sur toile au XIXe		Couleurs bleuâtres			Fiche de santé : Bergeon, 02/01/1978	« Présence probable de smalt ds couleurs bleuâtres, apparaissent comme avec chanci. »	
1- 16/05/1939 2-Chudeau 01/05/1953			Revers rouge des manches			Fiche de santé : Bergeon 11/05/1979	« Blanchiment ou chanci dans le revers rouge des manches. »	
16/05/39						Fiche de santé : Aubert M. 1941	« Déjà refixé, chancis, en cours de restauration »	
						Fiche de santé : Bergeon 23/01/1979	« Présence d'un chanci et de repeints sur l'accident à droite. »	
1-Linard 20/01/1959 soulèvements 2-Michel 20/11/1962 une écaïlle			Robe rouge			Fiche de santé : Paulet M. 04/01/1973	« Enlever un chancis sur la robe rouge à senestre. »	
			Partie supérieure			Image dv3449 29/07/1970	« Prise de vue : chanci dans la partie supérieure. »	
			Centre et en bas à droite			Fiche de santé : Dumeau 03/03/1998	« Choc par la face qui a provoqué un chanci et une micro lacune (au centre et en bas à droite) »	
			Robe verte			Image dup8040 23/06/2010	« Légende technique : en cours d'allègement des vernis de restauration et d'enlèvement des repeints, sur la hanche gauche, chancis »	
			Bleu de lapis-lazuli			3267 : rapport de laboratoire, Rioux Jean-Paul, 26/01/1994	« L'observation au microscope de la coupe de l'échantillon II (8658) montre que les matériaux situés autour des cristaux bleus de lapis lazuli ne sont pas uniformes certaines parties ont un aspect plus clair. Pour faciliter l'observation au microscope, la coupe a été mise au contact avec une goutte d'huile. Après cette opération, l'aspect clair a lentement diminué probablement parce que les microfissurations du liant, cause du blanchiment, auraient été infiltrées par l'huile. Ce comportement est le signe d'un chancis partiel et inégal du liant. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
XVI^e siècle									
Franciabigio francesco di Cristofano	<i>La Vierge, l'Enfant et saint Jean- Baptiste</i>	1500- 1525	CA T 1	723x57	B	Musée des Beaux-Arts Dijon	I	4 anciennes campagnes de restauration :	1-Repeint, vernissage 2- Repeints ponctuels, nettoyage, vernis 3-Repeints, jutages, vernissage 4-Remise en ordre, repiquages
Anonyme	<i>L'Ecole d'Athènes</i>	1500- 1599	INV 618	100x97	T	Musée du Louvre	I		
Salviati Francesco	<i>Portrait d'homme</i>	1500- 1550	INV 425	59x44	T	Musée du Louvre	I	1-Paulet 01/01/1940	1-Restauration
								2-Longa 01/01/1941	2-Reprise de vernis
								3-Goulinat 01/05/1953	3-Masticage et mise au ton
								4-Aillet 01/1954+ 03/1954	4-Régénération vernis
								5-Aubert 31/08/1954	5-Essuyé buée
								6-Aubert 22/04/1958	6-Restauré une égratignure à droite
								7-Ryzow 12/02/1976 et Rouillet 14/02/1978	7-Bichonnage
Il Rosso Fiorentino	<i>Bacchus, Vénus et l'Amour</i>	1500- 1600	1941.100.41 2	210x162	T	Musée du Grand Duché, Luxembourg	I		
Le Pérugin	<i>Le combat de l'amour et de la chasteté</i>	1503- 1505	INV 722	16x19	T	Musée du Louvre	I	Aillet 06/1938	Réparation déchirure dévernissage, enlever repeints, retouches
David Gérard	<i>La Vierge entre les Vierges</i>	1509	803.4	120x213	B	Musée des Beaux-Arts Rouen	Fl	1- 1987	1-Intervention support (aminci, parquetage)
								2-Mondron P. Jaunard D. 04/02/1992	2-Suppression des traverses, pose de 5 nouvelles, nettoyage parquetage et revers, application de bouche-pore, pose de taquets collés.
Pinturicchio Bernardino	<i>La Vierge à l'enfant au chardonnier</i>	Vers 1510	MJAP-P 1815	30x23	B	Musée Jacquemart- André	I		
Raphael / Giulo Romano	<i>Sainte Marguerite</i>	1518	INV 607	178x122	BT	Musée du Louvre	I	1-Michel 22/02/1949	1-Retiré les bleus
								2-Aubert 28/06/1949	2-Essuyage de la buée
								3-Aubert 06/06/1961	3-Restauré écaille au milieu bord inférieur
								4-Paulet 04/10/1972	4-Bichonnage, régénération vernis
								5-09/07/1974	5-Dépoussiérage, revernissage
Tintoret Jacopo Robusti	<i>Suzanne au bain</i>	1518- 1594	INV 568	167x238	T	Musée du Louvre	I	Zezzos mai 1940	Raccords de ton, correction restaurations
Raphael	<i>Portrait de l'artiste avec un ami</i>	Vers 1519	INV 614/ MR 435	99x83	T	Musée du Louvre	I	1-Goulinat 01/01/1940	1-Restauré
								2-Michel 26/07/1949	2-Retiré les bleus
								3-Aillet 06/1950 et 12/1950	3-Régénération
								4-Chudeau 09/06/1959	4-Point de restauration à droite
Orley Bernaert Van	<i>La Sainte Famille</i>	1521	RF 1473	107x89	B	Musée du Louvre	Fl		
Bellegambe Jean	<i>Triptyque de l'Immaculée Conception : le donateur Jean Potier (volet droit)</i>	Vers 1521	INV 989-4	224x93	B	Musée de la Chartreuse, Douai	Fr		
Cousin Jean	<i>Portrait de Marie Cousin</i>	1522- 1594	proposé à l'achat	36x30	B	/	Fr		
Catena Vincenzo di Biago	<i>Portrait de Giangiorgio Trissino</i>	1525	RF 2098	73x64	T	Musée du Louvre	I	1-Michel 01/11/1954	1-Repiquer les épidermages
								2-Ryzow 06/05/1975	2-Bichonnage
								3-Walden 01/06/1983	3-Allègement vernis, enlèvement repeints
								4-Dechelette 20/07/1983	4-Agrandissement châssis consolidation bords à la colle SADER
								5-Walden 01/09/1983	5-Réintégration de la couche picturale
								6-Ortmann 04/03/1993	6-Décrassage à l'eau, vernissage
								7-Pincas 09/11/1995	7-Dépoussiérage face revers
								8-Malpel 27/06/2000	8-Dépoussiérage face revers

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
XVI^e siècle								
			Visage de la Vierge, corps de saint Jean-Baptiste, fond.	x		21989 : rapport d'intervention de c-r Motta Rosaria 11/10/2010 + 20079 : rapport d'intervention de c-r Arbus Brigitte, 19/05/2010	« Usures et chancis. » « <u>Chancis</u> : outre les usures, ce nettoyage drastique aurait provoqué également des chancis profonds de la couche picturale. » « Nous avons constaté que certains chancis qui avaient disparu lors du nettoyage étaient revenus et devraient donc être glacés : petits chancis au niveau du visage de la Vierge, chancis plus importants au niveau du corps du saint Jean-Baptiste, chancis au niveau du fond à senestre et à dextre. »	
		01/06/1983, Joyerot : à la colle				Fiche de santé : Bajou 01/09/1986	« Chanci »	
			Barbe de l'homme			10537:compte rendu Cortet Odile, 15/09/2006 5199 : rapport de laboratoire Ravaud Elisabeth 17/01/2005	« Taches claires (de chancis ou de nettoyage). » « Des éraflures du vernis avec les développements de chancis sont visibles sur la barbe de l'homme. »	
		Fin 1986-début 1987			x	Images de dv31500 à dv31544 15/1/1987	« Légende technique : après égalisation des mastics et régénération des chancis. »	
09/07/1963 général colle de peau chaude, puis localisé avec spatule chauffante		1-Rentoilé avant 1938 2-Lepage 07/1963				P660 : rapport d'intervention de c-r Lepage 07/11/1963	« D'importants chancis sont à signaler sur l'ensemble du tableau. »	Tableau inondé juillet 1963
Moreira Regina 09/1998 : soulèvement manche du manteau, colle de peau						18762:demande d'intervention 27/04/2009	« Bien localiser les repeints à l'eau qui ont virés, ainsi que les chancis. »	
			Christ			4424 : rapport de laboratoire Le Chanu Patrick, 28/07/2000	« Un chanci correspondant peut-être à une réaction consécutive à une intervention affecte le Christ notamment. »	
1-Avant guerre 2-Linard 14/04/1964 à la colle	Hacquin 1777 : de bois sur toile		Ombre, brun	x		Image dv9380 05/12/1978	« Prise de vue : bras gauche de la sainte. Légende technique : chanci de couleur dans l'ombre. »	
		x avant 1995				4135 : rapport de laboratoire Rioux J.-P. 02/11/1998	« Le second aspect semble relié à des blanchiments ou chancis de minces retouches peu pigmentées situées au dessus ou entre les couches de vernis qui, à l'emplacement des prélèvements II et III, sont assez épais et fortement jaunies. L'aspect grisâtre devrait donc disparaître en poursuivant l'allègement ce qui devrait aussi mieux restituer le bleu outremer en bon état en dessous. »	
		1-Ancien 2-Reprise de rentoilage			x	Fiche de santé : Mâle15/03/1972 Image dv3873 23/03/1972	«Régénération du chanci après rentoilage » « Prise de vue : témoin du chanci »	
				x		Fiche de santé : Montauban, 25/04/1905	« Chancis profond »	
			Fourrure, brun	x		Image dv56737 13/06/1995 3756a : rapport de laboratoire Le Chanu Patrick 26/03/1995	« Prise de vue : panneau Donateurs : le buste du donateur (chanci dans la fourrure). » « Ces scènes ne posent pas de problème majeur, à l'exception du donateur (visage blafard, manteau microfissuré), du lion (chanci de couleur dans la fourrure qui paraît très plate) »	
			Robe et voile, noir			10523 : rapport de laboratoire Ravaud E. 23/11/2006	« Dans la robe et le voile, se sont développés de nombreux chancis. »	
Michel 01/11/1954		XVIIIe	Vêtement noir		x	Image dup3719 18/06/2008	« Légende technique : en cours de régénération des chancis »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Holbein Hans	<i>William Warham archevêque de Canterbury en 1504</i>	1527	INV 1344	83x67	B	Musée du Louvre	All	1-Longa 01/02/1940	1-Restauré
								2-Aubert 16/09/1952 + 23/10/1962	2-Reverni + essuyage à la térébenthine
								3-Linard 24/05/1963	3-Ecailles tombées mises au ton
								4-Aillet 08/12/1963	4-Débléuissement
								5-Aubert 30/11/1965	5-Essuyage
								6-Chudeau 01/02/1966	6-Bichonnage
								7-Paulet 19/10/1971	7-Dépoussiérage
								8-Roulet 02/07/1974	8-Nettoyé et régénéré
Il Rosso Fiorentino	<i>Pietà</i>	Vers 1530-1535	INV 594	127x163	BT	Musée du Louvre	I	30/04/1905 + 06/05/1905 Zezzoss	Restauré
Titien	<i>Saint Jérôme</i>	1531	INV 750	80x102	T	Musée du Louvre	I		
Chalons Simon de	<i>L'apparition du Christ à la Madeleine (face)</i>	1535	RF 1183	140x75	B	Musée du Louvre	Autre	1-Linard 01/1978	1-Traitement face contre xylophages
								2-1964-68	2-Allègement vernis, masticage écailles, vernissage
								3-1980	3-Collage pièces de bois
								4-2001	4-Bois mis à nu aux lacunes
Stretes Guillim	<i>Portrait de Claude de Lorraine</i>	1537-1553	RF 1981-53/D 81.7.1	212x132	T	Musée historique lorrain Nancy	Fl		
Bordone Paris Paschalinus	<i>Portrait d'homme dit Portrait de Hieronymus Kraffter</i>	1540	INV 126	107x86	T	Musée du Louvre	I	1-Goulinat 15/11/1949	1-Restauré petites écailles
								2-Chudeau 09/11/1963	2-Bichonnage
								3-Paulet 21/12/1965	3-Bichonné, régénéré vernis
								4-Lepavec 06/02/1978	4-Bichonnage
								5-Ortmann 04/03/1993	5-Retouche
								6-Dubrue 21/09/1993	6-Dépoussiérage face revers
								7-Lepage Ceresa 13/03/2001	7-Dépoussiérage, retouche, glacis ponctuel
								8-Lepage Mendili 03/2005 + Laudet Mendili 15/07/2008	8-Dépoussiérage face revers
Scorel Jan van	<i>Polyptique de Marchiennes : La mise au tombeau de saint Etienne</i>	Vers 1540	2770	234x74	B	Musée de la Chartreuse, Douai	Fl	Mandron Patrick 10/2009	Désinsectisation par anoxie statique
Woensam Anton	<i>La flagellation du Christ</i>	Avant 1541	MNR 756/D 63-2	83x89	B	Musée du Louvre	All		
Titien	<i>Le Christ couronné d'épines</i>	1542-1543	INV 748	303x180	B	Musée du Louvre	I	1-Goulinat 01/11/1949	1-Dévernisage
								2-Chudeau 01/06/1954 + 18/03/1964	2-Restauré points sur écorchures + vernis à retoucher
								3-Aubert Roulet 08/06/1965 + Linard 19/12/1967	3-Bichonnage
								4-Linard 20/12/1967	4-Mise au ton mastics
								5-Michel 11/06/1968	5-Essuyage
								6-Huot 28/09/1970	6-Démontage parquet incrustations en V dans cassures et fentes
								7-Brans 15/10/1970	7-Enlèvement mastics
								8-Paulet 02/03/1972	8-Bichonnage
								9-09/07/1974	9-Dépoussiérage vernissage
								10-Paulet 29/07/1975 + 25/05/1976	10-Bichonnage
Quesnel François	<i>Henri III</i>	1543-1616	RF 3964	66x52	B	Musée du Louvre	Fr	1-Roulet 04/12/1952	1-Nettoyage, régénération vernis reprise restaurations dans les bleus
								2-Zezzoss 01/06/1953	2-Mise au ton du ruban altéré
								3-Roulet 01/04/1958	3-Régénération vernis
								4-Paulet 27/01/1959	4-Bichonnage
								5-Aubert 17/05/1960	5-Essuyage de buée
Savoldo Giovanni Gerolamo	<i>Autoportrait dit Portrait de Gaston de Foix</i>	1508-1548	INV 659	91x123	T	Musée du Louvre	I	1-Zezzoss 24/04/1905	1-Régénération et allègement vernis, réparation accidents
								2-Goulinat 01/12/1940	2-Remise en état
Anonyme	<i>Michel de l'Hôpital</i>	1550-1599	INV 3272	32x23	B	Musée du Louvre	Fr	1-Michel 06/07/1953	1-Allègement vernis, repiquages
								2-Brans 19/07/1966	2-Suppression repeints, régénération
								3-Da Costa 07/06/1977	3-Dépoussiérage
Samacchini Orazio	<i>Mercurius ordonne à Enée d'abandonner Didon</i>	1557-1577	INV 4637	249x178	T	Musée du Louvre	I	1-Chudeau 06/11/1964	1-Dévernisage, enlèvement repeints, retouches
								2-Guillaume 13/07/1988	2-Dépoussiérage face et revers
Anonyme	<i>Jean Babou seigneur de la Bourdaisière</i>	Vers 1558	INV 3273	31x23	B	Musée du Louvre	I	1-Zezzoss 29/04/1952	1-Retouches, léger vernissage
								2-Aillet 12/12/1952	2-Restauré
								3-Da Costa 07/06/1977	3-Dépoussiérage
Abbate Nicolo dell'	<i>L'enlèvement de Proserpine</i>	1560	RF 3772	196x215	T	Musée du Louvre	Fr	1-Michel 05/07/1948	1-Nettoyage, dévernisage, mise en état
								2-Paulet 06/12/1949 + 29/07/1969	2-Enlèvement des bleus + dépoussiérage
								3-Linard 17/01/1973	3-Restauration bords après pose de calles et de pattes
								4-09/07/1974	4-Dépoussiérage, revernisage
								5-Lepavec 27/11/1995	5-Dépoussiérage face et revers

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
			Manche à senestre			Fiche de santé : Chocqueel 02/07/1975	« Enlèvement d'un petit chanci localisé en bas sur la manche senestre. »	
	1-Epoque indéterminée 2-Zezos 30/04/1905			x		P784a : rapport d'intervention de c-r Zezos Georges oct 1947	« Le tableau livré à mes soins sous une épaisse couche de « chanci » que le praticien n'avait pu éviter et qui pénétrait le vernis et parfois la couleur d'un mode assez tenace. »	
		Colins 1750				Fiche de santé : Commission de restauration 02/06/1947	« Grand chancis »	
1964-68 : de soulèvements			Sol			Syn106 : synthèse Leszczynska Dominika 07/07/2002	« De plus, l'endroit [la couche originale du sol] est attaquée par les chancis. »	
		Ancien colle de pâte				Image dup8935 30/11/2010	« Prise de vue : face ; repeints débordants, chancis ; vernis oxydé »	
1-Aubert 09/02/1965 par encollage de la partie dextre du fond 2-Le Dantec 08/2008 cire résine		Au XXe siècle				Image dup8503 15/09/2010	« Légende technique : suite à l'allègement des vernis de restauration, réseau de craquelures et chancis »	
Juillet Carole 02/1997 ponctuels						Image dup751 08/03/2007	« Chanci »	
				x		Fiche de santé : Goulinat	« Chancis profond. »	
1-Paulet 17/03/1964 dans l'ange bas senestre 2-Moreira 01/08/1984					X	9934 : rapport d'intervention de c-r, Moreira Régina, 08/10/1984	« Accord pour une régénération du chanci et un vernissage. »	
			Fond			Fiche de santé : Goulinat 1961	« Cette œuvre est couverte (surtout dans le fond) de taches de chanci violent. »	
		x				Fiche de santé : Zezos 06/01/1941.	« Chanci partiel. »	
			Robe			Fiche de santé : Cortet O. 13/06/1979 Mondorf G. 27/06/1979	« Chancis. » « Décrassage à la térébenthine. Amélioration donc au niveau du chanci mais il en demeure, en particulier au niveau de la robe. »	
Chauffrey 01/12/1949		1-Ancien 2- Lepage				Fiche de santé : Pattyn H. 13/07/1988	« Chanci. »	
						Fiche de santé : Cortet O. 13/06/1979	« Chancis. »	
		x	Repeint angle supérieur senestre			L0118 : constat d'état, 05/11/2002	« Un repeint désaccordé et légèrement chanci dans l'ancienne déchirure de l'angle supérieur senestre. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Bronzino Agnolo	<i>Le Christ apparaissant en jardinier à Madeleine</i>	Vers 1560	INV 130	289x194	B	Musée du Louvre	I	1-Aillet 13/01/1948	1-Restauration
								2-Michel 20/01/1948	2-Bichonnage vernissage
								3-Goulinat 24/02/1948	3-Ecaille restaurée
								4-Zezos 19/11/1949	4-Mise en état, régénération, masticage
Abbate Nicolo dell	<i>Vertumne et Pomone</i>	1560-1570	RF 2007-8	110x90	T	Musée du Louvre	Fr		
Moroni Giovanni-Battista	<i>Portrait d'ecclésiastique</i>	Vers 1561-1563	RF 532	98x83	T	Musée du Louvre	I		
Véronèse Paolo	<i>Les Noces de Cana</i>	1562-1563	INV 142	666x990	T	Musée du Louvre	I	1-Lepavec 11/06/1945	1-Renforcement du cloutage consolidation 2 déchirures, pose de 2 pièces cire-résine
								2-Lepage 01/02/1948	2-Enlèvement des papiers, bandes, tension, bordage
								3-Aubert Goulinat 01/02/1948	3-Dévernissage
								4-Chauffrey Muller 01/12/1949	4-Démontage toile châssis, remontage
								5-Aubert 14/02/1950	5-Dépoussiérage, essuyage buée
								6-Lepage Maridat 18/09/1951	6-Démontage châssis déclouage toile remontage, masticage bordage
								7-Goulinat 30/10/1951	7-Restauré égratignure dans partie inférieure
								8-01/12/1951	8-Dépoussiérage
								9-Aubert 08/06/1954	9-Reprise d'inégalité de vernis
								10-Chudeau 07/01/1955+06/05/1958	10-Masticage restauration écorchure et éclat
								11-Linard Chudeau 04/06/1965	11-Bichonnage
								12-Paulet Roulet 24/06/1975	12-Dépoussiérage
								13-Paulet 01/07/1975	13-Masticage, mise au ton zones lacunaires
								14-Chocquel 01/02/1977	14-Mise au ton sans mastic
								15-Becour 01/06/1989	15-Nettoyage, réintégration
								16-Lepavec 01/06/1992	16-Consolidation déchirures
								17-Becour 01/08/1992	17-Masticage réintégration accidents
								18-Rabu Viala 01/05/2001	18-Dépoussiérage face revers
								19-Becour 31/07/2001	19-Bichonnage
Amidano Giulio Cesare	<i>Le Christ porté au tombeau</i>	1566-1630	INV 662	36x29	B	Musée du Louvre	I	Chudeau	Nettoyage, masticage, revernissage
Vries Paul Vredeman de	<i>Le jugement de Salomon</i>	1567-1630	8516 B	151x206	T	Musée des arts décoratifs, Paris	Fl	Cérésa A. 11/2002	Allègement vernis, enlèvement repeints, purification couche picturale
Reni Guido	<i>Saint François en méditation</i>	1575-1642	INV 533	194x129	T	Musée du Louvre	I		
Rubens Pierre-Paul	<i>Philopoemen, général des Achéens</i>	1577-1640	MI 967	50x66	B	Musée du Louvre	Fl	1-Chudeau 12/08/1958 +	1-Suppression des matités + bichonnage
								2-Paulet 31/08/1965 + 26/12/1972	2-Dépoussiérage, bichonnage
								3-Lepage 16/08/1977	3-Nettoyage au tampon
								4-Roussel 05/06/1979	4-Dépoussiérage vernissage local
								5-Whitney 31/01/1989	5-Reprise lacune
Palma Jacopo il Vecchio	<i>L'Adoration des Bergers</i>	1579-1528	MG 26	75x105	BT	Musée de Grenoble	I		
Snyders Frans	<i>Singes et perroquets auprès d'une corbeille de fruits</i>	1579-1657	MI 982	79x104	T	Musée du Louvre	Fl	1-Aubert 14/01/1958	1-Restauré écaille
								2-Paulet 23/01/1973	2-Bichonnage vernissage
								3-Ryzow 07/10/1977	3-Remise au plan enfoncement, mise au ton
								4-Guinand 01/10/1979	4-Masticage réintégration mise au ton repeints
								5-Whitney 16/02/1988	5-Dépoussiérage face et châssis
								6-Hochart 21/03/1989	6-Dépoussiérage face et lustrage
Gentileschi Orazio	<i>Vénus blessée par Diomède</i>	1580-1647	AP 1715	/	T	Musée de l'assistance publique, Paris	I		
Steenwyck Hendrick II van	<i>Intérieur d'église, effet de nuit</i>	1580-1649	INV 1865/MR 3524	123x174	B	Musée du Louvre	Fl		
Carrache Antonio	<i>Le Déluge</i>	1583-1618	INV 230	166x247	T	Musée du Louvre	I	Zezos 1947	Allègement vernis

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
						Fiche de santé : Roulet 23/12/1950	« Nettoyage, allègement du vernis, traitement des chancis »	
		x	Fond sombre			13434 : rapport de laboratoire Ravaud E. 09/11/2007	« Des chancis importants affectent le tableau, notamment dans le fond sombre. »	
		Ancien		x	x Alcool pur	Fiche de santé : -Aubert : -Paulet, 29/10/1964 -Paulet 14/01/1969	« Au centre, ligne horizontale importante de chanci par humidité » « Régénéré à l'alcool pur le chancis profond. » « Régénéré à nouveau le chancis »	
		1830-1850	Bleu	x		4460 : rapport de laboratoire 1989-1992 Image dc17714	« Léger chancis de couleur » « Prise de vue : bleu avec chanci à gauche de Benedetto. »	
						Fiche de santé : Paulet 09/01/1973	« Enlèvement d'un chancis. »	
	1-Deux anciennes, 1ere à la colle de pâte 2-Lutet Yves 12/2004			x		10380 : rapport d'intervention de c-r, Cérésa Ariane 08/05/2006	« Des chancis sont également réapparus sur la couche picturale, moins importants, mais créant tout de même une opalescence compromettant la lisibilité de l'oeuvre »	Traces d'inondation
		Anciennement				Fiche de santé: Bergeon 07/04/1975	« Couvert de chanci et de repeints. »	
						Fiche de santé : Dumeau 01/07/1993	« Chanci et repeints altérés le long de la fente. »	
	1- 1901 établissement Brisson Frères (sur bois à l'origine) 2- Bardez J.-F 11/2007 reprise de transposition			x		Image dup901 14/03/2007	« Prise de vue : face : chanci profond. »	
1-Ryzow 07/10/1977 2-Guinand 01/10/1979 soulèvements partie supérieure cire-résine 3-Lepavec 01/06/1991 cire-résine		1-Ancien 2-Lepavec 01/12/1990 réentoilage mixte			x	Fiche de santé : Trotignon 01/07/1991	« Reprise du nettoyage et régénération des chancis après rentoilage »	
						Image dv13387 10/07/1981	« Légende technique : en cours de nettoyage avec zone chancie »	
Linard 14/09/1972						Fiche de santé : Aubert 06/09/1973	« Enlèvement du chanci après le travail de refixage. »	
		x	Fond			PVCR1947-06-02 : procès verbaux de commissions de restauration 1947 Fiche de santé: Goulinat 29/05/1956	« Les fonds sont chanci. » « Le tableau après un léger nettoyage a été débarrassé de longues traînées de chanci. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Vos Cornelis de/ Wildens Jan	<i>Vertumne et Pomone</i>	1585-1651	NR 691	139x180	T	Musée municipal, Hazebrouck	Fl		
Barocci Frederico	<i>La circoncision</i>	1590	MI 315	356x251	T	Musée du Louvre	I		
Ribera Jusepe de	<i>Saint Paul ermite</i>	1590-1652	RF 125	197x153	T	Musée du Louvre	E	1-Aillet 07/10/1952	1-Régénération
								2-Aubert 18/09/1962	2-Essuyage de buée
								3-Roulet 02/10/1962	3-Restauration 2 accidents en haut
								4-Nazat 01/07/1969	4-Reprise des lacunes
								5-Paulet 28/11/1972	5-Dépoussiérage, revernissage complet
								6-Lepavec 22/10/1974	6-Retouches dans le bas
								7-Ryzow 29/03/1978	7-Vernissage sur point sur mollet droit
								8-Belcour 01/12/1987	8-Dépoussiérage face, vernissage
Guercino	<i>Saint Paul</i>	1591-1666	INV 80	76x61	T	Musée du Louvre	I		
Régnier Nicolas	<i>La diseuse de bonne aventure</i>	1591-1667	INV 366/ L 3487	127x150	T	Musée du Louvre	I	01/02/39	Réparation d'un accident (égratignure)
Valentin de Boulogne	<i>L'innocence de Suzanne reconnue</i>	1594-1632	INV 8245	175x211	T	Musée du Louvre	Fr	1-Brans 12/07/1965	1-Allègement vernis
								2-Lepage 26/02/1968	2-Bordage
								3-Linard 02/05/1968	3-Aplatissement boursoufflures fond
Stella Jacques	<i>Sainte Cécile jouant de l'orgue</i>	1596-1657	INV 7968	35x33	C	Musée du Louvre	Fr		
Es Jacob Fopsen van	<i>Apprêts d'un repas</i>	1596-1666	RF 1959-28	55x74	B	Musée du Louvre	Fl	1-Paulet 26/03/1968	1-Dépoussiérage
								2-Huot 15/06/1970	2-Consolidation cassure
								3-Ortmann 05/01/1988	3-Dépoussiérage, dégraissage, vernissage
Dyck Anton van	<i>La Vierge aux donateurs</i>	1599-1641	INV 1231	250x191	T	Musée du Louvre	Fl	Aillet 05/04/1949	Nettoyage superficiel, régénération vernis
Dyck Anton van	<i>Portrait d'une dame de qualité et sa fille</i>	1599-1641	INV 1243	204x136	T	Musée du Louvre	Fl		
Sacchi Andrea	<i>La Communion des apôtres</i>	1599-1661	1.4	99x135	T	Musée eucharistique Le Hiéron Paray-le-Monial	I		
XVII^e siècle									
Rubens Pierre-Paul	<i>La chasse au tigre</i>	1600-1625	811,1,10	248x318	T	Musée des Beaux-Arts Rennes	Fl		
Anonyme	<i>Descente de croix</i>	1600-1650	890.9.145	93x119	B	Musée des Beaux-Arts Carcassonne	Fl		
Claude Gellée	<i>David sacré roi par Samuel</i>	1600-1682	INV 4717	119x150	T	Musée du Louvre	Fr	1-Aubert 01/02/1939	1-Dévernissage, pose vernis
								2-Roulet 29/04/1963	2-Nettoyage, bichonnage
								3-Goulinat 12/0/1965	3- /
								4-Linard 08/03/1966	4-Bichonnage
Anonyme	<i>Deux moines</i>	1600-1699	342	70x94	T	Musée des Beaux-Arts Nantes	I		
Anonyme	<i>Figure allégorique : la Nuit ou L'Aurore</i>	1600-1699	INV 8690	188x188	T	Musée du Louvre	Fr	1-Chudeau 19/03/1963	1-Nettoyage superficiel, passage à l'eau coupée de térebenthine, tampon à l'essence
								2- 2002	2-Nettoyage surface
Anonyme	<i>Laban cherchant ses idoles</i>	1600-1699	INV 2801	127x144	T	Musée du Louvre	Fl		
Anonyme	<i>Marie Madeleine de Montbron</i>	1600-1699	MPR 8300 (n° de régie)	172x142	T	Musée des Beaux-Arts Cognac	Fr		
Anonyme	<i>Réunion de treize personnages</i>	1600-1699	INV 943	47x78	T	Musée du Louvre	E	1-Michel 13/02/1968	1-Tête du 4eme rétablie avec glacis et vernis
								2-Chudeau 19/03/1968	2-Lavage, régénération vernis, égalisation fond et de 2 traces, revernissage

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		1-Anciennement 2-Rabu 01/03/1995 cire- résine			x diacétone alcool	Fiche de santé : -Lautraite A. 11/04/1995 -Lepage A. 01/09/1995	« Le rentoilage a provoqué des chancis ; à régénérer. » « Remise en ordre de la couche picturale. Régénération du chanci (diacétone alcool) »	
Château de la Pelice 01/02/1940	x					Fiche de santé : Bazin 01/05/1941	« Petites plaques de chancis. »	
		Joyerot 20/02/1969	Fond brun/noir			Image dup7522 31/03/2010	« Légende technique : essais d'allègement du vernis, chancis. »	
	Hacquin 1827					Fiche de santé : Chudeau	« Zones de chancis sur toute la surface »	
	Lepage 14/10/1965	Début XIXe siècle			x	Fiche de santé:Chudeau 30/04/1968 P2345 : rapport d'intervention de c-r Lepage 06/1968	« Chancis persistants en plusieurs endroits » « Enlèvement du chancis par régénération. » « Après transposition, le tableau est sorti très chanci dans son ensemble. »	
	Hacquin et Mortemart 1829		Robe bleue, épaule	x		Fiche de santé : Bergeon S. 20/03/1979	« Chancis profonds ds robe à droite (bleu décoloré,smalt?). Blanchiment ds épaule du personnage à droite et le long du bélier à droite. »	
						Fiche de santé : Chudeau 09/11/1962	« Enlèvement de chancis »	
			Fond noir			Fiche de santé : Delmas C. 22/06/1993	« La couche picturale présente des chancis dans le fond noir »	
		Ancien	Bleu du manteau de la Vierge			PVCR1953-03-17 : procès verbaux des commissions de restauration 1953	« On aperçoit des chanci dans les bleus du manteau de la Vierge. M. Goulinat fait remarquer que le lapis lazuli évolue presque toujours, soit vers des teintes cendrées, soit au contraire dans les tons violets. »	
Muller 26/04/1905 « Refixage sans doute effectué au Château de Sourches ? »		x	Enfant			Image dc1594 27/06/1960	« Prise de vue : enfant avec chancis au dessus »	
			Zones sombres			7248 rapport d'intervention de c-r Fabre Madeline/Roussel Jacqueline 14/06/2005	« Un voile de chancis légers, irréversibles, sur l'ensemble de l'œuvre a du être atténué par de légers glacis, particulièrement dans les zones sombres. »	
XVII^e siècle								
				x		Rencontre restauratrice C2RMF	/	
			Bleus, cheveux, rouges	x	x	Rencontre restauratrice C2RMF Images : dug 2511 dug2512 17/09/2013	« Légende technique : essais de régénération des chancis »	
	Leguay 1938					Fiche de santé : Bergeon et Roulet 11/06/1981	« Reprendre les restaurations ayant viré et « améliorer » le chanci. »	
			Sombre			Image dv47386 02/04/1993	« Légende technique : avec témoin de chanci. »	
2006 : par le revers à la colle de peau				x		23203 : rapport de laboratoire Eveno Myriam 29/09/2011 Fiche de santé Toupet 25/03/1963	« Toile très usée, noircie, peu visible à cause du chancis. »	
		Anciennement et toile libre de doublage				Fiche de santé : Roulet	« Enlèvements de chancis »	
			Rouge des tentures, robe noire de Marie- Madeleine, bleu du ciel.			4428 : rapport de laboratoire Balcar Nathalie 02/05/2000	« Voile grisâtre qui gêne la lisibilité de l'œuvre Cette couche est localisée sur le rouge des tentures ainsi que sur la robe noire de Marie-Madeleine. Un chanci est également visible dans le bleu du ciel. »	
		1-Anciennement 2-Lepavec 17/09/1973 reprise de rentoilage				Fiche de santé : Paulet 16/10/1973	« Enlèvement du chancis. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Anonyme	<i>Un tournoi au pied des murailles d'une ville fortifiée</i>	1600-1699	INV 8728	106x126	T	Musée du Louvre	Fr	1-Holweger 1967	1-Restauration partie droite
								2-Garrigou 04/06/1973	2-Restauration partie senestre
								3-Prunet 15/01/1984	3-Dégagement vernis, enlèvement repeints
Anonyme	<i>Vierge à l'enfant avec deux anges musiciens</i>	1600-1699	INV 1990	49x41	C	Musée du Louvre			
Anonyme	<i>Portrait d'homme en buste</i>	1600-1699	RF 1542	50x40	T	Musée du Louvre	I	Michel 24/03/1959	Bichonnage
Le Nain Louis	<i>La forge ou un maréchal dans sa forge</i>	1600-1699	INV 6838	69x57	T	Musée du Louvre	Fr		
Anonyme	<i>Portrait de Huayna Capac Inca XII</i>	1600-1700	71.1891.64.5	44x34	T	Musée du Quai Branly	Autre		Nettoyage
Anonyme	<i>Portrait de Lloque Yupanqui Inca III</i>	1600-1700	71.1891.64.1	44x34	T	Musée du Quai Branly	Autre		Nettoyage
Anonyme	<i>Portrait de Pachacutec Inca IX</i>	1600-1700	71.1891.64.2	44x34	T	Musée du Quai Branly	Autre		Nettoyage
Anonyme	<i>Portrait de Tupac Yupanqui Inca XI</i>	1600-1700	71.1891.64.4	45x24	T	Musée du Quai Branly	Autre		Nettoyage
Anonyme	<i>Portrait de Yupanqui Inca X</i>	1600-1700	71.1891.64.3	/	T	Musée du Quai Branly	Autre		Nettoyage
Dubois Ambroise	<i>Le baptême de Clorinde</i>	Vers 1601-1606	INV 4161	119x123	T	Musée national du château de Fontainebleau	Fr		
Hulle Anselm van	<i>Portrait d'un homme de qualité</i>	1601-1674	MI 920	203x97	T	Musée du Louvre	Fl		
Rubens Pierre-Paul	<i>Fuite d'Enée après l'incendie de Troie</i>	1602-1606	INV 2007/MR 480	146x227	T	Château de Fontainebleau	Fl		
Champaigne Philippe de	<i>La réception du duc de Longueville</i>	1602-1674	INV 835 1	290x358	T	Musée Saint-Loup, Troyes	Fr		
Rubens Pierre-Paul	<i>La transfiguration</i>	Vers 1605	INV 71	407x670	T	Musée des Beaux-Arts Nancy	Fl		
Caravaggio	<i>La mort de la Vierge</i>	1605-1606	INV 54	369x245	T	Musée du Louvre	I	1-Aubert 12/08/1952 + Paulet 19/08/1952 ; 22/01/1957	1-Dépoussiéré
								2-Linard 22/0/1957	2-Bichonnage
								3-Paulet 19/01/1965 + Lepage	3-Dépoussiéré, régénéré vernis + bordage
								4-Paulet 02/02/1965	4-Reprise dépoussiérage
								5-Linard 26/02/1965	5-Masticage, vernissage écailles
								6-Chudeau 25/06/1968	6-Dépoussiérage, bichonnage
								7-Paulet 05/12/1972	7-Dépoussiérage, revernisage
								8-Dechelette 01/01/1986	8-Enlèvement des clés, dépoussiérage revers, enlèvement des scrupules, dépoussiérage châssis avec éponge humide
								9-Kryzyski 25/03/1986	9-Décrassage surface, vernissage
								10-Willoughby 19/07/1989	10-Dépoussiérage revers
								11-Ceresa 18/05/1993	11-Masticage et réintégration
Sandrart Joachim Von I	<i>Sainte Famille dans un paysage</i>	1606-1688	801,1,27	129x137	T	Musée des Beaux-Arts Rennes	All		
Tassel Jean	<i>Tobie et l'ange</i>	1608-1667	N° de régie : MPR 12730	97x137	T	Musée municipal, Bourdonneles-bains	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
Linard 02/05/1962 cire-résine sur table chauffante	Ten Kate 25/04/1984 reprise de transposition	1848	Dans les verts			Fiche de santé : Bajou T. 01/08/1986	« Chanci (dans les verts). »	
		x (?)				Fiche de santé : Loire S	« La couche picturale a un aspect curieux qui pourrait faire suggérer qu'elle aurait souffert de la chaleur ; chancis locaux »	
		x		x		Fiche de santé : 1) Laclotte 2) Michel 19/07/1966 3) Cortet 29/03/1979 4) Chocqueel 30/03/1979	1) « Cou lure et éclaboussures ayant provoqué du chancis » 2) « Nettoyé, légèrement déverniss pour faire disparaître les chancis. » + « Couvert de chancis et principalement dans la partie médiane de la figure et ds cheveux (chancis profond). » 3) « Chanci profond dans toute la partie inférieure. » 4) Imprégnation au cajeput sur les zones chancies pendant tout le week-end pour essayer de faire disparaître le chanci. »	
	Lepage 08/01/1959	Ancien avec agrandissement				Fiche de santé : Bazin 15/12/1959	« Enlèvement des chancis »	
						Image da30523 22/04/2004	« Un nettoyage sommaire a provoqué des usures et un chanci généralisé. »	
						24036 : constat d'état Vigouroux Elsa 24/11/2003	« Les surfaces présentent un aspect très inégal avec des matités et des brillances. Nous observons qu'elles ont été grossièrement nettoyées et que cette intervention a provoqué des usures et des chancis »	
						24037:constat d'état Vigouroux Elsa 24/11/2003	« Les surfaces présentent un aspect très inégal avec des matités et des brillances. Nous observons qu'elles ont été grossièrement nettoyées et que cette intervention a provoqué des usures et des chancis »	
						Image da30622	« Usures et chancis dus à un nettoyage. »	
						24038: constat d'état Vigouroux Elsa 24/11/2003	« Les surfaces présentent un aspect très inégal avec des matités et des brillances. Nous observons qu'elles ont été grossièrement nettoyées et que cette intervention a provoqué des usures et des chancis »	
	Lepage, Maridat 01/11/1949			x	x	Fiche de santé : Zezzos 27/06/1950	« Régénération-chancis profonds »	
		x	Main			Image dv57870 13/09/1995	« Prise de vue : de près sur la main, chancis sur les doigts »	
		x			x	Image dv7458 24/02/1977	« Légende technique : après régénération partielle du chanci. »	
						Image dv52943 25/08/1994	« Prise de vue : en haut à droite, fond semé de fleurs de lys : zone de repeint bleu- vert et coulures de chanci bleu clair. »	
		x	Repeint			2468 : rapport de laboratoire 06/09/1988	« Cette couleur superficielle est un repeint. Son aspect grisâtre semble être dû à un léger effet de chanci. »	
		x	Drapé rouge			Fiche de santé : Mota R., Roca Rey S. 01/12/1996	« Tentative de traitements des chancis (dans le drapé rouge) »	
		x	vert brun			Rencontre restauratrice C2RMF	/	
						Image dv56010 30/03/1995	« Prise de vue : avec chancis. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Molenaer Jan Miense	<i>Enfants jouant avec un chat</i>	1610-1668	Y.7/ MNR 449	66x54	T	Musée des Beaux-Arts Dunkerque	Fl	Michel 17/07/1955	Nettoyage et petite restauration
Teniers David II	<i>Chasse au héron avec l'archiduc Léopold-Guillaume</i>	1610-1690	INV 1887	82x120	T	Musée du Louvre	Fl	1-Roulet 12/03/1968	1-Dépoussiérage, bichonnage, régénération vernis
								2-Machoire 28/04/1970	2-Suppression repeints, égalisation vernis
Teniers David II	<i>La déploration du Christ</i>	1610-1690	MI 1004	31x21	B	Musée du Louvre	Fl		
Teniers David II	<i>La tentation de saint Antoine</i>	1610-1690	INV 1880	63x50	B	Musée du Louvre	Fl	1-Chocqueel 02/11/1972	1-Bichonnage
								2-Huot 18/12/1972	2-Pose chassis cadre
								3-Roulet 09/01/1974	3-Bichonnage
Teniers David II	<i>Scène d'estaminet</i>	1610-1690	INV 1896/ MR 325	70x53	T	Musée municipal, St Germain en Laye	Fl		
Wtewael Joachim	<i>Persée délivrant Andromède</i>	1611	RF 1982-51	150x180	T	Musée du Louvre	Fl		
Bloemaert Abraham	<i>L'Adoration des Bergers</i>	1612	INV 1052	288x229	T	Musée du Louvre	Fl	1-Michel 02/06/1964	1-Nettoyage, enlevé les chancis, restauration de plusieurs accidents
								2-Sourzac 10/03/1975	2-Allègement préliminaire
Cantarini Simone	<i>Le repos de la Sainte Famille</i>	1612-1648	INV 175	40x57	B	Musée du Louvre	I	1-Aillet 15/02/1949	1-Retiré les bleus
								2-Roulet 24/01/1950	2-Epoussetage, bichonnage, enlèvement de traces bleues et blanches
								3-Aillet 30/01/1951	3-Régénération
								4-Paulet 20/11/1962	4-Dépoussiérage
Mola Pier Francesco	<i>Saint Pierre en prière</i>	1612-1666	INV 330	128x97	T	Musée du Louvre	I	1-Chudeau 17/12/1963	1-Bichonnage
								2-Mondorf 03/02/1978	2-Bichonnage, consolidation des bords, dépoussiérage, dégrassage, masticage lacunes sur les bords et au centre, réintégration
Mignard Pierre	<i>Portrait du peintre</i>	1612-1695	INV 6653	235x188	T	Musée du Louvre	Fr	1-Michel 09/12/1947	1-Remise en état
								2-Zezos 05/05/1955 + 27/12/1955	2-Régénération vernis, refection des anciennes restaurations, revermissage + masticage de 4 écailles
								3-Chudeau 03/05/1960	3-Nettoyage superficiel et régénération vernis
								4-Chudeau 25/04/1967	4-Régénération vernis persistant
Domenichino	<i>Timoclée captive amenée devant Alexandre</i>	1615	INV 796	113x115	BT	Musée du Louvre	I		
Dughet Gaspard	<i>L'Hiver</i>	1615-1675	E 701/D 4	88x400	FT	Musée des Beaux-Arts, Bordeaux	Fr		
Onofrio Crescenzo	<i>Paysage</i>	1615-1675	INV 900	147x222	T	Musée du Louvre	I		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		x	Le long des bords surtout en partie basse			10895 : rapport d'intervention de c-r Fabre Madeleine 19/12/2006	« Le long des bords, surtout en partie basse de l'œuvre, les restaurations présentent une importante altération, elle sont un aspect blanchâtre qui semble être de même nature que des chancis ; altérations dues, vraisemblablement, à une stagnation de très forte humidité dans les zones où le châssis freinait l'évaporation de l'eau imprégnée dans la toile du support. » « A l'observation binoculaire, il apparaît que l'aspect blanchâtre des restaurations altérées sont des micro fissurations de la restauration même, effectuée à l'aquarelle dans le passé. Cette évolution de la couche colorée est bien due aux dégâts des eaux. Dans ce cas seul un apport de nouveau vernis régénère la restauration altérée qui cependant reste par endroit légèrement plus claire et nécessite donc une réharmonisation par glacis ponctuels locaux. »	Dégât des eaux
		x		x	x Alcool chaud	Fiche de santé : Bergeon 06/10/1976 08/02/1977	« Peut-être des difficultés venant des « chancis » de couleur, ou tout au moins opacités profondes. » « L'essai de régénération du chanci profond à l'alcool chaud est positif. »	
						Fiche de santé : Michel M.	« Nombreux chancis. »	
			Partie basse			Fiche de santé : Lagier C. 01/07/1993	« Chanci dans la partie basse ». »	
		01/11/1983 colle de pâte			x 01/06/1984	Fiche de santé : Joyerot 01/11/1983	« Réentoilage à la colle de pâte sur un nouveau châssis. On note la formation d'un important chanci. »	
		x				Fiche de santé : Lautreite	« Quelques zones chancis »	
Lepage 01/05/1964 17 cloques de rentoilage		1- 1940-1942 2-Joyerot 20/09/1976 reprise de rentoilage	Bleu	x	x pose de glacis	Fiche de santé : -Michel M. 1964 - Sourzac 1977	« Nettoyage, enlevé les chancis » « Régénération importante des chancis profonds après rentoilage avec véhiculage du vernis. Essai de régénération du bleu du manteau de la Vierge par pose de glacis laissant transparaitre le pigment altéré. »	
			Bleu			Fiche de santé : Mâle 04/10/1977	« Plusieurs chancis dans les bleus (le vernis n'a plus de substance) »	
		x	Drapé bleu, ombres marrons	x		4026 : rapport de laboratoire, Rioux Jean-Paul, 22/01/1998.	« Le drapé bleu, surtout dans ses parties les plus foncées, et les ombres marrons derrière les épaules, les bras et les mains jointes, sont éclaircis par un chanci situé dans les couches de couleur. Ce phénomène atténue la perception des plis du tissu et le contraste des ombres. »	
Lepage 02/05/1955 général par encollage et papier collé	1-Ancienne avec gaze et demi-toile 2-Lepage 15/09/1965					Fiche de santé : Chudeau 31/10/1967 P2315 : rapport de c-r, transposition, Lepage mai 1967	« Quelques traces de chancis à supprimer. » « Le tableau s'est légèrement chanci, mais sans déplacement. »	
	De bois sur toile	A une toile de rentoilage couverte au dos d'une couche de peinture brune				Fiche de santé : Rouillet	« Enlèvement de chancis. »	
	Fresque transposée sur toile					801a: rapport de laboratoire Rioux J.-P. 17/09/1975	« Le phénomène de chanci qui n'apparaît pas de façon nette à l'observation des écaïles du prélèvement, pourrait avoir été favorisé par la présence de couches sous-jacentes à la colle. »	
		x « à l'italienne »	Partie droite, dont le ciel, paysage, arbres	x		2501 : rapport de laboratoire Mottin Bruno 05/01/2005	« Les photographies sous différentes lumières font toutes apparaître une importante altération de la couche picturale sur la partie droite du tableau, affectant la forme d'une grande auréole dont le tracé paraît correspondre à la tache observable sur le revers. Cette altération semble pouvoir être expliquée comme un chanci profond de matière qui aurait généré un éclaircissement du ciel, d'une partie du paysage et des arbres, sans doute sous l'action de l'humidité.»	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Michelin Jean	<i>L'Adoration des Bergers</i>	1616-1670	991.1,1	98x130	T	Musée d'art et d'histoire Langres	Fr		
Bourdon Sébastien	<i>Auguste devant le tombeau d'Alexandre</i>	1616-1671	INV 2810	111x139	T	Musée du Louvre	Fr	1-Zezos 05/11/1949	1-Nettoyage, demi-dévernissage, restauration sur les mastics et sur anciennes restaurations altérées, vernissage
								2-Aubert 27/05/1964	2-Dépoussiérage, essuyage de buée
								3-Paulet 17/05/1966	3-Dépoussiérage, restauré une griffe
								4-Machoire 21/06/1971	4-Allègement prononcé du vernis, repiquage d'épidermages, remise au ton des 4 bords d'agrandissement
Bourdon Sébastien	<i>Portrait d'un homme tenant un buste de Caracalla</i>	1616-1671	INV 2815	130x97	T	Musée du Louvre	Fr	1-Zezos 01/07/1941	1-Repiquages glacis
								2-Aillet 16/10/1956	2-Nettoyage, régénération vernis
								3-Roullet 09/03/1959 + 20/02/1962	3-Alléger vernis + époussetage, bichonnage, régénération vernis
								4-Chudeau 29/04/1963	4-Dépoussiérage, bichonnage,
								5-Aubert 06/1964 + Paulet 05/1966 + 08/1967	5-Dépoussiérage
Bourdon Sébastien	<i>Salomon sacrifiant aux idoles</i>	1616-1671	INV 2800	156x145	T	Musée du Louvre	Fr	Zezos 07/1941	Collage, consolidation, masticage, allègement progressif du vernis, raccord, mise en état
Reni Guido	<i>Hercule sur le bûcher</i>	1617	INV 538	260x192	T	Musée du Louvre	I	1-Paulet 05/12/1972	1-Dépoussiérage revernissage
								2-Cellier 28/05/1986	2-Dépoussiérage à sec
Murillo Bartolome Esteban	<i>La sainte famille dite la Vierge de Séville</i>	1618-1682	INV 930	240x190	T	Musée du Louvre	E	1-Michel 28/04/1948	1-Restauration des points blancs
								2-Zezos 11/01/1957	2-Dévernissage
								3-Paulet 07/07/1970	3-Dépoussiérage
								4-Belcour 12/06/1983	4-Reprise repeints altérés : manteau Vierge
								5-Whitney B. 01/12/1994	5-Nettoyage et réintégration
Tiarini Alessandro	<i>Le repentir de Saint Joseph</i>	Avant 1619	INV 689	320x212	T	Musée du Louvre	I		
Guercino	<i>La vision de saint Jérôme</i>	1619-1620	NV 82	43x48	C	Musée du Louvre	I	1-Rillet 15/02/1944	1-Retiré les bleus
								2-Aubert 01/11/1948	2-Nettoyage, allègement vernis, reprise restaurations
								3-Roullet 24/01/1950	3-Epoussetage, bichonnage, enlèvement de traces bleues et de taches.
								4-Aillet 06/01/1953	4-Régénération
Le Brun Charles	<i>La mort de Méléagre</i>	1619-1690	INV 2900	305x485	T	Musée du Louvre	Fr	Giartosio 05/06/1905	Réintégration
Poelenburg Cornelis van	<i>Vue fantaisiste du campo Vaccino à Rome avec un âne</i>	1620	INV 1084/ MR 581	40x55	C	Musée du Louvre	Fl		
Domenichino	<i>Paysage avec la fuite en Égypte</i>	Vers 1620	INV 800	165x212	T	Musée du Louvre	I		
Jordaens Jacob	<i>Le Christ en croix</i>	Vers 1620	1801,1,2	237x171	B	Musée des Beaux-Arts et d'archéologie, Rennes	Fl	1-Michaud Carlier 1802	1-Nettoyage, mise au ton mastics, vernis
								2-Mortemer 1853	2-Intervention sur parquetage
								3-Lepage 1950	3-Rejointé et modifié le parquet
								4-Michel 1962	4-Nettoyage, retiré chancis vernis et repeints altérés, remastiqué fentes, vernis final
								5-Mertens J. Grall E. 09/2008	5-Dépoussiérage revers, suppression ajouts latéraux, dépose d'aldes, nettoyage revers, mobilisation traverses, recollage joints et fentes, bouchage
Anonyme	<i>Portrait d'Anne d'Autriche</i>	Vers 1620	INV 1794	106x93	B	Musée du Louvre	/	1-Lepage 12/12/1950	1-Enlevé le parquet ancien et reparqueté
								2-Michel 30/12/1950	2-Restauré
								3-Castor 01/10/1954	3-Pose de deux papillons
Domenichino	<i>Renaud présentant un miroir à Armide</i>	1620-1621	INV 798	121x168	T	Musée du Louvre	I	1-Aillet 23/10/1956	1-Bichonnage, menue restauration
								2-Aubert 27/05/1964	2-Dépoussiérage, essuyage de buée

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
						ART26 13/08/1992	« Repeint ancien ayant viré au blanc (chanci?) »	
Aubert 27/05/1964 par encollage de soulèvements le long des bords	Ancienne, 2 toiles					Fiche de santé : Roulet 30/01/1973	« Enlèvement du chanci. »	
		Lepage 15/10/1958				Fiche de santé : Paulet 29/08/1968	« Trace de chanci due à ruban adhésif »	
		1-Ancien 2-Lepage 10/1967, colle				P71b : rapport d'intervention de c-r 31/10/1967	« Aux angles supérieur et inférieur à senestre. Pas de déplacement mais un chanci généralisé. »	
		Colins 1751		x	x diacétone alcool	Fiche de santé : Willoughby C, 16/08/1988.	« Régénération des chanci avec du diacétone alcool. Aucune réaction car trop profond. »	
Lepage 01/06/1954	1- Probablement du temps de Louis-Philippe 2-Rostain 10/02/1956		Partie droite du tableau	x		1) 3580 : rapport de laboratoire, Rioux Jean-Paul, 14/04/1995 2) Fiche de santé : -Michel 07/03/1950 -Zezzos 01/06/1954 -Goulinat 14/06/1954	1) « La partie supérieure de la couche apparaît blanchie. Il semble qu'il s'agit d'un chanci provoqué par des microfissurations du liant car le contact avec un solvant comme l'éthanol fait disparaître l'aspect blanc tant que ce solvant ne s'est pas évaporé. » 2)-« Important chanci dans la partie droite du tableau. » -« Régénération localisée de zones chancies. » -« Accident à la toiture de la salle n°9 des réserves lors d'une tempête : plusieurs zones de chanci s'étendent dans le haut du tableau »	
Roulet 30/11/1961		Anciennement	Repeints : jaune			Fiche de santé : Roulet 30/11/1961 Fouace J. 15/02/1984	« Enlevé d'importants chanci un peu partout. » « Quantité de repeints à l'huile chanci dans le vêtement jaune de St Joseph et smalt décoloré sur le manteau de la Vierge. »	
			Ciel			P2215 : rapport d'intervention de c-r S. Brans 20/07/1966	« Etat du ciel douteux : chanci. »	
	Ten Kate 15/10/1981 reprise de transposition					Image : dv15605 10/07/1982	« Légende technique : en cours d'allègement ; chanci. »	« Inondation » Bergeon Ten Kate date de l'examen : 22/07/1982
			Partie droite	x	x	Fiche de santé : Longa 01/12/1940	« Régénération de chanci très profonds sur toute la partie droite. »	
		Ancien - maroufle à la céruse au dos de la toile	Partie dextre du paysage	x	x	P1224 : rapport d'intervention de c-r M. Michel 13/06/1962	« Dans la partie à dextre du paysage avec la rivière, une importante zone de chanci très profond, ayant même attaqué par endroit la couche picturale a dû être régénérée. »	
				x		17570 : devis et factures Garcia Hélène 12/02/2009	« Repiquage des usures et du chanci de couleur. »	
			A senestre		x	Fiche de santé : Mâle 15/10/1962 Chudeau 22/11/1966	« Chanci à régénérer » « Enlèvement d'une partie chanci à senestre. »	
		x	verts	x		Fiche de santé : Mâle 04/10/1977	« Quelques chanci (de couleur dans les verts). »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Reni Guido	<i>Hercule luttant avec Achelous</i>	1620-1621	INV 536	261x192	T	Musée du Louvre	I	1-Aubert 18/10/1948	1-Frottement du vernis
								2-Roulet 24/01/1950	2-Epoussetage, bichonnage, enlèvement de traces bleues et de taches
								3-Chudeau 11/03/1958	3-Revernissage léger
								4-Roulet 12/07/1966 + 05/1971	4-Nettoyé superficiellement, régénération vernis + époussetage, régénération vernis
								5-Cellier 28/05/1986	5-Dépoussiérage à sec face
Crayet Jasper de	<i>Le martyre de sainte Catherine</i>	1620-1625	MG 67	242x188	T	Musée de Grenoble	FI		
Francken Hieronymus II/Govaerts Abraham	<i>L'automne</i>	1600-1625	MBA 361 (J 1881) P	25x42	C	Musée des Beaux-Arts, Angers	FI	Leegenhoek 06/2009	Nettoyage, redressement des bords, masticage et vernissage, réintégration
Albani Francesco	<i>Adonis conduit près de Vénus par les amours</i>	1621	INV 12	203x252	BT	Musée du Louvre	I		
Pierre Paul Rubens	<i>La naissance de Marie de Médicis</i>	1621-1625	INV 1770	394x295	T	Musée du Louvre	FI	1-Aillet 29/12/1950 + 01/04/1951	1-Nettoyage de la peinture et traitement du vernis. + rectification à la tempera des restaurations ayant changé de ton, allègement vernis
								2-Michel 11/02/1958	2-Nettoyage superficiel, bichonné, reprise d'une ligne avec soulèvements
								3-Chudeau 29/04/1964	3-Dépoussiérage, nettoyage à la térébenthine, bichonnage à sec
								4-19/03/1974	4-Dépoussiérage général
								5-Ryzow, Chocqueel 04/12/1979	5-Dépoussiérage chiffon, pose mastics, vernissage local
Ostade Isaac van	<i>Le toit à porcs</i>	1621-1649	MI 950	39x35	B	Musée du Louvre	FI	1-Zezos 01/11/1951	1-Allègement de 50 % du vernis, repiquage, léger vernissage
								2-Paulet 10/03/1953	2-Vernissage
								3-Brans 19/07/1966	3-Bichonné
								4-Hochart 30/06/1993	4-Dépoussiérage revers et face, dégrassage à l'eau + white spirit
Eeckhout Gerbrand van den	<i>Anne présentant au grand prêtre Elie son fils Samuel</i>	1621-1674	INV 1267	117x143	T	Musée du Louvre	FI	1-Zezos 24/04/1956	1-Bichonnage, points de restauration
								2-Linard 09/12/1958	2-Bichonnage
								3-Amoore 05/02/1975 + 25/08/1976	3-Allègement vernis + allègement, restauration
								4-Da Costa 06/06/1977	4-Dépoussiérage
								5-Whitney W 30/08/1988	5-Dépoussiérage face et revers, masticage, retouche, vernissage
								6-Ortman 12/07/1993	6-Dépoussiérage face revers, dégrassage white spirit, lustrage au chiffon
Courtois Jacques	<i>Rencontre de cavaliers</i>	1621-1676	INV 3439	74x96	T	Musée du Louvre	Fr		
Tempel Abraham van den	<i>Portrait de jeune fille</i>	1622-1672	cat 1922 NO 132	99x75	T	Musée Magnin Dijon	FI		
Anonyme	<i>Versant montagneux avec deux baigneurs</i>	1622-1673	MI 954	98x81	T	Musée du Louvre	FI	1-Paulet 04/01/1972	1-Nettoyage superficiel
								2-Cellier 06/12/1978	2-Dépoussiérage à la chamoisine, vernissage léger
Claesz Pieter	<i>Nature morte aux instruments de musique</i>	1623	RF 1939-11	69x122	T	Musée du Louvre	FI	Chudeau 26/08/1958	Bichonnage, rétention de la toile
Maria Francesco di	<i>La déploration</i>	1623-1690	MI 200	161x228	T	Musée du Louvre	I		
Honthorst Gerrit Van	<i>Le concert</i>	1624	INV 1364	168x178	T	Musée du Louvre	FI	1-Roulet 01/02/1951	1-Dévernissage avancé, restauration des accidents et épidermages, pose d'un vernis
								2-Aubert 16/10/1954	2-Essuyé la buée
								3-Chudeau 29/10/1957	3-Enlèvement d'un bleuissement
								4-Aubert 15/12/1959	4-Restauration de petites écailles
								5-Roulet 19/07/1961 + 18/07/1966	5-Restauration d'un soulèvement de mastic + bichonné réchauffé le vernis
								6-Roulet 31/10/1967	6-Dépoussiéré et régénéré
								7-Da Costa 07/06/1977	7-Dépoussiérage
								8-Guinand 01/07/1985	8-Dégrassage à l'eau amoniaquée, vernissage, reprise de mastics tombés et repeints alérés.
								9-Whitney W. 13/0/1989	9-Vernissage général, masticage, retouches, reprise de retouches
								10-Arbus 22/07/1993	10-Dégrassage face, lustrage

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		1751			x	Fiche de santé : Cortert O. 27/08/1987 Willoughby C. 16/08/1988	« Important chancis (?) » « Régénération des zones de chancis avec du diacétone alcool. Inefficace car trop profond. »	
			Vêtement et narine du bourreau à droite			1036 : rapport de laboratoire, Rioux J.-P. 08/11/1977 <i>Recherche sur l'origine de l'éclaircissement de certaines parties sombres du tableau.</i>	« Le blanchiment ne paraît donc pas pouvoir être seulement relié à une nature chimique des produits présents dans la peinture. Il ne s'explique pas non plus par des différences stratigraphiques de la matière picturale. Il semble plutôt dû à un phénomène physique de microfissuration (analogue à un chanci), affectant une matière riche en liant. Ce phénomène a été signalé par ailleurs dans des tableaux de la même époque et sa cause n'en a pas été encore clairement élucidé. »	
Leegenhoek Isabelle 06/2009 papier japon avec pâte de cire				x		Image : dup5990 23/06/2009	« Prise de vue : face ; chanci de couleur. »	Tableau volé en 1997 et jeté dans l'eau par la mère de l'accusé.
	1- 1940-45 2-Lepage 20/12/1961		Bleus (repeints)			Fiche de santé : Bazin	« Les repeints ont chanci dans les bleus. »	
	1920 à cause d'un soulèvement généralisé				x	Fiche de santé : Pontabry 01/06/1993	« Régénération de chancis »	
Hochart 30/16/1993 cire-résine			Retouches			Fiche de santé : Lautraite A. 04/02/1997	« 2 petits chancis sur retouches anciennes. »	Panneau collé sur un châssis de chêne
		1- Ancien 2- Lepage 05/11/1975	Vache à senestre			Fiche de santé : Lagier C. 12/07/1993	« Chanci dans la vache à senestre. »	
		x				Fiche de santé : Roulet 03/04/1951	« Traitement des plaques de chanci. »	
		08/1981	Main			Image dv14121 09/09/1981	« Après rentoilage, chanci. »	
		x	verts	x		1272b : rapport de laboratoire sur la recherche de la nature et de l'état de conservation de couleurs vertes, J.-P. Rioux 10/03/1980	« Mince zone claire discontinue à la partie supérieure la matière a chanci en surface. Comme dans le cas précédent, cette altération se manifeste aussi dans l'échantillon prélevé dans le vert sombre. [...] Le blanchiment son siège dans le liant à l'huile riche en résine. »	
		Anciennement			x	Fiche de santé : Bergeon et Chocqueel 02/04/1980	« Faire une régénération en vue de diminuer chancis »	
	« Gaze. Semble transposé »		Bord à droite de haut en bas			Fiche de santé : Zezzos 04/05/1950	« Enlèvement de chanci sur le bord à droite de haut en bas. »	
1-Roulet 18/07/1966 petits soulèvements 2-Whitney W. 13/0/1989 cire-résine	Lepage, Maridat 01/11/1949		Repeint	x		Fiche de santé : Lagier 1993 et Zezzos 1949.	« Chanci sur repeints. » « Enlevé chancis profond après rentoilage. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Anonyme	<i>Portrait d'homme</i>	1625-1650	INV 886	58x46	T	Musée du Louvre	I		
Maitre des jeux	<i>Les joueurs de tric-trac</i>	1625-1675	RF 2397	96x123	T	Musée du Louvre	Fr		
Tenier David II/Kessel Jan van I	<i>Les bulles de savon</i>	1626	INV 1892	68x52	T	Musée du Louvre	Fl	Aubert 01/12/1938	Régénéré
Lelienbergh Cornelis	<i>Nature morte au gibier</i>	1626-1676	MNR 767/57.2.6	49x41	B	Musée d'art et d'archéologie du Périgord	Fl		
Steen Jan	<i>Sainte famille rentrant d'Egypte</i>	1626-1679	BA P 100	158x143	BT	Musée des Beaux-Arts Dunkerque	Fl	1-Jeanne M. 09/1968	1-Régénération et allègement du vernis, enlever repeints, repiquage des parties épidermées, rebouchage craquelures ; vernissage
								2-Jeanne M. 03/2003	2-Dégagement de retouches amincissement vernis
Hals Frans	<i>Paulus Van Beresteyn, juge à Harlem</i>	Vers 1628	RF 424	140x103	T	Musée du Louvre	Fl	1-Roulet 08/07/1950	1-Nettoyage, bichonnage du vernis
								2-Paulet 07/02/1978	2-Légère régénération
								3-Da Costa 07/06/1978	3-Dépoussiérage
Zurbaran Francisco de	<i>Saint Bonaventure au concile de Lyon</i>	Vers 1629	MI 204	240x220	T	Musée du Louvre	E		
Hooch Pieter de	<i>Arrière-cour d'une maison hollandaise</i>	1629-1684	INV 1372	60x49	B	Musée du Louvre	Fl		
Falcone Aniello	<i>Combat de turcs et de chevaliers</i>	1631	INV 275	137x166	T	Musée du Louvre	I	Brans 24/07/1967	Bichonnage
Blanchard Jacques	<i>La sainte Famille avec sainte Elisabeth et le petit saint Jean-Baptiste à qui l'enfant donne une croix de roseau</i>	Vers 1631	INV 2606	76x109	T	Musée du Louvre	Fr	Aillet 08/05/1956	Nettoyage, régénération, menuiserie restauration
Rembrandt Harmensz Van Rijn	<i>Autoportrait</i>	1632	sortie du territoire	22x16	B	Collection particulière France	Fl		
Van der Meulen Adams Frans	<i>Le siège d'Audenarde</i>	1632-1690	INV 1479	210x330	T	Musée du Louvre	Fr		
Van Der Meulen Adams Frans	<i>Siège de la ville et du château de Dianant sur la Meuse</i>	1632-1690	INV 1496	233x331	T	Musée du Louvre	Fr	Pattyn 29/07/1993	Gazage à l'azote
Onofrio Crescenzi/Angeluccio	<i>Paysage</i>	1632-1698	INV 900/MR 233	122x147	T	Musée du Louvre	I		
Poussin Nicolas	<i>Saint Jean baptisant le peuple</i>	1634-1636	INV 7287	94x120	T	Musée du Louvre	Fr	Aubert 01/09/1941	Restauré, allègement des 2/3 du vernis
Zurbaran Francisco de	<i>Sainte Apolline</i>	1636	MI 724	116x67	T	Musée du Louvre	E	Aillet 01/02/1940 + 02/03/1948 + 07/10/1952	Restauration + raccords de points et du cadre, bichonnage, revernissage + régénération
Gessa Y Arias Sebastián	<i>Nature morte : verre, pommes, huîtres</i>	1636-1701	RF 162	27x21	T	Musée du Louvre	Fl		
La Fosse Charles de	<i>Jésus apparaissant à Marie-Madeleine</i>	1636-1716	MBA 12 (J.1881) P	82x66	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr	Lutet Y . 10/1999	Nettoyage revers, bordage
La Fosse Charles de	<i>La consécration de la Vierge</i>	1636-1716	181	425x258	T	Musée des Beaux-Arts Le Havre	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
			Angle bas à senestre			Fiche de santé : Aubert 15/06/1962	« Chancis dans l'angle, bas à senestre. »	
		x	Dans le haut			Fiche de santé : Goulinat 18/11/1958	« En bon état dans l'ensemble, sauf une ligne de chanci dans le haut. »	
01/12/1938 Aubert		x	Au centre			Fiche de santé : Mâle 08/02/1977	« Chanci peu profond au centre. »	
						20191 : demande d'intervention 31/05/2010	« Chancis ? »	
1-Jeanne 09/1968 : colle de peau 2-Dancette 17/02/1971 des soulèvements colle de peau	Lepage 1966	Lutet Yves 2003			x diméthylformamide, éthanol	5846 : rapport d'intervention de c-r Jeanne Michel, 01/11/2004	« Régénération de chancis (diméthylformamide, éthanol) »	
		x			x vernis à retoucher	Fiche de santé : Guinand 25/08/1981	« Régénération de chancis localisés (au vernis à retoucher). »	
			Sombres			L041 : constat d'état 13/11/2001	« Chancis et matités importants dans les sombres »	
			En bas à senestre, dans les robes			Fiche de santé : Goulinat 01/11/1951	« Zone de chanci très dur, en bas à senestre, dans la robe de la femme et celle de l'enfant subsistant après l'allègement très poussé. Suppression du chanci par la chaleur. »	
	x		Au-dessus de la croupe du cheval blanc	x	x	Fiche de santé : Michel M. Paulet 20/02/1973	« Dans la partie supérieure, usures et chancis » « Prévoir en atelier une régénération du chancis profond installé au-dessus de la croupe du cheval blanc. »	
	Lepage 26/07/1967 gazes décaties	Très ancien	Au centre du bord inférieur			P2329 : rapport d'intervention de c-r, de transposition, 12/1967, Guignard	« Au centre du bord inférieur, se situait un chanci prononcé. »	
						3948 : rapport de laboratoire Le Chanu Patrick 16/06/1997	« Par ailleurs, le tableau est par endroits affecté d'un chancis. »	
	1-Date inconnue 2-Joyerot 01/02/1985 reprise					Image dv35973 31/01/1989 Fiche de santé : Michel, Mâle	« Légende technique: après rentoilage : chanci. » « Chanci sur coulores »	
		1989		x		Fiche de santé : Lautraite 29/11/1996	« État de présentation le tableau couvert d'un chanci très profond rendant la composition illisible. »	
		x				Image dup302 24/01/2007	« En cours de décrassage. Accidents, chancis. »	Tableau en dépôt à Saint Pétersbourg depuis 1914, il a été abîmé durant le voyage du retour : caisses inondées. Le rentoilage est nécessaire.
		Ancien				Fiche de santé : Roulet 17/11/1951	« Traitement de traces de chanci. »	
				x	x	Fiche de santé : Aubert 17/02/1953	« Traces d'un chanci profond qui tenait dans le vernis ancien. A monter à l'atelier pour régénération et traitement du vernis. »	
						Fiche de santé : Goulinat 30/05/1961	« Petites restaurations ; chanci assez tenace. »	
Lutet Y. 10/1999 : localisé sur zones de soulèvement cire-résine		x Colle de pâte	Noirs et verts	x	x DMF	16205 : rapport d'intervention de c-r Arbus Brigitte 10/1999	« Elimination des chancis : Les mélanges précédents éliminent la plus grande partie des chancis de couleur. Pour les faire disparaître presque complètement (mais certains, peu, reviennent : jambe droite du Christ, noirs et verts du paysage), il faut utiliser du DMF posé au pinceau. »	
		1997-1998	Groupe de saint Michel et le dragon : les sombres	x		Prise de vue dv72053 21/12/1998	« Groupe de saint Michel et le Dragon ; chancis de matière picturale dans les sombres »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
La Fosse Charles de	<i>La résurrection</i>	1636-1716	MBA 141 (J. 1881) P	80x65	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr		
Bailly David	<i>Portrait de jeune homme</i>	1637	RF 792	30x24	B	Musée du Louvre	Fl	Amoore 16/09/1980	Dépoussiérage à sec
Poussin Nicolas	<i>Jésus-Christ instituant l'Eucharistie</i>	1640-1641	INV 7283	325x250	T	Musée du Louvre	Fr		
Wouwerman Pieter	<i>La tour et la porte de Nesles à Paris</i>	1641-1682	INV 1966	136x170	T	Musée du Louvre	Fl	Lepage 01/09/1990	Nettoyage
Jouvenet Jean-Baptiste	<i>La vengeance de Latone</i>	1644-1717	LI 436	125x107	T	Musée départemental d'art ancien et contemporain, Épinal	Fr		
Poussin Nicolas	<i>Moïse changeant en serpent la verge d'Aaron</i>	1645	INV 7274	92x128	T	Musée du Louvre	Fr	01/02/1941 Louga	Allègement du vernis à 30 %
Le Sueur Eustache	<i>Vie de saint Bruno : le pape Victor III confirme l'institution des Chartreux</i>	1645-1648	INV 8037	193x130	BT	Musée du Louvre	Fr	Michel M. 24/04/1905	Restauré
Le Sueur Eustache	<i>Vie de saint Bruno : saint Bruno fait construire le monastère</i>	1645-1648	INV 8035	193x130	BT	Musée du Louvre	Fr		
Poussin Nicolas	<i>Moïse enfant foulant aux pieds de la couronne de Pharaon</i>	1646-1648	INV 7273	92x128	T	Musée du Louvre	Fr	Longa 01/02/1941	Allègement vernis
Huysmans Cornelis	<i>Paysage avec voyageur au repos au bord d'un chemin</i>	1648-1727	RF 51	69x85	T	Musée du Louvre	Fl		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		x Colle de pâte	Couleurs sombres, les bleus, bruns, rouges.	x	Isopropanol/Toluène (50/50) et méthyléthylcétone/Acétate d'éthyle (50/50)	16200 : rapport d'intervention de c-r Arbus Brigitte 08/1999	« La couche picturale présente quelques usures, de petites lacunes mais surtout des chancis importants au niveau des couleurs sombres, bleus, bruns, rouges également. » « Les mélanges précédents [Isopropanol/Toluène (50/50) et méthyléthylcétone/Acétate d'éthyle (50/50)] éliminent une partie des chancis de couleur. »	
						Fiche de santé : Lagier 07/07/1993	« La face présente un bleuissement et un chanci. »	
Fin XVIIIe avec une gaze						Fiche de santé : Roulet M.	« Nettoyage, régénération du vernis et traitement de qq plaques de chancis. »	
01/12/1982 Joyerot, « par la face à la colle de peau, sous papier. »		1) « Anciennement (milieu du XIXe?) 2) 01/04/1992 Lepavec, « mixte »	Bruns			Fiche de santé : Lautreite 29/09/1997	« Nettoyé en 1990 mais il subsiste des chancis sur les bruns »	
Joyerot Emmanuel 06/11/2007, face cire-résine, revers colle de peau		1) Ancien 2) Reprise Joyerot E. 06/11/2007 colle de pâte	Feuillages, frondaisons de l'arrière-plan, sombres.	x	x Solvants retenus par les tests : diacétone alcool sous forme liquide, diméthylformamide sous forme liquide, méthylpirolidone sous forme de gel, diméthylsulfoxyde sous forme liquide + résine Régalez 1094	13983 : rapport d'intervention Malpel Agnès 15/11/2007	« Apparition d'un chanci dans les feuillages pour lequel la régénération ne fonctionne pas. » « Le vernissage, qui permet habituellement de retrouver la saturation des couleurs et la profondeur des plans, a relevé au contraire une trame claire verticale et horizontale, diminuant ainsi les contrastes et la densité des plages sombres ou colorées. [...] Il s'agit d'un chanci profond de l couleur, irréversible à ce jour. [...] Ce chanci de la couleur peut être rapproché d'un autre chanci très diffus surtout visible sur les sombres. Le bord de la composition, protégé par le cadre, n'est pas atteint. »	Ancien incendie
		« Ancien »				Fiche de santé : Bazin 04/11/1949	« Retirer les chancis. »	
	1) De bois à toile fin XVIIIe 2) Rostain 01/02/1950 : avec double gaze				x	Fiche de santé : Goulinat 1962 Chocqueel 1977	« Important chanci » « Régénération du chanci. »	
	1) Hacquin de bois à toile entre 1779-1784 2) Reprise de transposition : Rostain 30/05/1905 3) Nouvelle transposition suite à un « accident » Müller 06/1941 4) Reprise de transposition Rostain 03/02/1964					Fiche de santé : Cortet 13/10/1978	« Légèrement chanci, mais le sujet reste lisible. »	
		Ancien				Fiche de santé : Bazin 04/11/1949	« Retirer les chancis. »	
		« Très ancien »		x	x	Fiche de santé : Zezzos 04/01/1941.	« Chancis très profonds » « Régénération »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Georges de La Tour	<i>Saint Sébastien à la torche ou Saint Sébastien soigné par Irène</i>	Vers 1649	RF 1979-53	167x131	T	Musée du Louvre	Fr	1-Chocqueel 05/1980 + 04/1981	1-Vaporisation vernis + dépolissage, vernissage
								2-Cellier 01/08/1984	2-Dépolissage
								3-Whitney W. 26/01/1988	3-Dépolissage face revers, enlever bleuissements
								4-Tournay 04/11/1988	4-Dépolissage face revers
								5-Milner 21/02/1989	5-Dépolissage face revers, décrassage
								6-Pincas 11/09/1997	6-Dépolissage face revers, amélioration repeints altérés, vernissage local sur retouches
								7- 23/11/2004	7-Dépolissage revers, protection arrière
Champagne Philippe de	<i>Le Christ en croix</i>	Avant 1650	INV 1126	228x153	T	Musée du Louvre	Fr		
Verspronck Johannes Cornelisz	<i>Portrait d'une jeune femme assise</i>	1650	RF 2863	91x70	B	Musée du Louvre	Fl	1-Michel 09/03/1955	1-Restauration
								2-Chudeau 09/11/1959	2-Suppression matités, revernissage léger
								3-Aubert 06/06/1961	3-Essuyage de buée
								4-Linard 27/09/1966	4-Bichonné
Johannes Van der Bent	<i>Paysage, figures et animaux</i>	1650-1690	794,1,3	95x125	T	Musée des Beaux-Arts Rennes	Fl		
Cotelle Jean Le Jeune	<i>Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant</i>	1650-1700	MV 735	202x138	T	Musée National Versailles	Fr		
Rosa Salvator	<i>Bataille héroïque</i>	Vers 1652	INV 585	214x351	T	Musée du Louvre	I	1-Aillet 01/05/1905	1-Allègement vernis, restauration accidents, revernissage
								2-Roulet 24/01/1949	2-Epoussetage, bichonnage, enlèvement bleus et taches
								3-Aillet 12/1950+ 01/1951	3-Régénération, rebouchage d'écailles, raccords
								4-Goulinat, Linard 03/1955	4-Restaure
								5-Linard 30/04/1957	5-Masticage, restauration 3 écailles
								6-Roulet 15/07/1958	6-Enlèvement tâche géante
								7-Paulet 22/12/1959	7-Restauration éclat dans cuirasse soldat
								8-Chudeau 02/05/1961	8-Masticage restauration écaille
								9-Linard 05/1971+ 09/1973 + 01/1974	9-Dépolissage, mise au ton 7 écailles, vernissage général + bichonnage + essuyage, bichonnage, remise au ton écaille
								10-Roulet 19/02/1978	10-Déshydratation locale
								11-Rostain 20/02/1978	11-Pose papier japon
BoI Ferdinand	<i>Portrait d'un couple</i>	1654	RF 2127	171x148	T	Musée du Louvre	Fl		
Ostade Adriaen van	<i>Portrait de famille, dit La famille du peintre</i>	1654	INV 1679	70x89	B	Musée du Louvre	Fl	1-Aubert 28/06/1949	1-Restauration d'écorchures
								2-Michel 13/07/1950	2-Restaure
								3-Goulinat 06/10/1954	3-Essuyé la buée
								4-Paulet 19/04/1955	4-Régénération vernis
								5-Chudeau 08/1958 + 05/1960	5-Enlevé buée, traces main, bichonnage
								6-Linard 02/04/1963	6-Masticage, restauration écaille
								7-Roulet 19/01/1965	7-Bichonné, régénéré vernis
								8-Paulet 01/02/1966	8-Bichonnage
Vélasquez Diego Rodriguez de Silva y	<i>Portrait de l'infante Marie-Thérèse</i>	1654	MI 898	76x	T	Musée du Louvre	E		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
Viala Jean-Pascal 23/11/2006 cire résine		x colle de pâte	Fond noir, les ombres et le visage de Saint Sébastien	x		1-Fiche de santé : Lautraite 12/09/1997 2-10820 : rapport d'intervention Viala Jean- Pascal 23/11/2006 3-10819 : rapport constat d'état Le Dantec Nathalie 21/11/2006 4-10588 constat d'état Le Dantec Nathalie 14/10/2004 5-22242 : rapport d'intervention Florence Delteil 03/2007	1- «Les larges chancis sont inaméliorables dans le cadre d'un bichonnage. » 2- « Aspect très chanci de la couche picturale. » 3- « Le tableau est recouvert d'un chanci profond sur tout le fond, les ombres et le visage de Saint Sébastien. » 4- « Idem » 5- « L'oeuvre présente un chanci quasi généralisé dont la forte présence en perturbe la vision : les plans ne sont plus perceptibles car les nuances de couleurs ne sont plus visibles, le manque de transparence enlève la profondeur des couleurs sombres si importantes dans ce tableau, la matière a un aspect laiteux : un voile blanchâtre recouvre l'ensemble. Le chanci paraît se situer à différents niveaux de la stratigraphie : des plages blanchâtres diffuses (comme sur la robe bleue d'une femme à droite ou autour de la tête de Saint Sébastien) : le chanci apparaît sous forme de halot généralisé en surface. Un piqueté blanc/jaune en lisère des ombres et surtout dans les carnations se confond avec une forte usure de la couche picturale laissant voir la préparation gris/ocre. Des chancis de couleur comme dans l'orangé des carnations de Saint Sébastien qui apparaît blanchi de manière diffuse et profonde. »	
		Epoque Louis- Philippe				Fiche de santé : Roulet	« chancis »	
						Fiche de santé : Linard 27/09/1966	« Chanci blanc, contre bord inférieur. »	
		x	Vert, gris	x		Rencontre restauratrice C2RMF	/	
	x		Vert	x		Rencontre restauratrice C2RMF	/	
1-Lepage 01/10/1948 2-Paulet 02/04/1963	1- 1810 2- Reprise en 1854 3-Rostain reprise de transposition 05/06/1979	1755			x	Image dv11857c30/06/1980	« Régénération du chanci. »	Inondation dans les salles des 7 cheminées 19/02/1978
Cire-résine de 2 zones 30/06/1964 Chudeau		x	A droite			Fiche de santé : Chudeau 30/06/1964	« Enlèvement d'une zone de chanci à dextre. »	
						Fiche de santé : Linard 25/11/1969	« Début de chanci généralisé, nombreuses tâches blanches. »	
		Lepage 10/12/1959		x	x	Fiche de santé : Hulteg 12/02/1960	« Régénération du vernis après rentoilage qui produit un chanci très profond. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Blanchet Thomas	<i>Moïse sauvé des eaux</i>	1655	RF 1985-88	93x3	T	Musée du Louvre	Fr		
Largillière Nicolas de	<i>Portrait d'homme en Apollon</i>	1656-1746	MI 1083	107x136	T	Musée du Louvre	Fr	1-Gotchiguian 13/11/1981	1-Essais allègement vernis
								2-Valcova 01/02/1983	2-Allègement vernis, enlèvement repeints, début réintégration
Boullogne Louis dit l'aîné	<i>La décollation de Saint-Paul</i>	1657	MI 302	/	T	Musée du Louvre	Fr		
Romanelli Giovanni Francesco	<i>Les Israélites recueillant la manne</i>	1657	INV 576	199x213	T	Musée du Louvre	I	Mondorf 01/06/1978	Allègement, enlèvement des repeints, essais de régénération
Champagne Philippe de	<i>Translation des corps de Saint Gervais et de Saint Protas</i>	Vers 1657	INV 1131	363x681	T	Musée du Louvre	Fr		
Saeys Jacob	<i>Repas de chasse</i>	1658-1725	MNR 791	117x153	T	Musée municipal, Soissons	Fl		
Velde Adriaen van de	<i>Noble équipage cheminant sur la plage de Scheveningen</i>	1660	INV 1915	39x49	B	Musée du Louvre	Fl	Roulet 15/12/1959	Nettoyage superficiel, menues restaurations, régénération vernis
Rembrandt Harmensz Van Rijn	<i>Portrait de Titus</i>	Vers 1660	RF 1948-34	72x56	T	Musée du Louvre	Fl	1-Hubert 22/03/1949	1-Restauration écaïlle
								2-Goulinat 01/07/1952	2-Allègement vernis
								3-Guinand 01/07/1985	3-Décrassage à l'eau ammoniacuée, vernissage
								4-Trottignon 07/03/1989	4-Dépoussiérage face et revers
Marseus Van Shrieck Otto	<i>Chardons écureuils, reptiles et insectes</i>	1660-1678	873.1.367	136x102	T	Musée des Beaux-Arts Quimper	Fl	Bionnier 10/11/1970	Décrassage, allègement vernis, vernissage, réintégration
Desportes Alexandre François	<i>Gibier gardé par des chiens</i>	1661-1743	INV 3931/MR 1480	120x164	T	Musée de la Chasse et de la Nature Paris	Fr		
Loo Jakob van	<i>Michel Corneille le père</i>	1663	INV 1439	/	T	Musée du Louvre	Fl	1-01/04/1942	1-Allègement du vernis
								2-Ryzow 07/10/1977	2-Masticage, mise au ton 2 lacunes
								3-Hochart 20/03/1989	3-Dépoussiérage face et lustrage
Boucquet Victor	<i>Le porte-étendard</i>	1664	RF 1155	184x112	T	Musée du Louvre	Fl	1-Aillet 01/03/1952	1-Allègement du vernis, quelques restaurations
								2-Paulet 31/08/1965	2-Dépoussiérage, bichonnage, rendu transparence au vernis
								3-Lepage 02/10/1965	3-Bordage
								4-12/03/1974	4-Dépoussiérage, régénération vernis
								5-Chocqueel 14/11/1977	5-Bichonnage
Poussin Nicolas	<i>Apollon, amoureux de Daphné</i>	1664	MI 776	155x200	T	Musée du Louvre	Fr		
Murillo Bartolome Esteban	<i>L'apparition de l'Immaculée conception à six personnages</i>	1665	INV 927	172x298	T	Musée du Louvre	E		
Plattemontagne Nicolas de	<i>Conversion du géôlier de saint Paul</i>	1666	MI 320	404x328	T	Musée du Louvre	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		x	Tronc d'arbre et feuillages	x	x	Fiche de santé : 1) Cortet 2) Lepavec 18/03/1986 3) Cortet Lepavec 19/03/1986 4) Bergen Lepavec Cortet 20/03/1986 5) Lepavec 24/0/1986 6) Lepavec 25/03/1986 7) Lepavec 25/03/1986 8) Dépt des peintures 04/04/1986	1)« Chanci important. A examiner en atelier en vue d'une régénération. » 2) « Essais de régénération dans la partie supérieure médiane (tronc d'arbre et feuillage) : A) éther monoéthylrique de l'éthylène glycol = résultat nul. B) alcool éthylrique= résultat nul. C) un peu de diméthyl formamide : on verra dans quelques heures. » 3) « Il doit y avoir un vernis synthétique qui fait écran à ce chanci. » 4) « Faire un nouvel essai : enlèvement du vernis superficiel. Il y aurait un blanchiment des couleurs + un chanci de vernis. » 5) « Nouvel essai avec de l'alcool éthylrique : on enlève la couche de vernis superficiel et le chanci. » 6) « Vernissage sur le chanci réapparu : le chanci disparaît. » 7) « Le chanci est réapparu. » 8) « Présentation de l'essai de suppression du chanci : il faut enlever la couche superficielle transparente de vernis récent pour atteindre le vernis jus ancien et plus profond, dont le chanci pourra alors être régénéré. »	
1-13/08/1939 2-Chudeau 12/09/1967 groupe d'écaïlles	Lepavec 01/05/1980 : reprise de transposition					Image dup556 09/02/2007	« chancis »	
		x				Fiche de santé : Toupet 01/03/1963	« Chancis. »	« Très endommagé par des inondations » Aubert Fiche de santé
		x		x		1354b :Rapport de laboratoire, Jean-Paul Rioux, 20/03/1979	« Une telle constitution qui correspond peut-être au désir du peintre d'obtenir une matière plus transparente, pourrait être à l'origine de phénomènes de chancis (microfissuration, microcristallisation ou microéulsion) qui se seraient développés dans la couche picturale. »	
						P1669 : rapport d'intervention de c-r octobre 1964 Lepage	« Ce tableau couvert d'un vernis marron, montrait par endroits, des déplacements et des chancis. »	
	1-Ancienne 2-Ten Kate 01/11/1983		Sombres			Fiche de santé : Ten Kate 1983 Bajou 1986	« On note la formation sur la face d'un très léger chanci ponctuel. » « Chanci (surtout dans les sombres). »	
						PVRC 1968-02-15 : procès verbaux des commissions de restauration 1968	« Vernis très jaune à alléger. Il semble que dessous il y ait un important chanci. »	
		Ancien à la colle de pâte				Fiche de santé : Lagier 1993	« Chanci : à revenir. »	
		x				Image dup9907 19/07/2011 Fiche de santé : Guilly R. 01/07/1970	« Légende technique : essais de nettoyage ; tableau chanci. » « Etat : fort chancis »	
	Lepage oct 1966	Anciennement				P2234 : rapport d'intervention en c-r oct 1966	« Après la transposition et sur un chancis généralisé, d'importants repeints sont apparus en ombre »	
	Lepage 20/03/1942		Angle inférieur senestre			Fiche de santé : Lagier 07/07/1993	« Couche picturale terme, chanci dans l'angle inférieur senestre ». »	
Linard 22/09/1967 : généralisé à cire-résine		1-Ancien 2-Rabu R. 01/04/1996 mixte (cartonnage colle refixage cire résine)				3868 : rapport de laboratoire Patrick Le Chanu 30/10/1996	« La présence actuelle d'un chancis rend son examen à l'œil nu déféctueux. »	
				x		Fiche de santé	« Importants et très profonds chancis d'us au séjour prolongé dans les caisses à hoc. »	
		1) Ancien 2)Rostain 20/02/1969				Image dv3131 13/05/1969	« Prise de vue : face : le tableau est extrêmement chanci couvert d'un vernis jaune et épais, transformant les tons froids en tons chauds. Après rentoilage»	
		x				Fiche de santé : Toupet 25/03/1963	« Peinture noircie et peu lisible à cause du chancis. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Van der Meulen Adam Frans	<i>Siège de Courtrai</i>	Vers 1667	MV 5846/ INV 1477/ LP 2836	230x326	T	Musée National Versailles	Fr	1- Laudet-Kraft 01/01/2012	1-Nettoyage
								2-Roudet L. 07/03/12	2-Remplacement de l'ancien châssis
Berlin Nicolas	<i>Jupiter et Léda</i>	1667-1736	N° de régie : MPR 2306/ SRMF 8055	71x51	T	Musée des Beaux-Arts Carcassonne	Fr		
Wijnants Jan/Velde Adriaen van de	<i>Lisière de forêt</i>	1668	INV 1967	117x144	T	Musée du Louvre	Fl	1-Chudeau 19/04/1960	1-Nettoyage, menues restaurations, revernisage
								2-Chocqueel 20/10/1970	2-Dépoussiérage, mise au ton du vernis
								3-Joyerot 15/04/1971	3-Bordage
								4-Chocqueel 12/07/1979	4-Allègement vernis
Seve Gilbert de	<i>Didon faisant bâtir la ville de Carthage</i>	1671-1680	INV 8769	180x207	T	Musée du Louvre	Fr		
Cheron Elisabeth Sophie	<i>Portrait de l'artiste</i>	1672	INV 3239	88x73	T	Musée du Louvre	Fr		
Houasse René-Antoine	<i>Saint Étienne conduit au martyre</i>	1673	MI 313	425x340	T	Musée du Louvre	Fr		
Metsu Gabriel	<i>Le marché aux herbes d'Amsterdam</i>	1675-1699	INV 1460	97x85	T	Musée du Louvre	Fl	1-Goulinat + 01/10/1950	1-Nettoyage, manques restaurés + restauré la partie supérieurs, allègement vernis
								2-Linard 10/03/1964 + 12/01/1965	2-Bichonné + masticage, restauration accident
								3-Lepage 21/01/1965	3-Bordage
								4-Michel 01/03/1966	4-Nettoyage, bichonnage
								5-Linard 27/01/1970	5-Bichonnage
								6-Roussel 05/06/1979	6-Dépoussiérage, vernissage au tampon
								7-Malpel 05/07/1993	7-Dépoussiérage revers, dégrassage, lustrage
Troy Jean-François de	<i>Jean-François Bouquet</i>	1679-1752	MI 1115	92x74	T	Musée du Louvre	Fr	1-Roulet 03/04/1951	1-Enlèvement de trace de mouches, petits points de restauration
								2-Linard 28/01/1964	2-Bichonnage
								3-Lepage 26/10/1976	3-Bichonnage
Coccorante Léonardo	<i>Scène nocturne dans des ruines</i>	1680-1750	RF 1994-14	49x63	T	Musée du Louvre	I		
Snyers Peeter	<i>Nature morte : légumes et fruits</i>	1681-1752	RF 3710	152x179	T	Musée du Louvre	Fl	1-Lepage 03/05/1955	1-Enfoncement résorbé
								2-Aubert 17/05/1955	2-Nettoyage superficiel, léger vernis
								3-Chudeau 05/07/1966	3-Nettoyé à mi hauteur
								4-Chudeau 05/07/1966	4-Régénération contribuant à refixer la pellicule
								5-Linard 20/03/1969	5-Bordage, bichonnage, vernissage léger
Mignard Pierre	<i>Neptune offrant ses richesses à la France, allégorie à Louis XIV</i>	1684	INV 6646	/	T	Musée national du château de Compiègne	Fr		
Levieux Reynaud	<i>Saint Jean-Baptiste devant Hérode</i>	1686	IP 153	214x278	T	Musée des Beaux-Arts Nîmes	Fr		
Pittoni Giovanni Battista	<i>La continence de Scipion</i>	1687-1767	INV 565	56x96	T	Musée du Louvre	I	Paulet 20/04/1971	Dépoussiérage, régénération
Cotelle Jean Le Jeune	<i>Vue des cinquante-deux jets de Trianon avec Mars et Vénus</i>	1688	MV 777	203x229	T	Musée National de Versailles	Fr		
Cotelle Jean Le Jeune	<i>Vue du labyrinthe avec Diane et ses nymphes</i>	1688	MV 731/ INV 3357/ B 1683	202x138	T	Musée National de Versailles	Fr		
Houasse René-Antoine	<i>Cyanée changée en fontaine par Pluton</i>	Vers 1688	MV 8270	236x145	T	Musée National de Versailles	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
Roudet Ludovic 07/03/12 : locaux à la colle de poisson et recollement des poches de décollement de transposition	Ancienne à la colle de pâte		Couleur verte	x	x acétate d'éthyle/DMSO 75 : 25 + Réglez 1094 à 20 % dans white spirit	25072 : rapport d'intervention de c-r 06/2012 Laudet-Kraft Marie-Ange	« Chancis de couleur : La couleur verte des arbres à droite et de la végétation dans la partie basse est chancie. Cette altération est due au pigment lui-même. Il est probable que le film d'huile sèche moins bien en présence du pigment vert et reste plus fragile donc plus sensible aux opérations de rentoilage qui nécessitent chaleur et humidité »	
		Joyerot 12/1967			x ether monoéthylénique de l'éthylène glycol + essence d'aspic + alcool à 90°	14335 : rapport d'intervention de c-r Nazat Janine 08/04/1968	« Enlèvement du chancis (ether monoéthylénique de l'éthylène glycol). Enlèvement de taches de chancis plus résistantes (essence d'aspic + alcool à 90°) »	
		x	En bas à senestre		x vernis alcool	Fiche de santé : Chocquel Roussel Bergeon 1983	« En bas à senestre, chanci très persistant, pallié avec du vernis alcool, a réapparu. Régénérer de nouveau. »	
						Fiche de santé : Toupet	« Peu lisible à cause des chancis. »	Toile roulée
	Lepage 07/01/1964					P1592 rapport d'intervention de c-r (de transposition) Lepage, 07/01/1964	« Au sortir de cette transposition, la peinture a été assez chancie. »	
						Fiche de santé : Toupet 01/03/1963	« Peu lisible à cause du chancis. »	Toile roulée
Malpel :cire-résine 05/07/1993			Feuillage			Fiche de santé : Lagier C. 05/07/1993	« Chanci dans le feuillage à senestre. »	
		x	Epaule gauche			Fiche de santé : Cortet O. 27/05/1980	« Bichonnage à prévoir : chanci sur l'épaule gauche. »	
Traces de refixage ancien à la cire au revers		1-Ancien 2-Lepavec : réentoilage mixte 01/06/1996				Fiche de santé : Lautrate, Cuzin 05/09/1996	« Vu après rentoilage. Chanci assez important. »	
Chudeau 05/07/1966 : l'ensemble de la pellicule picturale		1-Ancien 2-Joyerot 15/06/1972 réentoilage nouveau après dérentoilage				Fiche de santé : Paulet 05/09/1973	« Enlèvement du chancis. »	
		x	Partie inférieure			P2332 : rapport d'intervention en c-r, 01/08/1967, Guignard.	« Après rentoilage : chancis dans la partie inférieure. »	
			Vert			Image dv79102 + dv79101 16/04/2002	« Face, nappe verte derrière la petite fille : chancis » + « Dossier du fauteuil vert : chancis. »	
	Peut être ancienne transposition	Rabu 01/09/1994 : réentoilage mixte			x	Image : dv53828 27/10/1994	« Légende technique : avec essais de régénération du chanci et d'enlèvement du vernis et des repeints. »	
	x		Vert			Rencontre restauratrice C2RMF	/	
	x				x	Image clt4918 11/07/2013	« Légende technique : en cours de régénération des chancis »	
	1-Ancienne 2-Lutet Yves 2006		Bleu, vert.	x	x Regalez 1094	11604 : rapport d'intervention de conservation-restauration Ruault-Paillard Sabine 05/03/2007	« Les essais de régénération des couleurs profondément chancis (bleu du manteau à droite, certains verts du paysage et des feuillages) à l'aide notamment du Regalez 1094, n'ont pu résoudre en totalité cette importante altération. Toutefois, une légère amélioration a pu être constatée rendant une certaine vivacité aux couleurs. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Van Der Meulen Adams Frans	<i>Prise de Leewe par Louis XIV le 4 mai 1678</i>	Vers 1688	MV 132	215x152	T	Musée National de Versailles	Fr		
Martin Jean-Baptiste	<i>Vue perspective du château de Versailles sur la place d'Armes et les écuries</i>	Vers 1688	MV 748/ INV 6468/ MR 2103	260x184	T	Musée National de Versailles	Fr		
Le Brun Charles	<i>L'Adoration des Bergers</i>	Vers 1689	INV 2878	91x117	T	Musée du Louvre	Fr	1-Michel 18/06/1963 2-Aubert 01/06/1964	1-Allègement prononcé vernis, enlèvement repeints 2-Dépoussiérage, essuyage de buée
François de Troy	<i>Charles Mouton luthiste</i>	1690	RF 2469	138x106	T	Musée du Louvre	Fr	Linard 17/10/1961	Nettoyage, restauration des accidents près des bords
Ubeleski Alexandre	<i>Jésus guérissant les malades</i>	1692	MI 325	434x358	T	Musée du Louvre	Fr		
Rigaud Hyacinthe	<i>La famille Léonard</i>	1693	INV 7519	126x154	T	Musée du Louvre	Fr	Trottignon 01/12/1988	Allègement du vernis
Mignard Pierre	<i>Portrait équestre de Louis XIV devant Namur</i>	Vers 1694	MV 2032/ INV 6649/ A 808	359x260	T	Musée National de Versailles	Fr		
Rigaud Hyacinthe	<i>Madame Rigaud en deux attitudes différentes</i>	1695	INV 7522/ MR 2407	83x103	T	Musée du Louvre	Fr	1-Roullet 27/10/1949 + 22/05/1951 2-Linard 04/07/1958 3-Aubert 25/09/1963 4-Linard 25/04/1967 5-Cellier 01/08/1984 6-Whitney W. 18/11/1988	1-Traitement d'écorchure et points de restauration + nettoyage, traitement cloques, débuts de soulèvements, régénération vernis, pose mastics, léger vernissage 2-Nettoyage 3-Pose pièce à une mince fente dans la toile près du nez de la tête profil 4-Masticage, restauration ancienne déchirure 5-Dépoussiérage, revernissage 6-Dépoussiérage face et revers
Weenix Jan	<i>Nature morte au paon et au chien</i>	1696	INV 1937/MR 1097	144x187	T	Musée du Louvre	Fl		x
Maratti Carlo	<i>Le sommeil de l'enfant Jésus avec des anges musiciens</i>	1697	INV 373	120x98	B	Musée du Louvre	I		
XVIII^e siècle									
Boullogne Bon	<i>Le triomphe d'Amphitríte</i>	Vers 1700	1938 F 92	66x81	T	Musée Magnin Dijon	Fr		
Marmotte Jacques	<i>Léda</i>	1700-1770	874,9,6	67x100	T	Musée des Beaux-Arts Reims	Fr		
Anonyme	<i>Tête d'expression : un vieillard</i>	1700-1799	872.1.63	49x39	T	Musée municipal de Saint Germain en Laye	Fr		
Anonyme / Delatour Maurice-Quentin	<i>Charles Louis Auguste Fouquet</i>	1700-1800	MV 6404/ INV 6939/ B 1848	128x94	T	Musée National de Versailles	Fr		
Rigaud Hyacinthe	<i>Louis de France</i>	1700-1800	MV 4297/ B 1871	77x63	T	Musée National de Versailles	Fr		
Desportes Alexandre François	<i>Bonne, Nonne et Ponne, chiennes de la meute de Louis XIV</i>	Vers 1702	INV 3912/ MR 1472	162x200	T	Musée de la Chasse et de la Nature Paris	Fr	1-Aubert 28/04/1947 2-Chudeau 3-Viala J.-P 09/2010	1-Restauration et repiquage 2-Après transposition lavage, nettoyage, bordage, régénération vernis, dévernissage, enlèvement du chanci, masticage accidents, revernissage 3-Fixation jeu de clés, protection revers, collage joint
Desportes Alexandre François	<i>Diane et Blonde, chiennes de la meute de Louis XIV chassant</i>	Vers 1702	INV 3911	162x200	T	Musée de la Chasse et de la Nature Paris	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
						Image : dv69495 30/10/1997	« Prise de vue : chanci sur le personnage au centre. »	
Joyerot E. 09/07/2009 par la face (colle d'esturgeon) et par le revers		1-Ancien à la colle de pâte 2-Joyerot E. 09/07/2009 colle de pâte	Ciel		x éthanol	18870:rapport d'intervention en c-r Trotignon Virginie 12/10/2009	« On note des chancis sur le ciel, moins sur la moitié inférieure. »	
	Du XIXème siècle		Ciel	x		Fiche de santé : Paulet 29/08/1968	« Suppression de quelques mats et d'une tache de chancis profond dans le ciel près des arbres. »	
Paulet M. 10/12/1957 : d'écailles et de petits soulèvements		Ancien				Fiche de santé : Adhemar, Mâle, Paulet 21/04/1964	« Frisures, couvert de chancis »	
						Fiche de santé:Toupet	« Peu lisible à cause du chancis. »	Toile roulée
Dechelette 01/08/1987 refixage cire par la face		1- Ancien 2- Dechelette 01/08/1987 reprise de rentoilage mixte		x		Fiche de santé : Trotignon 01/12/1990	« Importants chancis de couleur apparus après le rentoilage. »	
06/2009			Vert	x		18507 : rapport d'intervention de c-r Pellas F./Blaise L. 11/06/2009	« La couleur verte à gauche et à droite du cheval présente un chanci profond. »	
Roulet 24/09/1963 : soulèvements		x				Fiche de santé : Cortet O. 20/12/1988	« Chancis locaux sur zones restaurées. »	
x	17/09/1965 Rostain				x	Fiche de santé : Chudeau 22/02/1966	« Enlèvement d'un chancis très épais rendant le tableau invisible. Chanci très persistant en certains endroits, nécessitant des passages répétés très nombreux pour régénérer complètement. »	
						Fiche de santé : Bergeon 17/09/1974	« Trace de chanci. »	
XVIII^e siècle								
	1-Ancienne 2-Joyerot E.14/11/2008 reprise de transposition		Angle supérieur senestre			18851 : rapport d'intervention de c-r, Barrès Frankline 14/12/2009	« Les taches et les chancis présents dans l'angle supérieur senestre sont repiqués et glacés de manière à être atténués.. »	
				x		19135 : rapport d'intervention de c-r, Joubert Karine, 11/12/2009.	« Les chancis profonds peuvent être en partie atténués à l'aide d'un coton imprégné de DMSO appliqué de façon locale. »	
			Centre inférieur		x dyméthylformamide + xylène	8063 : rapport d'intervention de c-r Racine Marie-France 12/2005	« Régénération du chanci au centre inférieur»	
						24030 : demande d'intervention 22/07/2011	« On note notamment un encrassement, un vernis oxydé, des chancis...»	
				x		13372 : demande d'intervention 26/07/2007 13371 : constat d'état Cochet Nelly 01/11/2003	« L'œuvre a subi un dégât des eaux par le bas (elle a été posée par terre) ce qui a provoqué un chanci important de matière dans la partie inférieure. » « Chancis très profonds, dus aux remontées capillaires. »	Dégât des eaux
Viala J.-P. 09/2010	1-Fin XVIIIe siècle 2-XIXe siècle 3-Lepage 1966		Feuillages à droite	x	x diméthylsulfoxyde + acétate d'éthyle (50/50) puis Régalez 1094	22670 : rapport d'intervention de c-r Bigolet Angélique 17/05/2011	« Les chancis : la présence de chancis est attestée par le mémoire de M. Chudeau qui a régénéré des chancis. S'agissait-il de chancis de vernis ou de couleur ? En ce qui nous concerne au moment de la restauration, il s'agit de chancis de couleur, localisés dans les feuillages à droite. »	
06/1942 sous papier collé		x	Surtout dans la partie droite			P268b : rapport d'intervention de c-r 15/11/1960	« Tableau rentoilé, couvert de chancis surtout dans la partie droite. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Desportes Alexandre François	<i>Folle et Mite, chiennes de Louis XIV</i>	Vers 1702	INV 3909	194x260	T	Musée de la Chasse et de la Nature Paris	Fr	1-Linard 27/09/1966	1-Allègement du vernis, vernissage.
François Boucher	<i>La marquise de Pompadour</i>	1703-1770	RF 2142	60x46	T	Musée du Louvre	Fr	Michel 09/12/1947	Remise en état
Coytel Noël	<i>Dejanire envoyant la chemise empoisonnée de Nessus à Hercule</i>	Vers 1704	MV 8261/ INV 3462 bis	108x172	T	Musée National de Versailles	Fr	Dossier de restaurations non communiqué (disparu)	
Houasse Michel-Ange	<i>Hercule jetant Lycas dans la mer</i>	1707	1825-1-16	199x162	T	Musée des Beaux-Arts Tours	Fr		
Feret Jean-Baptiste	<i>Paysage avec des bergers musiciens</i>	1708	RF 1955-2	59x73	T	Musée du Louvre	Fr		
Jouvenet Jean Baptiste	<i>La messe du chanoine de la porte</i>	1708-1710	INV 5502	162x141	T	Musée du Louvre	Fr	Delsaux N. 04/06/1905	Nettoyage, réintégration
Anonyme	<i>Saint Marc</i>	Vers 1710	MV 8884	260x181	T	Musée National de Versailles	Fr		
Anonyme	<i>Saint Matthieu</i>	Vers 1710	MV 8893	259x186	T	Musée National de Versailles	Fr		
Anonyme/La Fosse Charles de	<i>Saint Luc</i>	Vers 1710	MV 8885	261x190	T	Musée National Versailles	Fr	Froidevaux Eve 09/2012	Traitement déchirures, doublage aveugle, changement châssis protection arrière
Anonyme	<i>Les pèlerins d'Emmaüs</i>	Vers 1710	MV 8918	170x244	T	Musée National de Versailles	I		
Halle Noël	<i>La course d'Hippomène et d'Atalante</i>	1711-1781	INV 5270	/	T	Musée du Louvre	Fr		
Martin Jean-Baptiste	<i>Une assemblée ordinaire de l'académie royale de peinture et de sculpture au Louvre</i>	1712-1721	RF 1998-36	31x43	T	Musée du Louvre	Fr		Bichonné
Rigaud Hyacinthe	<i>Robert de Cotte premier architecte du roi</i>	1713	MI 232	120x92	T	Musée du Louvre	Fr	1-Lezzos 22/08/1951	1-Traitement vernis, bichonnage, repiquage
								2-Linard 18/10/1962	2-mise au ton accidents, mastics
								3-Michel 04/06/1964	3-Dépoussiérage, essuyage buée
								4-Roulet 10/01/1973 et Chocqueel 27/05/1974	4-Bichonnage
								5-Blecour 18/11/1980	5-Décrassage, mise au ton repeints
Desportes Alexandre François	<i>Nonette chienne de la meute de Louis XIV</i>	1714	INV 3914	172x180	T	Musée de la Chasse et de la Nature Paris	Fr	Paulet Bionnier 24/11/1966	Allègement du vernis
Desportes Alexandre François	<i>La chienne Zette</i>	1714	INV 3915	/	T	Musée de la Chasse et de la Nature Paris	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		1-Ancien 2-Lepage 30/11/1966 : demi- transposition	Arbres à dextre, buisson au second plan au centre : feuillages			19738 : rapport d'intervention de c-r Bigolet Angélique 25/01/2010	« Des chancis ou altérations des pigments : responsables de l'aspect terne et grisâtre. »	
		Ancien papier collé sur toile				Fiche de santé : Roulet 02/10/1951	« Régénération du vernis-enlèvement de chancis. »	
						Fiche de santé : Mâle 15/10/1962	« Important chanci. »	
				x		12361 : Rapport d'intervention de c-r, Belcour Marie-Alice, 31/05/2006	« Chancis de couleur »	
		« A la colle » Joyerot 01/06/1986				Fiche de santé : Bajou T 01/11/1986	« Chanci »	
	23/08/39			x		P435 : rapport d'intervention de c-r Aillet, 13/12/1942	« Chanci profond par la transposition ».	
						23323 : demande d'intervention 17/12/2010	« L'œuvre, encastrée en hauteur dans les boiseries de la sacristie de la chapelle du château, présente un aspect esthétique insatisfaisant avec des chancis et de nombreux repeints. »	
			Partie inférieure		x pose de résine Régalez et essence de térébenthine puis verniss dammar	23324 : demande d'intervention 17/12/2010 26950 : rapport de restauration de la couche picturale Gouton Cécile 2012	« L'œuvre, encastrée en hauteur dans les boiseries de la sacristie de la chapelle du château, présente un aspect esthétique insatisfaisant avec des chancis et de nombreux repeints. » « En particulier, partie inférieure senestre très blanchie, probablement du fait de l'humidité ayant affecté la matière picturale poreuse. Il n'est pas possible dans un premier temps de déterminer s'il s'agit d'un chanci qui affecte seulement le vernis ou également la couche colorée »	
Froidevaux Eve 09/2012 par la face colle d'esturgeon			Arbres, feuillages, architecture brune	x		25773 : rapport d'intervention de c-r, Laveau Alix, 29/10/2012.	« Une altération irréversible : le chancis est au niveau des pigments, ils sont présents dans les arbres du côté gauche du saint, dans mes feuillages au-dessus de la tête ainsi que sur l'architecture de couleur brune. »	
						23316 : demande d'intervention 17/12/2010	« L'oeuvre, encastrée en hauteur dans les boiseries de la sacristie de la chapelle du château, présente un aspect esthétique insatisfaisant avec des chancis et de nombreux repeints. »	
						Fiche de santé : Michel M. 05/02/1963	« Traiter les mastics et chancis »	« Toile sans doute roulée »
			Aux quatre angles		x Lepage 04/10/1999 « au xylène et mise sous verre »	Fiche de santé : Dumeau 04/10/1999	« Chancis profonds aux quatre angles provoqués par la colle (cyanacrylate) utilisée dans la feuillure du cadre. »	
1-Linard 16/10/1962 de soulevements près des bords inférieur et droit 2-Bertaux 01/07/1965 2 zones de soulevements de la toile originale détachée de toile rentoilage 3-Lepavec 15/06/1976		x	Zone dextre en haut en en bas			Fiche de santé : Lautraite A. 12/08/1992	« Chancis sur la zone dextre en haut et en bas. »	
	Rostain 30/09/1966 reprise de l'ancienne transposition		Zones bleuées et feuillages	x		Rencontre restauratrice C2RMF Versailles	/	
	Ancienne, Déchelette 07/1996 reprise de transposition		Verts et ombres brunes		x	Image dv63792 21/10/1996 + image dv68303 15/05/1997 Rapport de restauration: Wade-Leegenhoek 07/1998	« Prise de vue : de la tête du chien, bord dextre : chancis général dans le fond. » « prise de vue : angle inférieur dextre dans le feuillage : deux bandes verticales de témoin de régénération de chanci. » « Après la reprise de transposition le tableau sensible au chancis avant intervention pose des problèmes de blanchiments graves. Les zones les plus atteintes sont bien sûr les verts souvent chancis chez Desportes, mais également la majorité des ombres brunes. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Watteau Jean-Antoine	<i>Nymphe et satyre ou Jupiter et Antiope</i>	Vers 1714	MI 1129	74x108	T	Musée du Louvre	Fr	1-Lepage 22/04/1966	1-Bordage
								2-Linard 22/04/1966	2-Masticage, restauration d'écailles, vernissage de taches mates
								3-Linard 08/11/1966	3-Bichonnage
								4-Machoire 05/07/1977	4-Dépoussiérage, touches vernis
								5-Delsaux 01/04/1984	5-dépoussiérage, élimination coulures vernis, réintégration 4 lacunes
Dyk Philip	<i>Sarah présentant Agar à Abraham</i>	1718	INV 1265	51x41	C	Musée du Louvre	Fl	1-Linard 13/11/1962	1-Bichonnage
								2-Callegari 01/06/1990 + 01/03/1991	2-Allègement du vernis + masticage réintégration
Restout Jean II	<i>Ananie imposant les mains à Saint Paul</i>	1719	MI 321	420x326	T	Musée du Louvre	Fr		
Quillard Pierre-Antoine	<i>La danse villageoise</i>	Vers 1720-1725	RF 2625	37x45	T	Musée du Louvre	Fr	1-Chudeau 03/06/1958	1-Dépoussiérage bichonnage
								2-Paulet 25/08/1964	2-bichonnage, reprise vernis
								3-Brans 12/01/1973	3-Régénération
								4-Lepavec 25/05/1977	4-Bichonnage
								5-Whitney 26/06/1988	5-Dépoussiérage face revers
Greuze Jean-Baptiste	<i>Portrait de l'artiste</i>	1725-1805	INV 5034	73x59	T	Musée du Louvre	Fr	1-Longa 01/12/1940	1-Réparation accident, repiquage, rebouchage, réparation pièce ancienne
Coypel Noël-Nicolas	<i>Vénus, Bacchus et l'Amour</i>	1727	INV 3527	244x143	T	Musée du Louvre	Fr	1-Michel	1-Nettoyage, dévernisage, masticage, revernisage
								2-Roulet 17/07/1962	2-Epousseté, régénéré le vernis
								3-Roulet 12/03/1968	3-Dépoussiérage, régénération vernis
								4-Guillaume 13/07/1988	4-Dépoussiérage revers, face
Chardin Jean-Baptiste-Siméon	<i>La raie</i>	1728	INV 3197	115x146	T	Musée du Louvre	Fr	1-Goulinat 01/03/1953	1- Restauration écailles, usures, repeints
								2-Michel 26/01/1954	2-Retiré quelques bleus
								3-Paulet 07/07/1959	3-Nettoyage saletés pigeons
								4-Linard 08/10/1963	4-Enlèvement bleu du vernis
								5-Linard 22/04/1966 + 07/11/1966 + Brans 30/04/1968	5-Bichonnage
								6-Guinand 04/07/1978 + Whitney 18/11/1988	6-Dépoussiérage
								7-Lepavec 14/12/1988	7-Pose mastic, lustrage chiffon, revernisage
Natoire Charles-Joseph	<i>Io enlevée par Jupiter</i>	1731	INV 835 3	300x200	T	Musée Saint-Loup, Troyes	Fr		
Lemoine François	<i>L'apothéose d'Hercule</i>	1731-1736	INV 1850-2139	/	T	Décor du plafond du salon d'Hercule, Musée National de Versailles	Fr	David Langlois 1996-7 EDL	
Pellegrini Giovanni Antonio	<i>La peinture et le dessin faisant l'éducation de l'amour</i>	1733	INV 416	99x86	T	Musée du Louvre	I		
Hubert Robert	<i>Projet d'aménagement de la Grande Galerie du Louvre</i>	1733-1808	RF 1952-15	46x55	T	Musée du Louvre	Fr		
Lancret Nicolas	<i>L'Hiver</i>	1738	INV 5600	69x89	T	Musée du Louvre	Fr		
Gamelin Jacques	<i>Soldats espagnols arrêtant des voyageurs</i>	1738-1803	890.4.128	35x49	T	Musée des Beaux-arts Carcassonne	Fr		
Restout Jean II	<i>La dédicace au temple de Salomon</i>	1743	MI 54	430x800	T	Musée du Louvre	Fr		
Van Loo Carle	<i>Thésée vainqueur du taureau de Marathon l'amène au temple d'Apollon pour le faire sacrifier</i>	1744-1745	INV 6277	350x704	T	Musée des Beaux-Arts Jules Chéret, Nice	Fr		
Os Jan van	<i>Marine</i>	1744-1808	RF 3707	52x73	B	Musée du Louvre	Fl		
Goya Francisco de	<i>Messe des Relevailles</i>	1746-1828	276 CH	54x76	T	Musée des Beaux-arts Agen	E	1- Aubert 1938	1-Nettoyage superficiel, régénération vernis
								2-Guilly 1975	2-Traitement chancis généralisé, régénération, revernisage
								3-1996	3-Décrassage égalisation vernis, réintégration des déplacements

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
Delsaux 01/04/1984 des soulèvements et passage cire à spatule chaude		x anciennement, avant 1965				Fiche de santé : Crespel 17/08/1992	« Support rentoilé. Taches de rentoilage. Chanci d'humidité dû à la colle enlevée à isooptane. »	
Callegari L. 01/06/1990 cire-résine			Drapés près du bord inférieur et			Fiche de santé : Lagier C. 1993	« Chanci dans les drapés sous frottements près du bord inférieur et senestre du cadre. »	
1-Lepage 09/06/1958 2-Lepage 25/07/1961		x avant 1962	En haut à droite			Fiche de santé : -Lepage 01/06/1961 - Aubert 10/07/1962	« Une zone importante en haut un peu à droite est complètement écaillée et chancie. » « En haut une large zone a été inondée : chancis. »	
		x anciennement	Retouches			L0157 : constat d'état Nathalie Le Dantec 29/04/2003	« Présence de traces de frottement en bas du tableau et de chancis sur les retouches. »	
		Joyerot 12/09/1972				Fiche de santé : Aubert 07/02/1973	« Enlever le chancis. »	Accident : crevure sur 3 cm années 1940
1-Michel 01/10/1963 : nombreux refixages dans la demi partie	1-Ancienne 2-Reprise de transposition Ten Kate 28/02/1977			x		10617 : rapport d'intervention de c-r Pellas Frédéric 02/12/2003	« De nombreux chancis et déplaquages de vernis dénaturent l'aspect esthétique de l'oeuvre, il existe aussi des chancis de couche picturale. »	
Lepavec G. 14/12/1988 à la cire-résine (sur bande de 10cm dans le bas, et ponctuellement sur côté senestre dans la raie et sur le côté gauche en haut)		x Lepage 11/01/1953	Au niveau du chat : brun			Fiche de santé : Crespel 03/09/1992	« Couche pictural terne et chanci au niveau du chat. »	
x Ponctuels anciens		x Ancien	Ciel, paon et bordure droite au niveau de la souche		x	syn100 : synthèse 07/1999	« Les quelques chancis dans le ciel au niveau des paons et sur la bordure droite au niveau de la souche de l'arbre ont été résorbés. »	
						4222 : rapport de laboratoire Martin Elisabeth 08/04/1999	« 1814 : chancis » « 1878 : Briolet et Chapuis : chancis » « 1882-85 : repeints sur chancis » « 1935 : Gaston Brière : le plafond de Lemoine est couvert de chancis. »	Fixation toile consolidée par clous et injections d'adhésif à la seringue ou en pratiquant des entailles
#N/A				x	x	Fiche de santé P1415 : rapport d'intervention en c-r Georges Zezzos 31/01/1941	« Chanci très profond » « Chanci très profond [...] régénération »	
		x				Fiche de santé : Roulet 02/10/1951	« Enlèvement de chancis »	
				x		Fiche de santé	« Nombreux chancis profonds. »	
10/1967-03/1968 Rostain		10/1967-03/1968 Rostain				Fiche de santé : Huvelin 30/03/968	« Enlèvement de chancis »	
						Fiche de santé : Toupet 06/06/1963	« Chancis la rend difficilement lisible »	
		XIXeme siècle	En bas à senestre : drapé rouge		x	Image dv60341 : 14/03/1996 Image dv60344 : idem	« Prise de vue : zone de chanci en bas à senestre : chanci régénéré. »	
			Milieu du bord senestre			Fiche de santé : Zezzos 01/03/1955	« Chanci à régénéré au milieu du bord senestre. »	
Linard H. 1963, cire-résine					x	Syn29 : synthèse 01/07/1999	« 1975 : restauration effectuée par M. Guilly. Traitement d'un chancis généralisé, régénération et revernissage. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Oudry Jean-Baptiste	<i>Butor et perdrix gardés par un chien blanc</i>	1747	INV 7028	120x170	T	Musée du Louvre	Fr	1-Brans 17/07/1969	1-Allègement vernis
								2-Ceresa A. 30/11/1988	2-Dépoussiérage de la face au chiffon et revers aspirateur
Van Loo Carle	<i>Marie Leczńska reine de France</i>	Vers 1747	MV 8492/INV 6281	274x193	T	Musée National de Versailles	Fr		
Rysbrack Gerard	<i>Oiseau pêcheur, cygnes et poissons</i>	1749	INV 1825 quater/MR 1014	79x100	T	Musée du Louvre	Fl	1-Malpel 05/06/1905	1-Restauration fondamentale cp
								2-Sourzac	2-Régénération et allègement
Vien Joseph-Marie	<i>L'Ermite endormi</i>	1750	INV 8437	223x148	T	Musée du Louvre	Fr	1-Goulinat 01/12/1949	1-Dévernisage
								2-Michel 20/11/1962	2-Bichonné, 1 écaille refixée mastiquée
								3-Paulet 15/02/1966	3-Dépoussiéré
Nattier Jean-Marc	<i>Portrait de Louise-Marie de France</i>	Vers 1750	MV 4442	135x105	T	Musée National Versailles	Fr		
Boucher François	<i>Les forges de Vulcain ou Vulcain présentant à Vénus des armes pour Enée</i>	1757	INV 2707 bis	320x320	T	Musée du Louvre	Fr	1-Paulet et Michel 1942	1-Dépoussiérage, régénération vernis, traitement à l'antifongicide du dos couvert de champignons, nettoyage brosse
								2-Ortmann et Ceresa 30/11/1988	2-Dépoussiérage face et revers
Oudry Jacques Charles	<i>Nature morte au gibier</i>	1762	RF 1942-9	142x99	T	Musée du Louvre	Fr	Aubert 25/03/1958	Restauration 2 écaïles sur bords bas
Chardin Jean-Baptiste Siméon	<i>La brioche ou un dessert</i>	1763	MI 1038	47x56	T	Musée du Louvre	Fr	1-Goulinat 01/1/1954	1-Allègement vernis, suppression repeints, repiquage
								2-Chudeau 27/04/1965 + Paulet 14/04/1966 + Brans 14/02/1967 + Chocqueel 23/11/1976	2-Bichonnage
								3-Machoire 05/07/1977 + ceresa 17/11/1988	3-Dépoussiérage
Sablet	<i>Le retour de Murat</i>	1763-1819	MNA 839 1 11	/	T	Musée de Fesch, Ajaccio	Fr	1993	
Thevenin Charles	<i>Retour de Marie Stuart en Ecosse</i>	1764-1838	INV 20126	365x500	T	Musée du Louvre	Fr		
Chardin Jean-Baptiste Siméon	<i>Les Attributs des Arts</i>	1765	INV 3199	91x145	T	Musée du Louvre	Fr	1-Goulinat 01/02/1939	1-Restauré
								2-Linard 06/1963 + Paulet 04/1966 + Linard 11/1966 et 04/1968 + Brans 04/1968	2-Bichonnage
								3-Brans 14/05/1968 + 07/1968	3-Reprise de repeints + léger vernis
								4-Roulet 15/02/1977	4-Enlèvement de repeint, régénération négatif.
								5-Ryzow 05/12/1978	5-Allègement, enlèvement repeints, restauration partie chantournée
								6-Guinand 25/08/1981	6-Bleuissement vernis effacé avec chiffon soie
								7-Brochu 19/09/1984	7-Enlèvement marques de dorure du cadre
								8-Ortmann 11/1988 + Delteil 09/1992	8-Dépoussiérage
9-Moreira R. 01/08/1999	9-Nettoyage et réintégration, revernisage								
Mengs Anton Rafael	<i>Charles IV Bourbon, prince des Asturies</i>	Vers 1765	MV 3872/ INV 1456/ B 1997	130x96	T	Musée National de Versailles	All	1-Début années 80	1-Doublage sur toile de transposition
								2-12/2012	2-Nettoyage
Drouais François Hubert	<i>Madame Jacques-Benoît Loys née Marie Combe</i>	1768	RF 2185	64x54	T	Musée du Louvre	Fr		
Greuze Jean-Baptiste	<i>Étienne Jeurat</i>	1769	INV 5033	81x65	T	Musée du Louvre	Fr	Paulet 14/01/1964	Bichonnage
Fragonard Jean-Honoré	<i>Le verrou</i>	1775-1784	RF 1974-2	73x93	T	Musée du Louvre	Fr	1-Guinand 25/08/1981	1-Bleuissement vernis effacé
								2-Lepavec 15/09/1987	2-Dépoussiérage
								3-Rabu 14/09/1992	3-Dépoussiérage face revers
Tiepolo Gian Domenico	<i>Le triomphe de la religion</i>	1775-1799	RF 1504	150x120	T	Musée du Louvre	I		
Turpin de Crisse Lancelot Théodore	<i>Vue de la ville d'Alexandrie et de la colonne dite de Pompée</i>	1782-1859	97 13 1	111x162	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr		
Callet Antoine François	<i>L'Hiver ou Les Saturnales</i>	1783	INV 3100	322x319	T	Musée du Louvre	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		Joyerot 19/05/1969			x vapeur d'alcool	Fiche de santé : Kroell 30/11/1988 P2382 : rapport d'intervention de c-r Brans 17/07/1969	« La couche picturale présente de nombreux mats et chancis. » « Ce tableau présentait un chanci très épais. Une première régénération pour la photographie a été pratiquée à la vapeur d'alcool. »	
		x et doublé d'un gaze				Fiche de santé : Roulet 16/07/1950	« Traitement de taches de chanci. »	
		Lepavec 31/01/1973			x	Fiche de santé : Bergeon Sourzac 17/02/1983	« Régénérer le chanci témoin subsistant. »	
Lepage 22/04/1966 3 soulèvements (bas senestre de la		Lepage 01/11/1949				Fiche de santé : - Chudeau 26/04/1966	« Enlèvement de zones de chancis après refixage. »	
						Image ch4868 : 11/06/2013	« Légende technique : zone de prélèvements dans le chanci. »	
		Ancien Rostain 09/04/1971 reprise du rentoilage	Partie senestre inférieure			Fiche de santé : Dumeau 16/11/1992 Image dv3829 : 09/03/1971	« Couche picturale crasseuse avec des blanchiments. » « Hercule avec témoin de chancis dans la partie senestre inférieure. »	
	Joyerot 10/10/1971					Fiche de santé : -Linard 08/03/1973 -Bergeon 01/09/1986	« Enlèvement du chancis pour un photographe. » « Transposé, chanci, vernis irrégulier. »	
	Lepage 01/10/1954	Ancien				Fiche de santé : Kroell 17/11/1988	« La couche picturale présente un léger chanci. »	
			Fond brun			Image dv47389 02/04/1993	« Prise de vue du chanci. »	
						Fiche de santé : Toupet	« Du chancis »	Toile roulée
	Maison Müller 1939				x	Fiche de santé : Crespel 03/09/1992 994 : Rapport de laboratoire Rioux Jean- Paul 03/07/1977 21780 : rapport d'intervention Moreira Régina 1999 4247 et 4256 : rapports de laboratoire Benoît Christine 05/10/1999	« Présentation : couche pictural terne et chanci. » « Il est donc clair que l'aspect gris n'est pas la conséquence d'un phénomène de chancis affectant un vernis ancien mais est dû à une couche picturale. » « Objet: traitement du chanci. » « Blanchiment affectant la matière picturale. L'étude des trois coupes semble lier cette observation à un phénomène de microfissuration des couches picturales. »	
1-Traces de refixage à la cire par la face ancien	1-Début années 80, colle de pâte avec	x				26377 : rapport d'intervention de c-r Bureau Chantal	« Après l'intervention sur le support, un chanci était présent en surface. »	
						Fiche de santé : Michel 19/09/1952	« Retiré quelques chancis »	
	Joyerot 08/11/1972 Reprise de transposition	x				P2485 : rapport de transposition Fiche de santé Aubert 1973	« Au sortir du rentoilage, le tableau était un peu chancis. » « Enlèvement du chanci. »	
Moreira 12/12/1988 cire- résine d'une		x à la cire				Fiche de santé : Crespel 14/09/1992	« Chanci. »	
		x				P865 : rapport d'intervention de c-r P. Michel 01/01/1947 3974 : rapport de laboratoire Martin Elisabeth 01/08/1997 Image dv67001 08/08/1997	« Quelques chancis »	
			Colonne, ciel, paysage				« Des chancis et/ou des déplacements affectent la colonne, une zone du ciel et du paysage. » « Prise de vue : de la base de la colonne : chanci. »	
						Fiche de santé : Mâle	« Grandes zones de chanci. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
David Jacques-Louis	<i>Charles-Pierre Pecoul</i>	1784	INV 3706	92x73	T	Musée du Louvre	Fr		
Lepicie Nicols-Bernard	<i>Cour de femme</i>	1784	INV 6209/ MR 2005	64x77	T	Musée du Louvre	Fr		
Suau Jean	<i>La Grande Révolution gérée dans le monde ou Allégorie de la France libérant l'Amérique</i>	1784	MNB 93.8	135x187	T	Musée national de la Coopération franco-américaine Blérancourt	Fr		
Hubert Robert	<i>La fontaine</i>	Vers 1784	RF 1946-27	232x141	T	Musée du Louvre	Fr	1-Chudeau 24/01/1961	1-Bichonnage, repose mastics, revermissage
								2-Aubert 04/02/1971	2-Allègement vernis
								3-Machoire 23/06/1978	3-Dépoussiérage, égalisation vernis ciel, retouche, vernissage
								4-Lepavec 23/12/1988	4-Dépoussiérage, vernissage
								5-Juillet 12/05/1989	5-Dépoussiérage
								6-Whitney 29/05/1989	6-Pose de points couleur
								7-Legillon 07/11/2000	7-Enlèvement giclures de peinture
Lagrenée Louis-Jean-François	<i>La mort de la femme de Darius</i>	1785	INV 20142	327x424	T	Musée du Louvre	Fr		
Regnault Jean-Baptiste	<i>Le déluge</i>	1789	INV 7380	89x71	T	Musée du Louvre	Fr	Paulet 30/11/1961	Nettoyage bichonnage
David Jacques-Louis	<i>La marquise d'Orvillers</i>	1790	RF 2418	131x98	T	Musée du Louvre	Fr	1-Goulinat 23/05/1953	1-Éclatements de peinture à restaurer
								2-Zezos 02/06/1953	2-Régénération
								3-Michel 18/11/1958	3-Retiré buée humide couvre tableau
								4-Chudeau 23/01/1962	4-Dépoussiérage bichonnage
								5-Aubert 09/09/1964	5-Enlevé plusieurs crasses de mouches
								6-Roulet 06/1965+ Linard 11/1966 et 07/1969+ Brans 02/1967 + Paulet 10/1976	6-Bichonnage
								7-04/03/1974	7-Dépoussiérage, régénération vernis
								8-Paulet 17/01/1978	8-Régénération coton
								9-Chocqueel 11/04/1980	9-Essuyage à sec, vernissage à la bombe
Bidauld Jean Joseph Xavier	<i>Vue de l'île de Sora dans le royaume de Naples</i>	1793	INV 2588	113x144	T	Musée du Louvre	Fr	Michel 03/11/1959 + 28/11/1959	Allègement du vernis + régénération vernis et vernissage léger
Vallain Nanine	<i>La liberté</i>	1793-1794	INV 8258	128x97	T	Musée du Louvre	Fr		
Watteau François	<i>La Grand'Place de Lille pendant le siège, octobre 1792</i>	1794	MV 5601	66x83	T	Musée National de Versailles	Fr		
Bodiner Guillaume	<i>Homme couché dans un paysage</i>	1795-1872	MBA 82.882.1	110x171	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr		
Bodiner Guillaume	<i>Route de Naples à Rome</i>	1795-1872	MTC 3029	126x176	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr	1-Mertens J. 13/03/2009	1-Suppression du support bois
								2-Ewald B. 25/10/2009	2-Décrassage, allègement vernis, retrait des repeints
Gérard François	<i>Psyché et l'Amour</i>	1798	INV 4739	186x132	T	Musée du Louvre	Fr	1-Paulet 10/12/1949	1-Nettoyage, traitement vernis
								2-Roulet 22/10/1968	2-Nettoyage, régénération vernis, traitement taches et repeints
								3-Rostain 30/05/1969	3-Réglage toile
								4-04/03/1974	4-Dépoussiérage, régénération vernis
								5-Paulet 12/10/1976	5-Bichonnage
								6-Lepavec G. 01/01/1987	6-Traitement superficiel vernis
								7-Lepavec Y. 08/1989+Whitney 09/1992+ le Dantec 10/2004	7-Dépoussiérage
								8-Dechelette 05/05/1994	8-Reprise de la déformation
								9-Lepage A. 16/05/1994	9-Régénération du chanci du bord inférieur
								10-Viala et Joubert 15/02/2005	10-Pose de protection arrière
								11-Mendili et Yolanta 09/2006 et 07/2007	11-Bichonnage
Delacroix Eugène	<i>Turc assis. Portrait présumé de Paul Barroilhet.</i>	1798-1863	RF 1953-37	465x380	T	Musée du Louvre	Fr	1-Lepage 27/05/1966	1-Bordage
								2-Michel 31/05/1966	2-Bichonné
								3-Brans 26/11/1968 + 28/01/1969	3-Régénération vernis + régénération

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
		Vers 1905	Partie gauche			Fiche de santé : vers 1940	« Important chanci sur toute la partie gauche du tableau. »	
				x	x Zezzos 01/07/1942	Fiche de santé	« Tableau envahi par un chanci profond et généralisé. »	
			Dos personnage : carnations			Image dv66728 27/02/1997	« Prise de vue de l'angle inférieur dextre : dos d'un personnage chanci. »	
-Lepavec 23/12/1988 cire-résine près bord senestre au début ciel et périphérie -Pincas 06/12/1996 Reprise des		Ancien Joyerot 15/10/1970	Près bord senestre			Fiche de santé : - Mendili 06/12/2001	« A noter : chanci près du bord à senestre. »	En 1996 : coulures d'eau provoquées par une canalisation au niveau de la verrière de l'atelier.
			Rouges et bruns	x		Fiche de santé : Bergeon S., 30/03/1984	« Certaines zones rouges et brunes sont marquées par des chancis profonds. »	
		Joyerot 12/09/1972				Fiche de santé : Aubert M. 07/02/1973	« Enlevé le chanci. »	
		x				Fiche de santé : Lautraite 02/06/1981	« Zones légèrement chancis. »	
		Lepage 16/11/1959			x diacétone alcool	Fiche de santé : Roussel 17/06/1978	« Régénération de plusieurs zones de chanci tenace à l'aide de diacétone alcool. »	
		Lepage 23/11/1967				Fiche de santé : Chocqueel 18/11/1972	« Enlèvement du chanci. »	
Roudet L. colle de peau		1-Ancien 2-Ludovic Roudet 17/05/2013			x	Image dug2453 25/06/2013	« Après traitement du support et régénération des chancis. »	
			Ciel	x		Image : dup5286 17/02/2009	« Chanci de couleur dans le ciel »	
			Partie supérieure : ciel	x		23955 : rapport d'intervention de c-r Ewald Bettina 28/03/2011	« Sur toute la partie supérieure de l'œuvre se trouvaient des chancis créant des zones de taches blanchâtres dans le ciel. Dans l'espoir que ces chancis se situent dans la couche résiduelle du vernis un deuxième allègement a été effectué sans qu'aucun changement n'ait eu lieu. Cela signifie que les chancis se trouvent dans la couche peinte et non pas en surface. »	
		1-Ancien 2-Dechelette 30/04/1985 dérentoilage et 01/01/1986 rérentoilage				Fiche de santé : commission de restauration 13/06/1985 Lepage 16/05/1994 Lepage Anne 20/09/2012 25181 : demande d'intervention 27/07/2012	« Régénération du chanci » « Régénération du chanci du bord inférieur avec du diacétone alcool. » « Traitement de la couche picturale : remise en ordre général : régénération des chancis (isopropanol). » « Demande d'essai de régénération des chancis avant exposition. »	Fuite d'eau dans la salle Mollien dans la nuit du 16 au 17/12/1982
		Rostain 22/10/1968		x		Fiche de santé : Brans 25/03/1969+ P2415	« Allègement du vernis épais pour atteindre un chanci profond. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
XIX^e siècle									
Fabre François-Xavier	<i>Néoptolème et Ulysse enlèvent à Philoctète les flèches d'Hercule</i>	1800	INV 4361	289x463	T	Musée du Louvre	Fr		
Berthon	<i>Portrait de Bretonneau</i>	1800-1825	90	65x52	T	Académie nationale de médecine Paris	Fr		
Anonyme	<i>Portrait de Joseph-Guillaume Bodinier</i>	1800-1858	Sans	60x50	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr		
Anonyme	<i>Charles VI, dit le bien aimé ou le fou</i>	1800-1899	INV 20511	63x52	T	Musée du Louvre			
Anonyme	<i>La Flagellation</i>	1800-1899	L 41-1099	/	/	/	Fr		
Anonyme	<i>La vie de saint Nicolas de Myre : l'enfant ressuscité</i>	1800-1899	1.25.1	77x44	B	Musée eucharistique Le Hiéron Paray-le-Monial		Fabre M. 11/2001	Dépoussiéré, cartonné
Anonyme	<i>Lions couchés</i>	1800-1899	RF 3962	46x56	T	Musée du Louvre			
Girodet de Roucy Trioson Anne Louis	<i>Le baron Jean-Dominique Larrey</i>	1804	RF 1021	65x55	T	Musée du Louvre	Fr	Michel 24/05/1952	Petite restauration d'un éclat, bichonnage
Lefevre Robert	<i>Carle Vernet</i>	1804	RF 671	130x98	T	Musée du Louvre	Fr	Lepage 29/03/1967	Bordage
Jean Auguste Dominique Ingres	<i>Madame Rivière</i>	1805	MI 1446	116x90	T	Musée du Louvre	Fr	Roulet 01/06/1953	Allègement du vernis
Girodet de Roucy Trioson Anne Louis	<i>Scène de déluge</i>	Vers 1806	RF 2001-15	45x37	B	Musée du Louvre	Fr		
Girodet de Roucy Trioson Anne Louis	<i>Scène du déluge</i>	Vers 1806	INV 4934	442x341	T	Musée du Louvre	Fr	1-Michel 30/09/1949	1-Dévernissage
								2-Aubert 18/03/1969	2-Nettoyage superficiel, restauration mastic
								3-Rostain 06/05/1969	3-Pose de 8 pièces
								4-04/03/1974	4-Dépoussiérage léger, revernissage
								5-Paulet 12/10/1976 + 17/01/1978	5-Bichonnage + dépoussiérage, revernissage
								6-Cellier 12/08/1980	6-Dépoussiérage, vernissage général
								7-Krzyzynski 01/11/1985, 0/08/86	7-Décrassage, vernissage
David Jacques Louis	<i>Sacre de l'empereur Napoléon Ier et couronnement de l'impératrice Joséphine</i>	1806-1807	INV 3699	621x979	T	Musée du Louvre	Fr		
Lawrence sir Thomas	<i>Les enfants d'Ascoyghé Boucherett</i>	1808	RF 1975-23	195x146	T	Musée du Louvre	GB	1-Chocqueel 28/04/1977	1-Masticage d'écailles
								2-Juliet 12/05/1989	2-Dépoussiérage face et revers
								3-Whitney 29/05/1989	3-Pose de naimeri et vernis
Francisco de Goya	<i>Têtes et carrées de mouton</i>	1808-1812	RF 1937-120	45x62	T	Musée du Louvre	E	1-Chudeau 23/12/1958	1-Restauration mastics dans bas du tableau
								2-Michel 12/11/1963	2-Mise en état pour une exposition
								3-Brans 02/03/1970	3-Restauration des bords inférieurs et supérieur avec reprise sur le fond noir
								4-Roussel 11/04/1978	4-Dépoussiérage
Flandrin Hippolyte	<i>La solitude</i>	1809-1864	RF 1977-434	62x52	T	Musée du Louvre	Fr	Lepavec 02/05/1974	Pose de 2 pièces
Gérard François Pascal Simon baron	<i>La poésie et l'histoire</i>	Vers 1810	INV 4742	442x191	T	Musée du Louvre	Fr	Aubert 19/03/1965	Dépoussiérage
Gérard François Pascal Simon baron	<i>La victoire et la renommée</i>	Vers 1810	INV 4741	442x192	T	Musée du Louvre	Fr	Aubert 19/03/1965	Dépoussiérage
Lefevre Robert	<i>Napoléon Ier empereur des Français</i>	1811	MV 5134	278x206	T	Musée National de Versailles	Fr	1-Roche Alain 08/02/2007	1- Dérentoilage, renfort général de la toile, collage bande de tension
								2-Guirguis Lucia 02/07/2008	2-Régénération vernis
Lethière Guillaume	<i>Brutus condamnant ses fils à mort</i>	1811	INV 6228	440x783	T	Musée du Louvre	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
XIX^e siècle								
			Au bord inférieur	x		10567 : constat d'état Cortet Odile 21/09/2006	« Chanci profond au bord inférieur »	T conservée roulée
		x	Quart bas droite			24422 : rapport d'intervention de c-r Fabre Madeleine 26/03/2012	« Dans le quart bas droite, l'œuvre est affectée par un important chanci couvrant une zone de 20 cm x 30 cm »	
				x		14068 : constat d'état Mouterde Christine, 21/02/2008.	« Chancis profonds de couche picturale. »	
				x		Fiche de santé : Taillard G.	« Chancis profonds. »	
						Fiche de santé : Toupet	« Un peu de chancis. »	Toile roulée
				x		10909 : rapport d'intervention de c-r Mosaria 22/01/2007	« La couche picturale présente des zones de chancis profond, provoqué sans doute par l'excès d'humidité subi par le panneau : la fragilité de la surface ne permet aucune intervention au moyen de solvant »	Dégât des eaux
		Rostain 22/03/1964				Fiche de santé : Michel 21/07/1964	« Retiré tous les chancis. »	
		Lepage 16/10/1959		x	x	Fiche de santé : Roulet 04/03/1963	« Régénération de larges zones couvertes de chancis assez profonds. »	
			Dans le bas			Fiche de santé : Chudeau 04/04/1967	« Enlèvement du chanci dans le bas près du bordage. »	
		Rostain 24/05/1967	Fond brun			P419c : rapport d'intervention de c-r Roulet 01/06/1967	« Traitement d'un important chanci dans le fond brun. »	
			Drapé rouge sombre			4617 : rapport de laboratoire Rioux J.-P 20/08/2001	« Le drapé rouge sombre est en partie chanci légèrement. »	
Linard 25/07/1969 d'une ancienne pièce se décollant dans partie centrale						Image dup4731 : 02/12/2008	« En cours de nettoyage : témoin de vernis anciens mélangés à de la colle ; chanci à l'aspect un peu laiteux ; »	
			En bas			Fiche de santé : Commission de restauration 12/12/1947	« Chanci en bas. »	
Belcour 02/09/1991 cire-résine à l'état solide sur les		x	Autour des mains			Fiche de santé : Delmas 24/04/1994	« Présence d'un chanci autour des mains. »	
Linard 23/12/1963 des lèvres (de la fente)			Fond noir	x		Image dv70672 03/06/1998	« Prise de vue : de l'essai à droite sur le fond : matière originale noire localement affectée d'un chanci de couleur. »	
					x	Fiche de santé : Mâle 06/05/1974	« Régénération du chanci. »	
		Lepage 03/04/1965			x	Fiche de santé : Bazin 12/05/1965	« Régénération des zones chancies. »	
		Lepage 03/04/1965			x	Fiche de santé : Bazin 12/05/1965	« Régénération des zones chancies. »	
		x			x	22146 : rapport d'intervention de c-r Guirguis Lucia 03/03/2011	« Il est possible qu'il y ait des zones qui nécessitent plusieurs étapes de régénération. Par ailleurs, s'il s'avérait que dans certaines zones les chancis des vernis soient définitivement irréversibles, ou alors que le liant de la couche picturale soit lui-même affecté de chancis »	
Lepage 01/04/1963 cassure à la colle de peaux, collage bande gaze revers		Ten Kate 05/05/1984 colle de pâte				Fiche de santé : Cortet 11/10/1984	« On note un chanci partiel sur toute la surface : dû au rentoilage. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Dupré Jules	<i>L'étang</i>	1811-1889	RF 1413	55x65	T	Musée du Louvre	Fr		
Dupré Jules	<i>Le port Saint-Nicolas de Paris</i>	1811-1889	CHY 503	38x46	T	Musée Condé Chantilly	Fr		
Géricault Théodore	<i>Officier de chasseur à cheval de la garde impériale chargeant</i>	1812	INV 4885	349x266	T	Musée du Louvre	Fr	1-Roulet 12/12/1947	1-Allègement vernis, repeints
								2-Michel 24/09/1957	2-Dépoussiérage, essuyage buée
								3-Roulet Paulet 28/06/1966	3-Nettoyé, bichonné, régénéré vernis
								4-Rostain 01/07/1968	4-Pose bandes de tension
								5-Roulet 01/07/1969	5-Epoussetage, régénération vernis
								6-Krzyzynski 01/09/1984	6-Décrassage, vernissage
Ingres Jean Auguste Dominique	<i>Portrait de madame de Senonnes</i>	1814	INV 1028	106x84	T	Musée des Beaux-Arts Nantes	Fr		
Pierre Paul Prud'Hon	<i>Un jeune zéphyr se balançant au-dessus de l'eau</i>	Vers 1814	RF 2158	128x98	T	Musée du Louvre	Fr	1-Zezzo 26/08/1952	1-Traitement vernis
								2-Michel 13/05/1958	2-Nettoyage, bichonnage
								3-Paulet 25/08/1964	3-Mastiqué trou, dépoussiérage
								4-Guinand 02/08/1982	4-Bichonnage
								5-Bekour 12/05/1986	5-Vernissage, retouche
Drolling Martin	<i>Intérieur d'une cuisine</i>	1815	INV 4097	65x81	T	Musée du Louvre	Fr	1-Zezzo 11/07/1942	1-Allègement vernis, déplaquages
								2-Aillet 28/07/1953	2-Régénération
Guerin Pierre Narcisse	<i>Clytemnestre hésitant avant de frapper Agamemnon endormi, Egisthe, son complice, la pousse</i>	1817	INV 5185	342x325	T	Musée du Louvre	Fr	1-Aubert 01/03/1959	1-Nettoyage superficiel régénération vernis
								2-Lepage 10/03/1969	2-Bordage, pose 4 pièces à la cire, tension
								3-Rostain 03/04/1969	3-Pose bandes de tension et rétention de la toile, réglage toile.
								4-04/03/1974	4-Dépoussiérage, vernissage
								5-Paulet 12/10/1976	5-Bichonnage
								6-Krzyzynski 01/08/1986+24/11/1987	6-Décrassage, vernissage, passage éponge humide
								7-Lepavec 21/08/1989	7-Dépoussiérage face et revers
								8-Delteil 07/11/1994	8-Dépoussiérage revers, enlèvement corps étranger, dégraisage châssis white spirit
								9-Lepage 08/12/994	9-Mastic, vernissage
Scheffer Ary	<i>Portrait de Guillaume Bodinier</i>	1817	MBA 233 J 1881	/	T	Musée des Beaux-Arts Angers	Fr	Roudet L. 02/2009	Dépose hors châssis, mise en extension, consolidation des zones accidentées et générale de la toile, pose pièces de renfort, pose de bandes de tension, mise sur châssis et bordage
Jean Auguste Dominique Ingres	<i>Angélique</i>	1819	RF 2520	85x43	T	Musée du Louvre	Fr	1-Longa 01/12/1940	1-Raccords
								2-Linard 14/05/1969	2-Léger vernissage
								3-Machoire 30/06/1972	3-Bichonnage
Jean Auguste Dominique Ingres	<i>Roger délivrant Angélique</i>	1819	5419/ MR 3636	147x190	T	Musée du Louvre	Fr	Linard 16/10/1962	Bichonnage
Scheffer Ary	<i>Dévouement patriotique de six bourgeois de Calais en 1342</i>	1819	INV 7854	323x547	T	Assemblée nationale Paris	Fr	Joyerot E. 15/03/2007	Maintien des bords de toile, protection des parties en soulèvement, dépoussiérage revers, toile, pose molleton
Richard Fleury François	<i>Le petit chaperon rouge</i>	1820	RF 1995-6	35x47	T	Musée du Louvre	Fr		
Vernet Horace	<i>La barrière de Clichy. Défense de Paris, le 30 mars 1814</i>	1820	RF 126	98x104	T	Musée du Louvre	Fr	1-Zezzo 08/05/1954-01/06/54	1-Régénération et raccords ; pièce et restauration sur déchirure
								2-Aubert 01/11/1959	2-Allègement
								3-Lepavec M 25/11/1975	3-Résorption de l'enfoncement et pose pièce à la cire
								4-Lepavec G 28/11/1975	4-Restauration de l'accident
								5-Chocqueel 22/02/1980	5-Dépoussiérage coton humide, refixage mastic sur bord inf. Vernissage
								6-Cellier 28/12/1988 et Whitney 25/05/1992	6-Dépoussiérage
Beaume Joseph	<i>Henri III à son lit de mort</i>	1822	INV 2449	100x117	T	Musée du Louvre	Fr		
Granet François Marius	<i>Intérieur de la basilique basse de saint François, à Assise</i>	1823	INV 5009	200x274	T	Musée du Louvre	Fr	Lepavec 02/03/1977	Bichonnage
Sigalon Xavier	<i>Antonio Pacini</i>	1823	RF 2401	67x57	T	Musée du Louvre	Fr		
Heim François-Joseph	<i>La destruction de Jérusalem par les Romains</i>	1824	INV 5305	392x460	T	Musée du Louvre	Fr		
Mauzaisse Jean-Baptiste	<i>Martyre de saint Etienne</i>	1824	INV 20562	387x483	T	Musée du Louvre	Fr		
Lucas y Velasquez Eugenio	<i>La garrot</i>	1824-1870	153 CH	51x38	B	Musée des Beaux-arts Agen	E		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
						Fiche de santé : Roulet 02/10/1951	« Enlèvement de chancis. »	
					x	Image dv21932	« Légende technique : avec témoins de régénération du chanci. »	
			Moitié senestre			Fiche de santé : Bergeon Cortet Pattyn 02/03/1988	« Le tableau paraît gris et présente des irrégularités surtout dans la moitié senestre (traînée qui semblent sans vernis, aspect blanchâtre dans craquelures; serait-ce un chanci en rapport avec la présence de colle?)".	
		x			x	Image dv2582	« Chancis très visible dans la moitié non régénérée. »	
						Fiche de santé : -Zezos 26/08/1952 - Kroel 15/12/1988	« Quelques chancis raccords de déplacements. » « La couche picturale présente de nombreux chancis. »	
Lepage 02/04/1942		Lepage 22/07/1941				Fiche de santé : Toupet 16/10/1968	« Suppression d'une petite zones de chancis. »	
						Fiche de santé : Kzryzynski 15/12/1994	« Décrassage avec une éponge humide : chanci. »	
Roudet L. locaux avec spatule chauffante			Noir et brun			Image dug1185 09/02/2009	« En cours de nettoyage, après traitement du support. Nombreux chancis. »	
1- 23/08/1939 2-Linard		1-Ancien 2-Lepavec				Fiche de santé : Lautraite 02/11/1987	« Seul le chanci est gênant »	
Zezos 07/05/1954		Rostain 28/02/1967			x	P1916 : rapport d'intervention de c-r 04/1967	« Après le rentoilage, un chanci léger a été régénéré. »	
						Image dug1135 23/01/2009	« Après traitement du support, avant nettoyage. [...] chancis »	
		1-Ancien 2-Lepavec 01/01/1996 mixte			x	Fiche de santé : Ceresa 01/04/1996	« Régénération du chanci post rentoilage. »	
		Lepage 16/09/1959	Repeint		x vernis à retoucher	Fiche de santé : Delleil 05/11/1992	« Régénération locale par pose de vernis à retoucher au pinceau sur un repeint chanci. »	
			Bas à senestre			Fiche de santé : -Bajou T 24/07/1985 -Cortet O 17/06/1988 -Lautraite a 14/09/1993	« Chanci dans l'angle inférieur senestre. » « Chancis locaux » « Chanci en bas à senestre »	
		Joyerot 01/12/1984 colle de pâte				Fiche de santé : Cortet 24/02/2000	« Léger chanci »	
						Fiche de santé : Michel	« Avec du chancis sur le vêtement »	
			Haut à senestre			Fiche de santé : Mâle Rostain Bergeon Guinand 10/06/1977	« Gros chanci en haut à senestre. »	
		Ten Kate 04/07/1977				Fiche de santé : Taillard G. 25/07/1988	« Quelques zones chancis. »	
			Fond gris			27226 : rapport de laboratoire, Mottin Bruno, 19/11/2013	« L'état de surface est altéré : tout le fond gris est victime d'un petit chanci qui donne un aspect grésillé à la surface. Il est difficile de préciser si ce chancis n'affecte que le vernis ou également la couleur. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Forbin Louis Nicolas Philippe	<i>Vue de Jérusalem, prise de la vallée de Josaphat</i>	1825	INV 4491	97x128	T	Musée du Louvre	Fr	1-Aillet 02/11/1948	1-Nettoyage, rebouchages, raccords, vernissage
								2-Chudeau 19/04/1960 + 04/1963	2-Nettoyage superficiel, vernis + dépolissage, bichonnage, vernissage
								3-Roulet 31/12/1968	3-Nettoyage régénération vernis
								4-Krzyzynski 01/10/1978	4-Décrassage à l'eau, vernissage
								5-Belcour 05/1985	5-Décrassage, allègement vernis, masticages, vernissage général, retouches
								6-Lepavec G. 16/06/1987 + Arbus 03/06/1992	6-Dépolissage face revers
Anonyme	<i>L'Accident ; taureau et cavalier</i>	1825-1850	MNR 148/ INV D963 2	97x130	T	Musée du Louvre			
Anonyme	<i>Charles X portrait en buste</i>	Vers 1825	INV 20456	85x71	T	Musée du Louvre	Jacob C. 01/06/1973	Régénération	
Ingres Jean Auguste Dominique	<i>Madame de Marcote de Sainte-Marie</i>	1826	RF 2398	93x74	T	Musée du Louvre	Fr	1-Michel 09/09/1952	1-Repiqué petits éclats
								2-Goulinat 29/04/1958	2-Restauration petite écaïlle
								3-Linard 04/06/1963	3-Masticage, restauration d'un petit accident bord inférieur
								4-Linard 08/03/1966	4-Bichonné
Couder Louis-Charles-Auguste	<i>Tanneguy du Chatel sauvant le Dauphin</i>	1827	D 828 1 1	315x237	T	Musée des Beaux-Arts et d'archéologie Rennes			
Deveria Eugène	<i>Naissance d'Henri IV au château de Pau</i>	1827	INV 4070	484x392	T	Musée du Louvre			
Lethiere Guillaume	<i>La mort de Virginie</i>	1828	INV 6229	458x778	T	Musée du Louvre	Fr	1-Lepage, Guinand 01/04/1978	1-Décrassage, régénération et allègement vernis, masticage, réintégration, vernissage
								2-Krzyzynski 01/08/1986	2-Décrassage, vernissage
								3-Krzyzynski 16/11/1987	3-Dépolissage, enlever embus
Jouvenet Jean Baptiste	<i>L'extrême-onction</i>	Avant 1830	INV 5496	232x172	T	Musée du Louvre	Chudeau 30/05/1966	Régénération du vernis	
Granet François Marius	<i>Rachat de prisonniers dans les prisons d'Alger</i>	1831	INV 5002	152x200	T	Musée du Louvre			
Jean Auguste Dominique Ingres	<i>Louis-François Bertin</i>	1832	RF 1071	117x95	T	Musée du Louvre	Fr	1-Roulet 24/07/1962	1-Nettoyé et régénéré le vernis
								2-Linard 07/08/1962	2-Bichonnage
								3-Lepage 26/05/1964	3-Châssis remis dimensions originales, découler toile, tension, bordage
								4-Rostain 22/03/1966	4-Châssis changé, toile retendue, rebordée
								5-Roulet 25/03/1966	5-Bichonné, régénéré vernis
Signol Emile	<i>La mort de Virginie</i>	1832	911.16.1	213x276	T	Musée des Beaux-Arts Reims	Viala J.-P 02/2006	Démontage rentoilage, cartonnage, pose d'une gaze à la colle de pâte, doublage revers.	
Harle Jean-Baptiste	<i>La cour du palais du podestat à Pistoia</i>	Vers 1833-1834	RF 1984-2	35x47	T	Musée du Louvre			
Beaume Joseph	<i>Derniers moments de la Grande Dauphine</i>	1834	INV 2451	131x178	T	Musée du Louvre			
Beaume Joseph	<i>Anne d'Autriche au monastère du Val-de-Grâce</i>	1835	INV 2450	132x179	T	Musée du Louvre			
Delacroix Eugène	<i>Le prisonnier de Chillon</i>	1835	RF 1660	74x93	T	Musée du Louvre	Fr	1-Paulet 02/02/1960	1-Allègement des vernis, vernissage
								2-Lepavec 22/12/1988	2-Dépolissage revers aspirateur, face chiffon
Montpezat Henri Auguste d'Ainecy	<i>Rendez-vous de chasse</i>	1835-1859	INV 6779	131x163	T	Musée du Louvre			
Chauffier Pierre Charles	<i>Christ en croix</i>	1836	MI 339	290x120	T	Musée du Louvre			
Chasseriau Théodore	<i>Vénus Anadyomène dite Vénus marine</i>	1838	RF 2262	66x55	T	Musée du Louvre			
Delaroche Paul	<i>Napoléon Ier à Fontainebleau</i>	1840	11931/ Ea 90/1	181x137	T	Musée de l'Armée Paris			

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
Lepavec Y. 04/1985 par le revers à la cire-résine		Lepavec Y. 01/04/1985 à la cire-résine après cartonnage à colle de pâte	Ciel : gris			7205 : rapport : constat d'état Le Dantec Nathalie 10/04/2005	« On remarque dans le ciel la présence de zones claires qui ne semblent pas correspondre à la fumée provenant de l'incendie mais qui pourraient bien être des chancis. Dans le centre du tableau, trois points clairs situés près des personnages correspondent à un chanci avec frottement »	
		x				Fiche de santé : Bajou 01/11/1986	« État de présentation : chanci, lacune, repeints. »	
		Joyerot 08/03/1973	Rouge		x	Fiche de santé : 1973 et 1979 Bergeon	« Régénération des chancis dans les rouges. » « Etude avec le laboratoire de Recherche des Musées du blanchiment des rouges. »	
		Rostain 08/03/1967				P1608 : rapport d'intervention de c-r 19/05/1967 Roulet	« Enlèvement de nombreux chancis et régénération du vernis. »	
						3733 : rapport de laboratoire Martin Elisabeth 31/01/1996 Syn12 : 07/1999	« Le prélèvement a été fait dans une zone chanci du fond sombre pour étude de la stratigraphie » « Un prélèvement a été effectué dans le fond sombre (angle supérieur droit) dans une zone de chancis afin de voir s'il y a une interpénétration entre le vernis et le liant de la couche picturale. »	
		Chanffrey, Muller 01/12/1949				Fiche de santé : Roulet 10/07/1950	« Traitement d'un chanci généralisé »	
		Ten Kate M. 15/11/1977				Fiche de santé : - Cortet et Krzyzynski 17/07/1986 - Delmas C. 16/10/1995	« Zones chancis (ceci date probablement du rentoilage) » « Chanci sur retouche à mi-hauteur sous la couture horizontale à senestre. »	
Lepage 13/05/1966 général sous papier		x				Fiche de santé : Chudeau 03/06/1966	« Enlèvement des chancis persistants »	
		Ten Kate M. 01/07/1979	Fenêtre : noire			Image dv10556 29/08/1979	« Légende technique : après rentoilage ; chanci irrégulier sur la fenêtre. »	
		Rostain 16/04/1967				P1812 : rapport d'intervention de c-r : Roulet, 25/05/1967	« Nettoyé et traité un important chanci, particulièrement difficile à enlever. »	
Viala 02/2006 par le revers colle de peau 6 %		x	Feuille, poteau : brun chevelure, filet, au-dessus de Virginie (noir) et sa chevelure	x		9979: Rapport d'intervention en conservation-restauration, Bedel de Buzareingues Bertrand, 13/07/2006.	« La matière semble profondément dégradée en quelques endroits : à l'endroit de la feuille et du poteau au-dessus de la tête de la vieille femme, au niveau du filet, dans le fond au-dessus de la tête de Virginie et au niveau de sa chevelure. Cette dégradation ressemble à des chancis profonds et irréversibles. »	
						Fiche de santé : Bergeon 08/03/1984	« Il semble qu'il y ait une sorte de chanci (=aspect blanchâtre). »	
						Fiche de santé : Aubert Joyerot	« Grandes coulures de chancis. »	
						Fiche de santé : Aubert Joyerot	« Des grandes traînées de chancis rendent le tableau illisible. Prévoir un rentoilage et une régénération du chanci »	
		Anciennement				Fiche de santé : Kroell 22/12/1988	« Léger chanci. »	
		Joyerot 01/06/1986 à la colle	A dextre dans les arbres		x	Fiche de santé : Bajou T 13/11/1986 Dumeau C 05/01/1999	« Chanci localisé » « Le rentoilage a entraîné la formation de chancis locaux (à dextre dans les arbres). [...] Régénération des chancis. »	
						Fiche de santé : Toupet 26/06/1963	« Couvert de chancis. »	
		Lepage 26/04/1956				Fiche de santé : Michel M. 13/11/1956	« Nettoyé et retiré les chancis. »	
						16112 : demande d'intervention 14/04/2008	« Dégât des eaux ancien (avant son arrivée au musée) manifeste au dos (rigidité du support, piqué), chancis important dans certaines parties (voilage notamment) »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Rouget Georges	<i>Bonaparte franchissant le Grand Saint Bernard</i>	1840	INV 5389 bis/ EA 87	275x233	T	Ministère de la défense Paris	Fr	Bardez J.-F 10/2007	Toile démontée du châssis, dépoussiérage revers, collage des déchirures, imprégnation adhésif sur bords, bandes tissu collées collées en renfort des bords.
Saint François Léon-Joly de	<i>Paysage arabe</i>	1840-1886	RF 3813	48x61	T	Musée d'Orsay	Fr		
Soyer Paul-Constant	<i>Dentellières à Asnières-sur-Oise</i>	1841-1903	INV 20026	60x80	T	Musée national de la légion d'honneur et des ordres de chevalerie Paris	Fr		
Chasseriau Théodore	<i>Un bain au sérail</i>	1849	RF 3885	50x32	B	Musée du Louvre	Fr	1-Roulet 20/06/1950	1-Nettoyage, bichonnage, régénération
								2-Linard 06/03/1956, Michel 09/02/1960, Chudeau 25/05/1967	2-Bichonnage
								3-Mondorf 29/08/1978	3-Décrassage, vernissage
Gustave Courbet	<i>Marc Trapadoux examinant un livre d'estampes</i>	Vers 1849	MNPL 46	41x32	B	Musée d'art moderne Troyes	Fr		
Chavet Victor Joseph	<i>Le Louvre de Napoléon III</i>	1857	INV 20048	212x222	T	Musée national du château de Compiègne	Fr	Paulet 24/12/1963	Dépoussiérage
Jongkind Johan Bartold	<i>Paysage</i>	1857	RF 1961-50	42x56	T	Musée du Louvre	Fl		
Rigo Jules	<i>Le général Canrobert dans une tranchée au siège de Sébastopol</i>	1859	MV 1962	254x373	T	Musée National de Versailles	Fr	1-Lutet Y. 07/2005	1-Assèchement, nettoyage revers, collage déchirures, pose renforts, repassage, pose tarlatane colle de pâte et intissé, doublage sur toile, remontage.
								2-Arbus Brigitte 11/2005	2-Décrassage, élimination repeints mastics, allègement vernis.
Dupré Jules	<i>Le berger, soleil couchant</i>	1860-1865	RF 1834	37x63	T	Musée d'Orsay	Fr		
Gustave Courbet	<i>Le Gour de Conche</i>	1864	INV D 953 1 3	74x60	T	Musée des Beaux-Arts et d'archéologie Besançon	Fr		
Lehmann Henri	<i>La source ou L'eau</i>	Vers 1869-1872	MNR 877	122x150	T	Musée du Louvre	Fr		
Bazille Jean Frédéric	<i>Ruth et Booz</i>	1870	2004	138x198	T	Musée Fabre Montpellier	Fr		
Corot Jean-Baptiste Camille	<i>Le beffroi de Douai</i>	1871	RF 1710	47x39	T	Musée du Louvre	Fr	1-Roulet 15/09/1959	1-Restauration provisoire éraflure
								2-Goulinat 07/12/1959 au 11/06/1960	2-Allègement vernis, bouchage trou
								3-Brans 08/07/1970	3-Régénération, pose mastics bordure droite
								4-Blanc 12/05/1975	4-Bichonnage
								5-Lepavec 1988-Whitney 1990-Houdelinckx 1992	5-Dépoussiérage

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
			Ciel, draperies rouges, partie grise de la botte, ombre du mollet de la cuisse de Bonaparte		x	14132 : rapport d'intervention de c-r Guirguis Lucia 03/12/2007	« On observait des fins jutages plus ou moins opaques et des zones blanchâtres dans le ciel et sur les draperies rouges, ainsi que des traits blanchâtres sur la queue. Une zone altérée ou chancie était également présente sur toute la portion grise de la botte. Un important chanci affectait l'ombre du mollet et de la cuisse de Bonaparte. [...] Les autres zones blanchâtres, qu'il s'agisse des chancis ou d'autres blanchiments, ont pu être partiellement ou totalement régénérées, sur toute la portion grise de la botte de Bonaparte et sur l'ombre du mollet et de la cuisse. »	
						Fiche de santé : Mâle 21/07/1978	« Il n'y a pas de moisissures ; c'est plutôt du chanci. »	
		Lepage 18/09/1958				Fiche de santé : Michel M. 08/11/1966	« Retiré les chancis sur toute la surface de la peinture. »	
			Repeints			Fiche de santé : Crespel 30/09/1992	« Présentation couche picturale terne avec des matités et des repeints chancis. »	
				x		24238 : demande d'intervention 12/07/2011	« Œuvre présentant des chancis et de possibles moisissures dus à un état confiné pendant plusieurs années. » « L'huile sur bois a été « enfermée » dans son cadre, entre une vitre côté face et un carton plume côté revers hermétiquement fixé par un ruban adhésif. Cet état confiné, qui a duré plusieurs années, a vraisemblablement emprisonné de l'humidité qui a causé des chancis de vernis et peut-être des chancis de couche picturale (les chancis semblent suivre les formes de la peinture. L'aspect rond des chancis évoquent de possibles moisissures. »	
		Lepage 1964			x	P2240 : rapport d'intervention de c-r 07/07/1965 J. Poincier	« Quelques traces de chancis ont été régénérées puis enlevées pour égalisation de la partie supérieure. »	
		« Ancien » colle de pâte	Ombres à senestre			L0153 : constat d'état 29/04/2003	« Très léger chanci visible dans les ombres à senestre. »	
Lutet Y. 07/2005 général par la face à la colle de peau.			A droite du visage du général : tons rouges et vêtement du soldat : tons bleus sombres.	x		11593 : rapport d'intervention de c-r Arbus Brigitte 01/2006	« Pose de glacis au niveau d'un chanci profond qui n'a pas pu être résorbé au moment du nettoyage (ce chanci est situé à la droite du visage du général au niveau des tons rouges et au-dessus au niveau des bleus sombres du vêtement du soldat.) »	Inondation le 23 juin 2005 « l'orage a précipité au travers des verrières défailantes une grande quantité d'eau sur cette toile et le tableau a stagné dedans. »
		x avant 1980				Fiche de santé : Bernadac	« Taches blanches de chanci ou moisissures. »	
		x	Repeints			26340 : constat d'état Cortet Odile/Pinette 18/04/1990	« Vernis et repeints localement chancis. »	
						Fiche de santé : Roussel 01/05/1983	« Régénération de la surface chancie (alcool éthylique passé à la brosse) »	
						7940 : rapport d'intervention de c-r Deyrolle Sophie 06/01/2006	« La couche picturale présente localement des chancis qui forment des taches. Afin de les atténuer la surface reçoit une couche très légère de résine Laropal (5%). »	
1-Nazat 25/06/1974 cire-résine (3 soulèvements près bord senestre) 2-Amoore 29/08/1978 acétate		Rostain 16/01/1970 châssis neuf	Bord senestre			Fiche de santé Deltel F. 02/11/1992	« Vernissage de minuscules repeints chancis sur le bord senestre. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Anonyme	<i>Jean Carries</i>	1876	RF 1983-24	48x39	T	Musée d'Orsay			
Bastien-Lepage Jules	<i>La nuit sur la lagune</i>	Vers 1880	1938 F 28	53x66	T	Musée Magnin Dijon	Fr		
Falguière Jean Alexandre	<i>Eventail et poignard</i>	1882	RF 332	185x114	T	Musée d'Orsay	Fr	Prunet T. 23/05/1986	Dépoussiérage revers et face
Weerts Jean-Joseph	<i>Mort de Joseph Bara</i>	1883	RF 570	350x250	T	Musée d'Orsay	Fr		
Dabat Alfred	<i>La danseuse rouge</i>	1888-1913	RF 1977-129	201x181	T	Musée d'Orsay	Autre		
XX^e siècle									
Rousseau Henri	<i>La carriole du père Junier</i>	1908	RF 1960-26	97x131	T	Musée de L'Orangerie Paris	Fr	1980	Allègement, enlèvement des repeints
Martin Alfred	<i>La salle Jean Goujon au musée du Louvre</i>	1914	INV 20426	136x181	T	Musée du Louvre	Fr	1-Gillet F. 25/11/1988	1-Dépoussiérage à sec, masticage et retouche à dextre.
								2-Rabu R. 22/06/1994	2-Démontage nettoyage châssis, recollage montants, pose pièce à la cire résine, masticage.
								3-Pincas N. 23/06/1994	3-Décrassage eau, masticage, retouche.
Bonnard Pierre	<i>Intérieur</i>	Vers 1920	RF 1973-8	53x57	T	Musée d'Orsay	Fr		
Dufy Raoul	<i>La mer</i>	1921-1922	2002.1.45	130x162	T	Musée de l'abbaye Saint-Claude	Fr		
Matisse Henri	<i>La danse inachevée</i>	1931	AMPV 2728(1) à (3)	/	T	Musée d'art moderne Paris	Fr		
Bryen Camille	<i>Je peins je</i>	1954	9819.1	147x97	T	Musée des Beaux-Arts Nantes	Fr		
Mitchell Joan	<i>Méphisto</i>	1958	AM 1995-162	182x162	T	Musée des Beaux-Arts Nantes	Autre		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
			En bas à senestre			Fiche de santé : Lautraite	« Chanci en bas à senestre »	Fiche de santé : 24/02/1986 Petry C. « Importantes taches de moisissures au revers, elles sont apparentes sur la couche picturale en bas à senestre. »
			Autour du clocher : bleu/gris			Image dv13632	« Avant restauration : chanci autour du clocher. »	
						Fiche de santé : Lautraite 03/01/1990	« Présentation : non satisfaisante en raison d'un important chanci. »	
			En bas à senestre			Fiche de santé : Lautraite 07/05/1979	« Tableau très crasseux avec une large zone chancie en bas à senestre à régénérer. »	
			Rouge, carrelage, (noir et vert) marron et vert			Image dv68672 dv68670	« Pied de la danseuse rouge et carrelage : chancis sure le rouge avec essai, idem sur le carrelage. » « Chancis sur le carrelage en bas à droite, chancis plus prononcés sur le marron que sur le vert. »	
XX^e siècle								
						1441 : rapport de laboratoire J.-P. Rioux 16/12/1980 <i>Recherche de la nature des petites tâches claires disséminées sur la plupart des couleurs.</i>	« En conclusion il apparaît que les tâches blanches ne sont pas des altérations de la matière picturale originale mais sont des petites repeints superficiels dissimulant le plus souvent des sur épaisseurs locales d'un vernis sombre et discontinu. La matière des repeints est probablement un jutage riche en résine qui aurait blanchi par suite de chancis »	
Gillet 25/11/1988 Rhodopas dans de l'alcool au centre dans le rouge			Fond rouge		x vernis Rembrandt + white spirit	Fiche de santé : -Pincas 23/06/1994 -Dumeau C. 26/06/1999	« Régénération de deux zones de chanci en haut à senestre et milieu (droite) avec du vernis Rembrandt + white spirit posé au pinceau » « Mais la couche picturale récemment bichonnée, présente à nouveau dans le fond rouge deux zones de chancis traités en 1994 : au-dessus de l'arc de Diane et dans la porte au centre. »	
						7044 : constat d'état Haviland Catherine 02/02/2004	« Chanci. »	
1- 1922-1934 colle passée à tiède. 2- 2008 : refixage ponctuel d'une micro-écaille		Ancien 1922-1934, colle de pâte	Haut à senestre, repeints, bleu		x résine Régalez 1094 à 10 % dans mélange de Shellsol D 40 et cyclohexane (50/50) (voir doc 18843)	Image dup3800 18843 : rapport d'étude avant intervention 15/07/2008 Hubert Marie-Odile	« Prise de vue:face : en haut à senestre. Probable chanci de couleur en décoloration. » « Repeints : [...] On note une altération particulière à leur marge, semblant correspondre à un chancis ou à une microfissuration située à la fois dans les marges des repeints et dans le vernis. Peut-il s'agir d'une réaction physico-chimique liée à une solubilisation partielle de la matière filmogène employée comme liant du repeint avec le solvant employé pour appliquer la résine-verniss ? »	
					x	3217 : rapport de laboratoire 08/12/1992	« Un blanchiment affecte la couleur ; peut être s'agit-il d'un chanci de couleur (perte de cohésion du liant de celle-ci vraisemblablement. »	
		1978 : rentoilage ou doublage				10463 : constat d'état Chevalier Aurélia / Husson Carole, 07/07/2006.	« Chanci de cp localisé »	
18/06/1999 Colle d'esturgeon			Verts mats		x	12260 : Constat d'état Barabant Gilles 18/12/2006	« Blanchiments et décolorations par probable chanci de couleur dans les plages les plus maigres, notamment les verts mats. »	

Auteur	Titre de l'œuvre	Date	N° d'inventaire	Dimensions (en cm)	Support	Lieu de conservation	Pays	Restauration	Nature des traitements
Sans date									
Anonyme	<i>Cyrus enfant confié à un berger</i>		INV 8695	84x66	T	Musée du Louvre	Fr		
Anonyme d'après Poussin Nicolas	<i>L'adoration des Mages</i>		INV 7278	163x174	T	Musée du Louvre	Fr	Paulet 24/02/1970 :	Régénération du vernis chancis
Anonyme d'après Nattier	<i>Le dauphin Louis de France, fils de Louis XV</i>		INV 9389	72x59	T	Musée du Louvre			
Anonyme	<i>L'improvisateur</i>		MPR 10742 (numéro de régie)	/	/	/			
Ferrari Gregorio de	<i>La communion de Sainte Catherine de Sienna</i>		Inv 1 17	95x72	T	Musée eucharistique Le Hiéron Paray-le-Monial	I	11/2001	Dépoussiérage, cartonnage
Halle	<i>Salle de la smalah : la réparation faite à Louis XIV par le doge de Genes</i>		MV2107/ INV5266/ MR1802	/	T	Musée National de Versailles	Fr		
Saint-François Léon-Joly de	<i>Clair de lune dans les Vosges</i>		SRMF 6223 (numéro de régie)	102x71	T	Musée du Vieux-Château Laval	Fr		

Refixage	Transposition	Rentoilage	Localisation	Chanci profond	Régénération	Référence des dossiers documentaires	Extrait	Commentaire
Sans date								
		Joyerot 01/05/1986 à la colle				Fiche de santé : Bajou 01/09/1986	« Léger chanci »	
Lepage 07/10/1958	1. "Ancienne " 2. Reprise Ten kate 05/07/1976				x	Image : dv22090 Fiche de santé : -Mâle Aubert 12/03/1962 -Mâle 24/01/1978 -Bergeon Cuzin 13/02/1978	« Avec essai de régénération du chanci. » « Très chanci » « Chanci à régénérer » « En cours de régénération du chanci. »	
						Fiche de santé : Bergeon S.	« Chancis. »	
			A droite de la veste noire du personnage accroupi de dos	x		Image dv57984	« A droite de la veste noire du personnage accroupi de dos : altérations, chanci de couche picturale. »	
Roche Alain 09/2004 ponctuel par la face à la colle d'esturgeon		1- Ancien à la colle 2-Roche Alain 09/2004		x		5844 : rapport d'intervention de c-r, Moreira Régina 20/10/2004	« Couche picturale chancie. »	
			Haut de l'architecture : ocre			Image dv44872	« Haut de l'architecture : avant intervention, usures et chancis. »	
			Vert et jaune		x	Image dv77354	« Avec essai de régénération des chancis. »	

ANNEXE II

Etude à partir de sources historiques des liants employés en peinture à l'huile du XVII^e au XIX^e siècle

1. Le liant en peinture à l'huile	58
2. Présentation des traités étudiés	59
2.1. Le traité de peinture ancien : un ouvrage singulier	59
2.1.1. Les non-dits volontaires : les secrets d'atelier	59
2.1.2. La peinture : une discipline en perpétuel questionnement	60
2.1.3. Les non-dits involontaires : mise à distance temporelle et linguistique	60
2.2. Présentation des traités étudiés et contexte historique	61
2.2.1. XVII ^e siècle	63
2.2.2. XVIII ^e siècle	65
2.2.3. XIX ^e siècle	67
3. Etude des matériaux constitutifs des liants	71
3.1. Etude de la nature des huiles	71
3.2. Les siccatifs	73
3.2.1. Des siccatifs métalliques de compositions chimiques diverses	73
3.2.2. Etude des siccatifs au plomb	77
3.2.3. Etude de l'association des siccatifs	79
3.3. Etude de la nature des autres substances ajoutées	81
4. Etude des procédés de transformations	88
5. Recettes de liants employés en peinture à l'huile	91
6. Recettes de vernis préparés explicitement pour être mêlés aux pigments	140
Bibliographie	156

L'influence notable du siècle d'exécution d'une œuvre sur la propension à chancier nous a incités à nous interroger sur l'évolution des pratiques de préparation des liants au cours des siècles. La technique de la peinture à l'huile a évolué au fil du temps pour des raisons techniques (nouveaux matériaux, nouvelles techniques de distillation...) et économiques ou à cause des effets de modes. L'étude de 19 traités français datés du XVII^e au XIX^e siècle a permis de recenser 127 recettes. Elles sont répertoriées par traités et chronologiquement à la fin de l'annexe (§5 et 6). Nous commencerons par revenir sur la définition du terme « liant » en peinture à l'huile. Nous exposerons ensuite les spécificités des traités anciens de peinture et présenterons succinctement les traités étudiés (date, auteur, contexte historique...). Pour finir, la restitution des résultats a été divisée en deux parties. Une première partie vise à préciser la nature des matières premières utilisées dans les recettes de liant. La seconde s'attardera plus spécifiquement sur les procédés de préparation.

1. Le liant en peinture à l'huile

Avant de poursuivre cette partie, il convient de définir brièvement le terme « liant » pour la peinture de chevalet. Pour Jean Petit, Jacques Roire et Henri Valot, il s'agit d'un « *constituant filmogène d'une pellicule de peinture dans lequel sont dispersés les particules de pigments et de matières de charge* » (Petit *et al.* 2006). Le liant permet notamment d'assurer l'adhérence et la cohésion des couches picturales. Il doit avoir une couleur la plus neutre qui soit et être le plus inerte possible vis-à-vis des pigments pour limiter les dégradations chromatiques. Nous nous intéresserons dans cette partie uniquement aux liants lipidiques. Les propriétés physico-chimiques, rhéologiques et siccatives des liants employés par les peintres dépendent de la nature des matériaux les constituant et surtout de leurs modes de préparation. Ainsi, la texture du liant, la fluidité de la matière et son élasticité influencent directement l'apparence finale de la couche picturale et donc celle de l'œuvre.

En pratique, deux catégories de liants peuvent être distinguées. La première permet le broyage des pigments et d'assurer un parfait enrobage de ceux-ci. La seconde catégorie regroupe les liants additionnels, qui servent à diluer les couleurs pour obtenir la texture souhaitée. Cette distinction est présente notamment dans le manuscrit de 1620 de Turquet de Mayerne : « *La première place de la palette est pour arranger les couleurs La seconde pour les destremper avec l'huyle La troisième pour l'alliance et meslange* » (De Mayerne 1970).

L'utilisation du terme « liant » est récente. Dans les traités anciens, il est majoritairement désigné par sa matière principale : l'huile. Nous retrouvons ainsi fréquemment les mentions « *huile siccative* » et « *huile grasse* », avec des orthographe parfois variables « *huile* » ou « *huyle* » ou encore « *huile secative* ». La désignation « huile siccative » renvoie à une huile qui a été modifiée dans le but de la rendre plus siccative. La mention « huile grasse » est en revanche plus surprenante et peut désigner selon les auteurs une huile brute ou une huile modifiée. Nous trouvons dans les traités des procédés visant à « dégraisser » les huiles pour les rendre plus siccatives (Perego 2005). Les huiles clarifiées sont également désignées par l'expression « *huile blanche* » par opposition au terme « *huile noire* » qui renvoie à la coloration des huiles cuites à une température élevée avec des siccatifs. Nous notons également l'emploi des termes « *crème* » et « *beurre des peintres* » chez Pierre François Tingry ou encore « *gluten* » chez Jacques Nicolas Paillot de Montabert (Tingry 1803, Paillot de Montabert 1829). Dans les ouvrages plus récents, il n'est pas rare de trouver les termes « *fixatif* », « *véhicule* », « *agglutinant* » ou « *médium* ». Cette dernière appellation semble plus restrictive et ne désignerait que le liant additionnel (Perego 2005).

2. Présentation des traités étudiés

2.1. Le traité de peinture ancien : un ouvrage singulier

Les traités anciens de peinture sont des ouvrages spécifiques avec plusieurs caractéristiques qu'il convient d'avoir à l'esprit lors de la lecture.

2.1.1. Les non-dits volontaires : les secrets d'atelier

Les peintres avaient une technique de préparation des liants et des couleurs qui leur était propre, mise au point par leurs soins, au fur et à mesure des années de pratique. Elle faisait leur singularité et pouvait être, selon leur réputation, très recherchée. Ces recettes constituaient bien souvent des secrets d'atelier que les maîtres transmettaient oralement à leurs élèves. Ainsi, les informations retranscrites dans les traités sont nécessairement incomplètes. Paillot de Montabert évoque d'ailleurs à ce sujet « *ce silence pour ainsi dire désespérant de nos artistes habiles* » et regrette « *combien de fois (il est) resté déconcerté et comme épouvanté, en découvrant tant de grandes lacunes qu'il était impossible de remplir même à l'aide des*

meilleurs écrits sur cet art ! » (Paillot de Montabert 1829). Pierre-François Tingry présente quant à lui son Traité théorique et pratique sur l'art de faire et d'appliquer les vernis comme « *une addition heureuse et même nécessaire aux premières observations de Watin* » qui aurait gardé « *le secret sur quelques procédés qui lui appartenoient* » (Tingry 1803). Nous pouvons également citer le cas surprenant du Nouveau traité très-instructif, aux artistes et amateurs du dessein, de la peinture et de la dorure écrit par Ph. Jobier (Jobier 1779) dans lequel des blancs masquent volontairement une partie des informations rendant les recettes inutilisables.

2.1.2. La peinture : une discipline en perpétuel questionnement

Les peintres sont sans cesse à la recherche de nouveaux procédés, de nouveaux matériaux permettant d'améliorer leur technique picturale pour multiplier les effets perceptifs. Les recettes proposées dans les traités sont donc le résultat de nombreuses expérimentations. Elles ne sont pas figées dans le temps et sont susceptibles d'évoluer. L'analyse des différentes éditions d'un même ouvrage est sur ce point intéressante, puisqu'elle met en évidence des correctifs, des additions ou encore des suppressions. Ces réflexions et ces évolutions peuvent également être perceptibles au sein d'un même ouvrage quand les temps de rédaction sont longs. C'est par exemple, le cas du manuscrit de Théodore Turquet de Mayerne dont l'écriture s'étend de 1620 à 1646 et pour lequel le lecteur a véritablement l'impression d'être témoin de la réflexion de l'auteur et des diverses expérimentations que ce dernier réalise. Les recettes de cet ouvrage ne sont pas contemporaines entre elles et peuvent de ce fait être parfois contradictoires. La publication d'un tel ouvrage, un peu brouillon et sans réelle unité aussi bien stylistique que linguistique (des parties sont rédigées en français, d'autres en italien ou en latin) est cependant source d'informations inestimables pour une étude comme la nôtre.

Si les traités regroupent des recettes mises au point par les auteurs eux-mêmes, la plupart mentionnent également des recettes plus anciennes. Il est d'ailleurs intéressant de souligner que certaines visiblement très appréciées traversent le temps et sont citées dans plusieurs traités.

2.1.3. Les non-dits involontaires : mise à distance temporelle et linguistique

L'étude des traités peut se révéler difficile à plusieurs égards. Pour les traités les plus anciens, la langue française n'est pas fixée et l'orthographe des mots peut différer au sein d'un même ouvrage. De même, il est possible que le sens de certains termes ou le nom de certaines

substances ait évolué au cours des siècles et de ce fait, nous sommes susceptibles de mal les interpréter. Il apparaît également important de souligner que certaines étapes jugées à l'époque évidentes pour un praticien expérimenté ne le sont peut-être plus autant aujourd'hui. De plus, à l'époque de la rédaction des traités les plus anciens, les méthodes employées pour préparer les liants et en surveiller la cuisson étaient artisanales : pesées approximatives, pas de thermomètres. Elles peuvent de ce fait sembler quelque peu imprécises à un lecteur moderne.

On peut se demander pour conclure cette partie dans quelle mesure les recettes consignées reflètent la vie des ateliers ? N'y a-t-il pas des différences entre la théorie et la pratique ? Bernard Dupuy du Grez écrit à ce sujet « *si vous exigez du Peintre des raisonnemens sur la pratique : Il vous répondra, qu'il luy seroit impossible d'exprimer, par ses paroles, les secrétes regles, qui font que sa main obeït à son genie : Il vous avoüera que c'est une habitude, qui se forme par le seul exercice* » (Du Grez 1699). Quel impact avait la parution de ces ouvrages sur l'évolution des pratiques des peintres ? Suivaient-ils ce que les traités préconisaient ?

2.2. Présentation des traités étudiés et contexte historique

Les 19 sources historiques étudiées ont été rédigées entre le XVII^e et le XIX^e siècle. Pour chacune des sources, le nombre de recettes d'huile et de vernis est renseigné dans le tableau 2-1. Les recettes de vernis recensées correspondent à des vernis préparés de manière explicite pour être mêlés aux pigments. Elles sont à mettre en regard de l'influence possible de l'ajout de résines dans le liant sur l'apparition des chancis. L'étude de la technique des peintures à l'huile du XV^e et XVI^e siècles s'est quant à elle, appuyée sur la lecture d'ouvrages plus généraux comme celui de Jacques Maroger, A la recherche des secrets des grands maîtres (Maroger 1986). Avant d'exposer les résultats de cette recherche, il paraît essentiel de présenter sommairement les traités étudiés en s'interrogeant notamment sur la date, le lieu de l'écriture, l'auteur, son impact en les replaçant dans un contexte historique plus général.

Période	Auteur	Titre de l'ouvrage	Date	Recettes d'huile	Recettes de vernis
1600-1650	Théodore Turquet de Mayerne	<i>Pictoria, sculptoria, tinctoria et quae subalternarum artium spectantia.</i>	1620-46	35	2
	Pierre Lebrun	<i>Recueil des essais des merveilles de la peinture.</i>	1635	3	-
1650-1700	André Félibien	<i>Des Principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent.</i>	1676	2	-
	Jean Henry de la Fontaine	<i>L'Académie de la Peinture nouvellement mis au jour pour instruire la jeunesse à bien Peindre en huile & en Mignature.</i>	1679	2	-
	Philippe de La Hire	« Traité de la pratique de la Peinture » dans <i>Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Depuis 1666 jusqu'à 1699,</i>	1694	1	-
	Bernard Dupuy du Grez	<i>Traité sur la peinture pour apprendre la teorie, & se perfectionner dans la Pratique.</i>	1699	3	-
1700-1750	Anonyme	<i>Secrets concernans les Arts et Métiers. Nouvelle édition, revue, corrigée & considérablement augmentée.</i>	1721	4	2
1750-1800	Jean Félix Watin	<i>L'Art du peintre, doreur, vernisseur.</i>	1778	4	3
	Dom Antoine Joseph Pernety	<i>Dictionnaire portatif de peinture, sculpture et gravure.</i>	1756	5	-
	Charles Antoine Jombert	<i>Elémens de peinture pratique. Par M. de Piles, de l'Académie Royale de Peinture & Sculpture. Nouvelle édition entièrement refondue, & augmentée considérablement.</i>	1766	6	-
	Alletz Pons-Augustin	<i>L'Albert Moderne, ou Nouveaux secrets, éprouvés et licites, recueillis d'après les découvertes les plus récentes.</i>	1769	1	-
	Charles le Pileur d'Apligny	<i>Traité des couleurs matérielles, et de la maniere de colorer, relativement aux différens Arts & Métiers.</i>	1779	2	1
	Jacques Lacombe	<i>Encyclopédie méthodique. Arts et Métiers mécaniques.</i>	1782-1791	6	3
1800-1850	Pierre François Tingry	<i>Traité théorique et pratique sur l'art de faire et d'appliquer les vernis.</i>	1803	11	2
	Lambert Libert	<i>Traité élémentaire et pratique du dessin et de la peinture.</i>	1811	-	1
	Pierre Louis Bouvier	<i>Manuel des jeunes artistes et amateurs en peinture.</i>	1827	4	-
	Jacques Nicolas Paillot de Montabert	<i>Traité complet de la peinture.</i>	1829	7	5
	Jean François Léonor Mérimée	<i>De la peinture à l'huile ou des procédés matériels employés dans ce genre de peinture depuis Hubert et Jean Van-Eyck jusqu'à nos jours.</i>	1830	5	6
1850-1900	Joseph Panier	<i>Peinture et fabrication des couleurs ou traité des diverses peintures à l'usage des personnes des deux sexes qui veulent cultiver les arts.</i>	1856	1	-

Tableau 2-1 : Liste des traités étudiés classés par demi-siècle.
Pour chacun des traités, le nombre de recettes de liant à base d'huile et à base de vernis est précisé.

2.2.1. XVII^e siècle

Écrit entre 1620 et 1646 et publié en 1965-1967, le traité de Théodore Turquet de Mayerne (1573-1655) paraît incontournable pour notre étude (De Mayerne 1970). Théodore Turquet de Mayerne, né à Genève, fut premier médecin à la cour d'Angleterre. Ce manuscrit a été écrit sur une période de 26 ans au gré de ses expérimentations et de ses rencontres (plusieurs folios ne sont pas de sa main). Il côtoya notamment les peintres Pierre Paul Rubens (1577-1640), Antoine Van Dyck (1599-1641), Orazio Gentileschi (1563-1639) et Jacques Callot (1592-1635). Composé de 170 folios, cet ouvrage technique évoque principalement la technique de la peinture à l'huile (préparation des supports, des huiles siccatives, des colles et des vernis, broyage des couleurs...) mais également celle des miniatures, de la dorure ou encore de la reliure. Ce traité contient 35 recettes de préparation de liants à base d'huile et 2 recettes de vernis. Il indique ce qu'il faut essayer ou proscrire. Ces annotations reflètent ses tâtonnements et l'évolution de ses réflexions. Cela se retrouve notamment dans la diversité des substances ajoutées dans ses recettes (eau de vie, urine, croûtes de pain, sel, sable...).

En 1635, Pierre Lebrun, peintre méconnu, rédige Recueil des essais des merveilles de la peinture (Lebrun 1635). Conservé à la Librairie publique de Bruxelles, il est publié par Mary Philadelphia Merrifield en 1849 sous le nom de « Manuscrit de Bruxelles ». Nadolny *et al.*, soulignent à juste titre qu'il contient une partie des essais de Binet, qui serait le traité français le plus ancien (Nadolny *et al.* 2013). Pierre Lebrun est un artiste peintre contemporain de Carrache, Rubens et Vouet. Cet ouvrage traite de la peinture de manière plus théorique que pratique.

L'ouvrage considérable d'André Félibien (1619-1695) de 795 pages sur les principes de la peinture, de la sculpture et de l'architecture est publié en 1679 à Paris. Il s'agit d'un ouvrage technique et théorique comportant de nombreuses gravures illustratrices. André Félibien est historiographe des Bâtiments du roi et théoricien, de ce fait, son ouvrage se place directement sous les autorités artistiques du royaume et de l'enseignement académique. Il le dédie d'ailleurs à Jules Armand Colbert, fils de Jean Baptiste Colbert. Sa personnalité et son érudition le poussent à « *estre utile à la postérité* » en sauvegardant un savoir-faire pour les générations futures « *la joye qu'on ressent, lorsqu'on en peut avoir quelque lumiere, nous font juger de la satisfaction & des avantages, que ceux qui viendront après nous, pourront recevoir de ce que nous leur laisserons* ». Il est animé d'une volonté de proposer un traité le plus juste possible : « *afin de rectifier encore toutes les choses qui sont contenuës dans ce Traité, je n'ay pas voulu*

les publier sans les avoir auparavant communiquées dans l'assemblée des Architectes du Roy, qui sont toutes Personnes sçavantes dans les Sciences & dans les Arts, que Sa Majesté a choisies». Nous pouvons ainsi imaginer que les deux recettes recensées dans ce traité pourraient correspondre à des techniques employées par les peintres du Roi à cette époque.

Le traité de Jean Henry de La Fontaine L'Académie de la Peinture, fondé sur son expérience personnelle est plus concis (72 pages) (Fontaine 1679). L'auteur est présenté comme « *Mathematicien & Ingenieur ordinaire du Roy* ». Cet ouvrage condense de nombreux conseils sur la peinture à l'attention des « *amateurs de cet Art, & curieux des belles choses, & encor pour les jeunes tant de l'un que de l'autre sexe* ».

Le Traité de la pratique de la Peinture a été écrit par Philippe de La Hire (1640-1718) en 1694 et publié en 1730 dans les Mémoires de l'Académie royale des sciences depuis 1666 jusqu'à 1699 (La Hire 1730). Fils du peintre Laurent de la Hire (1606-1656), il a été formé à la peinture à Venise (Nadolny *et al.* 2013). Il est mathématicien, physicien, astronome et théoricien de l'architecture français. Cet ouvrage aborde aussi bien la peinture (détrempe, fresque, peinture à l'huile) que la mosaïque, l'émail, la broderie, la tapisserie, l'estampe et l'enluminure.

Le traité de Bernard Dupuy du Grez (1639-1270) de 1699 a la particularité d'avoir été édité à Toulouse et surtout d'être écrit par un avocat (Du Grez 1699). Il écrit d'ailleurs à ce sujet : « *On sera surpris, sans doûte, que j'aye voulu traiter de la Peinture, n'étant pas Peindre de profession : Et que je ne me sois pas rebuté, après que deux excélens hommes de ce siècle ont écrit sur le même sujet dans toute la pureté de la Langue François, & avec une aprobation universelle* ». Ces sources sont multiples, il les détaille dans la préface de son ouvrage : « *Si j'ay dit plusieurs choses que d'autres ont touchées auparavant, je les ay tirées des Auteurs Latins & des Italiens, principalement de Vazari & de Lomasse, qui sont des plus remarquables : J'ay appris le reste de plusieurs Peintres habiles, avec qui j'avois formé quelque liaison d'amitié. & de la lecture de nos Ecrivains François, l'Auteur des remarques sur le Poëme Latin de Dufrenoy, Felibien, & le petit Anonime sur la Miniature* ». Ce traité aborde la théorie de la peinture, les règles de proportions et d'optique, le dessin et l'usage des couleurs à l'huile. Il contient également un catalogue d'auteurs qu'il appelle la « *Bibliothèque des Peintres* ». Les recettes qu'il cite sont peu différentes de celles des ouvrages précédents.

Avec ses 37 recettes et ses expérimentations, le traité de Théodore Turquet de Mayerne apparaît comme un ouvrage à part au XVII^e siècle. En effet, la plupart des autres publications

françaises du XVII^e siècle semblent plus être préoccupées par la théorie que par la pratique et mentionnent seulement 1 à 3 recettes. Cette constatation peut être reliée au contexte particulier des Académies. Les auteurs veulent intellectualiser la profession et l'éloigner de sa part artisanale et manuelle. Ainsi certains traités reconnus du XVII^e siècle comme ceux de Roger de Piles ne contiennent aucune recette (Du Fresnoy et De Piles 1668, Piles 1684). Le tableau 2-2 à la fin de cette sous-partie recense à titre indicatif les traités consultés qui ne présentent pas de recettes.

2.2.2. XVIII^e siècle

Pour la première moitié du XVIII^e siècle, l'étude du traité anonyme intitulé Les Secrets concernans les Arts et métiers était indispensable en raison de sa très grande popularité (Anonyme 1721). Il a en effet été édité à de nombreuses reprises entre 1716 et 1810 (1716, 1721, 1724, 1766, 1781, 1810) et ce dans différentes villes (Paris, Nancy, Rouen, Clermont Ferrand, Caen, Avignon et même Bruxelles). L'auteur compile dans ce traité des recettes de diverses origines et incite d'ailleurs le lecteur à l'aider à l'enrichir : « *Je prie ceux qui auront quelques Secrets bien éprouvez, concernans les Arts & Métiers, de vouloir me les communiquer, me les adressant.* ». Le premier tome concerne la peinture et les vernis et le second les teintures. Il est intéressant de noter que pour les recettes, la comparaison des ouvrages de 1721, 1766 et 1789, ne révèle aucune modification.

Pour la seconde moitié du XVIII^e siècle, les traités sont plus nombreux pour des raisons historiques. En effet, la publication de L'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert en 1751, entraîne un vif intérêt pour les arts et manufactures. Les ouvrages de Jean-Félix Watin, de Dom Antoine Josef Pernety, de Charles le Pileur d'Apligny ou encore de Jacques Lacombe s'inscrivent parfaitement dans cet esprit des Lumières où chacun souhaite présenter un ouvrage plus complet que le précédent (Pernety 1756, Watin 1773, Le Pileur D'Apligny 1779, Lacombe 1782-1791).

Dom Antoine Josef Pernety (1716-1796), un bénédictin mauriste défroqué, alchimiste et écrivain publie en 1756, le Dictionnaire portatif de peinture, sculpture et gravure (Pernety 1756). Il explique par exemple que « *Les Dictionnaires sont donc nécessaires, & plus aujourd'hui que jamais, parce que le goût des Sciences & des Arts a gagné tous les Etats. On veut sçavoir tout, ou plutôt parler de tout, & ne paroître ignorer de rien : il faut donc se prêter à ce goût du siècle* ». Il ajoute : « *L'envie de me rendre utile au Public, jointe à une inclination*

naturelle pour les Arts, m'ont porté à m'instruire de leurs principes, & à communiquer ce que j'en ai appris. Les Dictionnaires qui ont traité jusqu'ici de la Peinture, de la Sculpture & de la Gravure, m'ayant paru laisser beaucoup de choses à désirer, je me suis déterminé à en donner un de ces Arts en particulier, plus complet que ceux qui l'ont précédé ».

L'ouvrage Les éléments de peinture pratique de Charles-Antoine Jombert (1712-1784), écrivain, libraire et éditeur, publié en 1766 est une édition augmentée du traité de Roger de Piles paru au XVII^e siècle (Piles et Jombert 1766). A la différence du traité original, celui-ci contient des recettes. Ces ajouts proviendraient d'après Nadolny *et al.* des Secrets concernans les Arts et métiers, ce que la comparaison des recettes semble confirmer (Nadolny *et al.* 2013).

L'ouvrage d'Alletz Pons-Augustin, L'Albert Moderne ou Nouveaux secrets, éprouvés et licites, recueillis d'après les découvertes les plus récentes, publié en 1769 ne traite pas uniquement des arts (Pons-Augustin 1768). Il est ainsi possible d'y trouver des articles sur l'« *Elixir de longue vie* » ou le « *Moyen de faire tomber les poils autour des poignets & sur le revers des mains* ». Il ne présente d'ailleurs qu'une seule recette de préparation des liants.

Le traité de Jean Félix Watin (1728-17.. ?), peintre, marchand de couleurs et fabricant de vernis, L'Art du peintre, doreur et vernisseur est à la différence des deux précédents d'une grande importance tant il est cité (Watin 1773). Jacques Lacombe en fait d'ailleurs la principale référence de son Encyclopédie méthodique publiée entre 1782 et 1791 : « *M. Watin, peintre, doreur, vernisseur, & marchand de couleurs, dorures & vernis, a publié sur son art un excellent Traité que nous devons principalement consulter ; il nous servira de guide dans la plus grande partie de ce que nous allons dire* » (Lacombe 1782-1791). La première édition de cet ouvrage date de 1753. Il a ensuite été régulièrement réédité jusqu'en 1864 comme le souligne Thierry Verdier dans l'introduction de la réédition de 2005 (Watin et Verdier 2005). Il est traduit en allemand chez Crusius en 1774. Les recettes relevées dans cette étude sont issues de l'édition de 1778. Jean Félix Watin était en quelque sorte praticien puisqu'il tenait à Paris l'enseigne à *La Renommée des couleurs Dorures & vernis*. Il introduit d'ailleurs un catalogue des produits qu'il commercialise en fin d'ouvrage. Son métier de marchand laisse penser d'une part que sa boutique était fréquentée par des artistes et d'autre part qu'il pouvait lui-même mener des expériences sur les matériaux. Il écrit en 1772 « *je ne suis qu'un manipulateur et je dois mes connaissances à trente ans d'usage* » (Watin et Verdier 2005). Il découpe son ouvrage en trois parties, l'une consacrée comme l'indique le titre, à la peinture, l'autre à la dorure et la dernière

au vernis. D'après les ouvrages étudiés, c'est l'un des premiers à donner de manière explicite des recettes de vernis servant à détremper les couleurs.

Le Traité des couleurs matérielles de Charles le Pileur d'Apligny est publié en 1779 à Paris (Le Pileur D'Apligny 1779). Il décrit notamment la technique de la peinture à l'huile aussi bien les couleurs que les vernis. La plupart des recettes contenues dans ce traité auraient été testées comme il le précise « *Je me suis borné à détailler, le plus clairement qu'il m'a été possible, ce que j'ai fait ou vu faire, écartant avec soin toutes les manipulations incertaines, nouvellement proposées, auxquelles l'expérience n'a pas encore appliqué le sceau d'une pratique assurée* ». Il critique d'ailleurs le « prétendu » vernis sans odeur de Watin, ainsi que son traité « *un Livre où on ne lui apprend rien de nouveau* ».

L'ouvrage en 8 tomes de l'avocat et libraire Jacques Lacombe (1724-1811), Encyclopédie méthodique. Arts et Métiers mécaniques ne traite pas uniquement de la peinture et seuls les tomes 2, 5 et 8 ont été considérés pour cette étude (Lacombe 1782-1791).

2.2.3. XIX^e siècle

La première moitié du XIX^e siècle s'avère être également très riche en publications, toutes proches les unes et les autres dans le temps. Cependant, elles semblent davantage se concentrer sur la recherche des procédés anciens, afin de retrouver la méthode des grands maîtres plutôt que sur la retranscription des recettes contemporaines. Le sous-titre du traité de Jean François Léonor Mérimée (1757-1836) De la peinture à l'huile est d'ailleurs représentatif de cet état d'esprit : « *ou des procédés matériels employés dans ce genre de peinture depuis Hubert et Jean Van-Eyck jusqu'à nos jours.* » Il consacre d'ailleurs le premier chapitre à un historique de la pratique. La recherche de procédés disparus est à mettre en regard de la republication progressive des traités anciens : les écrits du moine Théophile en 1774 (Lessing 1774) et le Libro dell'arte de Cennino Cennini en 1821 (Tambroni et Cennini 1821). En 1822, Charles-Frédéric Soehnée publie Recherches nouvelles sur les procédés de peinture des anciens, suivies de la traduction des différents fragments de l'ouvrage de Lessing, sur l'antiquité de la peinture à l'huile, prouvée par le moine Théophile (Soehnée 1822). Nous pouvons également mentionner sur les pratiques anciennes, les ouvrages de Charles Eastlake Materials for a History of Oil Painting publié en 1847-69 (Eastlake 1847) et de Mary Philadelphia Merrifield Original Treatises dating from the XIIth to XVIIIth centuries on the Arts of Painting publié en 1849 (Merrifield 1849). Il faut aussi relier le désir d'étudier les procédés au contexte

de la révolution industrielle et aux progrès significatifs de la chimie au début du XIX^e siècle. Les auteurs veulent comprendre comment se servir des matériaux et pourquoi. D'après Jean François Léonor Mérimée « *Tous les peintres, en étudiant leur art, éprouvent plus ou moins le désir de connaître la nature et les propriétés des couleurs qu'ils emploient* » (Mérimée 1830). Pour Pierre François Tingry (1749-1821), « *Il ne suffit pas de préparer, ou de se procurer les couleurs ou les vernis qu'on veut appliquer sur un objet quelconque : il faut encore savoir en faire usage* » (Tingry 1803). En 1850, sont publiées notamment les Recherches expérimentales sur la peinture à l'huile par Michel Eugène Chevreul, ouvrage dans lequel il tente de définir les propriétés chimiques des huiles et il se questionne notamment sur la siccativité des huiles. (Chevreul 1850) Avant cela, en 1823 il établit la composition des graisses et des huiles dans Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale (Chevreul 1823). « *La nature de ces huiles n'est bien connue que depuis les travaux de M. Chevreul sur les corps gras* » confirme par ailleurs Mérimée (Mérimée 1830).

Pierre François Tingry (1749-1821), professeur suisse d'origine française de Chimie et d'Histoire naturelle minéralogique à l'Académie de Genève, publie en 1803 à Genève Traité théorique et pratique sur l'art de faire et d'appliquer les vernis en deux tomes (Tingry 1803). Il explique ses intentions dans les premières pages de l'ouvrage : « *un nouveau travail sur cette partie pourroit être considéré comme une addition heureuse et même nécessaire aux premières observations de Watin* ». Il se dit contre « *cet amas de recettes obscures, qu'on dit sorties des meilleures sources, mais que l'Artiste consommé ne tarde pas à juger avec défaveur, parce qu'il les trouve en opposition aux vrais principes de l'art. Les ouvrages intitulés les Secrets des Arts et Métiers ; le Dictionnaire des Arts ; l'Art du Vernisseur ; le Parfait Vernisseur, et d'autres petits essais en ce genre fourmillent de fautes qui tiennent aux mauvais choix des Rédacteurs, et qui leur ôtent le mérite attaché aux ouvrages élémentaires et aux descriptions vraiment méthodique des Arts* ».

Lambert Libert (1772-1851) dans le traité Elémentaire et pratique du dessin et de la peinture à l'usage des jeunes artistes publié en 1811 à Lille, rassemble « *des principes fondés sur la théorie des meilleurs auteurs* » qu'il a lui-même expérimenté et vérifié puisqu'il était un peintre et dessinateur belge. Son traité, s'adressant directement aux praticiens, sépare d'une part les différentes manières de dessiner et d'autre part les différentes manières de peindre à l'huile.

Le Manuel des jeunes artistes et amateurs de peinture écrit par Pierre Louis Bouvier (1765-1836), peintre et miniaturiste genevois, datant de 1827, publié à Paris et à Strasbourg,

semble se rapprocher de celui de Lambert Libert dans le sens où il s'agit d'un manuel pratique écrit par un peintre et à destination des artistes et amateurs. Notons qu'il est présenté comme peintre, membre de la Société des Arts de Genève et ancien Elève de l'Académie de Paris. Il explique en introduction : « *Je publie cet essai, fruit de quarante années d'études et d'expériences, dans l'espoir d'être utile à une classe assez nombreuse d'amateurs et de jeunes artistes qui, trop éloignés des villes où se rassemblent les meilleurs maîtres et où fleurissent les arts, se trouvent privés d'en recevoir des leçons* ». « *Être utile a été mon seul but* » conclu-t-il. Bouvier se voue à l'enseignement de la pratique et s'intéresse moins à l'expérimentation de recettes. En cela il rejoint les écrits de Lambert Libert mais diffère des autres publications du début du XIX^e siècle.

Jacques Nicolas Paillot de Montabert (1771-1849) avec son *Traité complet de la peinture*, signe un ouvrage considérable de 720 pages en 9 tomes publié en 1829 à Paris. Il regroupe pendant vingt ans un savoir encyclopédique sur tous les aspects de la peinture : histoire de l'art, lumière et optique, matériaux, techniques picturales, restauration. Lui-même peintre, il fut l'élève de Jacques-Louis David comme il l'indique dans sa préface. Il prône d'ailleurs que « *les artistes sont seuls capables de pénétrer dans tous les principes et dans tous les secrets de l'art ; eux seuls peuvent répandre du jour sur toutes les règles de détails qui constituent l'art et la science* ». Il appelle notamment à se référer à des ouvrages sur lesquels porte également cette étude, à savoir ceux de Pierre Louis Bouvier et de Pierre François Tingry.

L'ouvrage de Jean François Léonor Mérimée (1757-1836), peintre, chimiste (père de Prosper Mérimée), *De la peinture à l'huile*, publié en 1830, se consacre uniquement à la peinture à l'huile, dont il détaille la nature des composants et les recettes, en particulier des vernis à utiliser en peinture (Mérimée 1830). Très apprécié, son ouvrage fait figure de référence et fut notamment traduit en anglais dès 1839 (Mérimée et Sarsfield 1839). Secrétaire perpétuel de l'Ecole Royale des Beaux-Arts, il était donc lié à un enseignement académique. Mérimée appelle à se référer à d'autres ouvrages comme ceux de Jean Félix Watin, Pierre François Tingry, Pierre Louis Bouvier et Jacques Nicolas Paillot de Montabert.

Pour la seconde moitié du XIX^e siècle les ouvrages contenant des recettes semblent se raréfier. La fabrication à grande échelle des produits expliquerait que les informations relatives à la préparation des liants passent dans une autre littérature, destinée aux industriels et non plus dans les manuels et traités de peinture à usage des peintres. En effet, nombreuses sont les publications qui ne contiennent aucune recette (Tableau 2-2). Joseph Panier cite en 1856 une

seule recette de préparation d'huile très succincte (Panier 1856). Il fait en revanche une remarque significative sur les procédés de fabrication des matériaux du peintre et en particulier du vernis : « *Je regarde comme superflu d'entrer ici dans des détails minutieux sur la fabrication des vernis qu'on peut employer. Nos artistes modernes se les procureront chez nos habiles fabricants de couleurs fines* ». La pratique de la peinture se démocratise tout comme les autres activités des Beaux-Arts. Des produits adaptés et prêts à l'emploi sont commercialisés et les peintres n'ont par conséquent plus à préparer leurs couleurs, leurs huiles et leurs vernis. A titre d'exemple le magasin Sennelier, installé dès 1887 sur le quai Voltaire à Paris propose une nouvelle gamme de couleurs à l'huile extra-fines. Un ouvrier est même recruté afin d'élaborer à la demande une peinture adaptée aux souhaits de chaque peintre (Walter et Cardinali 2013). La préparation des couleurs n'est donc plus réalisée par les peintres eux-mêmes mais par les marchands de couleurs. Stevens Alfred pour sa part évoque avec regret cette perte d'intérêt des artistes pour les procédés de préparation : « *Les peintres devraient avoir des notions de chimie. Les anciens savaient sur quoi et avec quoi ils peignaient ; de là la bonne qualité et la belle conservation de leur œuvres. De nos jours, on peint avec n'importe quoi. Les anciens peignaient pour la postérité, nous ne peignons que pour le présent* » (Stevens 1886).

Le tableau 2-2 recense à titre informatif les traités consultés qui ne comportaient aucune recette ou des recettes pas exploitables dans le cas du traité de Philippe Jobier :

Date	Auteur	Titre
1660	André Félibien	<i>De l'origine de la peinture et des plus excellens peintres de l'Antiquité</i>
1668	Charles-Alphonse Du Fresnoy	<i>L'art de peinture, de Charles-Alphonse Du Fresnoy, traduit en françois, avec des remarques par Roger de Piles</i>
1684	Roger de Piles	<i>Les premiers éléments de la peinture pratique</i>
1708	Roger de Piles	<i>Cours de peinture par principes</i>
1765	Michel François Dandré-Bardon	<i>Traité de peinture suivi d'un essai sur la sculpture</i>
1779	Ph. Jobier	<i>Nouveau Traité Tres-Instructif, Aux Artistes Et Amateurs Du Dessein : De La Peinture Et Dorure...</i>
1787	Gérard de Lairesse	<i>Le Grand livre des peintres, ou L'art de la peinture considéré dans toutes ses parties</i>
1851	Déon Horsin	<i>De la conservation et de la restauration des tableaux, éléments de l'art du restaurateur, historique de la partie mécanique de la peinture depuis sa renaissance jusqu'à nos jours, classification de toutes les écoles, recherches et notices sur les quelques grands maîtres</i>
1861-62	Jean Baptiste Oudry	<i>Discours sur la pratique de la peinture et ses procédés principaux : ébaucher, peindre à fond et retoucher</i>
1881	Jacques Blockx	<i>Peinture à l'huile: matériaux, définition des couleurs fixes et conseils pratiques suivi d'une notice sur l'ambre dissous. Compendium à l'usage des artistes peintres.</i>
1886	Alfred Stevens	<i>Impressions sur la peinture</i>
1891	Jehan Georges Vibert	<i>La science de la peinture</i>
1901	Ernest Hareux	<i>Cours complet de peinture à l'huile</i>

Tableau 2-2 : Liste des traités consultés ne contenant aucune recette ou pas de recettes exploitables pour cette étude

3. Etude des matériaux constitutifs des liants

3.1. Etude de la nature des huiles

Parmi les 102 recettes d'huiles recensées, 44% sont élaborées à partir d'huile de lin, 41% à partir d'huile de noix et seulement 8% à partir d'huile d'œillette (ou de pavot). Pour 7% des recettes la nature de l'huile n'est pas précisée. Il arrive que l'auteur n'ait pas de préférence et laisse le choix au lecteur : 14 recettes sont à réaliser avec de l'huile de lin ou de noix. La figure 2-1 représente la mention des différentes huiles dans les recettes des traités au cours du temps.

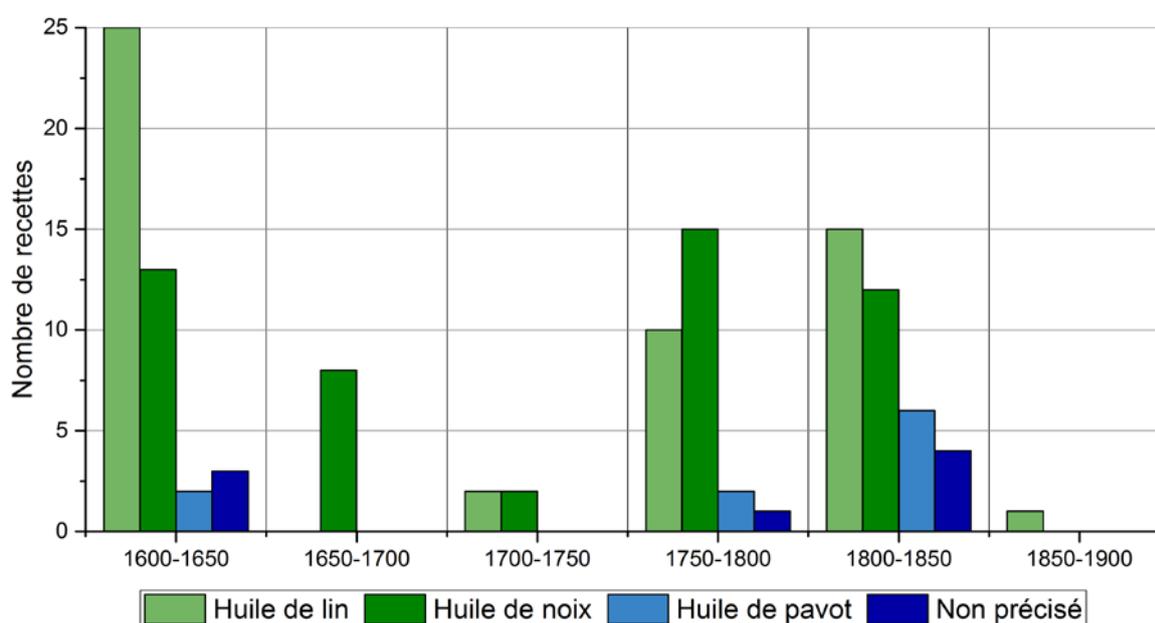


Figure 2-1 : Etude de la nature de l'huile préconisée dans les recettes en fonction de la date d'écriture des traités étudiés

Quel que soit le siècle, les recettes transcrites dans les traités font intervenir les trois huiles. L'huile de lin et l'huile de noix sont mentionnées dans des recettes de préparation de liant depuis le XV^e siècle. Le manuscrit de Strasbourg daté de la fin du XV^e siècle indique par exemple une recette pour obtenir une huile épaisse à partir d'huile de lin ou de noix et de verre pilé (Maroger 1986). Les auteurs des traités ont cependant bien souvent une préférence pour l'une ou l'autre de ces huiles. Dans la première moitié du XVII^e siècle, Théodore Turquet de Mayerne teste la siccativité de nombreuses huiles (lin, noix, chanvre, pavot blanc, noisettes, ricin, gland, noyaux de cerises, de pêches, d'abricot, ...) et sa préférence semble évoluer au cours des 26 années de rédaction. Il affirme ainsi au début de son ouvrage : « *La meilleure est l'huile de lin laquelle si en la peinture devient jaune en mettant le tableau au soleil, les couleurs*

se vont toujours esclaireissant. Ce qui n'arrive pas en l'huile de noix, ni en celui de semence de pavot » puis à plusieurs reprises dans la suite du manuscrit que « *l'huile de noix vault mieux que celle de lin* » (De Mayerne 1970). C'est d'ailleurs l'utilisation de cette dernière qui est recommandée dans le traité de Pierre Lebrun et dans les 4 autres consultés pour la seconde moitié du XVII^e siècle (Lebrun 1635, Félibien 1676, Fontaine 1679, Du Grez 1699, La Hire 1730). L'huile de lin est mentionnée dans leurs traités mais pas dans les recettes à cause de sa tendance à jaunir en vieillissant : « *l'huile de noix est celle que l'on use en couleur, la plus blanche est la meilleure : en d'autres lieux, faute d'huile de noix, l'on prendre de celle de lin, elle jaunit davantage* » (Fontaine 1679) ; « *On pourroit aussi se servir d'huile de lin : mais comme elle est plus jaune & plus grasse que l'huile de noix, on ne l'emploie que dans les impressions à cause qu'elle est un peu à meilleur marché* » (La Hire 1730). De plus, le film formé par l'huile de noix est plus mou et a par conséquent, moins tendance à craqueler (Perego 2005).

Au XVIII^e siècle, les traités préconisent l'huile de lin et de noix, avec toujours une préférence pour cette dernière. A cette époque, les avis divergent sur la siccativité des huiles et leurs utilisations. Certains affirment à juste titre que l'huile de noix est moins siccative que l'huile de lin et d'autres, le contraire.

Au XIX^e siècle, l'huile de lin est par contre légèrement plus citée dans les recettes que l'huile de noix et ce pour plusieurs raisons. Les progrès de la chimie ont permis de mettre en évidence de manière indubitable que l'huile de lin est la plus siccative (elle est constituée pour rappel de plus de doubles liaisons). De plus, d'un point de vue industriel, l'huile de lin est plus aisée à obtenir que l'huile de noix. Pour cette dernière, il est en effet nécessaire de casser la coque et d'enlever la pellicule protectrice brune dont l'action anti-oxydante empêche le durcissement de l'huile (Petit *et al.* 1999).

Les peintres semblent avoir utilisé aussi bien les huiles de noix que de lin et le choix est guidé par la couleur du pigment. L'huile de noix jaunissant peu, est préférée pour les couleurs claires et froides et l'huile de lin pour les couleurs sombres comme le souligne notamment Jean Félix Watin « *quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'æillet ; si elles sont plus sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles* » (Watin 1773). Cette remarque avait déjà été faite par Turquet de Mayerne (De Mayerne 1970).

L'emploi de l'huile d'œillette (ou de pavot) est mentionnée dans deux recettes par Turquet de Mayerne en 1620-1646 puis à nouveau seulement dans la seconde moitié du XVIII^e par Jean Félix Watin et dans 6 recettes au début du XIX^e siècle. François Perego indique que cette huile a été moins utilisée et plus tardivement par les peintres (Perego 2005). La mention d'huile d'œillette par Turquet de Mayerne au début du XVII^e siècle est de ce fait intéressante. Philippe de La Hire en 1695, évoque également l'huile d'œillette en 1695 mais celle-ci n'apparaît pas dans les recettes de préparation de liant. Sa clarté et le fait qu'elle jaunisse très peu étaient très appréciés par les peintres pour les couleurs claires (Pernety 1756, De Mayerne 1970, Perego 2005). Cette huile est en revanche peu siccativante et le film formé est mou. Il semble être plus sensible à la chaleur, à la lumière solaire, aux solvants et davantage sujet aux craquelures prématurées. Ces éléments expliquent qu'elle ait été in fine très peu employée par les peintres.

Notre étude ne permet donc pas de retenir la nature de l'huile préconisée dans les recettes comme un marqueur temporel. Les trois huiles sont mentionnées à tous les siècles et les évolutions ne sont pas assez franches pour être pertinentes.

3.2. Les siccatifs

3.2.1. Des siccatifs métalliques de compositions chimiques diverses

La volonté d'obtenir une huile à la fois claire et siccativante est un problème fréquemment évoqué dans les traités. En effet, si certains pigments comme le blanc de plomb favorisent le séchage, d'autres comme l'outremer, la laque, les stils de grains, les noirs de charbon, d'os ou d'ivoire au contraire peuvent le retarder de manière significative (La Hire 1730, Pernety 1756, Yvel 1991). Les peintres ont donc cherché à accélérer le séchage des huiles en ajoutant des siccatifs, en les chauffant ou en combinant les deux actions. Nous nous intéresserons dans cette partie uniquement à l'ajout de siccatifs. Les procédés nécessitant un apport de chaleur seront discutés au paragraphe 4.

D'après les traités, il apparaît que l'utilisation de siccatifs était très fréquente (figure 2-2). 83% des recettes recensées en préconisent l'ajout. Pour 70% des recettes d'huiles siccativées, le siccatif est à base de plomb. Nous pouvons ensuite mentionner par ordre d'importance les siccatifs à base de zinc, de cuivre, de manganèse, cobalt et de potassium/aluminium.

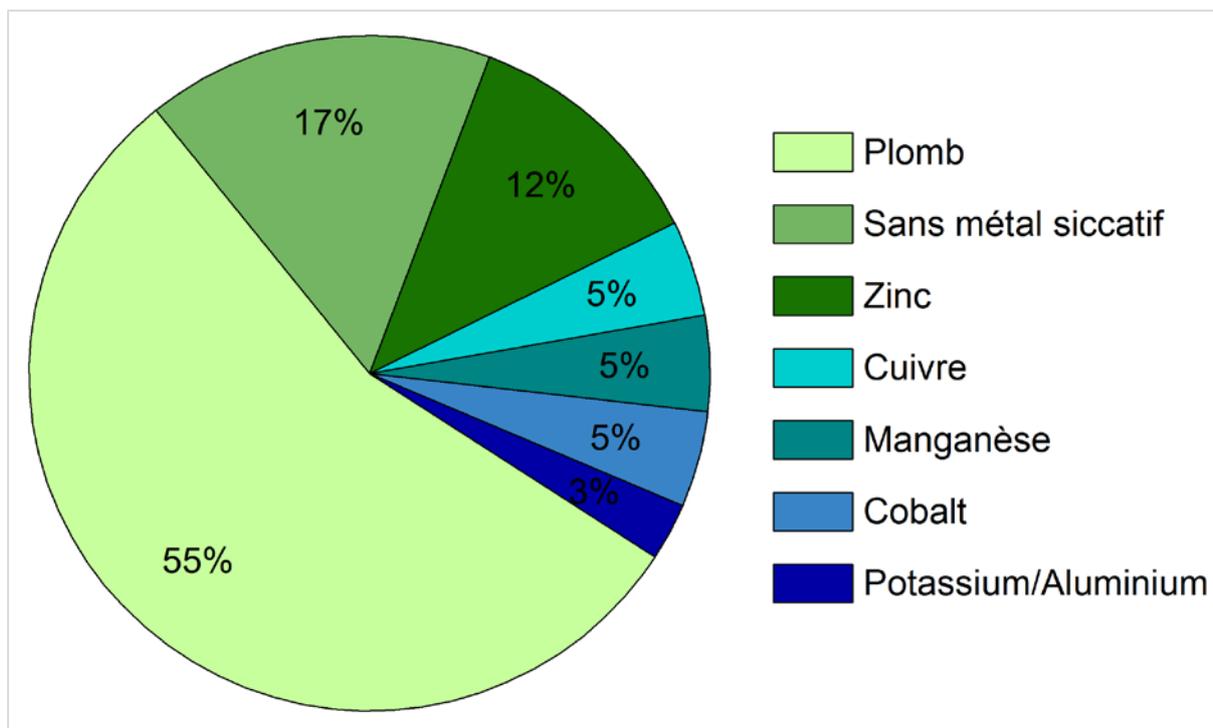


Figure 2-2 : Répartition des siccatifs en fonction de la nature du métal

La figure 2-3 présente par demi-siècle l'évolution de la nature des métaux utilisés pour la préparation des huiles siccatives.

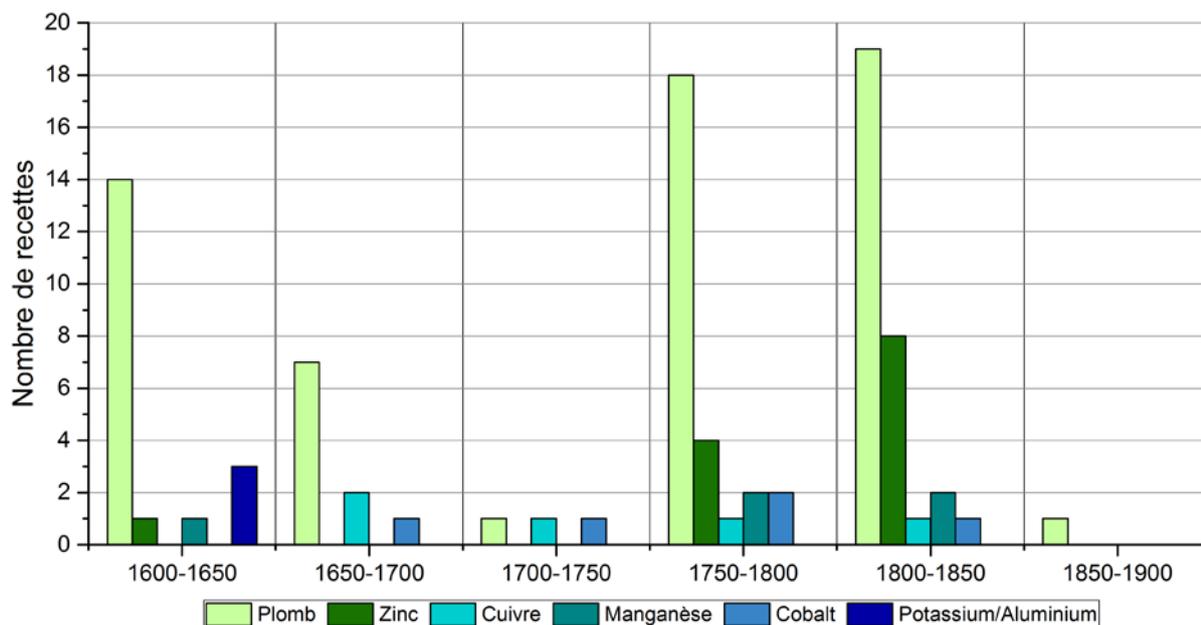


Figure 2-3 : Etude de la nature des siccatifs préconisés dans les recettes en fonction de la date d'écriture des traités étudiés

L'importance de l'emploi des siccatifs à base de **plomb** et ce à tous les siècles, nous a incité à les discuter à part (§3.2.2).

Le recours aux siccatifs à base de **zinc** n'est pas continu dans la période temporelle que nous considérons. Les peintres employaient un sulfate de zinc qui était le plus souvent désigné dans les traités par les termes couperose blanche, vitriol blanc ou sulfate zincique. Il est mentionné au XVII^e siècle dans une seule recette dans le traité de Turquet de Mayerne. En 1730, Philippe de la Hire évoque ses appréhensions vis-à-vis de ce siccatif et explique pourquoi il ne l'utilise pas : *« comme la couperose est un sel, il y en a qui craignent qu'elle ne se sépare des couleurs quoique seches, quand les tableaux sont exposés à l'humidité, & qu'en se fondant avec l'eau, elle ne laisse sur le tableau une espece de farine blanche quand l'eau se seche. C'est pourquoi on a cherché d'autres secatifs que la couperose »* (La Hire 1730). Cette remarque est également présente dans les ouvrages de Dom Antoine Josef Pernety, Jean Félix Watin, Charles Antoine Jombert et Jacques Lacombe (Pernety 1756, Piles et Jombert 1766, Watin 1773, Lacombe 1782-1791). Jean Félix Watin le répertorie néanmoins parmi les meilleurs siccatifs avec la litharge et le mentionne dans une de ses recettes (recette 4). Il précise qu'il doit être réservé aux couleurs claires *« n'ayant pas de couleur, ne peut gâter celles où elles se trouvent »*. Lacombe dit qu' *« on choisit la couperose pour mettre dans les couleurs claires, broyées à l'huile ; mais il en faut mettre avec précaution, parce que la couperose étant un sel, son acide ou son humidité récente en séchant, fait jaunir la couleur, & en ternit la beauté »*. Dans la première moitié du XIX^e siècle, le terme couperose est remplacé dans les traités par le terme sulfate de zinc. Nous le retrouvons dans 8 recettes. Pierre François Tingry fait les mêmes remarques que Jean Félix Watin et Jacques Lacombe en ce qui concerne son usage *« il y a des couleurs [...] qui sèchent très-difficilement lorsqu'on les emploie à l'huile : il convient de les forcer de siccatif, suivant le genre de la couleur ; la litharge pour les couleurs foncées, le sulfate de zinc (vitriol blanc) pour les couleurs claires, mêlés à l'huile siccative. »* (Tingry 1803). Jean François Léonor Mérimée le cite comme une alternative mais ne l'intègre pas dans ses recettes (Mérimée 1830).

Le terme azur est régulièrement cité au fil des siècles dans les traités de peintures mais ne semble jamais avoir été un siccatif de prédilection. Selon une interprétation prudente du terme azur, ce pigment contient probablement du **cuivre (ou du cobalt)**. Il pourrait s'agir d'azurite, un carbonate de cuivre (ou d'émail). Il est notamment mentionné dans les ouvrages d'André Félibien, de Bernard Dupuy du Grez, Charles Antoine Jombert, de Jacques Nicolas Paillot de Montabert, ainsi que dans le traité anonyme Secrets concernans les Arts et métiers

(Félibien 1676, Du Grez 1699, Anonyme 1721, Piles et Jombert 1766, Paillot de Montabert 1829). Félibien écrit : « *On en fait encore d'une autre sorte en faisant bouillir dans de l'Huile de noix de l'Azur en poudre, ou de l'Email. Quand le tout a bouilly, on laisse reposer l'huile, & on en prend le dessus. Elle sert à détremper le Blanc, & les autres Couleurs que l'on veut conserver les plus propres* ». Les auteurs postérieurs à Félibien utilisent approximativement la même recette. Concernant les siccatifs à base de cuivre au XVII^e siècle, Turquet de Mayerne cite également le vert de gris, qu'il écrit verdegris ou verdet. Il préconise d'ajouter cet acétate de cuivre pour les couleurs séchant très difficilement. « *Les couleurs qui ne se seichent point, le feront en y adjoustant le Verdegris, ou la Couperose blanche, ou du verre christallin pulvérisé impapablement ou calciné par extinction dans eau froide, seiche et broyé en poudre très subtile. La Lacque ne seiche jamais de soi mesme, il y fault adjouster le verdet* » (De Mayerne 1970). L'emploi de verdigris est également mentionné deux siècles plus tard dans le traité de Jean François Léonor Mérimée (Mérimée 1830).

L'ajout d'email est très peu cité dans les ouvrages : seulement 5 occurrences (Félibien 1676, Anonyme 1721, Pernety 1756, Piles et Jombert 1766, Paillot de Montabert 1829). Les termes email et email d'azur pourraient renvoyer au smalt, un verre teinté constitué de **cobalt**. En effet, le terme smalt qui apparaît au XVI^e siècle est issu de l'italien smalto signifiant email. De ce fait pour François Perego, l'interprétation du terme azur est complexe. Il peut renvoyer à l'azurite mais également avoir été utilisé comme synonyme des mots *email* et *smalt*. Les recettes relatives à l'utilisation de l'azur pourraient donc également être reliées à la présence d'un siccatif au cobalt. L'email est d'ailleurs souvent présenté comme une alternative à l'azur (Félibien 1676, Anonyme 1721, Piles et Jombert 1766). Félibien précise que l'email était utilisé pour détremper « *les blancs., & les autres Couleurs que l'on veut conserver les plus propres.* » (Félibien 1676). Cette idée est d'ailleurs reprise presque mot pour mot dans Les Secrets concernant les Arts et Métiers et par Charles Antoine Jombert (Anonyme 1721, Piles et Jombert 1766). L'ajout de composés légèrement bleutés comme l'email ou l'azur dans le liant utilisé pour les couleurs blanches permettait d'obtenir optiquement un blanc plus blanc comme le soulignent François Delamare et Bernard Guineau dans Les matériaux de la couleur (Delamare et Guineau 1999).

L'ajout d'**alun**, un matériau constitué à la fois de potassium et d'aluminium, est cité à trois reprises dans le traité de Mayerne (De Mayerne 1970). Il n'est en revanche pas mentionné dans les autres traités consultés, ce qui suggère une utilisation rare de ce siccatif.

L'utilisation de **manganèse** lors de la préparation des liants est évoquée dès la première moitié du XVII^e siècle, puis un siècle et demi plus tard à la seconde moitié du XVIII^e siècle. Théodore Turquet de Mayerne et Pierre Lebrun citent en effet le verre pilé de Venise (« *Verre de Venise* », « *Cristal broyé* »), très riche en manganèse (Lebrun 1635, De Mayerne 1970). Pierre Lebrun cite également l'usage du manganèse sous la forme de terre d'ombre (terre ferrugineuse riche en oxyde de manganèse), tout comme plus tardivement Jean-Félix Watin, Jacques Lacombe et Jacques Nicolas Paillot de Montabert (Lebrun 1635, Watin 1773, Lacombe 1782-1791, Bouvier 1827, Paillot de Montabert 1829). Mérimée évoque aussi la terre d'ombre sans toutefois l'intégrer dans ses recettes et l'oxyde de manganèse, un composé de couleur noire. (Mérimée 1830).

3.2.2. *Etude des siccatifs au plomb*

Les siccatifs au plomb sont les plus fréquemment cités dans les traités anciens, c'est pourquoi nous leur consacrons un paragraphe à part. Pour rappel, dans les traités étudiés, les huiles étaient à 70% siccativées par ajout de plomb. Il apparaît que ces siccatifs sont de natures diverses (figure 2-4). Le siccatif le plus préconisé est incontestablement la litharge, nous le retrouvons dans 60% des recettes. Nous pouvons également noter le recours au blanc de plomb dans 24% des recettes et dans des proportions beaucoup plus faibles au minium (8%), à l'acétate de plomb (5%) et au plomb métallique (3%).

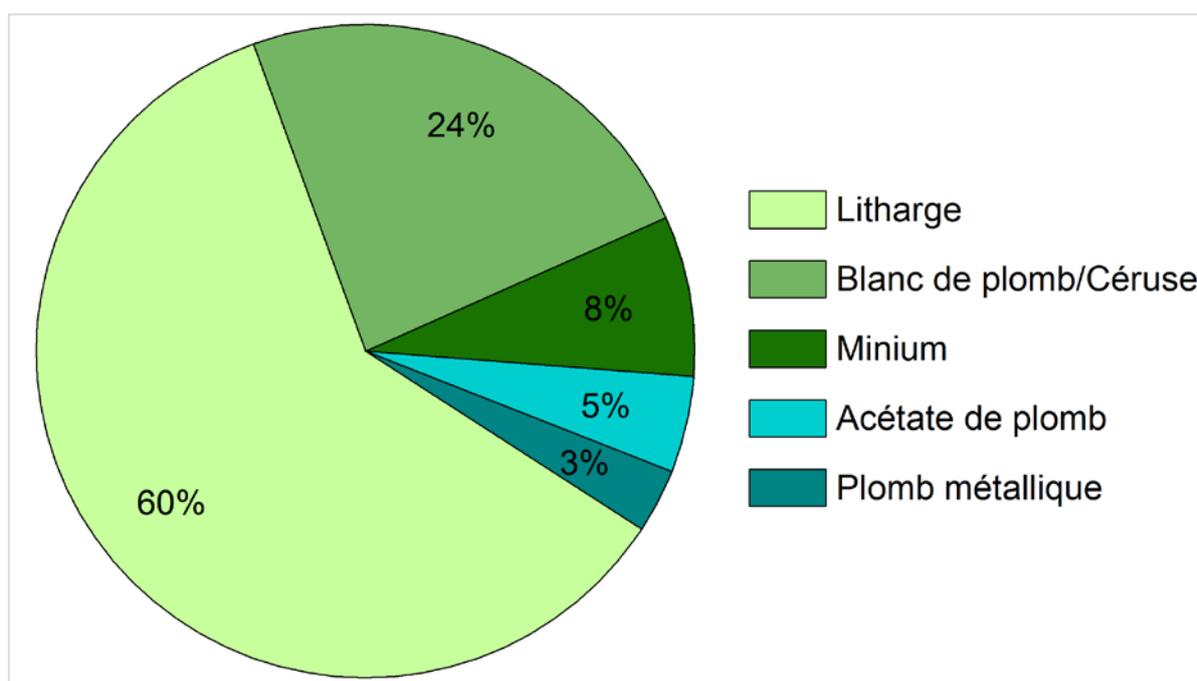


Figure 2-4 : Répartition de la nature des siccatifs au plomb

Une étude plus poussée des recettes d'huiles siccatives au plomb révèle que la nature des siccatifs employés a évolué au cours du temps (figure 2-5).

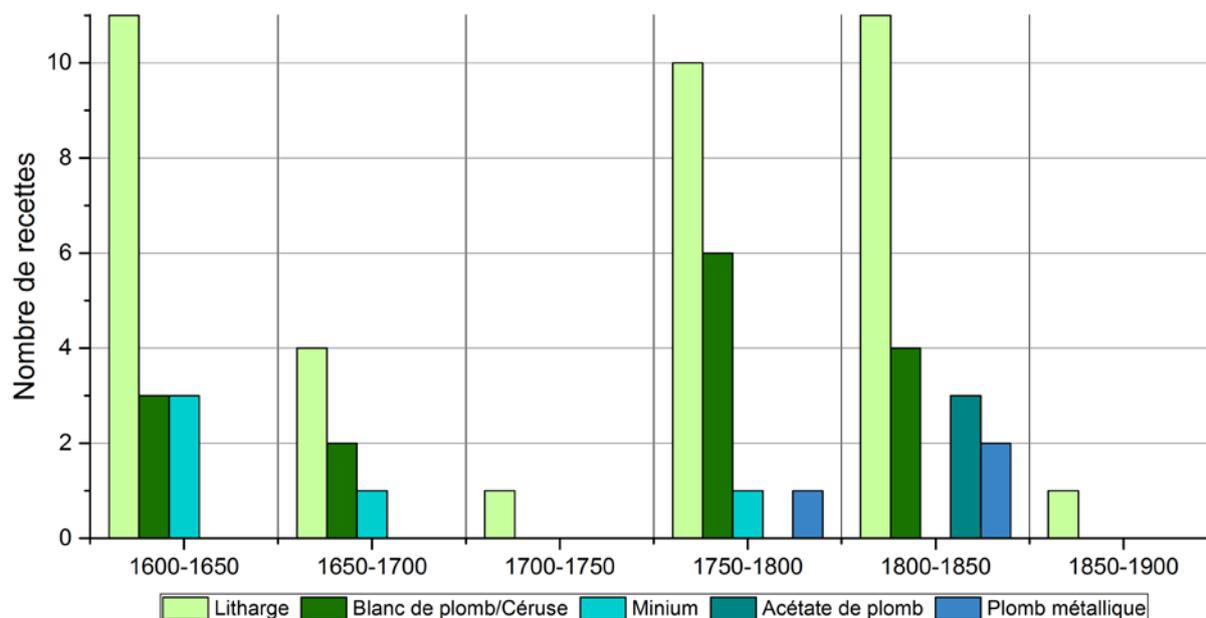


Figure 2-5 : Etude de la nature des siccatifs au plomb préconisés dans les recettes en fonction de la date d'écriture des traités

Tout d'abord, il semble intéressant de mentionner que l'utilisation de la litharge est largement recommandée dans les traités et quelle que soit la période considérée. La litharge est un monoxyde de plomb, α -PbO, de couleur jaune orangée (Perego 2005). Claude Yvel, qui cite Mary Philadelphia Merrifield, indique que la litharge n'est mentionnée dans les recettes de préparation des liants qu'à partir de la fin du XVI^e siècle, dans le manuscrit de Padoue (Yvel 1991). Elle est désignée dans les traités par les termes suivant : *lytharge*, *litarge*, *litharge d'argent*, *litharge d'or*, *oxyde vitreux de plomb* ou encore *silberglette*. La litharge (α -PbO) est obtenue par chauffage du massicot (β -PbO) au-dessus de 555°C. Nous distinguons alors la litharge dite d'or, de couleur rouge, issue d'un refroidissement lent et la litharge d'argent, de couleur jaune, issue d'un refroidissement rapide.

L'ajout de blanc de plomb lors de la préparation du liant est également fortement préconisé dès le XVII^e siècle (Fontaine 1679, Du Grez 1699, De Mayerne 1697) et surtout entre 1750 et 1850 (Piles et Jombert 1766, Watin 1773, Lacombe 1782-1791)

L'utilisation du minium, Pb₃O₄, comme siccatif au plomb est en revanche plus rare. Il est cité au XVII^e siècle par deux fois par Théodore Turquet de Mayerne et une fois par Pierre Lebrun, au XVIII^e siècle par Jean Henri de la Fontaine et Charles Antoine Jombert et pas du

tout au XIX^e siècle (Lebrun 1635, Fontaine 1679, Piles et Jombert 1766, De Mayerne 1970). Le minium est un pigment de couleur rouge orangée, élaboré à partir du blanc de plomb. Il est également désigné par mine, mine de plomb, mine rouge, minium de plomb.

L'emploi de plomb métallique dans la préparation des liants n'est mentionné qu'à la fin du XVIII^e et au début du XIX^e siècle et pour trois recettes seulement (Pons-Augustin 1768, Mérimée 1830). Augustin Pons évoque du « *plomb coupé en morceaux* » et Mérimée du « *plomb en grenaille ou haché* ». Mérimée indique également qu'une huile siccativante peut être obtenue « *en triturant de l'huile de lin avec une molette de plomb* ». L'utilisation des récipients en plomb fréquemment relevée dans les manuscrits serait ainsi une manière indirecte d'introduire du plomb dans les huiles. Nous retrouvons ainsi le recours à un « *bacquet de plomb* » ou à un « *pot de terre plombé* » (De Mayerne 1970), à un « *pot bien plombé* » (Anonyme 1721), à un « *vaisseau de plomb* » (Piles et Jombert 1766) ou encore à une « *cuvette de plomb* » (Watin 1773, Lacombe 1782-1791).

A l'exception de la recette des *Secrets concernant les Arts et métiers*, les huiles sont de plus laissées reposer dans ces récipients pendant une période plus ou moins prolongée, allant de quelques jours à un été et le plus souvent au soleil.

L'utilisation de l'acétate de plomb est par contre tardive. Les mentions les plus anciennes datent du début du XIX^e siècle (Tingry 1803, Paillot de Montabert 1829, Panier 1856). Il est désigné dans les traités par « sel de saturne » et « acétite de plomb ». Joseph Panier précise qu'« *à défaut d'huile grasse, on peut broyer avec la pointe du couteau à palette, du sel de saturne ou acétate de plomb avec l'une de ces huiles sans en faire abus* » (Panier 1856).

3.2.3. Etude de l'association des siccatifs

Dans la plupart des recettes recensées, l'huile est siccativée par ajout d'un seul siccatif. En effet, l'association de siccatifs ne représente que 18% des recettes. Le recours simultané à plusieurs siccatifs a été relevé à tous les siècles (tableau 2-3).

	1 siccatif (en nombre de recettes)	Plusieurs siccatif (en nombre de recettes)
XVII ^e siècle	25	5
XVIII ^e siècle	18	4
XIX ^e siècle	19	5

Tableau 2-3 : Nombre de siccatifs utilisés pour la préparation des liants en fonction de la date d'écriture des traités étudiés

Certaines recettes combinaient jusqu'à 4 siccatifs (tableau 2-4). Pour de nombreuses recettes, il s'agit de litharge associée à un autre siccatif. Il apparaît que la terre d'ombre et le minium ne sont jamais utilisés seuls dans les recettes, probablement à cause de leur plus faible pouvoir siccatif. L'association de litharge, céruse, terre d'ombre et talc est citée par Jean Félix Watin et Jacques Lacombe au XVIII^e siècle, puis par Jacques Nicolas Paillot de Montabert et de Pierre Louis Bouvier au XIX^e siècle, ce qui montre une résurgence d'une recette antérieure. Les combinaisons sont nombreuses. Pour Jean François Léonor Mérimée, en 1830 : « *De la propriété qu'ont plusieurs oxides et sels métalliques de se combiner avec les huiles et de les rendre plus siccatives, il a dû résulter un grand nombre de variantes dans les recettes publiées sur la réparation de l'huile siccative. Quelques-uns prescrivent l'emploi du sulfate de zinc, du verdet-gris calciné, du plâtre, de la terre d'ombre, de l'oxide de manganèse, etc. ; d'autres recommandent de mettre dans l'huile une croûte de pain et une gousse d'ail ; dans toute la litharge est le principal ingrédient : c'est aussi l'oxide de plomb qui a le plus d'action sur l'huile, il est inutile d'y en ajouter d'autres* » (Mérimée 1830). Il indique à juste titre qu'il n'est pas utile de multiplier le nombre de siccatifs et qu'il est préférable d'avoir recours à un siccatif ayant un fort pouvoir siccatif comme la litharge.

XVII ^e siècle	XVIII ^e siècle	XIX ^e siècle
Litharge + minium	Sulfate de zinc + minium + blanc de plomb	Litharge + céruse
Terre d'ombre + minium	Litharge + céruse + terre d'ombre	Céruse + acétate de plomb + sulfate de zinc + litharge
Blanc de plomb + minium	Litharge + blanc de plomb + sulfate de zinc	Litharge + sulfate de zinc
Blanc de plomb + alun		Litharge + céruse + terre d'ombre

Tableau 2-4 : Etude des associations des siccatifs recensées en fonction de la date d'écriture des traités étudiés

Pour conclure cette partie, il est, comme pour les huiles, difficile de mettre en évidence des transitions franches dans l'évolution de la nature des siccatifs. Tous semblent avoir été utilisés sur toute la période de notre étude, à savoir 1600-1900. Les siccatifs au plomb et parmi eux la litharge sont très largement préconisés dans les recettes, plus que ce que nous présagions.

3.3. Etude de la nature des autres substances ajoutées

Pour cette sous-partie, l'ouvrage de Théodore Turquet de Mayerne doit être distingué des autres traités. En effet, les substances mentionnées sont de natures très diverses, ce qui est à relier à ses nombreuses expérimentations et ses tâtonnements. Ses recommandations sont les suivantes :

- Pour purifier l'huile : de la sciure de bois, des croûtes de pain de bis, de la mie de pain de bis rassie, de la cendre de chêne chaude, de la chaux, du sable blanc... L'ajout de ces ingrédients a pour but d'entraîner les impuretés de l'huile vers le fond du récipient et ainsi de la purifier. D'après François Perego, le pain peut également avoir été ajouté pour apporter de l'eau à la préparation (Perego 2005). La cendre, riche en potasse, pourrait agir comme dégraissant et permettre par conséquent la séparation des mucilages de l'huile.
- Pour clarifier l'huile : des copeaux de bois.
- Pour dégraisser l'huile : de l'urine d'homme ou du vinaigre blanc. L'ajout d'urine serait d'après lui également utile pour empêcher le jaunissement des huiles.
- Pour les émulsions huile/œuf : du vinaigre ou de l'eau de vie, certainement pour conserver les œufs.

Turquet de Mayerne préconise également de laver l'huile avec de l'eau salée puis à l'eau claire ou bien d'ajouter du sel. Le chlorure de sodium avait probablement pour but de faciliter la séparation entre l'huile et l'eau (relargage). A l'exception de la cendre et de l'alcool, ces substances ne sont pas mentionnées dans les autres traités.

Ces cas particuliers mis à part, la figure 2-6 présente l'évolution de la nature des substances ajoutées en fonction du siècle.

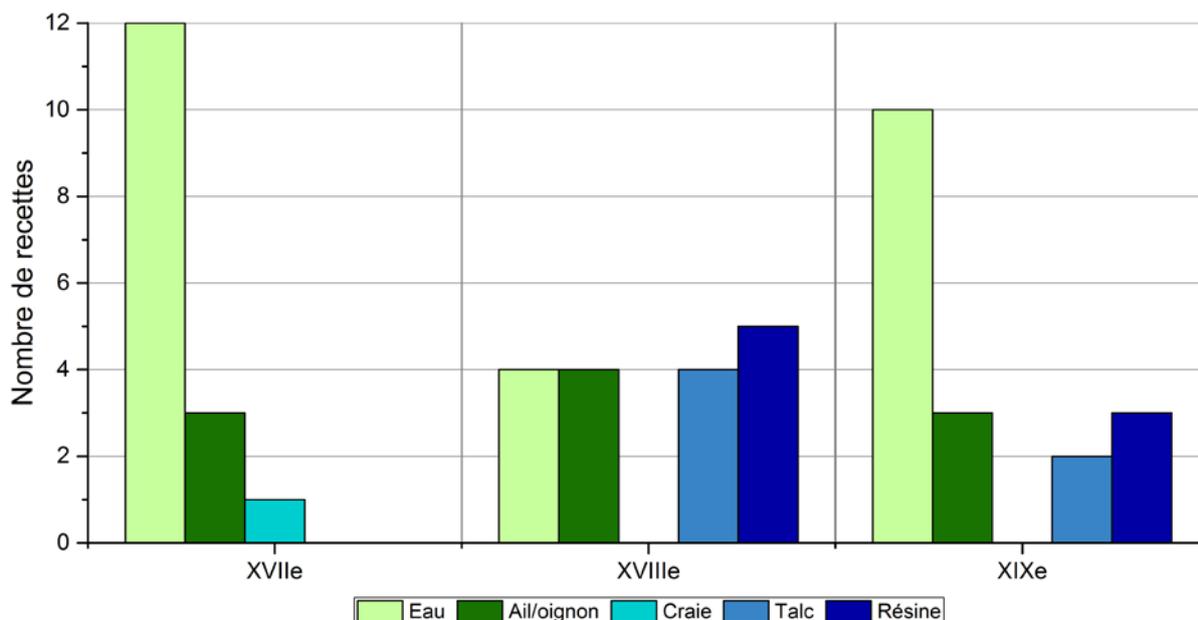


Figure 2-6 : Etude de la nature des substances ajoutées en fonction du siècle d'écriture des traités étudiés

Les recettes préconisant un ajout d'eau sont très nombreuses et ceci quel que soit le siècle : 26 recettes sur 102. Jean François Léonor Mérimée évoque ce procédé dans la partie sur la préparation de la pâte colorée des Italiens (Mérimée 1830). D'après Jacques Maroger, ce procédé était utilisé à l'époque de Léonard de Vinci et pourrait être une amélioration du médium au plomb d'Antonello da Messina par Léonard (Maroger 1986). L'ajout d'eau dans la préparation des huiles était un moyen de maintenir la température à 100°C et ainsi d'éviter que l'huile noircisse de manière excessive : « *En opérant à une température moins élevée, par exemple à celle du bain-marie, ou bien en mêlant à l'huile de l'eau, que l'on remplace à mesure qu'elle s'évapore* » (Mérimée 1830). Pour Pierre François Tingry, il s'agit également d'une indication pour mettre en évidence la fin de la cuisson : « *on expose ce mélange dans un vase de terre qui puisse supporter le feu, et on donne une chaleur capable d'entretenir le liquide en légère ébullition. Lorsque l'eau est évaporée de moitié ou des deux tiers, on verse le tout dans une grande bouteille ou bocal de verre, et on le laisse reposer jusqu'à ce que l'huile devienne claire* » (Tingry 1803). Cet argument du contrôle de la température n'est en revanche pas mentionné dans les traités des XVII^e et XVIII^e siècles. Certains auteurs avancent d'autres arguments. L'eau semble avoir été utilisée pour « battre » l'huile dans 8 recettes sur 12 au XVII^e, 3 recettes sur 4 au XVIII^e et 4 recettes sur 10 au XIX^e siècle. Turquet de Mayerne indique que « *pour blanchir huile de lin ou de noix en un mois. Battés l'huile fort long temps avec de l'allun, adjoutés y de l'eau, mettés au soleil et battes tous les jours votre dicte huile tant qu'elle*

blanchissay en battant ; puis la remettes au soleil continuant jusques à tant qu'elles deviennent blanche claire et transparente » (De Mayerne 1970). Cette action peut également être accompagnée par un processus thermique et éventuellement un ajout de siccatifs, voire de sel pour une recette de Turquet de Mayerne. D'après Jacques Maroger, l'ajout d'eau ne serait d'ailleurs pertinent qu'en présence de litharge ou de massicot et le mélange obtenu est une pommade qui se combine parfaitement aux couleurs de la palette (Maroger 1986). François Perego indique que l'eau pourrait favoriser les réactions chimiques entre l'huile et les métaux siccatifs (Perego 2005).

L'ajout d'ail ou d'oignon mentionné ponctuellement dans les recettes à tous les siècles permet également de contrôler la température. Jacques Nicolas Paillot de Montabert indique à ce sujet que : « *Quelques personnes pour reconnaître ce degré de cuisson, jettent dans l'huile soit des morceaux d'oignons, soit une croûte de pain, et jugent que l'huile est assez cuite lorsque l'un ou l'autre commence à roussir » (Paillot de Montabert 1829).* Pierre François Tingry écrit à propos de l'ail « *Mettez ces matières en poudre ; mêlez-les avec l'ail et l'huile placée sur un feu capable d'entretenir l'huile en légère ébullition : continuez jusqu'à ce qu'elle cesse d'écumer, qu'elle devienne rousse et que la gousse d'ail devienne rissolée »* et précise que l'ail aurait également un pouvoir siccatif : « *(il) n'est guères employé que pour indiquer le moment où toute la partie aqueuse d'un mélange est évaporée ; cependant il possède par lui-même une vertu très-siccative. L'ail seul, ou le suc d'ail employé en dose convenable, rendroit l'huile très siccative. On s'en sert même pour donner le pied, dans certains cas, aux couleurs qui refusent d'adhérer aux corps sur lesquels on les applique » (Tingry 1803).*

La présence de charges est rarement évoquée dans la préparation des huiles, puisqu'elles étaient ajoutées lors du broyage des couleurs. La craie n'est mentionnée que par Bernard Dupuy Du Grez au XVII^e siècle dans une partie sur la préparation des huiles siccatives : « *Quelques-autres se servent de Ceruse, ou de craie » (Du Grez 1699).* Cette indication semble cependant douteuse car elle sous-entend que la craie pourrait remplacer la céruse et donc qu'elle aurait un effet siccatif, ce qui est inexact. Il est de ce fait possible que l'auteur, qui pour rappel est un avocat et non un spécialiste de la peinture, ait fait une confusion. Le recours au talc comme charge est présent uniquement dans les recettes du XVIII^e et XIX^e siècle, mais pas au XVII^e siècle (Watin 1773, Lacombe 1782-1791, Bouvier 1827, Paillot de Montabert 1829). L'huile obtenue peut ensuite être exposée au soleil. Il semble que le matériau intitulé « pierre à Jésus » mentionné dans certaines recettes serait du talc ou un matériau de la famille du gypse (Perego 2005). La mention de « talc ou pierre à Jésus » relevée dans les recettes pourrait effectivement

indiquer que les termes sont synonymes. Pierre François Tingry la présente comme « *le talc de Moscovie* » et ajoute qu'il s'agit d'un matériau rare qu'« *on a coutume de remplacer en France, par une espèce de sulfate de chaux très commun à Paris, et dans ses environs* » (Tingry 1803).

La question des essences est plus complexe car elles ne sont pas mentionnées dans les recettes de préparation des liants, mais dans les recommandations pour diluer la matière picturale au moment de son utilisation. Elles sont dans les traités fréquemment désignées par les termes d'huiles essentielles ou huiles volatiles. Jacques Lacombe souligne à juste titre que « *Les couleurs broyées à l'huile peuvent s'employer à l'huile pure, mais mieux à l'huile coupée d'essence, & même avec l'essence pure de térébenthine. Les couleurs en sont plus solides, mais plus longues à sécher* » (Lacombe 1782-1791). Au XVII^e siècle, Turquet de Mayerne évoque l'huile d'Ambre de Venise dont se serait servi Gentileschi et l'aqua di raggia (essence de térébenthine) que Rubens mélangeait directement avec ses couleurs. Il mentionne également l'huile d'aspic, qu'il conseillait d'ajouter à de l'huile de lin ou de noix pour « *faire emboire toutes sortes de couleurs, les rendre mattes, et empêcher qu'elles ne reluisent* » (De Mayerne 1970). Au XVI^e siècle, l'huile d'aspic est également évoquée par André Félibien et Bernard Dupuy du Grez (Félibien 1676, Du Grez 1699). D'après François Perego, l'huile d'aspic aurait un meilleur pouvoir de solvatation que l'essence de térébenthine (Perego 2005). Au XVIII^e siècle, l'essence d'aspic et l'essence de térébenthine sont à nouveau fréquemment citées. Pour Dom Antoine Josef Pernety, l'huile d'aspic est employée « *pour rendre les couleurs plus coulantes, & les tenir un peu plus fermes ; elle les rend plus maniables, & les sèche plus vite, parce qu'elle s'évapore aussi-tôt. Elle ôte aussi le luisant des tableaux. Quelques-uns employent aussi l'huile de térébenthine* » (Pernety 1756).

L'ajout d'alcool qui avait déjà été cité par Turquet de Mayerne est mentionné dans une recette par Charles le Pilleur d'Apligny (Le Pilleur D'Apligny 1779). L'esprit de vin est chauffé avec de l'huile de lin ou de noix, du mastic et de la gomme laque pour obtenir une huile siccativ. L'alcool pourrait dans ce cas, être ajouté pour faciliter la dissolution des résines.

L'usage de cendres, également cité par Turquet de Mayerne, est préconisé dans une recette de Jacques Nicolas Paillot de Montabert au XIX^e siècle. Il recommande en effet d'utiliser de la cendre d'os de pieds de mouton pour obtenir une huile siccativ : « *Faites avec des cendres d'os pulvérisés et un peu d'eau une pâte consistante, que vous roulerez en forme de boule. Faites rougir cette boule dans le feu ; plongez-la aussitôt, pendant une heure, dans une quantité d'huile de lin crue et suffisante pour la couvrir. Quand tout est froid, versez l'huile*

dans des fioles, ajoutez-y un peu de cendres d'os, laissez reposer, et dans vingt-quatre heures vous aurez de l'huile claire et prête à être mise en œuvre » (Paillot de Montabert 1829).

Au XIX^e siècle, 3 recettes mentionnent l'ajout de cire blanche, très probablement de la cire d'abeille dissoute dans un solvant ou ramollie à chaud (Paillot de Montabert 1829, Mérimée 1830). Jacques Nicolas Paillot de Montabert invite cependant le lecteur à se méfier de la cire : « *La présence de la cire me paraît d'abord funeste, et j'ai fréquemment remarqué que son association avec l'huile faisait extrêmement jaunir les couleurs* ». L'utilisation de cire dans la préparation des liants n'est pas propre au XIX^e siècle. Elle était déjà utilisée par Léonard de Vinci, Raphaël et les peintres de l'école de Venise (Titien, Tintoret et Giorgione) (Maroger 1986).

La question du recours à des résines pour la préparation des liants est également complexe. Si les peintres ont utilisé des liants à base d'huiles siccatives pour broyer leurs couleurs, ils ont également eu recours à des « *verniss* » ou des huiles additionnées de résines. L'ajout de résines pour la préparation des liants à base d'huile siccative n'est mentionné qu'à partir du XVIII^e siècle pour les traités étudiés. Diverses résines sont citées : le mastic (Anonyme 1721, Piles et Jombert 1766, Le Pilleur D'Apligny 1779, Tingry 1803), la sandaraque et la gamme laque (Le Pilleur D'Apligny 1779), ou encore l'arcanson et la térébenthine (Tingry 1803).

Concernant les vernis, seules les recettes où l'utilisation d'un vernis comme liant était clairement spécifiée ont été relevées. Jean Félix Watin indique par exemple : « *Quant aux vernis qui servent à broyer & à détremper les couleurs, nous nous contenterons d'indiquer ici les doses pour les faire* ». Les observations suivantes s'appuient sur 25 recettes de vernis recensées (Anonyme 1721, Watin 1773, Le Pilleur D'Apligny 1779, Lacombe 1782-1791, Tingry 1803, Libert 1811, Paillot de Montabert 1829, Mérimée 1830, De Mayerne 1970). Le terme « vernis » peut sembler inapproprié pour désigner un liant, il s'agit néanmoins du terme employé dans les traités. Mérimée souligne que « *L'idée d'incorporer le vernis dans la couleur même est trop naturelle pour qu'elle ne se soit pas présentée souvent à l'esprit* » (Mérimée 1830). D'après lui, les peintres flamands auraient employé un liant élaboré à partir d'huile et de vernis et nous retrouvons la confirmation de l'usage de vernis en tant que liant, dans les traités anciens, notamment ceux de Léonard de Vinci, Giovanni Paolo Lomazzo, Giorgio Vasari, Gérard de Lairesse, Cennino Cennini ou encore Théophile, mais pas de recettes. Nous pouvons distinguer deux types de vernis : les vernis sans huile (2 recettes au XVII^e, 9 au XVIII^e et 2 au XIX^e siècle)

et les vernis à l'huile (12 recettes au XIX^e siècle mais aucune avant pour les traités considérés). De plus, il est intéressant de souligner que l'ajout de siccatifs est préconisé dans certaines recettes (sel de saturne /acétate de plomb (Libert 1811, Paillot de Montabert 1829, Mérimée 1830), litharge (Paillot de Montabert 1829, Mérimée 1830) ou blanc de plomb (Paillot de Montabert 1829). Seul Jacques Nicolas Paillot de Montabert propose deux recettes dans lesquelles l'huile de pavot n'est modifiée ni par l'ajout de siccatif ni par la cuisson. Parfois, les auteurs indiquent qu'il faut utiliser une huile siccative sans expliquer comment elle a été obtenue: « *on mêle avec du vernis au mastic et à l'essence de térébenthine de l'huile siccative tenant de la litharge en dissolution* » (Mérimée 1830) ou « *Lorsque le vernis est fait avec les précautions indiquées, ajoutez l'huile de noix ou de lin préparée* » (Tingry 1803). Pour chaque siècle, la figure 2-7 indique la nature des résines préconisées dans les recettes étudiées.

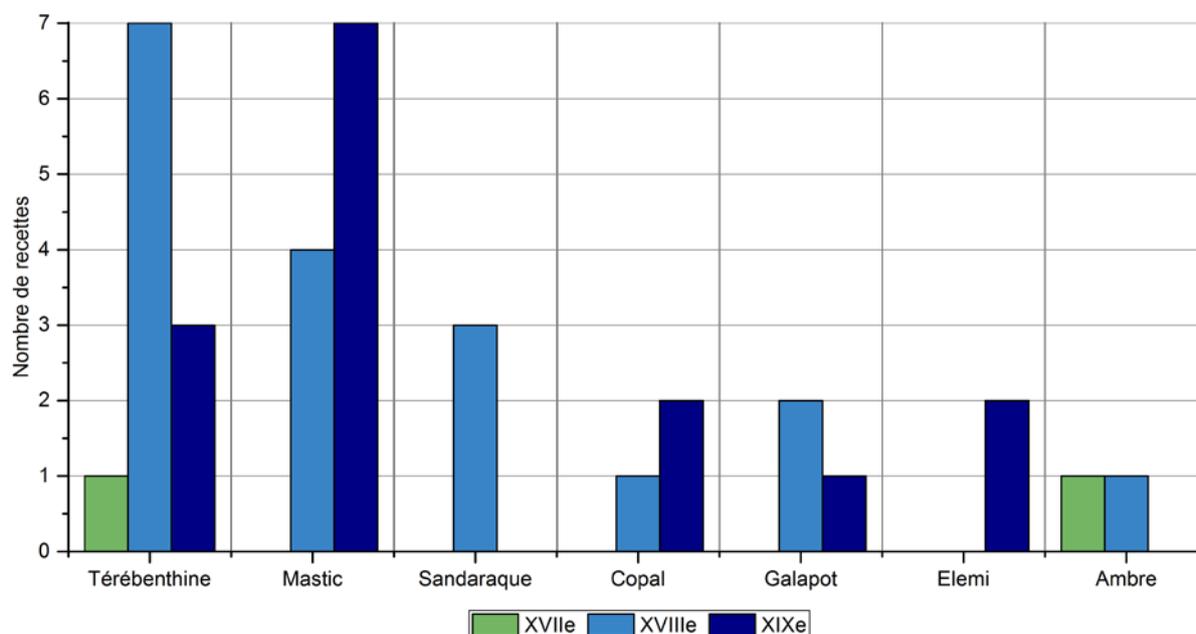


Figure 2-7 : Nombre de recettes de vernis en fonction du type de résines employées et du siècle

La térébenthine est la seule résine qui a été utilisée en permanence. Elle est mentionnée dans 11 recettes sur 25 et principalement au XVIII^e siècle. La térébenthine de Venise est la térébenthine la plus utilisée par les auteurs, même si Jean Félix Watin et Jacques Lacombe citent également la « *térébenthine-pise* ». La résine mastic est également mentionnée dans 11 recettes, mais uniquement dans les traités du XVIII^e et XIX^e siècles. D'après Jacques Nicolas Paillot de Montabert, l'ajout de mastic pourrait induire un jaunissement du liant (Paillot de Montabert 1829). L'utilisation des autres résines (sandaraque, ambre, copal, galipot, élémi) semble avoir été plus ponctuelle. D'après Ségolène Bergeon et Pierre Curie, l'ambre, bien que citée dans les textes, a probablement été peu utilisée, notamment parce que cette résine est

quasiment insoluble dans tous les solvants et nécessite un chauffage à très haute température (Bergeon-Langle et Curie 2009). Au sujet du copal, Mérimée indique « *Des quatre vernis dont j'ai décrit la préparation, celui du copal me paraît mériter la préférence. Il donne aux couleurs beaucoup de transparence et d'éclat, et quoiqu'il sèche assez lentement pour laisser tout le temps que peut exiger l'exécution la plus soignée, la couleur sèche complètement et acquiert une très grande dureté. Il est vrai qu'il ne se maintient pas sur la palette comme les trois autres vernis ; mais on peut l'empêcher de couler, en y mêlant un peu de mastic et de cire, ou du blanc de baleine.* » (Mérimée 1830).

Il apparaît que certains auteurs ont préconisé l'emploi d'une ou plusieurs résines au sein d'une même recette (tableau 2-5). Si au XVII^e, les recettes mentionnent une seule résine, il semble avoir été courant au XVIII^e d'ajouter simultanément deux ou même trois résines différentes. La tendance s'inverse au XIX^e siècle pour lequel les recettes avec une seule résine sont majoritaires.

Période	1 résine employée	2 résines employées	3 résines employées
XVII ^e	2	0	0
XVIII ^e	1	6	2
XIX ^e	11	2	1

Tableau 2-5 : Nombre de résines utilisées pour la préparation des liants en fonction de la date d'écriture des traités étudiés

Il convient de souligner que l'utilisation de résines peut nécessiter l'ajout de substances pour faciliter leur dissolution. Seulement deux recettes sont à réaliser sans solvant en chauffant la résine (Libert 1811, Mérimée 1830). L'essence de térébenthine est la plus citée est ce, à tous les siècles (Anonyme 1721, Libert 1811, Paillot de Montabert 1829, Mérimée 1830), par exemple. Jacques Nicolas Paillot de Montabert conseille cependant de se méfier de l'essence de térébenthine qu'il croit « *dangereuse, en ce qu'elle doit jaunir* ». Nous pouvons également citer le recours à l'esprit de vin (Anonyme 1721, Watin 1773, Lacombe 1782-1791, Mérimée 1830), au vin blanc et à l'eau de vie (Anonyme 1721), à l'huile d'aspic (Anonyme 1721, Paillot de Montabert 1829).

Pour conclure cette sous-partie sur la nature des matériaux ajoutés de manière minoritaire lors de la préparation des huiles, le résultat le plus surprenant est la récurrence de l'ajout d'eau. Il apparaît en revanche difficile compte tenu des éléments dont nous disposons de conclure sur l'évolution de l'utilisation de ces substances au fil des siècles et de faire un lien avec la propension des œuvres du XVII^e à chancier plus que d'autres.

4. Etude des procédés de transformation

Cette partie sur les techniques de transformation des huiles est divisée en deux sous-parties. La première s'intéresse aux procédés utilisés seuls (cuisson, exposition au soleil, ajout de siccatifs, ...) et la seconde à leurs associations possibles.

Pour 40 recettes, les auteurs préconisent le recours à une seule méthode (figure 2-8).

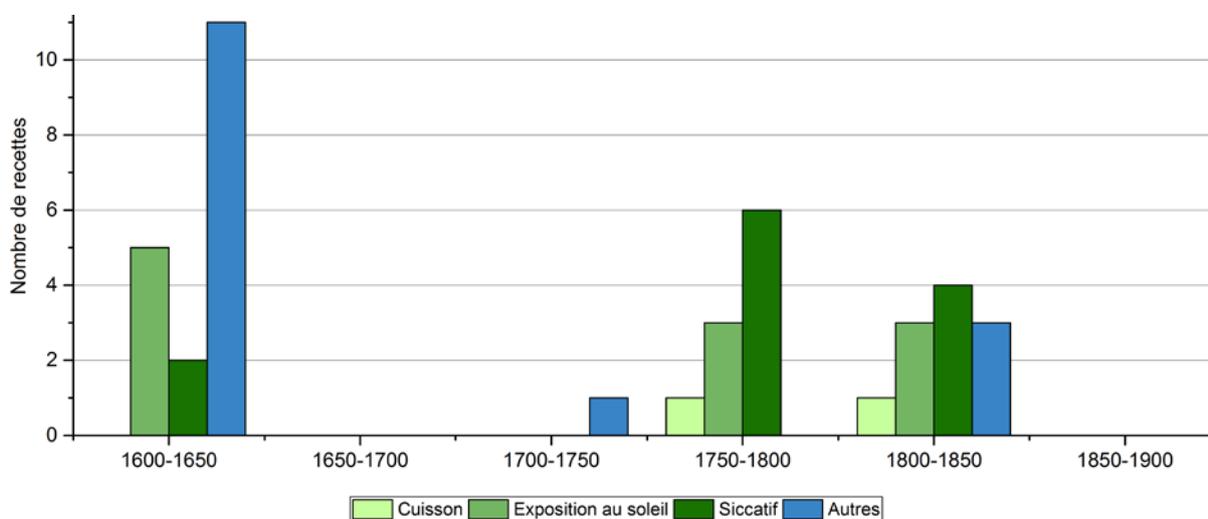


Figure 2-8 : Etude des procédés de préparation des huiles en fonction de la date d'écriture des traités étudiés

Il apparaît que la modification de l'huile uniquement par la cuisson est un procédé rare (seulement 2 recettes) totalement absent des recettes du XVII^e et du début du XVIII^e siècle. Les huiles cuites en présence d'oxygène sont rendues plus visqueuses et plus siccatives (phénomène d'oxydation) que celles cuites à l'abri de l'air. Elles ont par contre tendance à être légèrement colorées voire très colorées pour les huiles cuites à haute température.

L'ajout de siccatifs sans apport thermique est en revanche plus fréquent (12 recettes) de manière minoritaire au début du XVII^e siècle, puis majoritaire entre 1750 et 1850.

L'exposition au soleil seul est également fréquemment préconisée pour clarifier les huiles (11 recettes) principalement au XVII^e siècle puis de manière plus marginale entre 1750 et 1850. Les ultraviolets de la lumière permettent d'une part de décomposer les molécules responsables du jaunissement et d'autre part, de dégrader chimiquement les impuretés (Perego 2005). Le soleil peut également entraîner un épaissement de l'huile, en cas d'exposition à l'air (oxydation). Les huiles épaissies sont plus siccatives et plus visqueuses que l'huile de départ mais le broyage avec les pigments est rendu plus difficile (Perego 2005). Les recettes

précisent la durée de l'exposition mais également la période de l'année la plus favorable. Turquet de Mayerne indique ainsi à plusieurs reprises sa préférence pour le mois de mars : « *Le soleil de mars est le meilleur de toute l'année pour cet effect et blanchit davantage. Avril et may n'est pas mauvais et vault mieux que tout le quartier suivant* » (De Mayerne 1970).

La catégorie « autres » correspond pour le XVII^e siècle à des recettes issues du manuscrit de Théodore Turquet de Mayerne (De Mayerne 1970). Il s'agit des recettes pour purifier et clarifier l'huile (par ajout de cendres, sable, mie de pain, bois, lavage à l'eau, urine...) et celles faisant intervenir de l'eau de vie ou du vinaigre et des œufs ou bien du vinaigre et des siccatifs. Cet aspect expérimental semble être propre au manuscrit de Turquet de Mayerne puisque les recettes faisant intervenir un procédé différent sont par la suite rares. Nous dénombrons ensuite 3 recettes de lavage à l'eau (Anonyme 1721, Tingry 1803, Paillot de Montabert 1829) et un ajout de cendres (Tingry 1803).

Pour 62 recettes en revanche, le liant est obtenu par association de différents procédés : cuisson, exposition au soleil et ajout de siccatif (figure 2-9 et 2-10). L'huile est cuite avec un siccatif dans 71% des recettes. Ce procédé a été utilisé à tous les siècles et très nettement préféré à un apport de chaleur par exposition au soleil (seulement 18% des recettes). Dans 7% des recettes, l'auteur préconise de faire cuire l'huile avec un siccatif et ensuite de l'exposer au soleil. Ce procédé a été recensé uniquement dans des traités du XVII^e siècle. En revanche, la cuisson d'une huile suivie d'une exposition au soleil, n'apparaît que dans 3 recettes au XVII^e siècle et cette méthode n'apparaît plus dans les recettes étudiées pour les périodes suivantes.

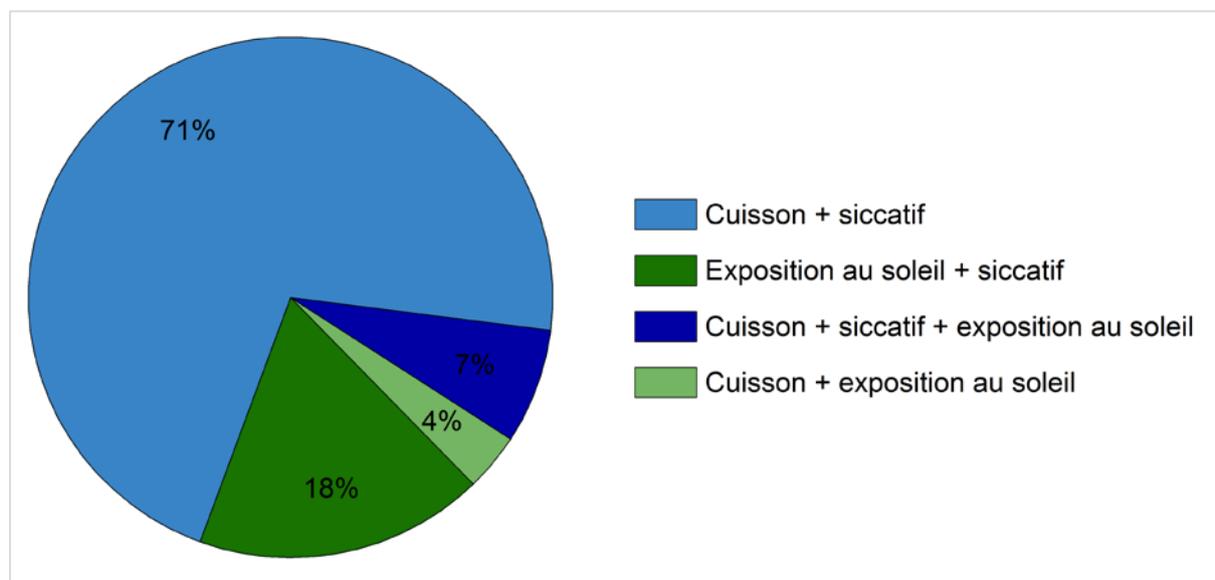


Figure 2-9 : Répartition des associations de procédés pour la préparation des huiles

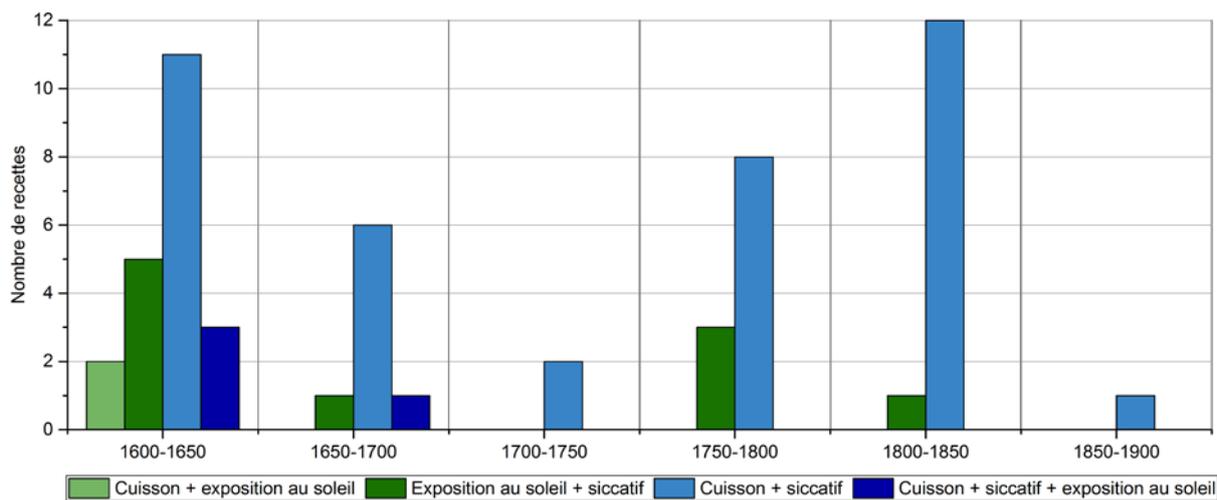


Figure 2- 10 : Etude des associations de procédés pour la préparation des huiles en fonction de la date d'écriture des traités

Il apparaît que les peintres ont employé entre le XVII^e et le XIX^e siècle sensiblement les mêmes procédés pour transformer les huiles lors de la préparation des liants. Aucun changement significatif dans les pratiques n'a été mis en évidence.

5. Recettes de liants employés en peinture à l'huile

TURQUET DE MAYERNE Théodore, *Pictoria, sculptoria, tinctoria et quae subalternarum artium spectantia*, Lyon Audin, 1970, 166 p.

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 32 Folio 16	Huile de noix (1 pinte d'Angleterre)	Litharge d'or (demi once) Minium (2 drachm)	Cuisson + ajout de siccatif Exposition au soleil (si la 1ère opération ne suffit pas)	Huile épaisse, blanche et claire « Pour avoir vostre huile belle blanche et claire comme eau »	Mr Mitens, peintre flamand, indiqué en marge.	« Prenez lytharge d'or trespure demi once, minium, deux drachm. Huyle de noix une pinte d'Angleterre, faites les bouillir ensemble à très lent feu par l'espace d'une heure ; quelques fois l'huile s'espaisit de sorte que vous la pourries bien couper avec un cousteau, quoy non obstant elle redevient claire et liquide. Autrefois elle ne s'espaisit point. L'ayant séparée d'avec les fèces, mettés la dans un pot à conserve de verre au soleil, et laissés faire ceste chaleur, qui vous blanchira et esclaircira vostre huile extrêmement. N.B. – Le soleil de mars est le meilleur de toute l'année pour cet effect et blanchit davantage. Apvril et may n'est pas mauvais et vault mieux que tout le quartier suivant ».
Recette 2 Page 32 Folio 16	Huile de noix (1 pinte)	Cendres de chênes chaudes (une poignée)	Laisser 8, 12, 14 jours Filtrer par 3 fois	Huile siccative épaisse et claire « propre à mesler les couleurs »		« Prenez cendres de chesnes nettes, chaudes, une poigner, revenant à la quatrième partie de la quantité de l'huile, versés dessus, une pinte d'huile de noix. Laissés ensemble 8, 12, 14 jours, vous aurez vostre intention. M. Mitiens dit que tant plus l'huile acquiert de chaleur tant plus elle se subtilise et se rend plus propre à mesler les couleurs. Voyés de prendre de la chaux vive de pierre non de craye très subtilement pulvérisée mettés la dans une petite manche d'hypocras de toile claire. Au dessous de ceste manche ayés en une pleine d'os de mouton, ou de corne de cerf ou de daim calcinés à blancheur. Et au bas une troisième pleine de craye ou de sable fort délié. Passés vostre huile de noix, par ces trois chausses. Et expérimentés ce qui en adbiendra. Voyés si ladite huile ou celle de lin se peuvent distiller par l'alembic ou par la retorte, avec de l'eau. Plusieurs croyent que toutes les huiles tirées par expression sont de très difficile sinon impossible distillation. »

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 3 Page 33 Folio 17	Huile de lin ou de noix (½ sextier = ½ livre)	Litharge d'or (1 demi once)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccatif « <i>qui est comme un vernis sans corps</i> »	Indication de M. Sallé chez M. Soubize en marge. Selon Mayerne l'huile de noix est la meilleure Peut être utilisée sur le métal, le cuir, le taffetas ou la toile. Il s'agit peut-être d'un vernis ! « <i>qui est comme un vernis sans corps</i> »	« <i>Elle se fait également avec huile de noix et huile de lin mais celle de noix est la meilleure. Prenés de l'huile un demy sextier de Paris, qui pèse environ demie livre, mestés le dedans un pot de terre neuf vernissé, et y jetés demie once de lytharge d'or pulvérisée très subtilement remués un peu avec une spatule de bois et laissés bouillir à lent feu, sous une cheminée, ou à l'air dans une court, par l'espace de deux heures : vostre huile se consomme, mais peu, laissés bien rasseoir, puis versés vostre huile espaisie par inclination, et la guardés pour vous en servir à divers usages.</i> <i>C'est un puissant siccatif, de sorte que toutes les couleurs difficiles à seicher, se seicheront en y meslant un peu de la dite huile.</i> <i>Si on en met sur des armes, en les exposant au soleil en este une après disnée, le vernis se seichera, et empeschera assurément que le fer ne se rouille [...]. Avec cette huile le cuir peult estre imbeu pour résister à l'eau comme scavés.</i> <i>Item on en peult enduire de la toile, ou du taffetas ».</i>
Recette 4 Page 36 Folio 19	Huile de noix	Pastille de blanc de plomb	Exposition au soleil + ajout de siccatif	Huile très siccatif en particulier pour l'orpiment « <i>il la faut mesler sur la palette avec l'orp. broyé avec eau et desseicher</i> ».	Recette du capitaine Sallé	« <i>HUYLE TRÈS SICCATIVE TANT POUR LES COULEURS QUE POUR ACCOMODER LES ESTOFFES CONTRE L'EAU, MESMES SANS USER DE COLLE. Prenés du blanc de plomb. Broyés le très bien avec l'eau pure, puis en faites de pastilles, que ferés seicher sur la craye et au soleil, ou sur un tuyle bien nette. Arrangés vos pastilles dans un bacquet de plomb, et versés dessus de l'huyle de noix tant qu'il surnage. Mettés au soleil, et l'y laissés jusques à tant qu'il s'espaisise autant que voudrés, et s'esclaircisse comme eau. Vous la pouvés rendre si espaisie en la laissant fort longtemps au soleil qu'il file et se puisse couper. Notés qu'avec ceste huyle l'orpiment se seiche qui aultrement est très difficile à seicher.</i> »
Recette 5 Page 37 Folio 20	Huile de lin (1 livre)	Couperose blanche calcinée (2 onces)	Cuisson + ajout de siccatif	« Huile plus siccatif que toutes les autres » Sèche en 2 ou 3 h). Moins noire qu'en utilisant de la litharge	Recette du Capitaine Sallé	« <i>Prenez Couperose blanche tant que voudrés bruslés la sur un paisle rouge tant qu'après avoir été fondue et avoir bouilly elle se seiche. Réduisés en poudre.</i> <i>Prenez huyle de lin 1 livre, couperose ainsi calcinée 2 onces, cuises à lent feu environ une heure, remuant tousjours, coulés vostre huyle, qui n'est pas si noire qu'avec la lytharge, et seiche promptement en deux ou trois heures ».</i>

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 6 Page 37 Folio 20	Huile d'œillette « <i>Mancopoly</i> »	Verre de Venise	Exposition au soleil + siccatif Remuer tous les 4 jours pendant 3 ou 4 semaines	Huile siccative blanche	Utilisée par les peintres du Pays Bas pour « <i>des ouvrages délicats aux couleurs vives, comme aux pots de fleurs de H. Ghein</i> » En marge Mayerne écrit « <i>L'huile de pavot se blanchit et se rend plus siccatif si on le met dans un plat fort large, couvert d'une lame ou bassin de verre au soleil treschaut par 3 ou 4 jours au plus. M. Van Negre, peintre Wallon, a adjouté que cet huyle seiche assez tost</i> ».	« <i>Cest huyle ne se seiche pas aisément d'elle-mesme, mais on la broie avec du verre de Venise, et puis on les met ensemble au soleil dans une phiole, qui doit estre agitée de quatre en quatre jours, par quelques 3 ou 4 semaines, fault verser le clair par inclination quand on s'en voudra servir, et laisser le reste sur le verre.</i> »
Recette 7 Page 37 Folio 20	Huile de lin ou huile de noix	Alun Eau	Exposition au soleil + siccatif Battre tous les jours pendant 1 mois	Huile blanche, claire et transparente	« <i>Portman, le peintre</i> » indiqué en marge.	« <i>Pour blanchir huile de lin ou de noix en un mois. Battés l'huile fort long temps avec de l'allun, adjoutés y de l'eau, mettés au soleil et battes tous les jours votre dicte huile tant qu'elle blanchissay en battant ; puis la remettes au soleil continuant jusques à tant qu'elle deviennent blanche claire et transparente.</i> »
Recette 8 Page 38 Folio 21	Huile de lin	Sciure de bois Croûtes de pain bis	Cuisson + exposition au soleil	Huile blanchie « <i>propre à peindre sans altérer les couleurs</i> »	Recette du peintre Jean Finet	« <i>POUR BLANCHIR L'HUILE DE LIN PROPRE À PEINDRE SANS ALTERER LES COULEURS. Prenés d'icelle huile tant que voudrés, mettés-là dans un pot large sur le feu avec de la sciure de bois (je crois qu'un bois qui ne noircit point et est fort léger comme le sapin (qui possible peut mieux attirer la saleté estant résineux), le saule, ou semblable, est le meilleur. Faites bouillir asses fort par l'espace d'un quart d'heure, puis ostés la sciure surnageante avec un escumoir, ayés une conserve de verre assez haute selon la quantité d'huile que vous aurés, mettés au fonds d'icelle une crouste de pain bis, et versés vostre huile dessus, laissant le vaisseau au soleil tant que vostre huile blanchisse en faisant une résidence de la partie la plus rousse, la claire et blanche demeurant au-dessus, qui</i>

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
						<i>se séparera commodément de l'autre, si à 2 ou 3 doigts du fonds est fait un goulet pour admettre une plume et un fosset ».</i>
Recette 9 Page 112 Folio 93	Huile de lin	Litharge Mine	Cuisson + ajout de siccatif + exposition au soleil (de mars)	Huile siccative et claire	Le temps d'exposition au soleil dépend du soleil, plus l'huile est exposée à la chaleur plus elle s'épaissie	<i>« Faites bouillir l'huile de lin avec de la litharge et de la mine et ce à lent feu sans qu'il exonde – il deviendra comme un sirop. Mettes le au soleil de mars dans diverses phioles (voyés un vaisseau ouvert) et le laissés jusques à tant qu'il s'esclaircisse et devienne aussi beau que du vin de Canarie ».</i>
Recette 10 Page 112 Folio 93	Huile de lin	Eau Sable	Exposition au soleil pendant 1 mois	Huile « blanche subtile et tenue ou fort liquide »	<i>« le soleil de mars vault mieux que tout le reste de l'année car estant tempéré il n'espaisist pas ».</i>	<i>« Meslés l'huile avec de l'eau et y adjoustés du sable blanc, dans une phiole, ou bassine ou terrine, battes la trois ou quatre fois le jour, tant qu'elle devienne comme lait et la laissés continuellement au soleil de mars. Dans un mois elle se fera claire comme eau – et, à chaque fois la chaleur du soleil la séparant d'avec l'eau la dépurera et la blanchira à la fin parfaitement ».</i>
Recette 11 Page 112 Folio 94	Huile de lin	Eau	Filtration Exposition au soleil pendant 3 semaines - 1 mois	Huile claire		<i>« M. VANSOMMER. Ce qui tue les couleurs c'est l'huile, laquelle estant bien préparée quelque couleur que ce soit ne meurt point. Il la fault faire au mois de mars lorsque le Soleil est moins chaud, aultrement elle s'engraisse incontinent et ne vault rien. Prenés de l'huile de lin tant que voudrés, ayés un pot percé au fonds, mettés un linompe sur les trous, emplisses de sable bien sec, et passés vostre huile dedans une grande terrine ou bassine où il y ait de l'eau, mettés au soleil à descouvert, et au serain, jour et nuit trois sepmaines ou ung mois. Elle s'esclaircira comme de l'eau. Ostés la devant qu'elle s'engraisse et vous en serves ».</i>
Recette 12 Page 115 Folio 96	Huile de noix ou de lin	Litharge d'or « Silberglette »	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative blanche et claire. A mêler une goutte ou deux sur la palette avec les couleurs broyées : « Cest huile n'est que pour le noir et pour la laque, meslée avec les couleurs obscures,	Mayerne en note écrit que l'huile de noix est meilleure que celle de lin	<i>« HUYLE SICCATIVE POUR LACQUE, ET LE NOIR, EN LIEU DE VERDET, D'OMBRE ET DE COUPEROSE. Prenez Lytharge d'or : Silberglette. Bien pulvérisée, mettés de l'huyle de noix dessus, ou de lin, et remués sur le feu, quand il commencera à bouillir, ostés du feu, et le bouillon passé remettes sur le feu, et ce, cinq ou six fois. Laissés rassoir, et guardés pour en mesler une goutte ou deux sur la palette avec vos couleurs broyées. Ceste huile s'esclaircit très bien, et devient blanche. Il vient parfois une peau par dessus qu'il fault oster ».</i>

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
				<i>car elle fait mourir les autres ».</i>		
Recette 13 Page 121 Folio 111	Huile de noix	Eau claire	Cuisson + exposition au soleil	Huile claire « pour clarifier l'huile de noix ».		« POUR CLARIFIER HUILE DE NOIX. Faites-la bouillir avec eau claire, et lorsque bouillira, prenez ce qui viendra dessus et le mettez en une phiolle et la boucher bien ; et puis mettez au soleil et sera faite.
Recette 14 Page 121 Folio 112	Huile de pavot	Litharge de blanc de plomb	Ajout de siccatif	Huile siccative Pour le blanc, l'azur et « toute autre sorte de couleur qui ne jaunit point »	L'huile sèche mal sans la litharge de blanc de plomb	Prenez la graine de pavot qui sera blanche et en tirez huile et la meslez avec vos couleurs. Note de Mayerne : « Mais cette huile seiche malaisément ; voyés de l'assaisonner par l'infusion de la litharge du blanc de plomb ».
Recette 15 Page 132 Folio 136	Huile de lin (1 quart)	Pain de bis en miettes Sciure de bois mélangée avec de la poudre de blanc de plomb	Exposition au soleil + ajout de siccatif	Huile blanche et claire	Recette en anglais, traduite en note	« Prenez un quart d'huile de graines de lin et mettez dans un pot de terre, puis ajoutez du pain bis mis en miettes et une certaine quantité de sciure de bois mélangée avec de la poudre de blanc de plomb. Mettez le pot contenant tous les ingrédients au soleil par un temps chaud pendant 4 ou 5 jours, et avec un bâton, mélangez et remuez tout ensemble 5 ou 6 fois par jour, en prenant soin que, le pot étant ouvert, il n'y tombe aucune poussière ou saleté. Ceci étant fait, l'huile deviendra claire et blanche, et en laissant le pot tranquille toute une journée, tous les ingrédients tomberont au fond. Alors transvasez doucement l'huile clarifiée dans un vase propre et gardez le pour votre usage ».
Recette 16 Page 133 Folio 136	Huile	-	Exposition « au soleil et à la nuit » Dans une fiole hermétique pendant 8-9 mois	Huile claire blanche Plus épaisse que d'habitude (sans pour autant empêcher son utilisation)	Le type d'huile n'est pas précisé Utilisée par le peintre Noilon	« HUYLE BLANCHES FORT CLAIRES. Noilon, bon peintre, dit avoir mis de l'huyle de lui dans une phiole icelle bien bouschée avec (lacune) et parchemin, l'avoir exposée au soleil et à la lune 8 ou 9 mois, au bout desquels ladicte huyle a este très claire et blanche comme eau, un peu plus espaisse que l'ordinaire, mais néanmoins bonne pour peindre ».
Recette 17 Page 133 Folio 137	Huile de lin (1 verre)	2 jaunes d'œufs battus dans du vinaigre (un quart de verre)	Mise en bouteille hermétique Laisser reposer quelques jours	Huile claire	Recette de Van Dyck Recette pour blanchir l'huile Recette en italien traduite en note.	« RECETTE DU SEIGNEUR CAVALIER ANTOINE VAN DYCK POUR BLANCHIR L'HUILE DE LIN (on trouvera d'autres recettes folios 140). Prenez deux jaunes d'œufs et battez les bien dans le quart d'un verre de vinaigre triple (ou ordinaire) le mélangeant bien avec les jaunes. Mettez dans une bouteille en rajoutant un verre d'huile de lin, en remuant l'huile avec ces ingrédients jusqu'à ce que le tout devienne trouble : ce qu'on fera

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
					En latin « <i>cela ne réussit pas avec le blanc. C'est le jaune de l'œuf qu'il faut prendre</i> ».	<i>avec une plume fendue en quatre. Puis fermez la bouteille, et quand cela aura reposé pendant quelques jours cela deviendra très clair</i> ».
Recette 18 Page 134 Folio 139	Huile de lin (1 demi pot)	Eau de pluie (1 demi pot), Alun (une part), Sel (une part), Croute de pain de seigle, Sciure de bois de sapin	Cuisson + ajout de siccatif + exposition au soleil pendant 8-10 jours Distiller pour la purifier encore davantage.		Recette traduite en note	« <i>prends un demi pot d'huile de lin, un demi pot d'eau de pluie, une part d'alun, une part de sel, et une croûte de pain de seigle. Chauffe jusqu'à ce que le jaune de l'huile monte, et tourne-le, et jette dedans une poignée de sciure de bois de sapin en tournant toujours. Mets le pot au soleil pendant 8 ou 10 jours. Alors, sépare l'huile purifiée de celle qui ne l'est pas. Pour la purifier au soleil, verse-la dans un verre sur du blanc de plomb et de grosses miettes de pain de seigle. Si on veut la purifier encore plus, on la distille et elle devient claire comme de l'eau de fontaine</i> ».
Recette 19 Page 134 Folio 139	Huile de lin (1 livre)	Litharge d'or pulvérisée (4 onces), Vinaigre blanc (1 livre ou 1 ½ livre)	Mise en bouteille Agiter tous les jours		Recette en italien, traduite en note	« <i>OLEJ LINI DEALBATIO M. ADAMI. Prends une livre d'huile, 4 onces de litharge d'or finement pulvérisée, une livre ou une livre et demi de vinaigre blanc, mets dans une bouteille et agit chaque jour</i> ».
Recette 20 Page 134 Folio 139	Huile de lin blanchie	-	Filtration dans une vessie de bœuf, percée de trous et remplie de sable Plusieurs fois	Huile dépurée	Recette pour purifier l'huile de lin blanchie	« <i>Pere cherubin. L'huile de lin blanchie se dépure à merveille si vous prenez une vessie de bœuf, et la remplisses au tiers ou à moitié de fort beau sable blanc pui sen picqués le fond en dix ou doux endroits avec une esguille. Après versés vostre huile par dessus le sable de vostre vessie estant suspendue en l'air, et cohobes plusieurs fois.</i> <i>Ceste façon de clarifier peult servir à toutes liqueurs. Que si la liquer est un peu espaisse et ne peult aisément passer par les trous, vous pourrés les faire avec un fort petit porte pièce, mettre dessus un sandal blanc fort délié ou linompe, ou cambrey, et par dessus le sable faisant comme dessus</i> ».
Recette 21 Page 135	Huile de lin	Eau de vie mélangée avec des	Mettre dans une fiole à l'ombre	Huile blanchie	Recette « pour blanchir l'huile à l'ombre »	« <i>Mesles de l'eau de vie avec des jaulnes d'œuf, je dis Eau de vie commune, non esprit de vin. Lequel cuit et endureit incontinent les moyaux d'œufs, et mettés de ceste mixtion avec vostre huyl dans une phiolle à l'ombre,</i>

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Folio 140		jaunes d'œufs	pendant 3 semaines-1 mois Remuer		Recette obtenue du « peintre flamand Adam demeurant à Coolman Street »	<i>agitant souvent vostre vaisseau. Laissés jusques à tant que l'huyle estant blanchie, vous la couliés et la séparés du reste pour vous en servir.</i> <i>Voyez s'il sera bon de battre les jaulnes d'œufs avec l'huyle, et puis y adjouster l'eau de vie – on le pourra essayer avec l'esprit de vin en ce cas là, mais je crois que l'eau de vie commune est meilleur. Adam m'a dit qu'il prend de l'eau de vie commune et qu'il ne fault sinon laisser la phiole sur une tablette à l'ombre, et que dedans trois semaines ou un mois au plus l'huyle se blanchit parfaitement). »</i>
Recette 22 Page 135 Folio 140	Huile de lin « <i>dépurée par résidence</i> »	Eau Mie de pain de froment (ou de bis ou de pain blanc)	Battre l'eau et l'huyle Ajouter de la mie de pain et battre tous les jours une heure. Laisser à l'ombre		Recette du même Adam	<i>« Ayés un vaisseau à gueule asses large dans lequel vous mettrés eau et huyle de lin bien dépurée par résidence ; battez bien ensemble et laissés revenir l'huyle au dessus. Ayez de la mie de pain de froment rassie bien esmyée. (Le blanc est bon mais M. Adam s'est toujours servy du bis) Espendés-le en saupoudrant avec les doigts dessus l'huyle, à travers laquelle le pain passant, il en emporte toute la saleté. Battés fort ensemble tous les jours une heure. Laissés vostre vaisseau à l'ombre ou bien sur une tablette en vostre chambre. En toulte saison. Dedans un mois ou environ, vostre huyle se blanchira et sera aussi claire que de l'eau.</i>
Recette 23 Page 135 Folio 140	Huile de lin	Eau Mie de pain de froment (de bis ou de pain blanc)	Exposition au soleil	Huile siccativ « <i>mais moins bonne pour peindre et appliquer les couleurs</i> »	Alternative de la recette 22	<i>« Voyés si le vaisseau estant mis au soleil en este, l'huyle ne blanchira pas plutôt. Toutefois elle s'espaisira par ce moyen et sera bien siccativ, mais moins bonne pour peindre et appliquer les couleurs. «</i>
Recette 24 Page 135 Folio 140	Huile de lin	Eau Mie de pain	Verser l'huyle sur la mie de pain, agiter, laisser reposer, ajouter l'eau. Agiter chaque jour « <i>jusques à la blancheur désirée</i> »		Alternative de la recette 22	<i>Essayés de mettre dans une phiole à col long et estroit comme un matras premièrement de la mie de pain bien esmiée, puis verser vostre huyle dessus, bien agiter le tout, et les laisser ensemble l'espace d'une nuit ; puis verser l'eau dans la phyole, agiter, et mettre en un coing le vaisseau, d'où le prenant l'agitation se réitérera chaque jour, jusques à la blancheur désirée, à laquelle l'huyle estant parvenu il faudra la séparer d'avec l'eau par l'entonnoir, et la garder en bouteille de verre bien bouchée ».</i>
Recette 25 Page 138	Huile de lin	Litharge d'or	Cuisson + ajout de siccatif		Essayer avec de l'huyle de pavot	<i>« HUYLE BLANCHE QUI NE S'ESPAISSIT POINT, ET EST FORT CLAIRE, DONT MR FELTZ M'A DIT AVOIR PEINT AVEC DES AZURS ELLE SEICHE INCONTINENT. Prenez huyle de lin (ou de noix) voyés celle de pavot. Versés-la hors du feu dans un pot neuf bien vernissé, sur la</i>

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Folio 142	ou de noix	Eau de fontaine ou de plage			En marge « à 18 onces pour Litharge 3 onces »	<i>Sixième partie de son poids de Lytharge d'or bien nette pulvérisée ; remuez bien avec un baston, environ un demy quart d'heure ; après versés sur l'huyle et sur la Lytharge le double d'eau de fontaine ou de plage ; faites bouillir assez doucement sur le feu, gardant l'exondation (débordement), par l'espace de une bonne heure pour le moings, ou deux ; escument légèrement ostés de dessus le feu. Laissés rassoir et versés la laiqueur, puis séparés l'huile d'avec l'eau et la guardés pour vostre usage ».</i>
Recette 26 Page 139 Folio 143	Huile de lin ou huile de noix	Litharge	Cuisson + ajout de siccatif	Huile de litharge bien blanche et très siccative		<i>« Mettés vostre huile de lin ou de noix sur le feu dans un pot de terre neuf vernissé faites la chauffer, non qu'elle bouille mais quelle commence à frémir. Tirés la du feu, et jettés dedans vostre Lytharge bien lavée et bien seichée, remuant assez longtemps avec une spatule ou un baston. Couvrés vostre pot, et laissés reposer quinze ou 20 jours. Vostre huyle se blanchira en perfection, et sera fort siccative. »</i>
Recette 27 Page 139 Folio 143	Huile de lin ou de noix	Eau de pluie salée Eau douce Mie de pain	Mélanger pendant 2-3 jours l'huile et l'eau salée. Tirer l'eau salée. Répéter l'opération 12-15 fois. Laver avec de l'eau douce 3 ou 4 fois. Ajout de la mie de pain (pour dégraisser)	Huile claire, blanche et dégraissée	Il faut utiliser une bouteille avec un robinet au bas (un faulcet)	<i>« Prenés eau de pluie, et faites y dissoudre du sel, meslés avec vostre huyle et lavés en agitant longuement par plusieurs fois deux ou trois jours. Cela se peult faire dans une bouteille, avec un faulcet au bas, et la meilleure lotion sera en agitant la bouteille de verre. Tirés vostre eau salée et y en remettes de nouvelle faisant comme dessus 12 ou 15 fois. Après lavés la trois ou quatre fois avec eau douce de plage. Pour la bien desgraisser, il y faut adjoindre de la mie de pain, qui passant par l'huyle tombera à fonds et emportera quant et soy toute la crasse. Séparés vostre huyle et la gardés dans une phiole bien bouchée. Elle sera claire comme eau. »</i>
Recette 28 Page 140 Folio 145	Huile de noix (1 livre)	Urine d'homme (1 livre)	Exposition au soleil pendant 4 jours (ou plus) Séparer l'huile de l'urine avec un « séparatoire »	Huile blanche et claire. Huile qui ne jaunit pas (grâce à l'urine) Huile servant à broyer et détremper les couleurs (écrit en marge)	Plus il fait chaud plus l'opération se fait vite (soleil d'été)	<i>« Prenez huyle de noix ou commune, ou tiré sans feu 1 livre. Mettés dans un pot ou phiole, et versés dessus de l'urine d'homme autant qu'il y a d'huyle, mettés au soleil sans couvrir le pot du godet de terre, ou conserve de verre large. Laissés au moings quatre jours, si davantage tant mieux. En este le soleil estant bien chaud, se fait plus vite. L'huyle blanchy soit séparé d'avec l'urine avec un séparatoire de verre et gardé. Ne jaulnit jamais. Ayant este ainsi desgraisée et atténué par l'urine. Voyés si plus d'urine en un bassin de verre large, l'huyle n'ayant que l'espaisseur d'un teston, ne desgraissera pas mieux et blanchira, que quand l'huyle est plus espaisse. »</i>

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 29 Page 141 Folio 145	Huile de noix (1 livre)	Eau fraîche (1 livre) Litharge d'or en poudre (2 onces pour une livre)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccatif de litharge Peut servir de liant et de vernis « <i>meslée avec les couleurs ne les guaste point</i> »		« <i>Prenez huile de noix tant que voudrés et autant d'eau fraîche. Mettés dans un pot où il y ait de la Lytharge d'or en poudre 2 onces pour livre. Mettés sur un petit feu, agités avec une spatule jusques à tant qu'il bouille. Cessés de remuer, et laissés bouillir lentement au moings une demie heure. Si plus, ne nuit pas, ne s'espaisit pas, coule comme vernix et est claire comme de l'eau</i> ».
Recette 30 Page 141 Folio 145	Huile de lin	Eau Alun	Exposition au soleil + ajout de siccatif	Recette pour blanchir l'huile.		« <i>Blanchir l'huile de lin en un mois. Mettés la dans une phiole, avec de l'eau et de l'Alun. Exposés au soleil, agités 2, ou 3 fois le jour</i> ».
Recette 31 Page 141 Folio 145	Huile de lin (1 livre)	Chaux vive mise en poudre (un quarteron)	Mettre dans un « <i>matras ou phiole à col long</i> ». Mélanger tous les jours	Huile blanchie mais qui ne s'épaissie pas.	En marge « <i>non au soleil mais à l'ombre</i> »	« <i>L'huile de lin se blanchit dans fort peu de jours, si à une livre d'iceluy vous adjoustés un quarteron de chaux vive mise en poudre subtile, dedans un matras ou phiole à col long, agités assés longtemps tous les jours, l'huile blanchit et ne s'espaisit pas</i> ».
Recette 32 Page 142 Folio 146	Huile de lin (une quarte)	Chaux vive (deux poignées)	Laisser reposer pendant 3-4 jours. Remuer 3-4 fois. Récupérer l'huile. Exposition au soleil 1 ou 2h le matin et le soir pendant 3 semaines	Huile blanchie et purifiée	Recette pour blanchir l'huile de lin En marge « <i>Mathieu, orfèvre de la Reine 1634</i> ».	« <i>Prenés une quarte d'huile, et deux poignées de chaux vive commune et les metterez en un pot de terre plombé, et laissés l'espace de trois ou quatre jours la remuant trois ou quatre fois le jour ; puis survuidés l'huile doucement dedans une bouteille de verre et la bouchés bien, puis mettés au soleil une heure ou deux le matin et autant le soir, l'espace d'environ trois semaines, et sera purifiée.</i> <i>Mr Adam Susinger bon peintre mesle premièrement la chaux avec l'huile et les laisse ensemble quelques jours, puis verse de l'eau dessus, et les agite chaque jour souvent ensemble, les liassant à l'ombre dans une chambre. Il m'a assuré que l'huyle se blanchit – mais je crois qu'au soleil cela se fera mieux et plus tôt.</i> <i>Voyés ce que fera une forte eau de chaux filtrée, meslée avec l'huyle, le tout exposé au soleil et agité plusieurs fois le jour jusques à blancheur.</i> <i>La chaux de cailloux est la meilleure.</i> »

N° recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 33 Page 142 Folio 146	Huile de lin dépurée	Blanc de plomb broyé	Cuisson + ajout de siccatif	Huile blanche « <i>Dès le lendemain vostre huile est blanche</i> »	Recette de Dietrich Keuss (peintre de Hambourg) 1 ^{ère} façon de blanchir l'huile de lin	« <i>Dieterich Keuss Peintre de Hambourg, blanchit l'huile de lin en deux façons : 1. En un vaisseau large mettés du blanc de plomb bien broyé avec huyle, et versés vostre huyle bien dépurée par résidence dessus, mettés sur le feu et faittes chauffer à bon escient environ une heure, sans que vostre huile bouille, remuant avec une spatule de fer ou d'argent. Ostés de dessus le feu, et laissés reposer. Dès le lendemain vostre huile est blanche</i> ».
Recette 34 Page 142 Folio 146	Huile de lin dépurée	Copeaux de bois blanc	Laisser reposer le tout dans un tonnelet (longtemps)	Huile blanche	Recette de Dietrich Keuss (peintre de Hambourg) 2 ^{ème} façon de blanchir l'huile de lin Le bois permet le blanchiment de l'huile	« <i>2. En Allemagne on a des coipeaux ou rabotteurs d'un bois blanc, dont on se sert pour amorce de fusil. Mettés sur iceulx vostre huile dans un tonnelet, et laissés longtemps. Le bois altère toute la jaulneur de l'huile, et la blanchit</i> ».
Recette 35 Page 156 Folio 160	Huile de lin	Vitriol blanc desséché ou à demi calciné	Cuisson + ajout de siccatif	Huile fort siccative Huile qui sèche en 2h, idéale pour faire sécher la laque. A mêler sur la palette avec toutes les couleurs qui sèchent mal	Recette d'un peintre flamand « <i>chez Mylord Newport, 16 septembre 1638</i> »	« <i>huyle fort siccative. Faites bouillir du vitriol blanc desseiché ou a demy calciné sur une poesle de fer, et d'iceluy mettez une petite quantité dans de l'huile de lin, faites bouillir, coulez et gardez. Ceste huile fait une peau dure, et est fort liquide au dessous et rougeastre approchant du tanné, comme j'ay veu. Voyés ceste préparation avec les proportions au commencement de ce livre du Capitaine Salé. Le peintre m'a dit que ceste huile seiche en 2 heures, et que pour faire seicher la Lacque vistement, il n'y a rien de meilleur. La couleur se rend plus vive, et ne se gaste nullement. De mesme elle se peult mesler sur la palette avec toutes les aultres couleurs qui seichent malaisément</i> ».

Remarques générales :

Page 19 : « *L'huile se blanchit mise sur blanc de plomb et laissée au soleil, mais aussi elle s'engraisse et s'épaissit* »

« *la meilleure est l'huile de lin laquelle si en la peinture devient jaune en mettant le tableau au soleil, les couleurs se vont toujours esclaircissant. Ce qui n'arrive pas en l'huile de noix, ni en celuy de semence de pavot. L'huile de Pavot est bon pour le blanc, et pour le bleu, quand on fait le ciel, l'air, etc.* »

Page 22 : « *la mort des couleurs est quand l'huyle nageant au dessus se seiche et fait une peau qui noircit à l'air* »

Page 23 : « *M. Rubens. N.B. – Pour faire que vos couleurs s'estendent facilement, et par conséquent se meslent bien, et mesmes ne meurent pas, comme pour les azurs ; mais généralement en toutes couleurs, en peignant trempés légèrement de fois à autre votre pinceau dans de l'huile blanche de thérébentine de Venise extraite au baing M. puis avec le dict. pinceau meslés vos couleurs sur la palette* ».

Page 102 : « *LE PETIT PEINTRE DE M. DE ST-JEHAN : Toutes les couleurs se peuvent garder broyées avec eau, et seichées, et se destremper seulement avec huile quand on en veult user sur la palette, hormis le Blanc de plomb qui estant dans l'eau devient tousjours plus beau [...] Les grands siccatifs pour estre mêlés parmi les couleurs sont l'alun bruslé, la couperose blanche, l'ombre, la mine, le vert de gris* ».

Page 104 : « *tout cecy - blanc de plomb, vermillon, lacque, ocre jaune, schitgeel, braunrot, ombre, ocre brune, noir de velours, noir de lampe, ashen cendrée, smalt, émail, massicot - se broye avec huyle de lin lequel seulement estant mis et laissé dans une phiole longtemps au soleil ne s'espaisit pas mais devient clair.*

Page 108 : « *la première place de la palette est pour arranger les couleurs La seconde pour les destremper avec l'huyle. La troisième pour l'alliance et meslange* »

Page 112 : « *Mais quand même la première couche serait aussi seiche qu'un ais. Le moyen de faire emboire toutes sortes de couleurs, les rendre mattes, et empescher qu'elles ne reluisent est de les destremper sur la palette avec de l'huile de lin ou de noix à une livre de laquelle on ait adjousté seulement un quart d'once d'huile d'Aspic* ».

Page 112 : En note de la recette 10 : « *Possible fault-il plus longtemps à soleil que celui de mars. Essayés. Mais tant plus l'huile a de chaleur plus elle s'espaisit* »

Page 112 : Recette 12 : « *Ce qui tue les couleurs c'est l'huile, laquelle estant bien préparée quelque couleur que ce soit ne meurt point. IL la fault faire au mois de mars, lorsque le Soleil est moins chaud, aultrement elle s'engraisse incontinent et ne vault rien.* »

Page 116 : « *L'huile de semence de pavot blanc est fort claire et siccative puisqu'elle faict une peau au dessus. Un peintre en faisait faire beaucoup à M. Le Myre, et disait qu'elle ne gaste point les couleurs* ».

Page 116 : « *L'huile de noix vault mieux que celle de lin* »

Page 133 : En marge « *Huyle siccative de Lin, Noix, Chanvre, Pavot blanc. Essayés les huile de Noisettes, Du fruit du fouteau, Ricinus, noyaux cerise pesches abricots prunus, gland, Voyés du Liagra Anis* »

Page 140 : « *La Céruse ou blanc de Plomb blanchissent aussi bien l'huyle que la Lytharge. Mais ils l'engraissent plus, et l'espaisissent. La mine mieux. La Craye meslée avec un peu de Céruse ou Blanc de Plomb avec huyle seiche fort bien et ne s'escaille pas.* ».

LEBRUN Pierre, Recueil des essais des merveilles de la peinture dans MERRIFIELD Mary Philadelphia, Original treatises, dating from the XIIth to XVIIIth century on the Arts of paintings, 2 volumes, London : John Murray, Albemarle Street, 1849, p.767- 841.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 817	Huile de noix	Terre d'ombre Mine	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccatif		« L'huile siccatif se fait mettant en une chopine de l'huile de noix dans laquelle on y met un linge plain de terre d'ombre et mine, que l'on pend à lance du pot, puis la fait on bouillir. »
Recette 2 Page 817	Non précisé	Litharge	Cuisson + ajout de siccatif	Huile grasse		« Huile grasse se fait avec de la litharge que l'on met dans un sachet en une chopine avec de l'huile, puis on la fait bouillir. »
Recette 3 Page 817	Non précisé	Litharge	Cuisson + ajout de siccatif		Page 819 « 26. La dite huile est très bonne pour faire seicher les couleurs qui ne seichent point, comme lacque fine et commune, blanc de plomb, noir, ocrée, [?] et autres semblables couleurs qui sont long temps à seicher. »	« Autrement on broie la litarge avec huile sur le porphyre, et en fait on petite balle que l'on fait seicher, puis quand on s'en veult servir, on les fait bouillir jusques a ce que la litarge soit fondue ; puis estant froide, elle devient clair come eaue de roche. »

Remarques générales

Page 819 : « 26. La dite huile est très bonne pour faire seicher les couleurs qui ne seichent point, comme lacque fine et commune, blanc de plomb, noir, ocrée, [?] et autres semblables couleurs qui sont long temps à seicher. »

Page 819 : « 29. Le cristal broyé mis dans les couleurs est très bon pour les faire seicher. »

Page 813 : « 9. Pour faire de très beau verd glassé, faut employer le verdegris avec du verny ; cela sera fort beau et luisant, et si ne mouvera pas si tost. 10. L'on met dans l'orpin de l'huile grasse pour le faire seicher, car autrement il ne seicheroit jamais, pareillement dans l'inde. »

Page 815 : « Le verdegris est aussi fort beau emploie avec huile grasse »

Page 815 : « L'huile de camamine est très bonne pour prendre [peindre ?] et est claire comme eau de roche ».

FONTAINE, Jean Henry de la, *L'Académie de la Peinture nouvellement mis au jour pour instruire la jeunesse à bien Peindre en huile & en Mignature*, Paris : J.-B. Loyson, 1679, 72 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Citation de la recette
Recette 1 Page 14-15	Huile de noix	Litharge pillée	Cuisson + ajout de siccatif	« Huille grasse siccatif »	« Vous prendrez de l'huile de noix, & mettez la-dite huile dedans un pot de terre sur la cendre chaude, après vous prendre vostre litarge pillée, qui sera dedans un linge, que mettez dedans, l'huile sans qu'elle touche le fond du pot. Pour sçavoir quand l'huile sera faite, vous prendrez garde que le linge demeure roux, puis vous la laisserez refroidir, & osterez la dite litarge qui sera dure, & ne servira plus de rien : ladite huile demeurera épaisse, il la faut couvrir de peur de la poudre, pour s'en servir, on en met dans de la lacque pour la faire seicher, du noir, aussi du brun rouge ne seiche sans cela, y ayant de l'huile de litarge, ou bien de la mine. »
Recette 2 Page 14-15	Huile de noix	Mine de plomb pillé Blanc de plomb pillé	Exposition au soleil + ajout de siccatif	« huile grasse pour faire seicher les couleurs. » « on en mesle avec des couleurs, quand on est pressé pour les faire. »	« Autre huile grasse pour faire seicher les couleurs. Vous prendrés de l'huile de noix dedans une fiolle, vous y mettrés de la mine de plomb, & du blanc de plomb pillé ensemble, la mettrés au Soleil, cela s'engraisse, & sera fort clair : on en mesle avec des couleurs, quand on est pressé pour les faire. »

Remarques générales

Pages 42-43 : « L'huile de noix est celle que l'on use en couleur, la plus blanche est la meilleure : en d'autres lieux, faute d'huile de noix, l'on prend de celle de lin, elle jaunit davantage. [...] La principale est celle de noix, toutes les autres huilles ne seichent point, & c'est pour assuré que l'huile qui se glace, jamais ne seiche comme l'huile d'olive, l'huile de ravette, l'huile de poisson, ces trois huilles ne seichent point, & si elles sont meslées avec les trois autres elles empeschent qu'elles ne seichent & glacent tous les ouvrages. »

FELIBIEN André, *Des Principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent*, Paris : Jean-Baptiste Coignard, 1676, 795 p.

Recette N°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Citation de la recette
Recette 1 Page 413	Huile de noix	Litharge d'or Oignon pelé entier	Cuisson + ajout de siccatif	Huile « dégraissée » siccative et claire	« L'on emploie encore des Huiles siccatives, pour faire que les autres seichent plus promptement. Il s'en fait de plusieurs sortes. Il y en a qui n'est composée que d'huile de noix qu'on fait boüillir avec de la Litarge d'or & un Oignon entier & pelé, qu'on retire après qu'il a boüilly ; Il sert à dégraisser l'huile & à la rendre plus claire. »
Recette 2 Page 413	Huile de noix	Azur en poudre ou émail	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative pour « détremper le Blanc, & les autres Couleurs que l'on veut conserver les plus propres ».	« On en fait encore d'une autre sorte en faisant boüillir dans de l'Huile de noix de l'Azur en poudre, ou de l'Email. Quand le tout a boüilly, on laisse reposer l'huile, & on en prend le dessus. Elle sert à détremper le Blanc, & les autres Couleurs que l'on veut conserver les plus propres ».

Remarques générales

Page 412 : « Quant aux Huiles, les meilleures qu'on puisse employer sont celles de Noix et de Lin.

Pour faire couler les Couleur, & retoucher plus aisément les Tableaux, l'on se sert d'huile d'Aspic, qui fait boire, & oste le luisant d'un Tableau. Elle est propre aussi à enlever la crasse, & à nettoyer les Tableaux ; mais il faut prendre garde qu'elle n'emporte la Couleur. Elle est faite de fleurs de Lavande. Il y a une autre huile tirée de la Résine, que les Italiens appellent Aqua di rasa, & nous Huile de Therebentine. Elle est encore bonne à retoucher les Tableaux, mais principalement à mesler avec l'Outremer & les Emaux, parce qu'elle sert à les étendre & qu'elle s'évapore aussi-tost. »

LA HIRE Philippe de, « Traité de la pratique de la Peinture » dans Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Depuis 1666 jusqu'à 1699, Tome 9, Paris : la Compagnie des Libraires, 1730, 730 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Citation de la recette
Recette 1 Page 708	Huile de noix	Litharge (1/8 ^{ème} ou 1/10 ^{ème}) Oignon coupé (optionnel) Eau	Cuire à feu doux avec la litharge dans un pot de terre Battre avec une spatule en ajoutant de l'eau.	Huile siccatrice pour mêler aux couleurs « On met un peu de cette huile dans les couleurs qui ne sechent pas toutes seules, comme l'outremer, la laque, les stils de grain, les noirs de charbon, & sur tout dans le noir d'os où il faut en mettre un peu plus, à cause qu'il peut rester des années entieres sans secher quand il n'y a point de secatif. »	« Le plus commun de tous, & qui est le plus en usage, est une huile qu'on appelle secative. Ce n'est que de l'huile de noix cuite dans un pot de terre à feu lent, avec de la litharge bien broyée avec la même huile, on ne met environ qu'un huitième ou dixième partie de litharge ; on la fait cuire doucement de peur qu'elle ne se noircisse, & quand elle commence à s'épaissir on l'ôte de dessus le feu, & on la bat bien avec une spatule de bois en y versant un peu d'eau, & quand elle est reposée elle est prête à s'en servir ; il faut que le pot ne soit qu'à moitié plein d'huile, de peur qu'en cuisant elle ne se repande par dessus les bords. Il y en a qui font cuire avec l'huile un oignon coupé en plusieurs morceaux pour la dégraisser & pour la rendre plus coulante & moins gluante, à ce qu'ils prétendent. On met un peu de cette huile dans les couleurs qui ne sechent pas toutes seules, comme l'outremer, la laque, les stils de grain, les noirs de charbon, & sur tout dans le noir d'os où il faut en mettre un peu plus, à cause qu'il peut rester des années entieres sans secher quand il n'y a point de secatif. »

Remarques générales

Pages 639-640 : « Mais il y a environ 300 ans qu'on inventa une autre maniere de peindre, qu'on appelle à huile, parce que toutes les couleurs y sont détremées avec l'huile de noix ou de lin, qui sont seccatives de leur nature. Cette sorte de peinture est fort en usage à present, & a plusieurs avantages sur les precedentes, par la force & la vivacité de quelques couleurs qui lui sont particulieres, mais sur tout par la délicatesse & l'union des teintes differentes. On peignoit d'abord à huile sur des planches de bois préparées pour cet effet, & avec toutes sortes de terres colorées, & même avec des minéraux & des métaux calcinés qui se peuvent détremper & incorporer avec l'huile : mai les teintures ni peuvent pas servir sans une préparation particuliere. Un des principaux avantages de cette peinture est de resister à l'humidité quand elle est seche, & par consequent elle peut durer fort long-tems, mais les couleurs se ternissent peu à peu & deviennent fort obscures, & même les clairs, au contraire des précédentes, dont les clairs sont très-vifs & brillans, & qui ne changent point par le tems. L'éclat ou luisant de cette peinture est encore un désavantage considerable, en ce qu'elle ne paroît point quand elle n'est pas exposée à un jour de biais. On peint presentement à l'huile presque toujours sur des toiles ou sur des étofes imprimées avec des couleurs à huile, & quelques fois sur des murs enduits de plâtre, à cause que l'huile y penetre, ce qu'elle ne fait pas sur des enduits de mortier [...] »

Page 706 : « Elle pourroit passer pour la plus parfaite des manieres de peindre si ses couleurs ne se ternissoient pas dans la suite du temps ; car elles deviennent toûjours plus brunes, & elles tirent sur un jaune brun, ce qui vient de l'huile avec laquelle toutes les couleurs sont détrempés & incorporées. »

Page 706-707 : « En parlant en general des couleurs, j'ay remarqué celles qui pouvoient servir dans cette espèce de peinture, lesquelles sont toutes détrempées & broïées avec l'huile de noix, qui est secative de sa nature. On pourroit aussi se servir d'huile de lin : mais comme elle est plus jaune & plus grasse que l'huile de noix, on ne l'emploie que dans les impressions à cause qu'elle est un peu à meilleur marché. Il y a eu quelques peintres qui ont emploïé de l'huile tirée de la graine de pavot blanc, à cause qu'elle est beaucoup plus blanche ou plus claire que l'huile de noix, & que d'ailleurs elle est aussi secative ; mais ce n'a été que pour de petits ouvrages, où ils ont recherché tout ce qui pouvoit contribuer à la beauté & à la vivacité des couleurs. »

Page 707 : « Quoique l'huile de noix soit secative, il y a pourtant des couleurs qui étant mêlées & broïées avec cette huile ne sèchent jamais, & d'autres ne sechent que très difficilement. C'est ce qui a obligé les Peintres de chercher des moïens pour faire secher ces fortes couleurs. Ils ont trouvé que la couperose blanche fondue & sechée sur une platine de fer étoit un bon secatif quand on en mêloit un peu dans les couleurs, mais il la faut broïer à l'huile pour l'y mêler ; & comme elle n'a point de couleur elle ne gête point celles où on en met, comme dans l'outramer & dans la laque, qui sechent pas toutes seules. Il est vrai que quand on mêle assés de blanc de plomb dans ces couleurs elles sechent assés facilement, pouveu néanmoins que le blanc de plomb ne soit pas nouvellement boïé, ni avec de l'huile nouvelle, car sans cela il ne seche pas fort promptement, & sur tout en hiver. Car on doit remarquer en general que toutes les couleurs à huile sechent bien plus vite en été qu'en hiver. Mais comme la couperose est un sel, il y en a qui craignent qu'elle ne se sépare des couleurs quoique seches, quand les tableaux sont exposés à l'humidité, & qu'en se fondant avec l'eau, elle ne laisse sur le tableau une espece de farine blanche quand l'eau se seche. C'est pourquoi on a cherché d'autres secatifs que la couperose. »

DUPUY DU GREZ Bernard, *Traité sur la peinture pour apprendre la théorie, & se perfectionner dans la Pratique*, Toulouse : Vve J. Pech et A. Pech, 1699, 396 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 253	Huile de noix	Litharge d'or Oignon pelé	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccatif		« Comme toute sorte d'huiles ne sèchent pas assez promptement : On a trouvé divers moyens d'en faire de siccatives. Quelques – uns font une petite pelote de Litarge d'or avec un linge, ils la font boüillir dans un'assez grande quantité d'huile de noix , avec un oignon bien pelé : Ils ôtent après la Litarge & l'ognon , & conservent cette huile dans une bouteille .
Recette 2 Page 253	Huile de noix	Azur en poudre	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccatif	Huile qui surnage à conserver	« D'autres font boüillir de l'Azur en poudre dans leur huile, & quand l'Azur est au fond, & qu'elle est bien reposée , ils versent l'huile qui surnage , & la mettent à part pour le besoin. »
Recette 3 Page 253	Huile de noix	Céruse ou craie	Cuisson + ajout de siccatif + exposition au soleil	Huile siccatif	« L'huile siccatif sert pour employer principalement les Noirs, les Laques, le Cinabre, les Azurs & l'Inde. »	« Quelques-autres se servent de Ceruse, ou de craie dans la pelote à la place de la Litarge, & quand elle a pris quelques boüillons , ils exposent leur huile au Soleil , puis ils la versent dans un autre vase. »

Remarques générales

Page 252 : « Quant aux huiles , les meilleures pour cette sorte d'ouvrage , sont celles de noix & de lin qui sont fort communes à Toulouse : On broyé avec l'une ou l'autre de ces deux huiles toutes les couleurs qui se sont pas assez fines d'elles-mêmes , sur un marbre bien dur , jusques à ce qu'il ne reste rien de grossier : Mais comme nous avons remarqué, il ne faut que tout autant d'huile qu'il est nécessaire à broyer les couleurs , & il les faut tenir aussi fermes qu'il se peut : Et pour les faire mieux obeïr principalement en retouchant les ouvrages , on se sert d'un peu d'huile d'aspic , qui fait boire & ôte le luisant d'un tableau. L'huile d'aspic est propre aussi pour enlever la crasse & à nettoyer les Peintures : Mais on doit prendre garde qu'elle n'emporte la couleur. Cét huile au rest se fait avec des fleurs de Lavande. »

ANONYME, Secrets concernant les Arts et Métiers. Nouvelle édition, revue, corrigée & considérablement augmentée, Tome 1, Nancy : Jean de la Rivière, 1721, 540 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 167	Huile de lin	Mastic en larme (deux onces)	Cuisson + résine	« Huile à broyer des couleurs pour peindre oyseaux, ou autres choses à résister à l'injure du tems »		« Huile à broyer des couleurs pour peindre oyseaux, ou autres choses à résister à l'injure du tems : Prenés deux onces de mastic en larmes bien claires, broyés-le avec huile de lin. Puis mettés de ladite huile dans un pot bien plombé, & le pot sur le feu, & peu à peu vous y mettrés fondre le mastic, remuant la matiere, puis laissés refroidir cette huile, & voyés si le mastic est fondu & bien incorporé avec huile. Ce qui étant, vous en broyerés vos couleurs, lesquelles résisteront à l'air, & vous en peindrés les ouvrages que vous voudrés exposer à l'injure du tems. »
Recette 2 Page 202-203	Huile de noix	Litharge d'or Oignon entier pelé	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative claire et dégraissée	Même recette que Félibien	« Les huiles qui servent pour la peinture. [...] L'on employe encore des huiles siccatives pour faire que les autres sechent plus promptement. Il s'en fait plusieurs sortes. Il y en a qui n'est composée que d'huile de noix, qu'on fait bouïllir avec de la litharge d'or & un oignon entier & pelé, qu'on retire après qu'il a bouilli. Il sert à dégraisser l'huile & à la rendre plus claire ».
Recette 3 Page 202-203	Huile de noix	Azur en poudre ou émail	Cuisson + ajout de siccatif	Huile pour détremper les couleurs	Même recette que Félibien	« On en fait encore une autre sorte, en faisant bouillir dans de l'huile de noix de l'azur en poudre, ou de l'émail. Quand le tout a bouilli, on laisse reposer l'huile, & on prend le dessus. Elle sert à détremper le blanc, & les autres couleurs que l'on veut conserver les plus propres. »
Recette 4 Page 217	Huile de lin	Eau fraiche	Rincer à l'eau Réserver dans une bouteille de verre	Recette pour purifier l'huile de lin		« Pour purifier l'huile de semence de lin pour l'Azur. Prenés huile de semence de lin belle & claire de couleur safrenée, ou d'or la quantité que vous voudrés, mettés-la dans une corne de verre ou de bœuf, ayant un petit trou au fond, & versés par-dessus de l'eau fraîche, & remués-la bien avec un petit bâton, la brouillant ça & là dessus dessous ; puis la laissés un peu reposer, & ouvrés le pertuis de dessous, & laissé couler l'eau, faites ainsi sept ou huit fois, ou autant de fois que l'eau en sorte aussi claire que vous l'y aurés versée ; votre huile ainsi purifiée se doit garder dans une bouteille de verre bien nette pour vous en servir. L'huile d'amandes ameres peut suppléer au défaut de celle-là ; mais celle-ci coûte plus & n'est pas si bonne. Notés que quand nous parlerons de l'huile, c'est toujours notre huile de lin purifiée. »

Remarques générales

Pages 202-203 : « *Les huiles qui servent pour la peinture. Les meilleures qu'on puisse employer sont celles de noix & de lin. Pour faire couler les couleurs, & retoucher plus aisément les Tableaux, l'on se sert d'huile s'aspic, qui fait boire, & ôte le luisant d'un Tableau. Elle est propre aussi à enlever la crasse, & nettoyer les Tableaux ; mais il faut prendre garde qu'elle n'emporte la couleur. Elle est faite de fleurs de lavende à épis.*

Il y a une autre huile, tirée de la résine de Meleze, celle de Sapin, ou celle Therebint de Chypre, laquelle nous apellons huile de térébentine. Elle est encore bonne à retoucher les Tableaux, mais principalement à mêler avec l'outremer & les émaux ; parce qu'elle sert à les étendre, & qu'elle s'évapore assi-tôt. Lorsqu'on en veut user, il n'est pas nécessaire qu'il y ait dans la couleur beaucoup d'autre huile, qui ne sert qu'à la faire jaunir. »

WATIN Jean Félix, *L'Art du peintre, doreur, vernisseur*, Paris : Laget, 1975, 356 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 54	Huile de lin	Blanc de céruse Talc calciné	Exposition au soleil + ajout de siccatif (dans une cuvette de plomb pendant un été)	Huile blanche		« L'huile de lin est celle qu'on tire par expression des graines de la plante de ce nom [...] Pour rendre l'huile de lin aussi blanche que l'huile d'œillet, il faut la mettre dans une cuvette de plomb exposée pendant un été au soleil ; on y jette du blanc de céruse et du talc calciné : ce mélange attire les parties grasses au fond & éclaircit l'huile ».
Recette 2 Page 90-91	Huile de lin (deux onces)	Litharge (demi once) Céruse calcinée (demi once) Terre d'ombre (demi once) Talc ou pierre à Jésus (demi once)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile grasse ou huile siccative	« Quand au lieu de litharge ou de couperose, on veut se servir d'huile grasse qu'on employé sur-tout pour les citrons & les verds de composition, on met par chaque livre de couleur un poisson d'huile grasse : on détrempe le tout à l'essence pure, & la couleur est en état de recevoir le vernis ; car l'huile grasse qu'on ajouteroit à l'huile pure rendroit les couleurs pâteuses & trop grasses ».	« L'huile grasse ou l'huile siccative, est sans contredit, le meilleur des siccatifs, mais il le faut ménager avec soin. Elle se prépare en mettant une demi-once de litharge, autant de céruse calcinée, autant de terre d'ombre, & autant de talc ou de pierre à Jésus ; en tout deux onces de matière pour une livre d'huile de lin, qu'on fait bouillir à feu doux & égal, de peur que l'huile noircisse. Quand elle mousse, il faut l'écumer ; lorsque l'écume commence à se raréfier, & à devenir rousse, l'huile est suffisamment cuite & dégraissée ; les matières qui se trouvent alors dénaturées en partie, laissent un marc ou sédiment, dans lequel se trouve une portion de la matière muqueuse de l'huile, qui s'est combinée avec les ingrédients, sous une forme emplastique. On laisse ensuite reposer l'huile ainsi desséchée & préparée, parce que dans les intervalles de repos, elle dépose toujours un peu, & devient plus claire ; plus elle est ancienne, meilleure elle est : réservez-la pour les occasions où vous en aurez besoin. »
Recette 3 Page 91	Huile de lin	Litharge (demi once) pour une livre de couleur	Ajout de siccatif		Page 86 : <i>Quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'œillet ; si elles sont plus sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles »</i>	« Pour employer des couleurs sombres à l'huile, jetez tout simplement par chaque livre de couleur, en la détremplant, une demi-once de litharge »
Recette 4 Page 91	Huile de noix ou d'œillet	Couperose blanche (un gros)	Ajout de siccatif		Page 86 : « <i>Quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'œillet ; si elles sont plus</i>	« ..si ce sont des couleurs claires, telles que le blanc & le gris, mettez par chaque livre de couleur, & en la détremplant dans l'huile de noix ou d'œillet, que la litharge terniroit par sa couleur, un gros de couperose blanche, que vous aurez eu soin de broyer avec la même huile. Cette

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
					<i>sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles »</i>	<i>couperose n'ayant pas de couleur, ne peut gâter celles où elles se trouvent. »</i>

Remarques générales

Page 54 Au sujet de l'huile de noix. *« Elle l'emporte sur l'huile de lin par la blancheur, mais n'est pas aussi dessicative. On l'adopte pour broyer & détremper les couleurs claires, telles que le blanc, le gris, que l'huile de lin terniroit un peu ».*

Pages 54-55 : Au sujet de l'huile d'œillet *« [...] il faut la choisir plus claire que l'huile d'olive, ne sentant rien, c'est la plus blanche de toutes les huiles, aussi l'emploie-t-on pour broyer & détremper le blanc de plomb, lorsqu'on veut de beaux blancs ».*

Pages 55-56 : Au sujet de l'essence de térébenthine *« [...] Nous indiquerons seulement ici ce qu'il faut faire pour connaître si l'essence qu'on veut employer est bonne. Broyez du blanc de céruse à l'huile, détrempez le dans l'essence ; si cette dernière surnage une demi-heure après, elle est bonne, si elle ne l'est pas, elle s'incorpore avec le blanc, qui devient épais, ce qui prouve qu'elle n'est pas assez rectifiée. [...] Elle sert à détremper les couleurs broyées à l'huile, lorsqu'on doit vernir par dessus ... ».*

Page 86 : *« Préceptes particuliers pour peindre à l'huile.*

1°. Quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'œillet ; si elles sont plus sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles

2°. Toutes les couleurs broyées & détrempées à l'huile doivent être donnée à froid ».

Page 89 : *« Les sicatifs sont des substances qu'on mêle dans les couleurs broyées & détrempées à l'huile pour les faire sécher. Les meilleurs dont se serve la peinture d'impression, sont la litharge, la couperose, & sur-tout l'huile grasse ».*

Page 91 : *« Préceptes pour les sicatifs : 1°. Ne mettez de sicatif que lorsque vous voulez employer votre couleur ; car long-temps auparavant l'emploi, il les épaisit. 2°. Ne mettez point de sicatif, ou au moins très-peu, dans les teintes où il entrera du blanc de plomb ou de céruse, parce que ces substances sont par elles-mêmes très-sicatives, sur-tout lorsqu'on les emploie à l'essence ; le sicatif est très inutile. »*

PERNETY Dom Antoine Joseph, *Dictionnaire portatif de peinture, sculpture et gravure, Paris : Bauche, 1756, 557 p.*

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Intro- duction	Huile de noix	Litharge (1/8 ^{ème} ou 1/10 ^{ème}) Eau Oignon (optionnel)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccativ	Même recette que Philippe de La Hire	« <i>Le plus en usage aujourd'hui est une huile appelée huile grasse ou huile sécativ. C'est de l'huile de noix cuite dans un pot de terre , à feu lent , avec de la litharge bien broyée avec la même huile ; on ne met qu'un huitième ou une dixième partie de la litharge ; on la fait cuire doucement de peur qu'elle ne se noircisse , & quand elle commence à s'épaissir on l'ôte de dessus le feu , & on la bat bien avec une spatule de bois , en y versant un peu d'eau ; & quand elle est reposée & claire , on peut en faire usage. Il faut que le pot ne soit qu'à moitié plein d'huile , de peur qu'en cuisant elle ne se répande par-dessus les bords , car elle se gonfle beaucoup. Quelques-uns ajoutent avec la litharge un oignon coupé par morceaux un peu gros , prétendant que l'huile en est plus coulante. On met un peu de cette huile dans les couleurs seulement difficiles à sécher , comme l'outremer , la lacque , les stils de grains , les noirs de charbon , & sur-tout dans les noirs d'os & d'ivoire , où il faut mettre un peu plus ,) cause qu'ils sont les plus difficiles. Quand on rompt ces couleurs avec du blanc de plomb pour faire les teintes , ce blanc étant sécatif , il faut y mettre moins d'huile grasse. En général les couleurs sèchent beaucoup plus vite en été qu'en hiver. »</i>
Recette 2 Page 362	Huile de noix	Email	Ajout de siccatif	Huile de noix blanchie et purifiée	Recette pour blanchir l'huile de noix	« <i>L'huile de noix se blanchit & se purifie en la mêlant bien avec de l'émail, qu'on laisse ensuite précipiter »</i>
Recette 3 Page 362	Huile de noix		Cuisson	Huile de noix blanchie et purifiée	Recette pour blanchir l'huile de noix Alternative de la recette 2	« <i>L'huile de noix se blanchit & se purifie en la mêlant bien avec de l'émail, qu'on laisse ensuite précipiter, ou en la faisant bouillir »</i>
Recette 4 Page 362	Huile de noix		Exposition au soleil dans une bouteille de verre, pendant l'été	Huile de noix blanchie et purifiée	Recette pour blanchir l'huile de noix. Alternative de la recette 2	« <i>L'huile de noix se blanchit & se purifie en la mêlant bien avec de l'émail, qu'on laisse ensuite précipiter , ou en la faisant bouillir, ou en l'exposant dans une bouteille de verre au Soleil pendant l'Eté. »</i>
Recette 5 Page 362-363	Non précisé	Litharge Oignons	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccativ		« <i>HUILE GRASSE ou HUILE SICCATIV , se compose en la faisant bouillir avec de la litharge & des oignons , -jusqu'à ce que les oignons soient en charbons. On la mêle plus ordinairement avec les noirs, la laque & les autres couleurs qui ont peu de corps , & qui ne séchent que difficilement. Il faut en mettre très-peu ; elle est sujette à faire noircir les couleurs, & à rendre la peinture trop sèche , ce qui la fait souvent écailler. »</i>

Remarques générales

Introduction sur la peinture à l'huile

« Toutes les couleurs dont on fait usage dans cette manière de peindre se détrempe, & se broient avec l'huile de noix, qui est sécatrice de sa nature. L'huile de lin, comme plus jaune & plus grasse, ne s'emploie que dans les impressions. On substitue à l'huile de noix celle de pavot blanc, appelée huile d'oliette : elle est plus blanche & plus claire que l'huile de noix, & est aussi sécatrice. »

Il y a des couleurs, qui broyées avec des huiles ne séchent jamais, ou très-difficilement. On a d'abord remédié à cet inconvénient en mêlant avec ces couleurs un peu de couperose blanche, séchée sur une platine de fer, & broyée également à l'huile ; mais comme la couperose est un sel, on a craint avec quelque raison que l'humidité ne la fit dissoudre, & qu'elle ne laissât en séchant sur la surface du tableau une espèce de farine qui en terniroit la beauté : ce qui a fait chercher d'autres sécatifs. »

« On met un peu de cette huile dans les couleurs seulement difficiles à sécher, comme l'outremer, la lacque, les stils de grains, les noirs de charbon, & surtout dans les noirs d'os & d'ivoire, où il faut mettre un peu plus, à cause qu'ils sont les plus difficiles. Quand on rompt ces couleurs avec du blanc de plomb pour faire les teintes, ce blanc étant sécatif, il faut y mettre moins d'huile grasse. En général les couleurs sèchent beaucoup plus vite en été qu'en hiver. »

Pages 361-362 : « HUILE. Jean de Bruges, Peintre Flamand, est le premier qui ait employé l'huile dans la Peinture. La peinture à l'huile plusieurs avantages sur les autres manières de peindre : l'huile adoucit les couleurs qui y sont détrempées : elles imitent mieux le naturel, & marquent plus fortement les ombres. Les tableaux peints à l'huile peuvent se retoucher, mais très-difficilement sans qu'il y paroisse au bout de certain tems, après qu'ils ont été finis & achevés. La Peinture à l'huile est très-bonne pour les tableaux de moyenne grandeur. On l'emploie cependant dans de grands ouvrages, comme dans des coupoles, des galeries ; mais l'humidité en détache des morceaux, ce qui n'arrive point à la fresque. Les meilleures huiles qu'on puisse employer sont l'huile de lin, l'huile de noix & l'huile d'oliette. »

Page 362 : « Huile d'aspic. Les Peintres la mêlent avec leurs couleurs, détrempée à l'huile de lin ou de noix, pour rendre les couleurs plus coulantes, & les tenir un peu plus fermes ; elle les rend plus maniables, & les sèche plus vite, parce qu'elle s'évapore aussi-tôt. Elle ôte aussi le luisant des tableaux. Quelques-uns employent aussi l'huile de térébenthine ».

JOMBERT Charles-Antoine, *Elémens de peinture pratique. Par M. de Piles, de l'Académie Royale de Peinture & Sculpture. Nouvelle édition entièrement refondue, & augmentée considérablement, Paris : Charles-Antoine Jombert, 1766, 484 p.*

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Citation de la recette
Recette n°1 Page 141-142	Huile de noix	Litharge Eau (un peu) Alternative : oignons coupés ou tranches de pain pour mieux dégraisser l'huile	Cuisson + ajout de siccatif	« Huile siccativ pour la peinture »	« Ce n'est que de l'huile de noix cuite à petit feu dans un pot de terre avec de la litharge bien broyée avec la même huile : on met environ un huitieme tout au plus un dixieme de litharge. Il faut la faire cuire doucement, de peur qu'elle ne noircisse, ou qu'elle ne se répande en bouillant trop fort, et quand elle commence à s'épaissir, on l'ôte de dessus le feu et on la bat bien avec une spatule de bois, en y versant un peu d'eau ; d'abord qu'elle est reposée, elle est bonne à employer [...]. Il y a des personnes qui jettent dans l'huile, lorsqu'elle est sur le feu, un oignon coupé en plusieurs morceaux, ou une tranche de pain pour la dégraisser et pour la rendre plus coulante, du moins à ce qu'ils prétendent. On met un peu de cette huile cuite dans les couleurs qui auroient peine à sécher toutes seules, telles que l'outremer, la laque, les stils [?] de grain, le noir de charbon, et sur-tout le noir d'os ou d'ivoire, où il faut mettre plus de siccatif que dans les autres couleurs [...]. »
Recette n°2 Page 142-143	Huile de noix	Email ou azur en poudre	Cuisson + ajout de siccatif	« Huile siccativ pour la peinture »	« On peut encore faire de l'huile siccativ d'une autre manière. On prend de l'émail ou de l'azur en poudre, et on le fait bouillir dans de l'huile de noix. Au bout de quelque tems on retire le vaisseau du feu, et on laisse reposer le tout. Le dessus de cette huile sert à mêler avec le blanc et à le détremper : on s'en sert aussi pour les autres couleurs qu'on veut conserver pures et éclatantes. »
Recette n°3 Page 143	Huile de lin	Mastic en larmes (deux onces)	Cuisson + résine	« Huile à broyer les couleurs pour résister aux injures de l'air »	« Prenez deux onces de mastic en larmes bien claires & broyez les avec de l'huile de lin. Versez ce mélange dans un pot vernissé que vous mettrez sur le feu : vous y ferez fondre peu à peu le mastic, remuant toujours la matière : puis vous laisserez refroidir cette huile et regarderez si le mastic est fondu et bien incorporé avec l'huile. Alors vous vous en servirez pour broyer vos couleurs, lesquelles résisteront à l'air, & vous en peindrez les ouvrages qui doivent être exposés à l'injure du tems. »
Recette n°4 Page 143-144	Huile de lin (un demi septier)	Eau (un demi-verre) Couperose blanche (« gros comme la moitié d'un œuf ») Mine rouge (idem) Blanc de plomb broyé (petite noix)	Cuisson + ajout de siccatif	« Huile grasse ou siccativ pour les couleurs »	« Délayez dans un demi-septier d'huile de lin & un demi verre d'eau, gros comme la moitié d'un œuf de couperose blanche ; ajoutez-y autant de litharge d'or & autant de mine rouge, et enfin gros comme une petite noix de blanc de plomb broyé à l'huile. Faites bouillir le tout lentement pendant une heure et demie. Lorsque la liqueur sera devenue rouge, tirez le vaisseau du feu & laissez la reposer : pour bien dépurer l'huile, vous la verserez peu à peu & par inclination dans un autre vaisseau propre. Il y en a qui, au lieu de couperose, y mettent même quantité de terre d'ombre pulvérisée. »

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Citation de la recette
Recette n°5 Page 144	Huile de lin ou de noix	-	Exposition au soleil	« Huile grasse ou siccative pour les couleurs »	<i>On peut encore verser de l'huile de lin ou de l'huile de noix dans un vaisseau de plomb, & ayant couvert ce vase avec un couvercle de verre, l'exposer en été aux rayons du soleil : l'huile en deviendra grasse en fort peu de tems. »</i>
Recette n°6 Page 144-145	Huile de noix (une pinte)	Litharge d'or (une livre)	Cuisson + ajout de siccatif	« Pour faire de l'huile grasse en une heure ».	« On peut faire de l'huile grasse ou siccative en très peu de tems, en broyant de la litharge d'or avec de l'huile de noix ; après qu'elle est bien broyée, on fait bouillir le tout sur le feu l'espace d'un demi-quart d'heure, & l'huile grasse est bonne à employer. Sur une pinte d'huile il faut une livre de litharge. »

Remarques générales

Pages 138 – 141 : « Toutes les couleurs qui peuvent servir dans la peinture à huile se broient communément avec de l'huile de noix, qui est siccative de sa nature. A son défaut on y emploie de l'huile d'œillet, qui n'est pas si bonne, ou de l'huile de lin, mais comme elles sont plus jaunes et plus grasses que l'huile de noix, on ne s'en sert guere que pour les peintures d'impression [...] Quoique l'huile de noix soit siccative, il y a pourtant quelques couleurs, qui étant mêlées et broyées avec cette huile, ne sèchent jamais : il y en a d'autres qui se sechent que difficilement. C'est ce qui a obligé les peintres de chercher quelques moyens pour faire sécher ces fortes couleurs. On a trouvé, par exemple, que la couperose blanche fondue et séchée sur une platine de fer étoit un bon siccatif lorsqu'on en mêloit un peu parmi les couleurs ; mais pour la bien mêler, il faut qu'elle soit broyée à l'huile. Comme elle n'a aucune couleur, elle ne gête point celles où n la met, telles que l'outremer et la laque qui ne sechent point toutes seules. Il est vrai qu'en mettant beaucoup de blanc de plomb dans ces couleurs elles sechent assez facilement, pourvu néanmoins que le blanc de plomb ne soit pas nouvellement broyé, ni avec de nouvelle huile, autrement il seroit lui-même difficile à sécher, sur-tout en hiver : on remarquera à cette occasion, en général, que toutes les couleurs à huile sechent bien plus promptement en été qu'en hiver [...] »

PONS Augustin, *L'Albert Moderne, ou Nouveaux secrets, éprouvés et licites, recueillis d'après les découvertes les plus récentes*, Paris, Veuve Duchesne, 1769, 384 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultats	Citation de la recette
Recette 1 Page 327	Huile de noix (deux pintes)	Plomb coupé en morceaux (une livre)	Exposition au soleil + ajout de siccatif	Huile grasse	<p>« Voici maintenant la maniere de faire l'huile grasse.</p> <p><i>Mettez dans une bouteille de verre deux pintes d'huile de noix , ensuite une livre de plomb coupé par morceaux les plus petits qu'il est possible. Exposez cette bouteille à l'ardeur du soleil l'espace de trois mois , dans la plus belle saison. Au bout de ce temps, pour connoître si elle est assez cuite, prenez-en avec un pinceau , que vous passerez sur une vitre ; & si elle seche aussi-tôt , c'est une preuve qu'elle est faite ; & vous la tirerez au clair dans d'autres bouteilles. Le même plomb pourra vous servir plusieurs fois. »</i></p>

PILEUR D'APLIGNY Charles le, *Traité des couleurs matérielles, et de la maniere de colorer, relativement aux différens Arts & Métiers, Paris : Chez Saugrain & Lamy, 1779, 342 p.*

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 73	Huile de lin ou de noix	Litharge Sandaraque	Cuisson + ajout de siccatif		Il désigne par « les premières » les huiles de lin et de noix	« On rend les premières seccatives, en les dépouillant de la graisse superflue, ou mal combinée avec les autres principes qui constituent l'huile. Pour cet effet, on les fait bouillir avec de la litharge & du sandaraque, ou bien avec de l'esprit-de-vin, du mastic & de la gomme-laque. »
Recette 2 Page 73	Huile de lin ou de noix	Esprit de vin Mastic Gomme laque	Cuisson + résine		Il désigne par « les premières » les huiles de lin et de noix	« On rend les premières seccatives, en les dépouillant de la graisse superflue, ou mal combinée avec les autres principes qui constituent l'huile. Pour cet effet, on les fait bouillir avec de la litharge & du sandaraque, ou bien avec de l'esprit-de-vin, du mastic & de la gomme-laque. »

Remarques générales

Page 68-69 : « De la peinture à l'huile. La maniere de peindre à l'huile ne differe des autres, qu'en ce qu'on y emploie des couleurs broyées à l'huile de noix ou de lin. Elle est bien plus avantageuse que la peinture en détrempe, en ce que les couleurs sechent moins promptement, ce qui donne au Peintre l'avantage de pouvoir retoucher autant de fois qu'il veut les différentes parties de ses figures, ce qui est impraticable dans les autres genres de peinture. »

Page 71 : « [...] on esquisse le dessin ; puis on peint son sujet avec des couleurs détrempées dans du vernis, ou broyées à l'huile, si l'on préfere de vernir lorsque la peinture est finie. »

Page 72 : « Les huiles qu'on y emploie, sont celle de lin, de noix, d'aspic & de térébenthine. »

LACOMBE Jacques, *Encyclopédie méthodique. Arts et Métiers mécaniques*, Tomes 2, 5 et 8, Paris : Panckoucke, 1782-1791.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 9	Huile de lin	Blanc de céruse Talc calciné	Exposition au soleil + ajout de siccatif (dans une cuvette de plomb pendant un été)	Huile siccative « dégraissée » « blanchie »	Recette pour blanchir l'huile de lin	(Au sujet de l'huile de lin) « Si l'on veut blanchir cette huile, on la met dans une cuvette de plomb, exposée pendant un été au soleil, & on y jette du blanc de céruse & du talc calciné. C'est l'huile de lin qui est le plus en usage, parce qu'elle est la plus facile à se dégraisser, qu'elle est la plus siccative & la moins chère. »
Recette 2 Page 361	Huile de noix	« terres absorbantes et argileuses »	Exposition au soleil Puis dégraissage avec des terres « absorbantes & argileuses »	Huile de noix siccative décolorée « limpide comme de l'eau »	Recette pour blanchir l'huile de noix	« Les peintres font donc souvent usage de l'huile de noix pour faire sécher leur peinture ; mais lorsque cette huile est colorée, elle peut gâter les nuances de leurs couleurs ; ils désirent de l'avoir claire & limpide comme de l'eau. Voici deux procédés différents, au moyen desquels ils peuvent blanchir l'huile de noix, & lui donner la limpidité qu'ils recherchent. Le premier est d'exposer leur huile de noix pendant quinze jours au soleil dans des vaisseaux larges & plats, sur le fond desquels il ne faut mettre que l'épaisseur d'une ligne d'huile. Lorsqu'elle est restée cet espace de temps au soleil pendant les grandes chaleurs, il faut ensuite la dégraisser en la mêlant avec des terres absorbantes & argileuses. »
Recette 3 Page 361	Huile de noix	Litharge d'argent (un quarteron), Blanc de céruse (deux onces), Couperose blanche (deux onces)	Ajout de siccatif	Huile de noix siccative décolorée « limpide comme de l'eau »	Recette pour blanchir l'huile de noix	« Le second procédé est moins embarrassant ; il s'agit de prendre un quarteron de litharge d'argent, deux onces de blanc de céruse, & deux onces de couperose blanche, les réduire en poudre fine, les mettre dans une bouteille de la capacité de trois pintes, verser dessus de l'huile de noix, agiter ce mélange pendant une heure, laisser ensuite reposer la liqueur pendant quatre jours : l'huile qui surnagera alors sera claire, limpide, & telle que les peintres la désirent. »
Recette 4 Page 138	Huile de lin (une livre)	Litharge (une demi once), Céruse, calcinée (une demi-once), Terre d'ombre (une demi-once), Talc ou pierre à	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative		« L'huile grasse, ou l'huile sicative, est, sans contredit, le meilleur des siccatifs ; mais il faut la ménager avec soin. Elle se prépare en mettant une demi-once de litharge, autant de céruse calcinée, autant de terre d'ombre, & autant de talc ou de pierre à Jésus ; en tout deux onces de matière pour une livre d'huile de lin, qu'on fait bouillir à feux doux & égal, pendant près de deux heures, en remuant souvent, de peur que l'huile noircisse. Quand elle mousse, il faut l'écumer ; lorsque l'écume commence à se raréfier & à devenir rousse, l'huile est suffisamment cuite & dégraissée ;

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
		Jésus (une demi-once)				<p>les matières se trouvent alors dénaturées en partie, laissent un marc ou sédiment, dans lequel se trouve une portion de la matière muqueuse de l'huile, qui s'est combinée avec les ingrédients, sous une forme emplastique.</p> <p>On laisse ensuite reposer l'huile ainsi desséchée & préparée, parce que, dans les intervalles du repos, elle dépose toujours un peu, & devient plus claires ; plus elle est ancienne, meilleure est : réservez-la pour les occasions où vous en aurez besoin. »</p>
Recette 5 Page 138-139					<p>Page 137. « Observations sur la peinture à l'huile.</p> <p>1°. Quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'aillet ; si elles sont plus sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles. »</p> <p>Mêmes remarques que Watin</p>	<p>« Pour employer des couleurs sombres à l'huile, jetez tout simplement par chaque livre de couleur, en la détrempeant, une demi-once de litharge. »</p>
Recette 6 Page 138-139					<p>Page 137. « Observations sur la peinture à l'huile.</p> <p>1°. Quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'aillet ; si elles sont plus sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles. »</p> <p>Mêmes remarques que Watin</p>	<p>Si ce sont des couleurs claires, telles que le blanc & le gris, mettez par chaque livre de couleur, & en la détrempeant dans l'huile de noix ou d'aillet, que la litharge terniroit par sa couleur, un gros de couperose blanche, que vous aurez eu soin de broyer avec la même huile »</p>

Remarques générales

Page 9, au sujet de l'huile de noix : « *Cette huile est naturellement plus blanche que celle de lin, mais n'est pas aussi dessicative. On l'emploie de préférence pour broyer & détremper les couleurs claires, telles que le blanc, le gris, & autres teintes brillantes, telles que le blanc, le gris, & autres teintes brillantes, qui se ternissent peu-à-peu à l'huile de lin. Il faut choisir l'huile de noix blanche, & sentant bien son fruit au goût & à l'odorat.* »

Page 9, au sujet de l'huile d'œillet : « *Cette huile est la plus blanche de toutes : on l'emploie principalement pour broyer & détremper le blanc de plomb.* »

Page 10 : « *Les couleurs broyées à l'huile peuvent s'employer à l'huile pure, mais mieux à l'huile coupée d'essence, & même avec l'essence pure de térébenthine. Les couleurs en sont plus solides, mais plus longues à sécher. Les couleurs broyées à l'essence, & détrempées au vernis, ont plus de brillant, mais sèchent promptement, sont difficiles à manier, & sujettes à s'épaissir, sur-tout quand on en détrempe trop à la fois.* »

Page 129 : « *De l'action de broyer & de détremper. Broyer, c'est écraser & atténuer les substances qui donnent les couleurs, sur un porphyre, un marbre ou autre pierre dure, avec l'intermède de l'eau, de l'huile & de l'essence ; ensuite on les détrempe. Détremper, c'est imprégner un liquide d'une teinte, de façon qu'il puisse s'étendre sous la brosse.[...] Si l'on veut les détremper dans un vernis à l'esprit de vin, il suffit, après les avoir broyées, d'en détremper ce que l'on veut employer sur le champ ; car les couleurs ainsi préparées sèchent très-promptement. Les couleurs broyées à l'huile s'emploie quelquefois à l'huile pure, plus souvent à l'huile coupée d'essence, & très-souvent avec l'essence de térébenthine pure ; l'essence les rend coulantes & faciles à étendre. Les couleurs ainsi préparées sont les plus solides ; mais elles exigent plus de temps pour sécher. On broie les couleurs à l'essence de térébenthine, & on les détrempe au vernis ; comme elles exigent un très-prompt emploi, il n'en faut préparer que très-peu à la fois, & pour l'ouvrage du moment. Les couleurs broyées à l'essence & détrempées au vernis, ont plus de brillant, sèchent plus vite que celles préparées à l'huile ; mais sont difficiles à manier, étant sujettes à épaissir, sur-tout quand on en détrempe trop à la fois.* »

Page 136-137 : « *Il y a deux sortes de peintures à l'huile ; savoir, celle à l'huile simple, & celle à l'huile vernie-polie. L'une ne demande aucun apprêt ni vernis. L'autre au contraire exige, pour sa perfection, d'être préparée par des teintes dures, & d'être vernie lorsqu'elle est appliquée.* »

Page 137 : « *Observations sur la peinture à l'huile. 1°. Quand on veut broyer & détremper à l'huile des couleurs claires, telles que le blanc, le gris, &c. il faut se servir d'huile de noix ou d'œillet ; si elles sont plus sombres, telles que le marron, l'olive, le brun, servez-vous de l'huile de lin pure, qui est la meilleure des huiles. 2°. Toutes les couches broyées & détrempées à l'huile doivent être données à froid : on ne les applique bouillantes que lorsqu'on veut préparer une muraille, un plâtre neuf ou humide.* »

« *On préfère l'huile de noix, qui devient plus belle à l'air que l'huile de lin, & laisse, en s'évaporant, les couleurs devenir blanches, comme si elles étoient employées en détrempe.*

Ainsi tous les dehors doivent être à l'huile pure.

7°. *Lorsque les sujet sont intérieurs, ou lorsqu'on veut vernis la peinture, la première couche doit être broyée & détrempée à l'huile, & la dernière doit être détrempée avec de l'essence pure. »*

Page 138 : *« On ne se sert guère, pour sécher les huiles, que de la couperose blanche, qu'on doit choisir en gros morceaux blanc, durs, nets, ressemblans à du sucre en pain, qu'il faut sécher lorsqu'ils sont humides ; & éviter d'en respirer la vapeur, qui est suffocante & sulfureuse pendant la dessication. On choisit la couperose pour mettre dans les couleurs claires, broyées à l'huile ; mais il en faut mettre avec précaution, parce que la couperose étant un sel, son acide ou son humidité récente en séchant, fait jaunir la couleur, & en ternit la beauté. »*

Page 139 : *« Quant au lieu de litharge ou de couperose on veut se servir d'huile grasse, qu'on emploie surtout pour les citrons & les verds de composition, on met par chaque livre de couleur un poisson d'huile grasse.*

On détrempé le tout à l'essence pure, & la couleur est en état de recevoir le vernis ; car l'huile grasse qu'on ajouteroit à l'huile pure, rendroit les couleurs pâteuses & trop grasses. »

TINGRY Pierre Francois, *Traité théorique et pratique sur l'art de faire et d'appliquer les vernis*, Tome 1, Genève : G. J. Manget, 1803, 326 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 91 92	Huile d'œillet (2 livres)	Eau propre (3 livres) Sulfate de zinc (1 once)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative, claire et sans couleur	Page 92 93 « <i>Remarque.</i> Bien des Artistes rejettent toute préparation d'huile dans laquelle l'eau agit comme intermède. On peut s'en passer, lorsqu'il est question de travailler sur des huiles colorées avec lesquelles on mélange des substances qui leur communiquent une couleur étrangère et que le feu qu'on leur applique dispose encore à rendre plus forte. Il n'est pas de même dans l'usage de l'huile d'œillet : elle conserve encore assez de ses qualités onctueuses pour entraver pendant quelque temps la dessiccation, et elle ne peut la perdre que par vétusté, ou enfin par des procédés peu compliqués. Dans notre procédé l'huile se charge en effet d'un peu d'eau, dont elle emprunte un coup d'œil nébuleux qu'elle conserve quelques semaines : insensiblement cette eau interposée s'en sépare ; elle emporte en même temps une matière mucilagineuse un peu altérée, dont la séparation complète ajoute à l'extrême pureté de l'huile. La parfaite limpidité est le signe le moins équivoque de l'absence des moindres particules étrangères à celle de sa combinaison. Une légère chaleur accélère la clarification de l'huile préparée à l'eau.	« <i>Procédé pour rendre l'Huile d'œillet siccative.</i> <i>On jette trois livres d'eau propre (1,467, 438 kilogr.) une once (30,572 grammes) de sulfate de zinc (vitriol blanc), qu'on mélange avec deux livres (978,292 grammes) d'Huile d'œillet : on expose ce mélange dans un vase de terre qui puisse supporter le feu, et on donne une chaleur capable d'entretenir le liquide en légère ébullition. Lorsque l'eau est évaporée de moitié ou des deux tiers, on verse le tout dans une grande bouteille ou bocal de verre, et on le laisse reposer jusqu'à ce que l'huile devienne claire : on décante la plus claire par le moyen d'un entonnoir de verre dont on bouche le bec avec le doigt ou avec un bouchon de liège. Lorsque la séparation de l'huile d'avec l'eau est bien prononcée, on enlève le bouchon avec le moins de secousses possible et on le remplace par l'index qui donne avec précaution passage à toute l'eau et qui ne le refuse qu'à l'huile.</i> <i>L'Huile d'œillet ainsi préparée devient après quelques semaines, de la plus grande limpidité, et elle est sans couleur. »</i>
Recette 2 Page 92 93	Huile de lin ou huile d'œillet	Oxyde de céruse Litharge « <i>renfermée entre deux morceaux d'une mousseline claire</i> »	Exposition au soleil + ajout de siccatif	Huile « dégraissée »	Recette de Watin	<i>Watin indique pour l'huile de lin un procédé qu'on peut employer aussi pour l'huile d'œillet, et qu'on pourroit simplifier en supprimant le talc calciné : il s'agit de l'exposer à l'action du soleil, pendant les plus beaux jours de l'été, dans un vase de plomb dans le fond duquel on étend de l'oxide céruse, et encore mieux, de la litharge renfermée entre deux morceaux d'une mousseline claire. Une exposition de quelques mois au soleil suffit pour compléter le dégraissage de l'huile et la rendre parfaite. »</i>

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 3 Page 96 97	Huile de noix ou huile de lin (8 livres)	Oxyde de céruse au jaune (1 once), Acétite de Plomb (Sel de Saturne) calciné. (1 once), Sulfate de zinc (Vitriol blanc) (1 once), Oxide vitreux de Plomb (litharge) (12 onces.), Gousse d'ail ou petit oignon. (1)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile grasse siccativ Huile éclaircie		« Des méthodes employées pour rendre l'huile grasse siccativ. Premier Procédé. Prenez huile de noix ou huile de lin 8 livres. (3,913,168 kilog.) Oxide céruse légèrement calcinée au jaune. Acétite de Plomb (Sel de Saturne) également calciné. Sulfate de zinc (Vitriol blanc). De chacun 1 once (30,572 gram.). Oxide vitreux de Plomb (litharge) 12 onces. (366,860 gram). Une gousse d'ail ou petit oignon. Mettez ces matières en poudre ; mêlez-les avec l'ail et l'huile placée sur un feu capable d'entretenir l'huile en légèrè ébullition : continuez jusqu'à ce qu'elle cesse d'écumer, qu'elle devienne rousse et que la gousse d'ail devienne rissolée ; il se forme bientôt sur l'huile une pellicule qui indique que l'opération est à son terme. On retire la bassine de dessus le feu ; cette pellicule, en se précipitant par le repos, entraîne avec elle toutes les parties onctueuses qui rendoient l'huile grasse. L'huile s'éclaircit assez ; on la sépare du dépôt et on la renferme dans des bouteilles à large ouverture : là elle achève de s'éclaircir par le temps et elle en devient meilleure. »
Recette 4 Page 97 98	Huile de lin ou de noix (16 onces)	Oxide vitreux de plomb (litharge) (une once), Sulfate de zinc (vitriol blanc) (trois huitièmes d'once ou 3 gros)	Cuisson + ajout de siccatif		Suite « Des méthodes employées pour rendre l'huile grasse siccativ » « Le choix de l'huile n'est pas arbitraire. Si on la destine à des objets de peinture qui doivent être exposés aux impressions de l'air extérieur, ou à des peintures délicates, il faut de l'huile de noix ou d'oeillette ; l'huile de lin s'applique aux peintures grossières et à celles qui sont à l'abri de la pluie et du soleil. Souvent un peu de négligence dans la conduite du feu influe sur la couleur de l'huile qu'on rend siccativ ; dans ce cas elle n'est plus propre aux peintures délicates. On évite cet inconvénient en renfermant dans un nouet les matières siccatives : alors il faut doubler la dose	« Second Procédé. Prenez Oxide vitreux de plomb (litharge) une once et demie (45, 858 grammes.) Sulfate de zinc (vitriol blanc) trois huitièmes d'once ou 3 gros (11,464 grammes.) Huile de lin ou de noix 16 onces (489,146 grammes.) On conduit l'opération comme il est indiqué ci dessus. »

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
					<i>de la litharge. On suspend le nouet par une ficelle qu'on assujettit à un bâton qui repose sur le bord de la bassine, de manière à tenir l nouet à un pouce du fond du vase. Il se forme, comme dans le premier cas, une pellicule quoique plus lente à paroître. Dans cette opération l'oxide de plomb est en grande partie réduit lorsqu'il est libre et qu'il repose sur le fond de la bassine. On y remarque même souvent de petits grains de plomb. »</i>	
Recette 5 Page 98	Huile de lin ou de noix	Pour chaque livre d'huile Oxyde vitreux de plomb (litharge) (3 onces) en poudre	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccativ	Suite « <i>Des méthodes employées pour rendre l'huile grasse siccativ</i> »	« Troisième procédé. <i>On parvient à rendre l'huile siccativ, en traitant, avec une chaleur capable d'entretenir une légère ébullition, de l'huile de lin ou de noix à laquelle on ajoute, pour chaque livre, 3 onces d'oxide vitreux de plomb (litharge) réduit en poudre fine (91,716 grammes.) »</i>
Recette 6 Page 98	Huile de noix (1 livre)	Litharge (3-4 onces)	Ajout de siccatif		« (i) <i>Pour porter l'oxide vitreux de plomb (litharge) à une division très-grande, sans courir les risques qui accompagnent quelquefois la pulvérisation sèche, je broyé l'oxide avec de l'eau : j'étends sur une pelle de fer la matière divisée que j'expose sur un feu doux. L'humidité ne tarde pas à s'en séparer. La matière restante demande peu de mouvement pour être détremée. Cette méthode s'applique heureusement aux peintures pour lesquelles on emploie les différentes ochres. »</i>	« [...] <i>j'ai peint avec une huile de noix non préparée, en ayant la précaution d'ajouter à la couleur, de la poudre très-fine (i) d'oxide vitreux de plomb (litharge), environ 3 à 4 onces par liv. d'huile (122,28 grammes) ; la peinture qui en résultoit prenoit corps tout aussi promptement que si c'eut été avec de l'huile cuite. Cette méthode est expéditive, mais elle ne peut être mise en œuvre que pour les couleurs auxquelles celle de la litharge ne peut porter aucune atteinte. »</i>
Recette 7 Page 100	Huile de noix (2 livres)	Eau commune (3 livres) Sulfate de zinc (vitriol blanc)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccativ éclaircie	Suite « <i>Des méthodes employées pour rendre l'huile grasse siccativ</i> » Méthode des artistes anglais	« Quatrième Procédé. <i>Prenez Huile de noix deux livres. (978,29 gram.). Eau commune trois livres. (1,467,43 kilo). Sulfate de zinc (vitriol blanc) 2 onc. (61,14 gm.). On mêle ces matières qu'on fait légèrement bouillir jusqu'à ce qu'il reste peu d'eau. On décante l'huile qui passe avec un peu d'eau</i>

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
		(2 onces)				<i>et on sépare cette eau par le moyen d'un entonnoir. L'huile reste nébuleuse pendant quelque temps ; enfin elle s'éclaircit et elle paroît peu colorée. Cette méthode est employée par quelques Artistes anglais, et je l'ai répétée avec succès : l'huile en est un peu moins siccative que par les autres procédés, et elle a l'inconvénient de rester nébuleuse pendant très-long-temps, même sous l'influence du soleil. »</i>
Recette 8 Page 100-101	Huile de noix ou de lin (6 livres)	Eau commune (4 livres) Sulfate de zinc (1 once) Gousse d'ail (1)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative peu colorée. A utiliser pour les couleurs délicates.	Suite « <i>Des méthodes employées pour rendre l'huile grasse siccative</i> » « <i>Remarques. Cette méthode est une de celles qui demandent le plus de soins ; aussi a-t-elle des détracteurs. Si l'eau qu'on y mêle, et celle qu'on ajoute bouillante, pendant l'opération, pour remplacer la partie qui se dissipe par l'évaporation est trop abondante ; et si, sur la fin, on ne la fait pas disparaître presque entièrement par une évaporation ménagée, elle s'unit à l'huile siccative et lui communique la couleur et presque la consistance d'une crème. Dans ce cas, l'huile se clarifie lentement [...] Cet inconvénient semble justifier le dégoût de quelques Artistes pour ce procédé. Cependant lorsqu'il est bien conduit, il offre un moyen très-simple pour avoir une huile très-siccative, et beaucoup moins colorée que toutes celles qui subissent l'impression directe du feu : mais il faut la garder quelques temps. »</i>	« <i>Cinquième Procédé.</i> <i>Prenez Huile de noix ou de lin 6 liv. (2,934,87 kil). Eau commune - - 4 liv. (1,956,58 kil.). Sulfate de zinc - - 1 onc. (30,57 gram.). Une gousse d'ail.</i> <i>On mélange toutes ces matières dans un chauderon de fer spacieux ou de cuivre qu'on expose ensuite sur le feu, en entretenant l'ébullition pendant une journée : on remplace de temps en temps, par de l'eau bouillante, celle qui se dissipe par l'évaporation. Sur la fin on diminue le feu, mais on achève d'évaporer l'eau jusqu'à ce qu'une fumée brune remplace celle de l'eau. L'ail prend alors un coup d'œil rissolé. On retire la bassine du feu ; on laisse former le dépôt, et on décante l'huile qui achève de se clarifier dans les vaisseaux. Par ce procédé, l'huile siccative est très-peu colorée : on la réserve pour les couleurs délicates. »</i>
Recette 9 Page 103-104	Huile de lin ou de noix ou d'oeillet	Neige	Exposition à l'air mais à l'abris de la lumière	Huile grasse siccative	Suite « <i>Des méthodes employées pour rendre l'huile grasse siccative</i> »	« <i>Sixième procédé.</i> <i>Lorsque le froid soutenu de l'hiver donne à la neige une consistance assez sèche, on prend telle quantité qu'on veut d'huile de lin, ou de noix, ou d'œillet, qu'on mélange avec de la neige, en la pétrissant dans une terrine avec une spatule de bois, ou dans un grand mortier avec un pilon. On en forme une masse solide qu'on place dans un vase de terre cuite, ou de verre ou</i>

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
						<i>de porcelaine, à large ouverture, et qu'on recouvre d'un linge, pour éviter le mélange des corps étrangers. On expose le vase dans un endroit accessible au froid, mais à l'abri de l'influence des rayons solaires. Au retour d'une température plus douce la neige se résout en eau qui se sépare de l'huile. Si cette huile n'étoit pas bien propre ni claire, l'eau se trouve chargée de ses impuretés. Si la température rigoureuse dure deux mois, comme il arrive dans certains hivers, l'huile en acquiert un plus haut degré dans sa qualité siccativ. Alors une partie de cette huile retient un peu d'eau, et elle forme une pellicule qui imite pour la couleur et par sa consistance la composition qui porte le nom de Crème ou Beurre des peintres. (k) »</i>
Recette 10 Page 103-104	Huile de noix (3 onces)	Mastic en larmes pulvérisés (1/2 once) Sel de saturne en poudre (acétite de plomb) (1 gros) Eau (7 onces et demi)	Cuisson + résine + siccatif	« Crème ou beurre des peintres » Huile siccativ peu colorée	Note de la recette précédente (recette 9) Recette de la « crème des peintres »	« (k) Les Amateurs qui laissent de longs intervalles dans leurs essais de peinture, ont coutume de les recouvrir d'une préparation qui conserve la fraîcheur de la peinture, et qu'ils enlèvent quand ils reprennent l'ouvrage. C'est cette préparation que nous indiquons ici qui porte le nom de crème des peintres. <i>Prenez Huile de noix très-claire. 3 onces (91,71 gram), Mastic en larmes pulvérisé. ½ onc. (15,28 gram.), Sel de Saturne en poud. (Acétide de plomb.), 1 gros soit 1/3 (?) d'once (3,82 gram.)</i> <i>Faites fondre la mastic dans l'huile à une douce chaleur : versez le mélange dans un mortier de marbre sur le sel de plomb en poudre. Agitez avec un pilon de bois et faites-y entrer de l'eau, en la versant par petites portions, jusqu'à ce que la matière prenne la consistance et le coup d'œil d'une crème, et qu'elle refuse d'admettre plus d'eau. Je suis parvenu à en faire entrer 7 ½ onces (229,28 gram.) dans cette composition, en la fouettant avec un balai. On décante l'huile de dessus l'eau, ou on l'enlève avec une cuiller pour l'introduire dans une bouteille. Le repos suffit</i>

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
						<i>pour la clarifier, par la séparation des parties de l'eau qui y sont interposées. On peut même accélérer cette séparation en exposant l'huile à la chaleur d'un bain marie. L'huile acquiert, par ce simple mélange, la propriété siccatrice, et elle paroît aussi peu colorée qu'avant l'expérience. »</i>
Recette 11 Page 120-121	Huile siccatrice de noix (10 livres) pour une peinture destinée à l'extérieur Huile siccatrice de lin (10 livres) pour une peinture destinée à l'intérieur	Arcançon ou poix résine (3 livres) Térébenthine (6 onces)	Cuisson + résine		<i>« On fait fondre la résine dans l'huile, à une chaleur douce. Lorsqu'elle est fondue et incorporée avec l'huile, on ajoute la térébenthine : on laisse reposer le vernis qui dépose souvent des portions de résine et d'autres impuretés : et on le conserve dans des bouteilles à large ouverture. Il demande à être employé nouveau. Lorsqu'on le laisse vieillir, il abandonne un peu de sa résine. Si cette huile résineuse prend un peu trop de consistance, on l'étend d'un peu d'essence, si c'est pour des ouvrages à l'abri du grand soleil, ou bien d'huile d'œillet. »</i>	<i>« Huile siccatrice résineuse. Prenez 10 livres d'huile siccatrice de noix (4,891,46 kilogrammes), si la peinture est destinée à des objets extérieurs, ou 10 livres d'huile siccatrice de lin si c'est pour l'intérieur. Arcançon, ou poix résine 3 livres (1,467,43 kilogrammes). Térébenthine, six onces (183,43 grammes). »</i>

Remarques générales

Pages 92-93 : *« Remarques. Bien des Artistes rejettent toute préparation d'huile dans laquelle l'eau agit comme intermède. On peut s'en passer, lorsqu'il est question de travailler sur des huiles colorées avec lesquelles on mélange des substances qui leur communiquent une couleur étrangère et que le feu qu'on leur applique dispose encore à rendre plus forte. Il n'est pas de même dans l'usage de l'huile d'œillet : elle conserve encore assez de ses qualités onctueuses pour entraver pendant quelque temps la dessiccation, et elle ne peut la perdre que par vétusté, ou enfin par des procédés peu compliqués. Dans notre procédé l'huile se charge en effet d'un peu d'eau, dont elle emprunte un coup d'œil nébuleux qu'elle conserve quelques semaines : insensiblement cette eau interposée s'en sépare ; elle emporte en même temps une matière mucilagineuse un peu altérée, dont la séparation complète ajoute à l'extrême pureté de l'huile. La parfaite limpidité est le signe le moins équivoque de l'absence des moindres particules étrangères à celle de sa combinaison. Une légère chaleur accélère la clarification de l'huile préparée à l'eau. »*

Page 116-117 : « *En consultant tous les livres qui traitent de la peinture par impression et des matières qui y concourent, on est frappé de la variété des formules quant aux doses des réactifs et à la manière de s'en servir. Des auteurs recommandent le concours de l'eau que d'autres rejettent, en s'étayant de la propriété qu'on lui reconnoît de n'être pas miscible avec les huiles, et des difficultés qu'elle présente pour la clarification. [...] Quelques Artistes, à l'exemple du parfait Vernisseur, renferment les réactifs dans un nouet ; d'autres enfin, comme Watin, confondent les ingrédients avec l'huile. Le fait est que toutes ces méthodes réussissent et qu'elles procurent une huile siccatrice peu colorée, si on ménage le feu et si on écarte de ces mélanges les substances qui peuvent donner à l'huile une couleur étrangère. Il convient donc de se borner aux oxides métalliques, comme ceux de céruse, blanc de plomb, litharge, fleurs de zinc. Certains sels métalliques partagent la même propriété jusqu'à un certain point, tels sont le sulfate de zinc, l'acétite de plomb (le vitriol blanc et le sel de plomb). A cet égard, Watin lui-même à qui la vraie théorie de l'opération avoit échappé, ne nous paroît pas assez scrupuleux dans le choix des matières qu'il destine au dégraissage des huiles. Il indique, comme substance essentielle, la terre d'ombre qui contient, pour l'ordinaire, une matière bitumineuse qui communique à l'huile une couleur étrangère. De même encore il prescrit l'emploi d'un genre de pierre dont on est encore loin de connoître l'influence sur l'huile. La pierre à Jésus (glacies Marioe), soit talc de Moscovie, assez rare, et qu'on a coutume de remplacer en France, par une espèce de sulfate de chaux très-commun à Paris, et dans ses environs. On le distingue vulgairement sous le nom de miroir d'ane. »*

Page 119 : « *Dans tous les cas où l'on fait usage pour le dégraissage des huiles des préparations de plomb, il faut bien se garder de trop remuer le mélange avec une spatule, parce que l'huile alors se charge du plomb avec lequel elle se combine et qu'elle garde sous la forme de savon. L'huile alors devient très-épaisse et prend la consistance d'une bouillie. Il suffit d'abandonner le mélange à lui-même sur un feu doux et suffisant pour faire prendre au liquide une très-légère ébullition. »*

Page 119 : « *L'ail qu'on ajoute souvent à ces sortes de préparations n'est guères employé que pour indiquer le moment où toute la partie aqueuse d'un mélange est évaporée ; cependant il possède par lui-même une vertu très-siccatrice. L'ail seul, ou le suc d'ail employé en dose convenable, rendroit l'huile très-siccatrice. On s'en sert même pour donner le pied, dans certains cas, aux couleurs qui refusent d'adhérer aux corps sur lesquels on les applique. »*

Page 227 : « *La peinture qu'on destine à des ouvrages extérieurs, exposés par conséquent aux influences de la pluie, de la lumière solaire, etc. demande l'huile de noix, à l'exclusion de toute autre, parce qu'elle nourrit la couleur et qu'elle la développe. L'huile de lin, dans cette circonstance, se dissipe et détruit la couleur, de sorte qu'au bout de très-peu de temps l'ouvrage est à recommencer.*

Dans le cas d'une peinture extérieure, il ne faut ni broyer, ni détremper avec une huile de noix coupée d'essence de térébenthine, parce que celle-ci blanchit la couleur, sous l'impresion du soleil, comme le feroit l'huile de lin pure.

L'huile de lin est recommandable pour les peintures qu'on destine à des objets intérieurs et qui sont à l'abri de l'inclémence des saisons. »

Page 227-228 : « *Quand il est question de broyer et de détremper des couleurs claires, telles que les blancs, les gris, on se sert d'huile de noix ou d'œillet. Pour les couleurs plus sombres, telles que le maron, le brun, l'olive, l'huile de lin pure est préférable, si la peinture est destinée à l'intérieur. »*

Mêmes remarques que Watin.

Page 231 : « *il y a des couleurs [...] qui sèchent très-difficilement lorsqu'on les emploie à l'huile : il convient de les forcer de siccatif, suivant le genre de la couleur ; la litharge pour les couleurs foncées, le sulfate de zinc (vitriol blanc) pour les couleurs claires, mêlés à l'huile siccative : cette méthode n'est jamais sans succès. Nous observons d'ailleurs, que l'emploi du siccatif devient inutile dans tous les cas et pour toutes couleurs qui admettent dans leur composition l'oxide de céruse, l'oxide blanc de plomb, et d'autres oxides métalliques* ».

« *Enfin, si l'addition du siccatif devient nécessaire, il ne faut en faire le mélange qu'au moment même de l'application de la couleur, parce qu'il tend à la rendre plus épaisse* »

BOUVIER Pierre Louis, *Manuel des jeunes artistes et amateurs en peinture*, Paris : F.G. Levrault, 1827, 670 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette n°1 Pages 92-93	Huile de lin (une livre)	Litharge d'argent (une demi once), Céruse calcinée, (une demi once), Terre d'ombre (une demi once), Talc ou pierre à Jésus (une demi once)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccativ	« Cette recette que j'ai transcrite mot à mot de Wattin (dans l'Art du vernisseur, page 91), m'a paru parfaitement réussi ». Il explique ensuite l'usage qu'il faut faire de cette huile « grasse » vraisemblablement pour délayer les couleurs, en petite quantité et toujours à part pour ne pas nuire aux couleurs de la palette. L'huile grasse ne convient pas pour certaines couleurs claires et dans ce cas Bouvier recommande d'utiliser l'huile blanchie (dont il donne la recette n°2 et 3).	« Recette pour faire l'Huile grasse : « Elle se prépare en mettant dans un pot tout neuf et vernissé une demi-once de litharge d'argent, autant de céruse calcinée, autant de terre d'ombre, et autant de talc ou de pierre à Jésus : en tout deux onces de matières pour une livre d'huile de lin, qu'on fait bouillir à feu doux et égal, de peur que l'huile noircisse. Quand elle mousse, il faut l'écumer. Lorsque l'écume commence à se raréfier et à devenir rousse, l'huile est suffisamment cuite et dégraissée. Les matières, qui se trouvent alors dénaturées en partie, laissent un marc ou sédiment dans lequel se trouve une portion de la matière muqueuse de l'huile, qui s'est combinée avec les ingrédients sous une forme emplastique. On laisse ensuite reposer l'huile ainsi desséchée et préparée, parce que, dans les intervalles du repos, elle devient plus claire. Plus elle est ancienne, meilleure elle est. Réservez-la pour les occasions où vous en aurez besoin ».
Recette n°2 Pages 196 - 199	Huile d'œillet (une partie)	Eau pure et filtrée (deux parties)	Exposition au soleil	« Moyen de blanchir l'Huile d'œillet, et de la rendre presque aussi blanche que de l'eau, et par là plus siccativ, mais un peu	Il explique ensuite l'usage que l'on doit faire des huiles blanchies (en plus que de l'utiliser pour des tons clairs expliqué précédemment), à savoir pour retoucher des parties sèches d'un tableau.	« Prenez une ou plusieurs bouteilles de verre blanc, selon la quantité d'huile que vous voulez blanchir : je dis du verre blanc ; car il importe de voir clairement les progrès de l'opération à travers le verre. Versez dans les bouteilles une partie d'huile d'œillet la plus fraîchement faite que vous pourrez trouver : il ne faut pas qu'elle soit plus vieille que deux ou quatre mois au plus. Versez ensuite sur l'huile deux parties d'eau pure et filtrée. Calculez les proportions de l'huile et de l'eau en sorte qu'il reste dans les bouteilles quelques pouces de vides, qui permettent d'agiter de temps en temps le mélange. Battez et agitez ce liquide vivement et fortement, comme lorsqu'on rince une bouteille : mais mettez y un bouchon pendant que vous l'agitez. Otez le bouchon ensuite, et laissez reposer, en y substituant une espèce de couvercle en carton dont le dessus sera percé de plusieurs gros trous d'épingle, et exposez la bouteille à l'air, au grand jour, et surtout au soleil. Vous agiterez le mélange une fois au moins toutes les deux ou trois heures, surtout pendant les six ou huit premiers jours. L'huile surnage bientôt ; mais l'eau la lave et l'épure, et en sépare toutes les parties muqueuses qui la colorent et l'empêchent de sécher promptement. Cette substance muqueuse se sépare peu à peu au bout de quelques

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
				visqueuse. »		<i>heures de repos, et bien se placer entre l'eau et l'huile, sous l'apparence d'une mousse glaireuse et blanchâtre, qu'on doit avoir soin d'enlever au moins une fois chaque jour. Cela doit se faire adroitement, avec un petit crochet de bois blanc et propre. On transvase l'huile dans une autre bouteille, où l'on a eu soin de verser de la nouvelle eau fraîche et filtrée, ce que l'on renouvelle tous les deux ou trois jours pendant le premier mois de l'opération. La chose réussit mieux et plus promptement dans la belle saison, parce que le grand jour, et surtout le soleil, contribuent puissamment à éclaircir les liquides qu'on veut purifier. Vous agitez la bouteille plusieurs fois le jour durant deux ou trois mois, et le plus souvent ne sera que le mieux : plus vous laverez ainsi votre huile, et plus elle acquerra de blancheur, de pureté et de qualité siccative. Quand vous ne verrez plus de mucosités interposées entre l'huile et l'eau, vous laisserez le mélange tranquille sans l'agiter davantage ; mais vous le placerez toujours à l'air, et à l'ombre, recouvert du couvercle de carton troué, afin de faciliter l'évaporation sans que la poussière s'y introduise. Vous ne l'exposerez plus au soleil, de crainte que l'huile ne devienne trop visqueuse. L'eau qui est au-dessous de l'huile ne se rompt point, étant privée d'air par l'huile qui surnage, et cette même eau empêche l'huile de se figer et de prendre jamais trop de consistance [...] l'huile blanchie par le moyen que je viens d'indiquer, ne contient aucun corps étranger, et l'eau sur laquelle elle repose la maintient dans un état de fluidité suffisant pour pouvoir l'employer sans peine. »</i>
Recette n°3 Page 199	Huile de noix (une demi livre)		Cuisson		Il explique ensuite l'usage qu'il faut faire des huiles blanchies, à savoir retoucher les parties sèches d'un tableau.	<i>« Autre Huile blanche. L'on fait aussi une huile assez blanche et passablement siccative de la manière suivante : Prenez de l'huile de noix fraîchement exprimée, et qui n'ait pas été faite sur le feu, mais simplement par la pression de la meule, et à froid ; mettez en une demi-livre dans une fiole, et faites la bouillir pendant une heure au bain marie. Elle sèche bien ainsi concentrée ; mais elle n'a pas la même pureté que l'huile lavée à l'eau, et elle est moins blanche. »</i>
Recette n°4 Page 202	Huile d'oeillet		Exposition à la lumière dans une bouteille de verre blanc			<i>« En parlant des huiles, je conseille de renfermer celle d'œillet ordinaire dans une bouteille de verre blanc, et de l'exposer au grand jour, sans être au soleil ; le grand jour a la propriété de blanchir les huiles, les vernis, etc. Si vous aviez fait une provision d'huile d'œillet trop considérable, et qu'elle devînt trop visqueuse, il faut en acheter de la nouvelle et consacrer l'ancienne pour la battre avec un mélange d'eau de fontaine, et achever de la blanchir comme on l'indique à la page 196 et suivantes. »</i>

Remarques générales

Pages 92 : « C'est improprement que cette huile, préparée comme nous allons l'indiquer, est appelée vulgairement huile grasse ; elle est au contraire dégraissée, ce qui la rend siccativ, et lui donne en même temps la propriété de faire sécher assez promptement toutes les couleurs avec lesquelles on l'incorpore ».

Page 94 : « L'asphalte est la seule couleur qui exige d'être délayée et travaillée à l'huile grasse toute pure, sans quoi elle ne sécherait pas [...]. Pour toutes les autres couleurs, excepté pour la laque verte n.°38, il ne faut en ajouter que tout juste ce qu'il en faut pour faciliter la dessiccation [...]. On aura soin de puiser la couleur avant que de prendre l'huile grasse qu'on veut y faire entrer, et on posera ce qu'on en aura puisé sur le bas ou vers le milieu de la palette ; sans quoi on gâterait bientôt les petits tas de couleurs, qui ne se maintiendraient plus assez long-temps frais. »

Pages 94-95 : « L'usage général est d'avoir un peu d'huile grasse dans un godet de fer-blanc, qu'on accroche par un ressort sur le bord de la palette. Je n'aime pas cet usage pour peindre les petites choses, parce que, dans le fer-blanc, l'huile se dessèche promptement, et devient très-gluante. »

Page 96 : « [...] Il faut avoir l'attention de ne mettre que le moins d'huile d'œillet possible dans la préparation de toutes les couleurs qui exigent une addition d'huile grasse, sans quoi elles deviendraient trop liquides, et ne sécheraient que difficilement. »

Page 96 : « Il ne faut pas faire abus d'huile grasse, parce qu'elle forme des croûtes fort désagréables sur le tableau lorsqu'on en met trop, ou un trop grand nombre de couches les unes sur les autres. [...] Il faut en mettre un peu plus en hiver qu'en été, et surtout dans les noirs et les laques ; mais en général une petite quantité suffit pour déterminer la dessiccation, excepté dans les glacis, où il en faut un peu plus. »

Page 96-97 : « [...] En général, une sixième ou même une huitième partie d'huile grasse, proportionnellement à la portion de couleur qu'on emploie dans l'instant où l'on peint, peut suffire pour faire sécher assez tôt soit les préparations, soit les teintes sombres et vigoureuses des ombres des chairs. [...] Il ne faut jamais en incorporer là où il entre du blanc, du jaune de Naples, ou toute autre couleur qui peut sécher aisément sans ce moyen ; n'en mettez jamais non plus dans les grandes et belles lumières des chairs, des lignes ou des draperies de couleur gaie et claire. »

Page 97-98 : « [...] Quant à d'autres glacis de couleurs très-fraîches, par exemple les bleus-clairs, les lilas et les gris de lin, comme la moindre partie d'une huile rousse les ferait jaunir, n'employez alors que l'huile blanchie mais que la totalité de votre couleur propre à faire ce glacis soit délayée avec cette huile blanchie toute pure ; alors la teinte de votre glacis restera égale, et séchera passablement, quoique moins vite qu'avec l'huile grasse. N'employez jamais cette dernière ni dans les ciels ni dans les lointains ; vous les terniriez en pure perte [...] Les cinabres ne séchent que difficilement sans une addition d'huile grasse »

Page 100 : « il est essentiel que la couleur ne soit ni trop dure ni trop liquide ; et ce dernier défaut est encore plus à craindre que le premier, parce que, outre que l'on ne peint pas bien quand la couleur est trop liquide, la quantité surabondante de l'huile ternit toutes les couleurs, et, de plus, elles se remplissent de poussière, à cause du temps qu'il leur faut pour sécher ».

Page 199 à 200 : « *Usage qu'on doit faire des Huiles blanchies. Il arrive souvent qu'on a besoin de retoucher quelques petites parties dans un tableau qu'on regardait comme achevé ... Pour modifier le ton ou la teinte de ces parties, on ne peut le faire avec de l'huile ordinaire sans s'exposer à former des taches [...]. Prenez une très-petite goutte d'huile blanchie, et étendez-la doucement avec le bout du doigt sur la place que vous voulez retoucher, en sorte qu'il n'en reste sur le tableau (que je suppose très sec) que le moins possible, et seulement ce qu'il en faut pour ne pas repeindre à sec ; vous essuyerez doucement le superflu avec un petit morceau de papier de soie et non avec un linge, qui pourrait déposer des fils en étoupes sur la partie huilée. Sur cette préparation légèrement onctueuse vous pourrez repeindre telle partie que avez intention de modifier [...]. »*

PAILLOT DE MONTABERT Jacques Nicolas, *Traité complet de la peinture*, Tome 9, Paris : Bossange père, 1829, 720 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 89	Huile de lin		Exposition au soleil (dans un récipient hermétique)	Huile de lin « blanchie »		« Pour blanchir à l'air l'huile de lin, il faut la préserver du contact de l'air, qui la rendrait visqueuse et la sécherait même ; et, à cet effet, les vases de verre d'un très-petit diamètre sont les meilleurs, tels que les fioles à sirop et les flacons plats. Elle blanchit plus ou moins promptement, selon l'épaisseur qu'elle présente à la lumière solaire, selon la durée de son exposition au soleil et selon l'éclat du soleil lui-même ; aussi le tems le plus propre est-il celui où le soleil est dans sa force . Elle peut donc devenir facilement incolore ; mais elle acquiert toujours un certain épaissement, et cet épaissement a souvent gêné les peintres. Voilà pourquoi les Hollandais et les Flamands l'ont souvent employée sans la décolorer à la lumière. »
Recette 2 Page 94	Huile de pavot (deux livres)	Eau (trois livres) Sulfate de zinc (vitriol blanc) (une once)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile de pavot siccative		« Moyen de dessicatiser et de dépurer l'huile de pavot. A deux livres d'huile de pavot ajoutez trois livres d'eau et une once de sulfate de zinc (vitriol blanc) ; mélangez et faites légèrement bouillir le tout jusqu'à l'évaporation de la moitié ou des deux tiers de l'eau ; versez ensuite tout ce mélange dans un grand entonnoir de verre. Lorsque la séparation de l'huile et de l'eau est effectuée, laissez écouler l'eau par le bec de l'entonnoir. Au bout de quelques semaines, où à l'aide d'une légère chaleur, l'huile, ainsi préparée, se sépare du reste de l'eau, qui entraîne avec elle un certain mucilage dont l'extraction concourt à la limpidité de l'huile, mais qui, ainsi que nous le verrons, est peut-être nécessaire pour donner à l'huile un caractère de gluten et de vernis. »
Recette 3 Page 94-95	Huile de lin (une livre)	Litharge d'argent (une demi once), céruse calcinée (une demi once), terre d'ombre (une demi once), talc en poudre (une demi once)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile de lin siccative		« Moyen de dessicatiser l'huile de lin ou toute autre. Huile de lin une livre, litharge d'argent, céruse calcinée, terre d'ombre, talc en poudre, de chacune de ces substances bien sèches une demi-once ; faire bouillir le tout dans un pot vernissé et neuf ; enlever l'écume et retirer du feu le tout, lorsque cette écume ou cette mousse commence à devenir rousse et à se raréfier ¹ . On laisse ensuite reposer cette huile pour qu'elle s'éclaircisse ; on reconnaît que l'huile est assez dessicatisée, lorsqu'après un séjour de vingt-quatre heures dans un petit vase ouvert on la trouve couvert d'une pellicule. ¹ Quelques personnes, pour reconnaître ce degré de cuisson, jettent dans l'huile soit des morceaux d'oignon, soit une croûte de pain, et jugent que l'huile est assez cuite lorsque l'un ou l'autre commence à roussir. »
Recette 4 Page 95	Huile de lin	Litharge (1/8 ^e) ou émail ou azur ou couperose blanche ou sel de saturne	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative		« Plusieurs moyens dessicatifs analogues à celui-ci ont été employés. Ainsi, en faisant bouillir de l'huile de lin avec un huitième de litharge, ou avec de l'émail ou de l'azur en poudre, ou encore avec de la couperose blanche (sulfate de zinc), ou encore avec du sel de saturne (acétite de plomb), on parviendra à rendre l'huile dessicative. »
Recette 5	Huile de lin (crue)	Cendres d'os (faites avec des os de pieds de	Plonger une boule de cendres d'os	Huile siccative		« Voici une manière toute particulière pour atteindre ce but : elle a été inventée par M. Grandi. La Bibliothèque britannique, novembre 1807, n ^{os} 285,286, en a fait mention. Ce procédé a été approuvé à Londres par la Société pour l'avancement des arts. Prenez des os de pieds de mouton,

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Page 95		mouton calcinés et broyés en poudre)	chaudes dans l'huile pendant une heure. Laisser reposer pendant 24 heures	Huile claire		<i>concassez-les, et faites-les bouillir dans l'eau pour les débarrasser de leur graisse ; mettez-les ensuite dans un creuset, calcinez-les à feu ouvert, et broyez-les en poudre. Faites avec des cendres d'os pulvérisés et un peu d'eau une pâte consistante, que vous roulez en frome de boule. Faites rougir cette boule dans le feu ; plongez-la aussitôt, pendant une heure, dans une quantité d'huile de lin crue et suffisante pour la couvrir. Quand tout est froid, versez l'huile dans des fioles, ajoutez-y un peu de cendres d'os, laissez reposer, et dans vingt-quatre heures vous aurez de l'huile claire et prête à être mise en œuvre.</i>
Recette 6 Page 96-97	Huile (une livre)	Huile de vitriol (un quart d'once) Eau de rivière (6 onces)	Ajout de siccatif	Huile purifiée Huile claire, sans gout et sans odeur.		<i>« Voici le procédé employé pour la purification des huiles par M. Hermstaedt : ce procédé se trouve indiqué dans l'Esprit des Journaux. On mêle successivement un quart d'once d'huile de vitriol avec six onces d'eau de rivière ; on met ce mélange dans un vase de verre pouvant contenir deux litres, et l'on y verse une livre d'huile. On secoue fortement le vase pendant quelques minutes, jusqu'à ce que le mélange devienne laiteux ; et l'on continue de secouer souvent pendant vingt-quatre heures : ensuite on bouche la bouteille, et on la laisse reposer pendant huit jours. Au bout de ce tems, on obtient une huile claire, presque sans goût et sans odeur, et propre à être employée dans la cuisine et dans les arts mécaniques. Le flegme, séparé et coagulé par l'huile de vitriol, surnage dans l'eau en forme de pellicules blanches, qu'on peut séparer et peser, en sorte qu'il est facile de déterminer assez exactement le degré de pureté de l'huile. »</i>
Recette 7 Page 97 98	Huile	Neige	Pétrir dans une terrine Couvrir Laisser reposer au froid et à l'abri du soleil.		Citation d'une recette de Tingry	<i>« Mélanger, avec de la neige bien forée, telle quantité d'huile que vous voudrez ; pétrissez-la bien dans une terrine avec une spatule ou autrement : mettez cette masse dans un vase de terre cuite ou de porcelaine, et couvrez-le d'un linge par propreté. Laissez ce mélange exposé au froid, et à l'abri du soleil. Lorsque la température est adoucie, intervalle qu'on peut supposer de deux mois à peu près, la neige, qui se résout en eau, se sépare de l'huile ; et celle-ci, qui se sépare avec le tems, a acquis la propriété siccativ : cette qualité est augmentée en raison du tems pendant lequel les deux substances sont restées en contact. »</i>

Remarques générales

Page 2 : *« Quelle découverte réelle put dont faire Van-Eyck ? La voici : Il trouva un moyen dessicatif et conglutinatif ; il fit cuire ses huiles ; et, comme le pensèrent très-justement Morelli et Lanzi, il sut en composer une mixture, qui donna aux couleurs du ton, du brillant, et qui permit de les parfondre admirablement. »*

Page 3 : *« Après lui, on se contenta donc d'employer l'huile de noix ou de lin dans les couleurs ; on s'en occupa seulement de les rendre suffisamment dessicatives ; mais la manière d'ajouter du succin à l'huile et de l'employer ainsi fut généralement délaissée : on en perpétua l'usage seulement pour vernir les tableaux, ce qui devint funeste à plusieurs. »*

Pages 3 et 4 : « *Enfin nous sommes à l'époque où l'on sent le besoin de couleurs fortes et de tons riches et transparents ; mais si les huiles cuites, les résines, les pommades à retoucher y font parvenir momentanément, il reste à reconnaître quelle sera la durée de ces peintures.* »

Pages 86-87 : « *L'huile de lin, à ce qu'il paraît, est celle qui a été employée le plus anciennement ; les peintres italiens ont ensuite introduit l'usage de l'huile de noix : les Flamands et les Hollandais seuls ont continué à peindre avec l'huile de lin ; enfin les Français surtout ont employés généralement l'huile de pavot, dite aussi huile d'œillette, la seule pour ainsi dire dont on fasse usage aujourd'hui pour les tableaux. [...] Nos peintres distinguent l'huile très-dessicative (appelée fort improprement huile grasse, puisqu'elle est, au contraire dégraissée au feu, ce qui la rend seulement plus épaisse), et l'huile naturelle et non cuite.* »

Page 87 : « *L'huile de lin est la meilleure de toutes les huiles à peinture ; la préférence accordée par les anciens à cette huile vient à l'appui de notre assertion. Elle est la meilleure pour deux raisons : la première, c'est qu'elle blanchit à l'air, même après sont desséchement, blanchiment qui n'a pas lieu dans l'huile de pavot ; la seconde c'est qu'elle procure un gluten plus translucide dans l'état sec, et plus riche par conséquent que l'huile de pavot. C'est à raison de cette seconde qualité qu'on la choisit toujours lorsqu'on veut faire de l'huile cuite dessicative, dite huile grasse ; laquelle porte, pour ainsi dire, avec elle son vernis.* »

Pages 89-90 : Au sujet de l'huile de noix. « *Cette huile est extraite de la noix par expression et sans feu, ou bien elle est extraite par le moyen du feu, et cela pour en augmenter le produit ; celle du commerce est extraite par le feu, ce qui la rend plus dessicative, et par conséquent plus propre à la peinture ; mais aussi ce procédé la rend très-colorée. Tingry recommande expressément l'emploi de cette huile, à l'exclusion de toute autre, pour les peintures exposées à l'air, à la pluie, et surtout au soleil. Elle y prend du corps ; l'huile de lin, au contraire, se détruit à l'air et se dissipe. D'où vient cette propriété de résister au soleil et à la pluie ? Ne serait-ce pas de ce que la dessiccation de l'huile de noix, étant plus lente que celle de l'huile de lin, elle n'arrive pas aussi promptement que cette dernière au point de se briser et de se calciner par la chaleur du soleil ? Elle serait donc plus molle et moins cristallique. Comme l'huile de noix est plus blanche après l'extraction que l'huile de lin, les peintreurs croient qu'ils doivent la préférer à celle-ci pour les couleurs claires ; mais bientôt elle subit le sort des autres huiles, et s'obscurcit de même.* »

Page 91 : Au sujet de l'huile de pavot « *Ses qualités sont la blancheur et sa facilité à se siccatiser avec le tems, non qu'elle soit d'ailleurs plus susceptible que d'autres d'une dessiccation ou d'une cristallisation parfaites : je pense le contraire ; l'huile de lin lui est supérieure en ce point ; mais on l'emploie aujourd'hui de préférence à cause de sa blancheur, et parce que l'huile de lin a besoin d'être décolorée à la lumière, et que celle de noix est plus lente à se sécher. Du reste elle est moins transparente, moins cristallique que ces dernières dans l'état concret.* »

Page 93 : « *On se sert mal à propos à ce sujet du mot dégraisser les huiles, il conviendrait mieux d'adopter le mot dessicatiser. On emploie ordinairement, pour rendre dessicative une huile, ou l'ébullition et la cuisson, ou le contact de certaines substances, telles que l'oxide de plomb demi-vitreux, appelé litharge, l'acétite de plomb ou le sel de saturne, le sulfate de zinc ou le vitriol blanc, etc. On emploie souvent aussi l'un et l'autre moyen.* »

MERIMEE Jacques François Léonor, *De la peinture à l'huile ou des procédés matériels employés dans ce genre de peinture depuis Hubert et Jean Van-Eyck jusqu'à nos jours*, Puteaux : EREC, 1981, 323 p.

N° Recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette n°1 Pages 58-61	Non spécifié	Litharge (un huitième)	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative Huile brune qui devient transparente par le repos	« de la propriété qu'ont plusieurs oxides et sels métalliques de se combiner avec les huiles et de les rendre plus siccatives, il a dû résulter un grand nombre de variantes dans le recettes publiées sur la préparation de l'huile siccative. Quelques uns prescrivent l'emploi du sulfate de zinc, du verdet-gris calciné, du plâtre, de la terre d'ombre, de l'oxide de manganèse, etc. ; d'autres recommandent de mettre dans l'huile une croûte de pain et une gousse d'ail ; dans toute la litharge est le principal ingrédient : c'est aussi l'oxide de plomb qui a le plus d'action sur l'huile, il est inutile d'y en ajouter d'autres ».	« La litharge dans la proportion au plus d'un huitième, doit être réduite en poudre très fine : c'est une condition essentielle pour en accélérer la dissolution. On met le vase contenant l'huile et la litharge sur un feu doux, et on remue souvent le mélange avec une spatule. L'ébullition développe beaucoup d'écume et quelquefois l'intumescence oblige de retirer le vase, sans quoi l'huile se répandrait au dehors. Lorsque l'écume est entièrement disparue, c'est un signe que l'huile est au point convenable. On la laisse reposer ; la partie de la litharge non combinée se précipite, et la surface de l'huile se trouve, au bout de quelques heures, recouverte d'une pellicule ; indice auquel on reconnaît qu'elle est suffisamment siccative. Ainsi préparée, l'huile est brune, et l'est d'autant plus, qu'elle a été plus long-temps sur un feu ardent. Elle devient transparente par le repos ; mais elle n'est jamais blanche. »
Recette n°2 Pages 58-61	Non spécifié	Litharge Eau	Cuisson + ajout de siccatif	Huile siccative moins colorée, qui blanchit un peu par l'action de la lumière	Variante de la recette 1 (les ingrédients sont les mêmes, le mode de transformation diffère).	« En opérant à une température moins élevée, par exemple à celle du bain-marie, ou bien en mêlant à l'huile de l'eau, que l'on remplace à mesure qu'elle s'évapore, on obtient une huile moins siccative, à la vérité, mais moins colorée, et qui se blanchit un peu par l'action de la lumière. »
Recette n°3 Pages 58-61	Huile de lin ou de noix	Litharge	Ajout de siccatif	Huile siccative presque incolore	Variante de la recette 1 (les ingrédients sont les mêmes, le mode de transformation diffère).	« On peut enfin avoir une huile siccative presque incolore en employant de l'huile de lin ou de noix, et opérant sa combinaison avec la litharge, par une trituration suffisamment prolongée. Il en résulte une espèce de crème jaunâtre, qui s'éclaircit en peu de temps par le repos ; mais si l'on est pressé, on filtre cette huile à travers un papier non collé : elle passe aussitôt transparente et un peu plus colorée ; mais elle se blanchit bientôt au contact de la lumière, en laissant déposer une partie de l'oxide de plomb qu'elle tient en dissolution. L'opération peut être faite en quelques heures ».
Recette n°4	Huile de lin	Molette de plomb	Ajout de siccatif	Huile siccative claire		« L'action réciproque de l'huile et de l'oxide de plomb est telle, qu'on peut opérer la combinaison de ces deux substances en triturant de l'huile de lin avec une molette de plomb. L'huile devient en peu de temps colorée par le mélange d'une matière grise, qui

N° Recette	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Pages 58-61		(oxyde de plomb)				<i>n'est autre que du plomb très divisé. Que l'on mette ce mélange dans un vase, le plomb ne tarde à tomber au fond, l'huile qui surnage est très claire et rendue plus siccativ. Elle tient en effet un peu d'oxide de plomb en dissolution ».</i>
Recette n°5 Pages 58-61	Huile de lin ou de noix	Plomb en grenailles ou haché	Ajout de siccatif	Huile siccativ presque incolore		<i>« On pourrait donc, à défaut de bonne litharge, employer du plomb en grenailles ou haché, le mettre avec de l'huile de lin ou de noix dans une bouteille qu'on agiterait souvent. En peu de jours au aurait une huile presque sans couleur et assez siccativ pour faire sécher les laques aussi promptement que les ocres. Comme les huiles siccatives deviennent visqueuses en peu de temps, il ne faut en préparer qu'une petite quantité à la fois ».</i>

Remarques générales

Page 56 : Au sujet de l'huile de lin : *« la plus visqueuse et la plus siccativ des trois espèces employées. Sa couleur est extrêmement jaune, mais elle ne résulte pas comme on pourrait le croire, de l'action du feu sur la graine que l'on torréfie pour en exprimer l'huile. Elle est produite par la pellicule dont l'amande est recouverte, et qui est abondamment chargée d'une matière colorante jaune dissoluble dans l'huile... Au reste, cette couleur, comme celle de la cire est détruite par l'action du soleil. L'huile de lin est particulièrement employée dans la préparation des vernis gras. Les motifs de la préférence qu'on lui donne gont qu'elle est plus siccativ et qu'elle conserve mieux sa transparence en se desséchant à l'air ».*

Page 57 : Au sujet de l'huile de noix : *« extraite sans feu, est peu colorée, celle du commerce même l'est moins que l'huile de lin ; quelques personnes la préfèrent pour les peintures exposées à l'air. Elle est d'ailleurs moins brunie que l'huile de lin par l'action de l'oxide de plomb ».*

Page 57 : Au sujet de l'huile d'œillette : *« l'huile de pavot est appelée huile d'œillette par corruption du mot olliette (olivette), nom donné aux pavots dans quelques endroits où on les cultive. Cette huile est la plus blanche, mais aussi la moins siccativ des trois. Comme on cultive abondamment le pavot dans la Flandres, il est probable que cette huile a été employée de préférence dans l'Ecole des Pays-Bas. » « Quoique ces huiles soient naturellement siccatives, elles ne le sont pas encore assez pour vaincre l'action de certaines couleurs qui retardent plus ou moins leur dessiccation, telles que les laques, les noirs de charbon animal, et surtout les terres bitumineuses ; mais en même temps que l'expérience a fait connaître l'effet produit sur l'huile par ces couleurs, elle a également mis en évidence l'action siccativ exercée par quelques oxides métalliques : dès lors il a été facile de préparer les huiles de telle façon qu'on aucune couleur ne pût les empêcher de sécher ».*

Page 99 : Les huiles *« après voir été blanchies, elles se rancissent, c'est à dire se colorent plus ou moins en jaune, suivant le lieu où elles sont exposées. Tous les corps gras sont sujets à ce rancissement. Les résines les moins colorées, telles que le mastic, la sandaraque, le copal, se trouvent avec le temps, recouvertes à leur surface d'un couleur jaune qui pénètre plus ou moins profondément ».*

PANIER Joseph, Peinture et fabrication des couleurs ou traité des diverses peintures à l'usage des personnes des deux sexes qui veulent cultiver les arts, Paris : Roret, 1856, 144 p.

Recette n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Procédés de transformation	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Recette 1 Page 18-19	Huile de lin	Litharge	Cuisson + ajout de siccatif	Huile grasse	Recette indiquée en note	(1) L'huile grasse se prépare avec l'huile de lin bouillie très-lentement, sur laquelle on projette en petite quantité de la litharge pulvérisée, mais en très-petite quantité et souvent répétées : retirée du feu, la litharge tombe au fond, et l'huile s'éclaircit et devient visqueuse.

Remarques générales

Pages 18-19 : « Ces couleurs doivent être délayées et broyées avec de l'huile de noix faite à froid, de l'huile de lin siccativée, et mieux encore de l'huile d'œillette ou de pavot, mais toutes clarifiées au soleil et rendues onctueuses et claires, autant que faire se pourra.

Lorsqu'on désire que la peinture sèche plus rapidement, on se sert d'huile grasse (1) ; et à défaut d'huile grasse, on peut broyer avec la pointe du couteau à palette, du sel de saturne ou acétate de plomb avec l'une de ces huiles sans en faire abus.

On n'emploie ordinairement les dessiccatifs dont je viens de parler que pour les bruns, les laques, les bleus, parce que ces couleurs sont longtemps à sécher. »

6. Recettes de vernis préparés explicitement pour être mêlées aux pigments

TURQUET DE MAYERNE Théodore, *Pictoria, sculptoria, tinctoria et quae subalternarum artium spectantia*, Lyon Audin, 1970, 166 p.

N° Vernis	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Page 138	Huile blanche siccativ	Térébenthine de Venise Huile blanche de térébenthine	« Vernis excellent »	Recette de M. Belcamp (nom indiqué en marge).	« Faites le vernis commun des peintres avec thérébentine de Venise très blanche ou au moins la moins jaune que pourrés trouver, et l'huile blanche de thérébentine redistillée pour mieux faire, ou tirée la première fois avec eau. Cecy se doit faire sur le sable, sans souffrir longtemps l'exhalaison de l'esprit, de peur que le vernis ne s'espaisisse par trop. Tirés le du feu et le gardés. Pour vous en servir, meslés avec iceluy partie égale de l'huyle blanche et siccativ de lin ou de noix cy dessus – appliqués chaudement et légèrement. »
Vernis 2 Page 148	-	Ambre Huile blanche de térébenthine de Venise	« Vernis fort blanc » Vernis servant au vernissage Peut aussi être mélangé aux couleurs sur la palette	Vernis de Mr Fetz Mayerne note qu'il a fait ce vernis et « la gomme ne se fond que malaisément, se roussit, et ne seiche point. Le mien vaut mieux ». Il écrit aussi selon la traduction en note qu'il pense que cette résine est du copal.	« Il se trouve une gomme ou résine à Marseille qui vient des Indes en lopins ronds comme noisettes, et noix, comme la gomme Arabique parmi lesquels il fault choisir ceulx qui sont les plus blancs, et transparents comme Christal. Ils sont couverts d'une peau jaunastre (qui est la partie extérieure exposée à l'air) mais le dedans est aussi transparent que le verre de Venise. On l'appelle Charabre ou Charabe. Prenés ceste résine, et dans une cuiller d'argent mettés la sans aucune aultre addition à fondre sur un feu modéré, tel toutesfois qui suffice à fondre ce qui ne se fait pas si aisément. La gomme fondue et coulante, versés dans une phiole, ou vaisseau de verre que vous aures tout prest ; le clair coulera, et fault que le vaisseau soit chaud, et toute l'escorce sale et jaunne demeurera dans la cuiller, si vous versés doucement : mettes de vaisseau sur sable assez chaud, et verses dedans sur la gomme le double d'huile blanche de Thérébentine de Venise extraicte au baing, chauffés tant que le tout bouille ou plus tost frémissse doucement et que le tout s'incopore entièrement. Alors vostre vernis sera fait que guarderes soigneusement. Et pour vernir, et pour mesler sur la palette avec les couleurs ».

Remarques générales

Page 20 : « *La thérébentine avec le temps se seiche, l'huile thérébentine ou le pétrole s'esvanouissant, et ne peut endurer l'eau. Le meilleur vernix résistant à l'eau se fait avec l'huile siccatif, fort épaisse au soleil sur la lytharge (voyés sur la ceruse) sans aucunement bouillir* ».

Page 65-66 : « *Les vernix pour estre bons doivent estre fort siccatifs, clairs et transparents, et les moins colorés que faire se peult. Tels que l'eau ne les touche point, qu'ils ne s'escaillent ny se fendent et que sans se blanchir ou obscurcir ils puissent estre lavés, ou si par le temps ils s'obscurcissent puissent estre restituées avec les mesmes huiles simples desquels ils seront composés. Les dictz vernix sont ou simples comme la Laque, ou composés avec certaines larmes résineuses lesquelles fondues en certaines huyles s'estendent sur quoy que ce soit. Les huyles propres à faire vernix sont ceulx de noix et de lin, lesquels seuls rendus siccatifs avec le litharge, ou (qui mieux est) avec la couperose blanche calcinée, se seichent sur la besogne, et peuvent endurer quelque eaüe que ce soit. Si la dissolution des résines est faite avec ces huyles, les vernix en seront plus beaux et auront plus de corps. Au déffault de ces huyles, en cas de nécessité on peut user de l'huyle de la graisse de chanvre encore qu'elle ait quelque verdeur, ou si on est en lieu commode comme au pays de Gâtinois, l'huyle de pavot blanc est très excellent et très siccatif estant faite de la semence par expression. Elle n'est pas siccatif si vous ne la rendes telle par artifice. Les plus ordinaires pour les vernix délicats sont les huyles de thérébentine, d'Aspic, et le pétrole avec la thérébentine mesme, qui, quoique grasse et lent se seiche à la fin et empesche le vernix de s'escailler. Il y en fault fort peu, la 10 ou 12 partie.*

Les gommés ou Résines propres à cet effect sont le mastic, le Sandarach ou gomme de Geneivre, le Gummj Animae par dessus tout, hormis la Gomme Lacque qui doit estre choisie très pure, dont se fait le vernix de la chine. L'ambre Jaulne, dont on vernit les Luths, le Benjoin fort pur.. Voyés si le Carabé une fois dissout dans pétrole ou huile d'aspic puis desseiché par exhalation est capable d'estre aisément dissout dans l'huile de noix ou aultre.

Voyés si le Carabé, le Benjoin passé par l'eau de vie très dephléquée, la gomme animé broyée sur la pierre avec les huiles de thérébentine, pétrole, Aspic, ne seront point ouverts et préparés à une facile dissolution sur le feu aux cendres ou au sable. Pour faire commodément vostre dissolution, il sera à propos d'avoir un vaisseau de rencontre, dont les jointures soyent bien bouchées avec vessie, ou lut de chaux, et blancs d'œufs, et tant soit peu de farine. Tenés sur le sable, et commençant fort lentement donnés chaleur à la fin suffisante à faire vostre dissolution. Laquelle faite, le tout soit coulé pour en séparer les fèces, ou le pur soit versé de dessus l'impur par inclinasion : après avoir bien remué avec une spatule, et puis laissé rassoir par quelques heures, 12 ou 24. »

Page 113 : « *Cendre etc. aultre avec un peu d'huyle d'Aspic ne meurt point. Toute couleur qui pénètre promptement et entre dans la toile, et semble seicher, ne meurt point. [...] Schitgeel et Massicot ensemble meurent. Vert se fait de jaune et de bleu. Indico s'use à l'huile mais il meurt sans le vernix. On en fait un bleu avec blanc. Un vert avec Schigeel, obscur surquoy fault passer le vernix et il dure* ».

Page 139 : Au sujet du blanc d'œuf. « *Il mange et gaste avec le temps les couleurs et si attache si opiniastrement que encore que vous laverés le tableau souvent, il y en reste il quelque chose – fault essayer s'il ne se ferait pas un bon vernix avec la colle de poisson mais il la faudrait faire fondre et appliquer chaude.* »

Page 140 : « *L'application des vernix se fait le mieux au soleil, afin que le vernix seiche promptement* ».

Page 141 : « *le blanc d'œuf dont quelques uns vernissent leurs tableaux à huile est fort ennemy de quelques couleurs et les tue, comme les Azurs.* »

ANONYME, *Secrets concernans les Arts et Métiers. Nouvelle édition, revue, corrigée & considérablement augmentée, Tome 1, Nancy : Jean de la Rivière, 1721, 540 p.*

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Citation de la recette
Vernis 1 Page 57	-	Térébenthine Eau Vin blanc ou eau de vie Huile de térébenthine	« Vernis pour glacer »	« Vernis pour glacer Cuisés de la térébenthine avec eau, vin blanc ou eau de vie ; étant cuite dissolvés-la en vin & huile de térébenthine. »
Vernis 2 Page 64	-	Huile de spic (1 once) Huile de térébenthine (1 once) Sandaraque (4 gros) Gomme copal (2 gros) Esprit de vin (1/2 livre)	« Vernis luisant » pour détremper les couleurs	« Vernis luisant dans lequel on a détrempe la couleur qu'on veut ; il est propre pour les Orfèvres & les Tableaux. Prenés d'huile de spic une once, d'huile de térébenthine autant, sandarac choisi pulvérisé quatre gros, gomme copal deux gros, mettés le tout en poudre dans un matras de verre avec demie livre d'esprit de vin au bain marie ; quand la matiere est fonduë, on la coule & garde dans un vaisseau de verre. »

WATIN Jean Félix, *L'Art du peintre, doreur, vernisseur*, Paris : Laget, 1975, 356 p.

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Page 56	-	Esprit de vin (1 pinte) Mastic en larmes (deux onces) Sandaraque (2 onces) Térébenthine de Venise (1 quarteron)	Vernis « pour détrempier les couleurs »	« Ce vernis exige que les couleurs soient broyées très-finement ; il les détrempe bien, & elles sèchent promptement. Il ne faut les détremper qu'au fur & à mesure qu'on s'en sert. »	« VERNIS A L'ESPRIT-DE-VIN pour détrempier les couleurs. Dans une pinte d'esprit-de-vin, mettez deux onces de mastic en larmes, & deux onces de sandaraque. Lorsque ces résines seront fondues, ajoutez y un quarteron de térébenthine de Venise, faites bouillir le tout quelques bouillons, & passez-le à travers un linge fin. »
Vernis 2 Pages 56-57	-	Essence (1 pinte) Mastic en larmes (4 onces) Térébenthine (1/2 livre)	Vernis « pour détrempier les couleurs »	« Ce vernis gras est moins prompt à sécher que celui ci-dessus, donne de l'odeur, mais s'emploie plus aisément & a plus de qualité. Les couleurs doivent être broyées à l'huile, pour les détremper avec ce vernis, ce qui se fait peu à peu. C'est ce vernis à l'essence dont on détrempe le verd d'eau indiqué ci dessus, page 46 : il est bien plus beau détrempe avec ce vernis qu'employé à l'huile. »	« VERNIS BLANC A L'ESSENCE, pour le même sujet Sur une pinte d'essence, mettez quatre onces de mastic en larmes, & une demi-livre de térébenthine, faites fondre le tout ensemble, & le passer. »
Vernis 3 Page 57	-	Essence (1 pinte) Térébenthine-pise (1/2 livre) Galipot (1/2 livre)	Vernis « pour détrempier le verd-de-gris »		« VERNIS D'HOLLANDE, pour détrempier le verd-de-gris. Ce vernis, qu'on tiroit autrefois de Hollande, & qui en a conservé le nom, est composé d'une pinte d'essence, dans laquelle on fait fondre une demi-livre de térébenthine-pise, & autant de galipot, qu'on passe ensuite par un linge fin ; il sert à détrempier le verd-de-gris [...] ».

PILEUR D'APLIGNY Charles le, *Traité des couleurs matérielles, et de la maniere de colorer, relativement aux différens Arts & Métiers, Paris : Chez Saugrain & Lamy, 1779, 342 p.*

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Pages 119-121	-	Résine (4 gros) Ambre blanc (2 onces) Huile de térébenthine (un peu)	« Un beau vernis blanc »	« On peut l'employer mêlé avec leurs couleurs, aussi bien que vous vernir après qu'elles sont appliquées. »	<p>« Autre Vernis blanc.</p> <p><i>Le célèbre Boyle, auquel nous sommes redevables de plusieurs améliorations dans les Arts, a donné le procédé suivant pour faire un beau vernis blanc. Prenez quatre gros de la plus belle résine : faites-la fondre sur le feu dans un pot de terre vernissée ; jetez-y ensuite deux onces de l'ambre le plus blanc que vous pourrez trouver, & réduit en poudre ; ajoutez cet ambre par petites portions, & par degrés, en remuant continuellement avec un petit bâton, sur un feu doux, jusqu'à ce qu'il soit dissous. Lorsque vous verrez la matiere s'épaissir, verser-y un peu d'huile de térébenthine, en continuant de remuer, jusqu'à ce que tout l'ambre soit fondu.</i></p> <p><i>Il est bien important de prendre garde au feu, en faisant cette opération : car la chaleur seule suffit pour enflammer les vapeurs de l'huile de térébenthine qui s'élevent, & c'est pour cette raison qu'on recommande une chaleur douce. Si, malgré toutes les précautions, votre matiere s'enflammoit, il faudroit l'étouffer bien vite, avec une planche de bois plate, ou encore mieux, avec une couverture mouillée, que vous jetterez sur votre vaisseau. Le plus sûr est de faire ces compositions dans une cour, & en plein air, pour prévenir tout accident. Vous éviterez encore le danger du feu, en faisant fondre la résine dans un vaisseau de verre cylindrique, & en employant un bain de sable, que vous conserverez toujours dans un degré moyen de chaleur, sur-tout dans le commencement, afin d'échauffer votre vaisseau par degrés insensibles.</i></p> <p><i>Le vernis étant fait, vous le coulerez dans un sac de toile ferrée, que vous presserez entre deux rouleaux de bois de chêne, ou entre deux plaques de fer. On peut l'employer mêlé avec leurs couleurs, aussi bien que vous vernir après qu'elle sont appliquées. »</i></p>

LACOMBE Jacques, *Encyclopédie méthodique. Arts et Métiers mécaniques*, Tomes 2, 5 et 8, Paris : Panckoucke, 1782-1791.

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Page 10	-	Esprit de vin (une pinte) Mastic en larmes (deux onces) Sandaraque (deux onces) Térébenthine de Venise (un quarteron)	Vernis pour broyer et détremper les couleurs	Mêmes recettes que Watin	« Vernis à détremper. Il y a aussi des vernis qui servent à broyer & à détremper les couleurs. 1°. Vernis à l'esprit-de-vin. Dans une pinte d'esprit-de-vin mettez deux onces de mastic en larmes, & deux onces de sandaraque, quand ces vernis sont fondus, ajoutez y un quarteron de térébenthine de Venise, faites bouillir le tout quelques bouillons, & passez à travers un linge. Il faut avoir soin que les couleurs soient bien broyées ; on les détrempe ensuite avec ce vernis, à fur & à mesure qu'on en a besoin, d'autant qu'elles sèchent très-promptement. »
Vernis 2 Page 10	-	Mastic en larmes (4 onces) Térébenthine (1/2 livre) Essence (une pinte)	Vernis pour broyer et détremper les couleurs	Mêmes recettes que Watin	« 2°. Vernis blanc à l'essence. Mettez quatre onces de mastic en larmes & une demi-livre de térébenthine dans une pinte d'essence ; faites fondre le tout, & passez. Ce vernis est gras, il a de l'odeur ; il est moins prompt à sécher que celui à l'esprit-de-vin, mais il s'emploie plus aisément, & a plus de qualité. Il faut broyer les couleurs à l'huile, & on les détrempe peu-à-peu avec ce vernis. »
Vernis 3 Page 10	-	Essence (1 pinte) Térébenthine pise (1/2 livre) Galipot (1/2 livre)		Mêmes recettes que Watin	« 3°. Vernis de Hollande. Ce vernis, qu'on tiroit autrefois de Hollande, est composé d'une pinte d'essence, dans laquelle on fait fondre une demi-livre de térébenthine-pise, & autant de galipot, qu'on passe ensuite par un linge fin »

TINGRY Pierre Francois, *Traité théorique et pratique sur l'art de faire et d'appliquer les vernis*, Tome 1, Genève : G. J. Manget, 1803, 326 p.

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Page 159	Huile de noix ou de lin préparée	Galipot ou encens blanc nouveau Mastic Térébenthine de Venise Verre pilé Essence de térébenthine	Vernis « pour broyer les couleurs »	Page 160 « Remarques <i>Les matières broyées de ce vernis qui est à-peu-près semblable à celui de Hollande, se sèchent moins vite) on les détrempe ensuite avec le vernis suivant [...] ».</i>	« Seconde espèce de Vernis du même genre pour broyer les couleurs. N°13 <i>Pren. galipot, ou encens bl. nouv. 4 onc. (122,28 g.) Mastic - - - - - 2 onc. (61,14 gr.) Térébenthine de Venise 6 onc. (183,43 gr.) Verre pilé - - - - - 4 onc. (122,28 gr.) Essence de Térébenthine 32 onc. (978,29 gr.)</i> <i>Lorsque le vernis est fait avec les précautions indiquées, ajoutez l'huile de noix ou de lin préparée 2 onces (61,14 gram.) »</i>
Vernis 2 Page 162	-	Galipot ou encens blanc Verre blanc pilé Térébenthine de Venise Essence de térébenthine	Vernis pour « détremper les couleurs pour les fonds »		« Troisième espèce du même genre. Vernis propre à détremper les couleurs pour les fonds. N°14. <i>Prenez galipot ou encens blanc 12 onc. (366,86 gm.) verre blanc pilé 5 onces (152,85 gm.). térébenthine de Venise 2 onces (61,14 gm.) essence de térébenthine, en poids 32 onc. (978,29 grammes).</i> <i>Faites le Vernis après avoir pilé l'encens blanc avec le verre. »</i>

LIBERT Lambert, *Traité élémentaire et pratique du dessin et de la peinture*, Lille : Blocquel, 1811, 203 p.

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Pages 146-147	Huile de pavot (un quart d'once)	Mastic pulvérisé (une once) Térébenthine de Venise (une once) Sel de Saturne	« Vernis propre à peindre et à retoucher les Tableaux. »	« <i>Ce vernis se place sur la palette, en consistance des couleurs ordinaires, il est siccatif au degré de l'huile de pavot avec laquelle on le délaie à volonté, soit pour le mêler aux couleurs et les rendre plus transparentes, plus ductiles et plus adhérentes sur les fonds ; soit surtout pour en frotter les parties du tableaux sur lesquelles nous voudrions glacer ou empâter les couleurs [...] Mr Brouillot, peintre et inspecteur de la galerie de Dusseldorf, ayant bien voulu me communiquer celui-ci, je n'ai cessé d'en faire un usage proportionné aux circonstances ; le trouvant du plus grand secours pour la transparence des couleurs, la légèreté et la promptitude de l'exécution. »</i>	« <i>Vernis propre à peindre et à retoucher les Tableaux.</i> <i>Dissolvez sur cendres chaudes ou au bain-marie, une once de mastic pulvérisé avec autant de térébenthine de Venise ; broyez à l'huile de pavot sur la glace du sel de saturne de la grosseur d'un haricot ; mêlez-le au mastic, lorsqu'il sera dissout dans la térébenthine ; ajoutez-y environ un quart d'once d'huile de pavot : mêlez et incorporez la matière ; jetez-la dans l'eau froide, où elle surnagera ; laissez l'y 24 heures, et broyez-là, en y ajoutant de l'huile de pavot, si elle se trouve trop épaisse ; conservez-la dans un petit pot couvert d'eau, ou renfermez la dans une vessie. »</i>

PAILLOT DE MONTABERT Jacques Nicolas, *Traité complet de la peinture*, Tome 9, Paris : Bossange père, 1829, 720 p.

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Pages 68-70	Huile de noix (huit onces)	Litharge (deux onces) Cire blanche (en morceaux) Blanc de plomb (en poudre) Vernis à l'essence	« vernis à retoucher »	Dans le chapitre « vernis à retoucher » « On peut en mêler dans ses couleurs, ou en frotter sur l'endroit que l'on veut peindre »	« Depuis Van-Eyck, on n'a cessé, ainsi que je l'ai dit, de suppléer à ce qui manque à la peinture à huile, en ajoutant aux couleurs des mixtures composées de résines, de cire, etc. Mais c'est surtout depuis la fin du dix-huitième siècle, époque où les peintres de grands sujets pensèrent à quitter la manière froide et monotone des coloristes précédents, qu'on fit usage de ces ressources et qu'on se servit d'un vernis particulier pour retoucher les peintures et aviver les embus. On appela cette mixture vernis à retoucher. Voici une des premières recettes employées à Rome, dès ce tems, et répandues ensuite dans toute l'Europe : elle date de 1792. « Huile de noix, huit onces. – Litharge, deux onces ; blanc de plomb en poudre, une demi-once ; et cire blanche en morceaux. On met sur un bain de sable, dans un matras, l'huile et la litharge ; le degré du feu doit être capable de la faire bouillir doucement : on la remue de tems en tems, pour que rien de s'attache au fond du vase. Au bout de cinq ou six heures, lorsque l'huile commence à s'épaissir, on y ajoute le blanc de plomb, et on continue toujours de remuer jusqu'à ce que l'huile ait acquis la viscosité d'un sirop : le tems de cette opération varie suivant le degré de chaleur, etc. ; mais l'on peut dire que plus on y emploie de tems avec un feu modéré, meilleure est la composition. Lorsque l'huile a acquis la viscosité d'un sirop, on y ajoute de la cire blanche coupée par petits morceaux ; on reconnaît qu'on y en a mis assez, lorsque prenant avec un couteau un peu de cette huile, on en met sur la palette et qu'elle se manie comme du beurre, sans couler. On la laisse encore quelque tems sur le feu, pour que la litharge et le blanc de plomb se précipitent bien au fond ; ensuite on la verse doucement sur un marbre, on la broie avec la mollette, puis on la met dans un vase qui puisse fermer, et on la garde sous l'eau qu'on renouvelle de tems en tems. Pour s'en servir, on la mêle avec du vernis à l'essence ; ce qui, au lieu de la faire couler, lui donne la consistance d'une gelée. Si la composition est trop ancienne, et par conséquent trop visqueuse, on y ajoute un peu d'huile pour lui rendre le degré de liquidité convenable. Si la composition est trop fluide, les glacis que l'on fait avec s'emboivent ; et si elle est trop visqueuse, on a de la peine à s'en servir. Cette composition sert à glacer les clairs : elle ne jaunit pas sensiblement ; au contraire, elle blanchit à l'air au commencement. On peut en mêler dans ses couleurs, ou en frotter sur l'endroit que l'on veut peindre ; on prévient alors les embus. Pour les ombres, il faut prendre de l'huile grasse ordinaire bien siccative, la mêler avec du vernis à l'essence, moitié par moitié : le vernis donne à l'huile la consistance d'une gelée. Au bout d'un jour ou deux, lorsque le mélange a acquis de la solidité, on met de l'eau par-dessus pour le conserver. On les mêle quelquefois toutes les deux ensemble : par exemple lorsqu'on peint avec de la laque et du cinabre, qui sont sujets à couler, la cire qui est dans la première empêche ces couleurs de couler. – Il est bon que la composition soit préparée avec le vernis un ou deux jours d'avance ; elle en est plus brillante, et prend moins vite, ce qui donne le tems nécessaire pour retoucher les ombres. » »
Vernis 2	Huile de pavot (une pinte)	Mastic Essence de térébenthine		Dans chapitre « vernis à retoucher »	« Une autre recette plus moderne a été fournie par un peintre flamand. « Dissolvez, au bain-marie, du mastic dans l'essence de térébenthine. Broyez à sec, et le plus fin possible, du sel de saturne (acétite de plomb) : versez dans un vase une pinte d'huile de pavot et deux pintes d'eau claire ; jetez-y de la craie et du sable : faites bouillir cette huile pendant plusieurs heures sur un feu doux ; ajoutez-y deux fois de l'eau à proportion de ce qu'elle se trouvera

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Pages 70-71		Sel de Saturne Eau claire (deux pintes) Craie Sable			<i>diminuée, et remuez de tems en tems la matière. Exposez ensuite cette huile dans de l'eau, au soleil, pendant trois mois, au fort de l'été. La veille du jour que vous voudrez employer le vernis, vous délaïerez sur la palette un peu de sel de saturne avec l'huile blanchie, dont vous augmenterez le volume, en y ajoutant deux fois autant de mastic préparé. Cette composition ressemblera à la neige, surtout pour la consistance : si la quantité de sel de saturne est bien proportionnée, vous trouverez le lendemain un peu d'eau détachée autour de la masse ; le défaut de sel de saturne empêcherait trop long-tems le vernis de sécher ; s'il s'y trouvait trop abondant, il sécherait trop vite et jaunirait ensuite. Pour mieux d'assurer de la proportion, on pourrait, la veille, détacher une petite partie de la masse en l'étendant avec le doigt : par ce moyen on reconnaîtra le lendemain si elle se trouve plus collante que le reste de la masse ; si elle commençait déjà à sécher, on y ajouterait une partie égale d'huile et de mastic, et on broierait l'ensemble avec le contenu sur la palette. » Aucune de ces recettes n'est bien entendue. La présence de la cire me paraît d'abord funeste, et j'ai fréquemment remarqué que son association avec l'huile faisait extrêmement jaunir les couleurs. Quant à l'emploi de l'essence de térébenthine, je la crois dangereuse, en ce qu'elle doit jaunir, étant ainsi retenue et résinifiée sous la pellicule huileuse de ce vernis cireux, très-prompt à se sécher. Le mastic n'est point non plus la résine qui, combinée avec l'huile, puisse jaunir le moins. »</i>
Vernis 3 Page 410	Huile de pavot (deux cuillerées)	Élémi (une cuillerée) Huile d'aspic	« c'est avec cette liqueur bien mélangée que vous broierez vos couleurs. »		« Voici la méthode qu'il faut suivre pour préparer le gluten de cette peinture. Ayez une petite cuiller-poche à manche, de la capacité d'un petit verre à liqueur ; puisez avec cette poche, deux cuillerées d'huile de pavot ordinaire, et versez-les dans le vase destiné à contenir votre liquide ; puisez ensuite, avec la même poche, une cuillerée d'élémi dissoute dans de l'huile d'aspic. Répétez cette opération proportionnelle jusqu'à ce que vous ayez dans votre vase la quantité de liqueur que vous désirez ; par ce moyen, vous aurez exactement deux tiers d'huile fixe et un tiers d'huile volatile chargée de résine : c'est avec cette liqueur bien mélangée que vous broierez vos couleurs. »
Vernis 4 Page 410	Huile de pavot (deux cuillerées)	Copal (une cuillerée), huile d'aspic		Alternative de la recette 3	« Pour avoir le mélange au copal, procédez de la même manière ; puisez la troisième cuillerée dans le copal liquéfié par l'huile volatile. Quand à l'huile volatile de cire, lente à s'évaporer, il faut en avoir de toute préparée, c'est-à-dire chargée de résine, soit copal, soit élémi ; soit copal et élémi mêlés ensemble. »
Vernis 5 Page 410	-	Résine élémi Huile d'aspic		Alternative de la recette 3	« On peut, pour simplifier l'opération, employer seulement la résine-élémi fondue dans l'huile d'aspic ; puis ajouter sur la palette, avec le pinceau, soit un peu d'huile volatile lente à sécher, soit du copal fondu et liquide, selon que l'on en aura besoin. »

Remarques générales

Page 395 : « Ainsi on peint avec des vernis gras, c'est-à-dire, composés d'huile et de résines : on peint au vernis à l'essence, tel est celui qu'on appelle vernis à tableau : on peint au vernis à l'esprit-de-vin, tel est celui qu'on applique sur les lambris, sur les boiseries, etc. : on peint enfin avec le naphte liquide, avec la térébenthine, le copahu, etc. ... Les peintres emploient assez indifféremment, selon leurs besoins, les uns ou les autres vernis ; mais l'artiste qui pousse plus loin ses études et ses recherches trouve que le choix de ces vernis est d'une bien grande importance. »

Page 396

« Les peintres emploient beaucoup aujourd'hui les vernis à huile-résine pour les mélanger avec les couleurs, lorsqu'il s'agit d'ornez de peintures les vases de tôle, les équipages, etc. »

MERIMEE Jacques François Léonor, *De la peinture à l'huile ou des procédés matériels employés dans ce genre de peinture depuis Hubert et Jean Van-Eyck jusqu'à nos jours*, Puteaux : EREC, 1981, 323 p.

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 1 Pages 65-67	Huile de lin ou huile de noix (2 parties)	Litharge broyée (1 partie) Cire blanche (un dixième) Vernis au mastic (pour la délayer)	« Vernis des italiens »	En note : « l'huile de noix se colore moins, dans cette opération, que l'huile de lin » lors de la première opération de chauffage. « huile emplastique que l'on prépare en Italie, de temps immémorial, et qui a la double propriété d'être très siccativ et d'arrêter la tendance à couler des glacis les plus liquides. » Dans le chapitre « Vernis que l'on peut employer en peignant »	« On la prépare en faisant digérer sur un feu doux, une partie de litharge broyée au dernier degré de ténuité, avec deux parties d'huile de lin ou de noix. On a soin de remuer souvent le mélange avec une spatule, afin de faciliter la combinaison. Après plus ou moins de temps, suivant la quantité de matière sur lesquelles on opère, l'huile est intimement combinée avec la litharge, au point qu'en en laissant tomber quelques gouttes sur un corps froid, elle se fige aussitôt comme de la graisse fondue. Si cet effet n'a pas lieu, c'est une preuve que l'opération a été arrêtée trop tôt. Il faut alors remettre l'huile sur le feu, et y ajoute au plus un dixième de cire blanche très pure : on le fait d'ailleurs dans tous les cas, pour donner plus de consistance à cette préparation. Lorsque la cire est tout à fait incorporée, on verse l'huile sur une pierre à broyer ; puis à l'aide de quelques coups de molette, on empêche que la partie fluide ne se sépare en refroidissant, et l'on rend ainsi le mélange parfaitement homogène. Pour employer cette huile emplastique, on la délaie dans du vernis au mastic, en broyant ce mélange sur la palette. On en forme ainsi une espèce de pommade qui s'étend avec facilité sous le pinceau, et qui reste sur le tableau comme on l'applique sans couler aucunement : elle est donc très convenable pour les glacis. Le mélange du vernis est nécessaire, parce que, sans cette addition, elle mousserait sous la brosse comme une dissolution de savon, au point qu'on ne pourrait rien discerner tant que les bulles de la mousse n'auraient pas disparu. Cette combinaison d'huile et de litharge est en effet un véritable savon ». « Il est important que la litharge soit pure ; car si elle contenait de l'oxide de cuivre, il serait dissous par l'huile, et lui communiquerait une teinte verdâtre ».
Vernis 2 Pages 67-69	Huile siccativ (autant que de mastic)	Mastic en larmes dissous dans de l'esprit de vin	« Vernis des flamands »	Dans le chapitre « Vernis que l'on peut employer en peignant »	« on fait dissoudre du mastic en larmes dans de l'esprit de vin : cette opération préliminaire a pour objet de séparer de la résine les saletés qui s'y trouvent mêlées. La proportion de l'esprit de vin doit être telle qu'il s'élève au dessus du mastic, d'environ le quart de son volume. La dissolution doit se faire à une très douce chaleur : elle est louche, mais les impuretés ne s'en séparent pas moins et tombent en peu de temps au fond du vase. On accélérerait leur séparation en filtrant à travers un peu de coton. La dissolution étant ainsi séparée de toute saleté, on y ajoute un huitième de cire blanche, et on fait fondre le mélange au bain-marie. Lorsqu'il est fondu, on le verse dans une cuvette remplie d'eau fraîche : alors on le pétrit avec deux petites spatules de bois, en évitant de le toucher avec les doigts, parce qu'ils s'y attacherait comme de la glu, et on aurait beaucoup de peine à s'en débarrasser. Dans cette opération, l'esprit de vin quitte la résine et la cire pour s'unir à l'eau, et la pâte se

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
		Cire blanche (un huitième)			<p><i>raffermit peu à peu, au point qu'après quelques instans on peut la manier avec les mains sans qu'elle s'y colle, pourvu qu'elles soient bien mouillées. On en forme des boules ou des rouleaux, que l'on peut conserver indéfiniment en les tenant à l'abri de la poussière ». « Pour se servir de cette préparation, on en prend une portion, que l'on fait fondre, à une douce chaleur, dans de l'huile blanche siccativ. On met à peu près autant d'huile que de mastic ; mais, pour s'assurer que la proportion est convenable, on prend un peu de cette pâte pendant qu'elle est encore liquide, et on la broie sur la palette : si on ne lui trouve pas le degré de ductilité ou de viscosité que l'on désire, on y ajoute ou de l'huile ou du mastic.</i></p> <p><i>Comme cette préparation contient de l'huile siccativ, il se forme bientôt une pellicule à sa surface : c'est pourquoi il convient de n'en fondre que la quantité que l'on peut employer en peu de jours, et de la conserver sous l'eau.</i></p>
Vernis 3 Pages 69-70	Huile de noix ou de pavot blanchie au soleil (40 grammes)	Vernis au mastic (réalisé avec une part égale d'huile essentielle de térébenthine et de mastic) (40 grammes) Acétate de plomb (5 grammes)	« Vernis des flamands » Autre méthode	Dans le chapitre « Vernis que l'on peut employer en peignant »	<p><i>« On peut aussi combiner le mastic et l'huile de la manière suivante : Quarante grammes de vernis au mastic fait avec parties égales d'huile essentielle de térébenthine et de mastic ; Quarante grammes d'huile de noix ou de pavot blanchie au soleil ; Cinq grammes d'acétate de plomb (sel de Saturne) en poudre.</i></p> <p><i>Après une légère ébullition au bain-marie, on verse ce mélange dans de l'eau pure, et on le bat pendant quelque temps en renouvelant l'eau. Le lavage dans l'eau a pour objet d'enlever la portion non combiné d'acétate de plomb. [...] »</i></p>
Vernis 4 Page 70	Huile blanche siccativ	Mastic	« Vernis des flamands » Autre méthode	Dans le chapitre « Vernis que l'on peut employer en peignant »	<p><i>« Enfin on pourrait également fondre le mastic dans de l'huile siccativ blanche, laisser déposer toutes les parties terreuses, puis décanter et y ajouter un peu de cire ».</i></p>

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
Vernis 5 Pages 70-71	Huile siccativ (c'est-à-dire avec de la litharge)	Vernis au mastic Essence de térébenthine	« Vernis des anglais »	Dans le chapitre « Vernis que l'on peut employer en peignant »	<p>« si l'on mêle avec du vernis au mastic et à l'essence de térébenthine de l'huile siccativ tenant de la litharge en dissolution, le mélange se prend immédiatement en gelée, qui a d'autant plu de consistance que l'huile a dissous plus de litharge, et le vernis plus de résine.</p> <p><i>Cette gelée se maintient sur la palette, comme les couleurs, sans bouger de place. La liquidité de ce vernis le rend particulièrement propre pour les glacis, parce qu'il s'étend sous le pinceau avec une extrême facilité.</i></p> <p><i>Mais au lieu de se servir d'huile moins siccativ noire, il vaut beaucoup mieux d'employer celle qui est préparée sans feu ; il convient aussi que la dissolution de mastic soit très concentrée ; car comme il se trouve une moindre proportion d'huile volatile par rapport à la résine, l'évaporation de cette petite quantité d'huile apporte moins de différence dans la liquidité du vernis : on peut, par conséquent, travailler plus long-temps sans que l'excès de viscosité rende l'exécution plus difficile. »</i></p>
Vernis 6 Pages 71-86	Huile de lin ou de noix (quatre ou cinq parties)	Copal réduit en poudre (une partie)	« Vernis huileux au copal »	*	<p>« Que l'on prenne donc un matras de verre à col très court, et qu'on en remplisse le tiers seulement avec un mélange de cinq parties d'huile de lin ou de noix, et d'une partie de copal réduit en poudre impalpable.</p> <p><i>Pour manier commodément le matras et l'approcher du feu sans courir aucun risque, on l'attache par le col au bout d'un bâton terminé en fourche, au milieu de laquelle on le fixe solidement avec du fil de fer[...] on tient le matras au dessus d'un fourneau rempli de charbons ardents. Lorsque l'huile a acquis une chaleur supérieure à celle de l'eau bouillante, on voit que le copal se gonfler et arriver à la surface du liquide. La température s'élevant progressivement, le volume de la résine augmente, et des vapeurs commencent à sortir du col du matras ... l'huile de tuméfie comme le lait au moment de l'ébullition... C'est à ce moment là que le copal entre en fusion, l'huile [...] a acquis alors le degré nécessaire pour dissoudre la résine. En imprimant à la masse un petit mouvement de rotation on fait bientôt disparaître les vapeurs blanches, ainsi que l'écume, et le feu qu'on aperçoit au travers du liquide bouillant indique que l'opération est achevée.</i></p> <p><i>Lorsque le copal n'a pas été bien trituré, il reste des grumeaux provenant de quelques grains qui n'ont pu se fondre, à cause de leur grosseur. On peut les dissoudre en prolongeant l'ébullition ; mais le vernisse colore davantage en restant plus long-temps sur le feu.[...] Aussitôt que le copal commence à fondre, il se dégage du col du matras des vapeurs blanches, qui deviennent de plus en plus abondantes. On remue avec une baguette de fer très mince, pour empêcher que la résine fondue ne se boursoufle et ne sorte du vase, et pour accélérer la fusion en renouvelant les surfaces. On reconnaît qu'elle est achevée lorsqu'on ne sent plus de morceaux non dissous, et qu'en retirant la baguette la résine en découle en gouttes, qui se succèdent rapidement et tombent sans former de fils. Alors on verse sur cette matière liquéfiée la proportion convenable d'huile de lin bouillante ; on la verse très lentement, et en remuant, pour l'incorporer au fur et à mesure... . Lorsqu'on a opéré le mélange de l'huile en remuant avec la baguette, on la retire et on laisse tomber sur un morceau de verre une goutte de ce vernis. La parfaite transparence de la goutte indique que l'union des deux matières est intime... Dès qu'on a terminé le mélange de l'huile, il ne reste plus qu'à ajouter de l'essence de térébenthine pour donner au vernis le degré de liquidité convenable. Pour cela, on retire le matras, après avoir couvert son orifice avec un linge, pour</i></p>

Vernis n°	Type d'huile	Substances ajoutées	Résultat	Commentaires	Citation de la recette
					<i>arrêter l'expansion des vapeurs huileuses, dont l'odeur est fort désagréable, et on laisse refroidir la dissolution pendant quelques minutes, afin de ne pas donner lieu à l'inflammation de l'huile volatile. [...] Quant à la proportion de l'huile, on la détermine d'après l'espèce de vernis que l'on veut faire. Quatre ou cinq parties d'huile de lin contre une de résine donneront un vernis que l'on pourra mêler avec les couleurs, et qui les rendra plus onctueuses et plus brillantes sans que leur dessiccation soit plus rapide. Veut-on avoir un vernis plus siccatif, on ne mettra d'abord que deux parties d'huile, le vernis sera visqueux au point de ne pouvoir être employé ; mais avant qu'il soit refroidi, on y ajoutera deux autres parties d'huile siccatif blanche, qu'on fera chauffer au même degré de température avant d'en opérer le mélange ».</i>

* Dans le chapitre « Vernis que l'on peut employer en peignant » : « Ce vernis est très anciennement connu, et probablement il aura été employé par plusieurs peintres italiens. Je présume qu'il l'a été par Frà-Bartolomeo, dont les tableaux sont remarquables par l'éclat de leurs couleurs. La préparation de ce vernis est ainsi décrite dans l'ouvrage déjà cité du moine Théophile ».

Mérimée cite deux recettes de Théophile en latin (puis il donne sa recette, il change notamment les proportions)

1) « Mettez de l'huile de lin dans un petit pot de terre neuf, et ajoutez y de la résine appelée fornix réduite en poudre impalpable. Cette résine ressemble à de l'encens très transparent, mais elle est plus brillante dans sa cassure. Placez le vase sur les charbons ardents, et faites digérer le mélange jusqu'à ce qu'il soit réduit d'un tiers. Prenez bien garde que la matière, en se tuméfiant, ne déborde, et qu'aucune flamme ne s'élève du foyer, car le feu se communiquerait instantanément à l'huile, et on aurait beaucoup de peine à l'éteindre. Toute espèce de peinture enduite de ce vernis devient très brillante et se conserve sans altérations »

2) « Disposez autour d'un brasier trois ou quatre pierres capables de résister à l'action du feu, et sur lesquelles vous placerez un pot de terre commune contenant la résine fornix ci dessus mentionnée, et que les Romains appellent glassa. Couvrez ce pot avec un autre plus petit dont vous percerez le fond ; lutez les deux vases bord à bord, de manière qu'aucune vapeur ne puisse s'échapper entre eux. Ayez une tige de fer recourbée et garnie d'un manche ; avec cette baguette vous remuerez la résine, et vous pourrez reconnaître lorsqu'elle sera fondue. En même temps, faites chauffer, à part, de l'huile de lin, et versez-la peu à peu, bouillante, sur la résine, au moment où elle sera complètement fondue ; ce que vous reconnaîtrez en retirant la tige de fer d'où elle découle en formant un fil. Remuez pour faciliter le mélange, et laissez encore quelque temps le vernis sur le feu. Faites en plusieurs fois l'essai, en laissant tomber quelques gouttes sur du bois ou de la pierre, afin de juger s'il a la consistance convenable. Quant aux proportions à suivre dans cette préparation, la meilleure est une partie de résine et deux d'huile de lin. Enfin, lorsque l'huile vous paraîtra suffisamment cuite, retirez-la du feu et laissez-la refroidir ».

Page 74 : « *On ne sait pas quelle espèce de résine Theophile a désigné par les mots fornix et glassa romana : ni l'un ni l'autre ne se trouvent dans nos glossaires ; mais sous beaucoup de rapports, il n'est point de résine à qui sa description puisse mieux convenir qu'au copal* ».

Pages 75 à 85 « *Le copal ne fond et ne se combine avec l'huile qu'au moment où celle-ci est en ébullition : c'est là le point qu'il faut saisir et ne pas dépasser, si l'on veut obtenir un vernis peu coloré [...]*

Pages 85-86 : « *Quant à la proportion de l'huile, on la détermine d'après l'espèce de vernis que l'on veut faire. Quatre ou cinq parties d'huile de lin contre une de résine donneront un vernis que l'on pourra mêler avec les couleurs, et qui les rendra plus onctueuses et plus brillantes sans que leur dessiccation soit plus rapide.* »

Pages 92-93 : « *Des quatre vernis dont j'ai décrit la préparation, celui du copal me paraît mériter la préférence. Il donne aux couleurs beaucoup de transparence et d'éclat, et quoiqu'il sèche assez lentement pour laisser tout le temps que peut exiger l'exécution la plus soignée, la couleur sèche complètement et acquiert une très grande dureté.*

EN NOTE (même page) : « *ainsi que j'en ai déjà fait l'observation, c'est ce vernis que Prudhon employait dans les dernières années de sa vie. Son tableau représentant un Christ en croix et que possède le Musée est peint avec ce vernis. On pourra dans la suite voir l'effet qu'il aura produit* ».

Remarques générales

Pages 92-93 : « *Des quatre vernis dont j'ai décrit la préparation, celui du copal me paraît mériter la préférence. Il donne aux couleurs beaucoup de transparence et d'éclat, et quoiqu'il sèche assez lentement pour laisser tout le temps que peut exiger l'exécution la plus soignée, la couleur sèche complètement et acquiert une très grande dureté. Il est vrai qu'il ne se maintient pas sur la palette comme les trois autres vernis ; mais on peut l'empêcher de couler, en y mêlant un peu de mastic et de cire, ou du blanc de baleine...*

Au surplus, le choix de ces vernis dépend de leur destination et de l'habitude que chaque peintre peut avoir contractée de travailler avec des couleurs plus ou moins liquides, plus ou moins onctueuses. Veut-on peindre au premier coup sur une surface extrêmement lisse, il faut, pour que la peinture puisse y adhérer, que le vernis dont on enduira cette surface soit extrêmement visqueux ».

Bibliographie

ANONYME (1721). Secrets concernans les Arts et Métiers. Nouvelle édition, revue, corrigée & considérablement augmentée Tome 1, Nancy, Jean de la Rivière.

BERGEON-LANGLE, S. et CURIE, P. (2009). Peinture & dessin: vocabulaire typologique et technique, Éditions du patrimoine.

BOUVIER, P. L. (1827). Manuel des jeunes artistes et amateurs en peinture, Paris, F.G. Levrault.

CHEVREUL, M. E. (1823). Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale, FG Levrault.

CHEVREUL, M. E. (1850). Recherches expérimentales sur la peinture à l'huile, F. Didot frères.

DE MAYERNE, T. (1970). Le manuscrit de Turquet de Mayerne: pictoria, sculptoria & quae subalternarum artium, présenté par Marcel Faidutti et Camille Versini, Lyon, Audin.

DELAMARE, F. et GUINEAU, B. (1999). Les matériaux de la couleur, Gallimard.

DU FRESNOY, C. A. et DE PILES, R. (1668). L'art de peinture de Charles-Alfonse du Fresnoy, traduit en françois avec des remarques par Roger de Piles, chez Arkstée & Merkus; Et se vend a Paris: chez Charles-Antoine Jombert.

DU GREZ, B. D. (1699). Traité sur la peinture: pour en apprendre la teorie & se perfectionner dans la pratique, Toulouse, Vve J. Pech et A. Pech.

EASTLAKE, C. L. (1847). Materials for a history of oil painting.

FÉLIBIEN, A. (1676). Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent, Paris, Jean Baptiste Coignard.

FONTAINE, J. H. D. L. (1679). L'Académie de la Peinture nouvellement mis au jour pour instruire la jeunesse à bien Peindre en huile & en Mignature, Paris, J.-B. Loyson.

JOBIER, P. (1779). Nouveau traité tres-instructif, aux artistes et amateurs du dessein, de la peinture et dorure : avec lequel ils leurs sera facile d'apprendre à copier, à dessiner, à peindre & à dorer d'eux-mêmes en très peu de tems, ils pourront peindre tableau ou ce qu'ils jugeront à propos, tant à l'huile, qu'en vernis, en détrempe, ou couleur liquide, ou en pastel : ledit traité

indique les secrets pour faire toutes les couleurs & vernis concernant lesdits arts : le tout exactement expérimenté, Genève, [Ph. Jobier].

LA HIRE, P. D. (1730). Traité de la pratique de la Peinture. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Depuis 1666. jusqu'à 1699. P. I. C. d. Libraires. 9.

LACOMBE, J. (1782-1791). Encyclopédie méthodique. Arts et Métiers mécaniques 2, Paris, Panckoucke.

LE PILEUR D'APLIGNY, C. L. (1779). Traité Des Couleurs Matérielles, Et de la manière de colorer, relativement aux différens Arts et Métiers, Chez Saugrain & Lamy... et chez Barrois aîné.

LEBRUN, P. (1635). Recueil des Essais des Merveilles de la Peinture. Original treatises, dating from the XIIth to XVIIIth century on the Arts of paintings. M. M. Philadelphia. London, John Murray, Albemarle Street, édité en 1849: 767-841.

LESSING, G. E. (1774). Vom Alter der Oelmalerey aus dem Theopsilus Presbyter, Buchhandlung des Fürstlichen Waysenhauses.

LIBERT, L. (1811). Traité élémentaire et pratique du dessin et de la peinture, Lille, Blocquel.

MAROGER, J. (1986). The Secret Formulas and Techiques of the Masters, Dessain et Tolra, Paris.

MÉRIMÉE, J.-F.-L. et SARSFIELD, T. B. (1839). The art of painting in oil and in fresco: being a history of the various processes and materi als employed, from its discovery, by Hubert and John Van Eyck, to the present time.

MÉRIMÉE, J. F. L. (1830). De la peinture à l'huile ou des procédés matériels employés dans ce genre de peinture depuis Hubert et Jean Van-Eyck jusqu'à nos jours, Huzard.

MERRIFIELD, M. P. (1849). Original Treatises dating from XIIe to XVIIIe centuries on the Arts of Paintings, London, John Murray.

NADOLNY, J., CLARKE, M., HERMENS, E., MASSING, A. et CARLYLE, L. (2013). Art technological source research: documentary sources on European painting to the twentieth century, with appendices I-VII. Conservation of Easel Paintings, Joyce Hill Stoner et Rebecca Rushfield (ed), Routledge Series in Conservation and Museology.

PAILLOT DE MONTABERT, J. N. (1829). Traité complet de la peinture/par M. Paillot de Montabert 9, Bossange père. 93 ; 100.

PANIER, J. (1856). Peinture et fabrication des couleurs ou traité des diverses peintures à l'usage des personnes des deux sexes qui veulent cultiver les artss, Paris, Roret. 144.

PEREGO, F. (2005). Dictionnaire des matériaux du peintre, Belin.

PERNETY, A. J. (1756). Dictionnaire portatif de peinture, sculpture et gravure: avec un traité pratique des différentes manières de peindre dont la théorie est développée dans les articles qui en sont susceptibles. Ouvrage utile aux artistes, aux élèves et aux amateurs, Paris, Bauche.

PETIT, J., ROIRE, J. et VALOT, H. (1999). Encyclopédie de la peinture: formuler, fabriquer, appliquer, EREC.

PETIT, J., ROIRE, J. et VALOT, H. (2006). Des liants et des couleurs: pour servir aux artistes peintres et aux restaurateurs, Puteaux : Erec. 189.

PILES, R. D. (1684). Les premiers éléments de la peinture pratique, Genève, Minkoff Reprints, édition 1973.

PILES, R. D. et JOMBERT, C.-A. (1766). Éléments de peinture pratique. Par M. de Piles, de l'Académie Royale de Peinture & Sculpture. Nouvelle édition entièrement refondue, & augmentée considérablement par Charles-Antoine Jombert, Paris, Charles-Antoine Jombert.

PONS-AUGUSTIN, A. (1768). L'Albert Moderne, ou Nouveaux secrets, éprouvés et licites, recueillis d'après les découvertes les plus récentes, Paris, Veuve Duchesne.

SOEHNÉE, C.-F. (1822). Recherches nouvelles sur les procédés de peinture des anciens, suivies de la traduction des différents fragments de l'ouvrage de Lessing, sur l'antiquité de la peinture à l'huile, par Charles-Frédéric Soehnée, J.-M. Eberhart.

STEVENS, A. (1886). Impressions sur la peinture, Paris : Librairie des Bibliophiles, Paris, Librairie des Bibliophiles. 96.

TAMBRONI, G. et CENNINI, C. (1821). Di Cennino Cennini trattato della pittura, messo in luce la prima volta con annotazioni Rome, Salviucci.

TINGRY, P.-F. (1803). Traité théorique et pratique sur l'art de faire et d'appliquer les vernis : sur les différens genres de peinture par impression et en décoration, ainsi que sur les couleurs simples et composées : accompagné de nouvelles observations sur le Copal, Genève, chez G.J. Manget.

WALTER, P. et CARDINALI, F. (2013). L'art-chimie: enquête dans le laboratoire des artistes.

WATIN, J.-F. (1773). L'art du peintre, doreur, vernisseur : ouvrage utile aux artistes & aux amateurs qui veulent entreprendre de peindre, dorer et vernir toutes sortes de sujets en bâtiments, meubles, bijoux, équipages, etc, Paris, Chez Grangé, Durand neveu, l'Auteur.

WATIN, J.-F. et VERDIER, T. (2005). L'art du peintre, doreur, vernisseur et du fabricant de couleurs, Editions de l'Espérou.

YVEL, C. (1991). Le métier retrouvé des maîtres - La peinture à l'huile, Flammarion / Arts et Métiers Graphiques.

ANNEXE III

Corpus des peintures chancies étudiées

L'annexe 3 répertorie les examens et analyses effectuées sur l'ensemble des œuvres des trois corpus :

- Corpus 1 : sélection initiale
- Corpus 2 : musée Girodet, Montargis
- Corpus 3 : peintures traitées avec le produit développé

L'altération apparaît de manière hétérogène au sein d'une même plage de couleur, quand c'était possible deux prélèvements notés « A/B » sur les figures ont été effectués : un chanci et un non chanci. En revanche, deux points adjacents correspondent à un prélèvement chanci et un régénéré.

1

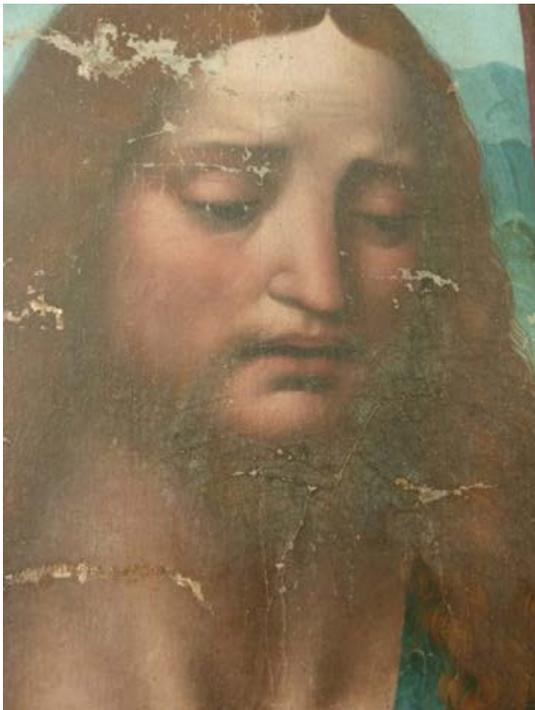
Marco D'Oggiono (ca. 1467-1524), *La cène*, 1506, Musée national de la renaissance, Ecoen, INV 781, F18048, 2600 x 5490 mm², Toile

Chancis de vernis et de couche picturale

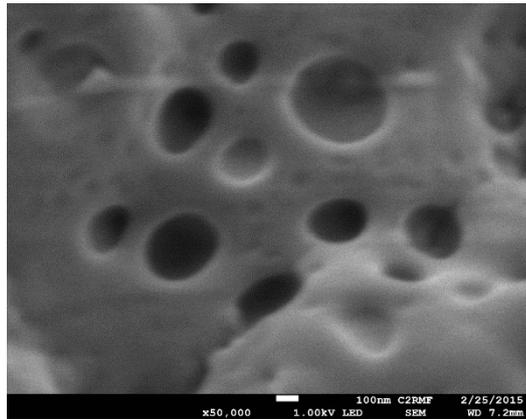
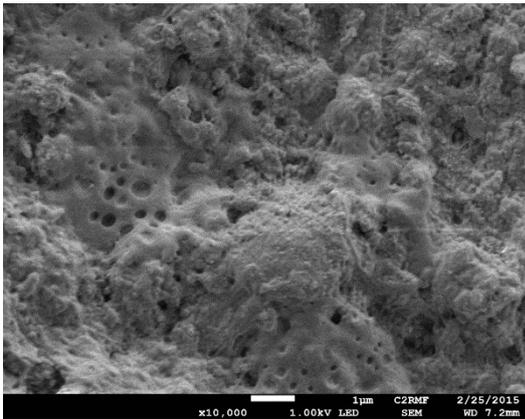
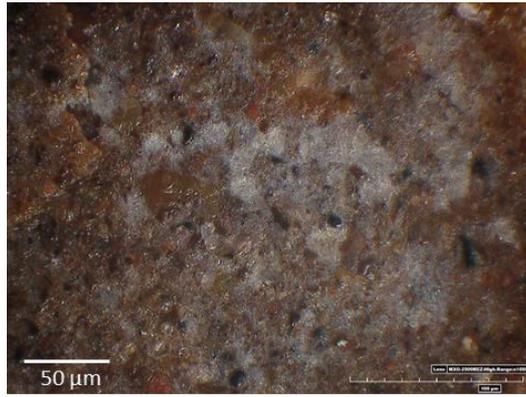
1. Vue générale et localisation des prélèvements



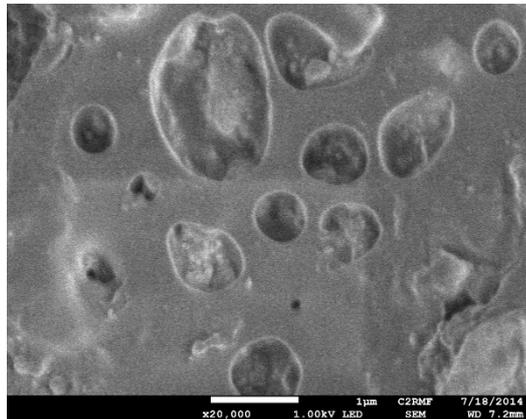
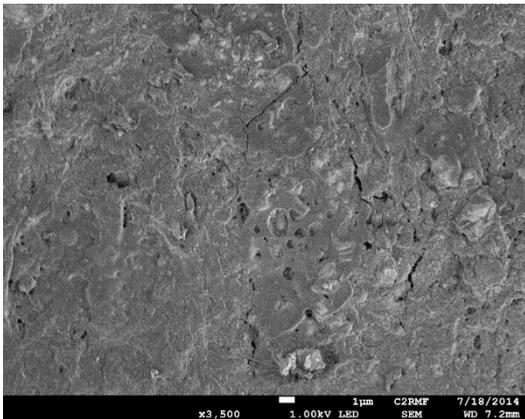
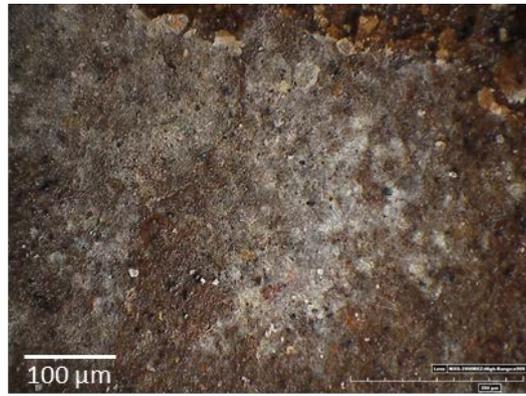
2. Macrophotographies



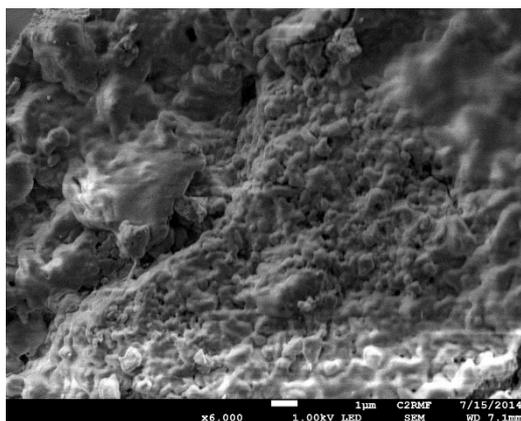
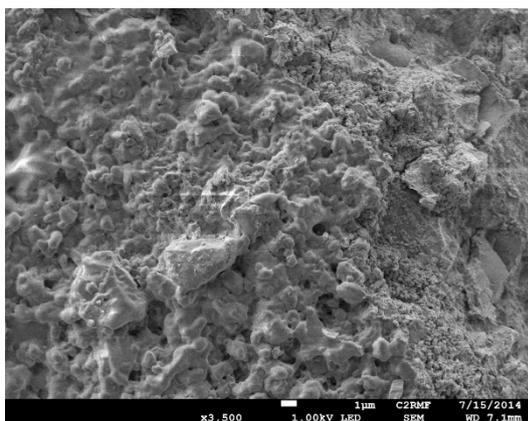
3. Prélèvement 11 : chanci



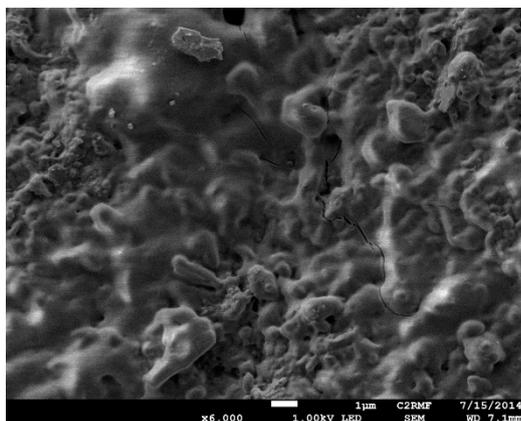
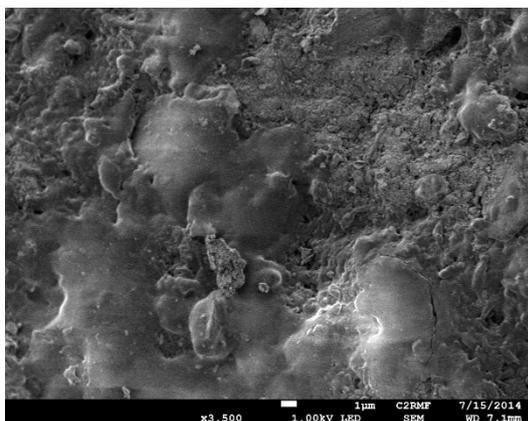
4. Prélèvement 17 : chanci



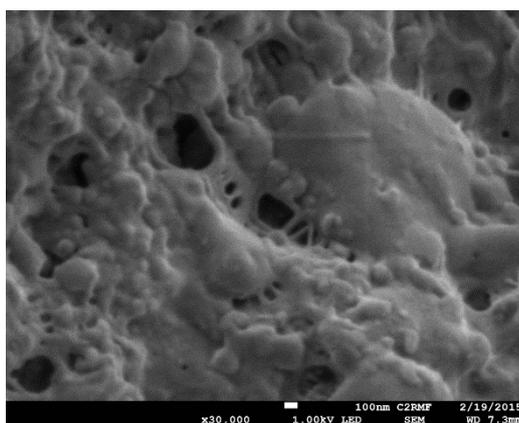
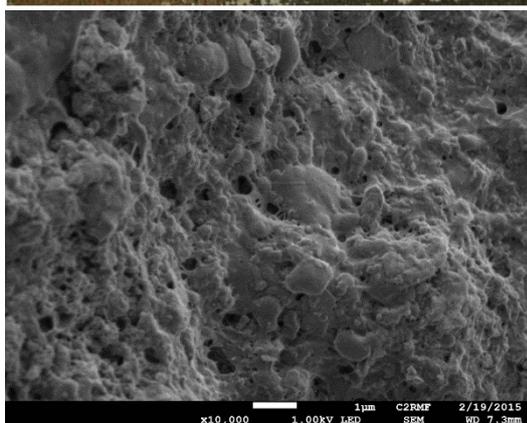
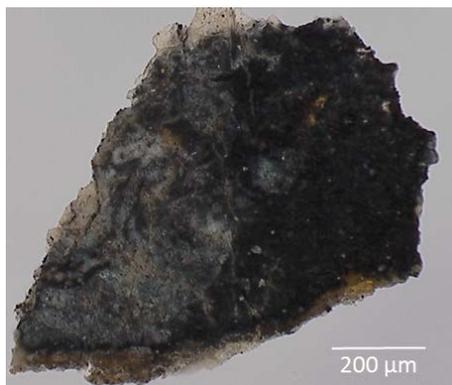
5. Prélèvement 18 : chanci



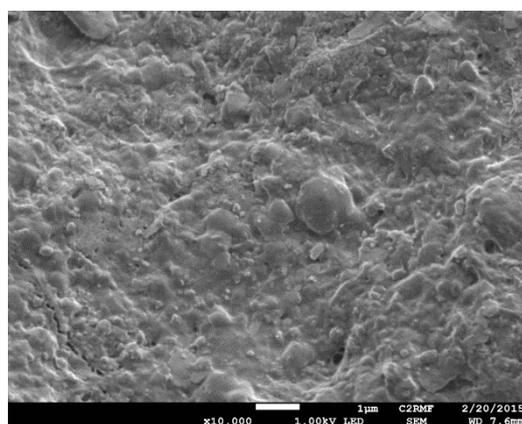
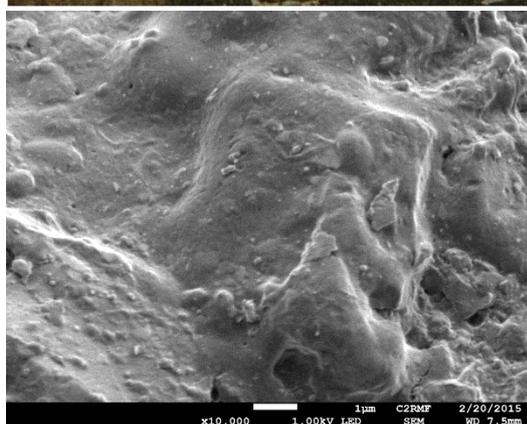
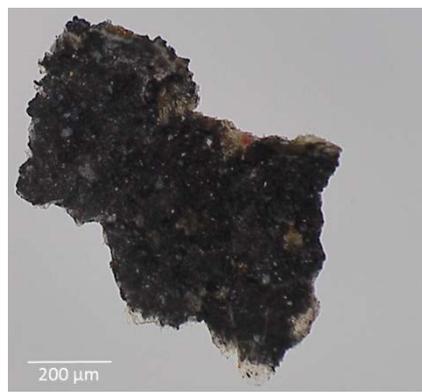
6. Prélèvement 19 : non chanci



7. Prélèvement 21 : chanci



8. Prélèvement 22 : non chanci



2

Léonard de Vinci, *Saint Jean-Baptiste*, Ca 1513-1516, Musée du Louvre, Paris, INV 775/ MR 318, F5961, 690 x 570 mm², Bois

Chancis de vernis

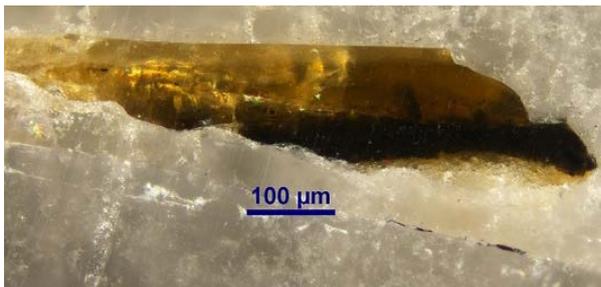
1. Vue générale et localisation des prélèvements



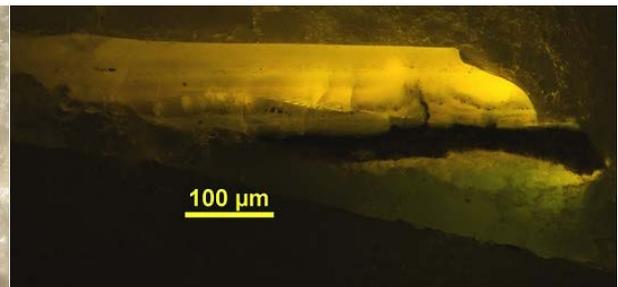
2. Prélèvement 1 : chanci

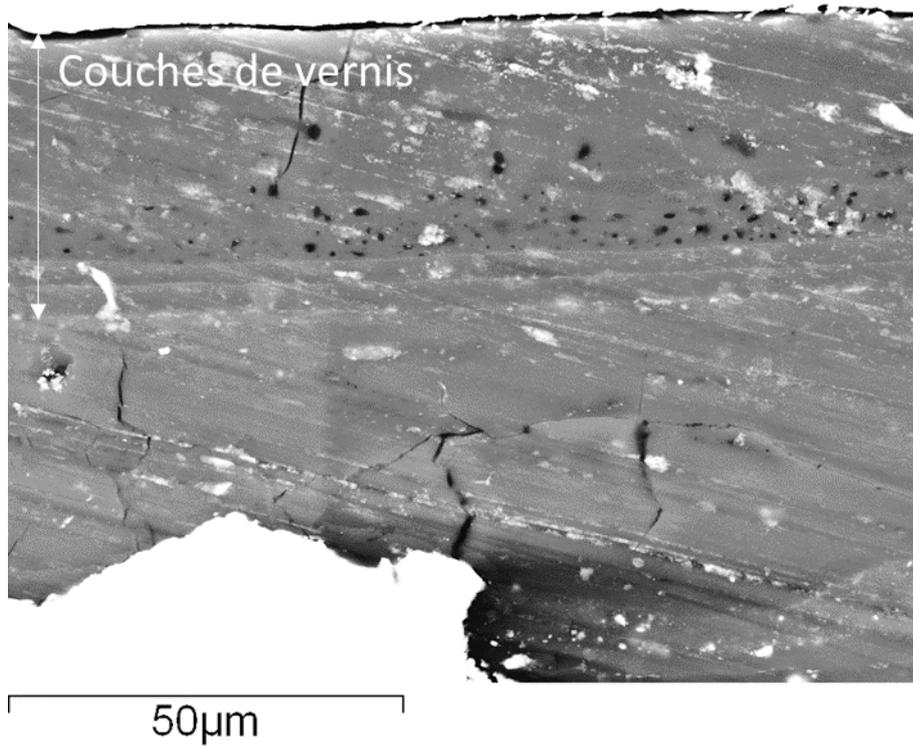
Coupe stratigraphique enrobée dans du bromure de potassium (KBr)

Lumière visible



Filtre B-2A





L'œuvre présente de nombreuses couches de vernis. Les pores sont visibles en noir dans une couche de vernis non superficielle.

3

Anonyme, *Descente de croix*, 1600-1650, Musée des Beaux-Arts, Carcassonne, 890.9.145, C2RMF 71528, 930 x 1190 mm², Bois

Chancis de couche picturale

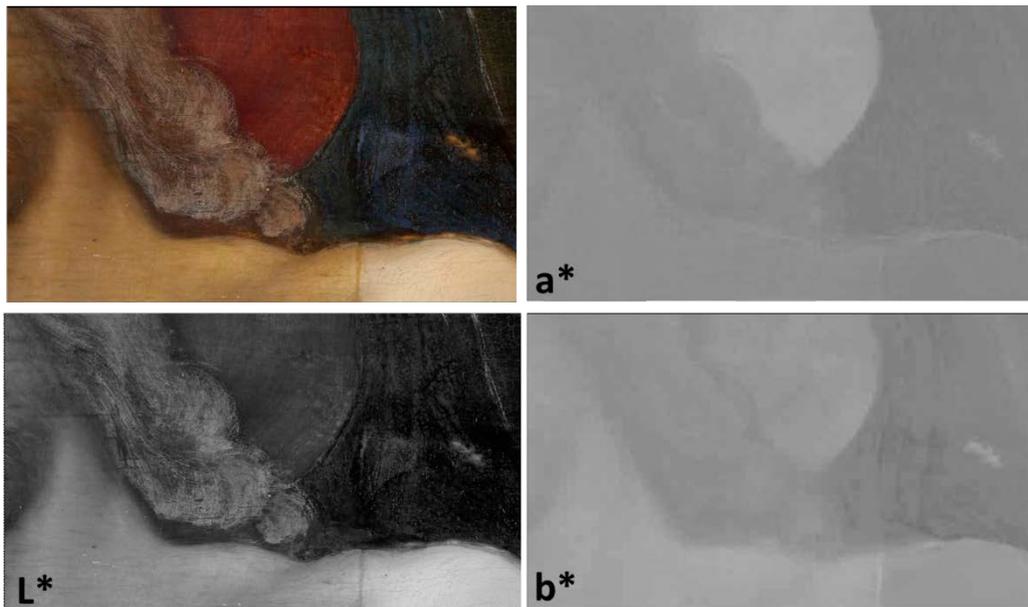
1. Vue générale et localisation des prélèvements



2. Macrophotographies

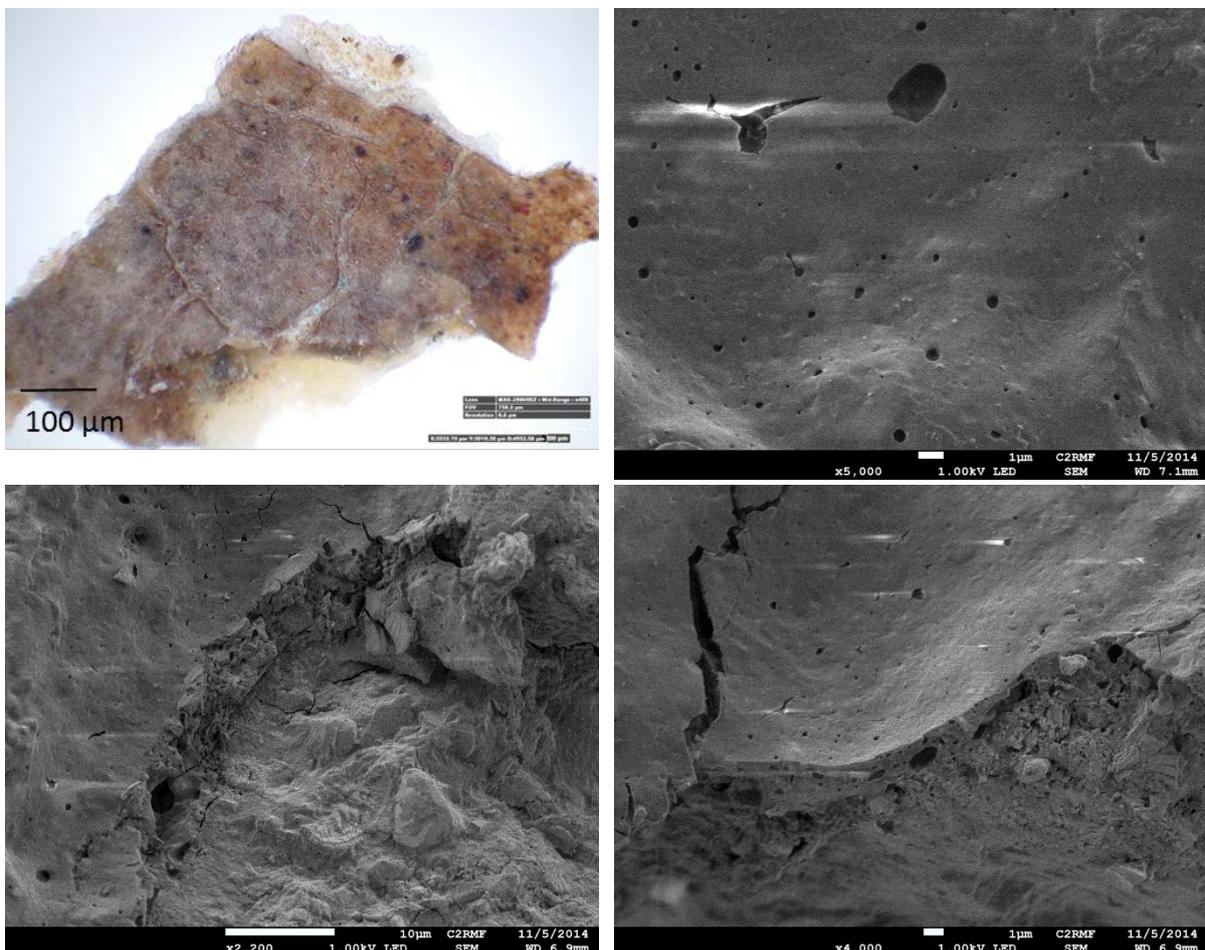


3. Traitement des photographies - décomposition des couches L*a*b*



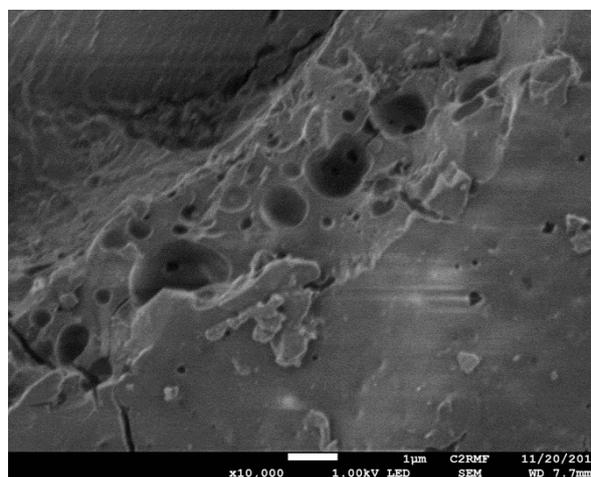
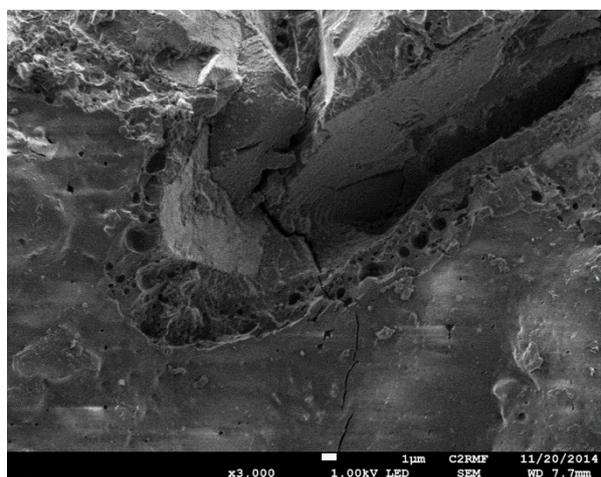
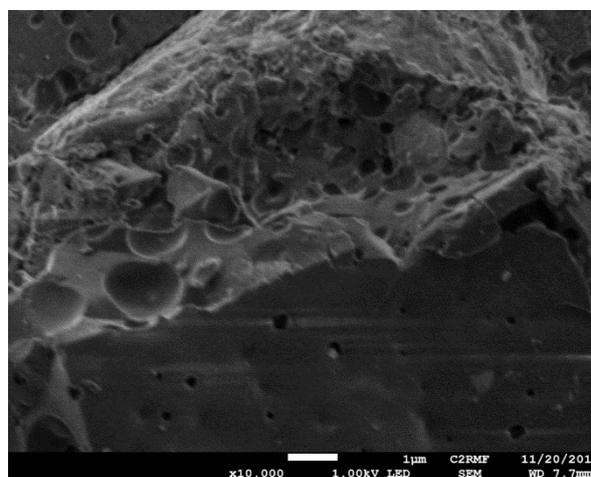
Dans les cheveux, différence de luminance (L*) mais pas de chrominance (a* et b*)

4. Prélèvement 1 : chanci

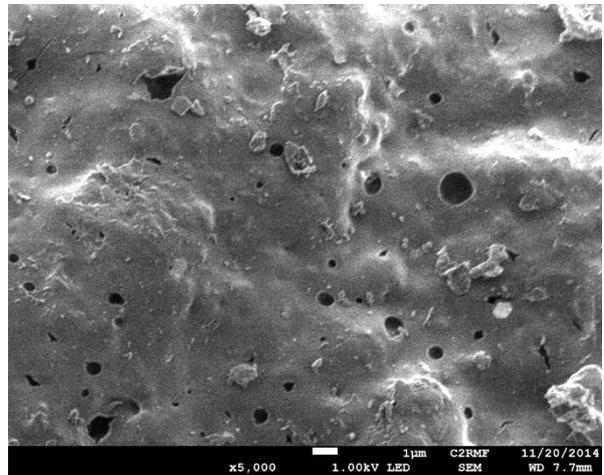
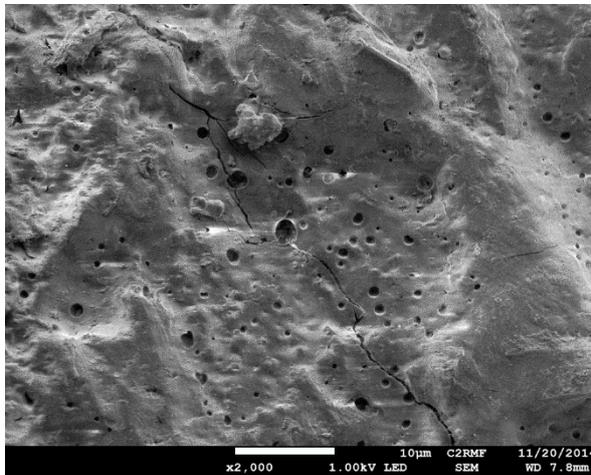
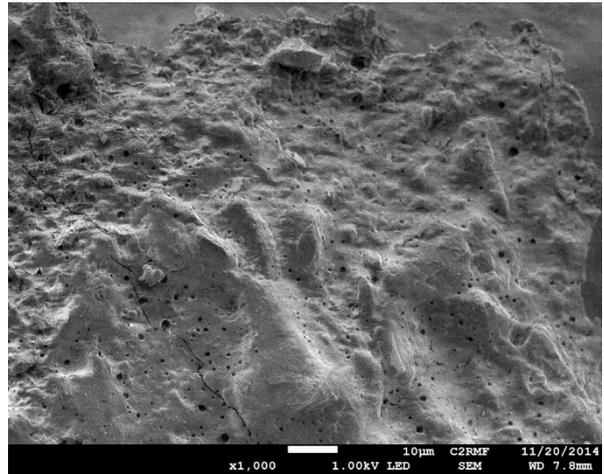




5. Prélèvement 2 : moins chanci



6. Prélèvement 3 : chanci



4

Joachim I von Sandrart (1606-1688), *Sainte famille dans un paysage*, 1606-1688, Musée des Beaux-Arts, Rennes, 801.1.27, C2RMF 72663, 1292 x 1365 mm², Toile

Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements



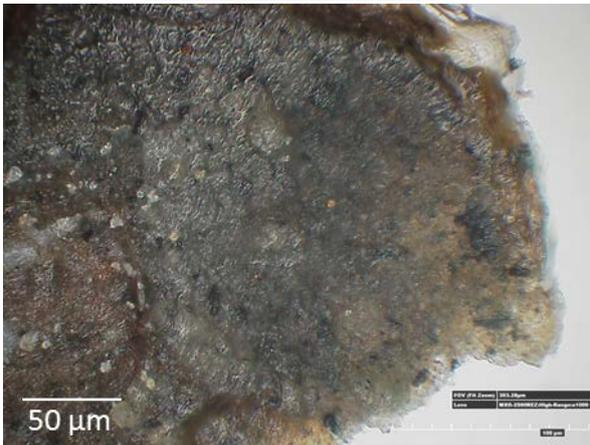
2. Macrophotographies



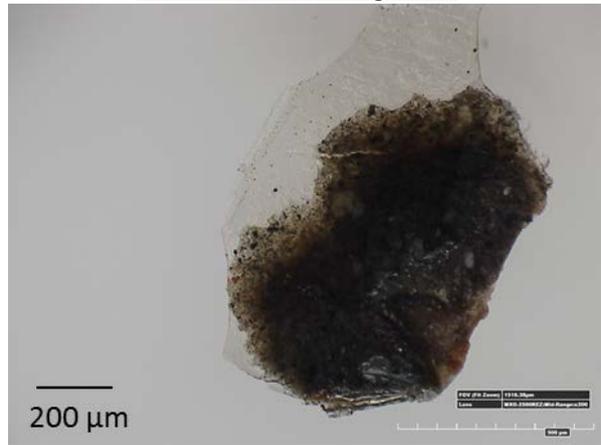


3. Site de prélèvement 1

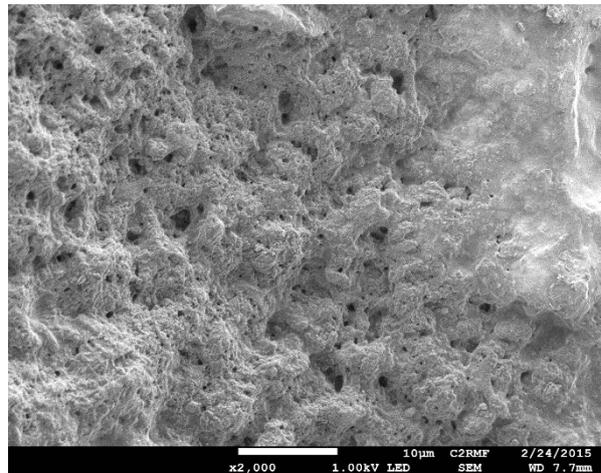
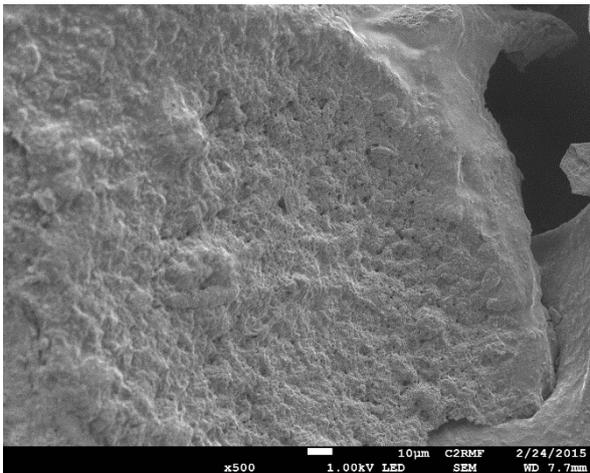
Prélèvement 1 : chanci



Prélèvement 2 : régénéré



Echantillon chanci :

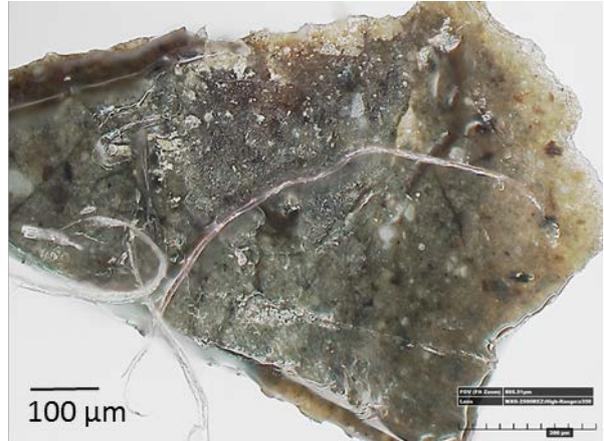


4. Site de prélèvement 2

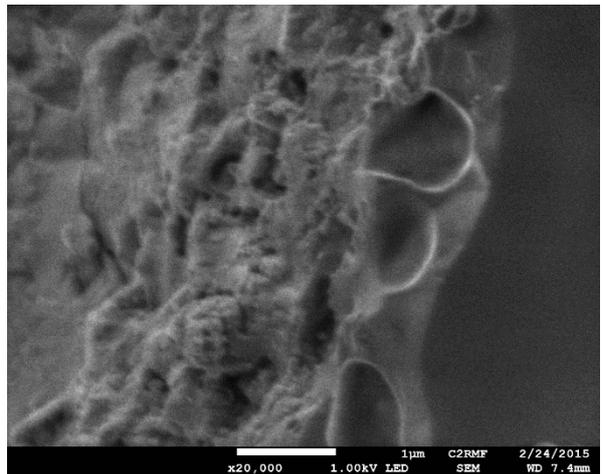
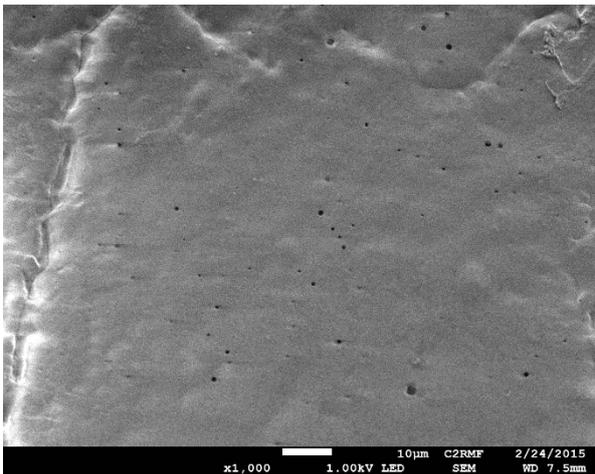
Prélèvement 3 : chanci



Prélèvement 4 : régénéré



Echantillon chanci :

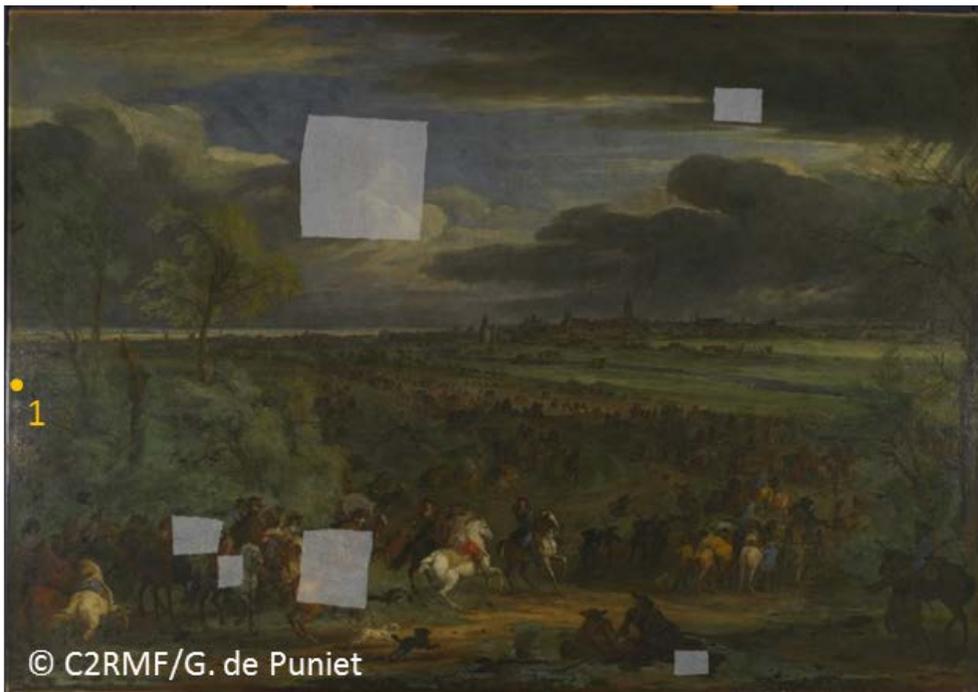


5

Adams Frans van der Meulen (1632-1690), *Siège de Courtrai*, Ca. 1667, Musée National du château de Versailles et du Trianon, MV 5846/ INV 1477/ LP 2836, C2RMF 70244, 2300 x 3260 mm², Toile

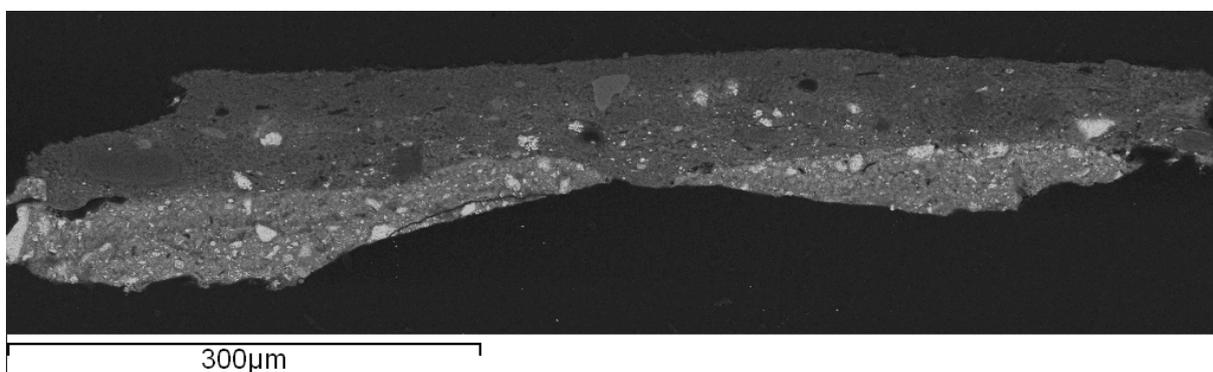
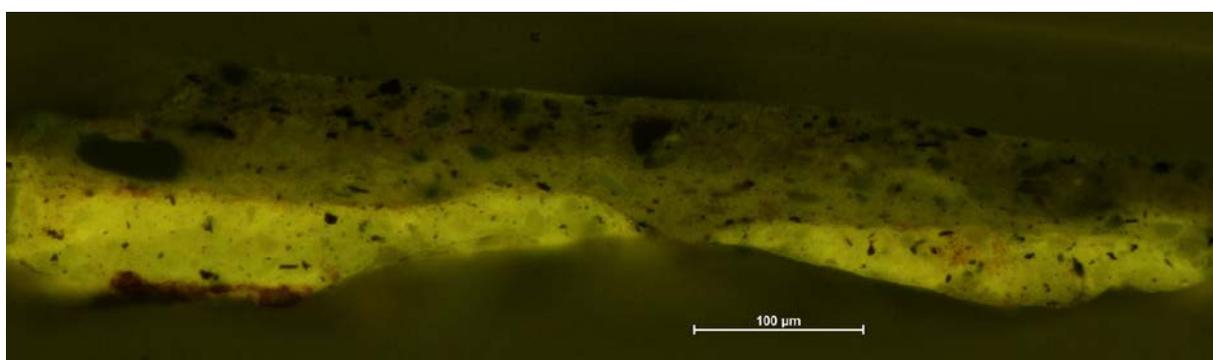
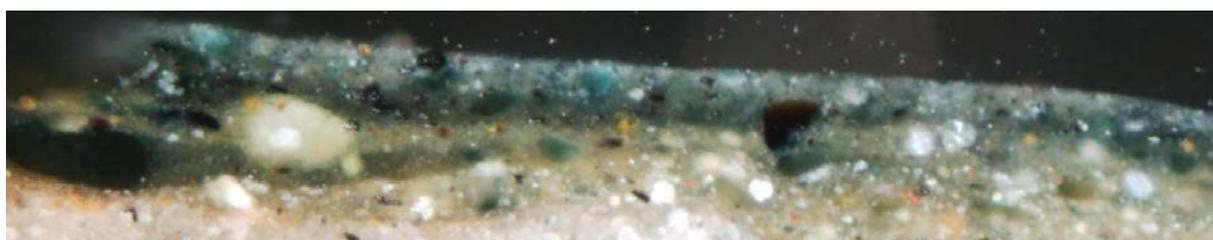
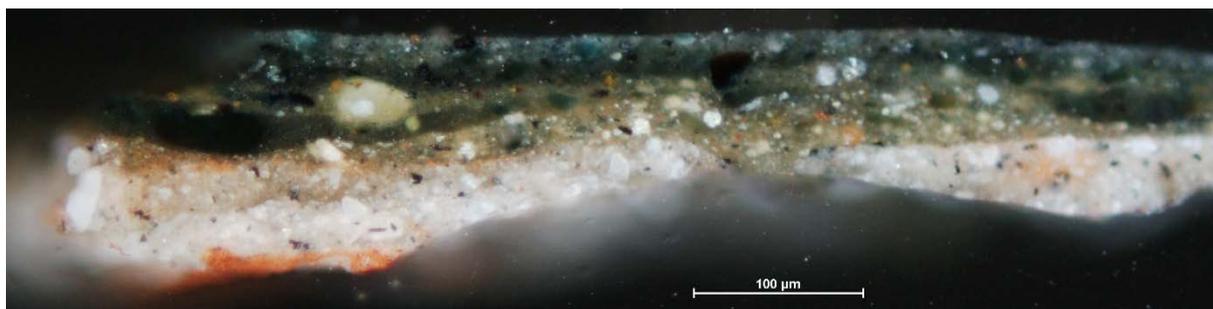
Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements



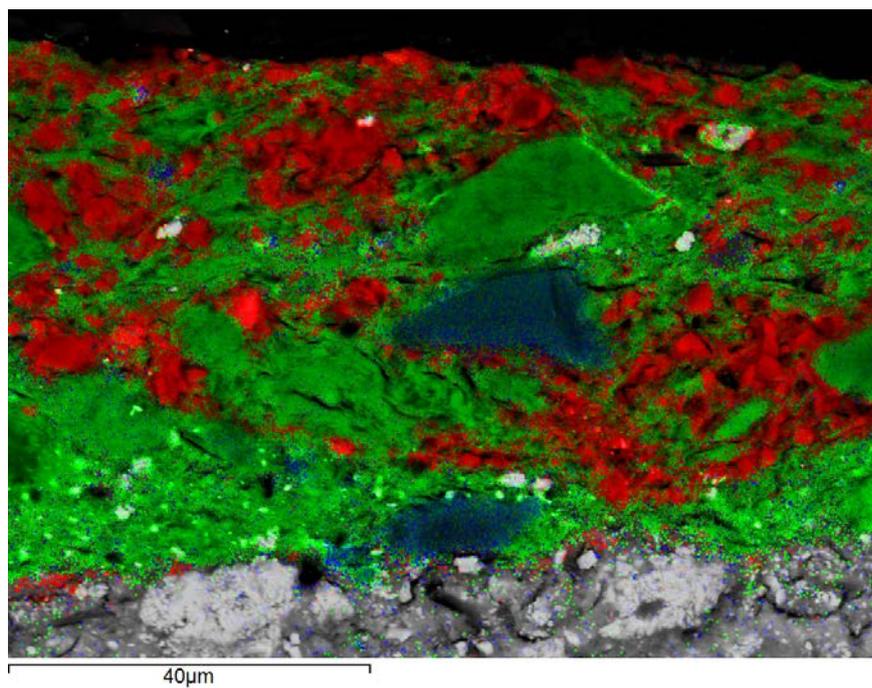
2. Prélèvement 1 : chanci





Toute l'épaisseur de la couche picturale supérieure n'a pas chanci.

Couche riche en carbonate de calcium et en terre verte



Calcium ; Silicium ; Aluminium

6

Johannes van der Bent (*ca.* 1650-1690), *Paysages, figures et animaux*, 1650-1690, Musée des Beaux-Arts, Rennes, 794.1.3, C2RMF 72661, 950 x 1250 mm², Toile

Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements

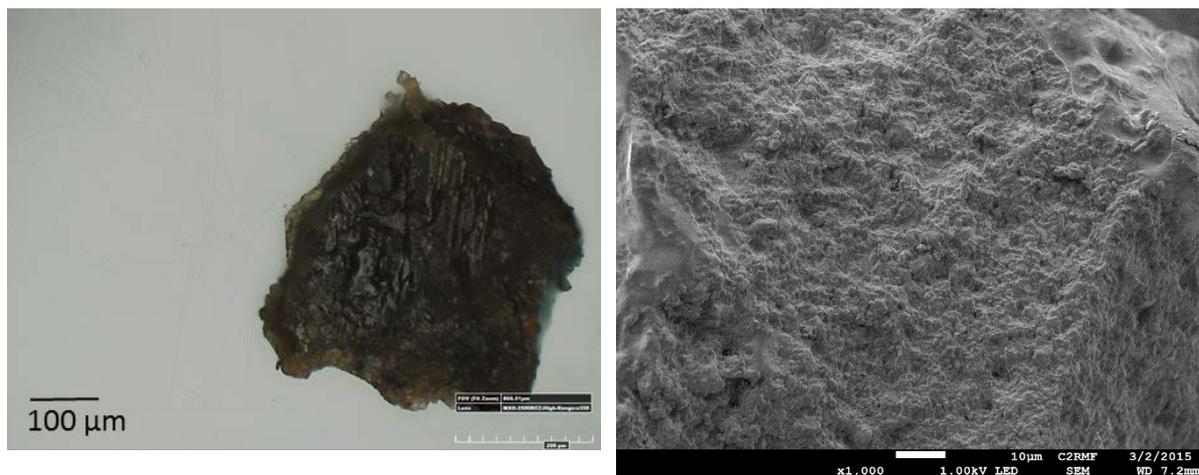


2. Macrophotographie

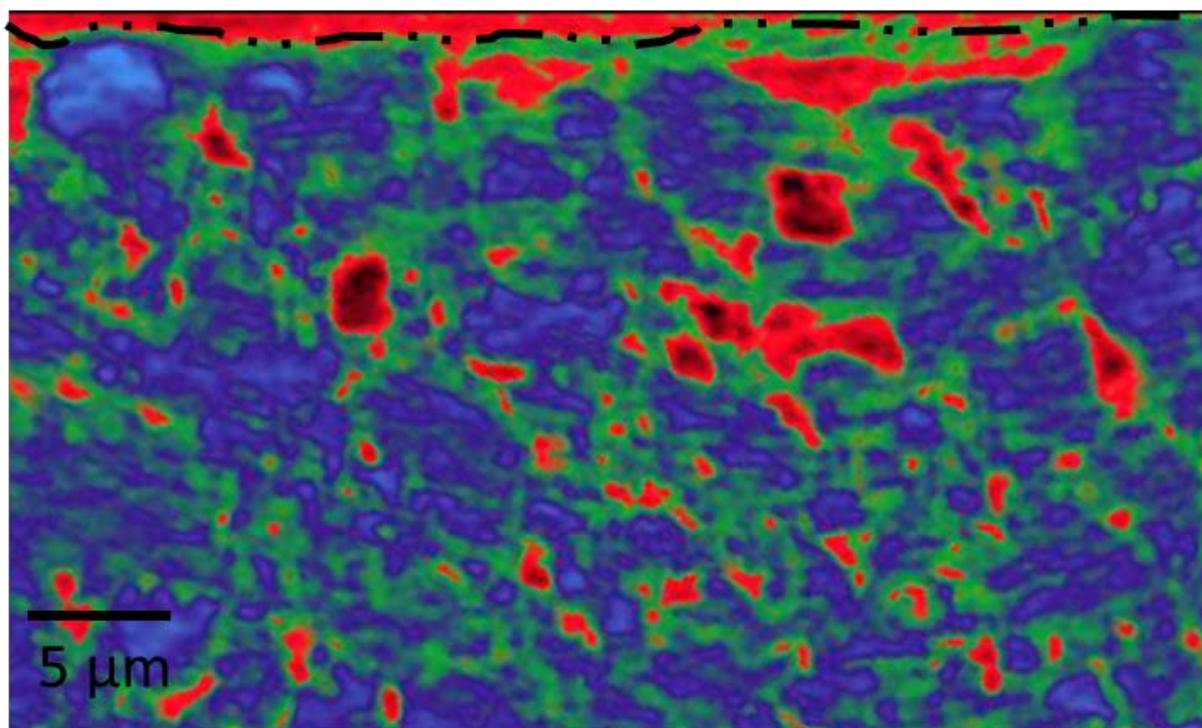
DMSO + acétate d'éthyle 30/70
Vernis Régalez



3. Prélèvement 1 : chanci



Nanotomographie X à contraste de phase

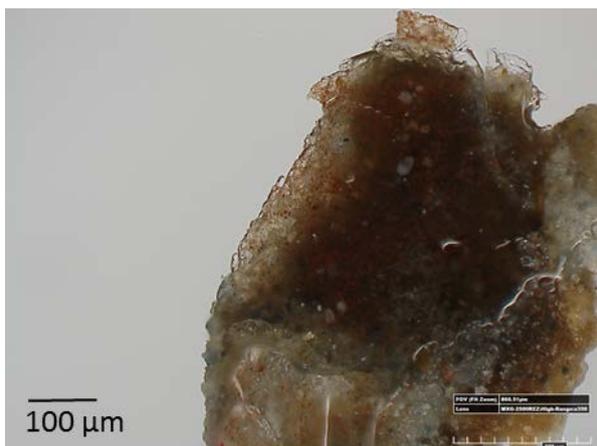


● Pigments

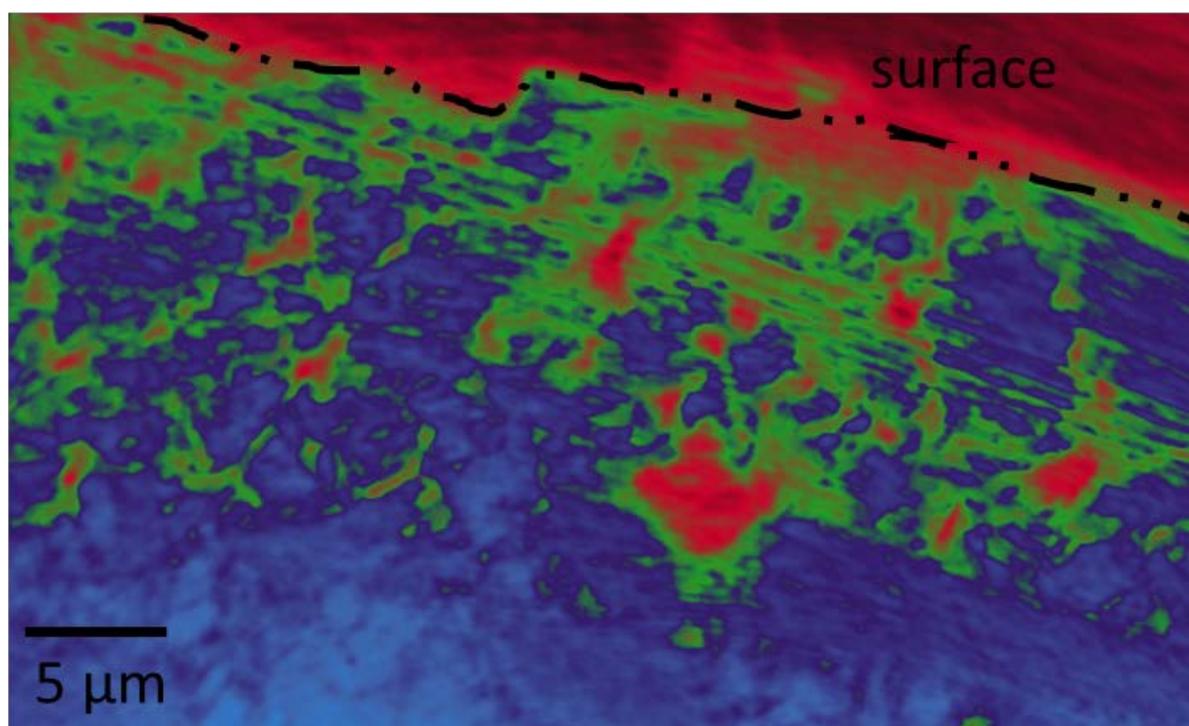
● Liant

● Pores

4. Prélèvement 2 : régénéré



Nanotomographie X à contraste de phase



● Pigments

● Liant

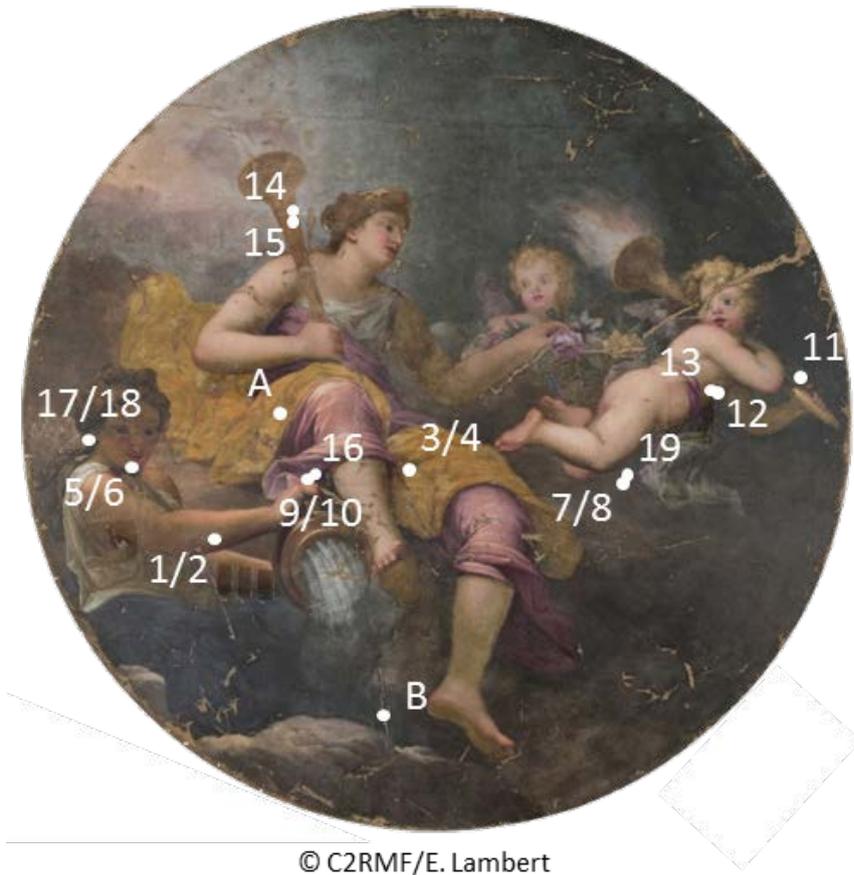
● Pores

7

Anonyme, *L'Aurore*, 1650-1700, Musée du Louvre, Paris, INV 8690, F13848, 1880 mm de diamètre, Toile

Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements



2. Macrophotographies

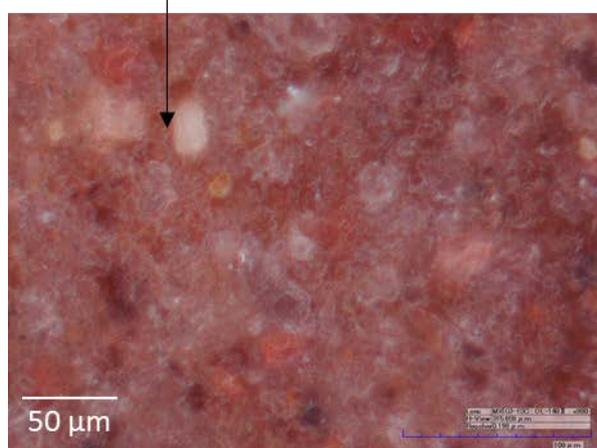
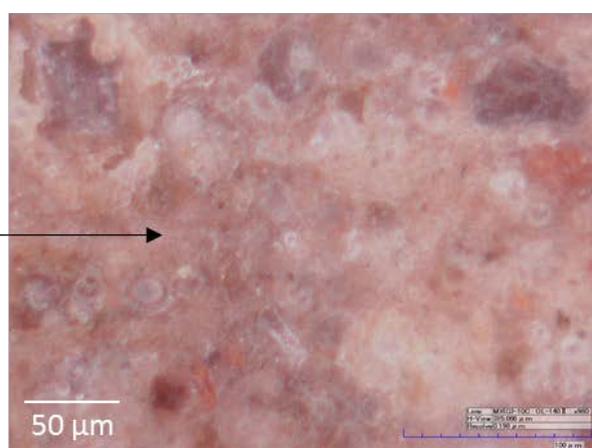
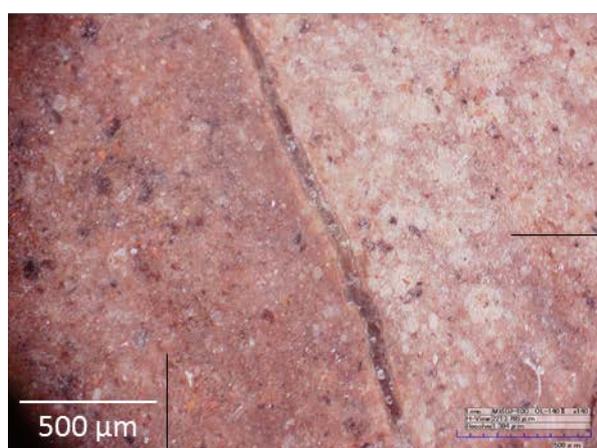
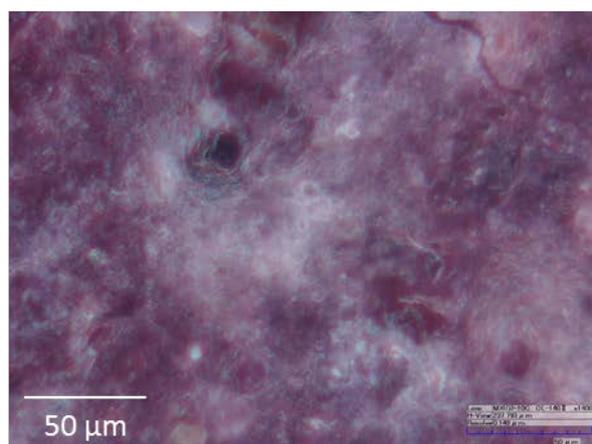
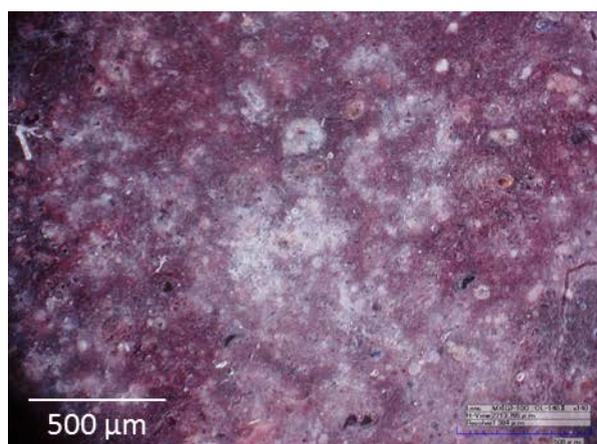




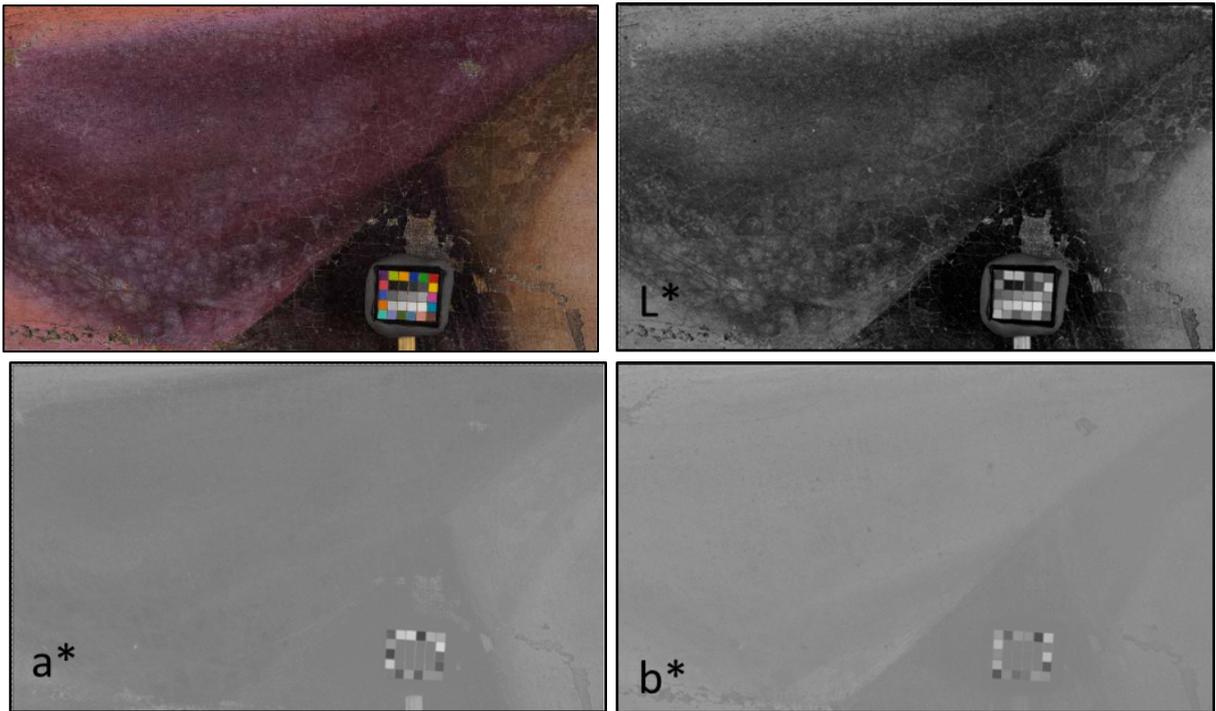
3. Relevé des zones chancies



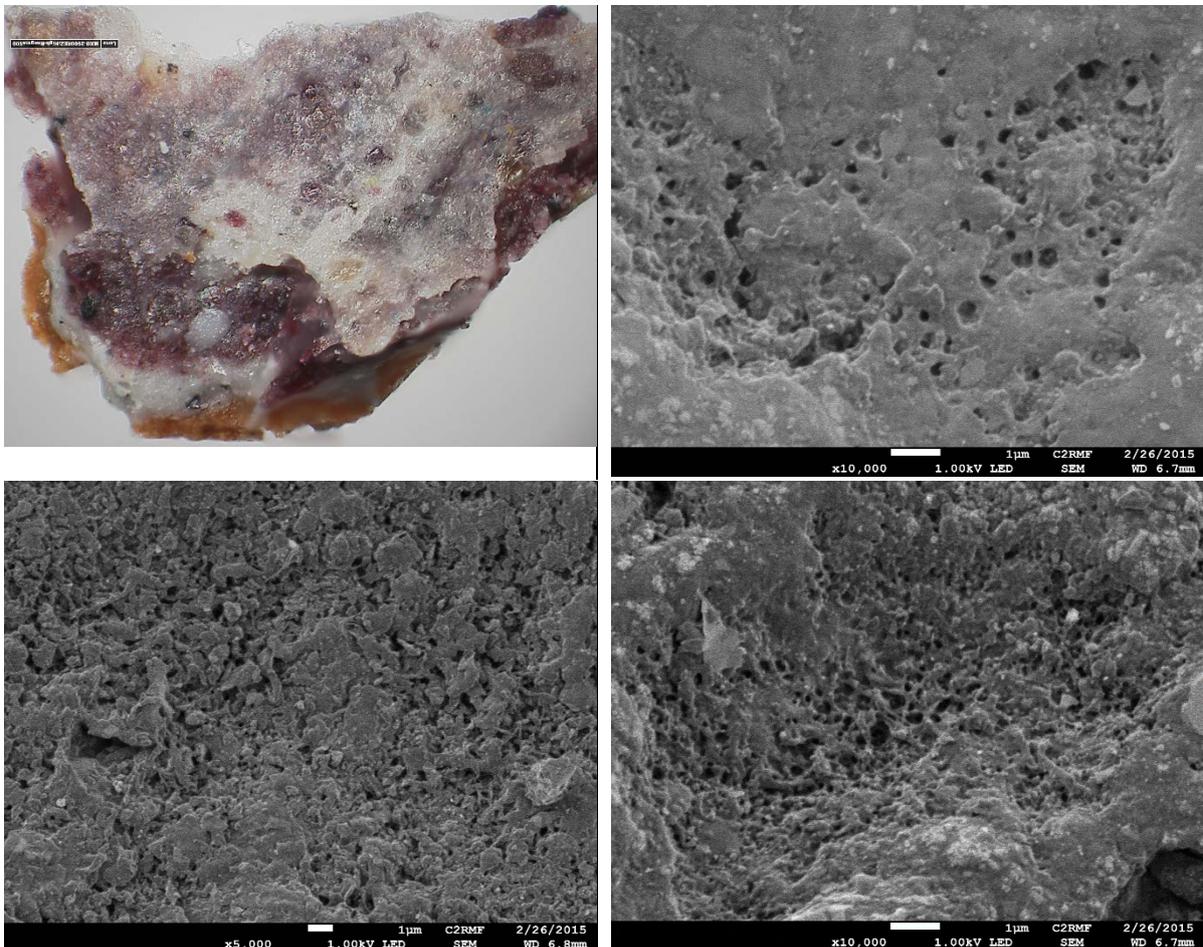
4. Observations au microscope numérique 3D



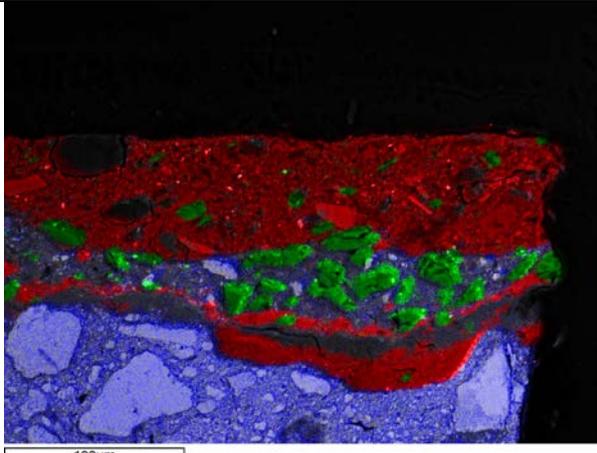
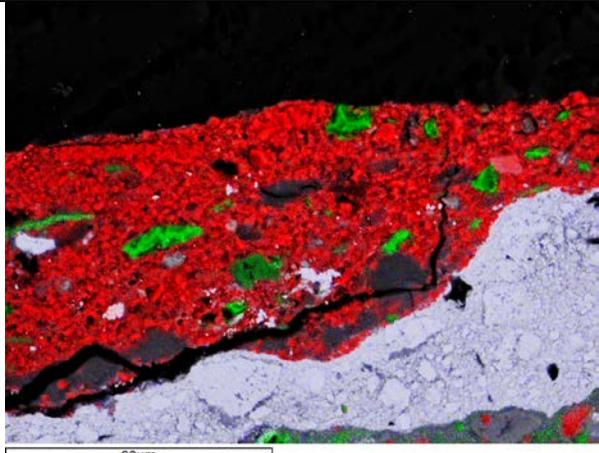
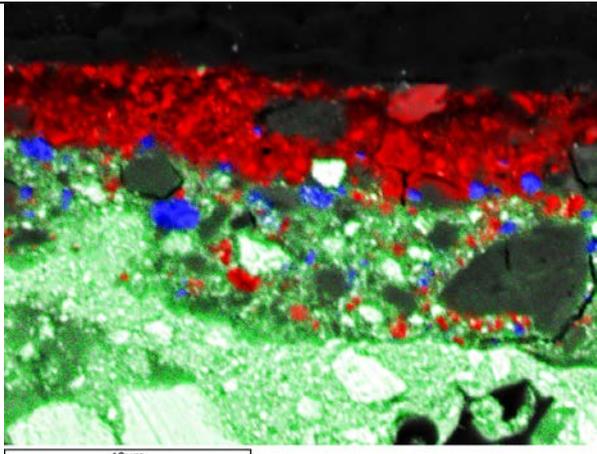
5. Traitement des photographies - décomposition des couches L*a*b*



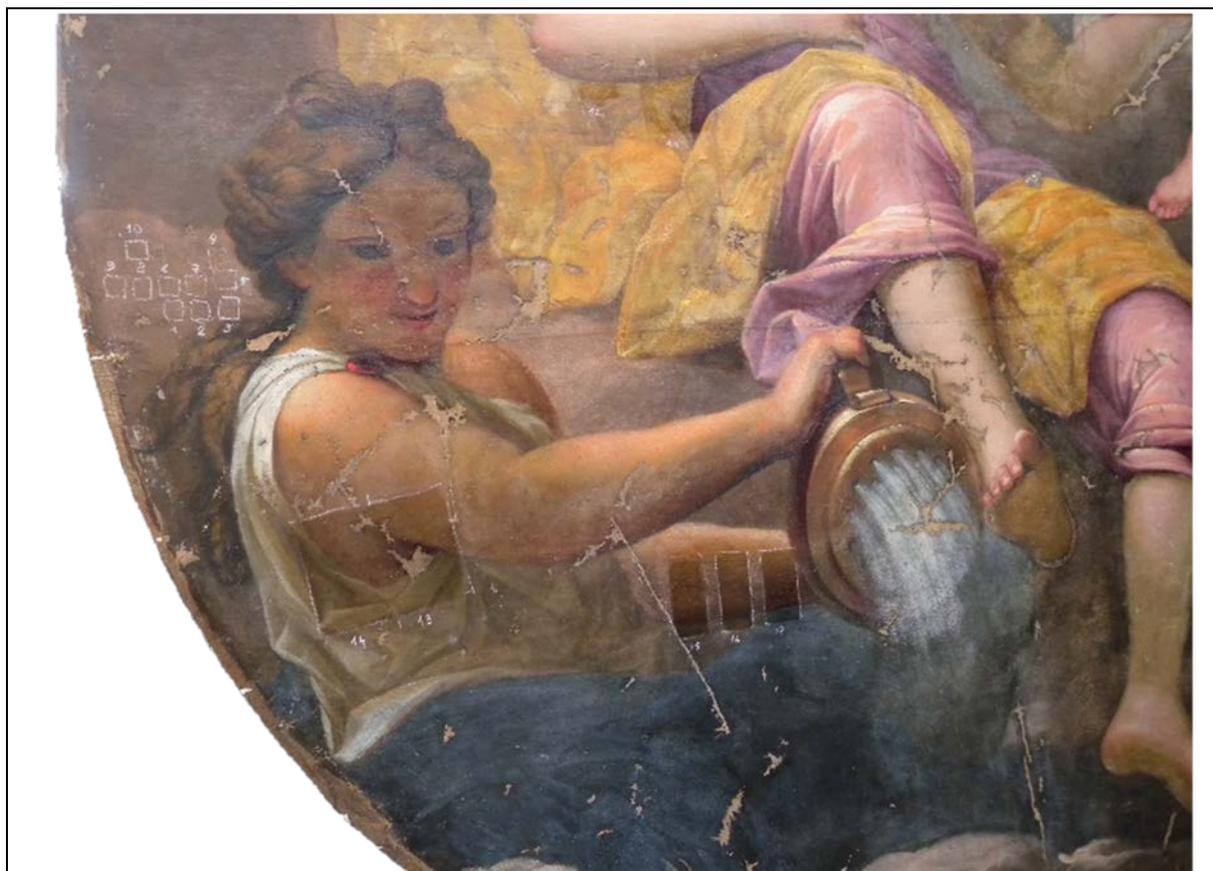
6. Observations au MEB-FEG du prélèvement 16 - chanci



7. Cartographies élémentaires de coupes stratigraphiques

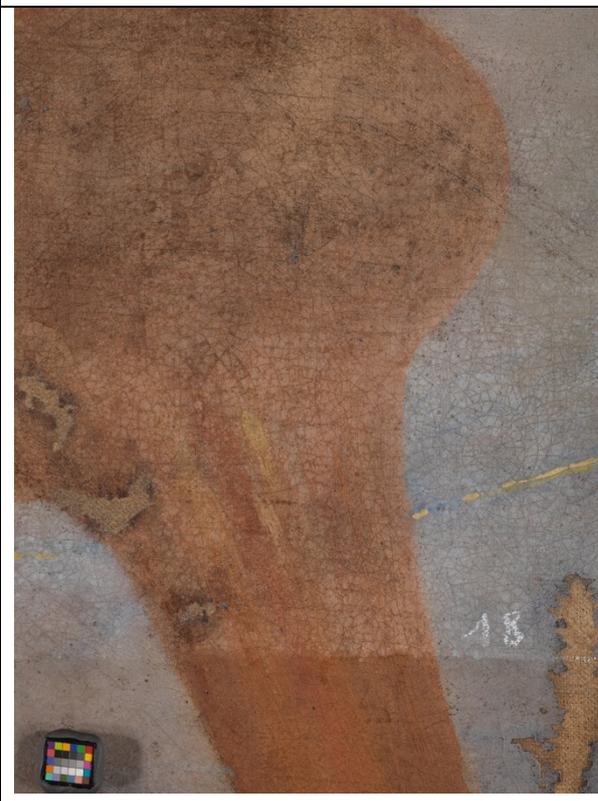
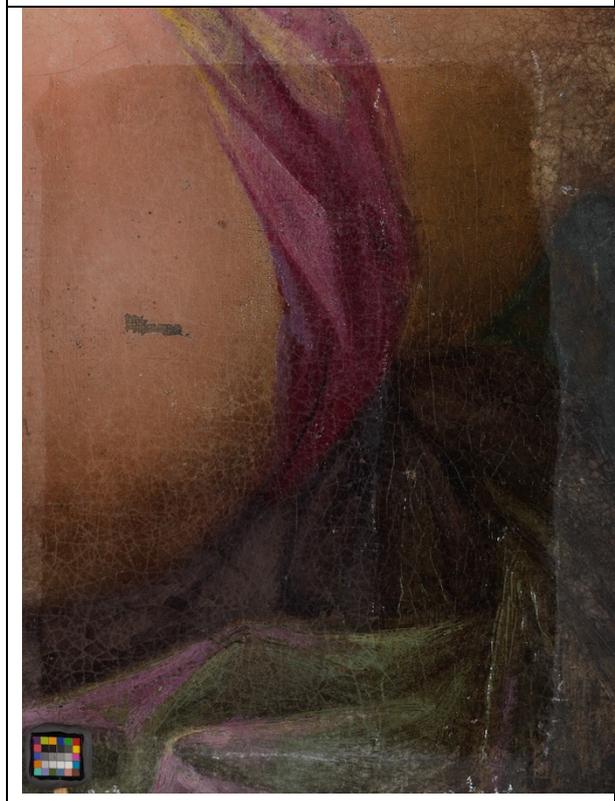
<p>Anonyme, <i>L'Aurore</i>, coupe 17244 Calcium ; Silicium ; Plomb</p>  <p>100µm</p>	<p>Anonyme, <i>L'Aurore</i>, coupe 17206 Calcium ; Silicium ; Plomb</p>  <p>80µm</p>
<p>Anonyme, <i>L'Aurore</i>, coupe 17246 Calcium ; Plomb ; Cuivre</p>  <p>40µm</p>	

8. Macrophotographies des zones régénérées

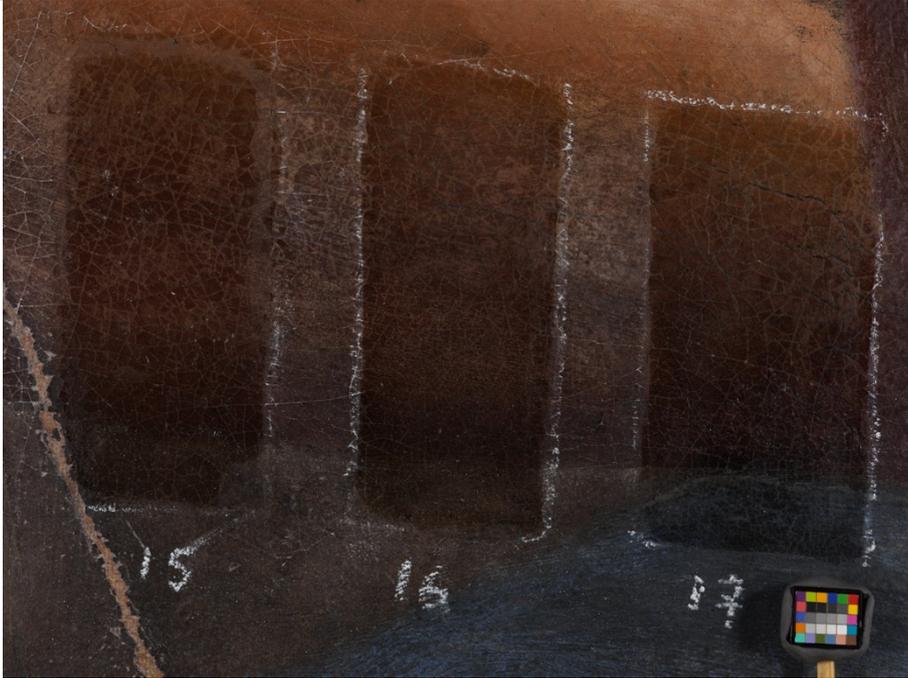


diméthylformamide + vernis dammar

diacétone alcool + vernis dammar



- 15 - diacétone alcool + vernis dammar
16 - diméthylformamide + vernis dammar
17 - huile de romarin + vernis dammar



- 13 - diacétone alcool + vernis dammar
14 - huile de romarin + vernis dammar



Les tests les plus visuellement satisfaisants avec des solvants lourds (DMF/diacétone alcool) n'ont pas été validés par la commission de restauration.

8

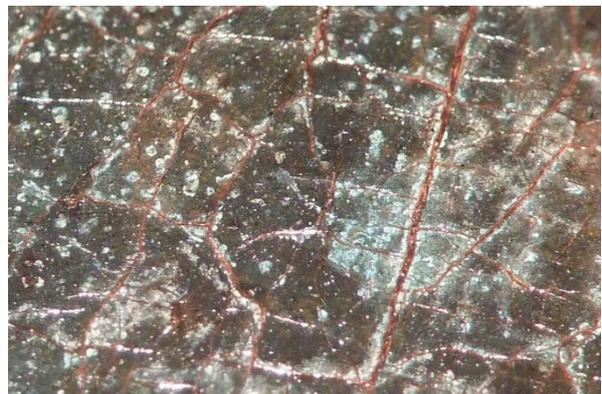
Otto Marseus van Schrieck (1619-1678), *Chardons, écureuils, reptiles et insectes*, Ca. 1660-1678, Musée des Beaux-Arts, Quimper, 873.1.367, F5767, 1355 x 1020 mm², Toile

Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements



2. Macrophotographies



3. Prélèvement 1 : chanci

Zone régénérée auparavant selon le protocole suivant. Le chanci réapparaît, signe que le traitement n'est pas satisfaisant

- application de diméthylformamide
- attente de 24 h
- application d'une couche de Régalez dans du white spirit tous les jours pendant 4 j
- attente de 3 j
- application de vernis Dammar
-

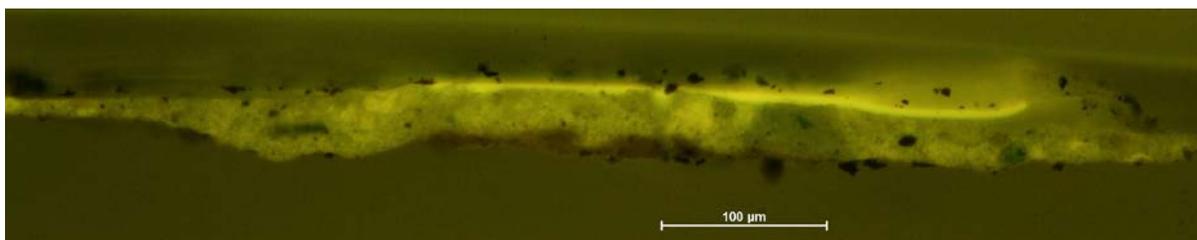
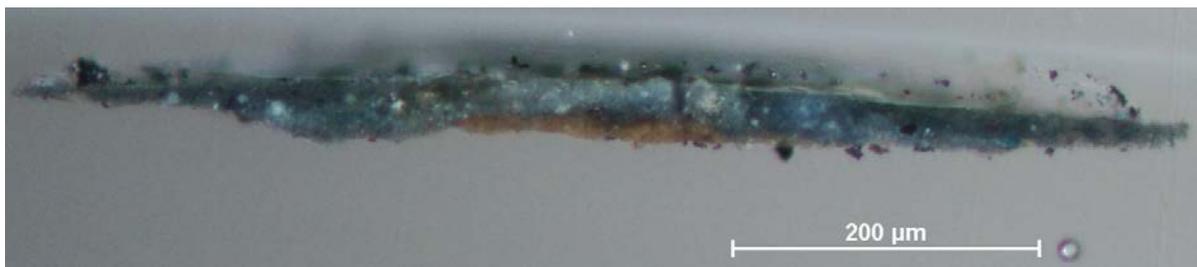
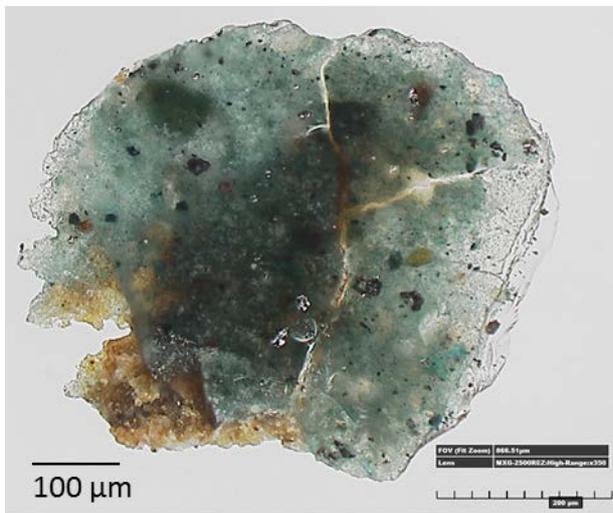


Image au MEB de la coupe stratigraphique

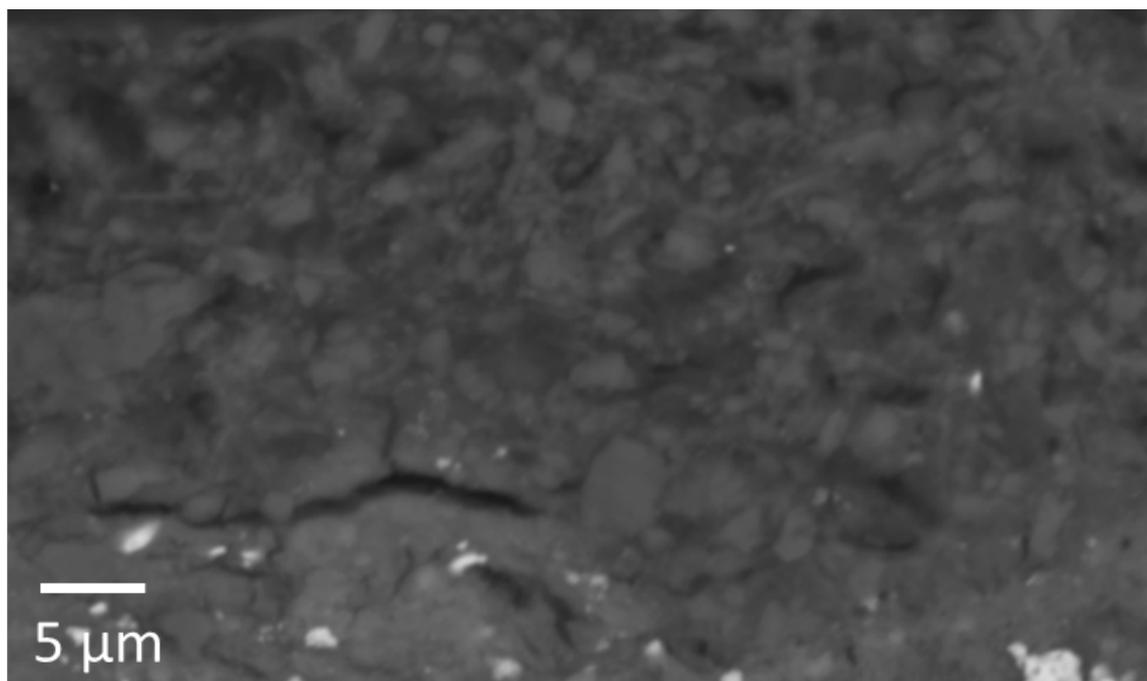
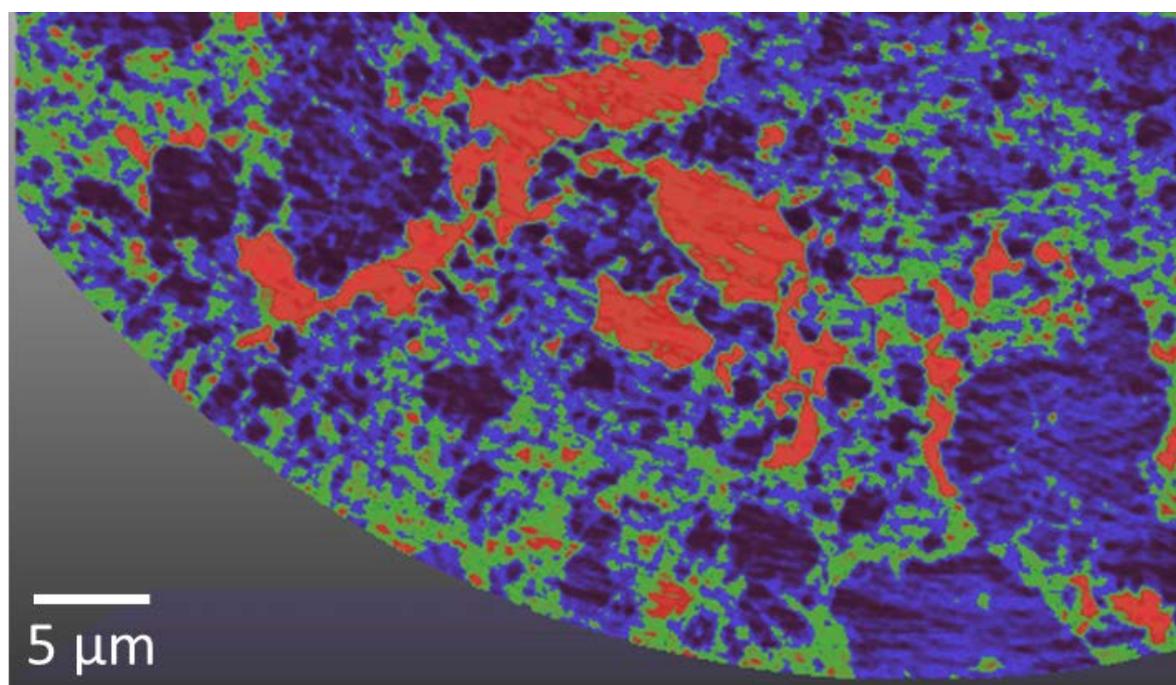


Image par nanotomographie à contraste de phase d'une coupe virtuelle

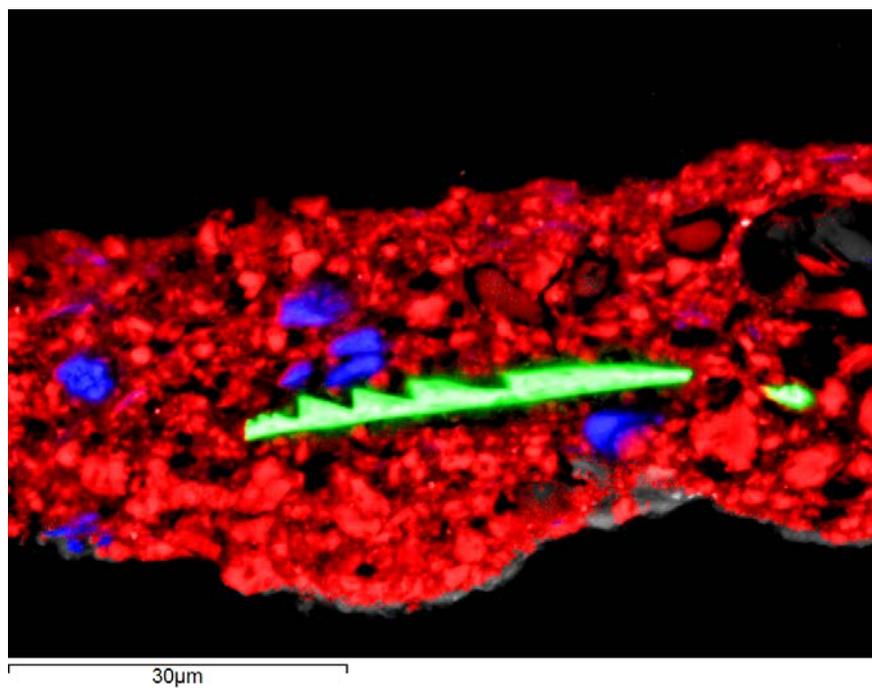


● Pigments

● Liant

● Pores

Couche chancie très riche en carbonate de calcium



Calcium ; Cuivre ; Silicium

9

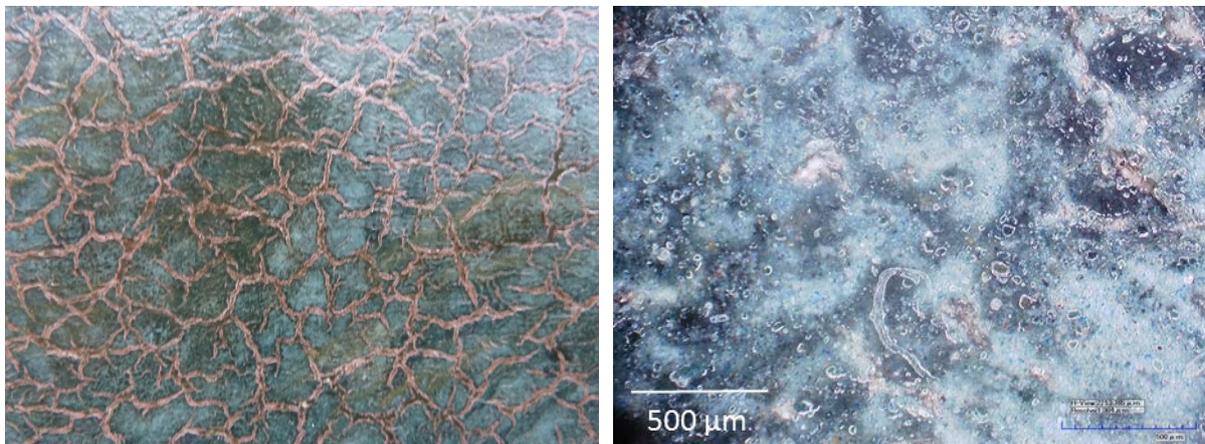
Jean Cotelle (le Jeune) (1645-1708), *Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant*, 1650-1700, Musée National du château de Versailles et du Trianon, MV 735, C2RMF 72457, 2015 x 1375 mm², Toile

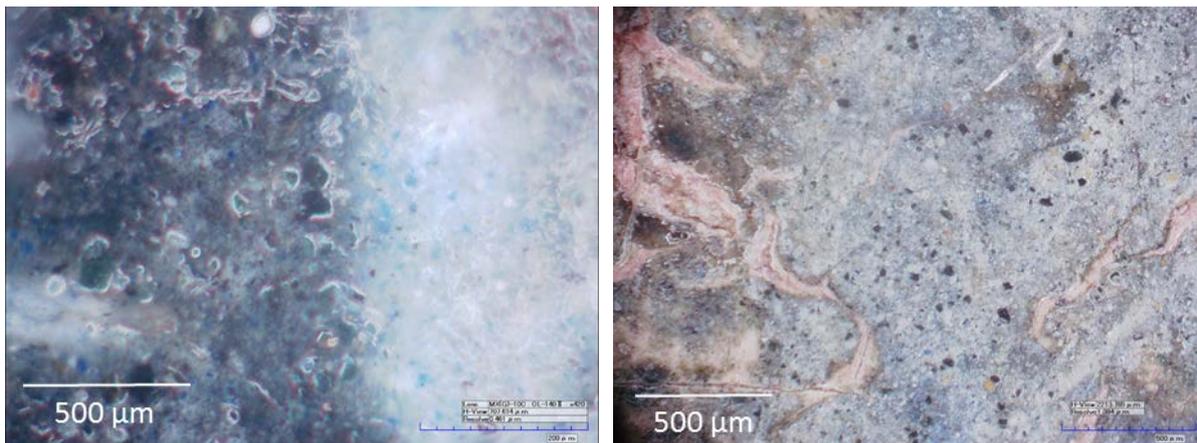
Chancis de vernis et de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements

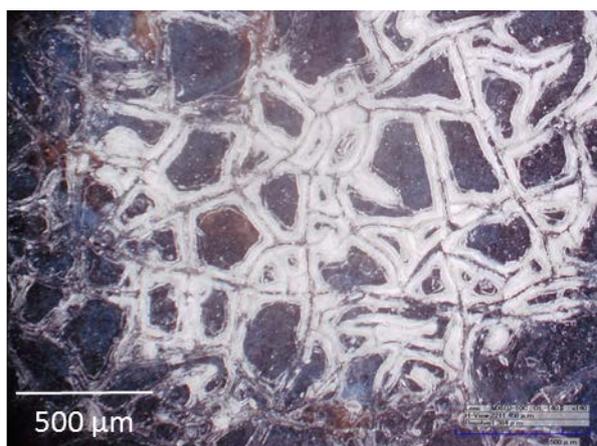
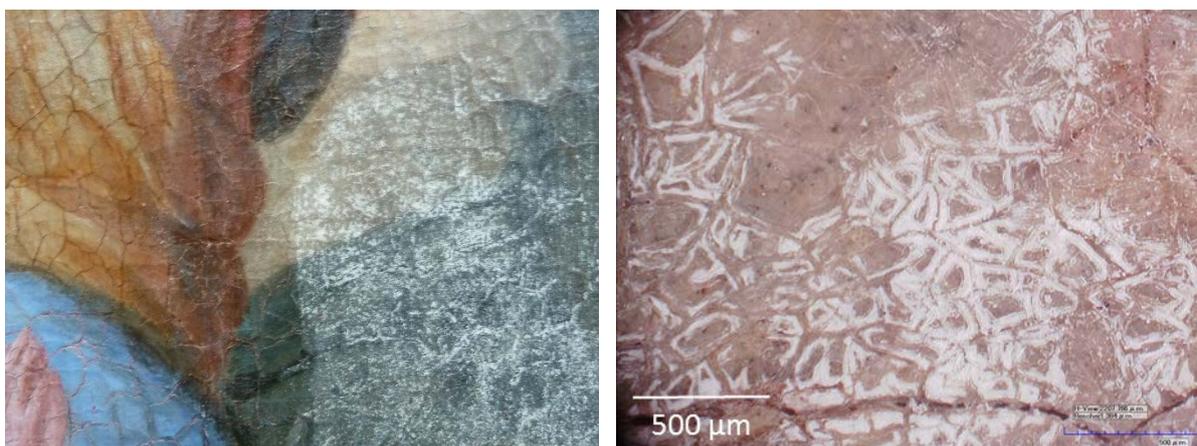


2. Zone 1 : chanci de couche picturale



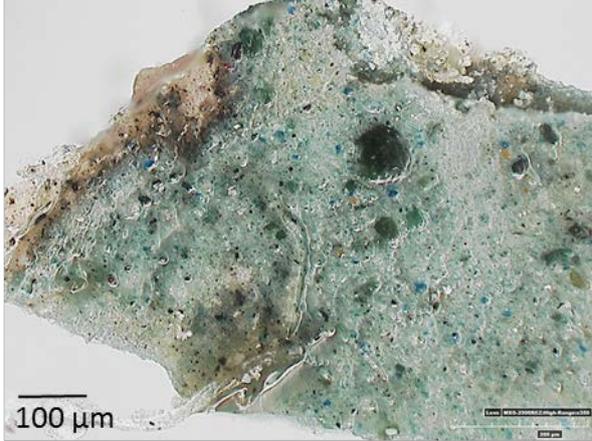


3. Zones 2 et 3 : chancis de vernis

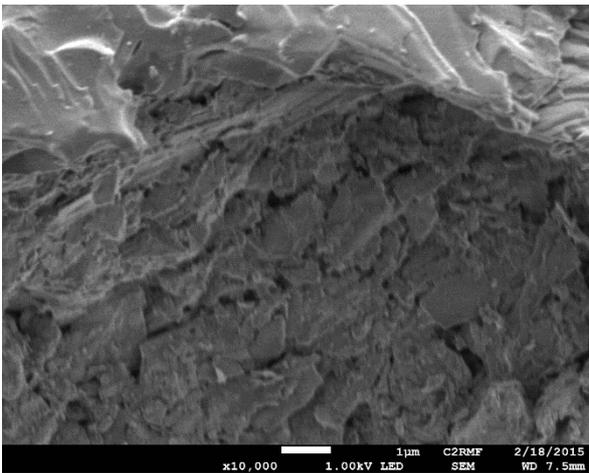
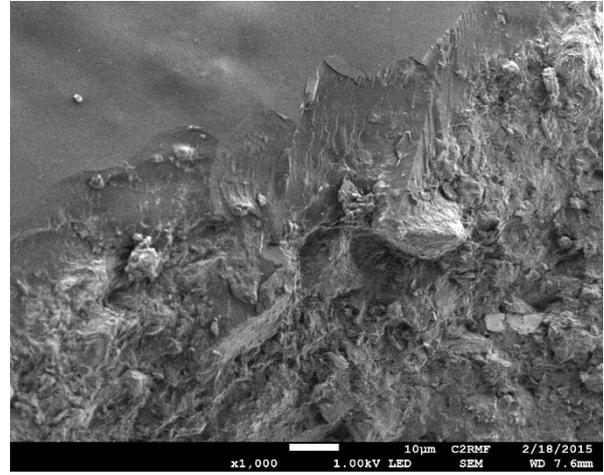
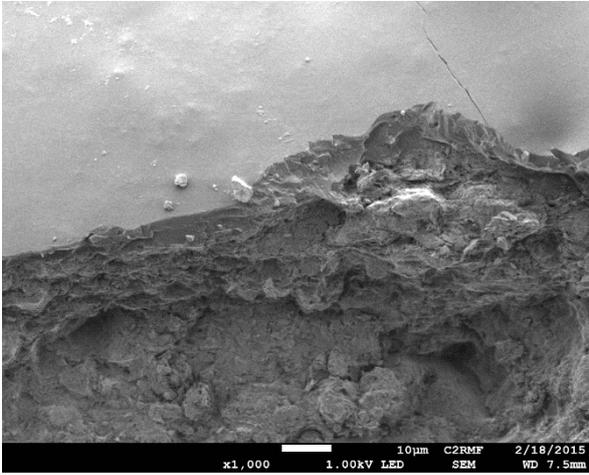
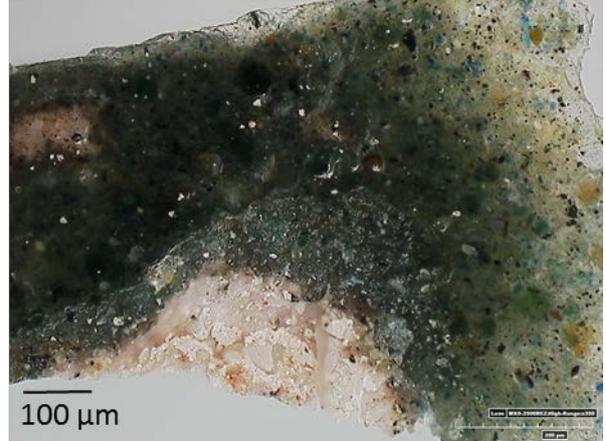


4. Site de prélèvement 1 : chancis de couche picturale

Prélèvement 1 : chanci



Prélèvement 1 : non chanci

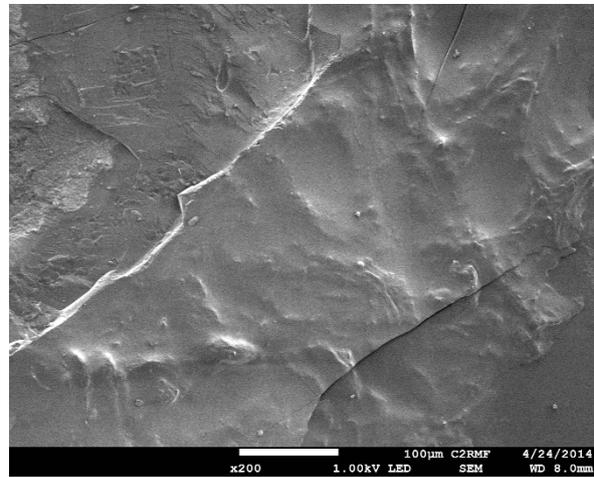
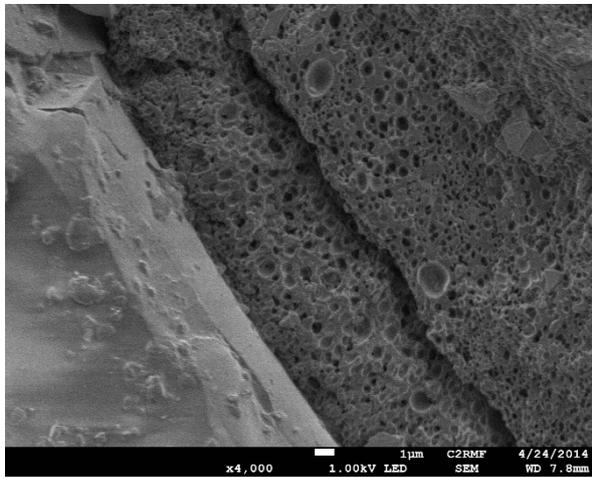


5. Site de prélèvement 2 : chancis de vernis / Régénération

Prélèvement 3 : chanci



Prélèvement 4 : régénéré



6. Site de prélèvement 3 : chancis de couche picturale / régénération

Prélèvement 5 : chancis de vernis



10

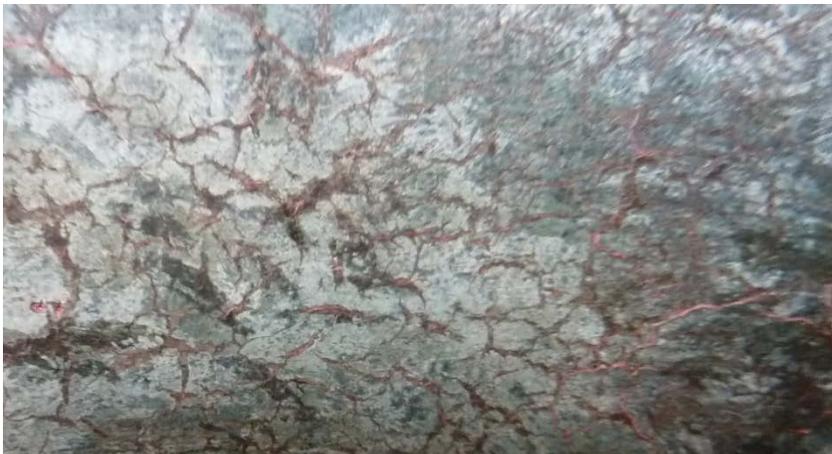
Jean Cotelle (le Jeune) (1645-1708), *Vue des cinquante-deux jets de Trianon*, 1688, Musée National du château de Versailles et du Trianon, MV 777, C2RMF 72732, 2030 x 2290 mm², Toile

Chancis de couche picturale

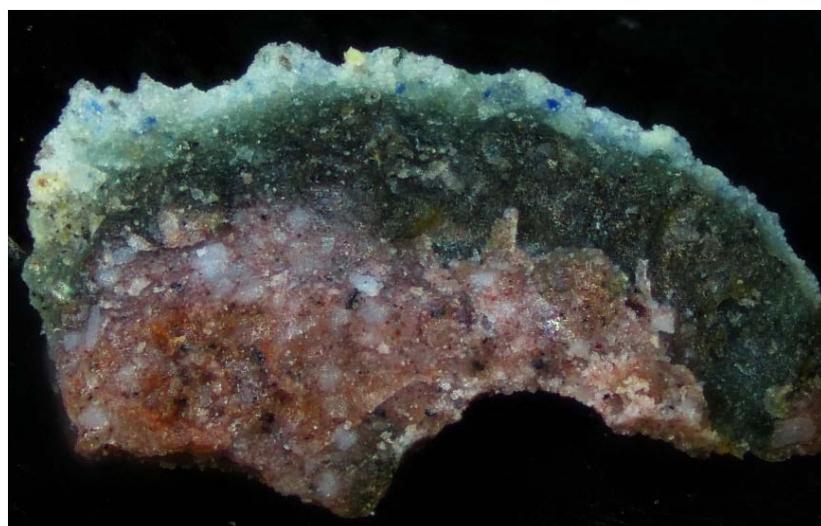
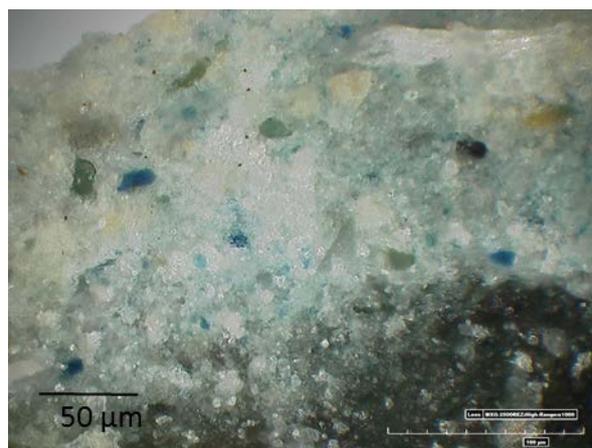
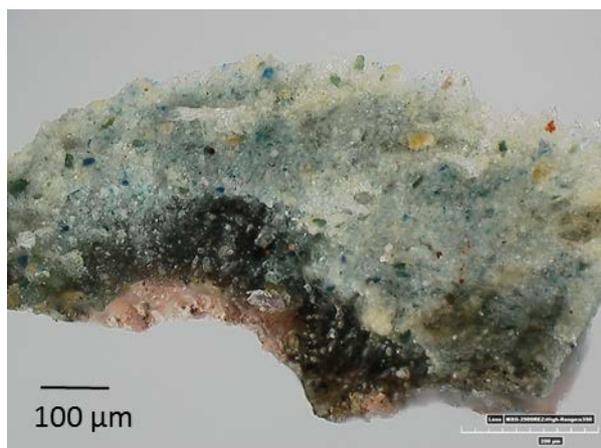
1. Vue générale et localisation des prélèvements



2. Macrophotographie



3. Prélèvement 1 : chanci



11

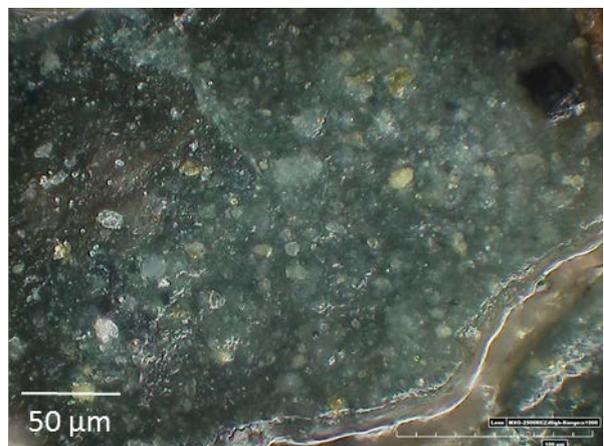
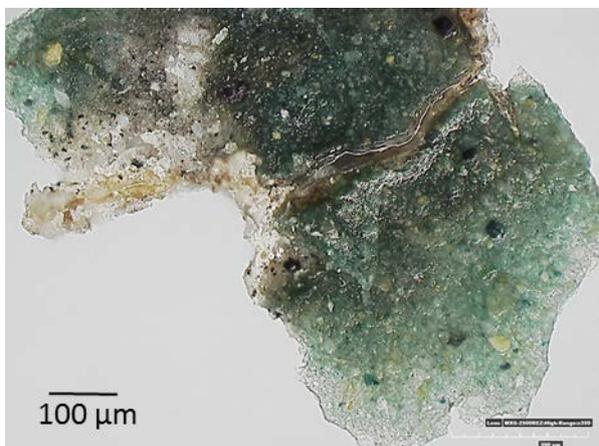
Alexandre François Desportes, (1661-1743), *Chiens et gibier mort*, 1726, Musée de la chasse et de la nature, Paris, INV 3934, F1380, 1100 x 1360 mm², Toile

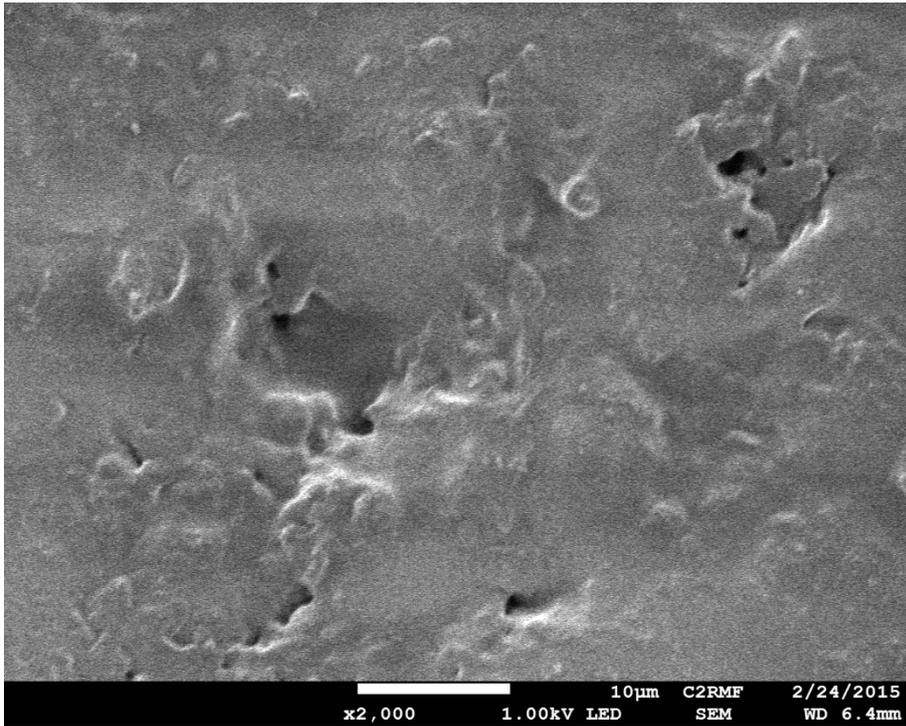
Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements

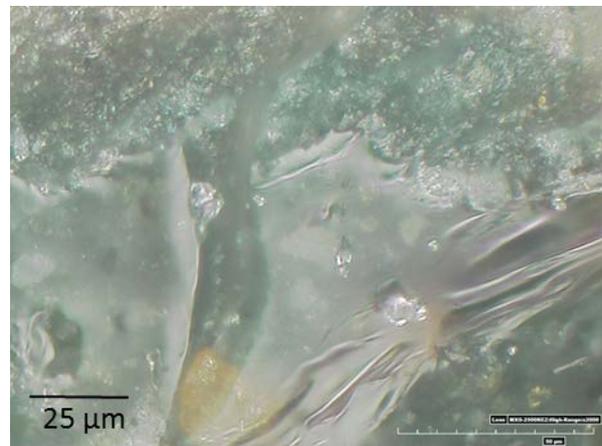


2. Prélèvement 1 : chanci





3. Prélèvement 2 : régénéré

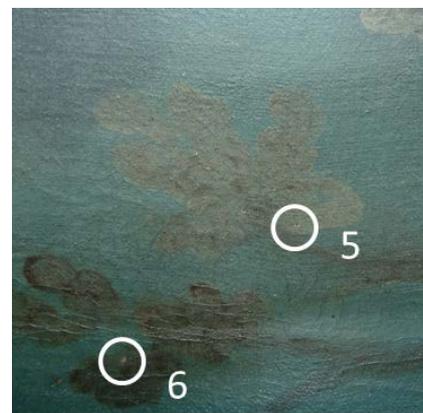
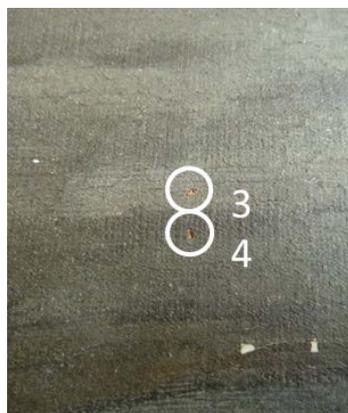
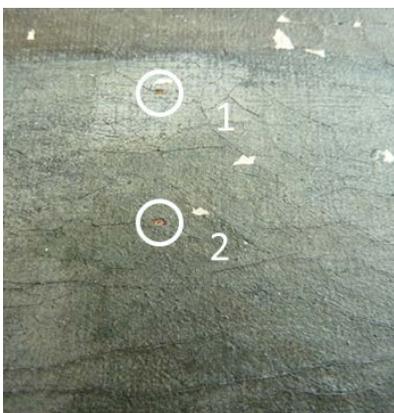


12

Jean Marc Nattier (atelier de) (1685-1766), *Portrait de Louise-Marie de France, dite Madame Louise*, Ca. 1750, Musée National du château de Versailles et du Trianon, MV 4442, C2RMF 72147, 1345 x 1046, Toile

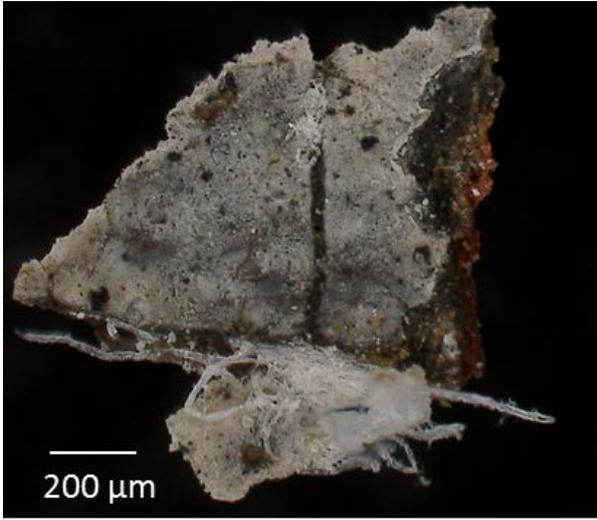
Chancis de couche picturale et de vernis

1. Vue générale et localisation des prélèvements

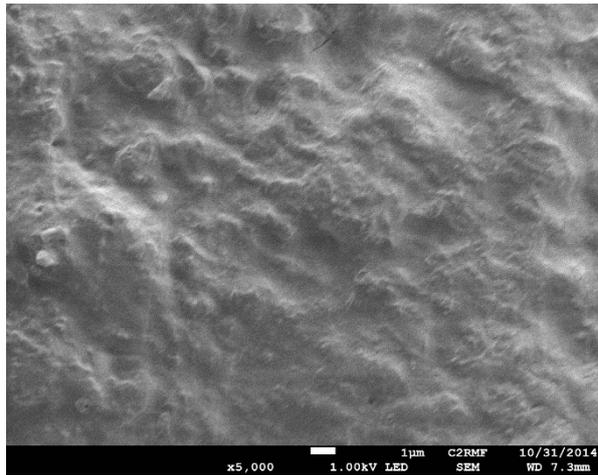
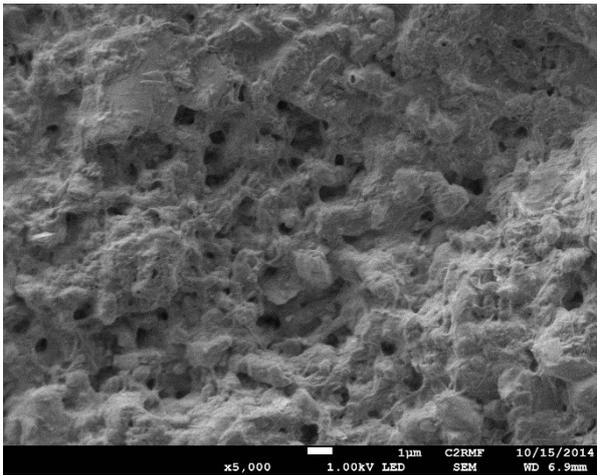


2. Site de prélèvement n°1

Prélèvement 1 : chanci



Prélèvement 2 : « non » chanci

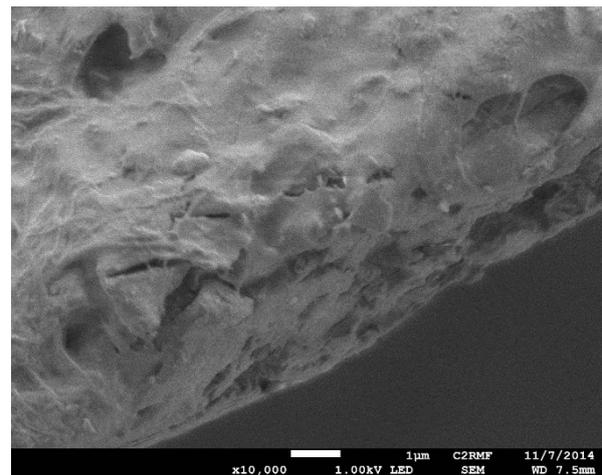
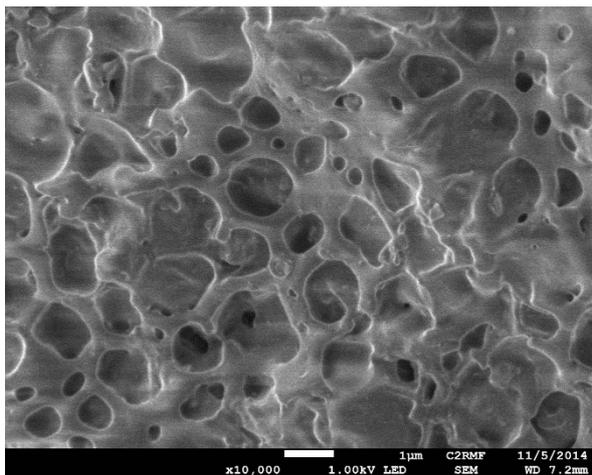
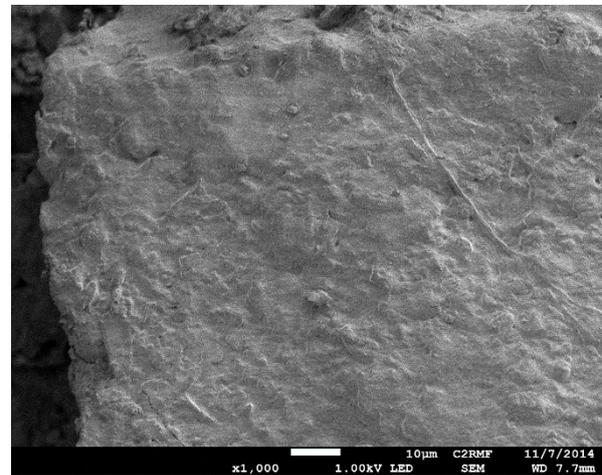
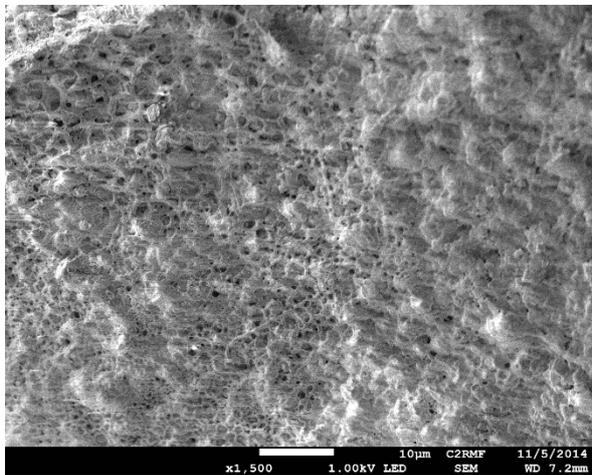


3. Site de prélèvement n°2

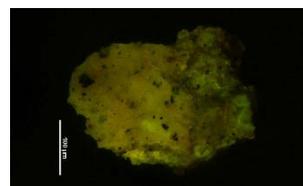
Prélèvement 3 : chanci



Prélèvement 4 : chanci



Possible chanci de vernis teinté ou d'un glacié avec des résines naturelles → présence de pigments et fluorescence avec le filtre B-2A (prélèvement 3bis)

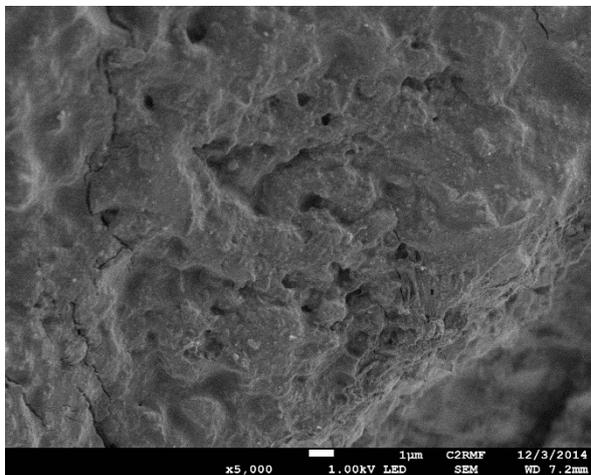


4. Site de prélèvement n°3

Prélèvement 5 : chanci



Prélèvement 6 : « non » chanci



13

Jean Baptiste Siméon Chardin (1699-1779), *Les Attributs des arts*, 1765, Musée du Louvre, Paris, INV 3199, F768, 910 x 1450 mm², Toile

Chancis de couche picturale

1. Vue générale et localisation des prélèvements



2. Macrophotographies



Photographie en lumière UV

De même, les repeints dans les écoinçons n'ont pas chanci. La forme originale du tableau était chantournée.



L'œuvre *Les attributs des arts* fait partie d'un ensemble de trois tableaux commandés pour servir de dessus de porte dans un salon du château de Choisy :

- *Les attributs des arts*
- *Les attributs de la musique*
- *Les attributs des sciences* (disparu)

<p><i>Les attributs des arts</i></p>	<p><i>Les attributs de la musique</i> Musée du Louvre, INV 3200</p> <p>Le fond est également très chanci</p>

3. Prélèvement 1 : chanci



A cause de la présence d'une épaisse couche de vernis, il n'a pas été possible d'examiner la surface de la couche picturale chanci. De plus, les analyses effectuées par nanotomographie à contraste de phase ne sont pas exploitables car le prélèvement a bougé durant les scans.

14

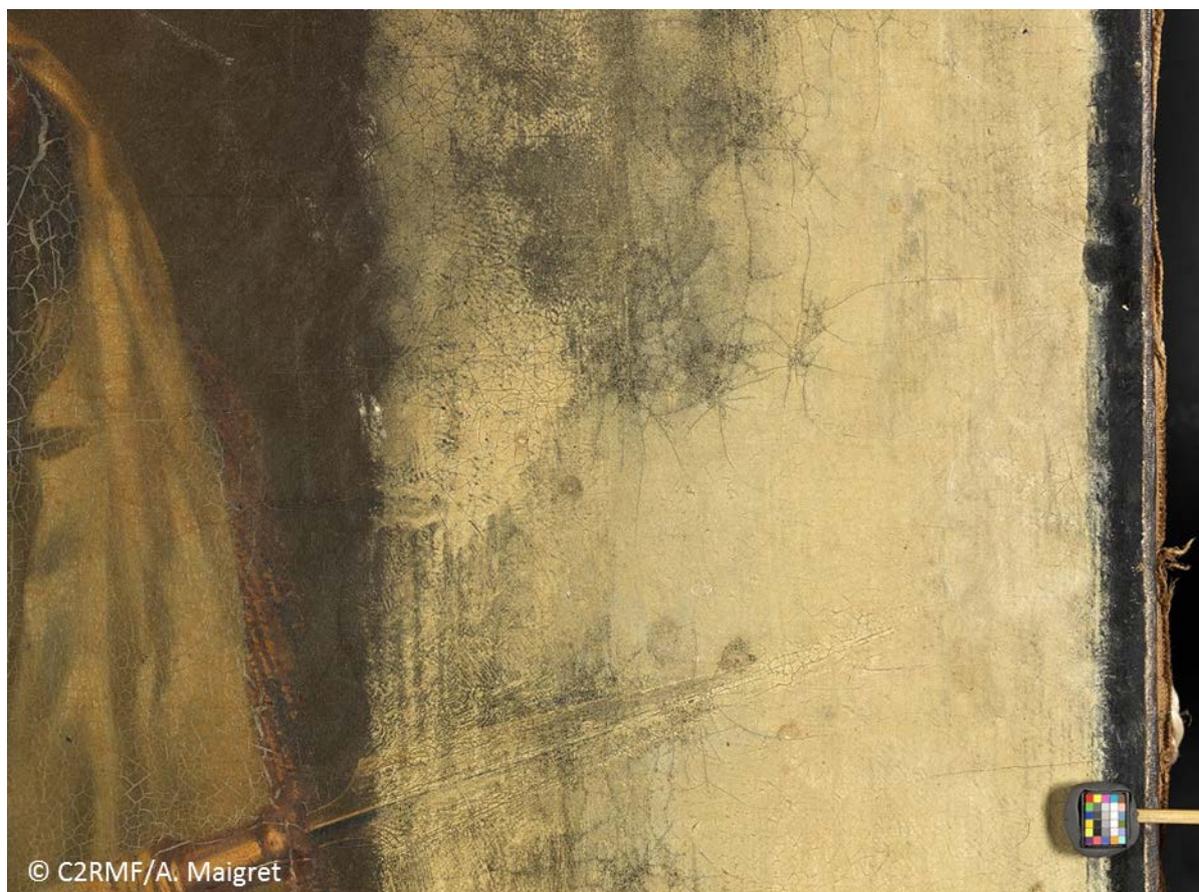
Louis Crignier (1790-1824), *Jeanne d'arc en prison*, 1824, Musée des Beaux-Arts, Amiens, MP récol. 90.2.83, C2RMF 72785, 1164 x 885 mm², Toile

Chancis de vernis

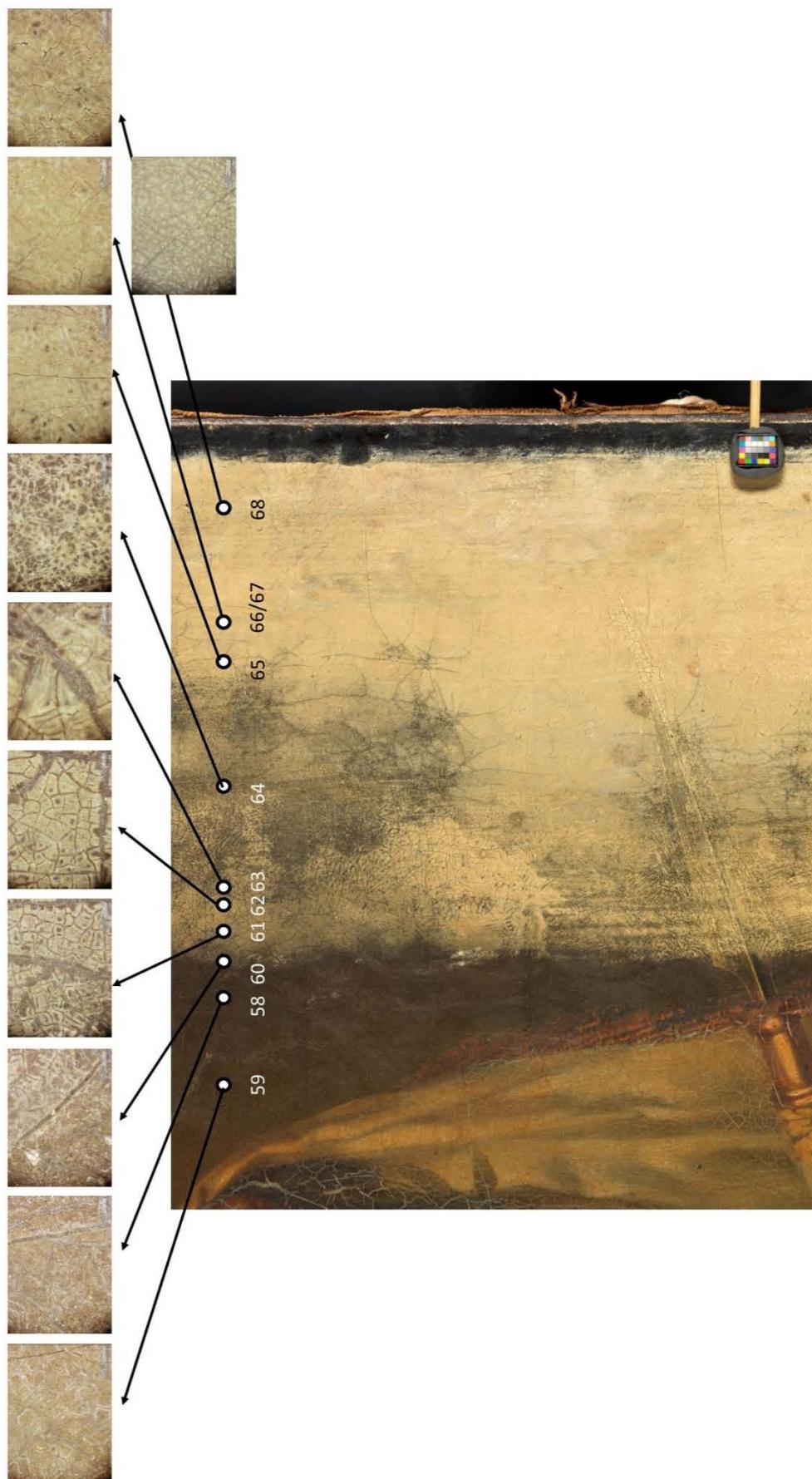
1. Vue générale et localisation des prélèvements



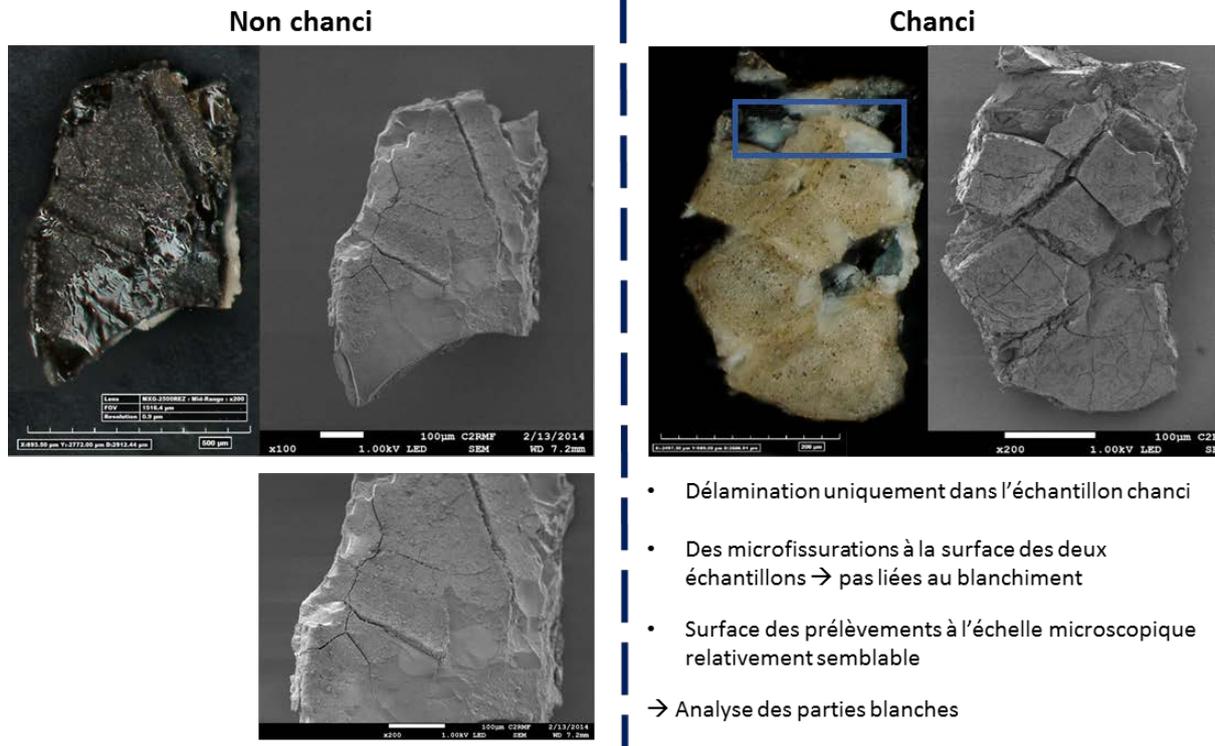
2. Macrophotographies



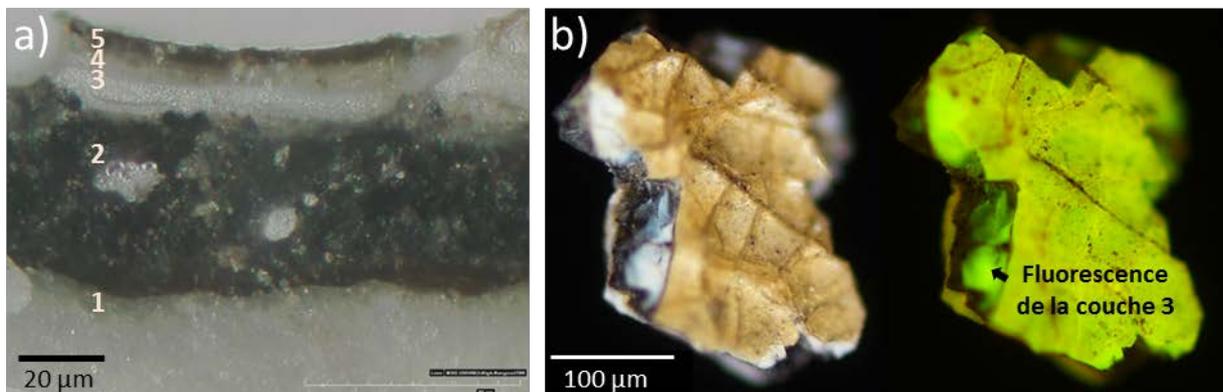
3. Observations au microscope numérique 3D



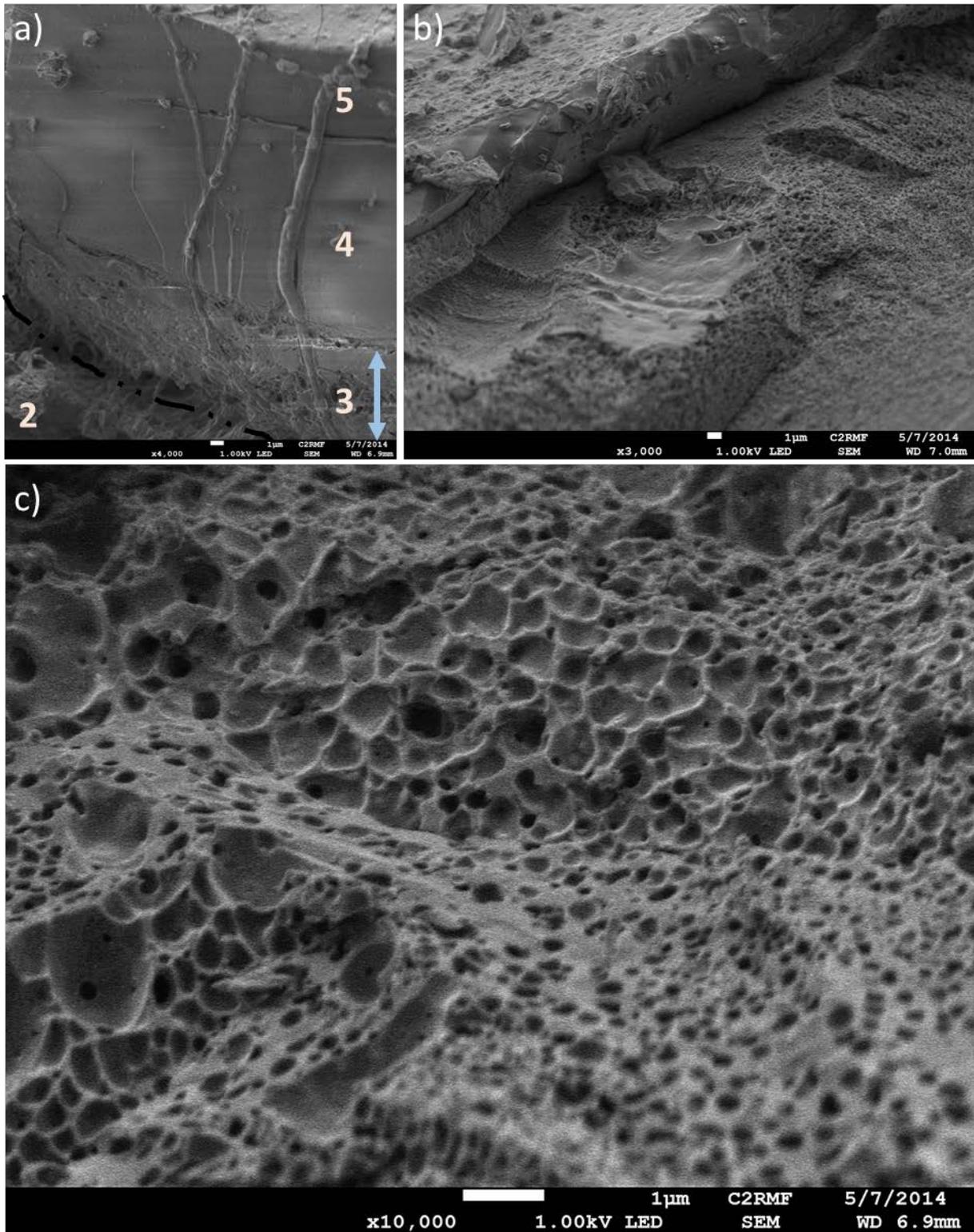
5. Observation de la surface d'un prélèvement non chanci et chanci

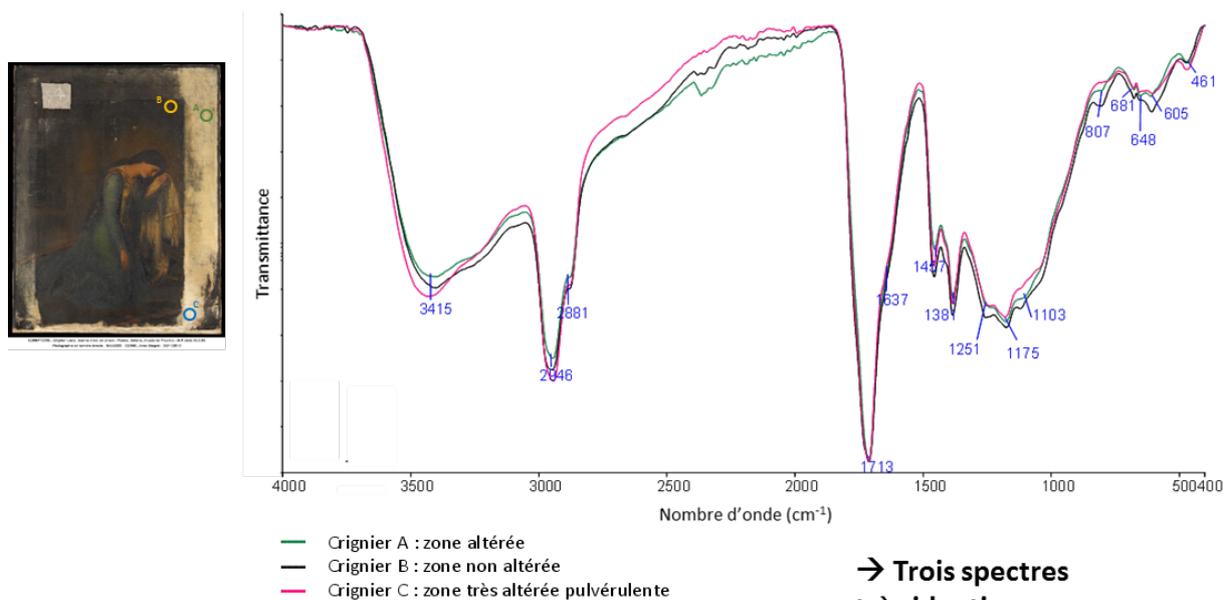


6. Observation de la tranche du prélèvement chanci n°5



- 1- Couche de préparation
- 2- Couche brune
- 3- Couche de vernis chancie
- 4- Couche de vernis partiellement chancie
- 5- Couche de vernis oxydé mais non chancie



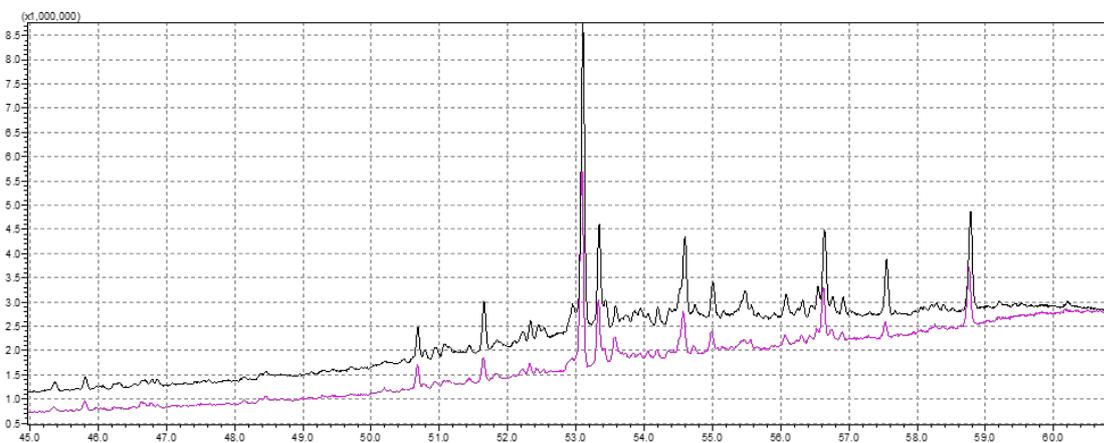
7. Analyses par IRTF et GC-MSRésultats concernant le vernis :

Pic à 1713 cm^{-1} → résine

Pas d'épaulement à 1740 cm^{-1} → pas d'huile

Il ne s'agit donc pas d'un vernis additionné d'huile (Question qui avait été posée par la restauratrice)

Il pourrait s'agir d'un vernis triterpénique type mastic ou dammar (à confirmer par une analyse minutieuse des pics et la GC-MS)



Zone de triterpènes.

Tracé noir – prélèvement B (partie non inondé, vernis transparent)

Tracé rose – prélèvement C (partie la plus dégradée, vernis chanci)

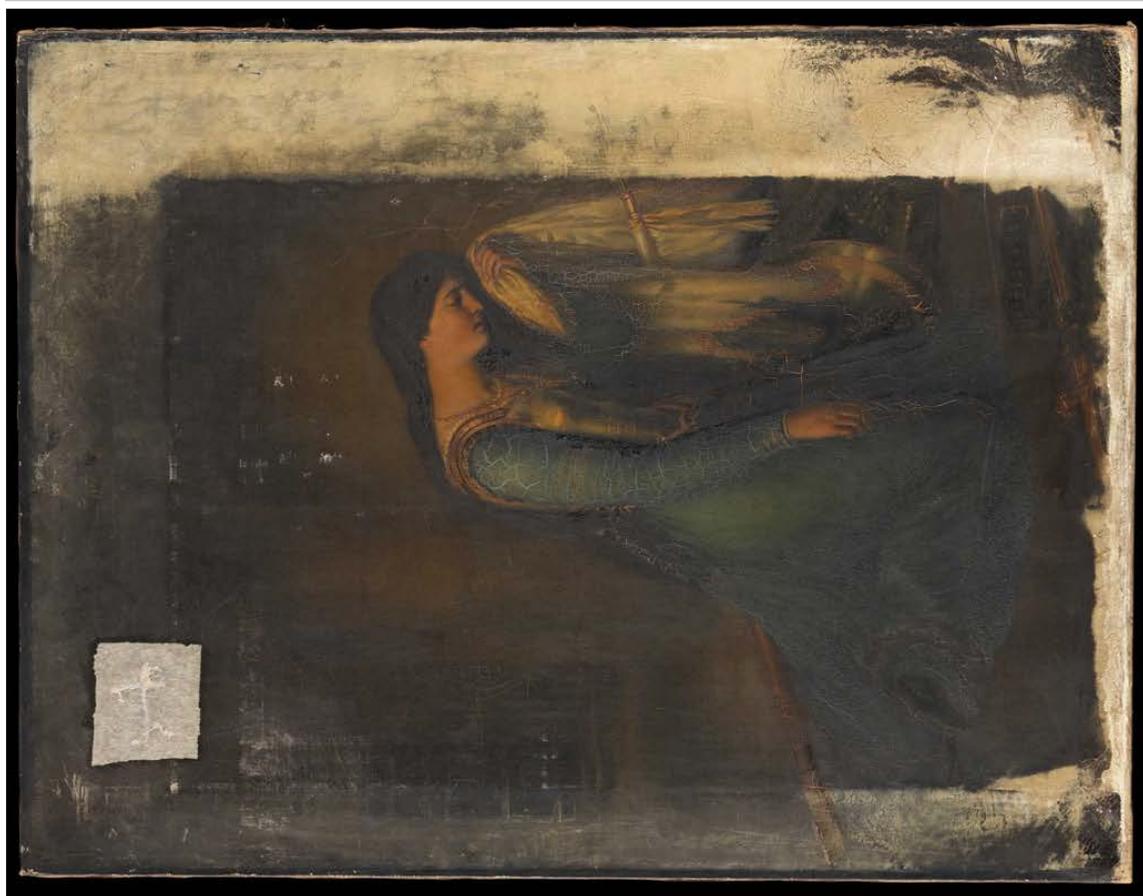
Vernis identifié comme un vernis mastic

Aucune différence significative entre les spectres IRTF et les chromatogrammes des zones non chancies et chancies.

8. Photographies avant et après restauration



© C2RMF/Thomas Clot



C2RMF72785 - Crignier Louis, Jeanne d'Arc en prison - France, Amiens, musée de Picardie - M. P. récol.90.2.83
Photographie en lumière directe - MAA2220 - C2RMF, Anne Maigret - 25/11/2013

1 **Frans Francken le vieux (att. à) (1542-1616), *Le Christ aux outrages*, Musée Girodet, Montargis, 885.1, C2RMF 75847, 346 x 290 mm², Cuivre fixé sur parquetage bois**

1. Vue générale



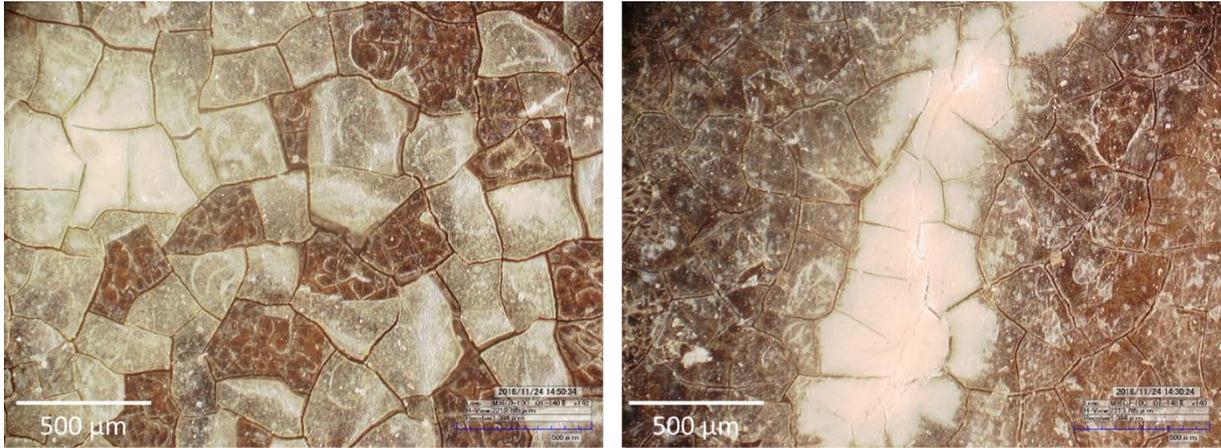
2. Macrophotographies



Au niveau d'un test de régénération à l'isopropanol



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

Chanci de vernis : voile généralisé sur l'ensemble du tableau avec des spots plus opaques où l'épaisseur du vernis semble plus importante. La partie altérée a tendance à se cliver.

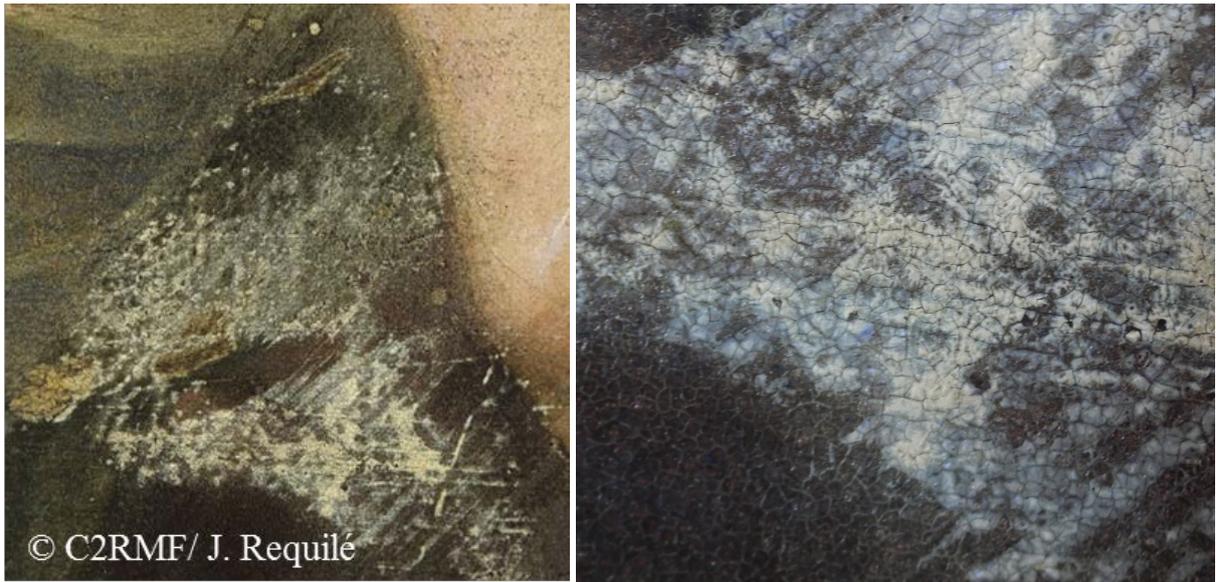
2 Anonyme d'après Pierre Paul Rubens, *Le Triomphe de la Religion*, dit aussi *Allégorie du triomphe de la foi catholique sur la science profane, la philosophie stoïcienne, la philosophie épicurienne et la nature matérielle*, Musée Girodet, Montargis, 009.5.15, C2RMF 75829, 616 x 510 mm², Cuivre

1. Vue générale

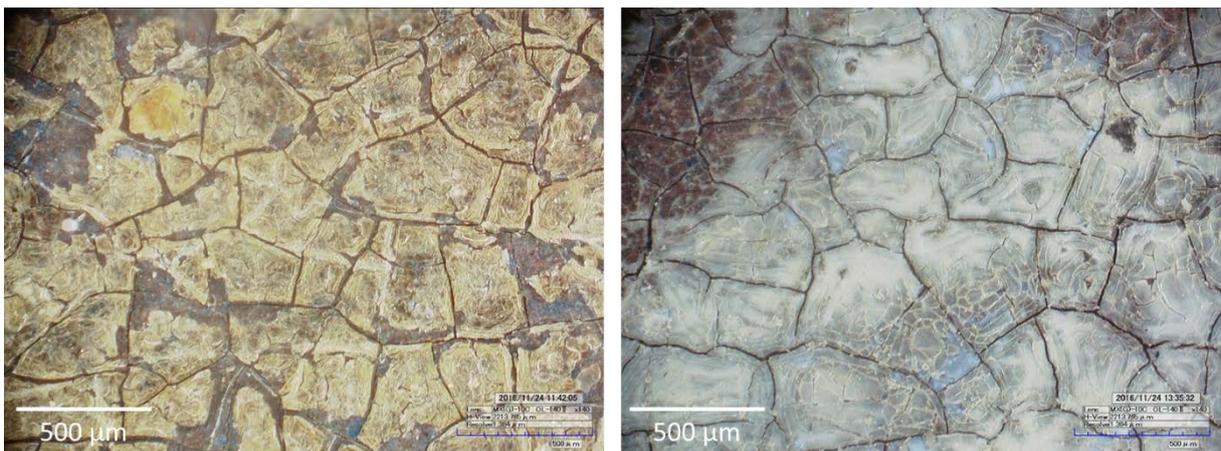


2. Macrophotographies





3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

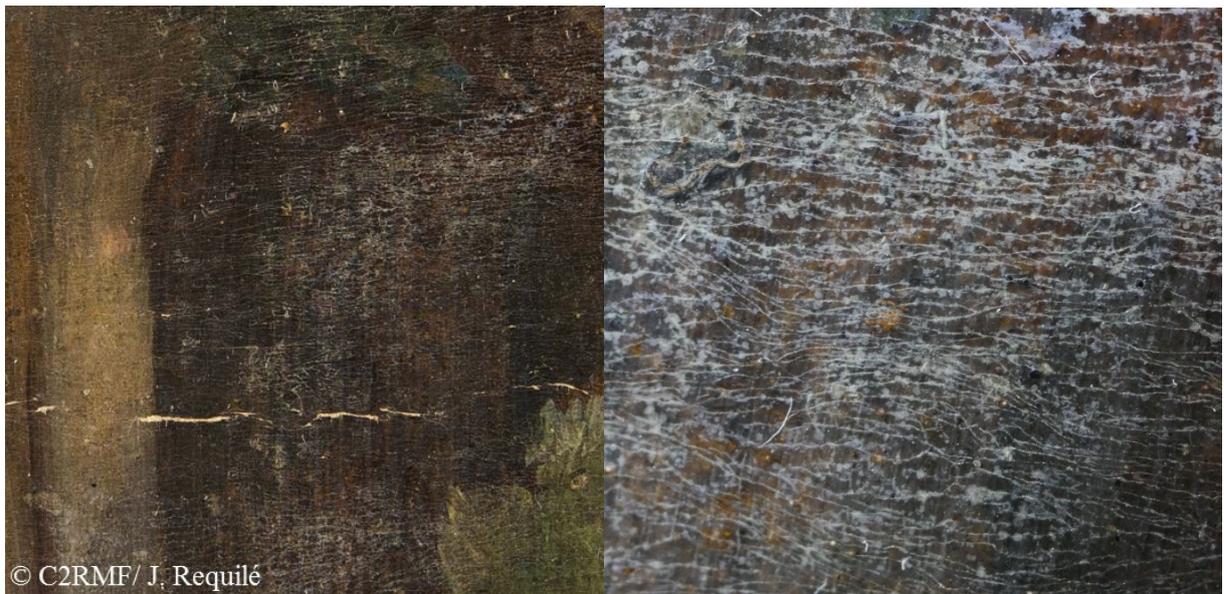
Chanci de vernis : voile chanci jaunâtre légèrement opacifiant sur tout le tableau. Perte de cohésion entre le vernis et la couche picturale. La zone plus est blanche en surface et bleutée plus en profondeur, signe que les pores sont plus petits.

3 **Jean-Joseph-Xavier Bidault (att. à) (1758 -1846), *Vue de Subiaco avec les « bains de Néron »*, Vers 1810, Musée Girodet, Montargis, Inv. 015.1.1, C2RMF 75831, 250 x 340 mm², Papier marouflé sur bois**

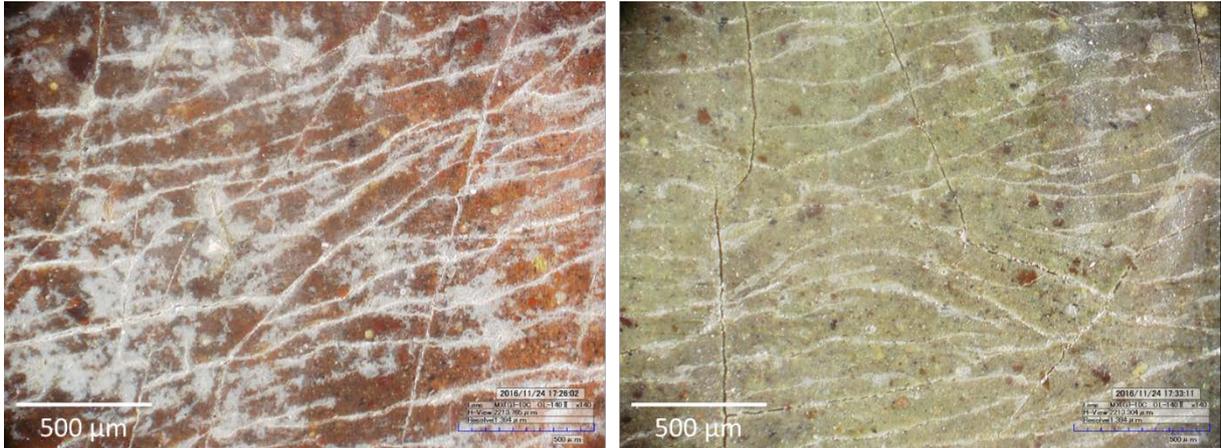
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



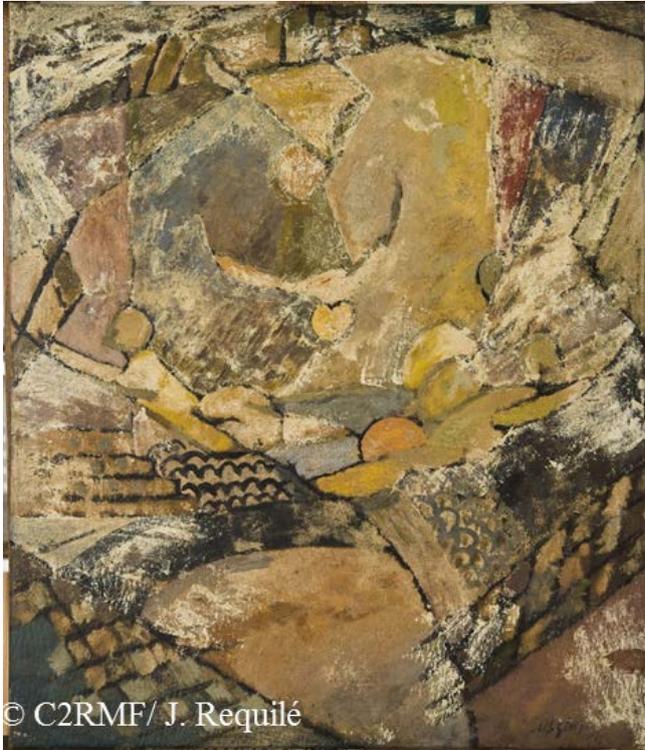
4. Description du chanci

Chanci de vernis : localisé principalement au niveau de la partie en pierre à droite. Le chanci suit les craquelures très fines et rapprochées.

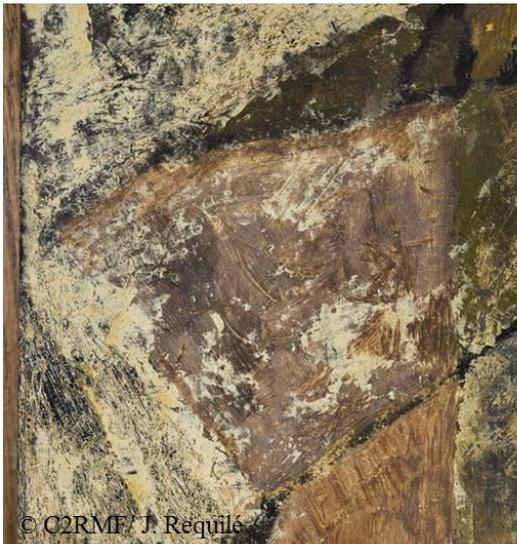
4

Albert Gleizes (1881-1953), *Sur des acrobates aériens*, 1916, Musée Girodet, Montargis, 978.3, C2RMF 62116, 740 x 620 mm², Carton

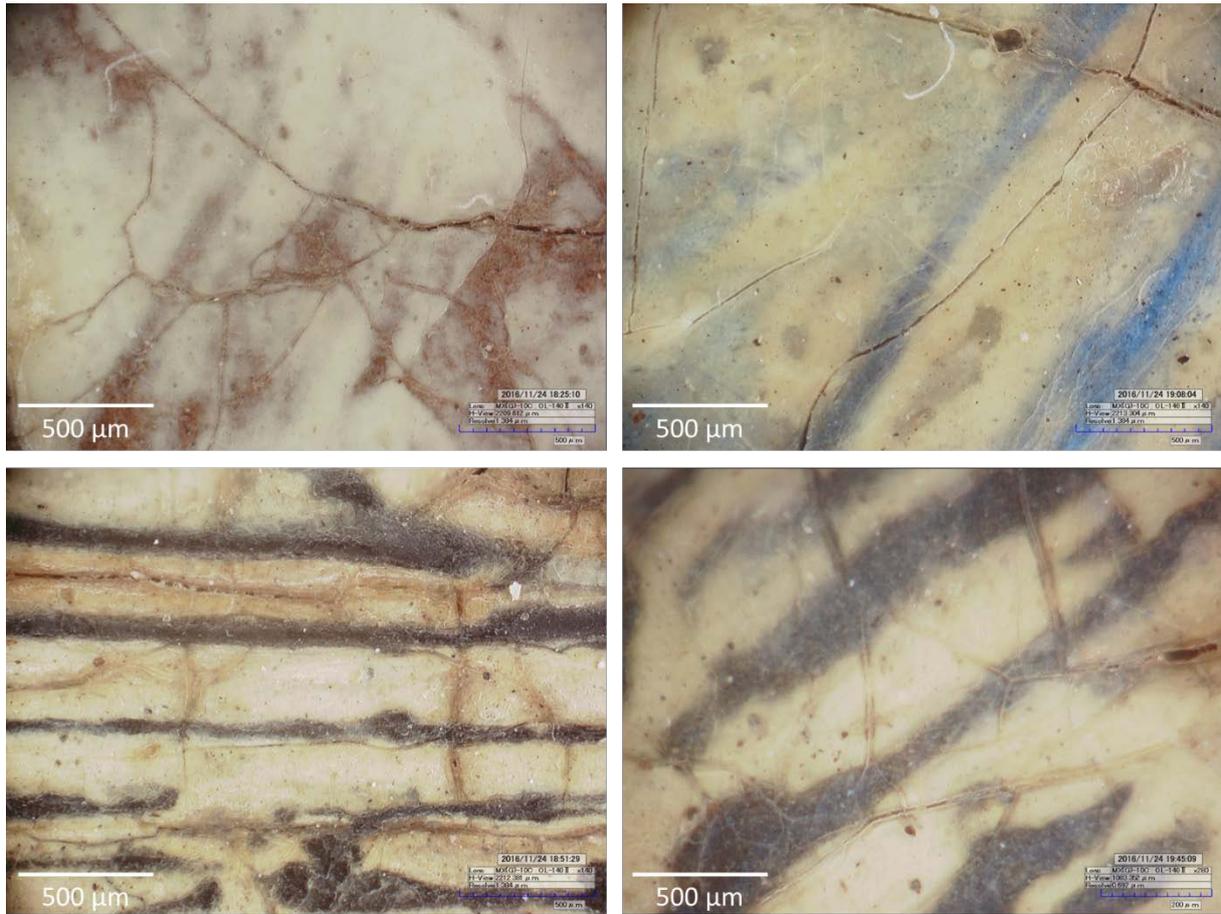
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

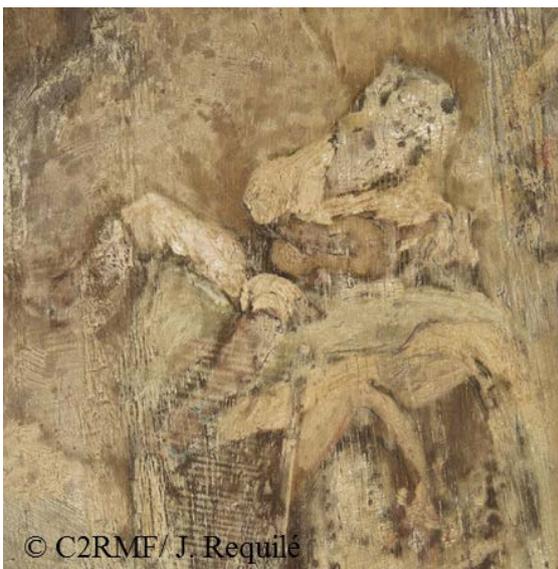
Chanci de vernis : localisé mais qui ne suit pas les formes de la composition, ni les craquelures. Les zones plus opaques pourraient être dues à des épaisseurs de vernis plus importantes dans des creux.

5 Pierre-François-Eugène Giraud (1809-1881), *Souvenir de la Sierra Nevada* (esquisse) dit aussi *Les Muletiers espagnols*, entre 1846 et 1850, Musée Girodet, Montargis, 885.8, C2RMF 75849, 370 x 247 mm², Bois

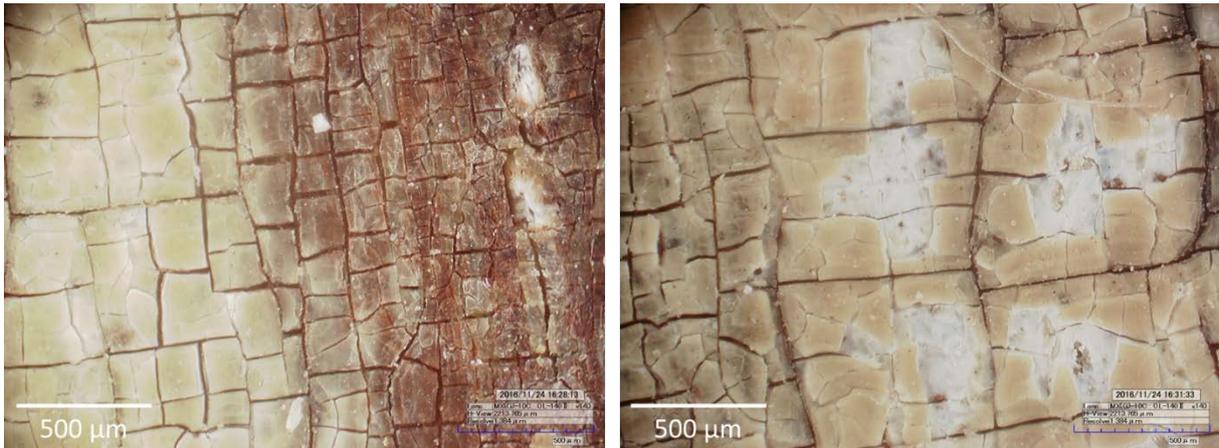
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

Chanci de vernis : généralisé et très important. La partie superficielle du vernis est oxydée mais pas la partie inférieure. Par conséquent, le chanci présente une couleur légèrement jaune en surface et blanche dans les zones de clivage.

6 Matteo de Pittochi Ghidoni (att. à) (1626-1689), *Jésus guérissant les paralytiques*, esquisse, Fin XVII^e, Musée Girodet, Montargis, 874.6, C2RMF 75864, 638 x 740 mm², Toile rentoilée

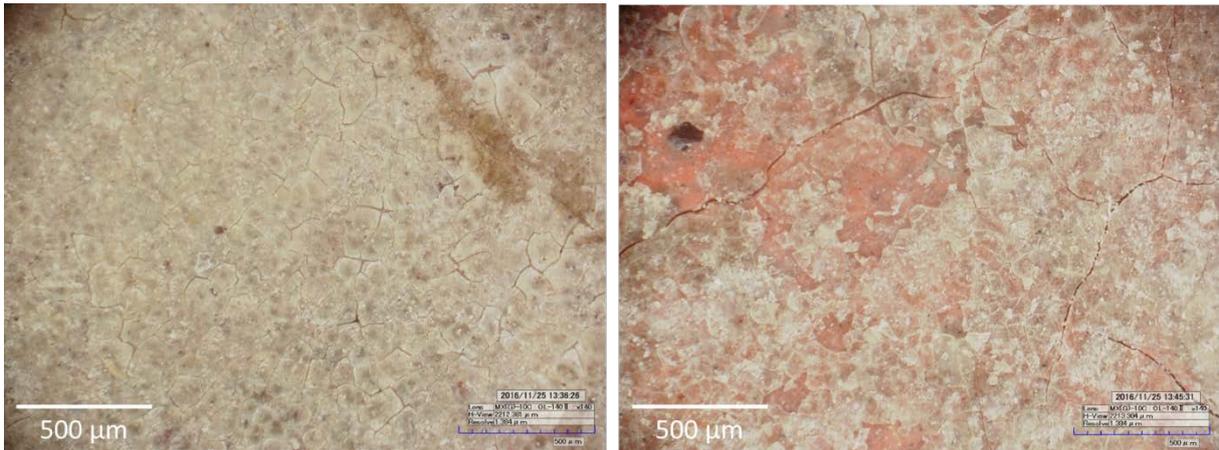
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

Chanci de vernis. Voile opaque sur l'ensemble du tableau. La couche altérée a tendance à se cliver par endroit.

7

Louis Galloche (1670-1761), *La Moisson*, dit aussi *L'Été*, 1750, Musée Girodet, Montargis, 009.5.13, C2RMF 60847, 825 x 1135 mm², Toile

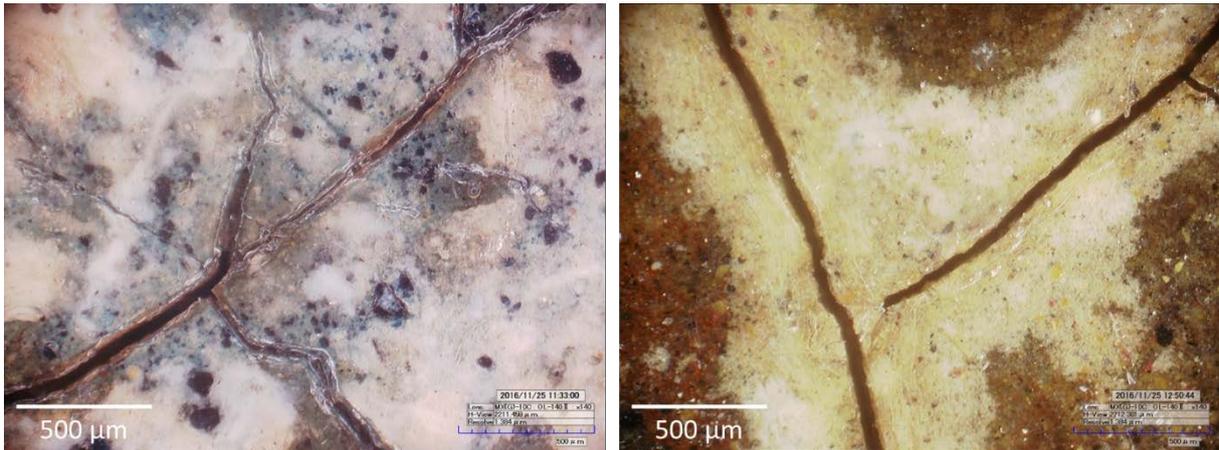
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

Chanci de vernis et certainement également de couches picturales. Le chanci est généralisé et très opaque et suit les craquelures dans les zones moins altérées. Dans les zones bleues, le liant est opaque mais les pigments sont toujours visibles, signe d'un probable chanci de couche picturale. Les repeints sont visibles sur le vernis chanci.

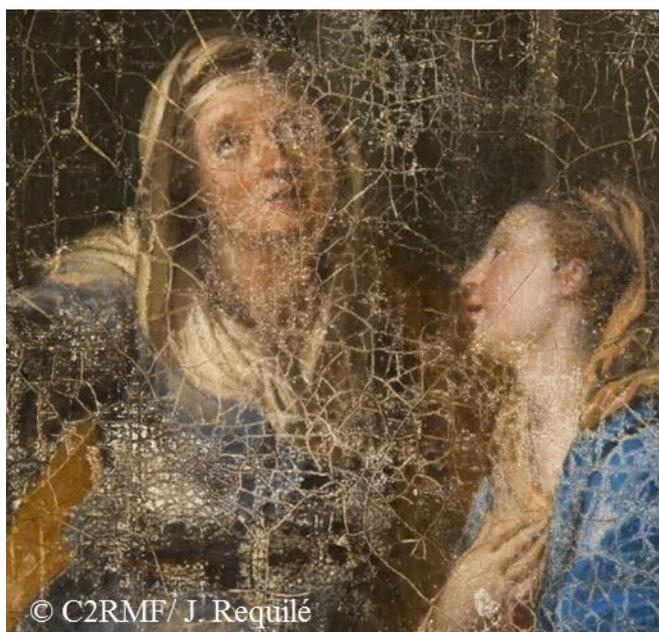
8

Louis de Silvestre (1675-1760), *La Visitation*, 1750, Musée Girodet, Montargis, 009.5.16, F1637, 450 x 372 mm², Toile rentoilée

1. Vue générale

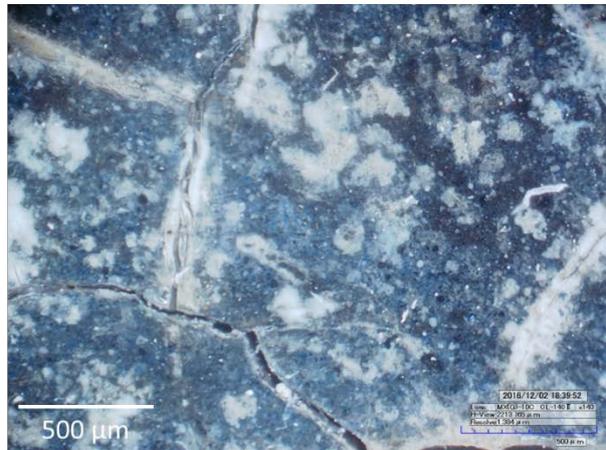


2. Macrophotographies

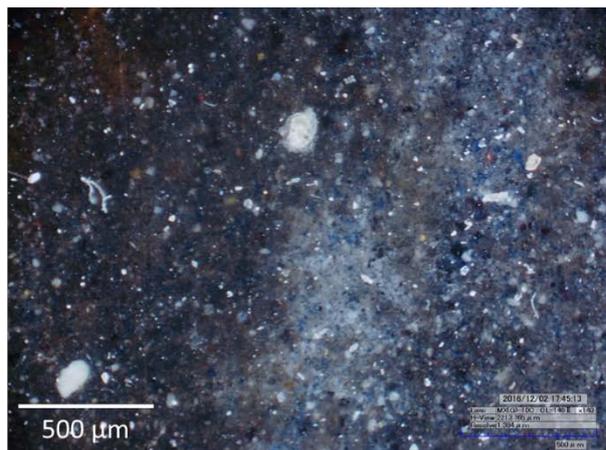
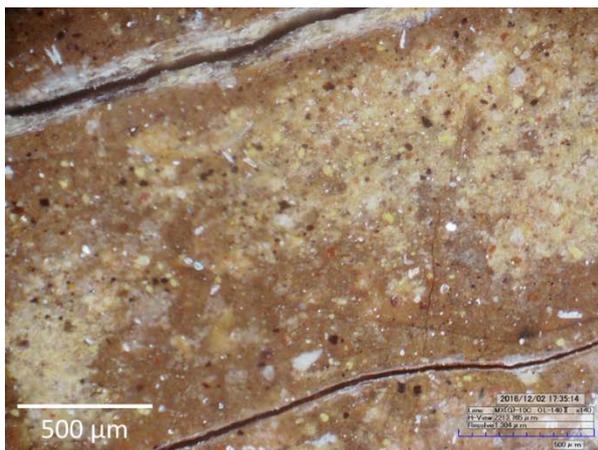


3. Observation par microscopie numérique 3D

Chanci de vernis (chanci de couche picturale sous-jacent dans la photographie brune)



Chanci de couche picturale



4. Description du chanci

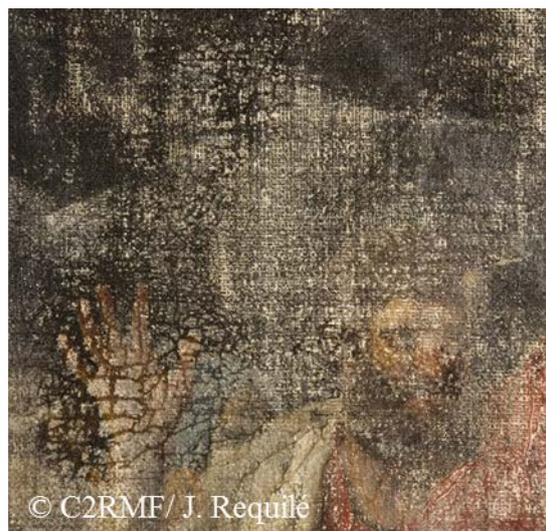
Chanci de vernis et de couches picturales. Le vernis présente par endroit un voile et des zones plus opaques le long des craquelures ou de germes de craquelures. Le liant a également chanci dans les zones brunes et bleues. Les pigments sont toujours visibles.

9 Anne Louis Girodet-Trioson (1767-1824), *La Mort de Camille*, dit aussi *Horace tuant sa sœur*, 1785, Musée Girodet, Montargis, 874.10, C2RMF 60846, 1130 x 1460 mm², Toile rentoilée

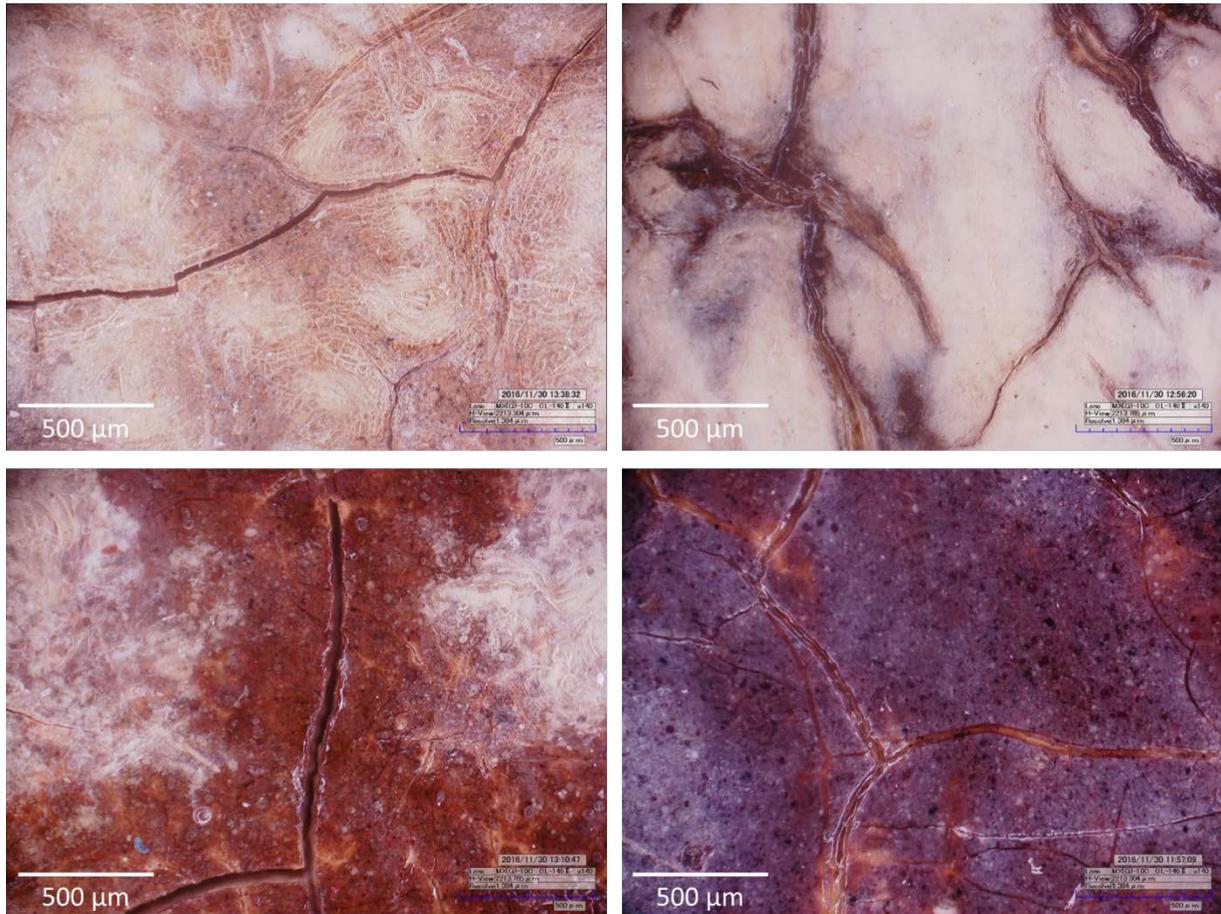
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



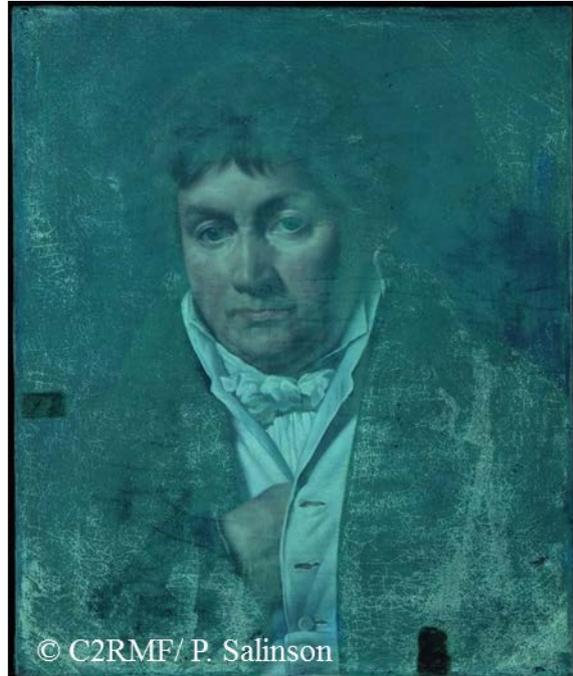
4. Description du chanci

Chanci de vernis. Localisé dans certaines zones, il semble suivre par endroit la composition, comme pour les chevaux. Il ne suit pas les craquelures, au contraire ce sont les centres des écailles qui sont les plus altérées (épaisseur de vernis plus importante dans les creux, ou traces d'un ancien vernis). Peut-être un léger chanci de couche picturale pour la dernière image de microscope numérique 3D en bas à droite.

10

Anne Louis Girodet-Trioson (1767-1824), *Hector Becquerel*, Vers 1820, Musée Girodet, Montargis, 965.1, C2RMF 68303, 615 x 505, Toile

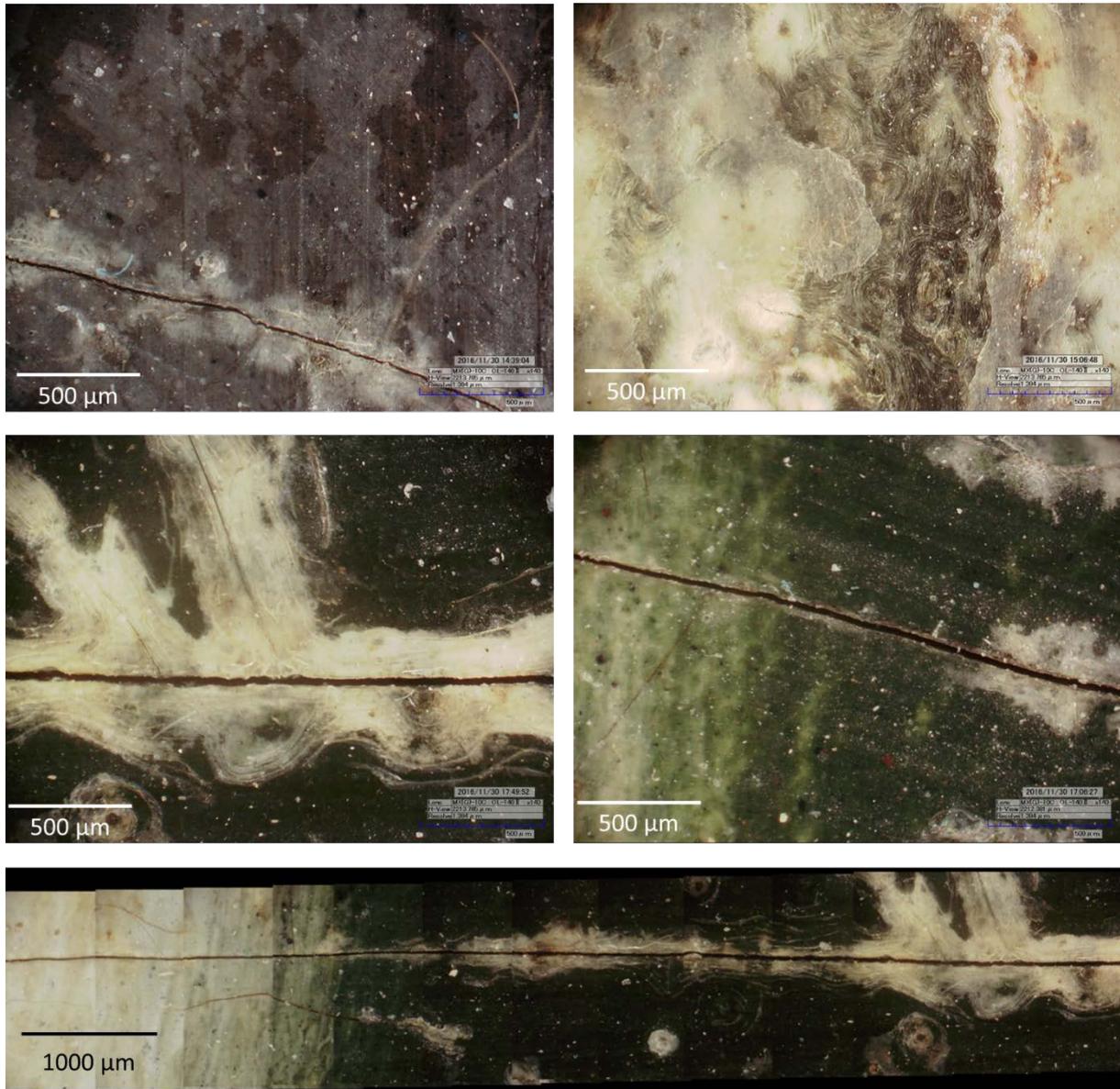
1. Vue générale en lumière visible et UV



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

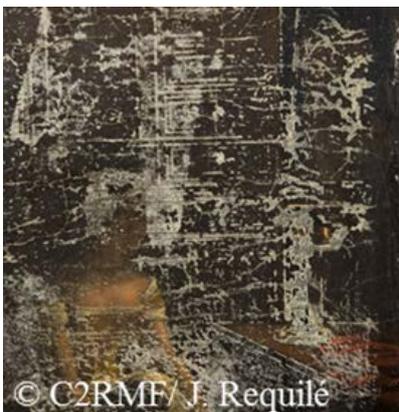
Chanci de vernis. Voile chanci sur la totalité du tableau. Zones plus opaques le long des craquelures de la veste et notamment au niveau du rehaut. La couche picturale sous-jacente a une influence sur l'apparition du chanci. Les bords des craquelures sont chancis dans la veste verte mais pas dans la chemise riche en blanc de plomb.

11 François-Louis Dejuinne (1784-1844), *Girodet peignant "Pygmalion et Galatée" dans son atelier*, 1821, Musée Girodet, Montargis, 006.1.1, C2RMF 75837, 653 x 550, Toile

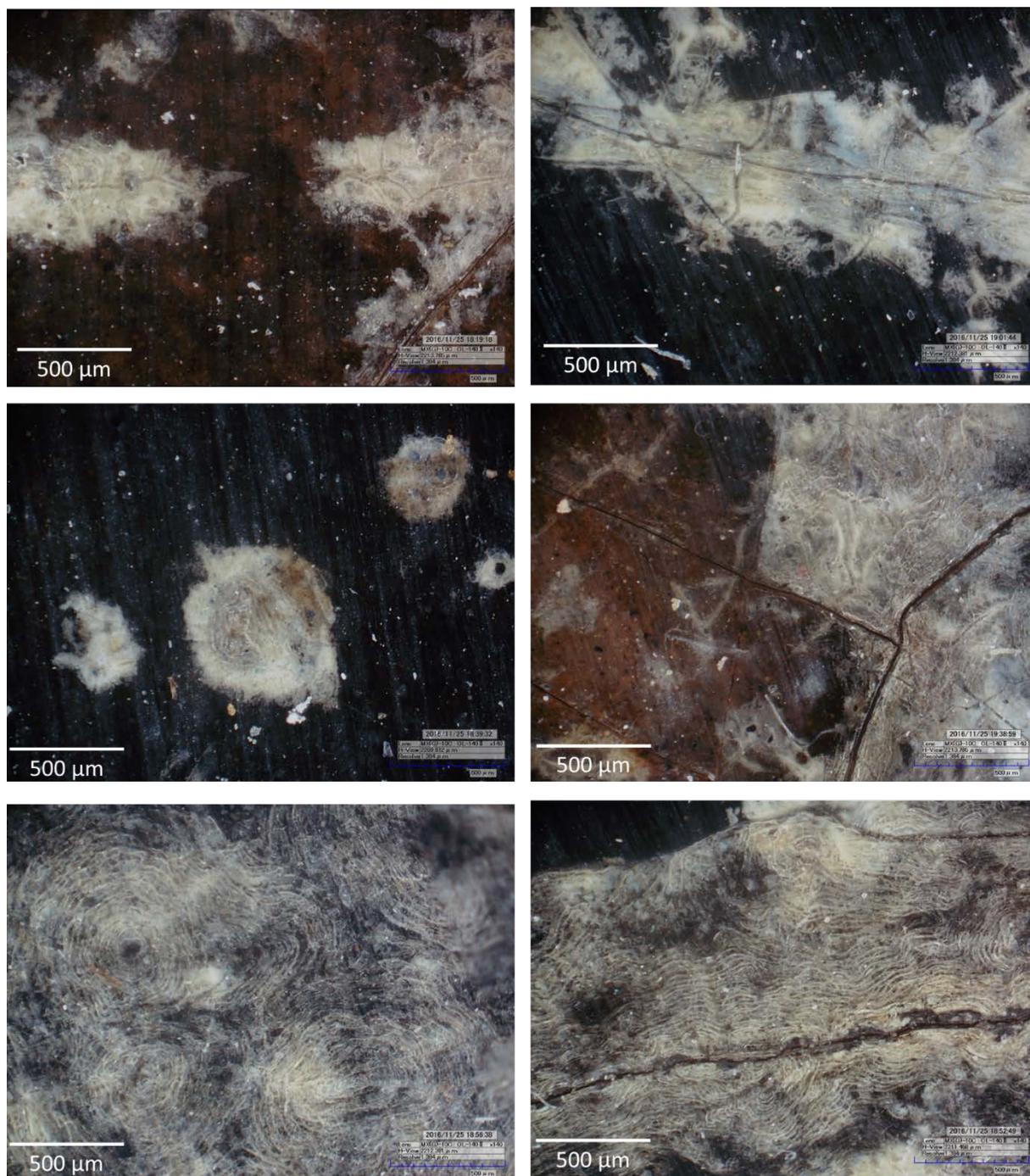
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D

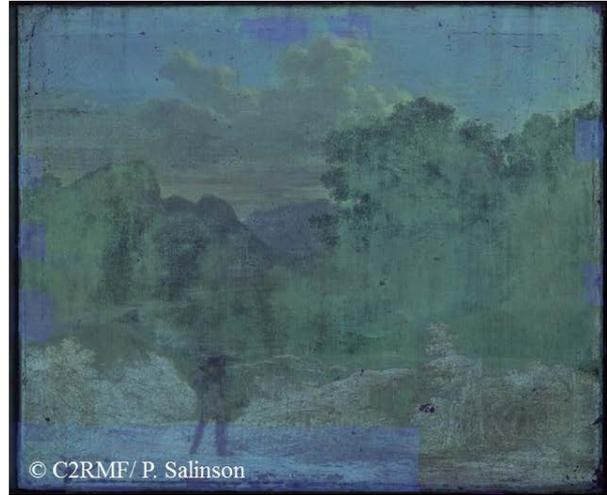


4. Description du chanci

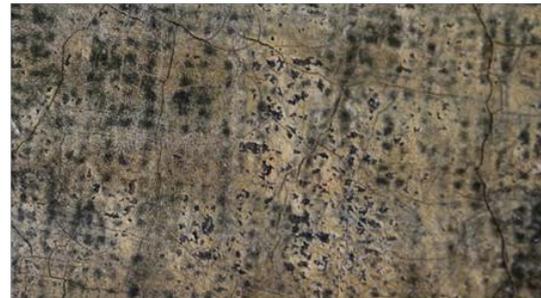
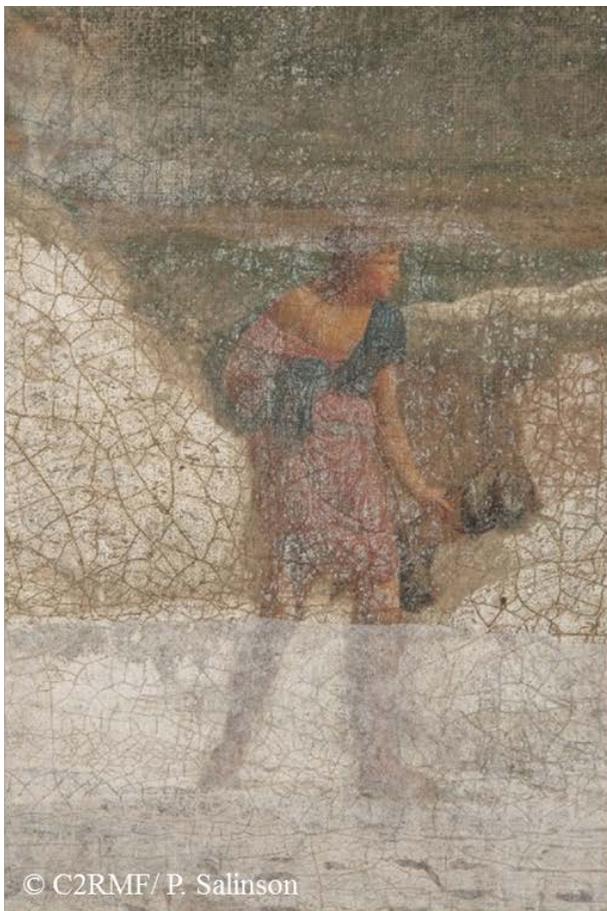
Chanci de vernis. Généralisé sur l'ensemble du tableau à l'exception de scène centrale éclairée riche en blanc de plomb et de certaines zones comme la tête de l'homme assis en bas à gauche. Il suit les craquelures et les germes de craquelures et révèle des traces de dessin préparatoire sur les deux macrophotographies de gauche. Traces de bleuissement.

12 Anne Louis Girodet-Trioson (1767-1824) et/ou Jean-Pierre Pequignot (1765-1807), *Chasseur dans un paysage*, Musée Girodet, Montargis, 988.3, F2937, 620 x 790 mm², Toile

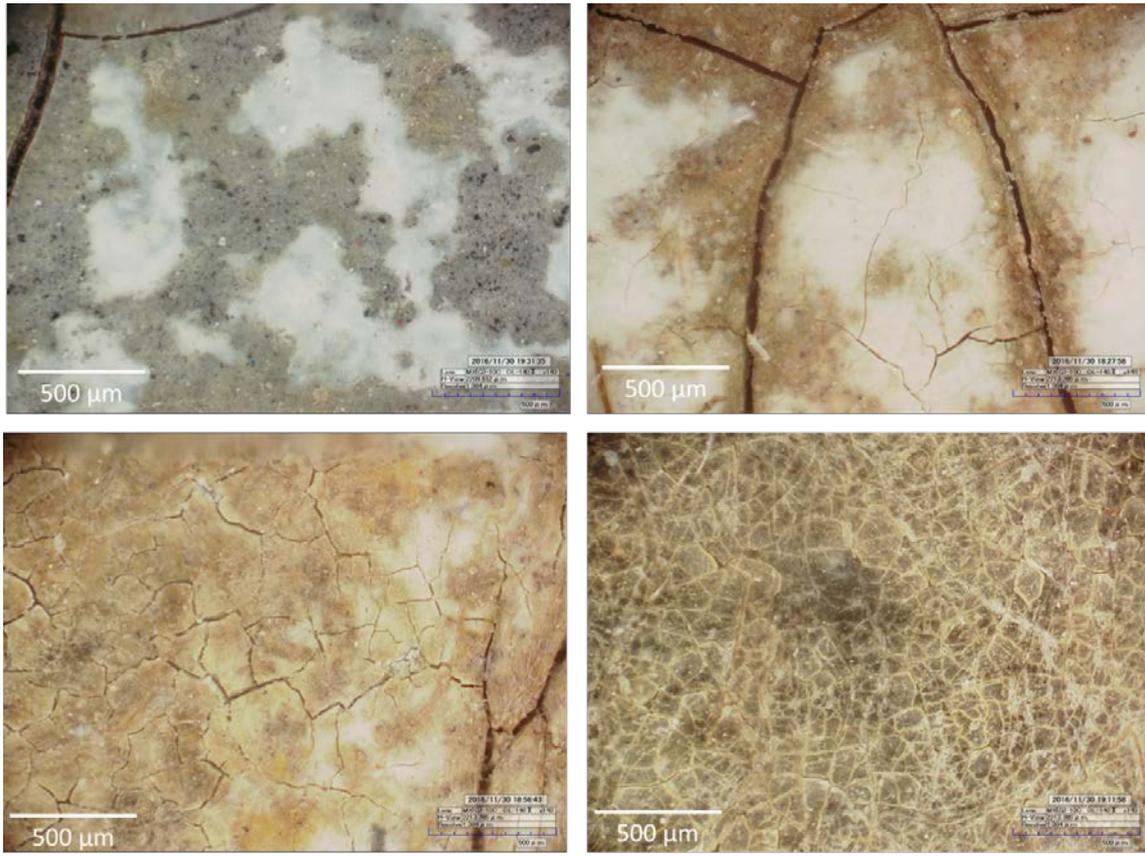
1. Vue générale en lumière visible en UV



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Cartographies de fluorescence X

Lumière visible	Lumière UV	Plomb $L\alpha$	Plomb M
Calcium $K\alpha$	Mercure $L\alpha$	Fer $K\alpha$	Manganèse $K\alpha$

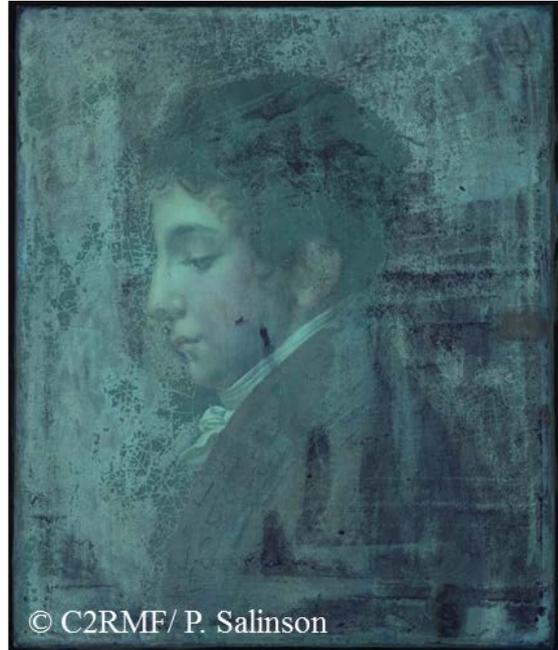
5. Description du chanci

Chanci de vernis. Trois aspects sont distinguables sur cette œuvre. En bas, le chanci est très opaque et généralisé est relativement blanc. Au milieu, il est plus brun. En haut de le ciel, il y a uniquement des taches de chanci. L'altération est éparse et ne suit pas les craquelures, mais les formes de la composition, comme l'arbre. Il ne s'agit pas d'un dévernissage sélectif. Les cartographies de fluorescence X sont discutées dans le chapitre 5.

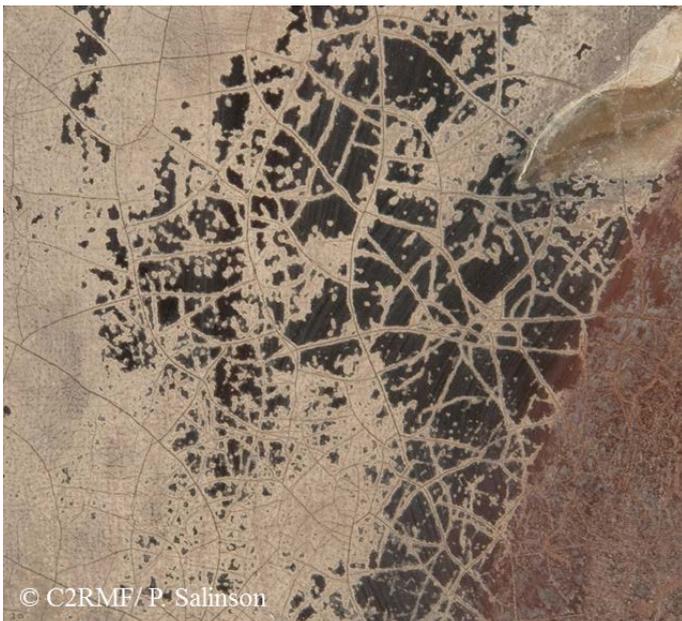
13

Atelier d'Anne-Louis Girodet-Trioson, *Portrait de Benoît-Agnès Trioson*, Musée Girodet, Montargis, 968.1, C2RMF 68322, 460 x 385 mm², Toile

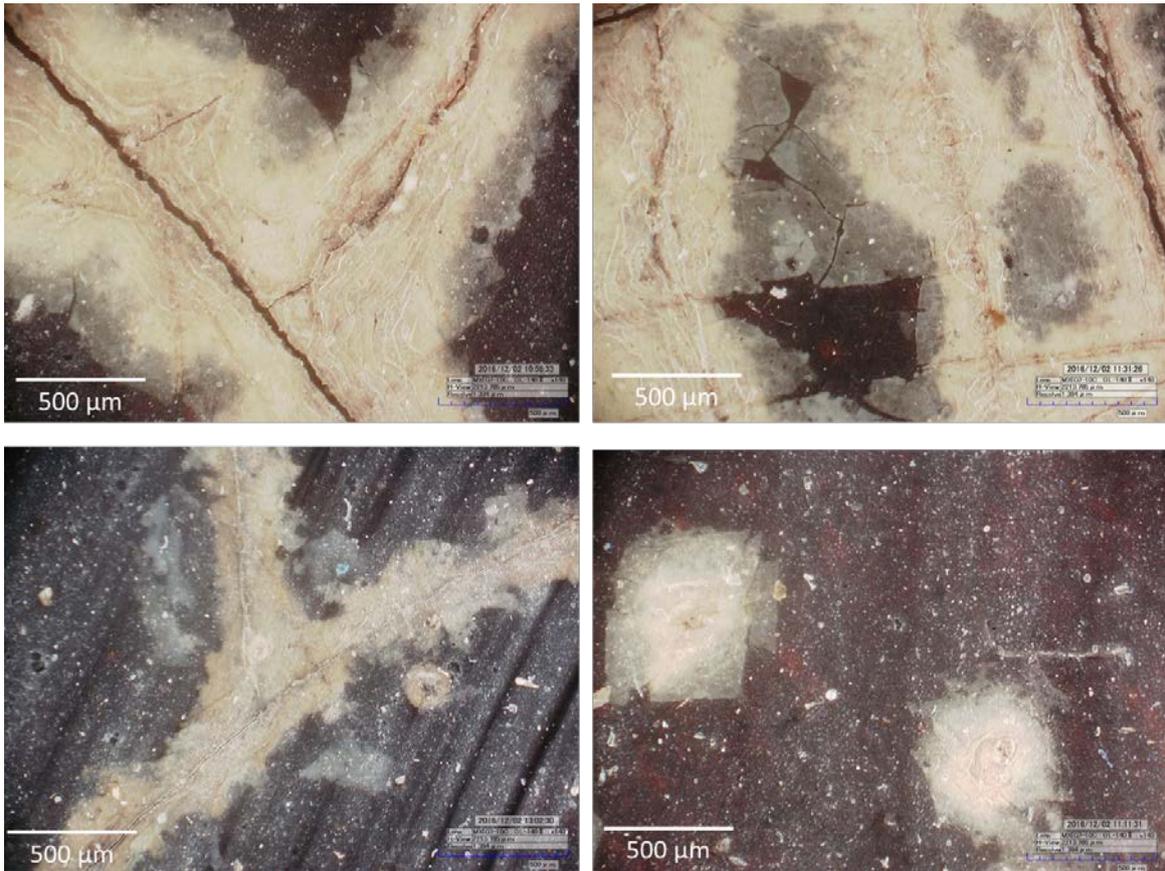
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Cartographie de fluorescence X

Lumière visible	Lumière UV	Plomb $L\alpha$	Plomb M
			
Mercure $L\alpha$	Fer $K\alpha$	Calcium $K\alpha$	Manganèse $K\alpha$
			

5. Description du chanci

Chanci de vernis. Voile dans les cheveux et très opaque dans le fond. Le chanci suit les craquelures et les germes de craquelures. Le chanci est localisé et la composition de la couche picturale a une influence notable sur son apparition. Il ne s'agit pas d'un dévernissage sélectif. Les cartographies de fluorescence X sont discutées dans le chapitre 5.

14

Alexandre Menjaud (1773-1832), *Les Adieux de Girodet à son atelier*, 1826, Musée Girodet, Montargis, 968.2, C2RMF 75858, 706 x 546 mm², Toile

1. Vue générale



2. Macrophotographies



5. Description du chanci

Chanci de vernis. Chanci localisé qui suit la composition (rideau en haut et main par exemple). Il ne s'agit pas d'un dévernissage sélectif. L'altération apparaît sur les bords des craquelures et au niveau des germes de craquelures. Les cartographies de fluorescence X sont discutées dans le chapitre 5.

15

Théodore Géricault (1791-1824), *Etude de trois crânes (Vanité)*, Musée Girodet, Montargis, 937.6, C2RMF 61079, 315 x 598 mm², Toile

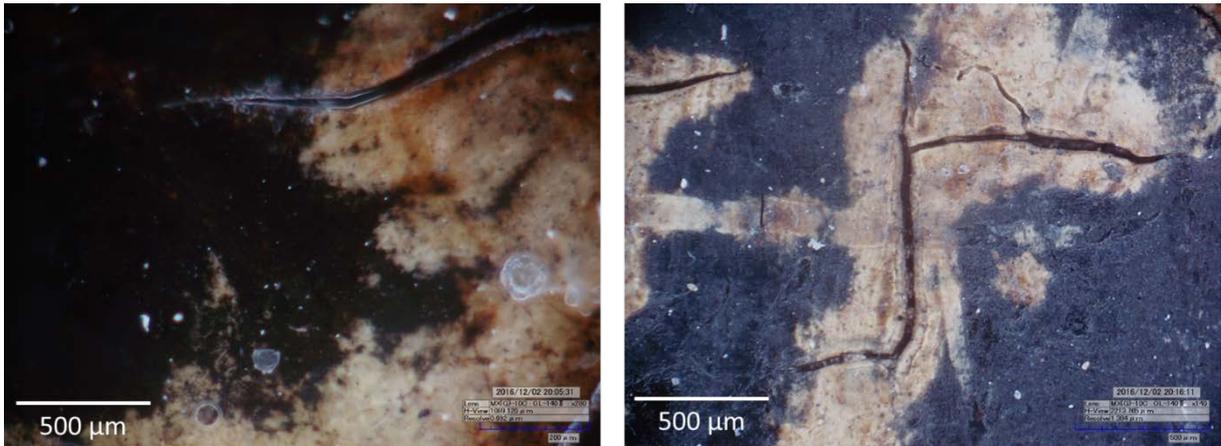
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

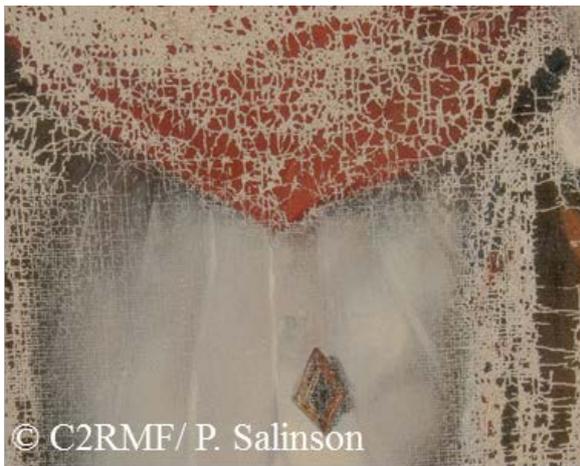
Chanci de vernis. Voile sur la partie basse du tableau et zone très opaque à droite du 2^{ème} crânes. La seconde photographie par microscopie numérique 3D a été effectuée sur une partie où le vernis a été allégé. Par conséquent, il est probable qu'il s'agisse d'un chanci sur une couche de vernis ancienne ou d'un chanci de couche picturale.

16 François-Hippolyte Debon (1807-1872), *Portrait d'Alexandre Dumeis*, 1831, Musée Girodet, Montargis, 874.28, C2RMF 75836, 920 x 731 mm², Toile

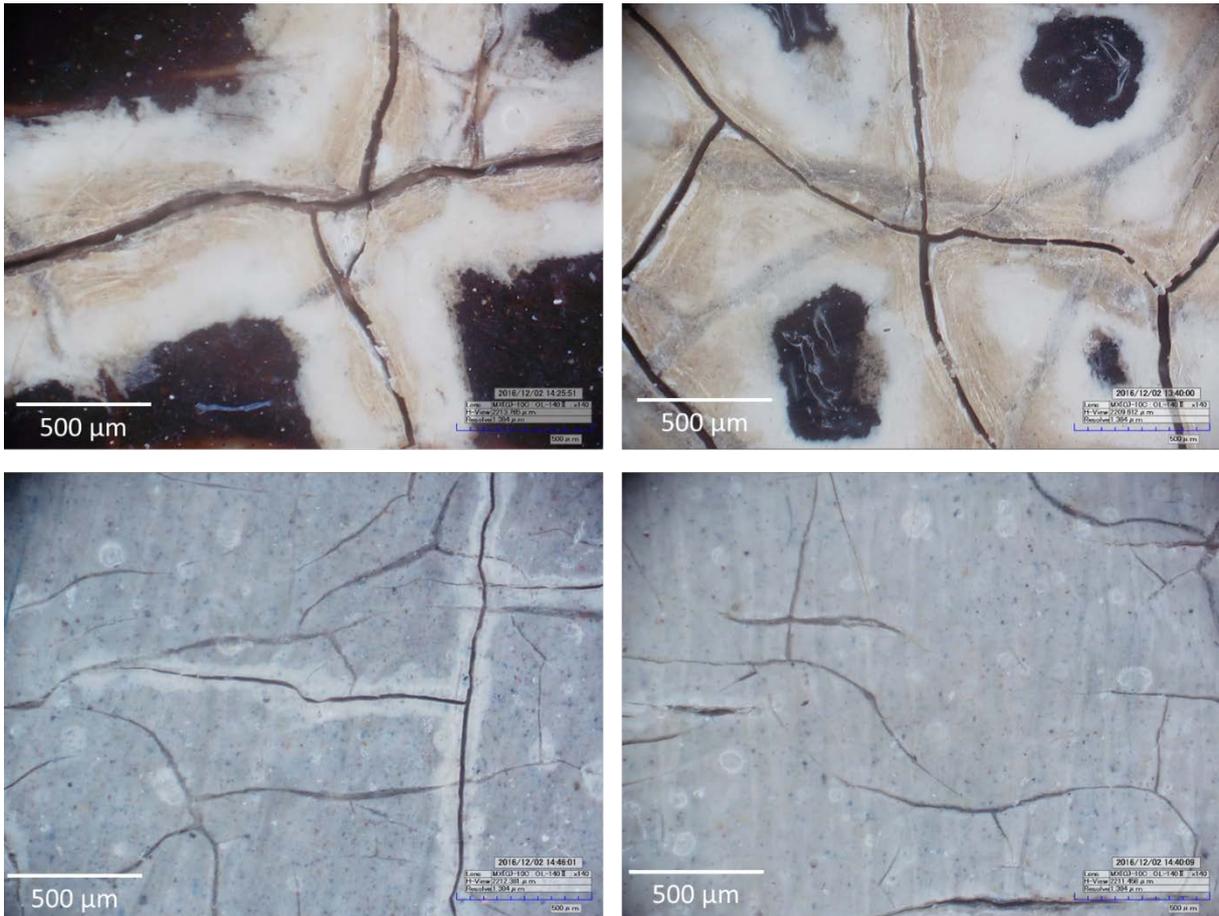
1. Vue générale



2. Macrophotographies



3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Cartographie de fluorescence

Lumière visible	Lumière UV	Plomb L α	Plomb M
Calcium K α	Mercure L α	Fer K α	

5. Description du chanci

Chanci de vernis. Chanci localisé, les zones riches en plomb sont moins chancies (carnation et chemise). Il ne s'agit pas d'un dévernissage sélectif. L'altération suit les craquelures. Les cartographies de fluorescence X sont discutées dans le chapitre 5.

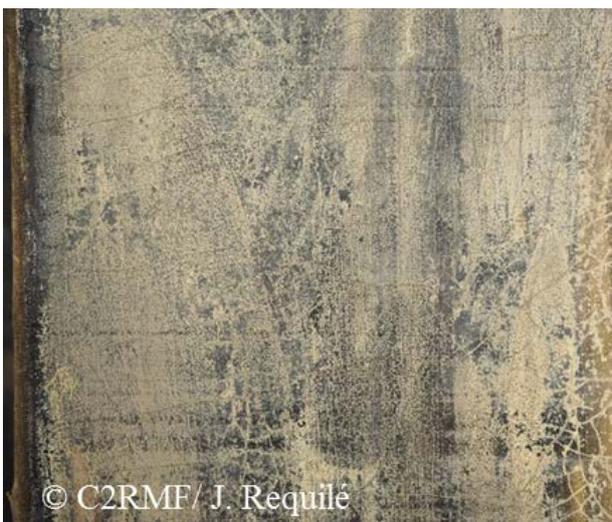
17

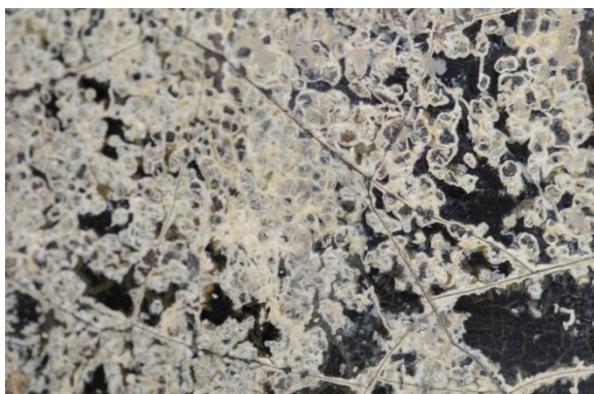
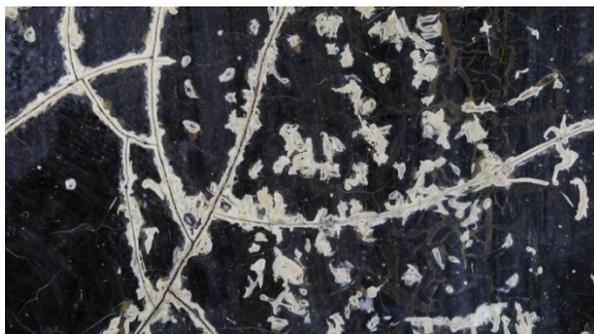
Alexandre Dumeis (1808-1864), *Intérieur de l'église de Montargis avant sa restauration*, 1854, Musée Girodet, Montargis, 874.21, C2RMF 75839, 923 x 730 mm², Toile

1. Vue générale

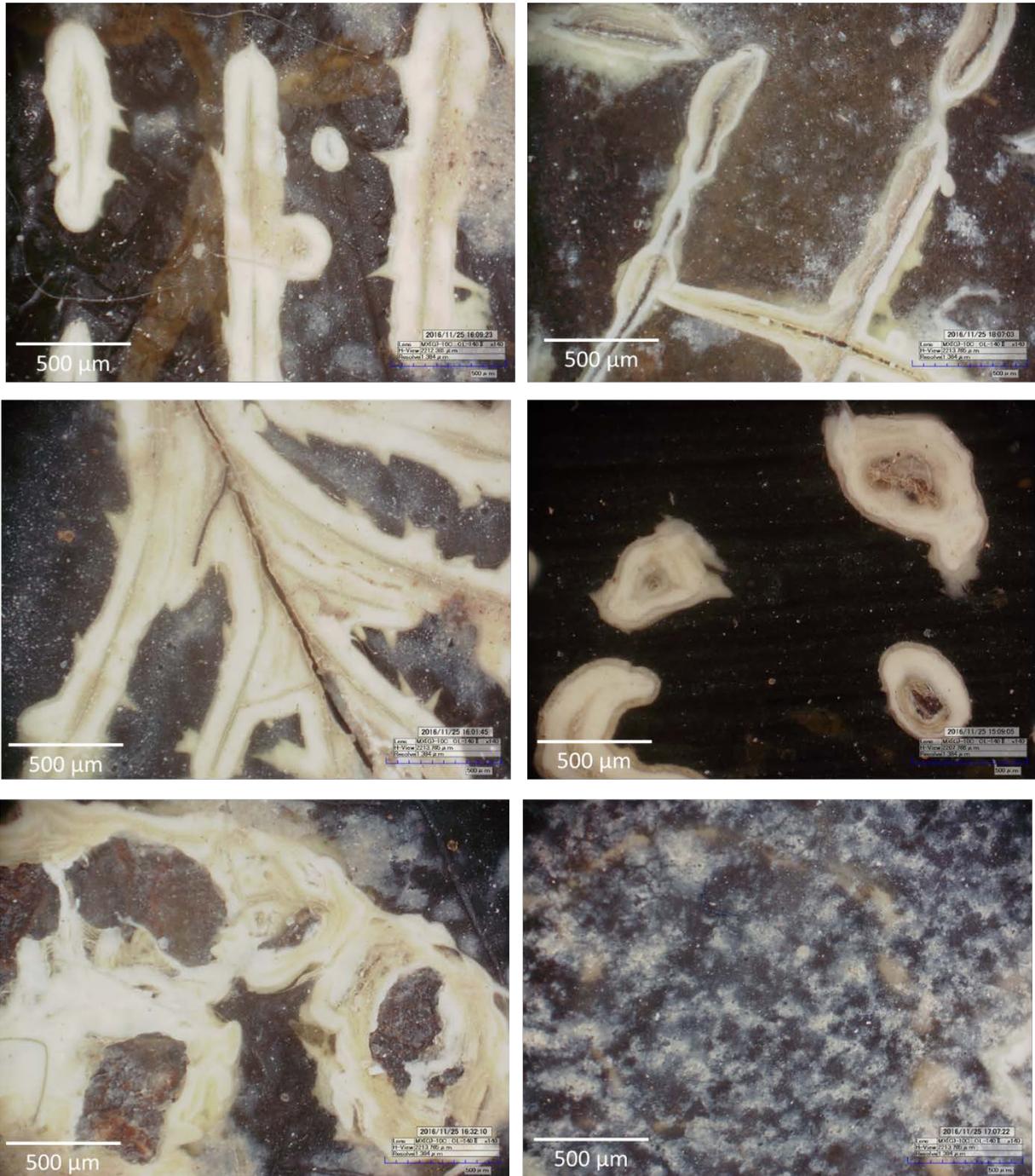


2. Macrophotographies





3. Observation par microscopie numérique 3D



4. Description du chanci

Chanci de vernis. Altération très importante, la composition picturale n'est quasiment plus visible. Voile sur la plupart de tableau et zones plus opaques le long des craquelures et des germes de craquelures.

1

Jean Cotelte (le Jeune) (1645-1708), *Vue de l'entrée du labyrinthe avec le Cabinet des oiseaux, des nymphes et des amours*, 1688, Musée National du château de Versailles et du Trianon, MV 730 / INV 3356 / B 1668, F7684, 2030 x 2290 mm², Toile

1. Vue générale



2. Zone des tests

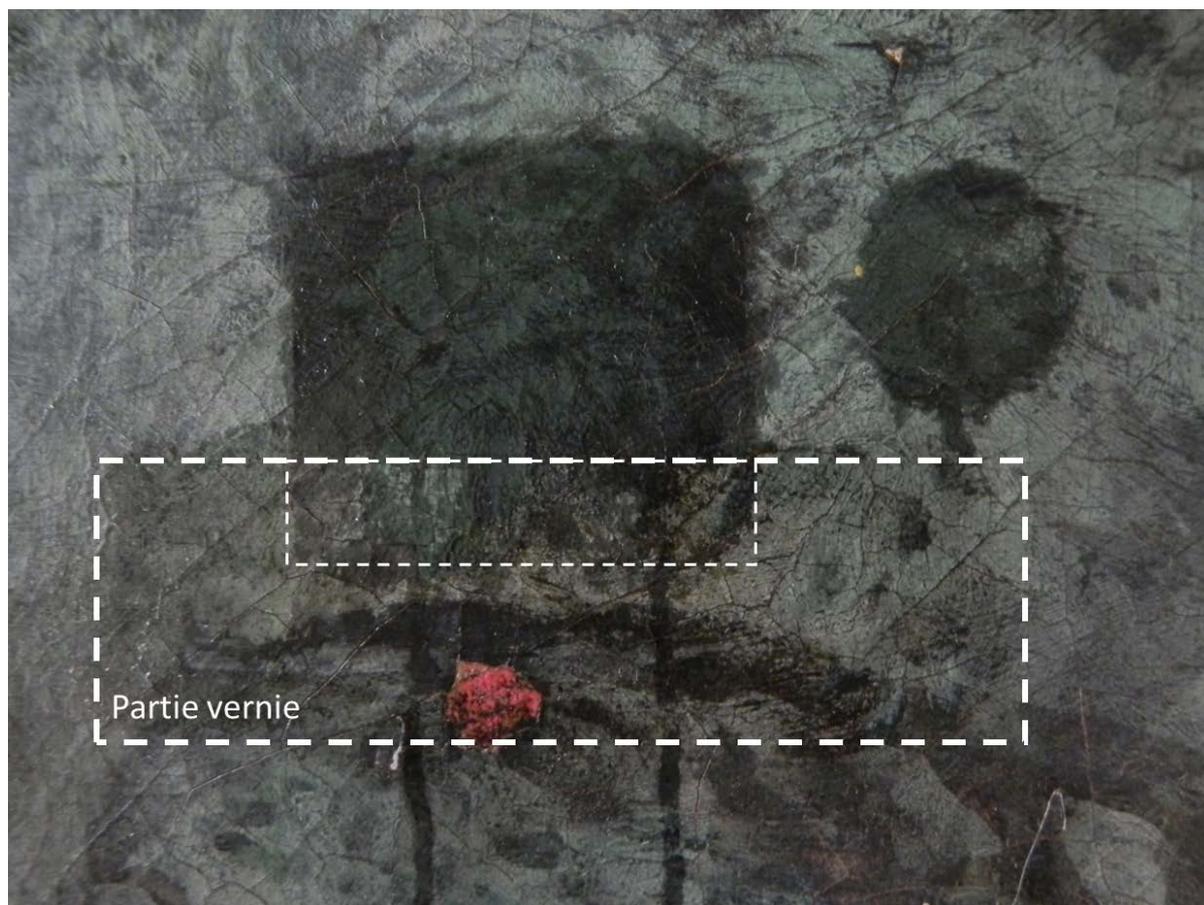


3. Evaluation de l'efficacité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE)

	Avant	T = 1 min	T=5 min
Diacétone alcool			
Vernis dammar			
DPFPE			
	T=3 jours	T=9 jours	T=1 mois
Diacétone alcool			
Vernis dammar			
DPFPE			

Le test avec le DPFPE apparaît visuellement plus satisfaisant et plus durable que ceux avec du diacétone alcool ou du vernis dammar. Pour le DPFPE et le diacétone alcool, aucun vernis n'a été appliqué en surface sur les images précédentes. Aucune trace n'est visible au revers de la toile.

La partie inférieure de la zone avec le DPFPE a été vernie 20 min après l'application du produit, c'est-à-dire avant sa pénétration. Le vernissage a été effectué au pinceau et a eu tendance à véhiculer le DPFPE. Il a donc été mêlé au vernis, ce qui a grandement compromis son efficacité.



Le zone ronde à droite correspond à un essai avec du DPFPE dilué dans du perfluorooctane pour obtenir un liquide moins visqueux. Le résultat est, mis à part une petite partie à droite, tout aussi satisfaisant.

L'amélioration visuelle n'étant pas immédiate, le risque est de vouloir rajouter du produit pour obtenir un résultat visuellement meilleur. Il est cependant important de ne pas

appliquer le produit trop en excès, pour éviter qu'il ne coule si l'œuvre est restaurée à la verticale. Pour cette œuvre, de fines coulures sont visibles sur la photographie précédente.

4. Evaluation de la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE)

Le DPFPE a été retiré en appliquant du perfluooctane avec un coton-tige. Le caractère réapparaissant signe que le produit a été retiré des pores superficiels. Des analyses ont été effectuées par nanotomographie pour évaluer la réversibilité dans l'ensemble de la couche chancie. Les résultats sont en cours de reconstruction.

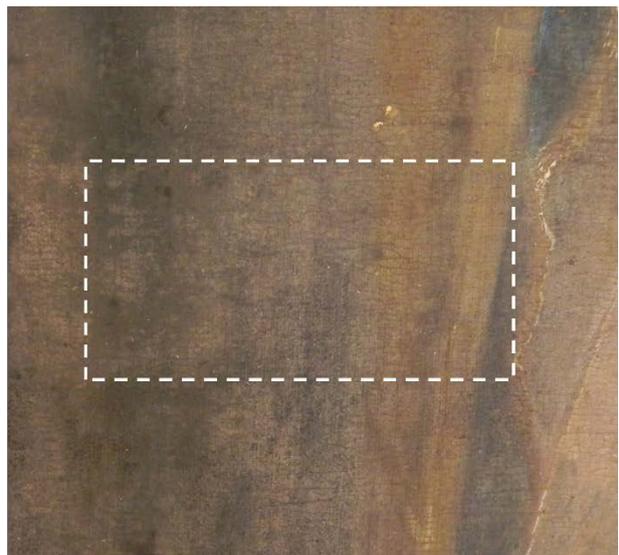
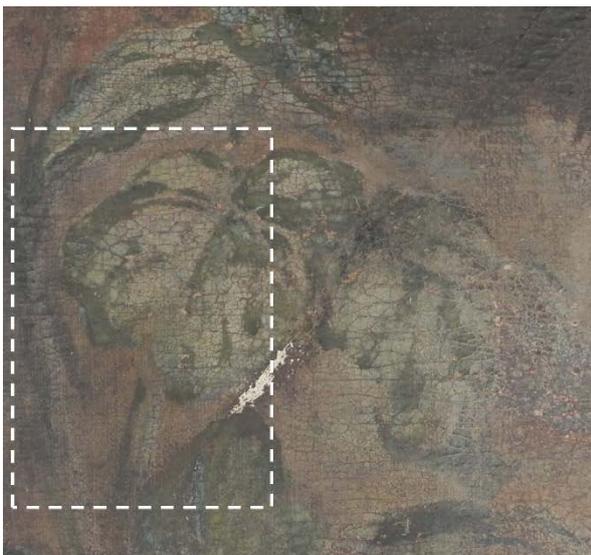


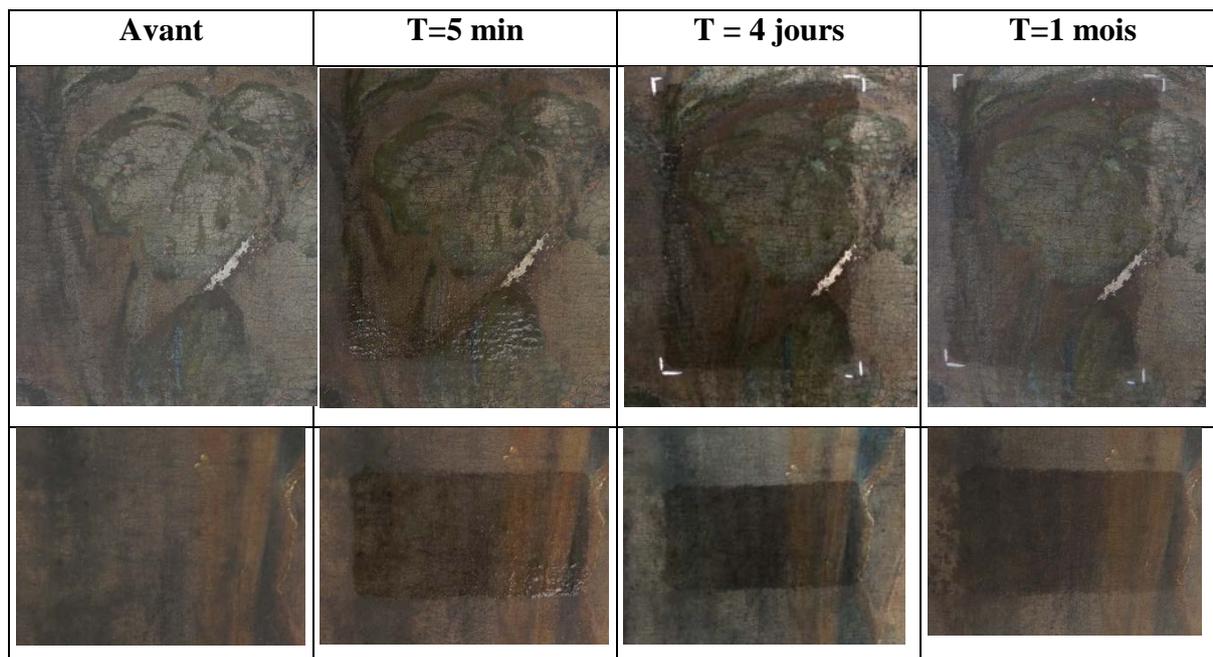
2 Anonyme, *Louis de Bourbon, Prince de Condé*, 1700-1800, Château de Bussy-Rabutin, BUS 1920000 / MH 1921/11/19, 2750 x 1940 mm², Toile

1. Vue générale



2. Zone des tests



3. Evaluation de l'efficacité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE)

Les tests effectués avec le DPFPE sont visuellement satisfaisant. Le résultat est plus satisfaisant en vrai, les conditions d'éclairage n'étaient pas optimales pour les prises de vue. Le produit a été appliqué sur l'œuvre à plat, ce qui a permis de faciliter la pénétration du produit. Pour limiter son évaporation, un film polyester mélinex® a été posé au niveau des tests.

4. Evaluation de la réversibilité du diamide de perfluoropolyéther (DPFPE)

Le DPFPE a été retiré en appliquant du perfluooctane avec un coton, puis en compresses avec un mélinex® en surface pour ralentir l'évaporation du solvant. Le chanci réapparaît signe que le produit a été retiré des pores superficiels. Des analyses ont été effectuées par nanotomographie pour évaluer la réversibilité dans l'ensemble de la couche chanci. Les résultats sont en cours de reconstruction.

ANNEXE III - Corpus 3 : peintures traitées avec le produit développé

