N° 4 Spécial - Août 2025, pp. 68-88 ISSN : 1996-8310

PROCESSUS DE NUMERISATION D'UNE PIERRE SCULPTÉE DE GOHITAFLA (CÔTE D'IVOIRE) EN 3D : DE L'ACQUISITION À LA MODELISATION.

Tié Lou Nayié Virginie DIBI
Docteure en Art, Culture et Développement en service au Musée des Civilisations de Côte d'Ivoire.
Email : gorevirginie@gmail.com

Wago Glwadis ZOGO
Docteure en Art, Culture et Développement,
Sous-directrice chargée des collections du Musée des Civilisations de Côte d'Ivoire.
Email : maglagla10@gmail.com

Resumé
La numérisation tridimensionnelle (3D) est devenue une méthode essentielle pour la conservation, la documentation et l'étude du patrimoine culturel. Cet article présente une analyse détaillée du processus de numérisation 3D appliqué à une pierre sculptée de Gohitafla (Côte d'Ivoire), en se concentrant spécifiquement sur les étapes allant de l'acquisition des données à la création d'un modèle 3D fidèle à l'objet physique. Nous examinons la technique d'acquisition au scanner, les défis méthodologiques rencontrés, les étapes cruciales du traitement des données, et les choix effectués lors de la modélisation. L'objectif est de fournir un aperçu complet du flux de travail impliqué dans la création d'une représentation numérique fidèle de cet artefact patrimonial.

Mots clés : *numérisation 3D, patrimoine culturel, pierre sculptée, valorisation numérique, scanner.*

Abstract

Three-dimensional (3D) scanning has become an essential method for documenting and studying cultural heritage. This article presents a detailed analysis of the 3D scanning process applied to a carved stone from Gohitafla (Ivory Coast), focusing specifically on the steps from raw data acquisition to the creation of a 3D model faithful to the physical object. We will examine the scanner acquisition technique, the methodological challenges encountered, the crucial steps in data processing, and the choices made during modeling. The objective is to provide a comprehensive overview of the workflow involved in creating a faithful digital representation of this heritage artifact.

Keywords*: 3D scanning, cultural heritage, carved stone, digital valorization, scanner.*

Introduction

Les collections patrimoniales constituent le témoignage tangible de notre histoire et de notre identité culturelle. Leur préservation face aux défis du temps et de l'accessibilité est une préoccupation majeure. La numérisation 3D offre une réponse innovante à ces enjeux, en permettant de créer des répliques virtuelles d'une précision remarquable. Cet article se propose d'examiner en détail le processus de numérisation 3D des collections patrimoniales, en illustrant son intérêt à travers le cas spécifique d'une pierre sculptée de Gohitafla, dont la numérisation ouvre de nouvelles voies pour sa compréhension et sa diffusion.

1. Cadre théorique et methodologique

Ce travail s'inscrit dans le champ de la muséographie numérique et des applications des technologies 3D à la documentation et à la valorisation du patrimoine culturel. La démarche méthodologique adoptée est une étude de cas qualitative, centrée sur le processus de numérisation 3D d'une pierre sculptée de Gohitafla (Côte d'Ivoire). L'objectif principal est de décrire et d'analyser en détail les étapes clés de ce processus, de l'acquisition des données à la modélisation tridimensionnelle, en mettant en lumière les défis techniques, les choix méthodologiques et les potentialités offertes par cette technologie pour la conservation et la diffusion du patrimoine.

Sur le plan théorique, cette étude s'appuiera sur les concepts fondamentaux de la documentation numérique du patrimoine, en explorant les apports de la numérisation 3D en termes de fidélité de la représentation, de pérennisation des informations et d'amélioration de l'accessibilité. Nous mobiliserons également des cadres théoriques issus des études sur la visualisation 3D et l'interaction homme-machine pour analyser la qualité des modèles produits et leur potentiel pour l'étude scientifique, la médiation culturelle et la présentation au public. Une attention particulière sera accordée aux principes du scanner.

En définitif, le cadre de cette étude combine une approche méthodologique descriptive et analytique, ancrée dans une étude de cas, avec un cadre théorique mobilisant les concepts de la muséographie numérique, de la documentation du patrimoine, de la visualisation 3D et les principes techniques du scanner.

1.1.La Pierre Sculptée de Gohitafla : Contexte et importance

Depuis février 2024, le Musée des Civilisations de Côte d'Ivoire est lancé dans un processus de numérisation en 3D de toute sa collection. C'est dans ce contexte que cette pierre sculptée de Gohitafla appartenant à la collection de ladite institution est numérisée en 3D.

Nom de l'objet: pierre sculptée de Gohitafla
N°d'inventaire: R2011-923
Catégorie de l'objet: pièce archéologique
Matière: latérite
Provenance: Maminigui-Gohitafla
Dimensions (cm):29,4 x14,3 x45,3
Poids (Kg): 7

N°d'inventaire: R2011-923

1.2.Méthodologie de Numérisation 3D

Cette section présente les étapes suivies pour la numérisation 3D de la pierre sculptée de Gohitafla, en effet, l'opération de la numérisation 3D au scanner obéit à neuf (09) grandes étapes notamment :

- l'installation du matériel ;
- le réglage des paramètres du scanner ;
- les acquisitions des scans ;
- le traitement des scans dans le logiciel ARTEC ;
- le traitement du modèle ARTEC dans le logiciel MARI ;
- le traitement du modèle issu du logiciel MARI dans le logiciel BLENDER ;
- le traitement du modèle dans le logiciel X-NORMAL ;

- la médiation et la diffusion ;
- la sauvegarde et l'archivage.

2. Resultats

Cette partie présente les différentes étapes du processus de numérisation en 3D appliquées à la pierre sculptée de Gohitafla.

2.1.Installation du matériel

Cette étape consiste à mettre en place le scanner ; l'ordinateur équipé du logiciel ARTEC et de l'objet à scanner.

Le déballage du matériel s'effectue sur une table propre, la zone d'opération doit être dégagée.

Dans le tableau ci-dessous la description de l'installation des composantes du matériel :

Tableau n°1 : présentation synoptique de l'installation du matériel

MATERIEL	ACTION A MENER
SCANNER (voir photo n°1)	- Sortir le scanner de sa caisse - Brancher l'alimentation électrique du scanner - Brancher le câble USB au scanner (le câble est fragile, faire la manipulation avec prudence). - Connecter le scanner à l'ordinateur (sur la prise USB 2.0 / Prise noire ou USB 3 / prise bleue) (à gauche de l'ordinateur MSI)
ORDINATEUR (Voir photo n°2)	- Lancer le logiciel Artec Studio sur l'ordinateur - Cliquer sur l'onglet SCAN (colonne de gauche) - Laisser le scanner monter en température : 35° est la température d'opération optimale. Si on ne ne voit pas les informations de température, vérifier que le câble USB est bien branché sur le scanner.

	- Créer un nouveau projet (Fichier > Nouveau projet ou sur l'écran d'accueil « Nouveau projet » - Enregistrer le projet : Fichier > « Enregistrer le projet sous » - Nom : entrer le nom du projet selon la nomenclature retenue par le musée. Ex. R2011_923_SCAN (Annéemoisjour_n° d'inventaire de l'objet SCAN) - Emplacement : créer le dossier dans lequel enregistrer le scan. Ex. D:\CAMPAGNES\3D\20240226_R2011_923)
POSITIONNEMENT DE L'OBJET A SCANNER (voir photos n°3 et 4)	- La table de travail doit être dégagée et permettre d'y déposer et d'y manipuler l'objet à numériser. - Le plateau tournant doit être stable et placé à l'horizontale (vérifier à l'aide du niveau à bulle) - Des petits morceaux de

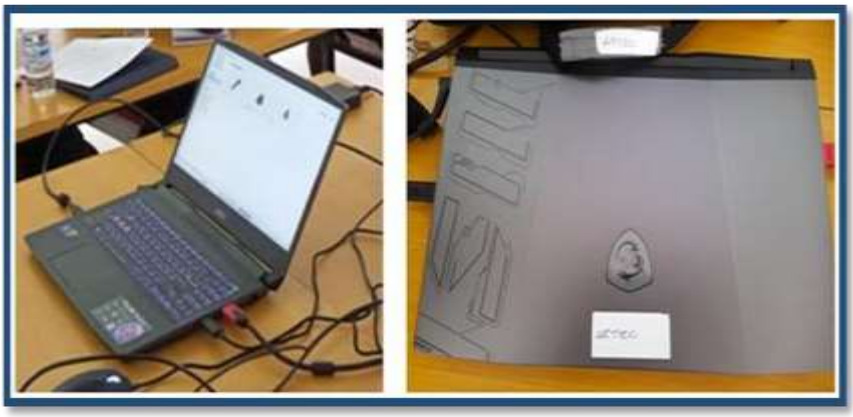
	feutre permettent caler l'objet si besoin pour en assurer la stabilité. - L'objet doit être placé au centre du plateau

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Photo n°1 : photos du scanner

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Photo n°2 : photos de l'ordinateur qui abrite le logiciel



Aterc

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Photo n°3 : exemple de positionnement de l'objet à scanner

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Photo n°4 : positionnement de la pierre sculptée sur la plaque tournante du scanner

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

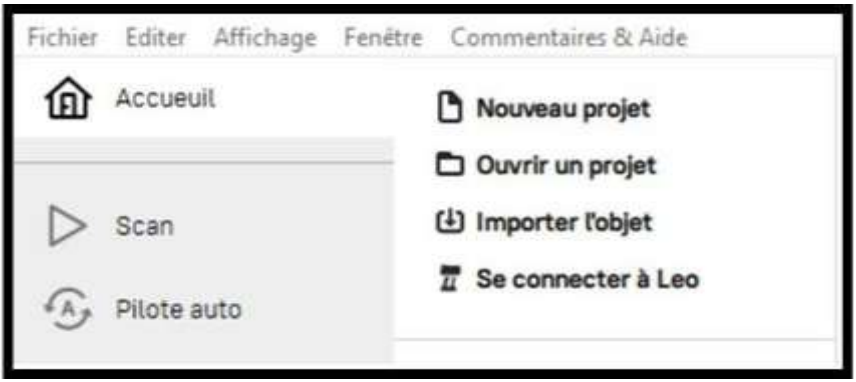
2.2. Réglage des paramètres du scanner

Dans cette partie, il s'agit d'aller dans le logiciel ARTEC STUDIO afin d'y faire les réglages recommandés tels que : la géométrie, la couleur, la vitesse de numérisation, etc…

Dans Artec Studio :

- Sélectionner l'interface Scan

Photo n°5 : interface scan du logiciel Artec



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Sur l'écran, sélectionner :

- Géométrie + texture
- Cocher affichage de la distance avec couleur
- Au 2e scan cocher : alignement automatique
- Cocher Activer la suppression automatique du support (pour le ou les premiers scans)
- Vitesse de numérisation
- Décocher fusion temps réel
- Décocher traitement en temps réel Dérouler le menu « Avancé »
- Cliquer masquer le panneau pendant le scan (Régler la profondeur de champ near au minimum et far au maximum et régler la sensibilité du scan à normal)
- Fréquence image texture : 1, 2 ou 3 (1= qualité maximale mais très lourd pour la machine.)

- Prendre le scanner en main
- Pousser une fois le bouton VERS LE HAUT pour activer le mode prévisualisation
- Viser l'objet avec le scanner
- Décocher « réglage automatique de la luminosité et régler manuellement la luminosité de la texture.

2.3. Captation des images

La captation étant une phase pratique, elle se fait selon le processus suivant :

- Saisir le scanner, et commencer par viser le plan de travail (pour la suppression automatique du plan : une grille bleue apparaît). La suppression automatique du support se fait quand on ferme la fenêtre scan
- Pousser le bouton du scanner vers le haut pour commencer à scanner.
- Bien gérer la distance et la rotation du scanner par rapport à l'objet.
- Faire des scans pas trop longs (environ 30 secondes ou 500 images maximum)
- Pousser le bouton du scanner vers le bas pour arrêter de scanner.
- Recommencer à scanner (prendre soin au recouvrement entre les scans)
- Après chaque scan vérifier la précision. Si supérieur à 0.4, supprimer et refaire. Faire la bonne quantité de scans pour être sûr d'avoir l'objet complet.

- Cliquer sur CTRL + S pour sauvegarder régulièrement (le logiciel a aussi un système de sauvegarde automatique).

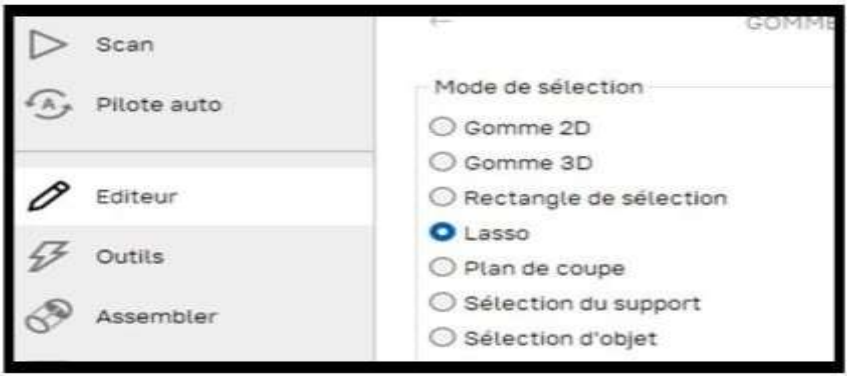
2.4. Traitement des données

Les résultats de la captation nous servent à faire le traitement des données. Ce traitement consiste :

- **Au nettoyage des scans**

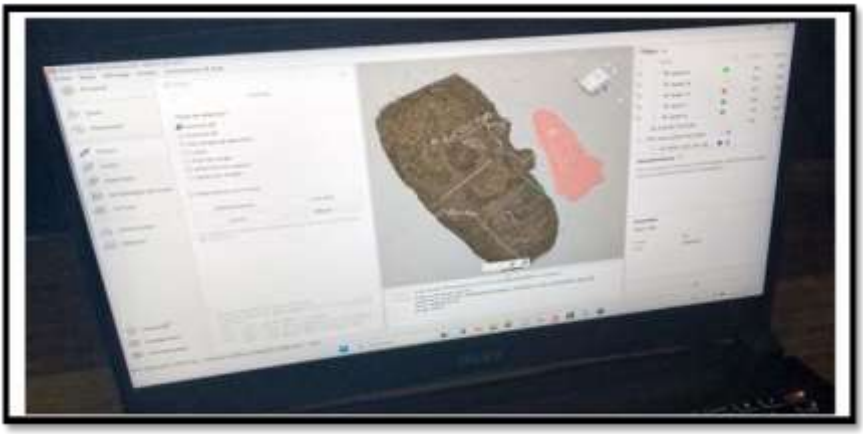
Si les scans contiennent des données inutiles ou parasites, on peut les nettoyer dans l'onglet éditeur en sélectionnant l'outil gomme. Plusieurs types de gomme sont disponibles tels que sélection support, lasso, gomme 3D… La sélection se fait en appuyant sur les touches CTRL + SHIFT (MAJ) du clavier.

Photo n°6: interface scan du logiciel Artec au nettoyage des scans



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Photo n°7: pierre sculptée de Gohitafla à la phase du nettoyage des scans dans le logiciel ArtecSource : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024



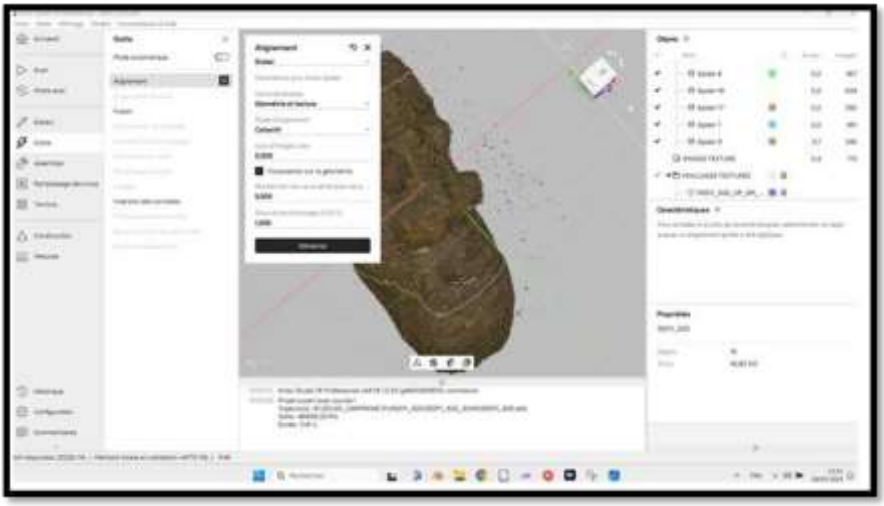
Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

- **A l'alignement des scans**

Aller dans l'onglet Outils, régler les paramètres d'alignement (global ; géométrie et texture ; collectif ; taux d'images clés : 0,300 (+ augmente la qualité du scan mais demande plus de ressources) ; recherche : 5000 ; sous-échantillonnage : 1,000 (pas de sous-échantillonnage)). Suite à cette étape, vient le démarrage de l'alignement. Normalement les scans sont alignés grâce à AUTO ALIGN. Si ce n'est pas le cas on utilise l'outil transformé dans la fenêtre principale. On fait un alignement approximatif et on relance l'alignement.

Si besoin on peut procéder à une réduction du bruit.[1]

Photo n°8 : pierre sculptée de Gohitafla à la phase de l'alignement des scans dans le Logiciel Artec



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

- **A la fusion des scans**

Aller dans l'onglet « Outils », cliquer sur les paramètres de fusion (engrange à droite du mot fusion) et y faire les réglages suivants :

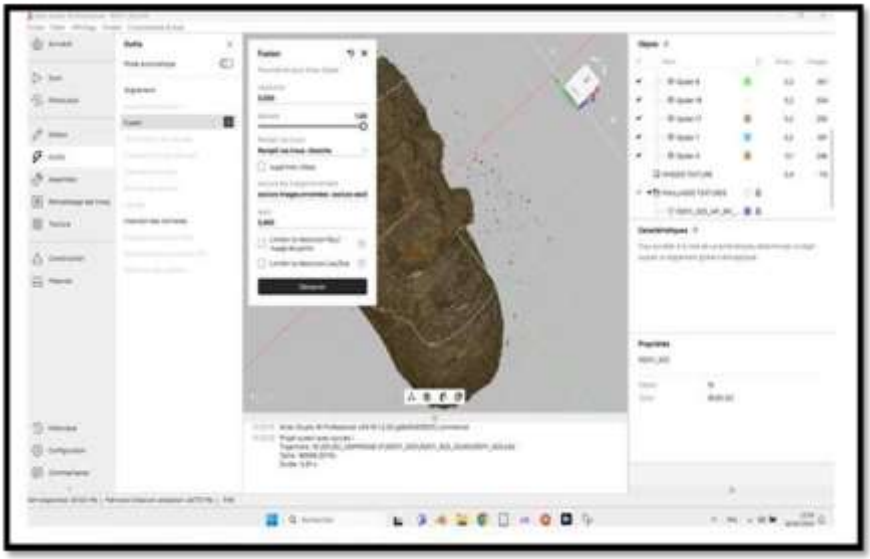
- résolution : 0,300 (plus la valeur est basse plus la fusion est précise 0,150 est le minimum)
- .netteté : 1.00
- remplir les trous : étanche

[1] Le bruit dans ce contexte, est l'ensemble des petites particules qui restent sur l'objet quand l'opération du nettoyage des scans est terminée

- exclure les images erronées : seuil 0,400/0,300.

Terminer cette opération en cliquant sur « Démarrer ».

Photo n°9 : pierre sculptée de Gohitafla à la phase de fusion des scans dans le logiciel Artec .

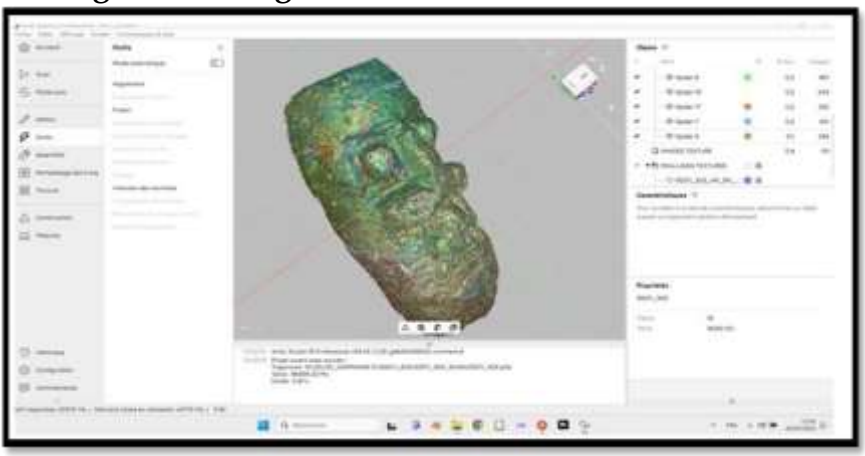


Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

- **A l'optimisation du maillage**

Cette étape consiste à réparer l'artefact, supprimer les petits objets et réparer les polygones défectueux et décocher « Simplification » sauf s'il y'a besoin de production d'une version allégée (décimée) du modèle.

Photo n°10 : pierre sculptée de Gohitafla à la phase du maillage dans le logiciel Artec



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

- **Au remplissage des trous**

A ce stade, il revient à vérifier dans « Remplissage des trous » s'il y a des trous involontaires. Si tel est le cas il faut les modifier manuellement. Ou des trous à creuser (exemple d'une perforation de type « tunnel » qui traverse l'objet mais qui dépasse la capacité de mesure du scanner).

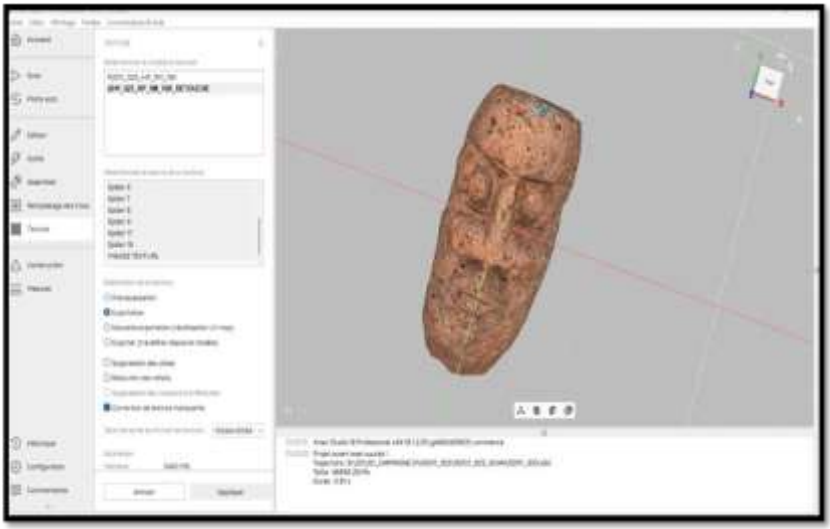
Cette partie est facultative, elle n'intervient qu'après observation des trous. Dans le cas de la pierre sculptée de Gohitafla, nous n'avons pas eu recours à cette étape.

- **Au traitement de la texture**

Il s'agit de créer une texture par défaut à partir des photos du ARTEC en allant dans l'onglet« Texture » pour sélectionner le modèle à texturer (Ex. Smart fusion) ;

sélectionner les sources de la texture (Cliquer sur le premier élément + Maj puis cliquer sur le dernier élément de la liste) ; cocher« Exportation » ; cocher « Réduction des reflets » : 5 ; cocher correction de texture manquante ; sélectionner la plus grand UV possible : 16384x16384 (16k). Il est possible de faire des exports plus petits si besoin : 4K (4096), 8K et cliquer sur appliquer pour valiser l'opération.

Photo n°11 : pierre sculptée de Gohitafla en phase de création de la texture Artec[2]



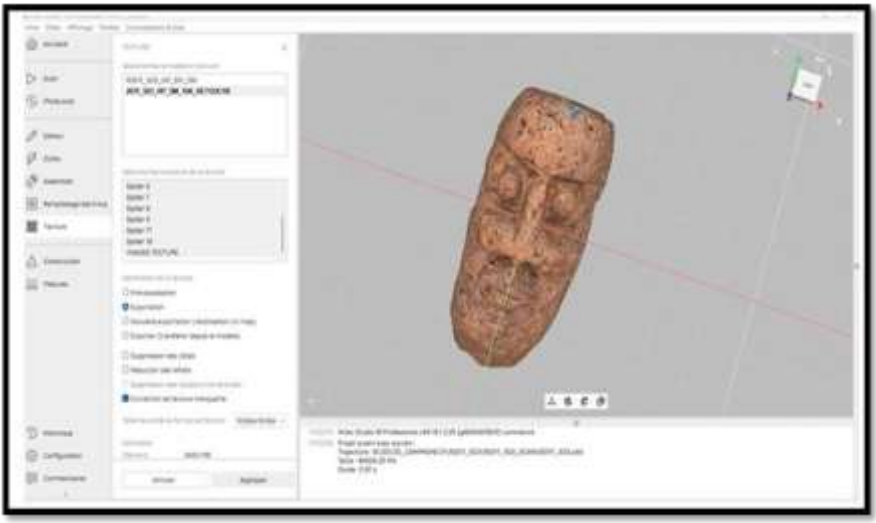
Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

[2] La texture ARTEC est la texture par défaut dans le logiciel ARTEC qui s'obtient avec les Scans

Le logiciel produit une texture à laquelle on peut appliquer des corrections d'exposition, de contraste, gamma, etc. Les propriétés du modèle sont visibles en bas à droite de l'écran quand le modèle est sélectionné

Il est important de renommer les différents maillages en fonction de leur caractéristique : nombre de polygone (9M) et qualité de la texture (4K, 8K, 16K).

Photo n°12 : pierre sculptée de Gohitafla en cours de création de la texture Artec

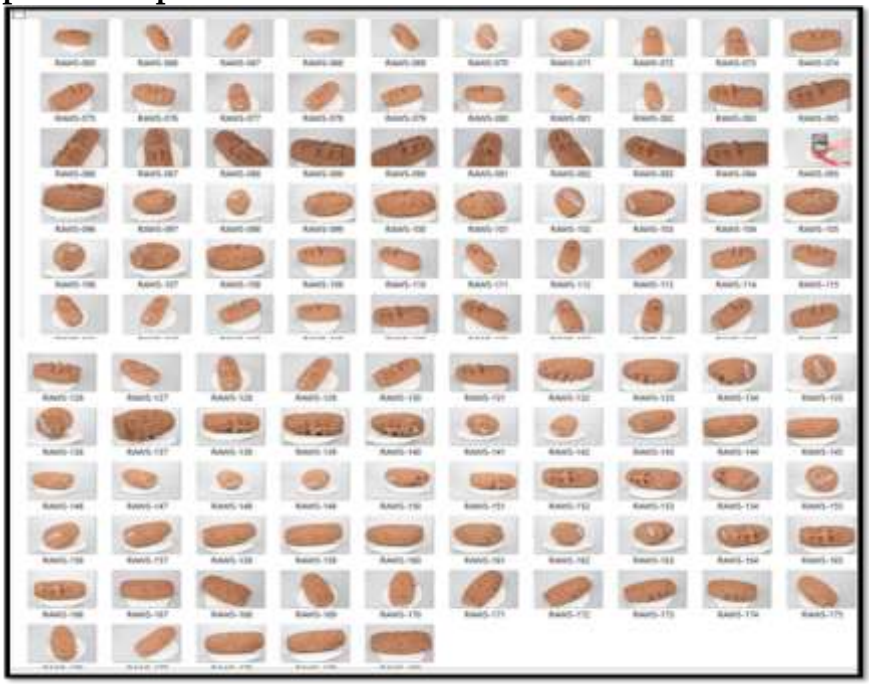


Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Il est important de signifier qu'en dehors des scans, il est possible de créer une texture à partir des photos de studio en important les photos développées et suivre les étapes suivantes :

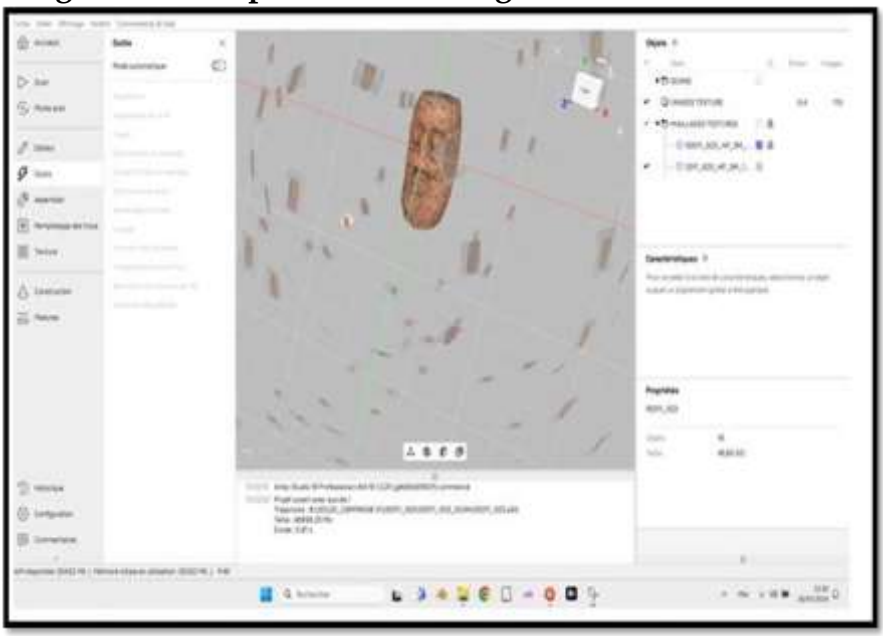
- fichier > Importation > Photo
- choisir les jpg développés dans le dossier DEV
- dans le volet « Objets » colonne de droite, sélectionner : les scans, le maillage et le (ou les) jeux de photos. Ne pas dépasser 149 photos.
- dans l'onglet « Outils > Alignement », dans le menu déroulant, choisir « Photo » à la place de Global
- une fois l'alignement terminé, les photos sont repositionnées dans l'espace autour de l'objet

Photo n° 13: Vue d'ensemble des photos développées de la pierre sculptée de Gohitafla



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Photo n°14 : pierre sculptée de Gohitafla à la phase de l'alignement des photos dans le logiciel Artec



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

- dans Texture (sélectionner le Maillage. Exemple : R03_100_PHOTOS ; sélectionner le ou les jeux de photos. Exemple « jeu de photos »).
- vérifier les paramètres de texture.

Photo n°15 : interface de vérification des paramètres de texture élaborée dans le logiciel Artec

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

- **A l'export du modèle 3D**

- Suite aux étapes précédentes, si le modèle obtenu est satisfaisant, il est exporté selon le procédé suivant :
- fichier > exporter > Maillages ;
- sélectionner le dossier. Exemple : B:\3D\R2011_923 ;
- créer un dossier « EXPORT » dans le dossier dans lequel se trouve le fichier Artec studio 3D. Exemple : B:\3D\R2011_923\EXPORT ;
- Créer un sous-dossier qui contiendra les différents exports du modèle 3D : R90_456_HP_6M_16K ou R2011_923_LP_50K_16K
- Nom : choisir un nom de fichier : exemple : R2011_923_HP_6M_16K

(HP veut dire « *High poly* » c'est-à-dire un modèle de haute résolution, LP veut dire « *Low Poly* » un fichier allégé (on dit « décimé ») ;6M veut dire que le modèle fait 6 Millions de polygones (informations présente en bas à droite de l'écran dans Artec Studio) ;16K veut dire que la texture est de 16384x16384) ;

- format : choisir le format .obj ;
- texture : choisir le format de texture .png ;
- cliquer sur exporter ;
- le modèle 3D exporté se compose de trois fichiers qui doivent restés ensemble dans le même dossier (OBJ : le maillage au format OBJ (dans la résolution choisie, high poly ou low poly selon les paramètres d'export) ; PNG : le fichier de texture selon la résolution choisie : 4K, 8K, 16K et MTL : fichier technique permettant aux logiciels 3D d'associer le maillage et la texture. Il contient le nom du fichier de texture. Il est possible de l'ouvrir dans le Bloc Note).

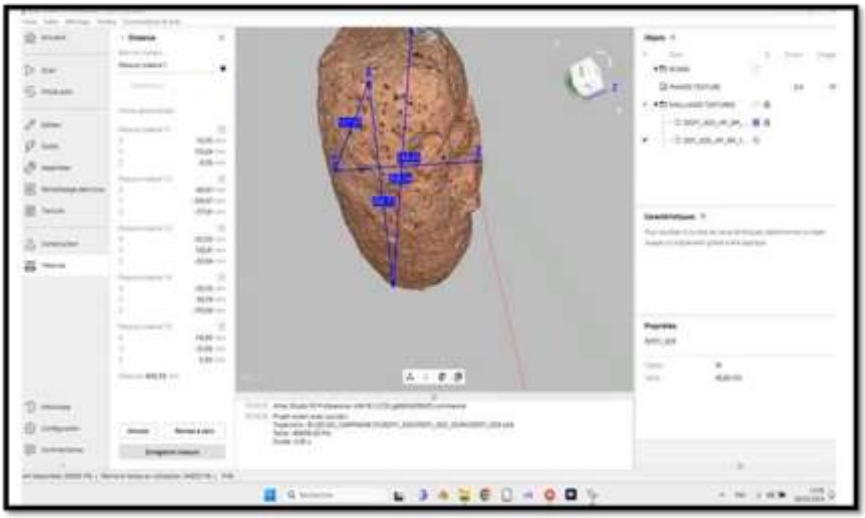
Photo n°16 : textures exportées de la pierre sculptée de Gohitafla du logiciel Artec

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

Important : Ajouter les informations de l'objet numérisé à la racine du dossier, à partir du tableau de campagne : titre, description, catégorie, crédits… Par exemple : copier-coller les informations du tableau dans un document.

Il est possible de prendre des mesures de l'objet dans Artec Studio 3D. L'action consiste à aller dans mesures et choisir le premier outil « Distance » pour faire toutes les prises de mesures.

Photo n°17 : prise de mesures de la pierre sculptée de Gohitafla dans le logiciel Artec



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2024

2.5. Traitement du modèle dans le logiciel Mari

Après avoir été traité dans le logiciel ARTEC, l'objet (pierre sculptée de Gohitafla) est ensuite importé dans le logiciel MARI afin de corriger les éventuelles imperfections qui subsistent. Cette étape permet d'affiner les détails, d'ajuster les textures et d'assurer une meilleure qualité visuelle du modèle. Le présent point détaillera le parcours de l'objet dans le logiciel Mari, en mettant en évidence les différentes opérations réalisées pour parfaire son rendu final.

- **Création du projet dans le logiciel Mari**

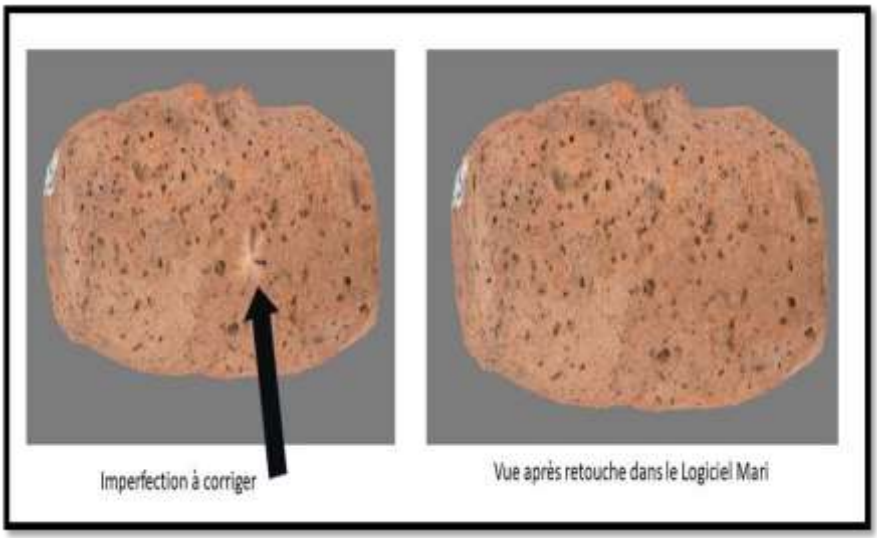
Le projet est créé dans le logiciel Mari par l'importation du maillage issu du logiciel ARTEC, garantissant ainsi une fidélité optimale du modèle 3D. En parallèle, les textures générées dans ARTEC sont également importées dans Mari, incluant notamment la Base Color et la Normale. Cette intégration permet de conserver les détails et les informations essentielles du scan 3D, assurant un rendu réaliste et précis pour la suite du processus de texturation.

- **Inspection et retouche des textures**

Une fois le projet créé dans le logiciel Mari, le résultat obtenu nécessite une inspection minutieuse et une retouche des textures afin d'assurer une qualité optimale. Cela inclut l'inspection et le traitement de la normale, visant à corriger d'éventuels défauts de relief ou d'irrégularités pouvant impacter le rendu final. De même, l'inspection et le

traitement de la base color sont essentiels pour ajuster les couleurs et garantir une cohérence visuelle fidèle au modèle original.

Photo n°18 : vues de la pierre sculptée dans le logiciel Mari à la phase de l'opération d'inspection du modèle 3D



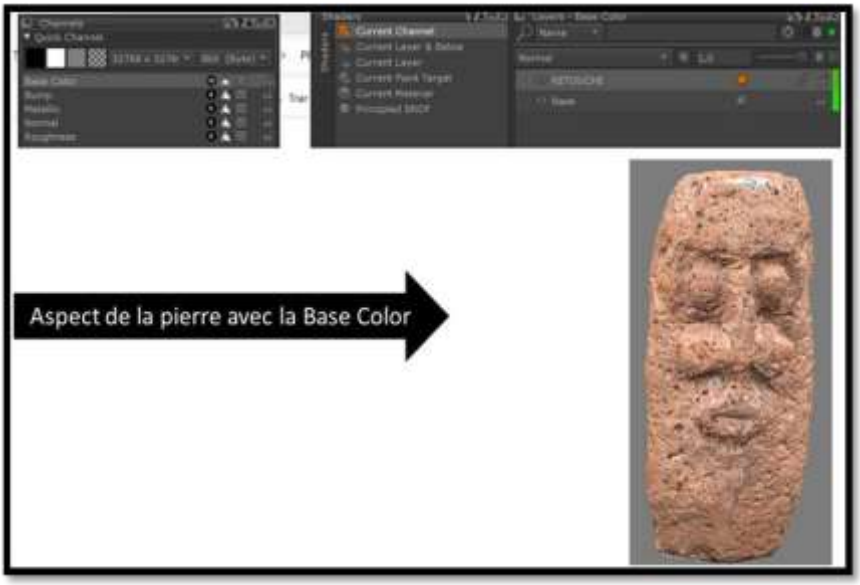
Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

- **Création des textures complémentaires**

Après les deux premières étapes d'importation et de retouche des textures de base, la troisième étape consiste à créer et traiter les textures complémentaires afin d'enrichir le réalisme du modèle. Cela inclut la création et le traitement de la *metallic*, permettant de définir les zones réfléchissantes du matériau, ainsi que la création et le traitement de la *roughness*, qui ajuste la rugosité des surfaces pour un rendu

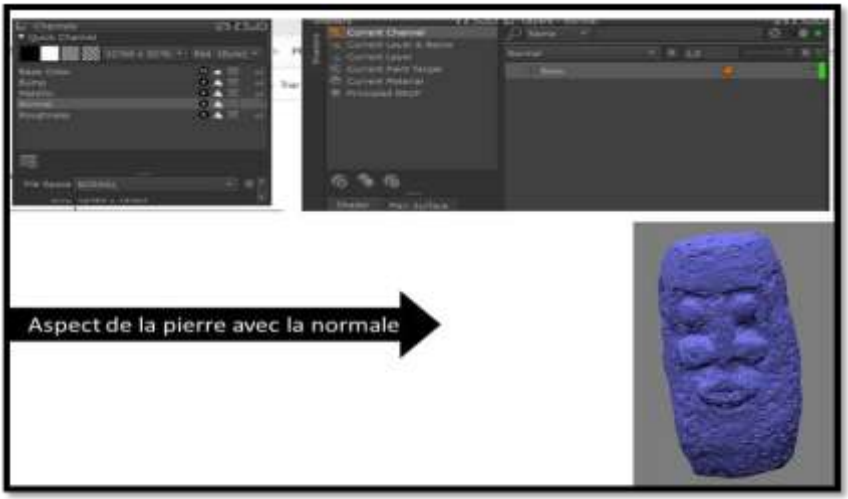
plus naturel. Enfin, la création de la *bump* est essentielle pour ajouter du relief et accentuer les détails sans alourdir la géométrie. Ces ajustements garantissent une représentation fidèle des matériaux et améliorent la qualité visuelle du modèle 3D.

Photo n°19 : Vue de l'interface de la création de Base Color



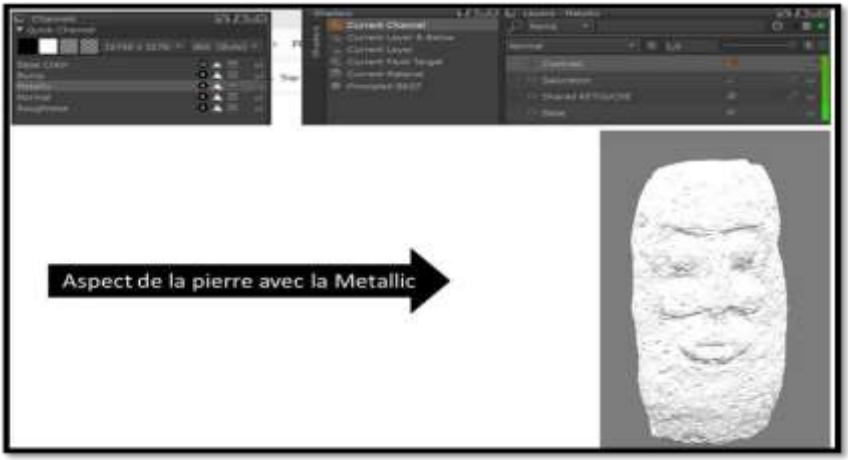
Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

Photo n°20 : Vue de l'interface de la création de la Normale



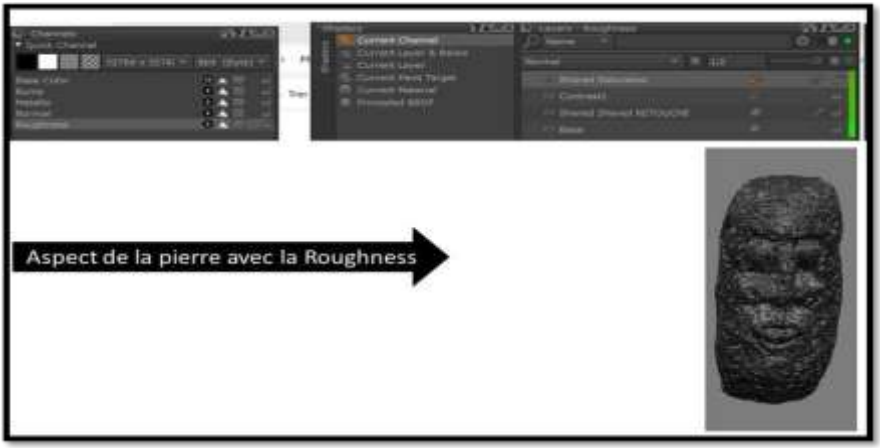
Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

Photo n°21 : Vue de l'interface de la création de la Metallic



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

Photo n°21 : Vue de l'interface de la création de la Roughness



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

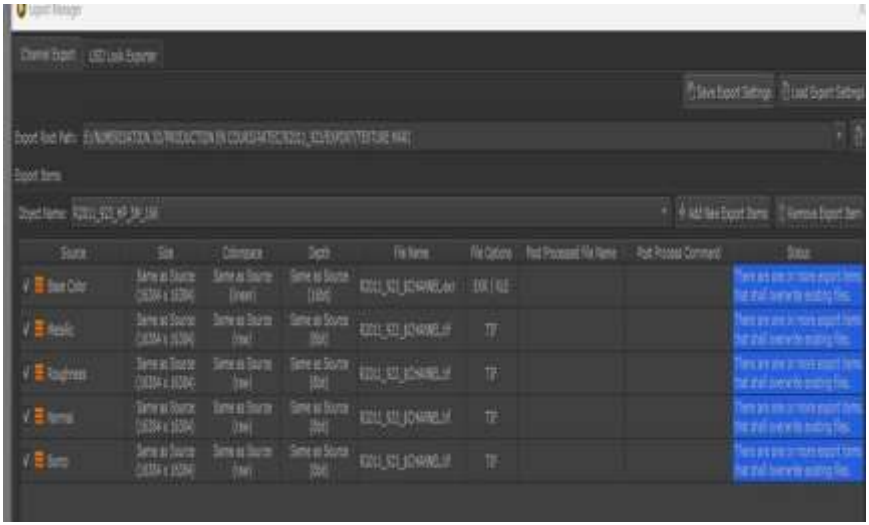
Photo n° 22 Vue de l'interface de la création de la Bump

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

- **Export des textures**

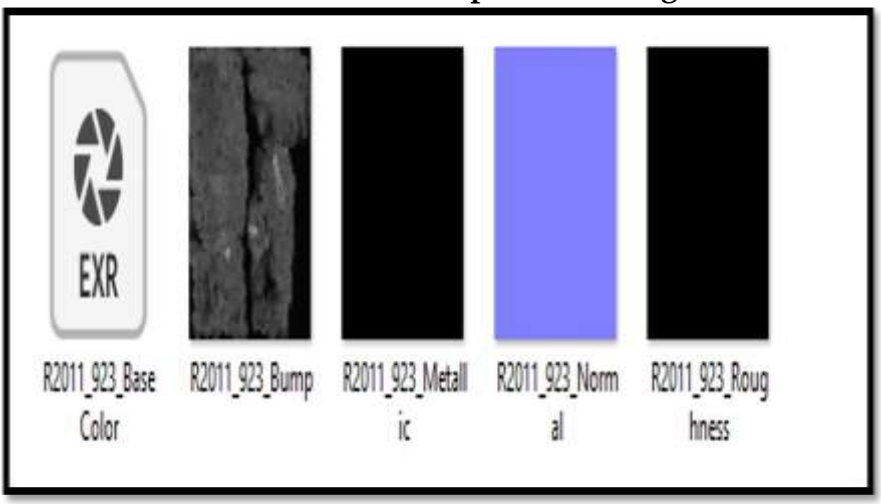
La dernière étape dans le logiciel Mari consiste à exporter les textures générées afin de les utiliser dans d'autres environnements de rendu. Une fois toutes les retouches et optimisations effectuées, les différentes textures, telles que la base color, la normale, la metallic, la roughness et la bump, sont soigneusement exportées dans les formats requis.

Photo n°23 : Vue de l'interface de l'opération d'export des textures de la pierre sculptées de Gohitafla créées dans le logiciel Mari



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

Photo n°24 : Vue des textures exportées du logiciel Mari



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

2.6. Traitement du modèle dans le logiciel BLENDER

Après les étapes précédemment décrites dans Mari, le projet se poursuit désormais dans Blender, où le modèle traité et texturé sera pris en charge pour les étapes finales. Ce passage à Blender permet d'intégrer les textures exportées depuis Mari, d'affiner les réglages de rendu et d'optimiser l'apparence du modèle dans un environnement 3D interactif. Le présent point va détailler le parcours de l'objet dans Blender, en mettant en avant les différentes manipulations et ajustements effectués pour garantir un rendu final réaliste et conforme aux attentes du projet.

- **Présentation du l'interface du logiciel Blender**

L'interface de Blender est composée de plusieurs zones essentielles facilitant la manipulation et l'édition du modèle 3D. Le *3D Viewport* est l'espace principal où l'utilisateur peut visualiser, modifier et interagir avec l'objet en temps réel. La *Timeline*, située en bas de l'interface, permet de gérer l'animation et de naviguer à travers les différentes images clés. L'*Outliner*, quant à lui, est une hiérarchie des éléments présents dans la scène, offrant une organisation claire et rapide des objets. Enfin, la fenêtre *Properties* regroupe tous les paramètres liés aux matériaux, aux textures, au rendu et aux modifications appliquées à l'objet. Ces différentes parties permettent une gestion efficace du projet et assurent un flux de travail optimisé.

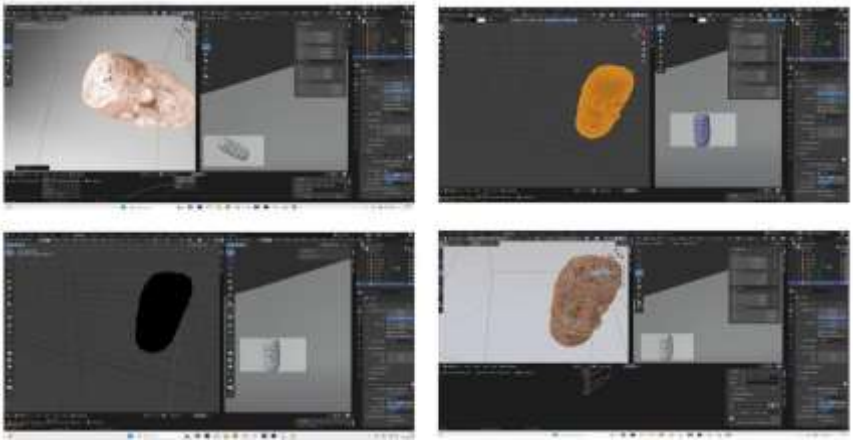
Photo n° 25 : Vue de l'interface du logiciel Blender

Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

- **Réalisation des rendus dans le logiciel Blender**

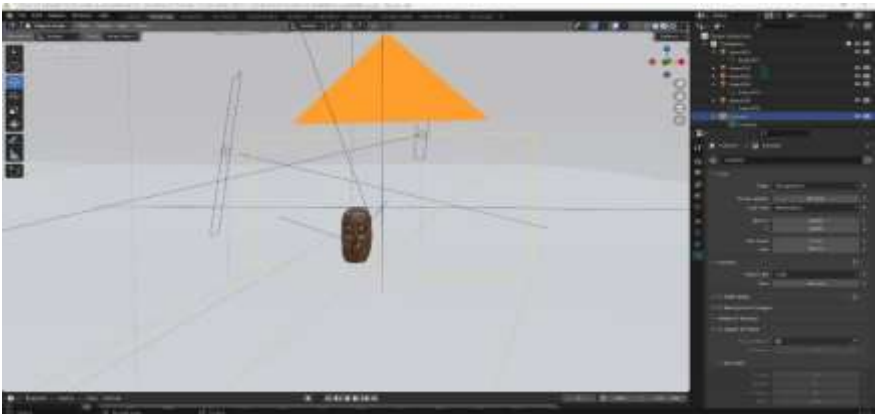
C'est dans le logiciel Blender que sont réalisées les étapes finales de visualisation et de production du projet. Grâce à ses puissants moteurs de rendu, il permet de générer un rendu photo en haute qualité, mettant en valeur les textures et les matériaux appliqués. De plus, Blender offre des outils avancés pour créer une animation vidéo, en permettant d'animer des objets, des caméras et des lumières pour donner vie à la scène. Enfin, il est également possible de produire une séquence vidéo, en assemblant plusieurs animations ou images dans l'éditeur de montage intégré. Ces fonctionnalités font de Blender un outil complet pour la finalisation et la présentation du projet.

Photo n° 26 : Des vues de la pierre sculptée de Gohitafla dans la scène du logiciel Blender



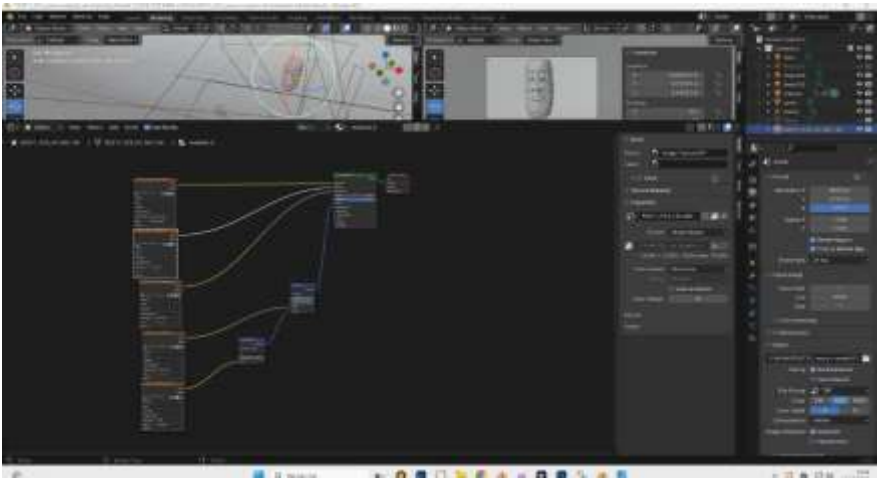
Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, février 2025

Photo n° 27 : Vue de la pierre sculptée de Gohitafla sous la caméra dans la scène logiciel Blender



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, février 2025

Photo n°28: les textures importées à la pierre sculptée de Gohitafla dans la scène Blender

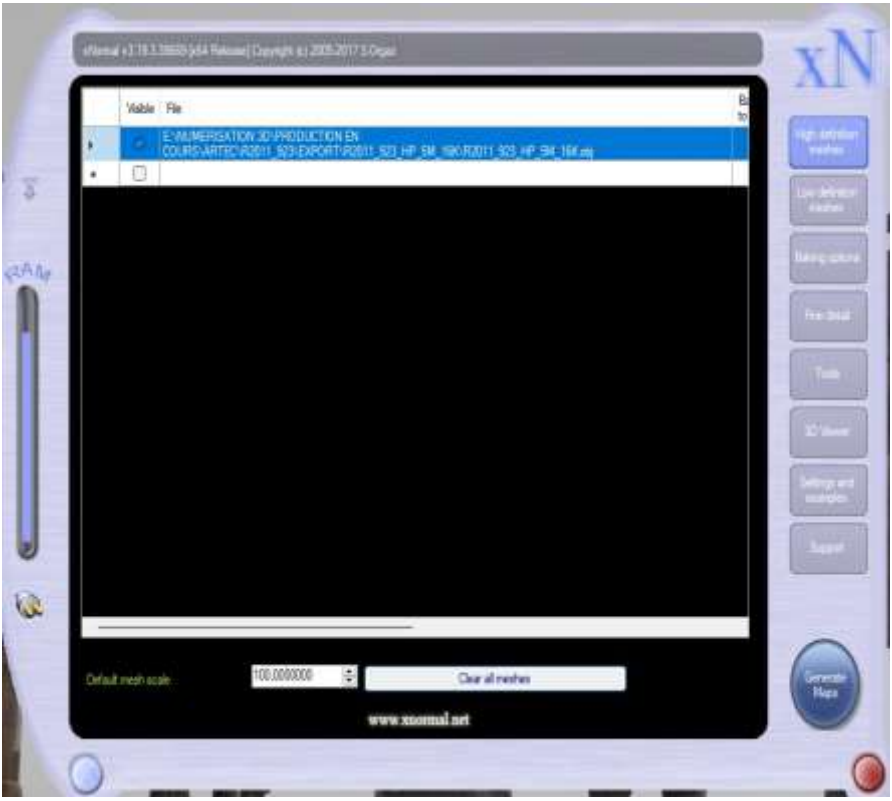


Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

2.7. Traitement du modèle dans le logiciel X-NORMAL

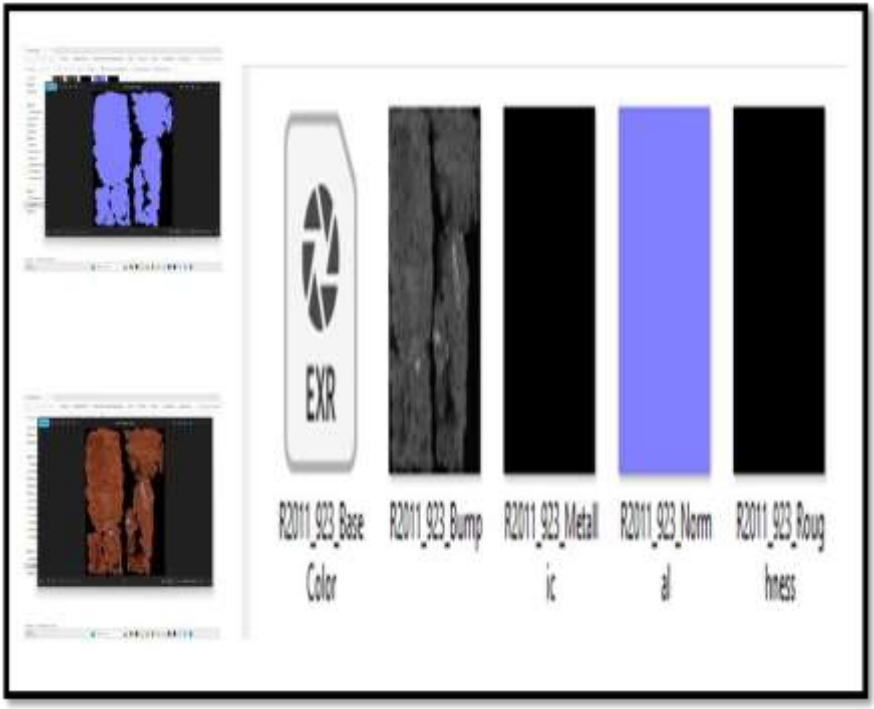
L'objet termine son parcours dans Blender, marquant ainsi la dernière phase de son traitement. Toutefois, l'utilisation de cette étape n'est pas obligatoire ; elle dépend des besoins spécifiques et de l'usage prévu pour le modèle haute résolution obtenu précédemment. Si nécessaire, le modèle peut ensuite être transféré dans X-Normal, où il subit un processus de baking des textures d'un maillage à un autre. Cette opération comprend la sélection du maillage source (High Poly), contenant tous les détails haute résolution, puis la sélection du maillage cible (Low Poly), optimisé pour une meilleure performance. Après avoir effectué les réglages nécessaires, le baking est lancé pour transférer les détails du modèle haute résolution vers le modèle optimisé. Enfin, une fois ce processus terminé, le modèle peut être mis en ligne via un lien, permettant ainsi une visualisation par un large public et une diffusion facilitée sur différentes plateformes.

Photo n° 29: Vue l'interface du logiciel X-Normal avec les références de la pierre sculptée de Gohitafla pour une opération de baking



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

Photo n° 30 : Vue des textures générées suite à l'opération de baking dans le logiciel X-Normal



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, 2025

2.8. Médiation et la diffusion

Les données sauvegarder serviront à la médiation, la diffusion et à la communication.

Cette phase consiste à publier sur les anneaux de communication numérique notre modèle 3D de la pierre sculptée de Gohitafla.

Les rendus images et animation produits sont mis à la disposition d'un large public via les différents canaux numériques (création de lien STCHFAB, création de code QR, publication des rendus sur Instagram, Facebook, etc..) permettant ainsi la valorisation des pierres sculptées de Gohitafla.

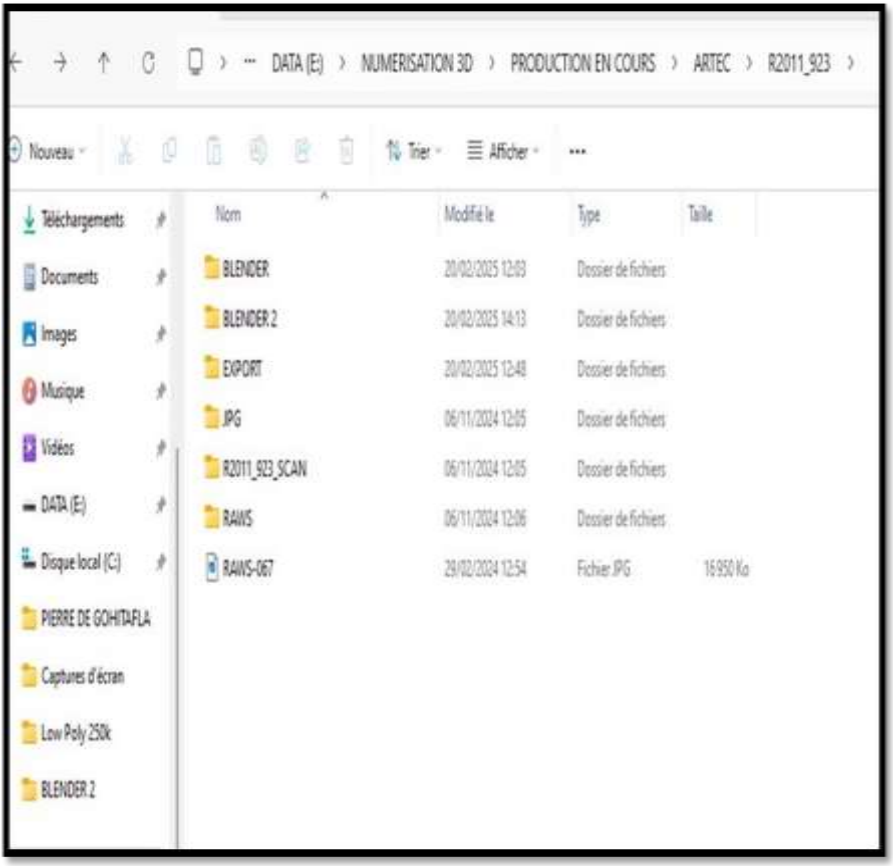
2.9. Sauvegarde et l'archivage

Elle consiste à sauvegarder sur différents supports toutes les données (sources et produites) pour des besoins à court terme et à moyen terme les données sur des disques durs externes.

Archivage : données produites + données produites (validées, finalisées)

Assurer un archivage pérenne c'est déposer c'est appliquer la politique d'archivage numérique de l'établissement (en lien avec celle du ministère). L'objectif est que les données sources (les photos) et les données produites (les maillages texturés finalisés dans leur meilleure résolution) soient stockées sur un serveur sécurisé faisant l'objet d'un suivi, d'une maintenance et d'une sécurisation (à l'échelle du musée ou du ministère).

Photo n° 31 : Vue de l'archivage de toutes les productions générées sur la pierre Sculptée de Gohitafla sur le disque dur externe



Source : DIBI Tié Lou Nayié Virginie, février 2025

3. DISCUSSION

La numérisation 3D est une opération très importante dans la gestion des collections muséales. Elle est un élément nouveau dans les pratiques habituelles. Elle permet de représenter l'objet fidèlement et préserve son intégrité physique (évite la trop grande manipulation de l'objet) ; Elle a plusieurs avantages, notamment le volet sécuritaire (en ce sens qu'elle permet une traçabilité en cas perte ; Elle permet également d'enrichir la base de données pour les recherches sur les objets et sur la conservation ; Elle permet de constituer la documentation et de faire la médiation et une large diffusion des données.

Le passage du tangible au digital pour les pierres sculptées de Gohitafla représente une opportunité significative de valorisation patrimoniale. Cependant, ce processus soulève également des questions importantes concernant la qualité de la numérisation, la pérennité des données numériques, l'accessibilité pour tous les publics (y compris ceux ayant une connectivité limitée), et les considérations éthiques liées à la représentation et à l'utilisation de ce patrimoine culturel. Une approche collaborative impliquant les communautés locales, les experts du patrimoine, les professionnels du numérique et les décideurs politiques est essentielle pour garantir le succès et la durabilité de ces initiatives.

Des recherches futures pourraient se concentrer sur l'évaluation de l'impact à long terme de ces initiatives sur la perception et la protection du patrimoine de Gohitafla, ainsi

que sur l'exploration de modèles de collaboration efficaces pour des projets similaires en Afrique et au-delà.

Conclusion

En conclusion, cette étude a permis de décortiquer le processus complexe et méticuleux de numérisation 3D appliqué à une pièce patrimoniale significative : la pierre sculptée de Gohitafla. De l'étape cruciale de l'acquisition des données, nécessitant une expertise technique pointue et une compréhension approfondie des spécificités de l'artefact, jusqu'à la phase délicate de modélisation tridimensionnelle, chaque étape s'est révélée essentielle pour obtenir une représentation numérique fidèle et exploitable. Les défis rencontrés, qu'ils soient liés aux contraintes matérielles de l'objet ou aux limitations des technologies employées, ont souligné l'importance d'une approche méthodologique rigoureuse et adaptative.

La numérisation 3D de la pierre sculptée de Gohitafla, telle que décrite et analysée, illustre de manière éloquente le potentiel transformateur de cette technologie pour la préservation, l'étude et la diffusion du patrimoine culturel ivoirien et africain en général. Le modèle 3D ainsi généré constitue non seulement un enregistrement pérenne de l'objet face aux aléas du temps, mais il ouvre également de nouvelles perspectives pour la recherche scientifique, la médiation culturelle auprès d'un public élargi, et potentiellement pour des initiatives de restauration virtuelle

ou de réplication physique. Cette étude de cas plaide ainsi pour une intégration plus systématique des techniques de numérisation 3D dans les stratégies de gestion et de valorisation des collections patrimoniales, afin de garantir leur transmission aux générations futures et de favoriser une meilleure compréhension de notre richesse culturelle.

References bibliographiques

Addison, A. C., & Gaiani, M. (Eds.). (2000). Virtual reality in archaeology. Archaeopress.

Atkinson, P. M., & Tate, N. J. (2006). Advances in remote sensing of natural resources. CRC press.

Bassett, T. J., & Chege, F. N. (Eds.). (2007). The origins of ownership : Property and social relations in Africa. University of Wisconsin Press.

Caple, C. (2000). *Conservation skills : Judgement, method and knowledge. ICOM (International Council of Museums) publications and guidelines.

Eck, M., Weber, H., Weiskopf, D., & Hagen, H. (2007). Techniques for interactive 3D data visualization. Springer Science & Business Media.

El-Hakim, S. F., & Lichti, D. D. (2007). Fully automated 3D object reconstruction using off-the-shelf digital cameras. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62(1), 66-82. Vos, S. E., Fairbairn, A., & Williams, T. (2017). Practical recording

techniques for building archaeology. Historic England.

Forte, M. (Ed.). (2008). Virtual Heritage : A Guide to Digital Cultural Heritage.

Hermon, S. (Ed.). (2012). Digital Heritage : Applying Digital Imaging to Cultural Heritage Preservation.

Remondino, F., & Rizzi, A. (2010). Reality-based 3D modelling and reverse engineering in archaeology and cultural heritage. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 1(1), 33-55.

Scopigno, R., Callieri, M., Dellepiane, M., & Cignoni, P. (2011) ,3D scanning technology for cultural heritage : Survey, analysis, and evaluation. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), 4(2), 1-19.

Verhoeven, G. J. N. (2011). Taking computer vision aloft–archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with off-the-shelf software. Archaeological Prospection, 18(1), 67-77.

Wright, R. S., Sweet, M., Haemer, N., & Sellars, G. (2013). *OpenGL ES 3.0 Programming Guide. Addison-Wesley Professional.

Zeidler, A. (2016). Digital sculpting with Blender. Packt Publishing.