



LIVRET MÉTHODOLOGIQUE

L'ÉCOSYSTÈME 3D DES GROTTES ORNÉES

L'usage de Blender pour le relevé d'art pariétal

MINISTÈRE DE LA CULTURE
DIRECTION GÉNÉRALE DES PATRIMOINES ET DE L'ARCHITECTURE
SERVICE DU PATRIMOINE
SOUS-DIRECTION DE L'ARCHÉOLOGIE





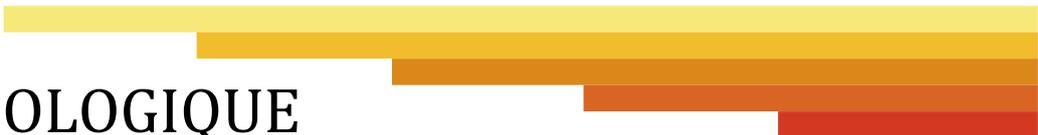
MINISTÈRE DE LA CULTURE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Couverture : Priscilia Barbuti
Dépôt légal : septembre 2022
ISBN : 978-2-11-167893-4

LIVRET MÉTHODOLOGIQUE



L'écosystème 3D des grottes ornées L'usage de Blender pour le relevé d'art pariétal

MINISTÈRE DE LA CULTURE
Direction Générale des Patrimoines et de l'Architecture
Service du Patrimoine
Sous-Direction de l'Archéologie
Centre National de Préhistoire (CNP)

Pilotage :

Geneviève Pinçon (CNP)

Coordination :

Oscar Fuentes (CNP)

Rédaction et conception :

Priscilia Barbuti (apprentie CNP, CNRS UMR MAP)

Pauline Bellemère (apprentie CNP)

Elise Nermot (apprentie CNP)

Avec la collaboration de :

Joy Legay (CNRS UMR PACEA)

Lou Greiner (apprentie CNP)

Julie Lepelé (apprentie CNP)

Relecture :

Noël Coye (CNP)

Stéphane Konik (CNP)

Mise en page :

Nathalie Cahoreau (CNP)

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 7

1. PRISE EN MAIN DU LOGICIEL 13

1.1. Paramétrages de base et espace de travail 13

1.1.1. Reconfigurer les raccourcis 13

1.1.2. Les espaces de travail : vocabulaire et configuration 15

1.2. Import d'un objet 3D et préparation 19

1.2.1. Import d'un OBJ 19

1.2.2. Vues et déplacement des éléments 20

1.2.3. Les modes de visualisation 23

1.3. Mise en lumière du modèle : les éclairages virtuels sous Blender 24

1.4. Sauvegarde des travaux et partage des fichiers 27

2. L'APPROCHE MULTIMODALE 29

2.1. Texture - DStretch® 29

2.2. Implémenter des Normales 31

2.3. Le « Pointiness » 33

2.4. Intégrer un Modèle Numérique d'Élévation (MNE) 36

3. LE TEXTURE PAINT 41

3.1. Configuration du mode « Paint » 41

3.1.1. Préparation du modèle 41

3.1.2. Passage en mode « Paint » 42

3.1.3. Création d'un calque transparent 43

3.2. Calques et Nodes 46

3.2.1. Ajout d'un premier calque 46

3.2.2. Ajout d'un calque supplémentaire 47

3.2.3. Gestion des nodes 48

3.3. Peindre avec le Texture Paint : brushes et paramètres 50

3.3.1. Importation des « brushes » 50

3.3.2. Sélection et paramétrages des « Bruches » 51

3.3.3. Créer une bibliothèque de « Brushes » 52

3.4. Outils de peinture et autres fonctionnalités 54

3.4.1. Les différents types de tracés 54

3.4.2. Créer des palettes de couleurs 55

3.4.3. Stencil 55

4. LE GREASE PENCIL	57
4.1. Éléments du Grease Pencil : objets, calques et matériaux	57
4.1.1. Ajout d'un objet Grease Pencil	57
4.1.2. Calques et matériaux	59
4.1.3. Configuration du Viewport pour l'usage du Grease Pencil	62
4.2. Dessiner avec le Grease Pencil	63
4.2.1. Paramétrage du brush	63
4.2.2. Faire adhérer un trait à la surface d'un objet	64
4.2.3. Importer une charte vectorielle	65
4.3. Gestion des tracés et des matériaux	66
4.3.1. Gestion et organisation des tracés en mode édit	66
4.3.2. Créer un nouveau matériau à partir d'une copie	67
4.3.3. Changer le matériau d'un trait	68
4.3.4. Importer une bibliothèque de matériaux	68
5. EXPLOITATION DES DONNÉES PRODUITES ET INTEROPÉRABILITÉ	69
5.1. Rendu sous forme d'image	69
5.1.1. Paramétrage de la prise de vue et rendu	69
5.1.2. Méthode pour l'intégration automatique d'un fond uni	71
5.2. Export d'un ou plusieurs objet 3D du fichier .blend	73
5.3. Export du Grease Pencil	74
5.3.1. Exports 2D	74
5.3.2. Export comme objet 3D	75
5.4. Transformer la figure d'un calque en objet 3D	78
CONCLUSION	83
BIBLIOGRAPHIE	85
INDEX DES ILLUSTRATIONS	87

NOTE IMPORTANTE

Le présent livret fait référence à la version 3.0 de Blender.

Les versions plus récentes (3.1 et suivantes) sont susceptibles de présenter des changements dans l'organisation voire le fonctionnement de certains outils.

La liste des versions téléchargeables peut être trouvée à l'adresse suivante :

<https://download.blender.org/release/>

Le CNP reste à la disposition des lecteurs pour accompagner ceux qui le souhaiteraient pour une prise en main des outils présentés au fil des pages.

INTRODUCTION

Les archéologues ont toujours eu un attrait pour les technologies de leur époque à partir du moment où elles avaient une plus-value par rapport aux techniques traditionnelles. Le préhistorien, spécialiste de l'art pariétal, n'échappe pas à cette démarche. En effet, confronté à ce patrimoine fragile et difficile d'accès que constituent les sites ornés préhistoriques, ses méthodes d'analyse sont incontournables comme pour l'étude archéologique des sols qui bénéficient de tout l'arsenal technologique disponible.

Le relevé d'art paléolithique, en tant que geste archéologique permettant de décrypter les images, a donc évolué avec les outils et techniques de son temps. La démocratisation des appareils photographiques numériques a marqué un premier tournant. Il est devenu possible de multiplier les clichés et de faire des traitements d'images, offrant ainsi d'autres supports d'analyse pour l'élaboration des relevés pariétaux. Ces photographies ont activement participé au développement du relevé indirect sur photomontage imprimé. De même qu'aujourd'hui, le numérique autorise la réalisation de relevés sur des orthophotographies issues de modélisations 3D, sans avoir besoin de passer par l'étape d'impression. L'innovation est toujours possible et chaque équipe de recherche peut faire évoluer ses développements techniques.

Depuis l'emploi des procédés photographiques de la fin du XIXe siècle, l'archéologie continue d'intégrer les nouvelles technologies à ses pratiques. L'utilisation du numérique impacte le travail en équipe, la formation et remet en question les pratiques des spécialistes. Ainsi, les technologies numériques 3D, développées depuis plus de vingt ans, ont tout d'abord une incidence technique, mais elles influent aussi sur les méthodes, les modes d'organisation de la recherche et soulèvent inéluctablement un questionnement sur la gestion des données numériques (dont le volume est de plus en plus important), de leur pérennité et de leur réutilisation.

Ce qui a pu être qualifié de révolution numérique au cours des années 90 concerne actuellement les technologies 3D. L'écosystème 3D intervient dans l'ensemble de la chaîne opératoire technique et méthodologique, allant de l'acquisition (réalisation de numérisations et enregistrements), au traitement des données, jusqu'à la gestion de celles-ci (interopérabilité, stockage et archivage).

La 3D permet de collecter des données justes et précises dans l'espace, et de travailler sur des restitutions fidèles à l'objet (surtout quand il s'agit des volumes). Cette question de l'exactitude est primordiale ; elle dépend de la manière dont ces données ont été enregistrées et traitées, mais aussi de la finalité de cette saisie. Il est important de rappeler que dans le cadre d'études d'art préhistorique, il est nécessaire de disposer des modèles métriques (dont la valeur de mesure est précise), de haute définition (la notion de définition dépend de la surface concernée par le modèle) et géoréférencés.

Dans la quête de rendu retraçant le plus fidèlement le processus de la représentation pariétale, la 3D s'impose comme un outil complémentaire pour les relevés d'art paléolithique. Mais comment se fait l'adaptation technique ? Dans quelles conditions la 3D devient-elle indispensable ? Quels sont ses apports et ses limites ? Alors que les possibilités de restitutions tridimensionnelles se démocratisent, les usages et pratiques se diversifient.

L'écosystème 3D et l'étude de l'art préhistorique

L'un des écueils de l'étude de l'art préhistorique est celui de la déformation des relevés, c'est-à-dire du passage d'éléments en volume à un plan en 2D. Depuis les débuts de la discipline préhistorique et de l'avènement de l'art mobilier et pariétal, le dessin, le relevé, le calque et diverses techniques d'emprunt se sont attachés non seulement à enregistrer ce qui était observé, mais aussi à conserver une trace de l'analyse et à la partager, le relevé jouant souvent le rôle de support à une démonstration. Mais ces dessins, reflétant ce qui était observé en volume, sont rendus en 2D.

Depuis les relevés de l'Abbé Breuil, nombreux sont les chercheurs à avoir proposé des méthodologies, des outils et des procédés techniques pour intégrer progressivement les états de paroi, ainsi que l'analyse du contexte de la grotte ou de l'abri. L'intérêt s'est porté de l'image à la paroi et à l'ensemble du contexte de réalisation, du sol à la paroi. De fait, l'étude des grottes et abris ornés de la préhistoire se caractérise par des analyses croisées et conjointes d'experts, associant plusieurs procédés d'enregistrement et d'organisation d'informations d'origines diverses.

La modélisation des espaces souterrains pour mieux appréhender la conservation des sites (simulateur Lascaux), les analyses spatiales pour apprécier leur accessibilité et visibilité dans leur environnement, ou encore les restitutions au public de grottes et abris inaccessibles font dorénavant appel aux technologies 3D. Depuis le début des années 2000, de nombreux sites ornés font l'objet d'opérations programmées qui développent des écosystèmes numériques adaptés aux problématiques de recherche. Nous citerons notamment les recherches conduites au Roc-aux-Sorciers (Vienne), à Chauvet (Ardèche), à Cosquer (Bouches-du-Rhône), Cussac (Dordogne), Marsoulas (Haute-Garonne).

L'orthophotographie est un support de travail commun. Mais d'autres travaux ont ouvert la voie des annotations numériques développées, par ailleurs, pour d'autres usages.

Le présent livret propose de lever certains obstacles pour faciliter le passage de l'orthophotographie 2D construite à partir de la 3D (méthode très partagée entre les équipes) au relevé directement en 3D. Il s'agit de fournir aux acteurs du domaine de l'art préhistorique (sur le plan de la recherche archéologique ou de la conservation), la possibilité de réaliser des annotations directement sur un modèle 3D et d'effectuer des enregistrements de surface en intégrant les volumes et les reliefs des objets archéologiques ou mobiliers du sol à la paroi pour les sites ornés.

Le Contexte de réalisation de ce manuel

Depuis 2017, au-delà de ses missions d'expertises et de centre de ressources, le Centre national de Préhistoire (CNP), service de l'administration centrale rattaché à la Sous-direction de l'archéologie, en charge de la mise en œuvre de la politique nationale des grottes ornées pour le Ministère de la Culture, a pour mission d'inciter, d'innover et de proposer des préconisations méthodologiques pour l'étude et l'analyse des sites préhistoriques. Fort des enseignements tirés de cavités telles que Lascaux ou Chauvet, le CNP développe les ressources et les outils à partager entre les différents intervenants (conservateurs, chercheurs, propriétaires...) de manière à pouvoir accompagner la conservation préventive des grottes et abris ornés. Pour cela, le CNP s'est notamment fortement engagé depuis plusieurs années dans le domaine du numérique afin de préconiser des solutions innovantes technologiques et méthodologiques et clarifier les aspects juridiques liés aux usages des données numériques dans le nouvel écosystème 3D.

Un premier livret méthodologique intitulé *Description des métadonnées des acquisitions numériques et quelques exemples de préconisations* a été diffusé en 2017. Il a été suivi d'une étude nationale du CNP portant sur *La 3D et l'Art préhistorique, apports et limites* (Fuentes 2017), du séminaire du réseau SOCLE du Ministère de la Culture sur « Les méthodes de relevé d'art préhistorique », qui s'est tenu à Périgueux du 12 au 14 juin 2019 et d'un deuxième livret constituant un *Manuel des bonnes pratiques dans les sites ornés en milieu souterrain* (CNP 2021). Le CNP est également à l'origine d'autres outils comme le Chronogramme, qui est désormais de plus en plus utilisé par les équipes de recherche.

À l'instar des travaux du CNP conduits par Norbert Aujoulat sur les méthodes de relevé et d'acquisitions photographiques (Aujoulat 1987), le service propose aujourd'hui de revenir sur le relevé d'art paléolithique au travers de ce nouveau manuel. Dans l'idée d'élargir le champ des possibilités offertes par la 3D, il était en effet important de proposer un processus de relevé sur un modèle 3D. Le présent manuel trouve son origine dans le partenariat mis en place entre le CNP et la Licence professionnelle Infographie, Visualisation et Modélisation 3D de l'Université de Cergy-Pontoise. À ce titre, nous avons collaboré avec les alternantes Julie Lepelé de 2016 à 2017 (Lepelé, 2017) ; Priscilia Barbuti de 2018 à 2019 (Barbuti, 2019), Élise Nermot de 2019 à 2020 (Nermot, 2020) ; Lou Greiner de 2020 à 2021 (Greiner, 2021) et Pauline Bellemère de 2021 à 2022. Ces contributions offrent au CNP toute la dynamique attendue sur ces questions novatrices et l'essentiel de ce manuel résulte de la forte implication et motivation de ces alternantes.

Les premières démarches se sont attachées à prospecter et à décrire des solutions techniques possibles pour l'élaboration de ce procédé de relevé d'art paléolithique dans un environnement 3D. Des processus pour importer des données vectorisées 2D dans un modèle 3D ont été mis en place ainsi que les premiers essais de relevés dans une interface 3D, qui ont conduit au choix du logiciel open source Blender¹. Le travail réalisé avec Julie Lepelé s'est concrétisé par une présentation lors du XVIII^e congrès de l'UISPP qui s'est tenu en juin 2018 à Paris et publié dans la revue « In Situ » (Fuentes et al., 2019).

À partir de septembre 2018, les procédés de relevé sur Blender ont été établis conjointement avec Priscilia Barbuti qui s'est ensuite chargée de la rédaction du présent livret. Ce dernier a ensuite été enrichi avec Élise Nermot et Lou Greiner. Enfin, Pauline Bellemère l'a actualisé et en développe encore des éléments pour faciliter la gestion et le partage des projets réalisés.

Ce livret est donc l'aboutissement de plusieurs années de collaboration entre préhistoriens et apprenties infographistes 3D. Il tente de répondre aux questions que peut se poser le lecteur qui souhaite annoter son modèle numérique pour aboutir à un relevé en 3D du support qu'il analyse.

Cet ouvrage présente l'organisation des données dans le logiciel Blender et propose un pas-à-pas permettant de réaliser un relevé archéologique des surfaces sur un modèle. Le premier outil, le Texture Paint, permet de travailler les surfaces peintes comme les tracés dessinés ou les polychromies. Le second, le Grease Pencil, réunit l'ensemble des outils d'annotation de surfaces dans une démarche cartographique et vectorielle.

Blender est un logiciel qui permet de réaliser bon nombre de traitements, mais il a aussi ses limites. Il est nécessaire de prendre en compte l'interopérabilité des données afin de proposer une gamme d'outils et de traitements pouvant répondre aux exigences des re-

¹. Ce présent manuel méthodologique s'appuie sur la version 3 du logiciel Blender

cherches scientifiques, à savoir le croisement des outils disponibles que sont notamment les SIG, l'infographie et les outils 3D.

Pour les questions techniques d'acquisition, de modélisation et de gestion de la donnée (interopérabilité, stockage, archivage et open data) nous renvoyons le lecteur au livret méthodologique édité par le CNP *Description des métadonnées des acquisitions numériques et quelques préconisations* (CNP, 2017), aux publications du consortium 3D SHS, notamment le livre Blanc *Les recommandations du Consortium 3D SHS* (Granier et al., 2019) ainsi que *Le Livre Blanc du consortium Mémoires des Archéologues et des sites Archéologiques : Guide des bonnes pratiques numériques en archéologie* (Marlet et al., 2022).

Ce manuel ne prétend être exhaustif sur l'analyse des usages de la 3D. Il ne reprend pas non plus une étude de l'ensemble de la chaîne opératoire des outils 3D (de l'acquisition au traitement) et ne remet pas en question le relevé d'art préhistorique.

Comme l'ont souligné de nombreux chercheurs et utilisateurs de technologie 3D appliquée à l'archéologie des sites ornés (séminaire SOCLe « Méthodes de relevé »), les ressources numériques générées en grand nombre posent plusieurs interrogations :

- Quels sont les usages selon les échelles d'approche du site orné ?
- Quelle est la définition des ressources selon les usages ?
- Quelle est la postproduction des processus ?
- Comment générer et gérer les données produites, particulièrement dans le cadre de l'interopérabilité (usagers, logiciels et systèmes), de la sauvegarde, de l'archivage et du stockage ?
- Quels imports et exports peut-on envisager entre les différents outils numériques (2D et/ou 3D)

L'usage de Blender pour l'étude des grottes ornées

Une paroi ornée est très rarement plane et les artistes paléolithiques ont presque systématiquement intégré les jeux de volume des surfaces dans leur réalisation. Il y a, ainsi, une intime interaction entre forme et support.

À l'aune des outils numériques 3D, il est important de réinterroger la pratique du relevé et de proposer à la communauté des préhistoriens des outils et des processus leur permettant de réaliser un relevé directement sur un modèle 3D. Ce relevé peut être désigné comme un relevé d'art rupestre en 3D dynamique. Précisons qu'il ne s'agit pas ici du relevé entendu comme acte d'acquisition (relevé numérique 3D) mais bien d'un relevé archéologique dont les applications peuvent être multiples et complémentaires dans un optique de conservation (établissement d'un constat d'état), de gestion, de recherche, voire de valorisation ou de médiation.

Depuis une quinzaine d'années, la lasergrammétrie, puis la photogrammétrie active, facilitent les modes d'enregistrement et offrent aux spécialistes des outils peu invasifs. Fort de son expérience de pilotage du plan de numérisation des grottes ornées, de gestion et d'archivage des données numériques, le CNP qui peut être sollicité par les gestionnaires et lors de l'étude préventive ou programmée des sites ornés, propose le développement d'un écosystème 3D sur le logiciel Blender. C'est l'objet de ce manuel.

En tant que service de l'administration Centrale (DGPA/SDA) du Ministère de la Culture, le CNP a fait en sorte que l'ensemble des tests techniques et méthodologiques s'appuie

sur des solutions open source. Un autre élément qu'il a semblé important de prendre en compte, était de pouvoir rester au sein du même environnement logiciel pour l'élaboration d'un processus de relevé des supports et le traitement de ces derniers. En effet, le relevé nécessite pour l'analyse des objets patrimoniaux que sont les grottes ornées de s'appuyer sur divers documents issus de différents outils. Il était donc nécessaire de pouvoir réaliser une approche multimodale au sein du même logiciel. C'est à la suite de divers échanges avec la licence professionnelle de Cergy-Pontoise, et les apprenties que nous nous sommes orientés sur l'utilisation de Blender pour réaliser les tests méthodologiques et techniques.

Qu'est-ce que le logiciel Blender ?

Blender propose une suite d'outils destinés aux productions 3D, allant de la modélisation au rendu, en passant par l'animation. Le logiciel répond à l'ensemble des critères d'accessibilité et d'utilisation précisés en amont. Il s'agit d'une solution open source, libre et gratuite, pouvant fonctionner sur des configurations standards. Tout le monde peut donc y avoir accès. Ce dernier point est sans doute l'une des raisons pour lesquelles il s'est créé, autour de ce programme, une communauté d'entraide très active, capable d'apporter des solutions aux problèmes rencontrés par les utilisateurs et à l'origine de nombreuses ressources en ligne.

Blender est d'autant plus accessible qu'il est abordable sur le plan technique ; un avantage si l'on considère que les outils développés au CNP doivent pouvoir s'adresser à un public aux compétences et ressources inégales. Le logiciel s'avère être à ce jour l'une des solutions les plus complètes parmi les programmes gratuits. Le grand nombre d'éléments logiciels proposés offre la possibilité d'élaborer une démarche répondant à une requête des archéologues qui souhaitent concentrer leurs actions et éviter autant que possible de devoir passer par plusieurs logiciels au cours du workflow.

Pour plus d'information sur l'interface en elle-même, il est conseillé de recopier ce lien dans votre barre de recherche : <https://docs.blender.org/manual/fr/dev/interface/index.html>.

Concernant le logiciel dans son entièreté, vous trouverez le manuel d'utilisation intégral à cette adresse : <https://docs.blender.org/manual/fr/dev/>

1. PRISE EN MAIN DU LOGICIEL

Dans le cadre de l'usage de Blender pour la réalisation d'un relevé des surfaces, nous avons établi une démarche en trois temps :

- La préparation du projet de relevé avec la mise en place d'un système « multimodal » visant à apporter un complément d'informations susceptibles de constituer une aide au relevé.
- La réalisation du relevé
- L'exportation, l'interopérabilité et la gestion des données

Le logiciel Blender n'est pas un programme « simple » d'utilisation au premier abord et nécessite une prise en main progressive pour se familiariser avec son environnement, son fonctionnement et son langage.

NOTE : La communauté Blender étant anglophone, nous avons pris le parti de mettre le logiciel en anglais pour faciliter les recherches

1.1. Paramétrages de base et espace de travail

1.1.1. Reconfigurer les raccourcis

Il est nécessaire d'effectuer au préalable quelques réglages de paramétrages d'utilisateur.

Un des réglages conseillés est celui de l'usage de la barre d'espace. Sous Blender, par défaut, la barre d'espace lance l'animation du modèle. Une fonctionnalité qui peut parfois s'avérer gênante dans le cadre d'un relevé. Il est donc conseillé d'en changer le paramétrage (pour lancer l'outil recherche ou l'outil raccourci).

De même, il est possible de définir le bouton de la souris (droit ou gauche) pour la sélection des objets dans une scène (fig. 1).

1a Edit > Preferences

1b Keymap > Preferences > Select with Mouse button : Left
Keymap > Preferences > Spacebar Action : Search

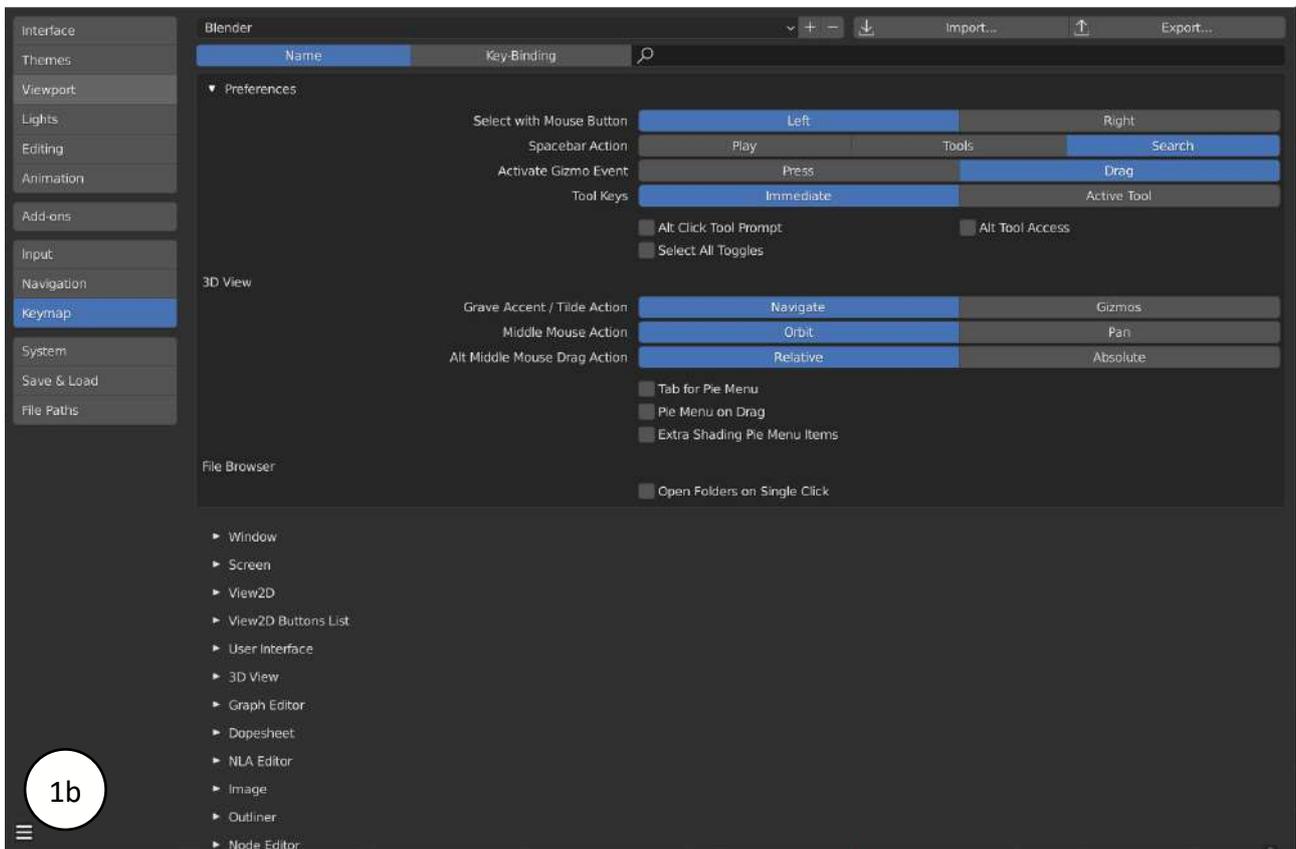
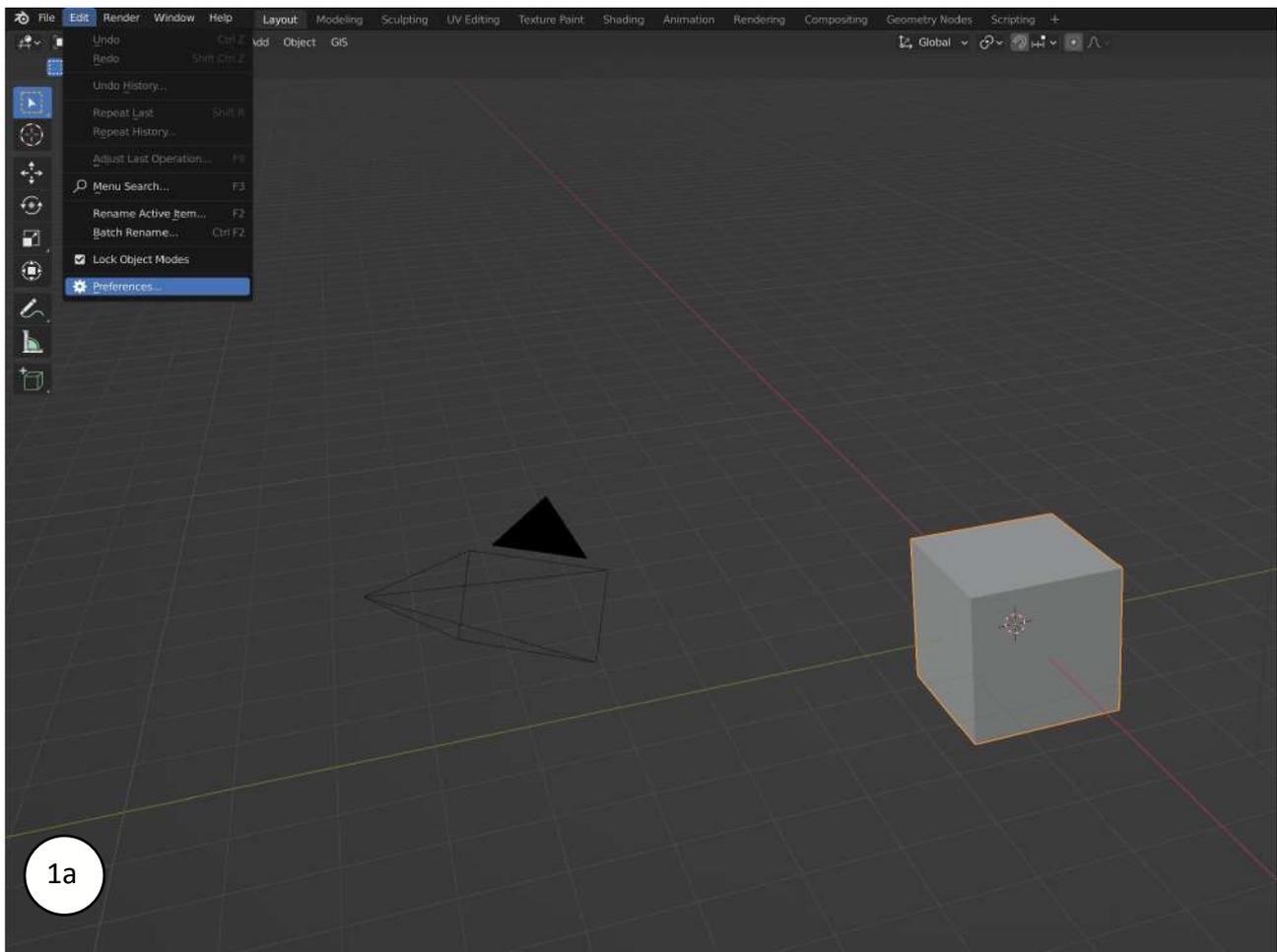


Figure 1 - Paramétrages de base de l'interface Blender

1.1.2. Les espaces de travail : vocabulaire et configuration

Ci-dessous, l'espace de travail par défaut (fig. 2). Le vocabulaire indispensable à la prise en main du logiciel est détaillé en suivant (fig.3)

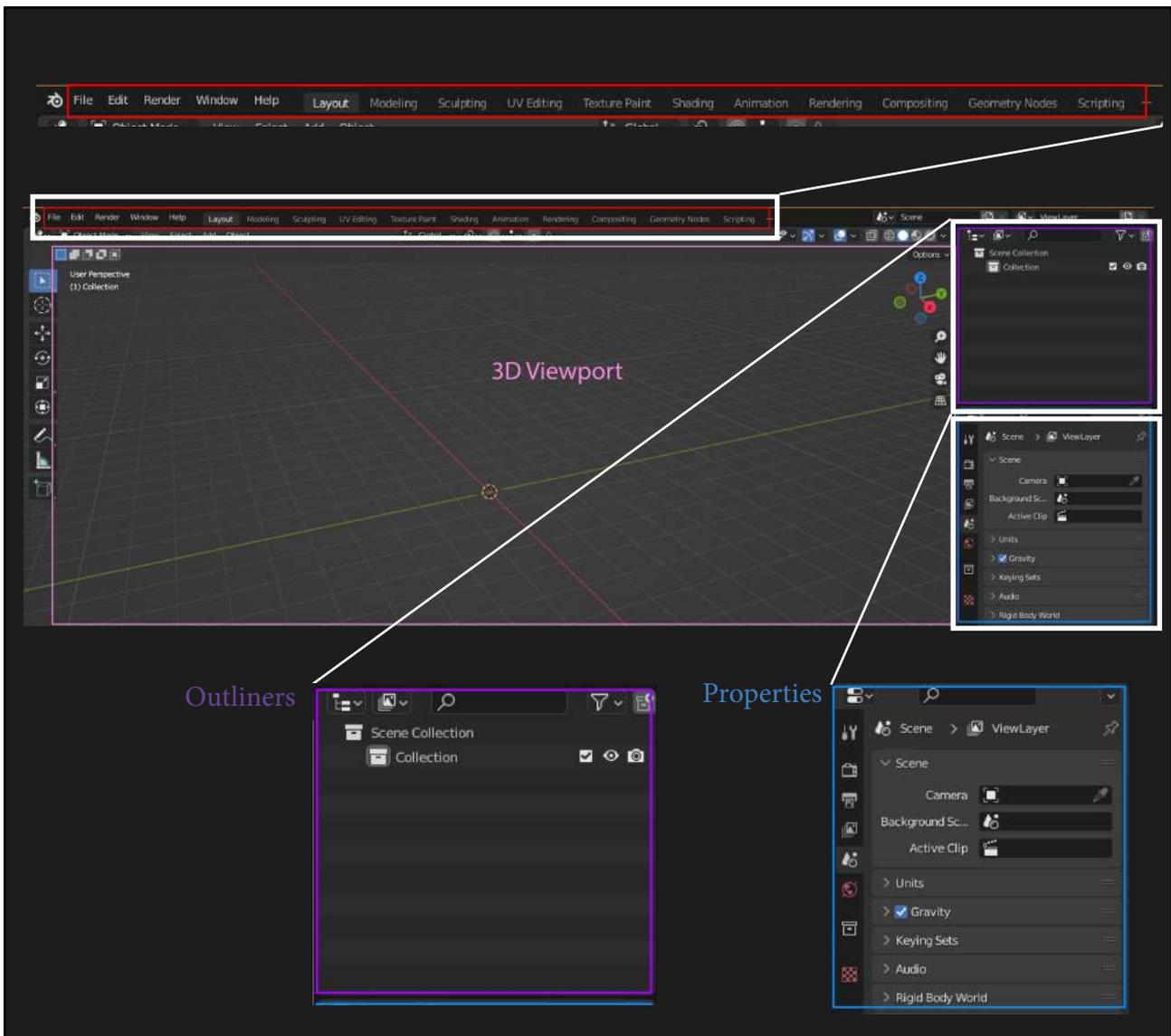
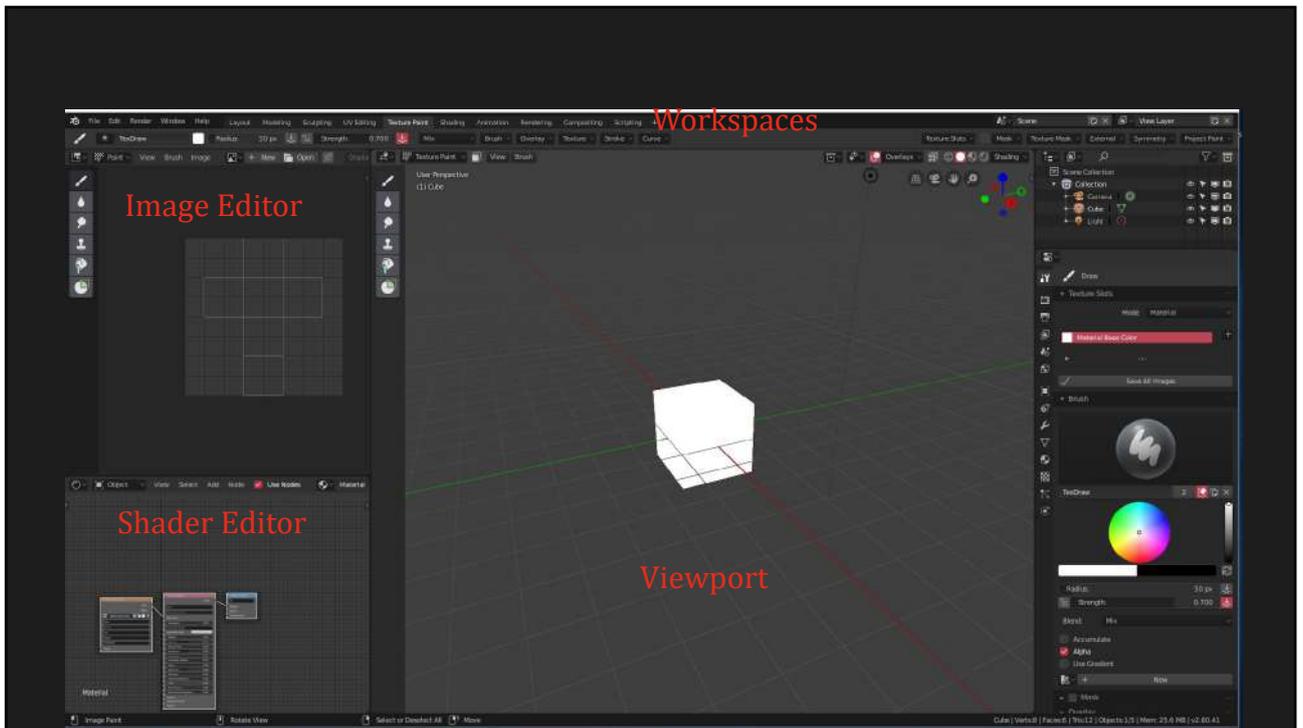
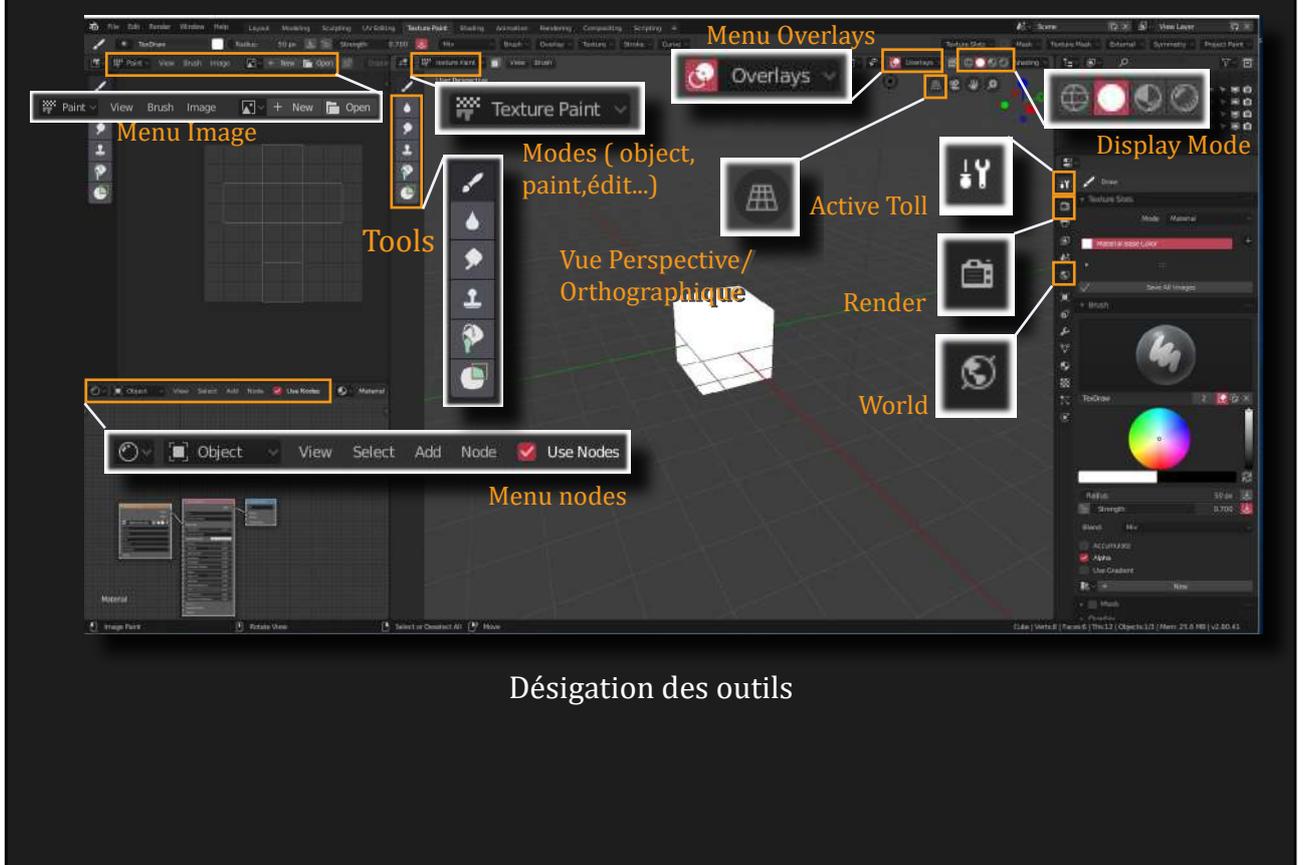


Figure 2 - Interface Blender par défaut



Désignation des espaces principaux

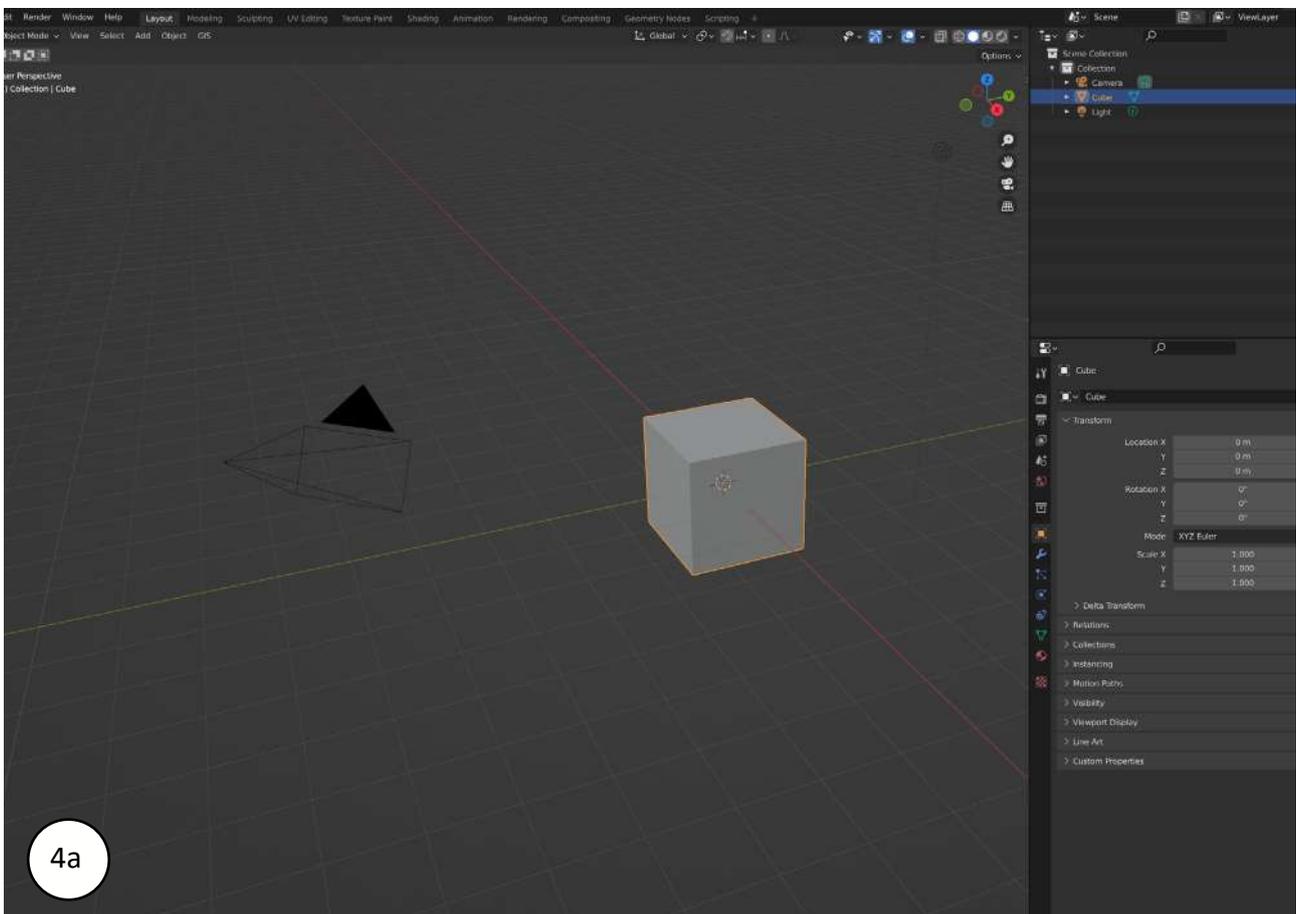


Désignation des outils

Figure 3 - Interface du workspace « Texture Paint » et vocabulaire

Lors de l'ouverture d'un fichier vierge, le viewport affiche quelques éléments présents par défaut. Si la caméra et la lumière ont une utilité et peuvent être conservées, il est en revanche préférable de supprimer le cube (fig. 4).

- 4a) La fenêtre s'ouvre sur cette interface avec 3 interfaces :
- 3D Viewport
 - Outliner
 - Properties
- 4b) Supprimer les éléments inutiles, par une box sélection (clic de la souris maintenu + glisser), sélectionner de gauche à droite : la caméra, la lumière et le default cube.
Les 3 éléments apparaissent cernés d'un cercle orange : ils ont bien été sélectionnés.
X (pour supprimer)
- 4c) Une nouvelle fenêtre apparaît "(?) OK ? " > Delete (pour confirmer la suppression)



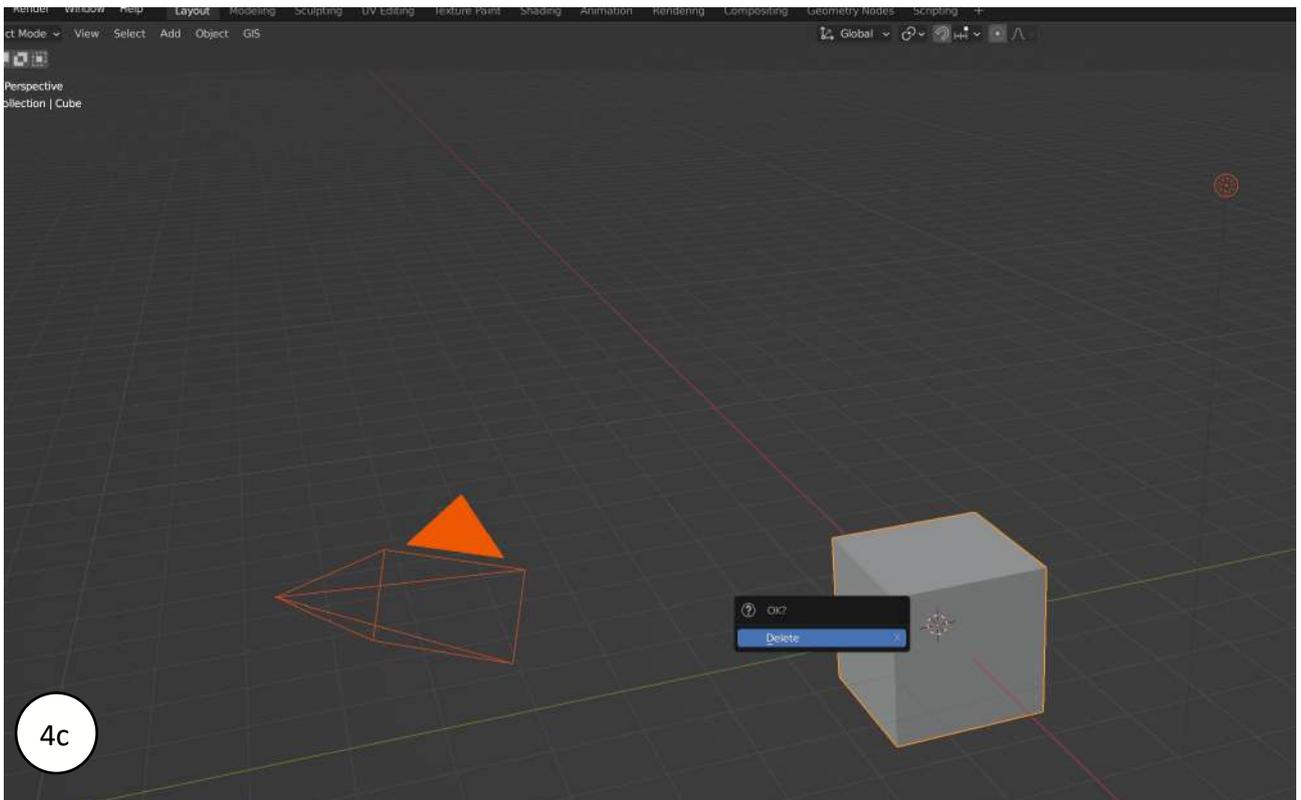
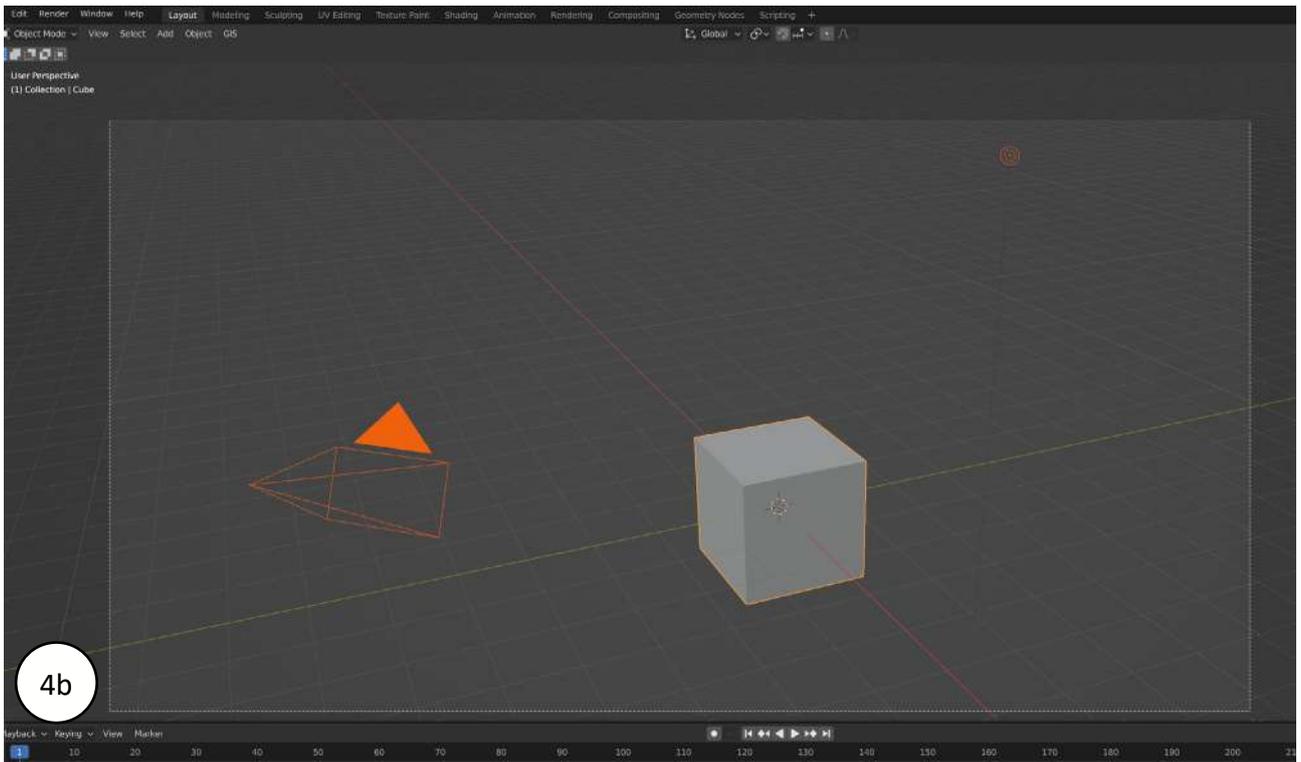


Figure 4 - Paramétrages pour supprimer les éléments inutiles

1.2. Import d'un objet 3D et préparation

1.2.1. Import d'un OBJ

Une fois le cube, l'éclairage et la caméra supprimés :

- 5a) Menu File > Import > Wavefront (.obj)
- 5b) Cherchez le fichier souhaité dans votre disque dur, sélectionnez-le > import OBJ
Le chargement sera plus ou moins long selon la taille de l'objet
- 5c) Le modèle .obj a bien été chargé, dézoomez (molette de la souris)

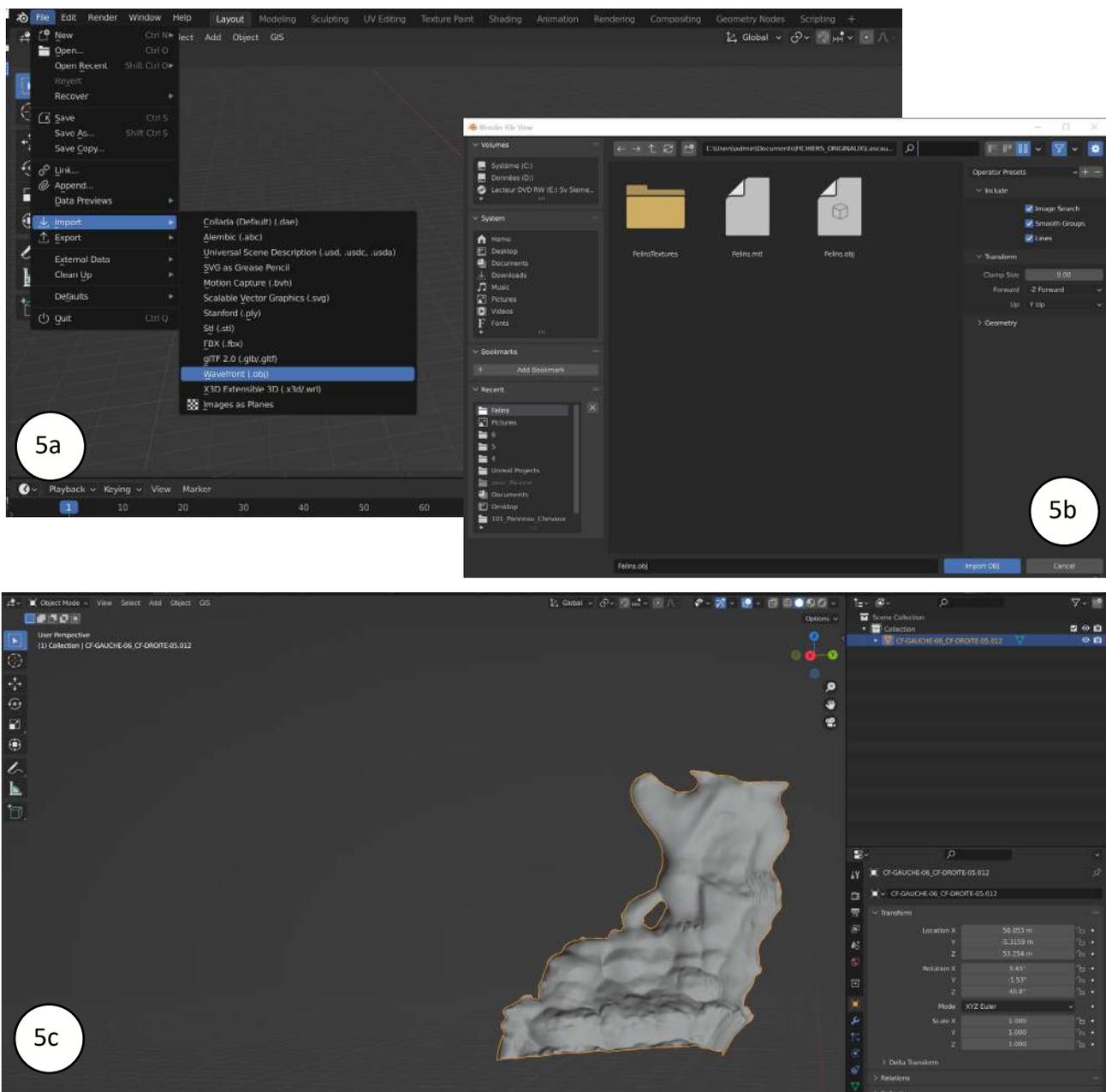


Figure 5 - Processus d'import d'un objet 3D (ici au format OBJ)

1.2.2. Vues et déplacement des éléments

Blender comporte 3 raccourcis permettant d'intégrer avec un objet préalablement sélectionné.

- G : pour déplacer.
- R : pour pivoter
- S : pour modifier l'échelle de l'objet

L'association de ces raccourcis avec les touches X, Y ou Z permet de restreindre ces modifications à un seul axe. Exemple : appuyer successivement sur R et Z permettra de faire pivoter le modèle sur l'axe Z

NOTE 1 : Les valeurs de positionnement/rotation/échelle peuvent aussi être modifiées depuis le panel TRANSFORM (raccourci N) - section «Item»

NOTE 2 : Lorsque le modèle importé est de grande dimension, il peut être utile de changer les paramètres de limite de lecture du modèle en allant sur la section «View» du panel transform (raccourci N) et en changeant la valeur de la donnée « End » (fig. 6).

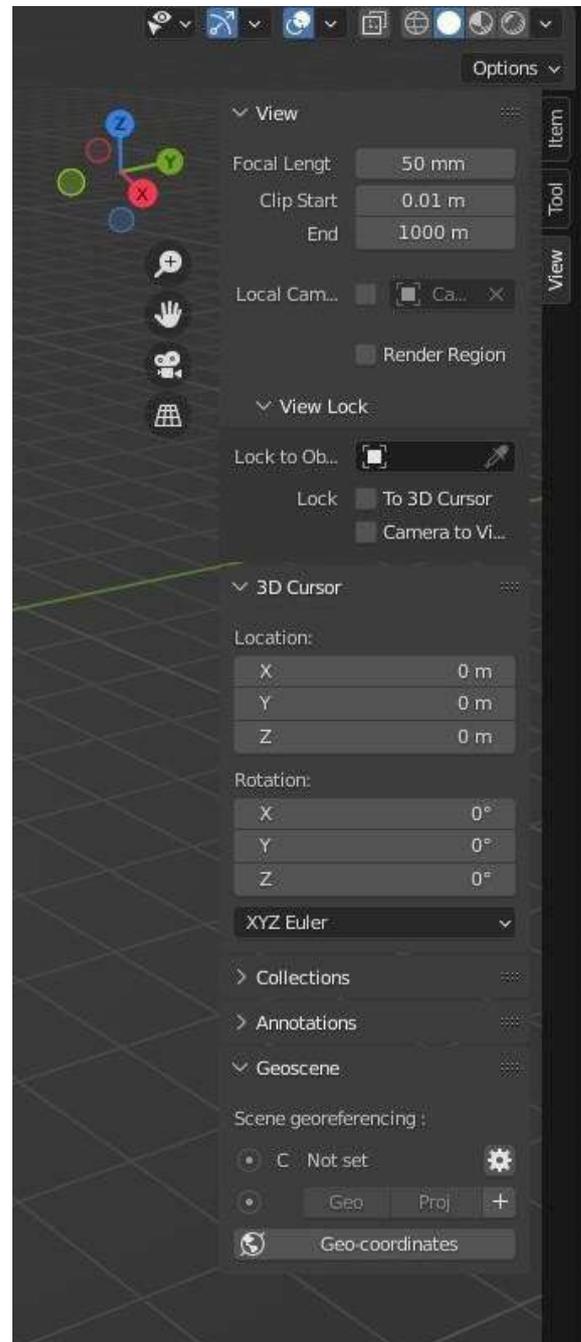


Figure 6 - Rendre visible complètement des modèles 3D de grande taille

Une fois que le modèle est affiché, il convient de le visualiser (en perspective ou de manière orthographique) et de le placer correctement dans le 3D Viewport (fig. 7)

Mémo - vues de référence

1	> Vue de face	CTRL 1 > Vue arrière
3	> Vue latérale	CTRL 2 > Vue latérale opposée
7	> Vue de dessus	CTRL 7 > Vue de dessous
5	> Vue orthographique / perspective	

NOTE : uniquement si un pavé numérique est à disposition. Dans le cas contraire, reconfigurer les touches dans les préférences de Blender.

- 7a) La vue actuelle est toujours indiquée
Les touches du pavé numérique mentionnées ci-dessus donnent accès aux différentes vues orthographiques du modèle
- 7b) Cliquez sur l'icône  ou sur la touche 5 de votre clavier pour orienter le modèle et présenter à l'écran une vue orthographique. C'est la vue indispensable au travail de relevé.

Cliquez de nouveau sur 5 ou l'icône pour revenir en vue perspective.
L'usage de cette vue n'est pas recommandé pour le travail de relevé.
Attention, chaque déplacement du modèle entraînera un basculement de la vue orthographique à la vue perspective.

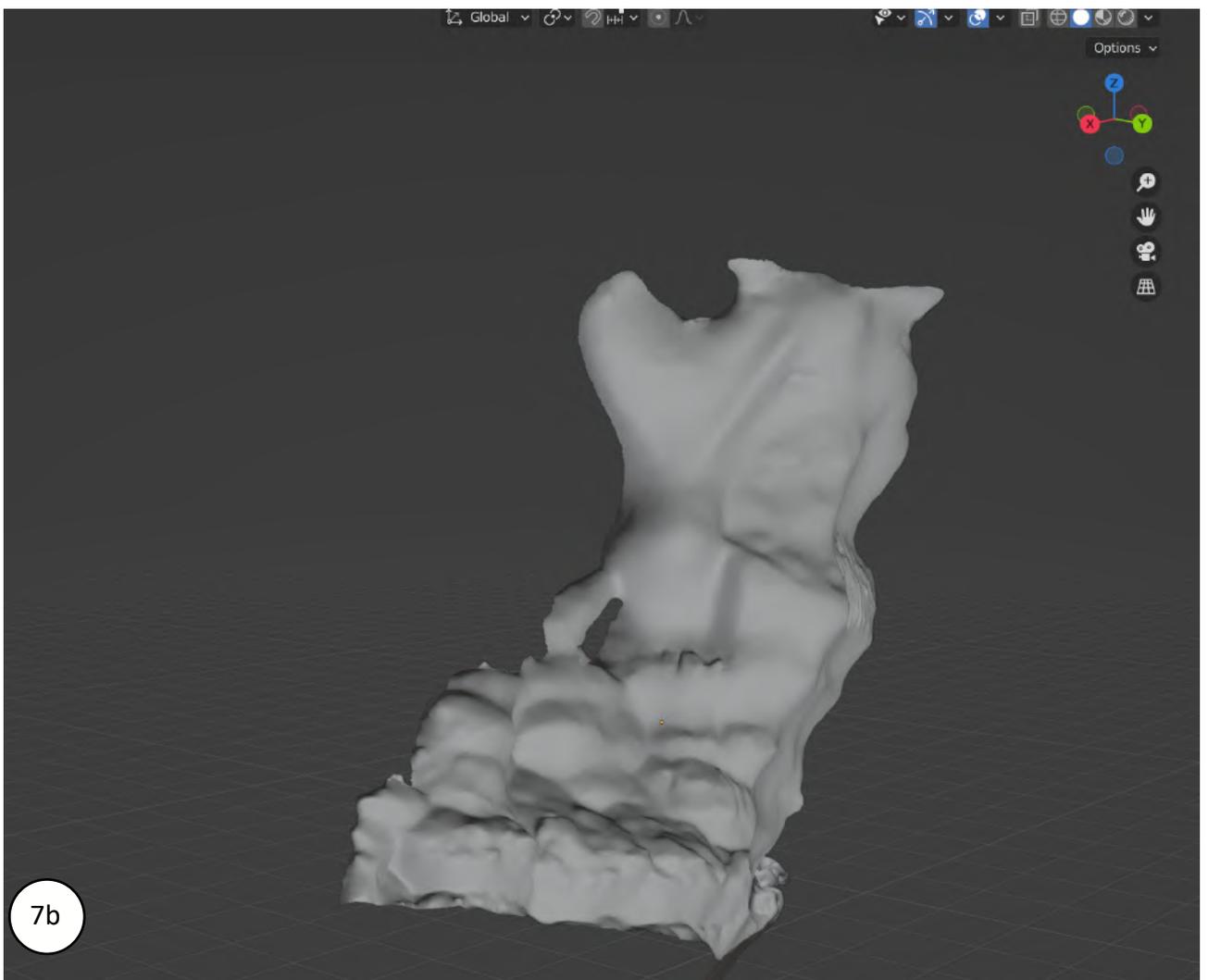
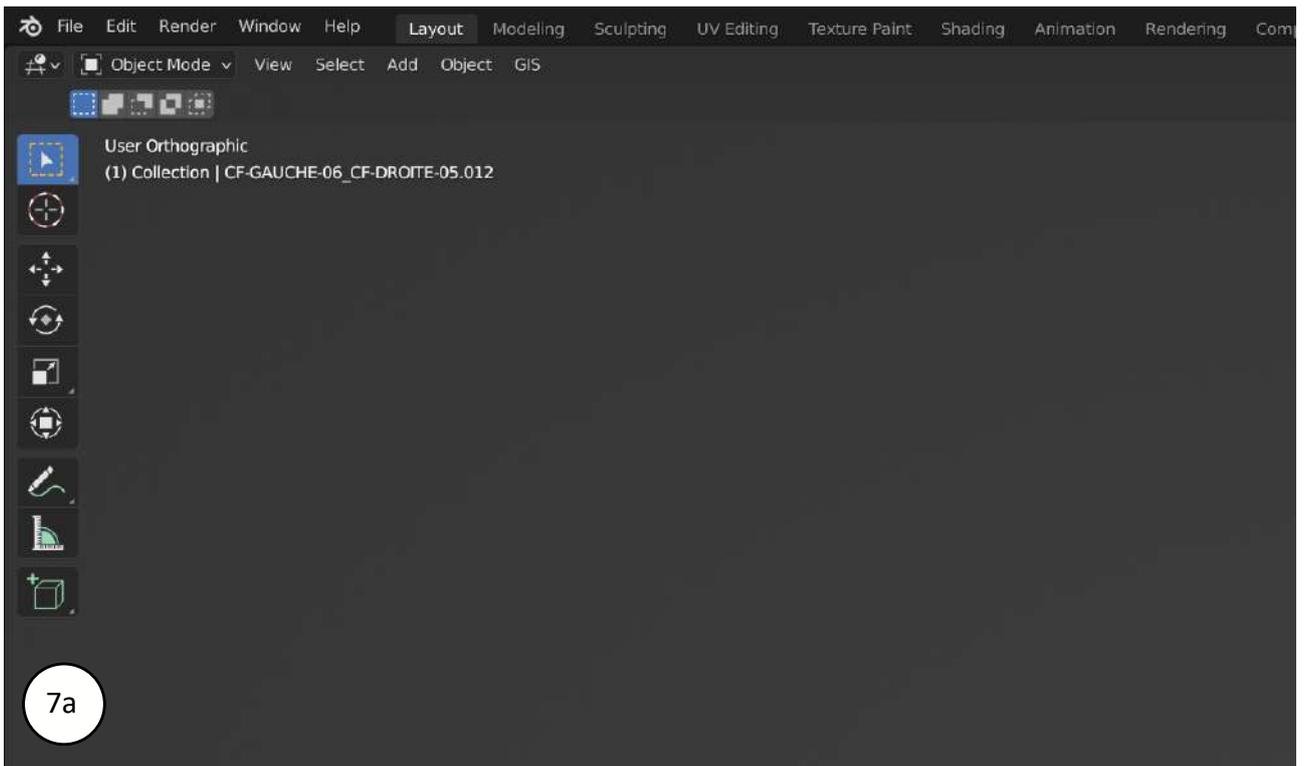


Figure 8 - Gestion des vues du modèle 3D

1.2.3. Les modes de visualisation

Blender propose 4 modes de visualisation du modèle. Leurs icônes se trouvent en haut à droite du 3D Viewport (fig. 8).

- 1 : Viewport Shading : Wireframe (maillage)
- 2 : Viewport Shading : Solid
- 3 : Viewport Shading : Material preview (un affichage qui permet de visualiser la texture du modèle avec un éclairage par défaut)
- 4 : Viewport Shading : Rendered (affichage qui permet de visualiser la texture du modèle avec l'éclairage tel que défini par l'utilisateur.)

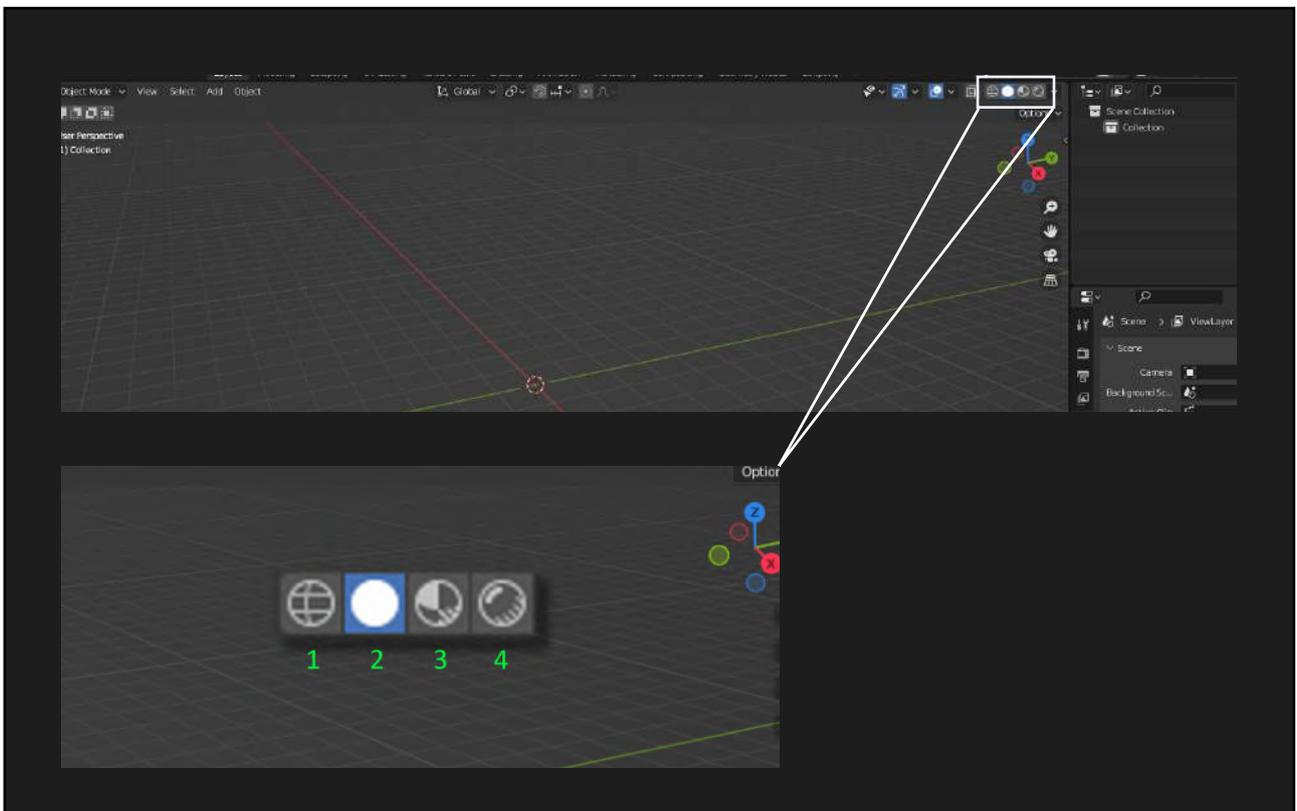


Figure 8 - Modes de visualisation du modèle 3D

1.3. Mise en lumière du modèle : les éclairages virtuels sous Blender

Blender permet de générer divers types d'éclairages paramétrables (intensité, teinte, puissance, filtres). Cette étape indispensable à la réalisation d'un relevé de surfaces est primordiale pour faire ressortir les contrastes et faciliter le travail sur les enlèvements de matière, gravures et autres types de reliefs. À l'aide d'outils d'éclairage virtuel, il est ainsi possible d'illuminer des scènes, objets et surfaces selon divers angles de vue, à différentes distances.

Blender permet de simuler 4 types d'éclairages virtuels : le Point, le Sun, le Spot et Area

Pour accéder à l'interface des éclairages :

- Appuyer sur SHIFT + A > Light > choisir son éclairage (fig. 9)

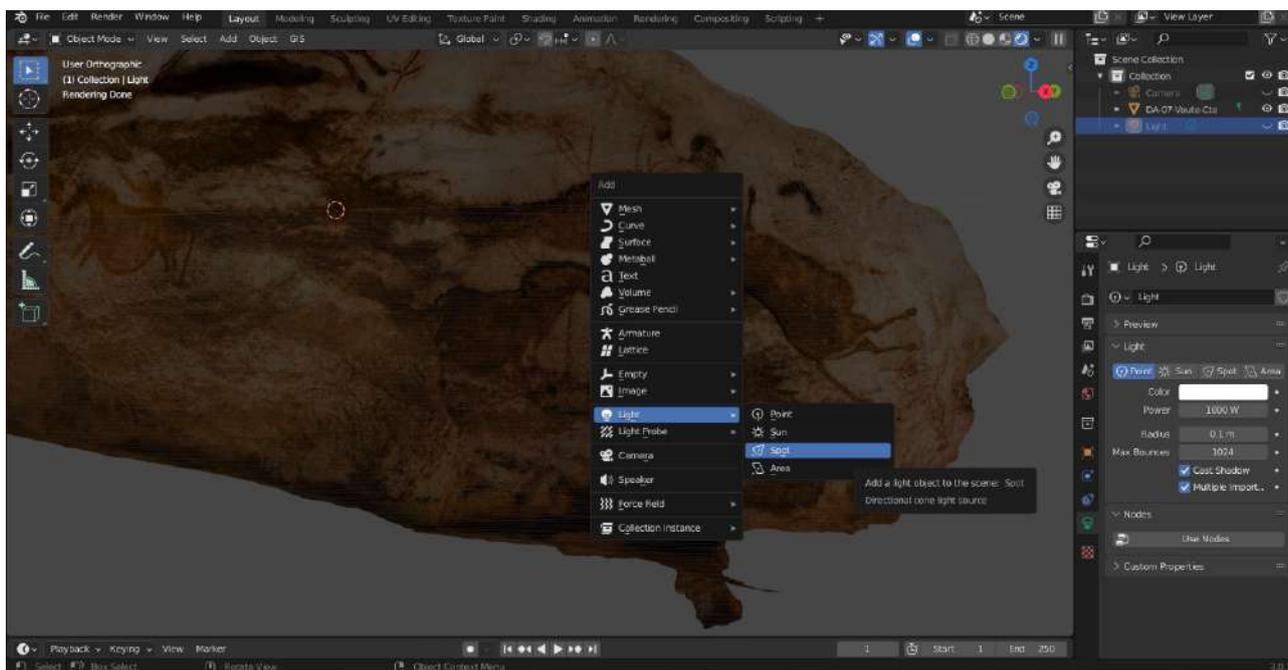


Figure 9 - Sélection de l'outil Light

Une fois que le choix d'éclairage est fait, déplacer la lumière (touche G) pour la placer près du modèle.

NOTE : Il est possible de changer la nature de l'éclairage (point, spot...) dans l'onglet « light » à droite. Ce même menu permet à l'utilisateur de paramétrer l'intensité, le radius ou encore la couleur de l'éclairage (fig. 10).

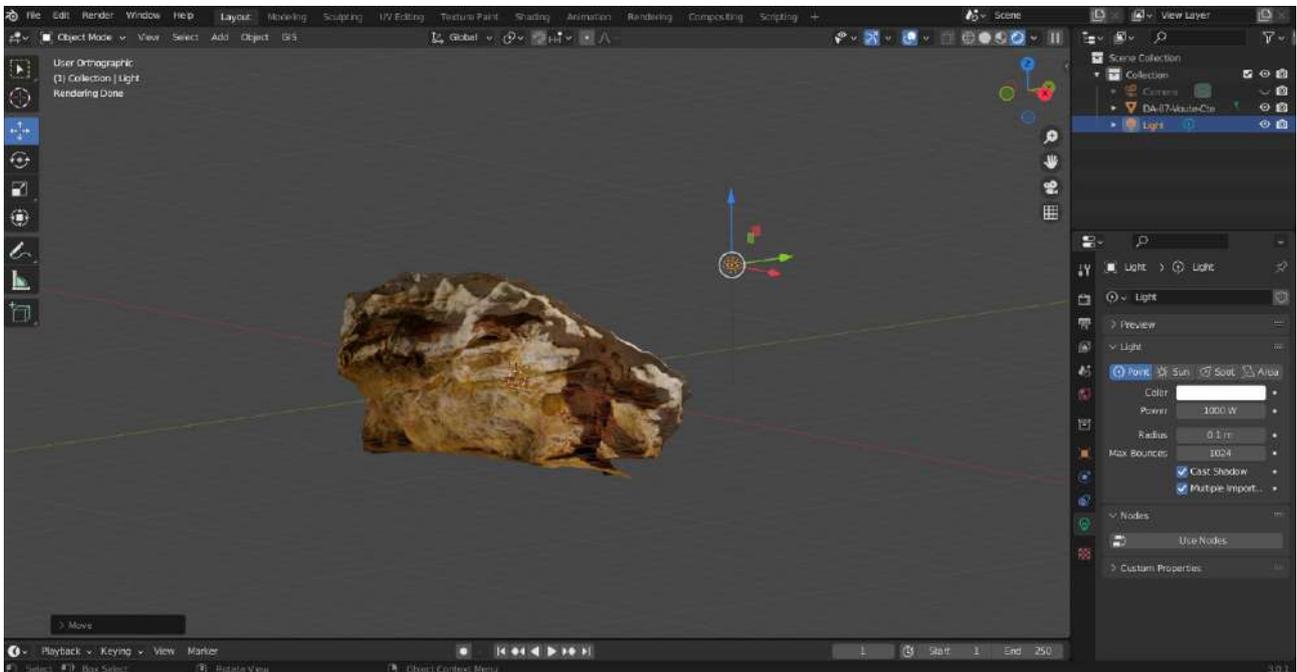


Figure 10 - Disposition de l'éclairage « Sun »

En changeant le mode de prévisualisation du modèle en « rendered » (cf 1.2.3.), il est possible de voir le résultat de l'éclairage (fig. 11)

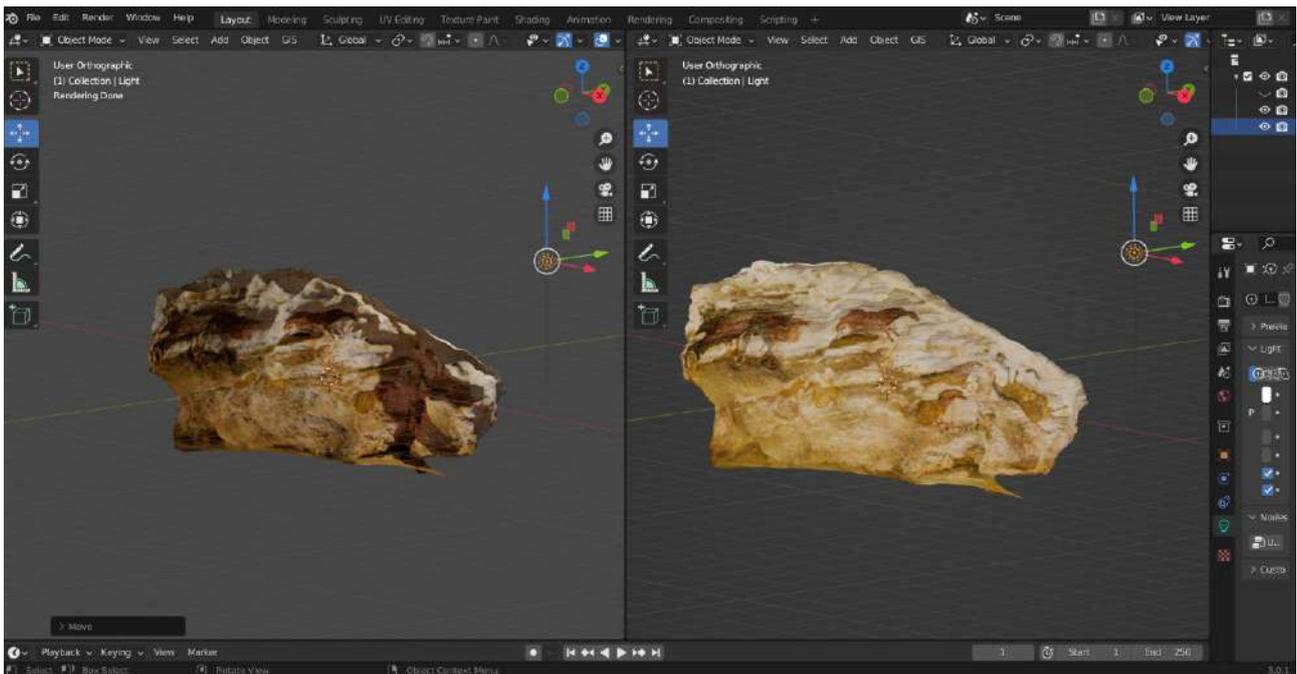


Figure 11 - Double visualisation du modèle. Mode rendered à gauche et LookDev à droite

Il est possible de placer autant de lumières que l'on souhaite sur la scène et ainsi obtenir les différents angles d'éclairage nécessaires au relevé. (fig.12). Chaque lumière pour être affichée individuellement en cliquant sur l'icône œil de la section outliners (cf 1.1.2.)

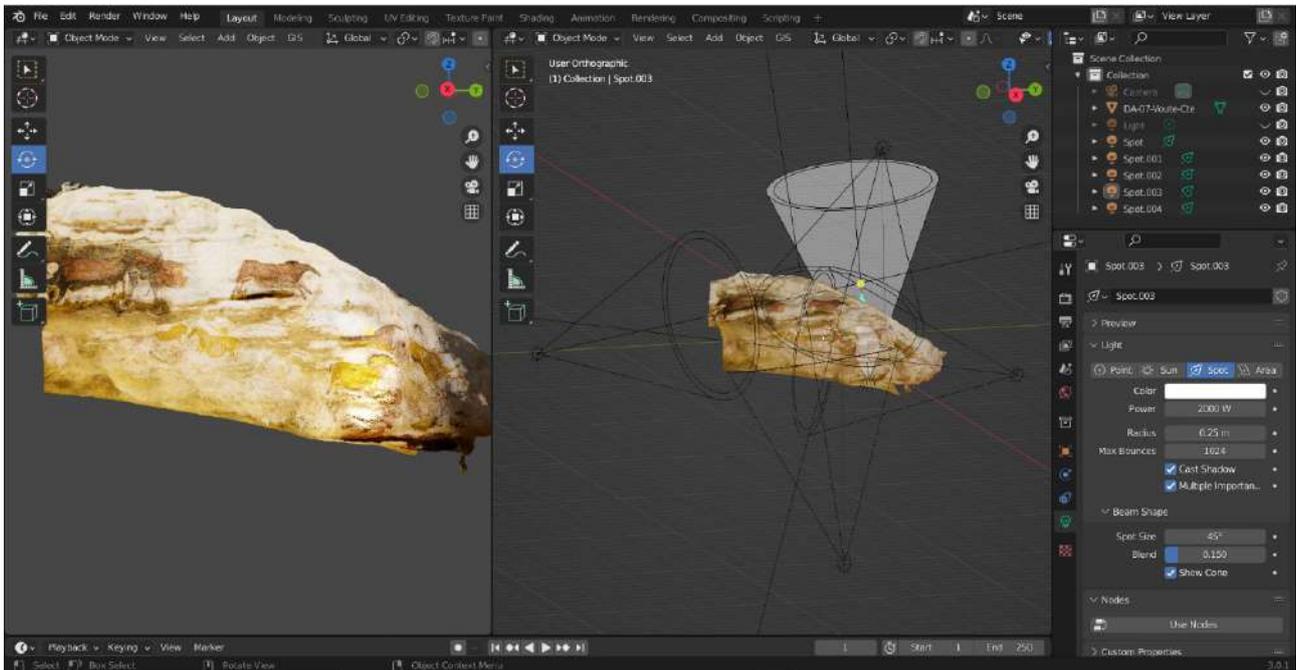


Figure 12 - Paramétrages de l'outil « ligh »

1.4. Sauvegarde des travaux et partage des fichiers

Il est important d'enregistrer le projet après avoir créé la scène et placé les lumières, puis d'effectuer des sauvegardes régulières au cours du travail.

Pour enregistrer un fichier, il est possible d'utiliser le raccourci CTRL S ou bien de passer par le menu FILE en haut à gauche et cliquer sur Save ou Save As.

Le fichier s'enregistrera automatiquement sous le format .blend. Néanmoins, Blender offre la possibilité d'exporter des fichiers sous divers formats (cf partie 5).

Partager un fichier Blender avec un autre utilisateur suppose de sauvegarder également les textures et autres données essentielles. Dans le cadre du travail du Texture Paint (comme décrit plus loin), il est ainsi nécessaire d'enregistrer les images qui ont été générées (sous format PNG), de même qu'il faut sauvegarder les brushes utilisés pour les relevés. Pour le Grease Pencil, il est nécessaire d'enregistrer les matériaux si une charte graphique est employée. Le schéma ci-dessous décrit les étapes de la sauvegarde sous Blender (fig. 13)

13a) Le mode d'enregistrement par défaut dans l'éditeur de préférences utilisateur est le « Make All Paths Relative ». Votre fichier .blend comprend des images-textures externes produit par le biais des outils Texture Paint ou Grease Pencil. Un chemin indique à Blender où chercher ces fichiers.

Attention, avec un chemin relatif, si vous déplacez les fichiers externes vers un nouvel emplacement sans déplacer au même endroit le fichier .blend qui les référence, il sera impacté : les images-textures seront manquantes à l'ouverture. Il suffira de ré-indiquer le nouveau chemin à Blender pour les faire réapparaître.

13b) L'idéal est d'utiliser ce mode pour envoyer à votre destinataire un dossier contenant un fichier .blend et un sous dossier de ses fichiers relatifs comme les images-textures. Préférez cette option au mode « Pack All Into Blend » qui compressera votre .blend et tous ses fichiers externes, car la première solution sera plus claire pour votre interlocuteur qui visualisera les fichiers dans le dossier.

Notez que vous ne pouvez pas entrer de chemin relatif dans un nouveau fichier .blend sans titre, enregistrez-le avant de créer un lien vers des fichiers externes.

S'il vous est nécessaire de déplacer un fichier .blend par rapport à ses ressources liées, utilisez la fonction File Save As de Blender qui a une option pour remapper les liens de fichiers relatifs.

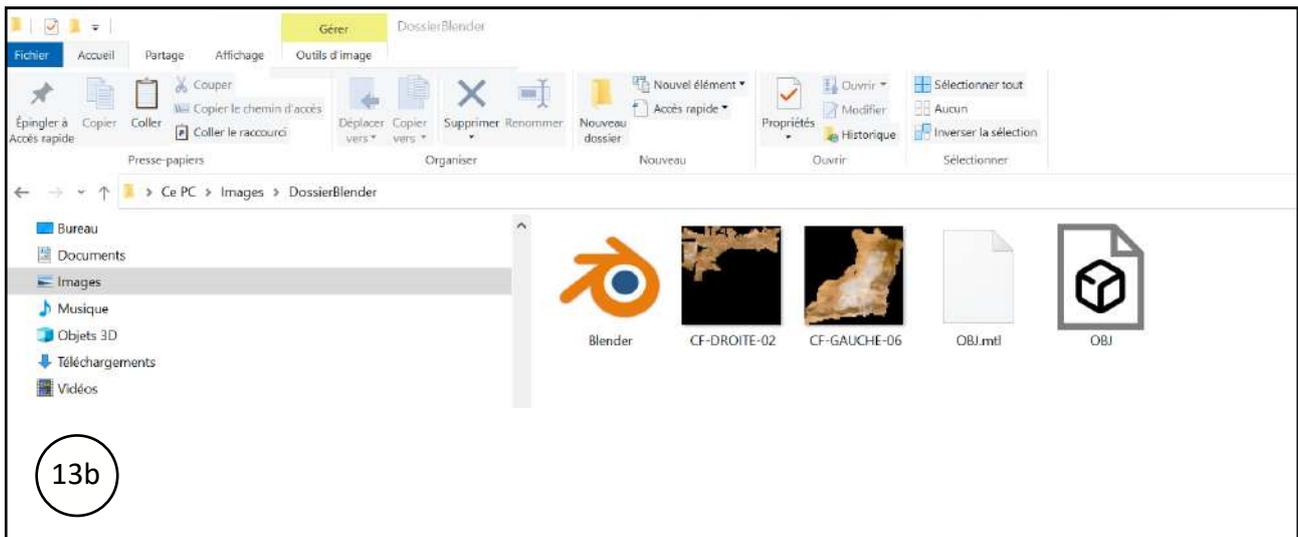
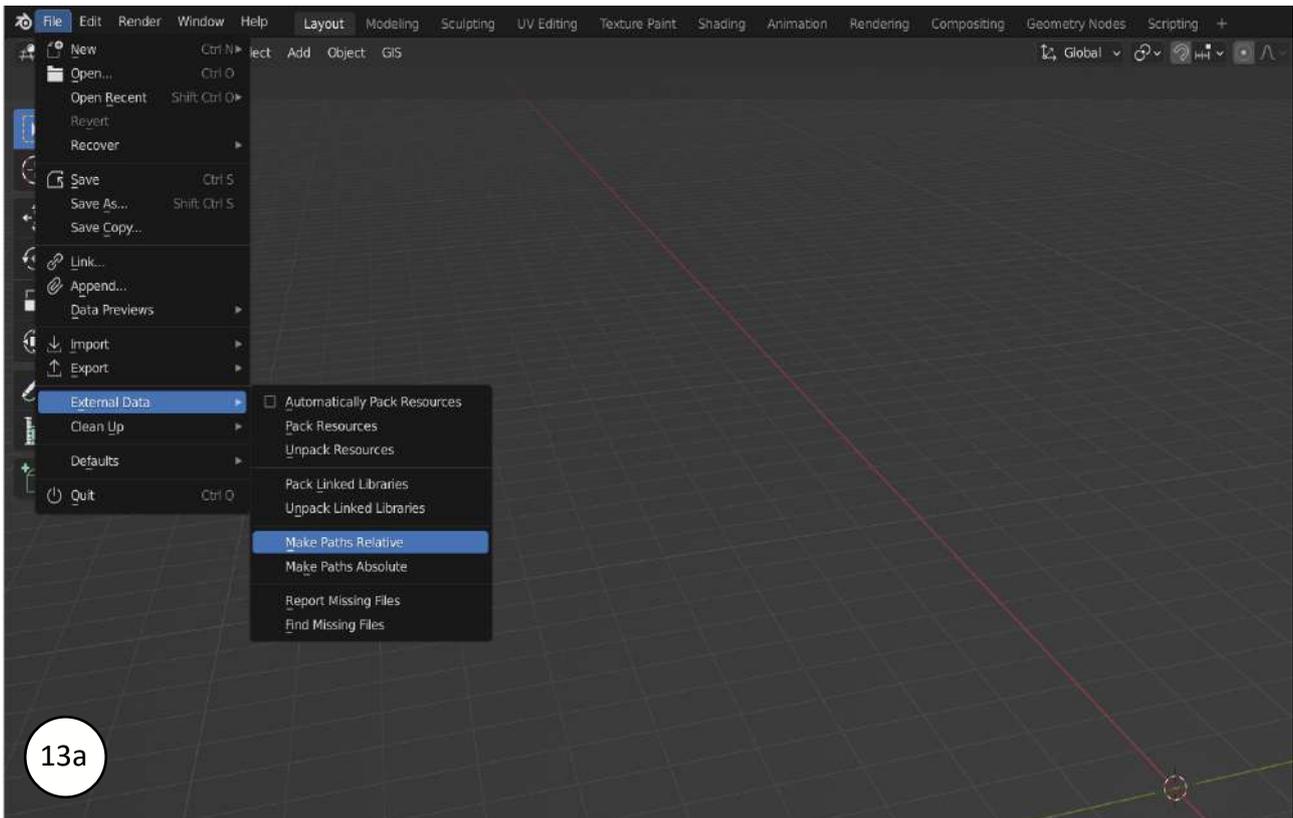


Figure 13 - Schéma d'enregistrement des fichiers sous Blender

2. L'APPROCHE MULTIMODALE

Dans le cadre des expérimentations menées par le CNP, des modes d'affichage, regroupés sous l'appellation « approche multimodale », ont été créés. Ces modes exploitent les possibilités offertes par le système de nodes du logiciel, qui constituent un système de ramification ontologique de la donnée, sorte de circuit de l'information permettant de relier des données entre elles. Ces modes ont été conçus dans l'objectif de faciliter le travail de relevé, mais aussi d'apporter un niveau d'information supplémentaire à même de favoriser l'approfondissement de l'analyse du modèle 3D.

Les sections suivantes s'attachent à présenter les quatre méthodes mises au point en détaillant les étapes à suivre pour les reproduire. Un utilisateur familiarisé avec les nodes proposées par Blender peut envisager la création de modes supplémentaires, en fonction de ses besoins.

2.1. Texture - DStretch®

L'utilisation du plug-in DStretch®² (logiciel ImageJ) est répandue pour l'étude de l'art rupestre (Le Quellec et al., 2013). Cet outil permet, par un traitement colorimétrique, de révéler des traces de peinture difficilement visibles sur les parois. En raison de l'apport précieux qu'il représente, DStretch® a donc été implémenté au workflow proposé dans ce livret (fig. 14).

Etape 1 : récupérer une copie de la texture (TIFF, PNG, JPEG ...) d'origine de l'objet. Lui appliquer un traitement DStretch®.

Etape 2 : Ouvrir cette image sous Blender :

- Dans le Workspace « Shading » (onglets du haut) → menu Add (3) → Add Texture → Image texture → Ouvrir l'image DStretch en cliquant sur «open» de la node
- Add → Color → MixRGB → y brancher la texture d'origine (Color/Color) et la texture DStretch (Color/Color). Monter ou baisser le facteur (1) pour passer de l'une à l'autre.
- Brancher la node MixRGB réunissant les deux textures à la node MixRGB « Intercalaire » (Color/Color) (2)

NOTE : Il est possible de multiplier les traitements DStretch® en combinant chaque texture à l'aide d'une node « MixRGB »

². DStretch® est un plugin d'Image créé par Jon Harman qui permet d'améliorer des images numériques grâce à des algorithmes de décorrélation modifiant le contraste des images multispectrales (RGB).
<https://dstretch.com/>

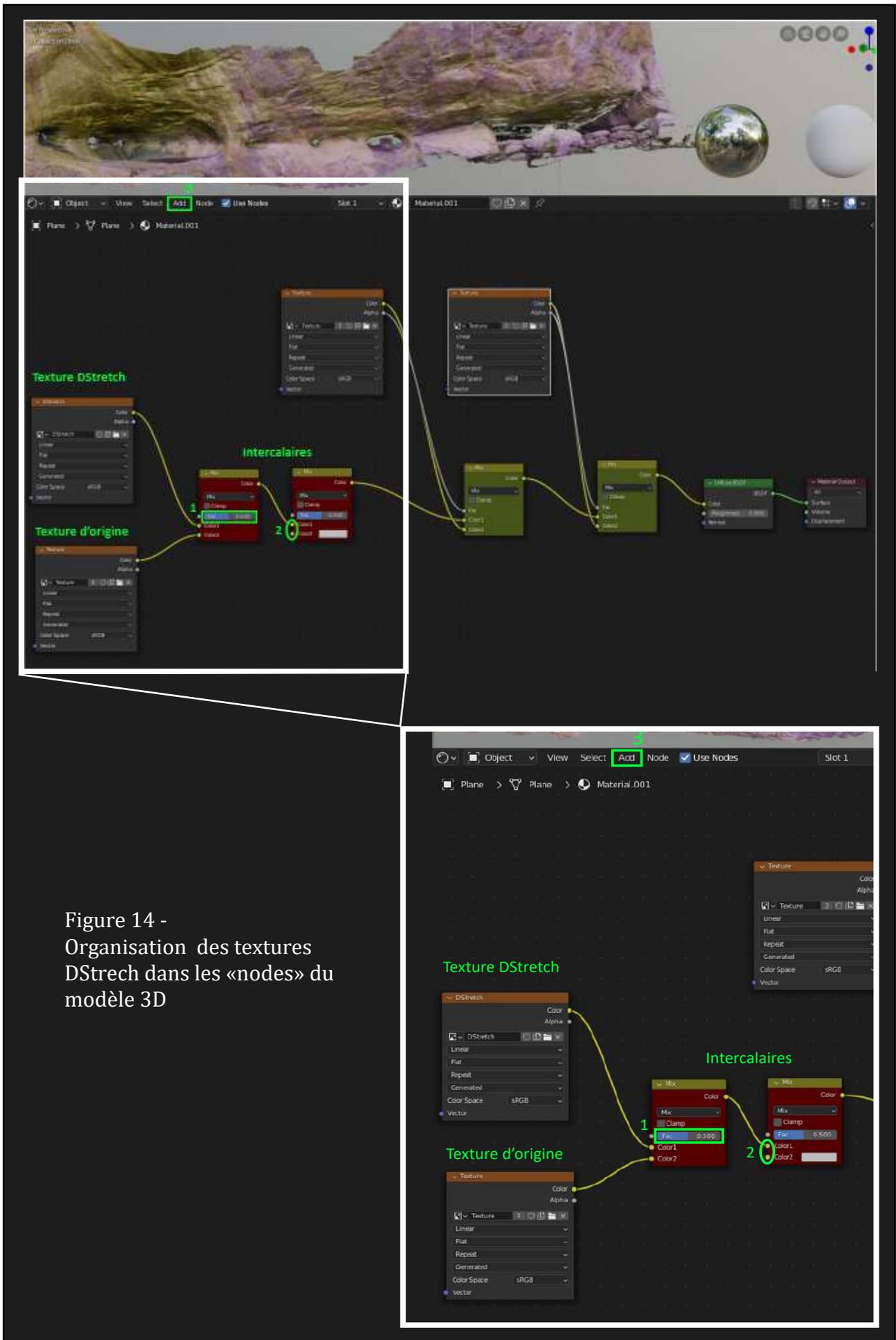


Figure 14 - Organisation des textures DStretch dans les «nodes» du modèle 3D

2.2. Implémenter des Normales

Un autre traitement susceptible d'apporter une aide à la lecture des surfaces dans le cadre de la réalisation du relevé archéologique, consiste à épurer ce dernier de la texture pour ne conserver de lisible que sa morphologie. Il est ainsi plus facile de repérer les aspérités et autres états de surface comme des fissures et enlèvements de matière, qui peuvent faire l'objet d'un relevé de type cartographique (géoarchéologie ou constat d'état).

Sur un modèle 3D, chaque face du maillage est caractérisée par une « normale », c'est-à-dire une demi-droite perpendiculaire à cette face qui définit son sens intérieur/extérieur. Un traitement sur ces « normales » permet de colorer la paroi en fonction de l'orientation de celles-ci (fig. 15). En choisissant deux couleurs qui représentent deux orientations opposées, il devient possible de cartographier les reliefs par un effet de contraste.

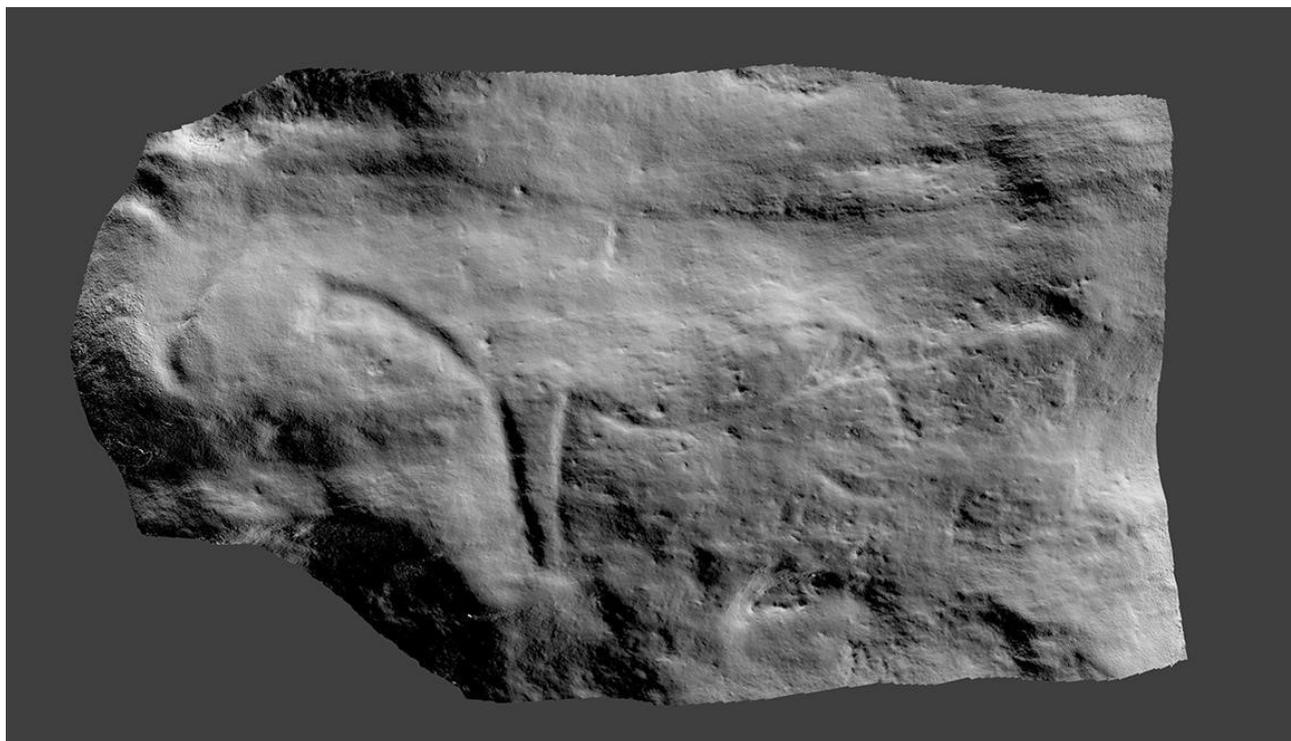


Figure 15 - Traitement colorimétrique et cartographie de la surface par l'application « normales ».

Sur Blender il est possible de réaliser la carte des Normales comme suit, depuis le workspace « shading » (fig. 16) :

- Menu Add (1 sur image ci-dessous) → Input -> Geometry
- Add -> Converter -> Separate XYZ
- Brancher la node Geometry à la node Separate (Normal/Vector)
- Add -> Converter -> Math (choisir le mode Multiply)
- Jouer sur les branchements de la node Separate XYZ avec la node Math(Multiply) jusqu'à obtenir un affichage satisfaisant.
- Add -> Converter -> ColorRamp
- Brancher la node Math à ColorRamp
- Add MixRGB -> y brancher la ColorRamp (Color/fac) et deux nodes RGB (color/color)

- Relier le groupe « Normales » et le groupe « Textures » à une seconde node MixRGB et
- Brancher cette node à la node intercalaire (color/color2)

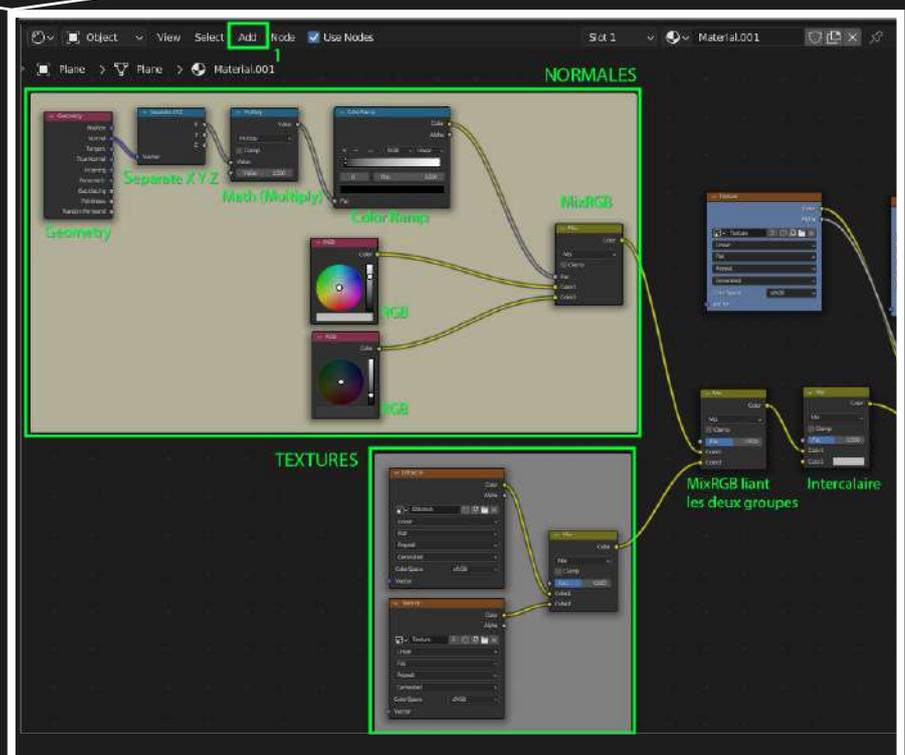
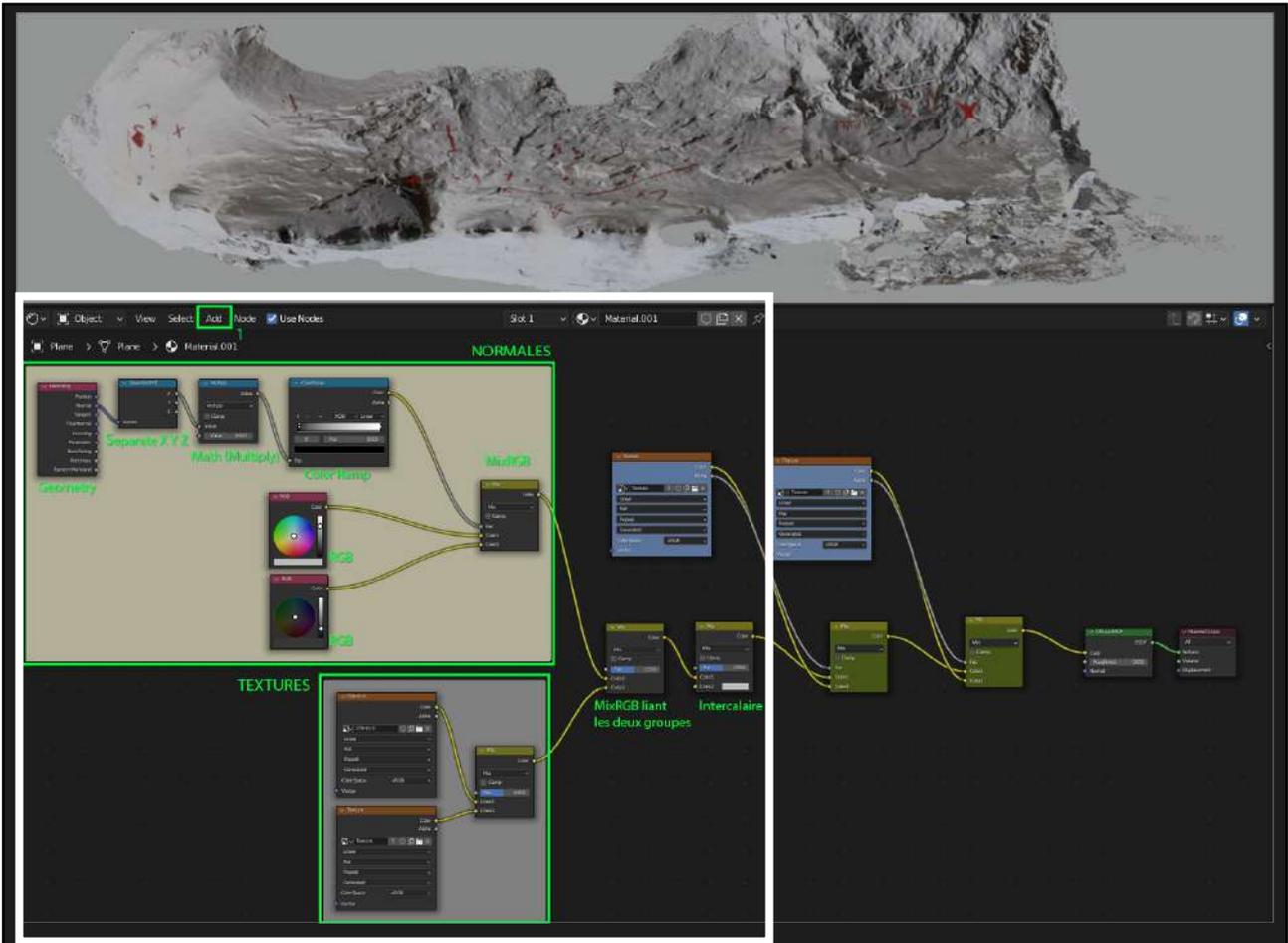


Figure 16 -
«Branchement» des
«Normales» dans les
nodes du modèle 3D.

2.3. Le « Pointiness »

Il s'agit d'un traitement permettant de sélectionner les zones où l'angle entre plusieurs faces est faible et de mettre ainsi en valeur les zones de « creux » en leur attribuant une couleur. On obtient alors une cartographie de l'ensemble des reliefs visibles (fig. 17). Reste ensuite, pour l'archéologue, à analyser et interpréter ces informations.

NOTE : Geometry-Pointiness ne fonctionne que dans le cadre de rendus Cycles.
Pour une visibilité en Eevee, il est nécessaire d'effectuer un BAKE de la texture.



Figure 17 - Traitement colorimétrique et cartographie de la surface par l'application « pointiness ».

Pointiness sur fond uni (fig. 18)

- Depuis le workspace « shading » : Menu Add (1 sur image ci-dessous) -> Input -> Geometry
- Add -> Converter -> ColorRamp
- Brancher la node Geometry à la node ColorRamp (Pointiness/Vector)
- Add MixRGB -> y brancher la ColorRamp (Color/fac) deux nodes RGB (color/color)
- Relier le groupe « Pointiness » et le groupe « Textures » à une seconde node MixRGB et brancher cette node à la node intercalaire (color/color)

Pointiness sur une texture (fig. 19)

- Depuis le workspace « shading » : Menu Add (1 sur image ci-dessous)-> Input -> Geometry
- Add -> Converter -> ColorRamp
- Brancher la node Geometry à la node ColorRamp (Pointiness/Vector)
- Add MixRGB -> y brancher la ColorRamp (Color/fac) une node RGB (color/color1) et la node MixRGB du groupe « Texture » (color/color2)

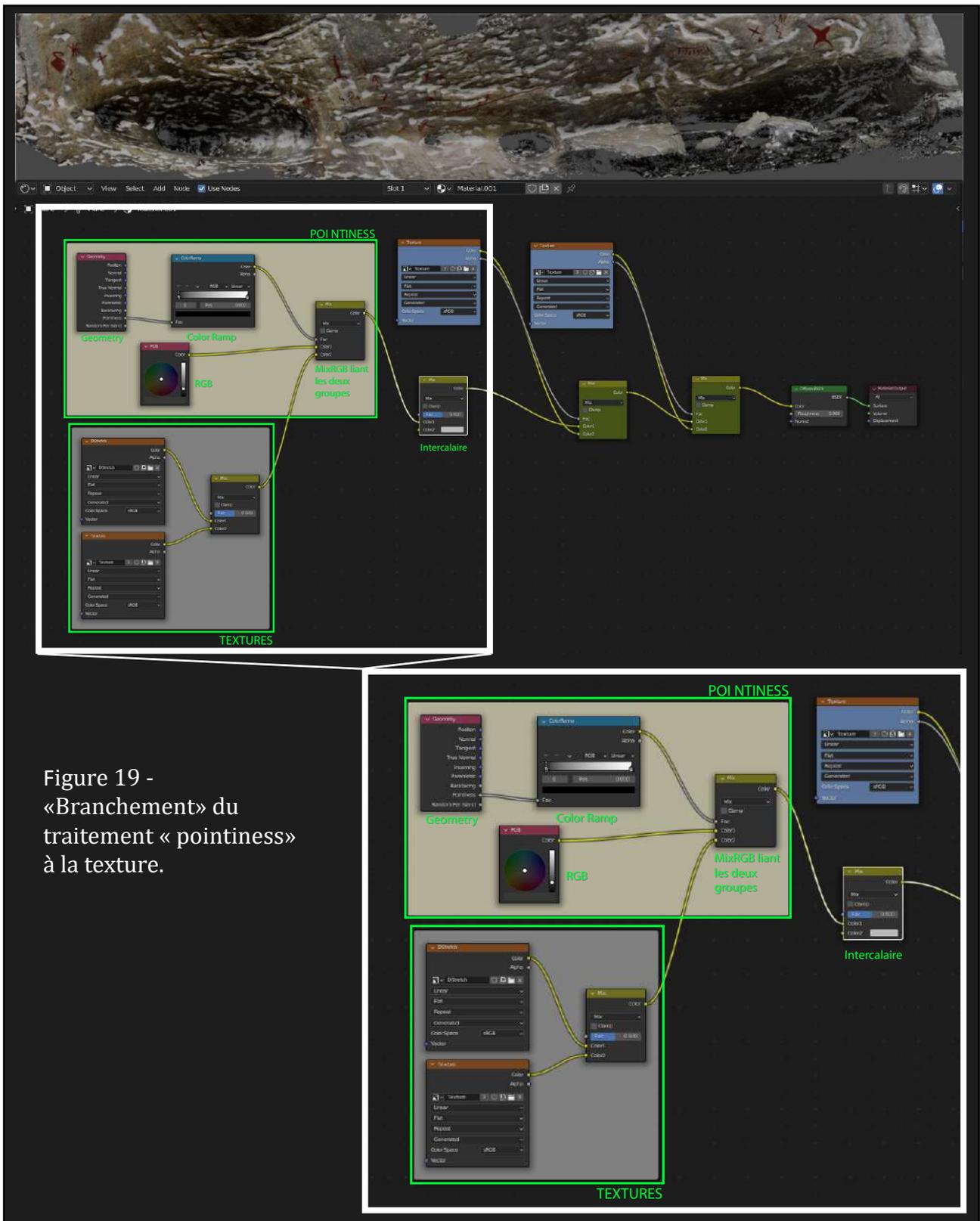


Figure 19 -
«Branchement» du
traitement « pointiness»
à la texture.

2.4. Intégrer un Modèle Numérique d'Élévation (MNE)

Le Modèle Numérique d'Élévation (MNE) permet de visualiser l'objet 3D selon des valeurs de profondeur. À partir des données métriques du modèle (modèle à l'échelle), il est possible de générer le MNE de façon automatique par Blender GIS et de jouer avec les paramètres proposés par cet add-on.

Etape 1 : installer l'add-on BlenderGIS :

- Menu Edit (1) -> Préférence -> Add-on (2) -> Install (3)
- Sélectionner le dossier BlenderGIS non dézippé -> Install Add-on from File
- Penser à sauvegarder les préférences avant de fermer la fenêtre (4) (fig. 20)

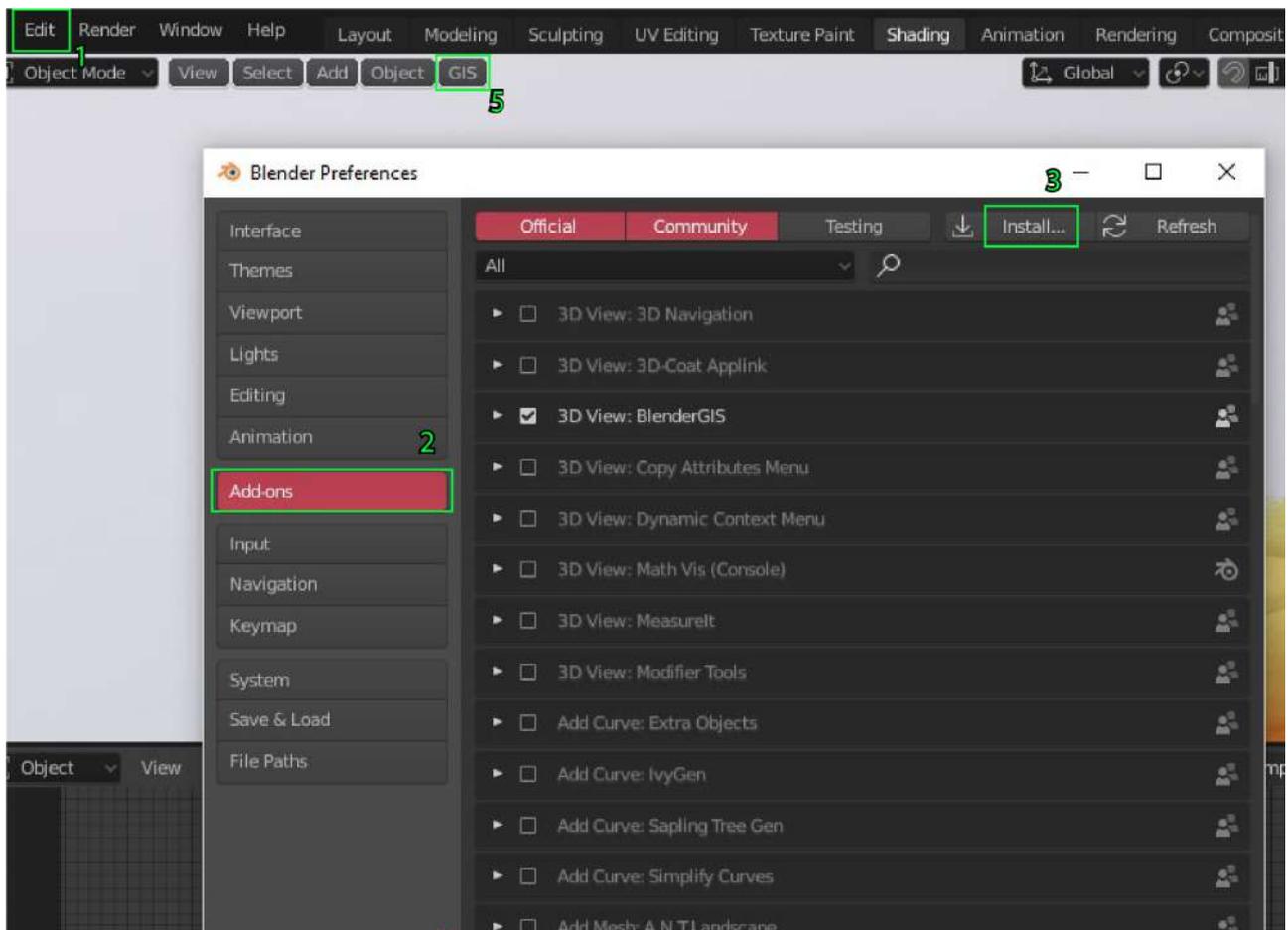


Figure 20 - Installation de l'Add-on BlenderGIS.

- Pour intégrer le MNE au reste des textures (fig. 22), sélectionner l'ensemble des nodes du groupe MNE (désigné ci-dessus par l'encadré jaune) à l'aide de la sélection rectangulaire (raccourci B) puis copier (CTRL C).
- Dans le menu déroulant, revenir sur le material contenant la texture du modèle et les calques et coller le groupe de nodes (CTRL V).
- Relier le groupe «MNE» et le groupe «Textures» avec une node MixRGB et brancher cette node à la node intercalaire (Color/Color).

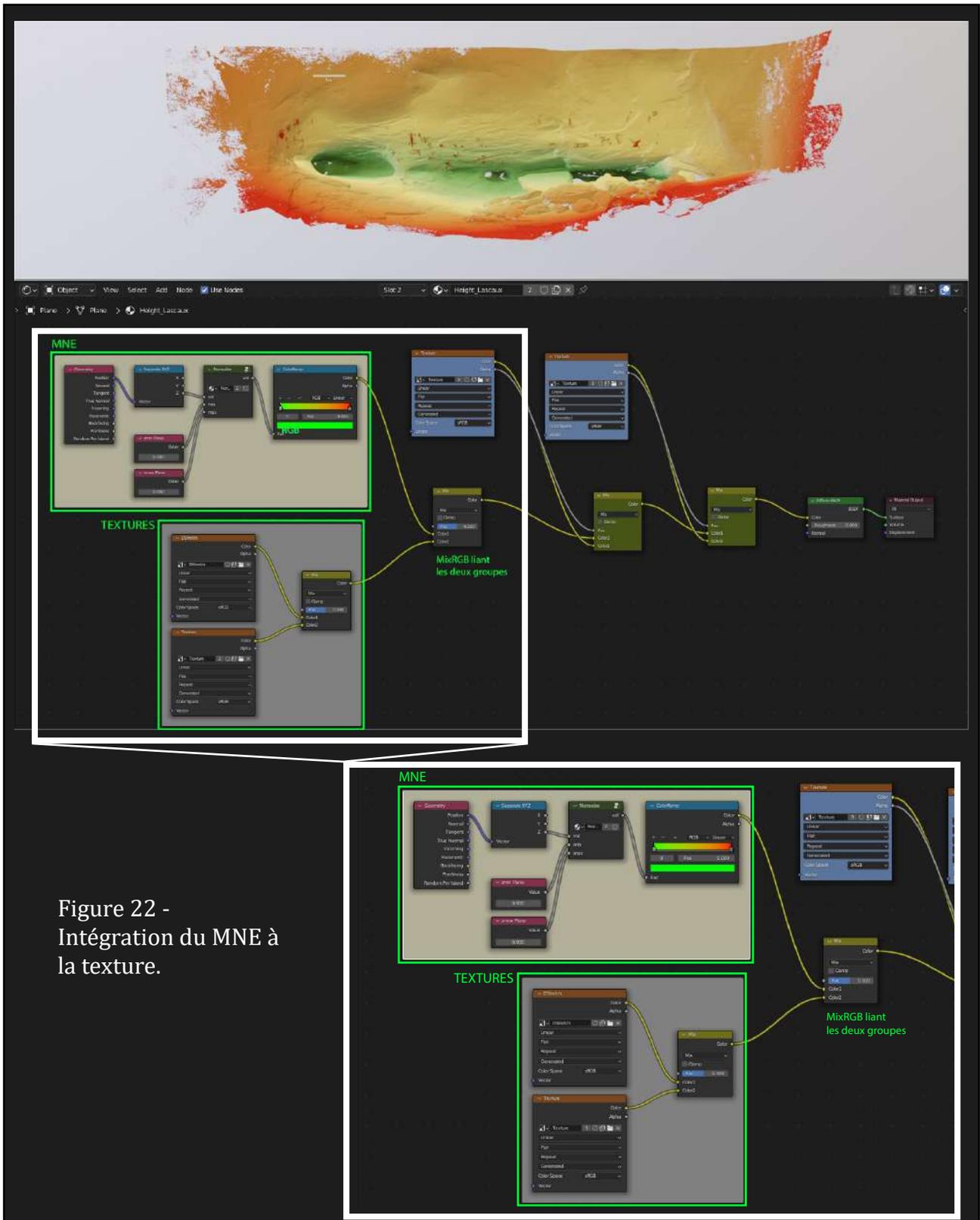


Figure 22 -
Intégration du MNE à
la texture.

Il est également possible de réaliser un MNE du modèle via Blender de manière manuelle sans avoir à passer par l'add-on BlenderGIS. Pour ce faire (fig. 23) :

- Add -> Input -> Texture Coordinate
- Add -> Converter -> Separate XYZ
- Brancher la node Texture Coordinate à la node Separate (Generated/Vector)
- Add -> Converter -> ColorRamp
- Créer et arranger les couleurs à l'aide des onglets « + », « - » et « V »
- Brancher la node Separate à la node ColorRamp, en fonction de l'axe de profondeur du modèle (Generated/Vector)
- Relier le groupe « MNE » et le groupe « Textures » avec une node MixRGB et brancher cette node à la node intercalaire (color/color)

L'important ensuite est de bien relier le groupe de nodes du MNE avec le groupe des nodes de la texture du modèle à l'aide d'une node MixRGB pour ainsi pouvoir basculer le type de lecture du modèle de l'un à l'autre.

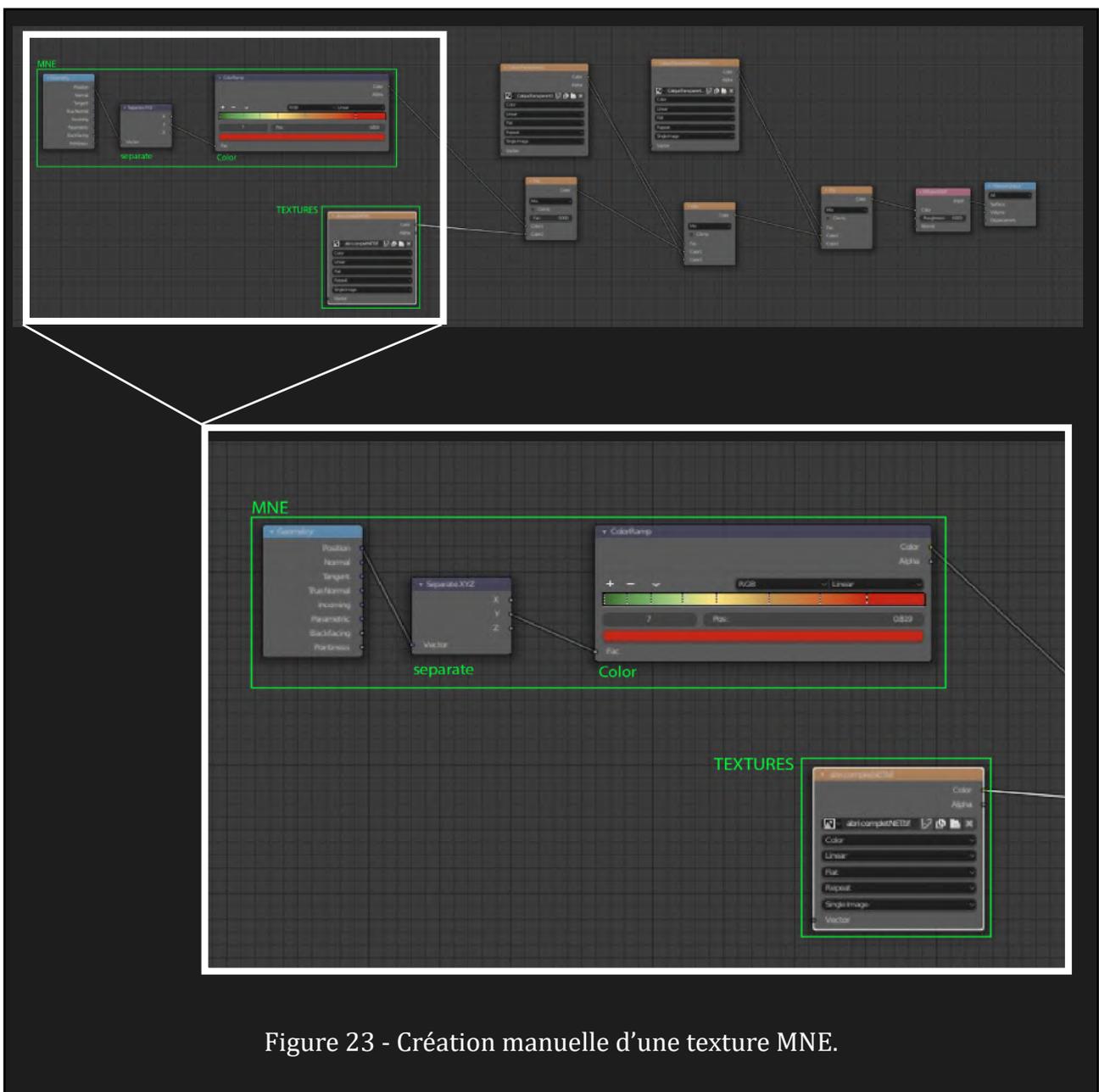


Figure 23 - Création manuelle d'une texture MNE.

L'USAGE DE BLENDER POUR LE RELEVÉ D'ART PARIÉTAL

Afin de pouvoir couvrir les multiples façons de mettre en place un projet de relevé des parois ou des surfaces, deux « process » ou « workflow » ont été développés :

- L'un, le Texture Paint, permet un travail sur les textures du modèle, avec un système de peinture 3D.
- L'autre, le Grease Pencil, permettant de réaliser un relevé de type cartographique des surfaces, sous format vectoriel.

3. LE TEXTURE PAINT

L'outil Texture Paint sous Blender permet de dessiner sur le modèle à l'aide de divers « brushes ». Le principe consiste en un traitement appliqué à une texture (une image (image, séquence ou film) utilisée pour colorer la surface d'un maillage) mappée sur l'objet 3D via une ou plusieurs cartes UV.

Cet outil permet de relever efficacement et de manière graphique les polychromies et dessins. Il est donc particulièrement adapté au travail réalisé sur les peintures, dessins et autres apports de matière sur la paroi. Grâce à son approche graphique, il convient aux personnes voulant réaliser un relevé graphique classique tel que défini par Carole Fritz et Gilles Tosello (Fritz et Tosello, 2007).

Afin de réaliser un relevé en Texture Paint, il convient de suivre le pas à pas suivant et de placer sur le modèle un calque transparent sur lequel celui-ci sera effectué. Il est possible de réaliser autant de calques transparents que de couches de relevé. Une réflexion en amont quant à la gestion des calques (par motifs, par techniques, etc.) s'impose donc.

3.1. Configuration du mode « Paint »

3.1.1. Préparation du modèle

Texturer le modèle dans le WORKSPACE³ «SHADING» (l'objet doit être sélectionné)

Au préalable si la texture n'a pas été importée en même temps que l'objet (fig. 24) :

- Menu add → Texture → Image texture
- Dans la node Image Texture → Open → Sélectionner la texture du modèle

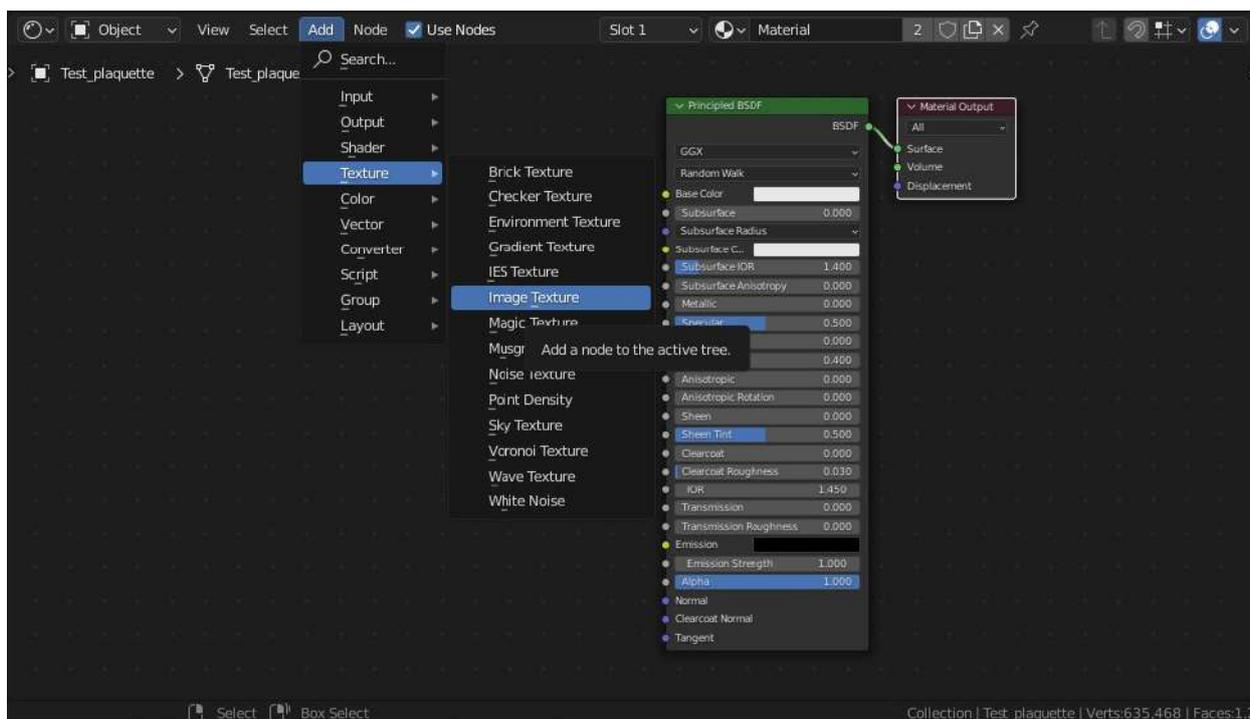


Figure 24 - Installation de la texture.

Lorsque l'objet est texturé (fig. 25) :

- Supprimer la node «Principled BSDF⁴» (Clic droit puis X)
- Menu Add → Shader → Diffuse BSDF
- Brancher «l'Image Texture» au «Diffuse BSDF» (Color/Color) → Brancher le «Diffuse» au «Material Output» (BSDF/Surface)

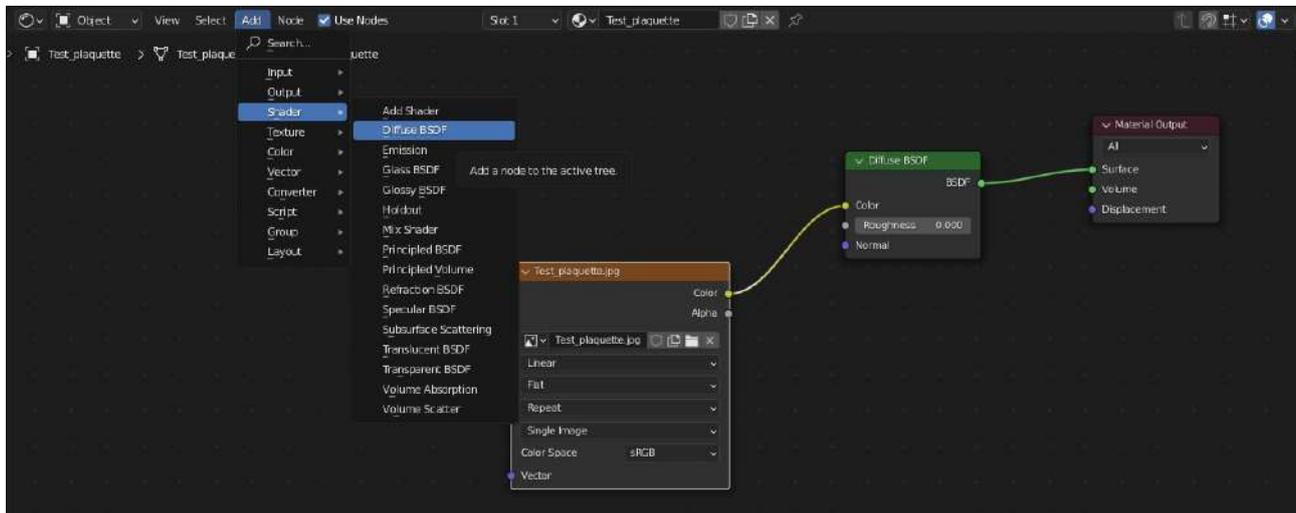


Figure 25 - Branchement des textures.

3.1.2. Passage en mode « Paint »

- Passer dans le WORKSPACE «TEXTURE PAINT» (1)
- Vérifier que le mode d'interaction soit bien en Texture Paint (2)
- Display mode : choisir les modes LOOKDEV ou RENDERED (cf 1.2.3.)



³ . «WORKSPACE» désigne les onglets situés en haut de la fenêtre de Blender; dans le prolongement des menus Files, Edit ...

⁴ . «Principled BSDF» est une node comportant de multiples calques et paramètres destinés à créer une grande diversité de matériaux. Dans le cadre des modèles exploités pour le relevé, les possibilités qu'elle offre ne sont pas utiles ; il est donc préférable de la remplacer par une node moins complexe

Ajouter une fenêtre destinée au SHADER EDITOR (fig. 26) :

- Clic droit au niveau de la ligne de séparation du Viewport et de l'Image Editor → Split Area.
- Dans l'onglet à l'extrême gauche de la nouvelle fenêtre, choisir «Shader Editor»

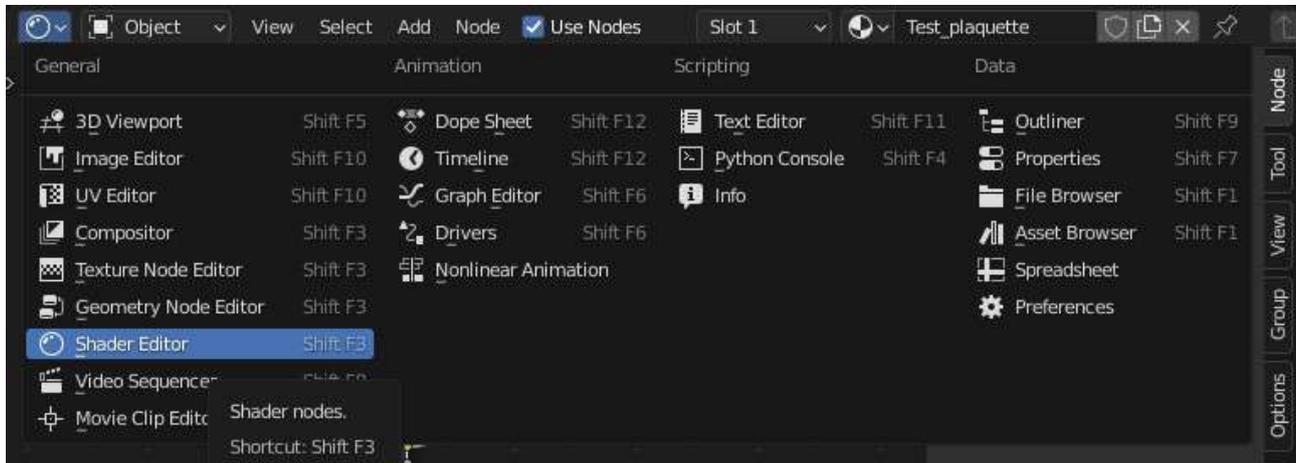


Figure 26 - Fenêtre du «shader editor».

3.1.3. Création d'un calque transparent

Sélectionner l'outil pinceau (DRAW) à gauche du Viewport.

Puis dans l'onglet «ACTIVE TOOL» (à droite du Viewport, comme présenté ci-dessous)

- section «Texture Slots »
- Cliquer sur «+ »
- BASE COLOR (fig. 27).

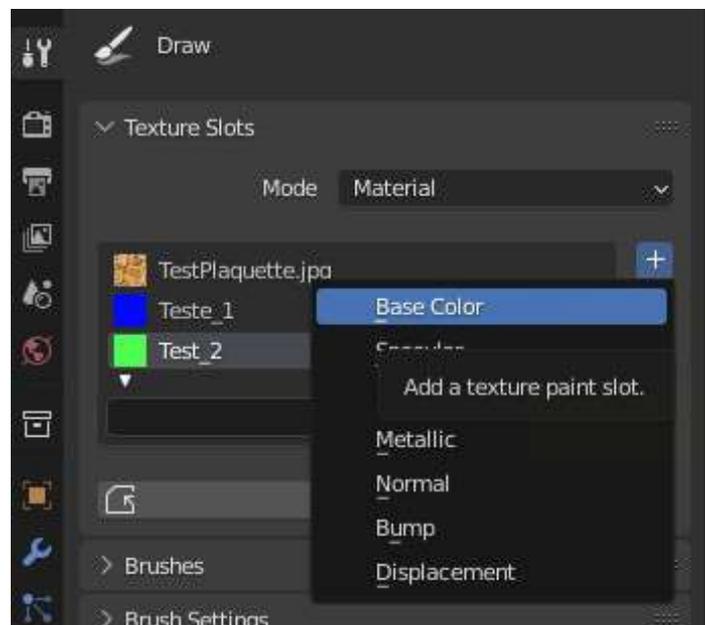


Figure 27 - Création d'un calque transparent.

Paramétrer la Base Color (fig. 28) :

- Nom du calque
- Résolution (certains objets nécessitent une résolution élevée - par exemple 7000*7000 px - afin d'éviter les problèmes de pixellisation des brushes)
- Cliquer sur la couleur → mettre le canal alpha (noté A) à 0
- Cliquer sur OK pour créer l'image

ATTENTION ! Il est impératif de sauvegarder l'image créée

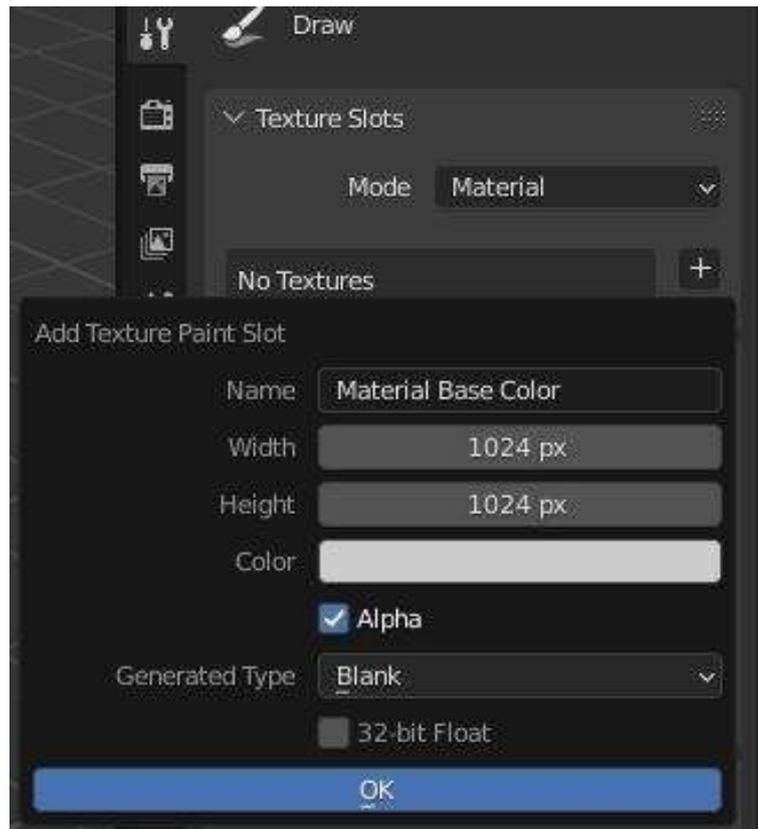


Figure 28 - Fenêtre de paramétrage de la base color.

Dans la fenêtre IMAGE EDITOR à gauche (fig. 29) :

- Sélectionner le nouveau calque créé à partir du menu déroulant (si le logiciel ne le fait pas automatiquement) (1)
- Enregistrer l'image : Menu Image → SAVE AS (2)

NOTE : Dans le menu « Image » de l'Image Editor une (*) apparaît lorsque l'image doit être enregistrée. Penser à sauvegarder régulièrement avant fermeture du logiciel.

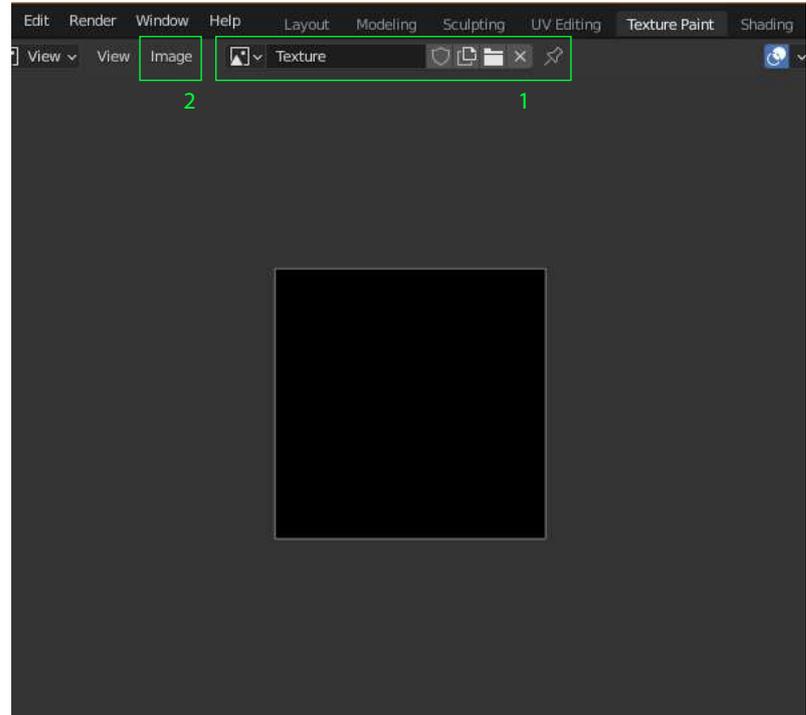


Figure 29 - Enregistrement de l'image depuis l'image Editor.

Avant de peindre, veiller à sélectionner le bon calque dans la section «Texture Slot » de l'Active Tool (fig. 30).

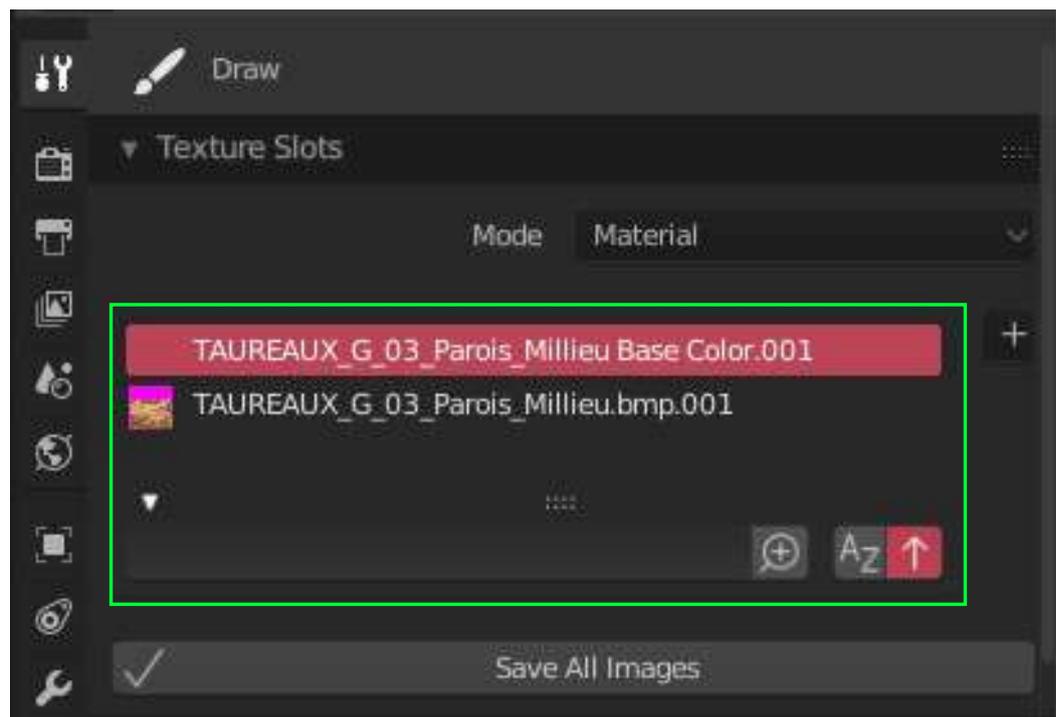


Figure 30 - Sélection du calque pour le relevé

3.2. Calques et Nodes

3.2.1. Ajout d'un premier calque

Dans le WORKSPACE « Texture Paint », fenêtre SHADER EDITOR :

- Add → Color → MixRGB
- Dupliquer cette node (SHIFT D)
- Puis effectuer le branchement suivant (fig. 31)

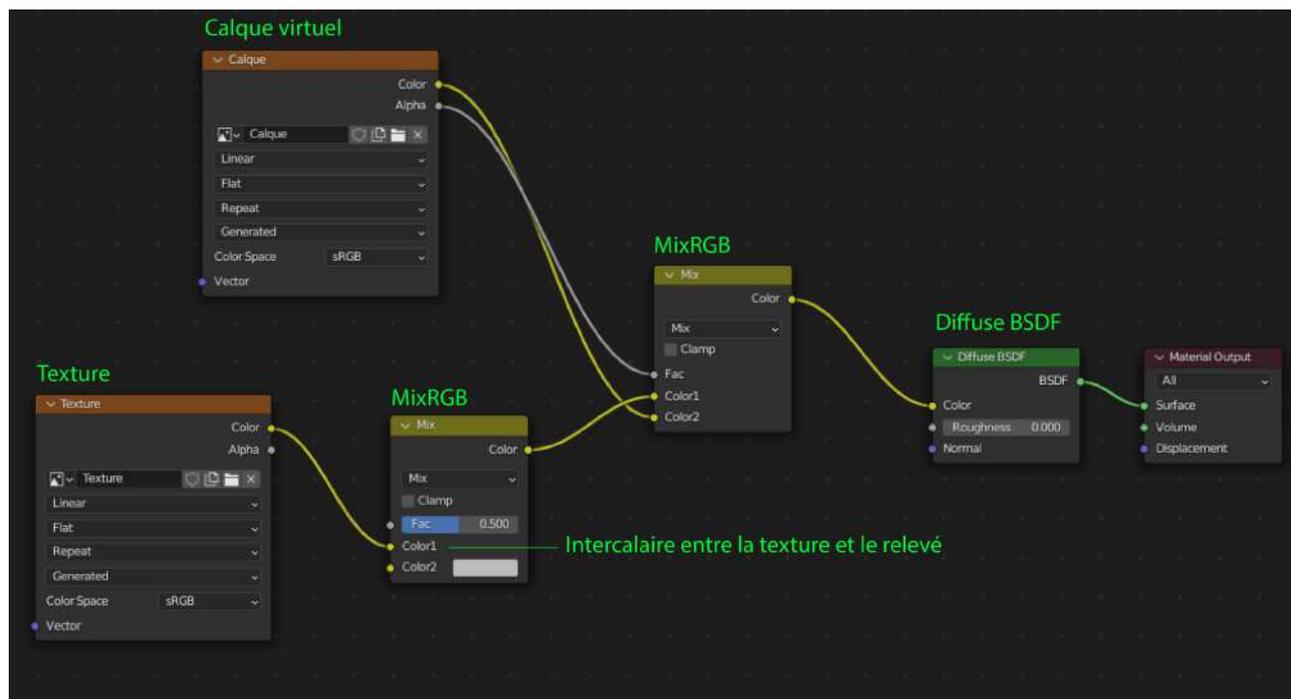


Figure 31 - Organisation des calques et des textures dans l'arborescence nodale.

NOTE 2 : Si, après branchement du calque virtuel transparent, le modèle est noir : En étant dans le WORKSPACE « Texture Paint » → Ouvrir le volet des OVERLAYS (1) en haut à droite du Viewport → mettre l'opacité de la texture (tout en bas) à 0 (2) (fig. 32)

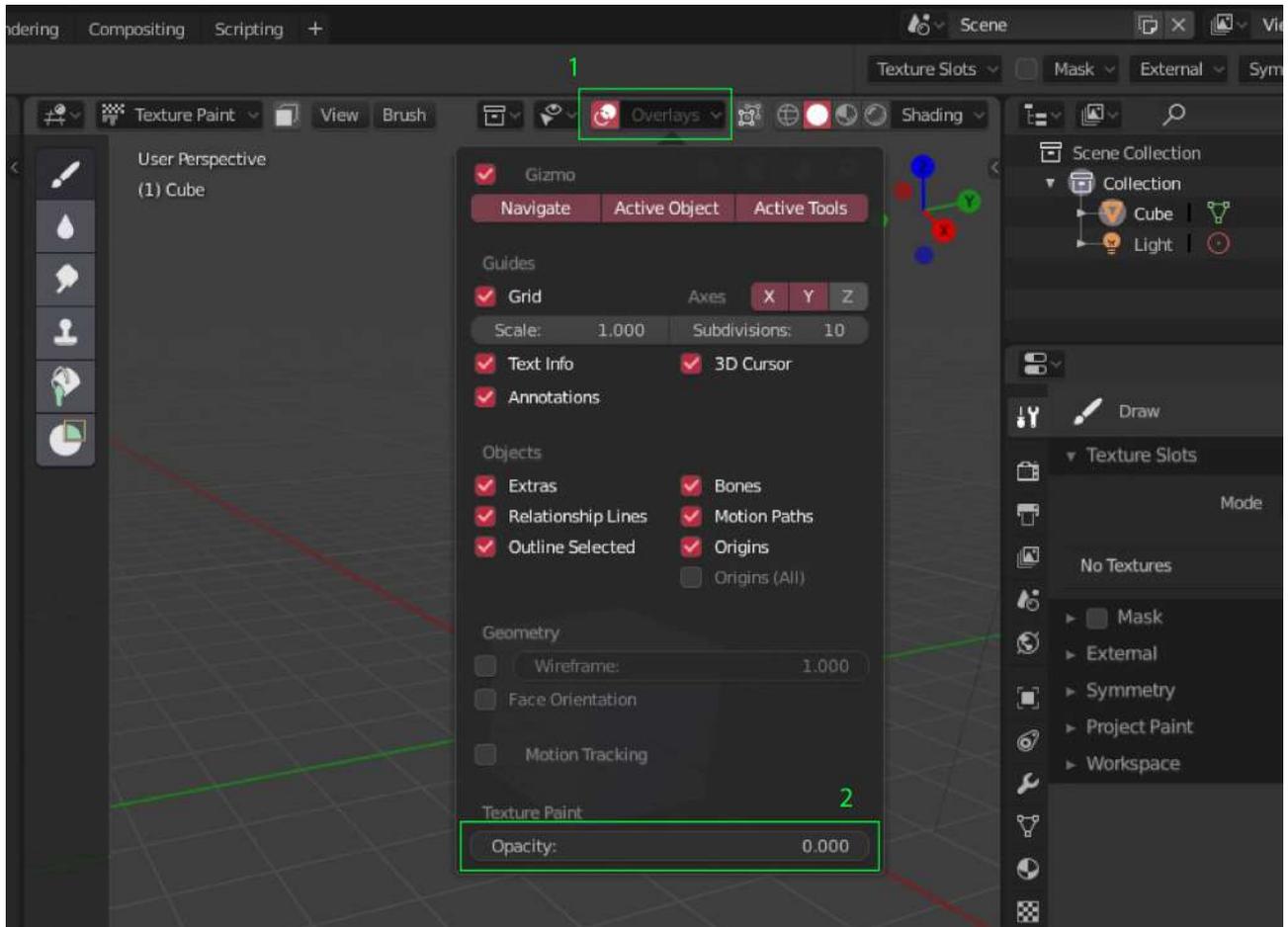


Figure 32 - Réglage du calque virtuel

3.2.2. Ajout d'un calque supplémentaire

Pour ajouter un ou plusieurs calques(s) supplémentaires (fig. 33):

- Répéter le processus de création d'une Base Color tel que mentionné ci-dessus.
- Dans le Shader Editor → brancher la node Image Texture créée à une node MixRGB, selon le même principe que pour le premier calque virtuel.
- Répéter autant de fois que nécessaire

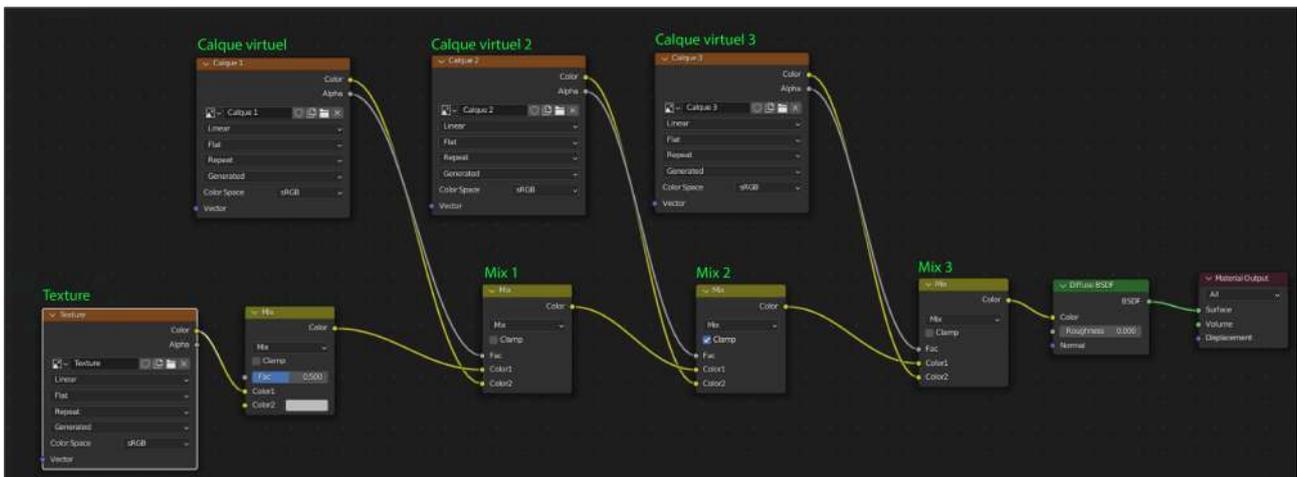


Figure 33 - Ajouts de calques transparents et organisation de l'arborescence nodale.

3.2.3. Gestion des nodes

L'usage des nodes, et la multiplication de ces dernières, requiert une organisation rigoureuse afin de conserver une lecture claire de l'ensemble. Pour cela, Blender offre plusieurs solutions.

Pour masquer un calque :

- Dans le SHADER EDITOR → sélectionner la node MixRGB rattachée à la figure à masquer.
- Menu NODE → Toggle Node Mute (ou RACCOURCI M).

Grouper des nodes → 3 possibilités :

Attribuer une couleur :

- Dans la fenêtre SHADER EDITOR → Sélectionner une ou plusieurs node(s) → «<>» à droite (ou raccourci N) → Cocher «Color» → Choisir une couleur
- Possibilité de créer un PRESET → onglet à côté de «Color» → Nommer le preset puis cliquer sur «+». Le preset pourra ensuite être sélectionné (même onglet) pour être appliqué à d'autres nodes (fig. 34).

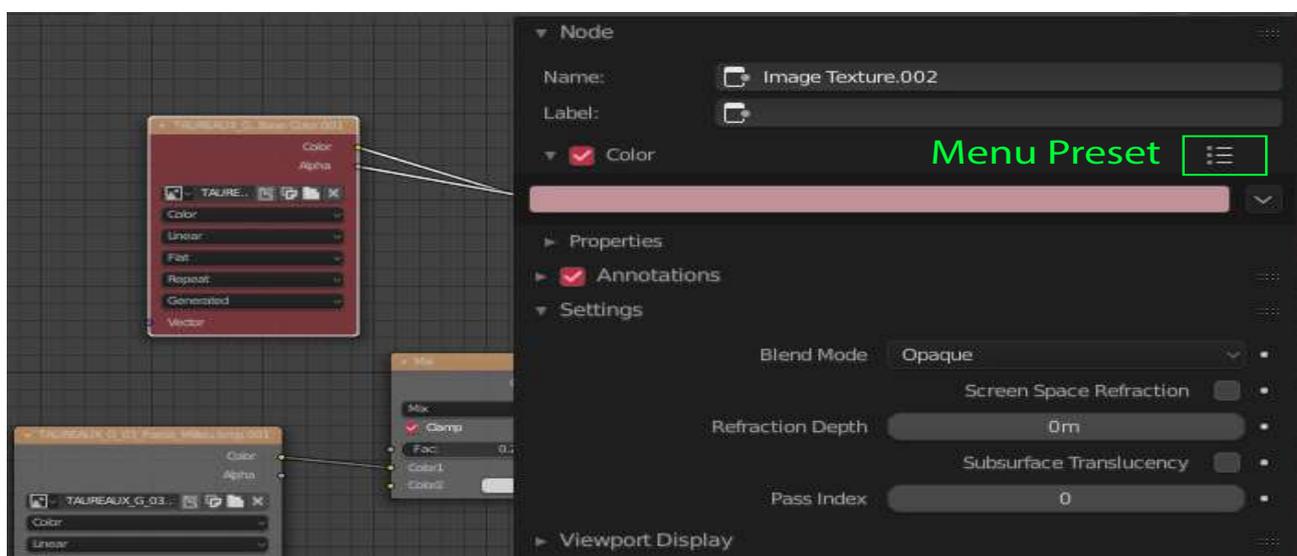


Figure 34 - Gestion des nodes

Appliquer un frame :

- Créer un Frame : Sélectionner les nodes à réunir → Menu Node → «Join in New Frame» (ou raccourci CTRL J)
- Ajouter une node au frame : sélectionner la node → la placer manuellement dans le frame puis CTRL P
- Retirer une ou plusieurs nodes d'un frame : Sélectionner les nodes → Menu Node → Remove From Frame (ou raccourci ALT P).
- Possibilité de modifier le titre («label»), d'établir des preset pour les couleurs ou d'emboîter les frames les uns dans les autres.
- Dans la section PROPERTIES → L'option SHRINK adapte le frame aux nodes qu'il contient. A décocher pour une plus grande liberté dans l'organisation des nodes (fig. 35).

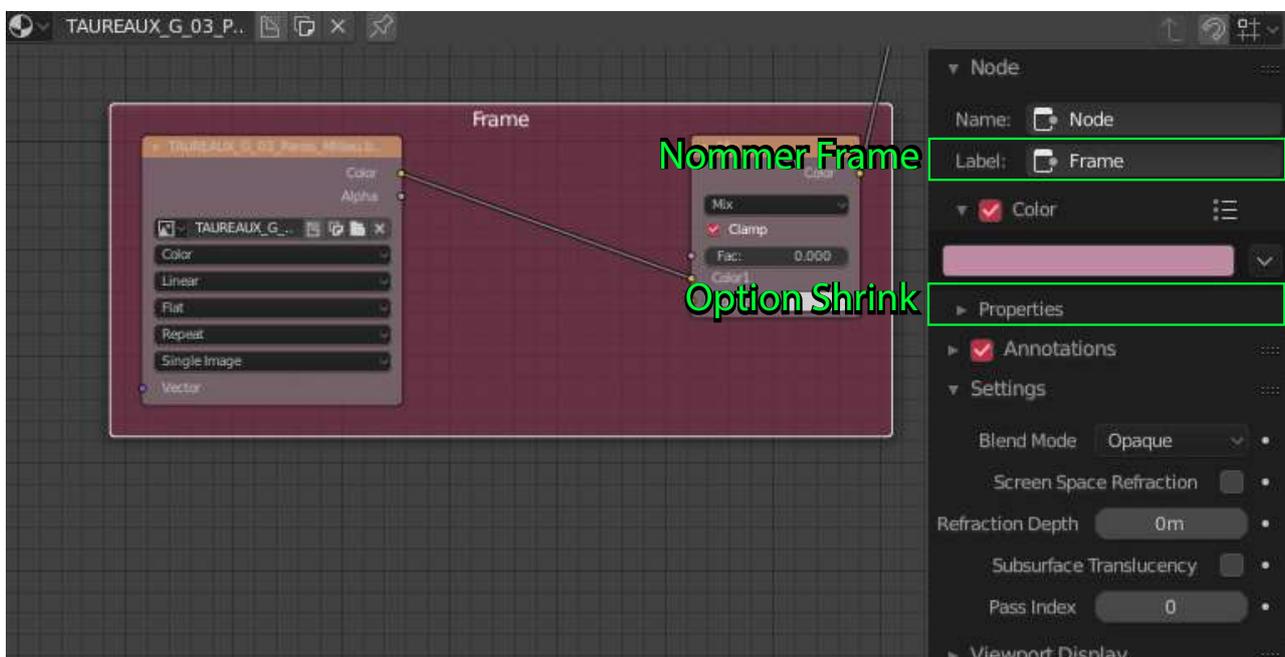


Figure 35 - Gestion des nodes, encadrer

L'option « grouper » (fig. 36) :

- Pour créer un groupe → sélectionner les nodes à grouper → CTRL G
- TAB pour entrer dans le mode édit du groupe ou en sortir.
- Pour retirer certaines nodes du groupe → entrer dans le groupe → sélectionner les nodes → Touche P → Separate.
- Pour supprimer un groupe → sélectionner la node groupe → Menu Node → Ungroup (ou raccourci CTRL ALT G). Importer un groupe à partir d'un autre fichier Blend → Menu File → append → sélectionner fichier.blend → Node Tree → Node groupe → Append from library puis dans Shader Editor → Add → Group → Sélectionner le nom du groupe qui vient d'être importé.

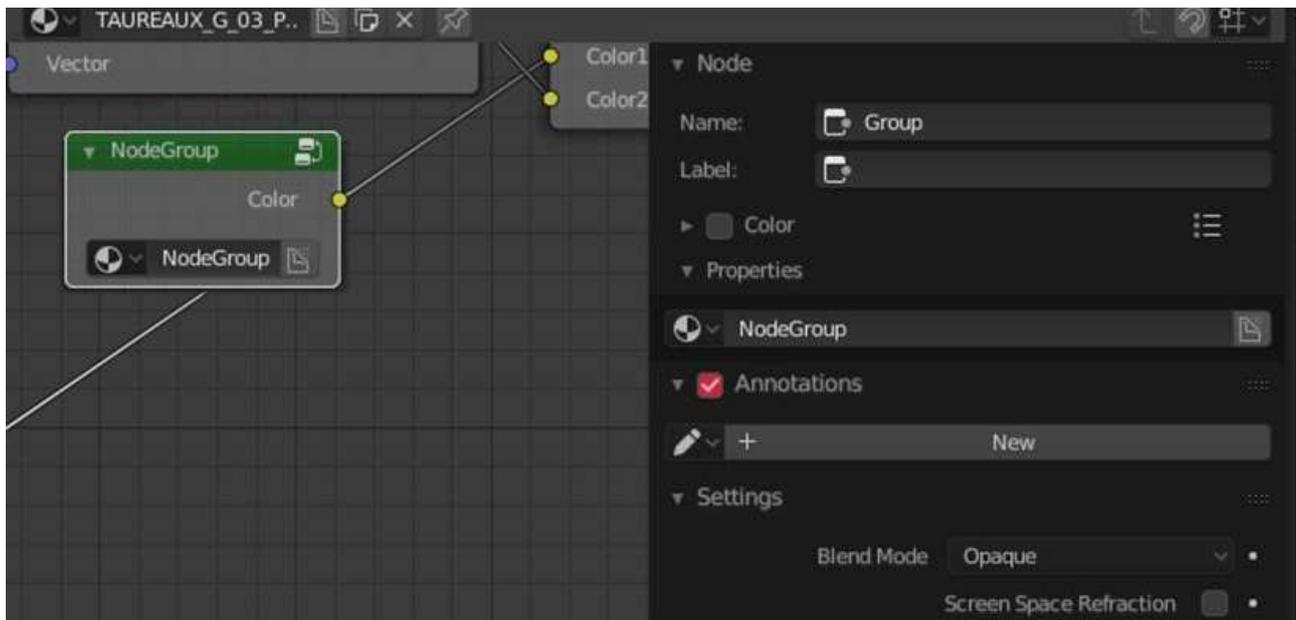


Figure 36 - Gestion des nodes, grouper.

3.3. Peindre avec le Texture Paint : brushes et paramètres

3.3.1. Importation des « brushes »

Le brush, ou pinceau, constitue l'outil par l'intermédiaire duquel l'utilisateur peut dessiner sur son modèle. Blender propose des brushes par défaut, qu'il est possible de personnaliser. Dans le cadre de la réalisation de ce livret, le CNP s'est attaché à créer une bibliothèque de traits adaptés au relevé de peintures.

- Menu File → Append → sélectionner le fichier .blend servant de bibliothèque de traits → Brush → choisir les brushes désirés → Append From Library ⁵

NOTE : Les brushes inutilisés disparaissent à la fermeture du logiciel. Pour les conserver : Menu ORPHAN DATA (1) → Brushes → activer les brushes importés en les cochant (2) (fig. 37)

⁵ . Voir section «créer une bibliothèque de brushes».



Figure 37 - Gestion de la bibliothèque des « brushes »

3.3.2. Sélection et paramétrages des « Bruches »

Sélectionner un brush

- Sélectionner l'outil DRAW (icône pinceau à gauche) → dans l'onglet ACTIVE TOOL à droite → section « Brush » → Cliquer sur l'encadré pour avoir accès à la liste des brushes
- Une barre de recherche permet une sélection rapide (fig. 38)

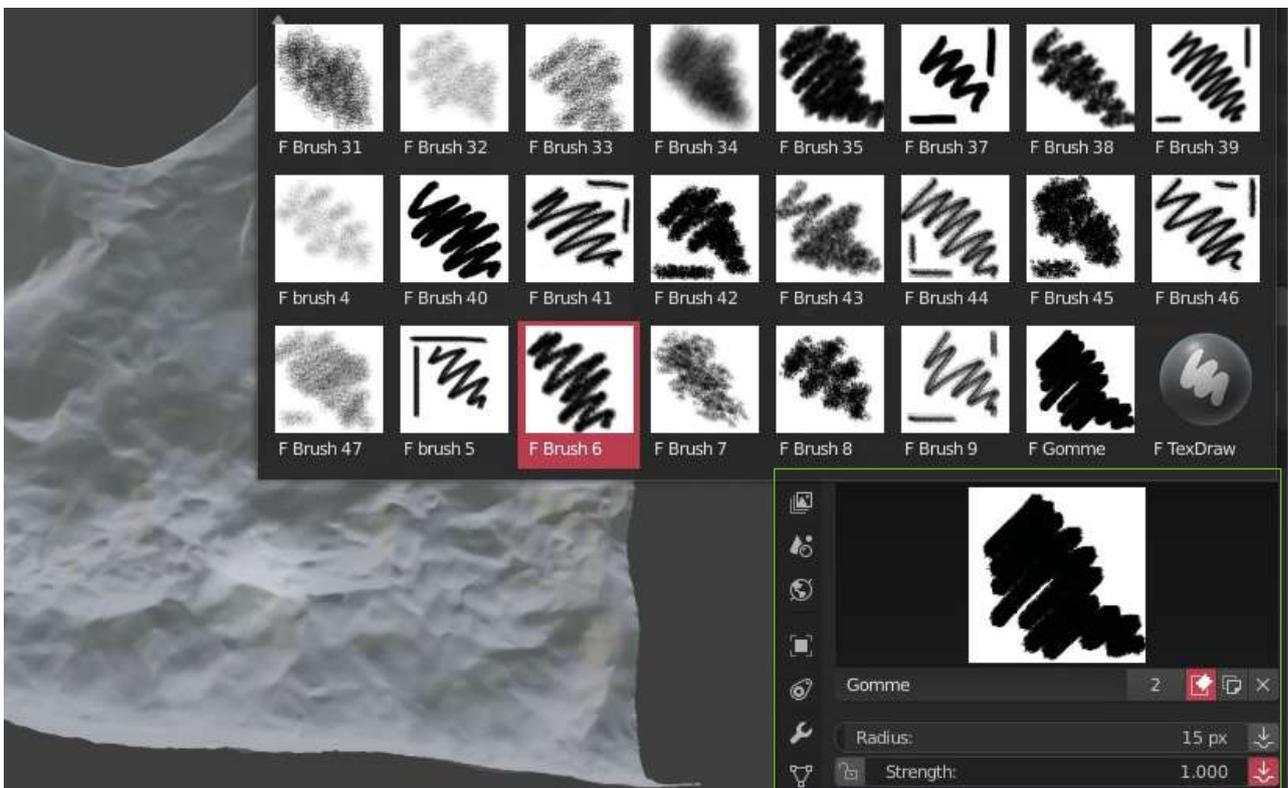


Figure 38 - Choix des « Brushes »

Dans un fichier .blend uniquement destiné à servir de bibliothèque :

- Add → Mesh → Plane
- Sélectionner le mode LookDev ou Rendered (icônes en haut à droite du viewport)



- Se mettre en vue du dessus (Touche 7 du pavé numérique)
- Dans le Workspace « Texture Paint » → Add Texture slot → Base Color → blanche ; résolution par défaut. (cf. Création d'un calque transparent)
- Sélectionner l'outil pinceau à gauche du Viewport puis dans l'onglet ACTIVE TOOL → section Brush → cliquer sur « Add Brush by Mode Type » (1). S'assurer que « Save this Data Block... » est bien activé⁶ (fig. 40)



Figure 40 - Création d'une bibliothèque de Brushes

- Nommer le nouveau brush et paramétrer le trait pour créer un nouveau type de tracé (espacement, opacité etc.). L'usage d'une texture alpha (dont certaines sont accessibles librement en ligne) est recommandé pour une personnalisation plus poussée.
- Peindre sur l'objet plane (qui servira d'image de référence dans la bibliothèque) puis enregistrer l'image dans l'image editor (1) (fig. 41)

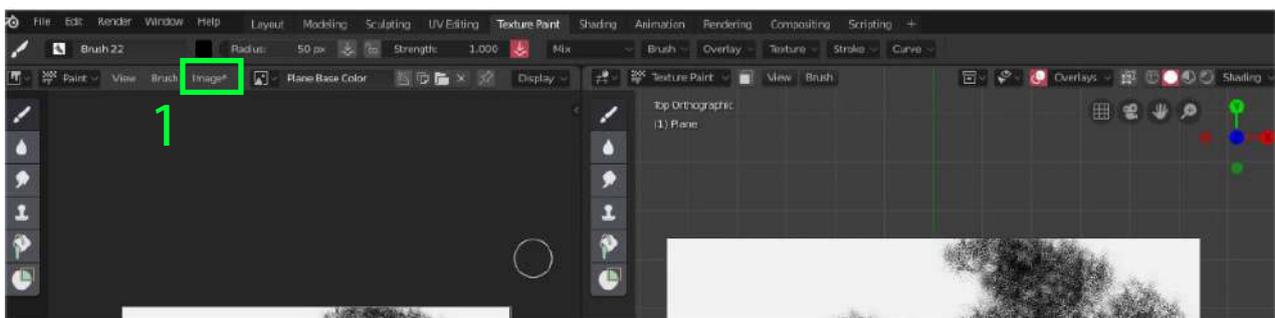


Figure 41 - Ajout d'une bibliothèque de brushes

⁶ . Les brushes créés disparaissent à la fermeture du logiciel s'ils ne sont pas affectés à un élément. L'option « Save this data... » permet de les sauvegarder malgré tout et s'assurer qu'ils demeurent dans la bibliothèque. Il est possible de vérifier cet enregistrement en se rendant dans le menu Orphan Data où les brushes doivent être accompagnés d'un

- Dans l'onglet active tool → Section Overlay → apparence → Cocher « Custom Icon » puis ouvrir l'image précédemment enregistrée pour ajouter une image personnalisée au brush.
- Répéter l'opération depuis la création d'une nouvelle Base Color pour ajouter d'autres brushes.

3.4. Outils de peinture et autres fonctionnalités

3.4.1. Les différents types de tracés

Onglet Active Tool → section STROKE → Stroke Method : (fig. 42)

- Space : tracé de base
- Line : tracer des lignes droites
- Anchored : projection du brush (taille modulable) à partir d'un point d'ancrage
- Dots : tracés en pointillés
- Curve : tracer un chemin avec CTRL +clic gauche → ENTRÉE pour valider et tracer un trait suivant la courbe dessinée → X pour supprimer la courbe.
ATTENTION : La courbe se déplace en même temps que la vue du viewport

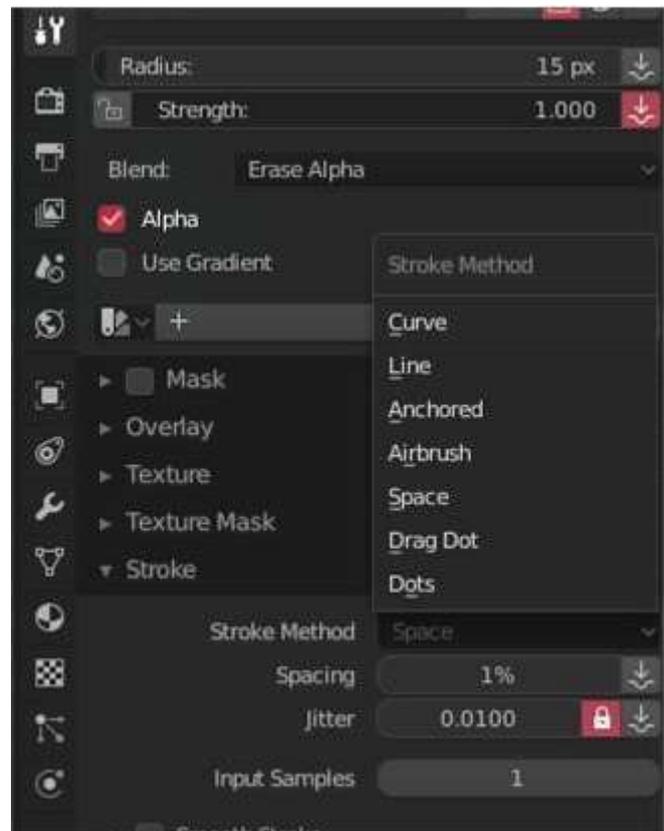


Figure 42 - paramétrage des outils dessins.

3.4.2. Créer des palettes de couleurs

- Onglet Active Tool → Section Brush → cliquer sur NEW (1)
- Revenir à la roue des couleurs → sélectionner une couleur → cliquer sur le « + » pour ajouter la couleur à la palette. (2) Répéter pour ajouter d'autres couleurs. (fig. 43)

NOTE : Il est possible de sélectionner des couleurs directement sur la texture du modèle à l'aide de l'outil pipette (disponible en cliquant sur la roue des couleurs).

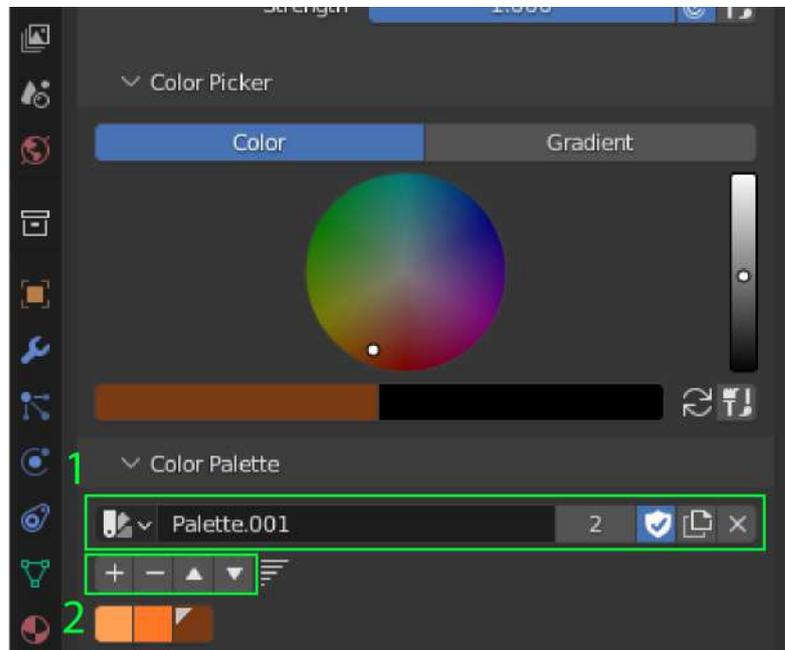


Figure 43 -
Création des palettes de couleurs

3.4.3. Stencil

Le stencil permet d'utiliser une image comme pochoir et de la reproduire, complètement ou partiellement sur un calque.

Etape 1 : dans L'ONGLET TEXTURE (à droite) → Section Image → Open → Ouvrir l'image à utiliser en pochoir. (fig. 44)

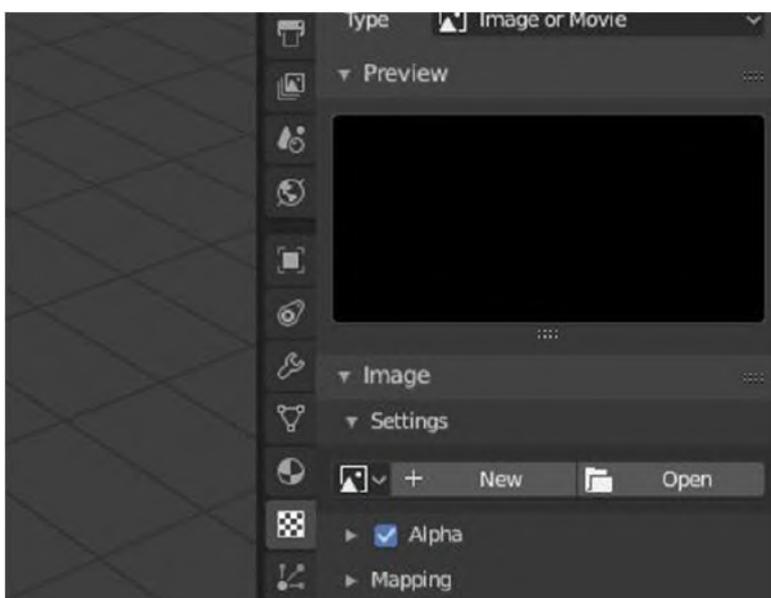


Figure 44 - Outil stencil

Etape 2 : dans L'ONGLET ACTIVE TOOL → Section Texture → Sélectionner l'image dans la liste (1) → en dessous, dans « Mapping », sélectionner Stencil (2). (fig. 45)

- L'image apparaît en transparence dans le viewport
Il est possible de la déplacer à l'aide du clic gauche.
SHIFT + clic droit pour la redimensionner
CTRL + clic droit pour effectuer une rotation
- Dessiner par-dessus pour la transférer sur l'objet.

NOTES : Le Stencil peut aussi être utilisé en tant que mask → active Tool → section Mask.

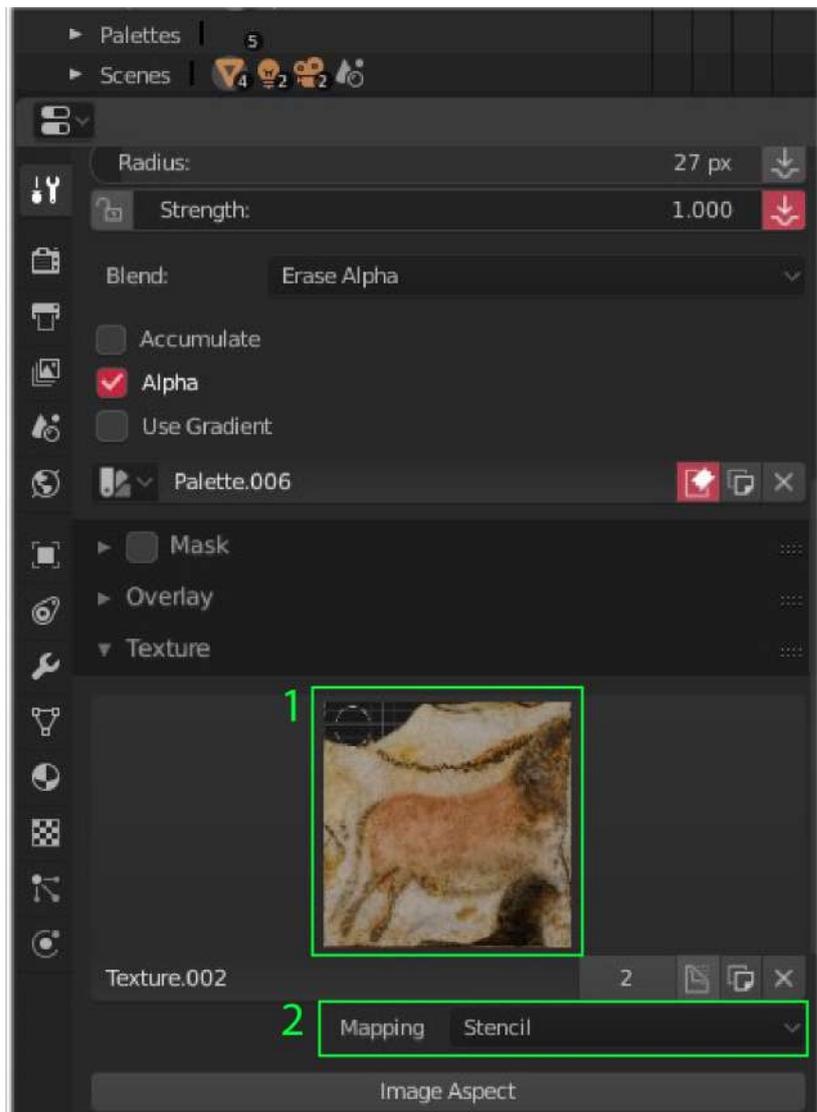


Figure 45 - outil stencil

4. LE GREASE PENCIL

Le Grease Pencil est un outil du logiciel Blender permettant à l'utilisateur de dessiner en 2D dans un environnement 3D et/ou sur un modèle 3D.

Le Grease Pencil est utile pour la réalisation de relevés archéologiques pour qui souhaite :

- Conserver la troisième dimension (perdue avec l'orthophotographie.)
- Pouvoir manipuler le relevé de manière à le rendre plus facilement lisible (modification de couleur, d'échelle globale, de forme du tracé etc.).
- Pouvoir enrichir le modèle 3D en données.
- Pouvoir exporter les données sous de multiples formats en étant plus précis qu'avec un relevé sur support 2D.
- Regrouper plusieurs données dans une seule et même interface.

Le Grease Pencil permet donc de proposer une équivalence au relevé cartographique en s'appuyant sur une charte graphique. Cela correspond aux relevés effectués également par les géo-archéologues et lors des constats d'état. Par ailleurs le Grease Pencil peut être réalisé en complément à un relevé sous Texture Paint, au sein d'un seul et même fichier ; Blender permet en effet de rassembler des projets de relevé aux processus distincts, mais se complétant dans l'enregistrement de l'information.

NOTE : Il est nécessaire au préalable de présenter correctement l'objet dans l'environnement Blender, en prêtant attention notamment au positionnement et à l'orientation de ce dernier, aux éclairages rasants et autres aménagements qui pourraient faciliter le travail de relevé.

4.1. Éléments du Grease Pencil : objets, calques et matériaux

Cette première partie présente les outils nécessaires à la bonne utilisation du Grease Pencil, où les trouver au sein de l'interface et comment les utiliser.

4.1.1. Ajout d'un objet Grease Pencil

Dans un premier temps, ajouter un Grease Pencil vierge qui fera office de support pour plusieurs relevés et calques. Pour cela :

- Passer dans le WORKSPACE « MODELING », se situant sur le menu horizontal en haut de l'interface.
- En mode OBJECT → Menu Add → Grease Pencil → Blank, pour créer un objet Grease pencil vierge (fig. 46).

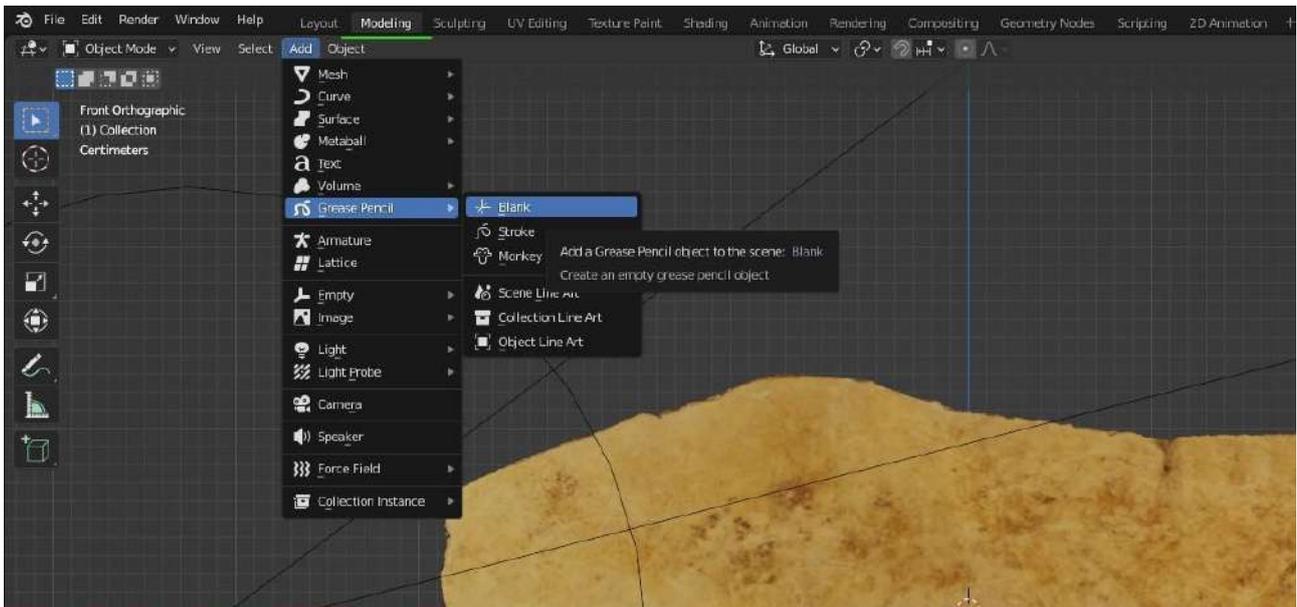


Figure 46 - Ajout de l'interface Grease Pencil

- Sélectionner l'objet ainsi créé et passer en Mode Draw (fig. 47).

NOTE : Chaque objet Grease Pencil possède ses propres calques et matériaux et peut contenir l'ensemble d'un relevé. Il peut cependant être nécessaire de créer plusieurs Grease Pencil notamment pour générer différents groupes de calques (équivalent des dossiers de calques sous Photoshop).

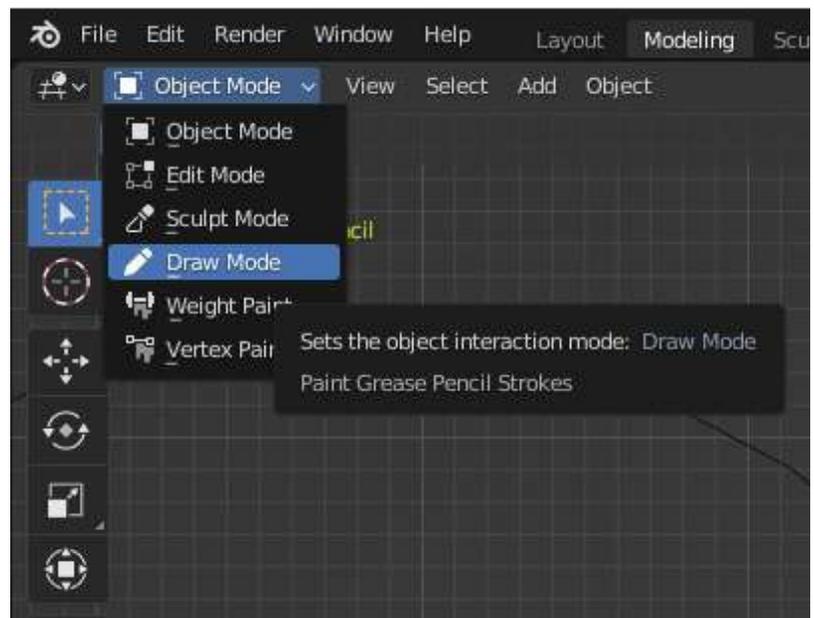


Figure 47 - Paramétrage du Grease Pencil

4.1.2. Calques et matériaux

La sélection d'un objet Grease Pencil donne accès aux calques et matériaux qui lui sont rattachés via les onglets OBJECT DATA PROPERTIES et MATERIAL PROPERTIES à droite (dans la fenêtre que l'on nomme le viewport⁷ PROPERTIES). (fig. 48)

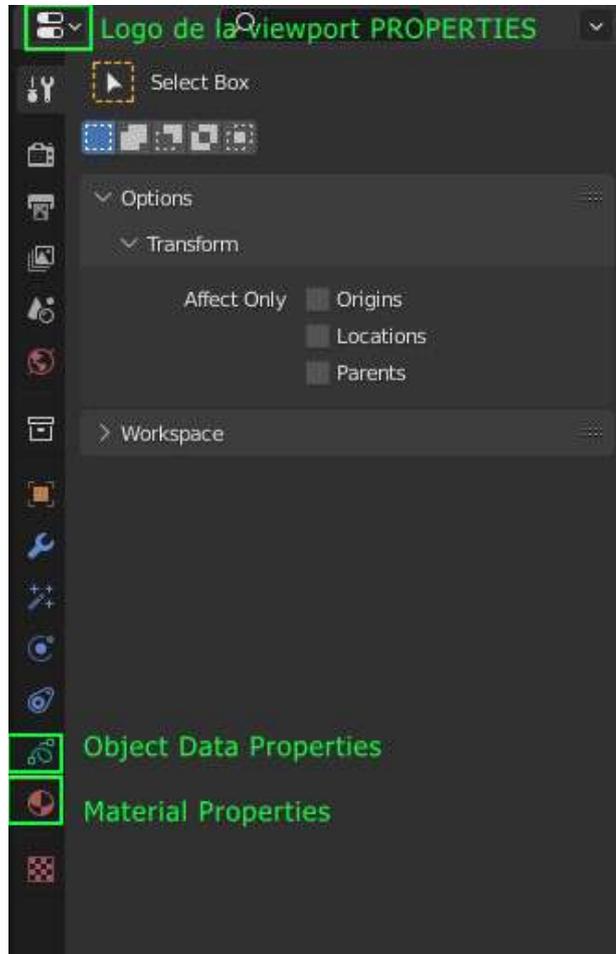


Figure 48 - Calques et matériaux du Grease Pencil

Les calques (onglet OBJECT DATA PROPERTIES) (fig. 49) :

- Le menu de cet onglet montre les calques disponibles sur le Grease Pencil. Un calque est automatiquement généré lors de la création de l'objet Grease Pencil.
- Pour ajouter un calque supplémentaire ou en supprimer, cliquer sur les « + » et « - ». La flèche « v » donne notamment accès aux options « dupliquer » « masquer » « verrouiller » et « fusionner » (2).
- Possibilité de masquer et/ou verrouiller un calque à l'aide des icônes à droite du nom du calque (3).
- Menu déroulant BLEND (4) pour modifier les modes de fusion.

⁷ . Fenêtre d'observation.

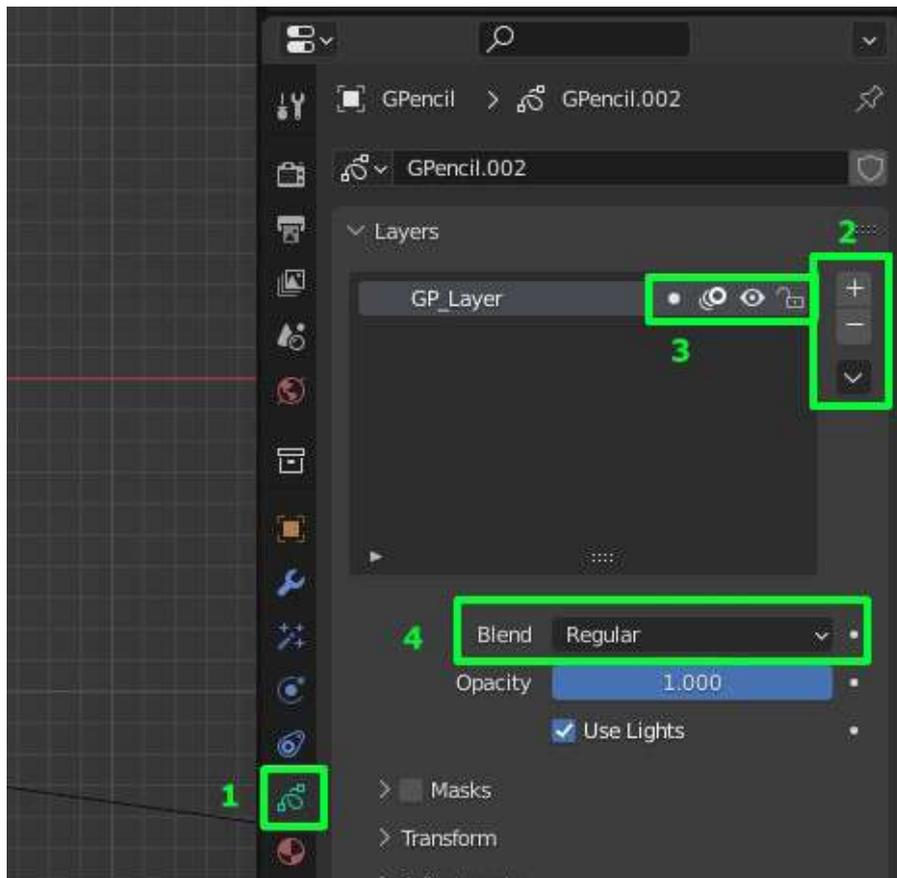


Figure 49 - Les calques du Grease Pencil

Sous la section « transform », plusieurs outils sont proposés (fig. 50).

ATTENTION : les paramètres présents dans cet onglet modifient l'ensemble des tracés du calque actif et ne peuvent pas servir à configurer un matériau en particulier.

- Opacity : opacité du calque (1).
- Tint color / Factor : Coloration des traits / intensité de la coloration (2).
- Stroke Thickness : négatif ou positif → affiner ou épaissir les traits (0 = radius par défaut au moment du tracé) (3).

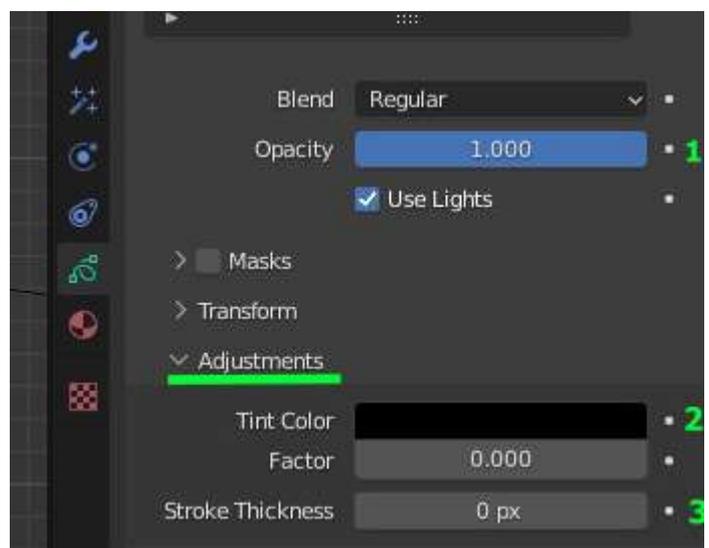


Figure 50 - Paramétrages des calques

Les matériaux (onglet MATERIAL PROPERTIES (1)) (fig. 51) :

Les matériaux correspondent à une « Bibliothèque de traits ». Possibilité de paramétrer chaque tracé pour définir sa forme, sa couleur et autres caractéristiques.

NOTE : Chaque calque peut contenir un ou plusieurs matériaux.

Dans l'onglet Material Properties (1):

- Cliquer sur « + » pour créer un nouveau trait et « - » pour supprimer (2).
- Icônes à droite du nom du calque (3) : possibilité de verrouiller et/ou masquer l'ensemble des traits appartenant à un matériau (note : même si ceux-ci se trouvent sur des calques différents).
- Dans la section « Surface » de l'onglet Material → cocher STROKE pour définir l'aspect du traits et FILL (5) pour paramétrer le remplissage des formes.
- Possibilité de ne choisir que l'un ou l'autre, ou encore d'établir des preset⁸.

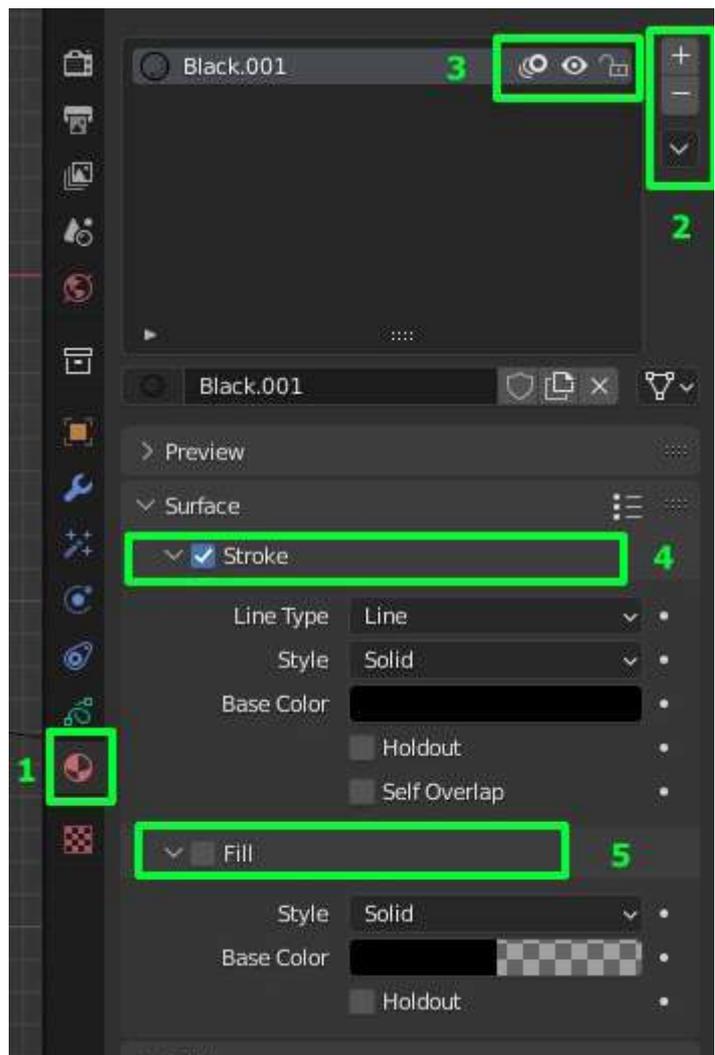


Figure 51 - Onglet « matériel » du Grease Pencil

⁸ .Des pré-réglages

4.1.3. Configuration du Viewport pour l'usage du Grease Pencil

Face à la dispersion des outils du Grease Pencil, il peut être utile de configurer des «viewports» pour une meilleure ergonomie et avoir aisément accès à la fois aux objets, aux calques et aux matériaux.

- Dans le workspace Modeling : clic droit au niveau de la ligne de séparation du viewport Outliner et du viewport Properties à droite → Split Area.
- Une fois la fenêtre divisée en deux espaces, sélectionner l'onglet Object Data Properties dans le premier, et l'onglet Material Properties dans le second (fig. 52).

Cette manipulation permet d'avoir simultanément accès aux calques et aux matériaux du Grease Pencil.

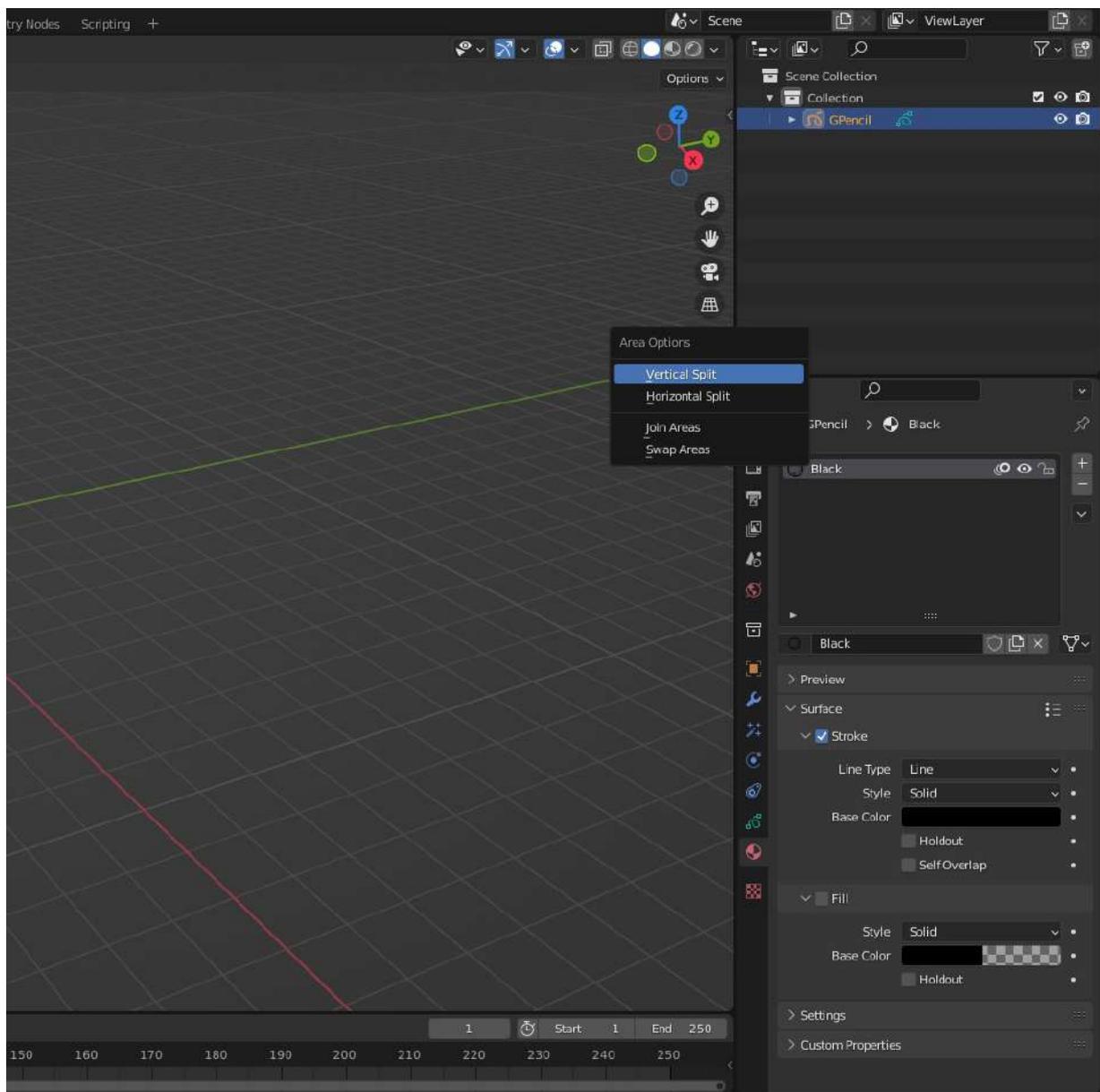


Figure 52 - Configuration du Viewport pour le Grease Pencil

4.2. Dessiner avec le Grease Pencil

4.2.1. Paramétrage du brush

Dans l'interface aménagée lors de la précédente étape, et afin de commencer à dessiner avec le Grease Pencil, il est nécessaire de paramétrer le brush . Pour cela :

Paramétrages généraux (fig. 53) :

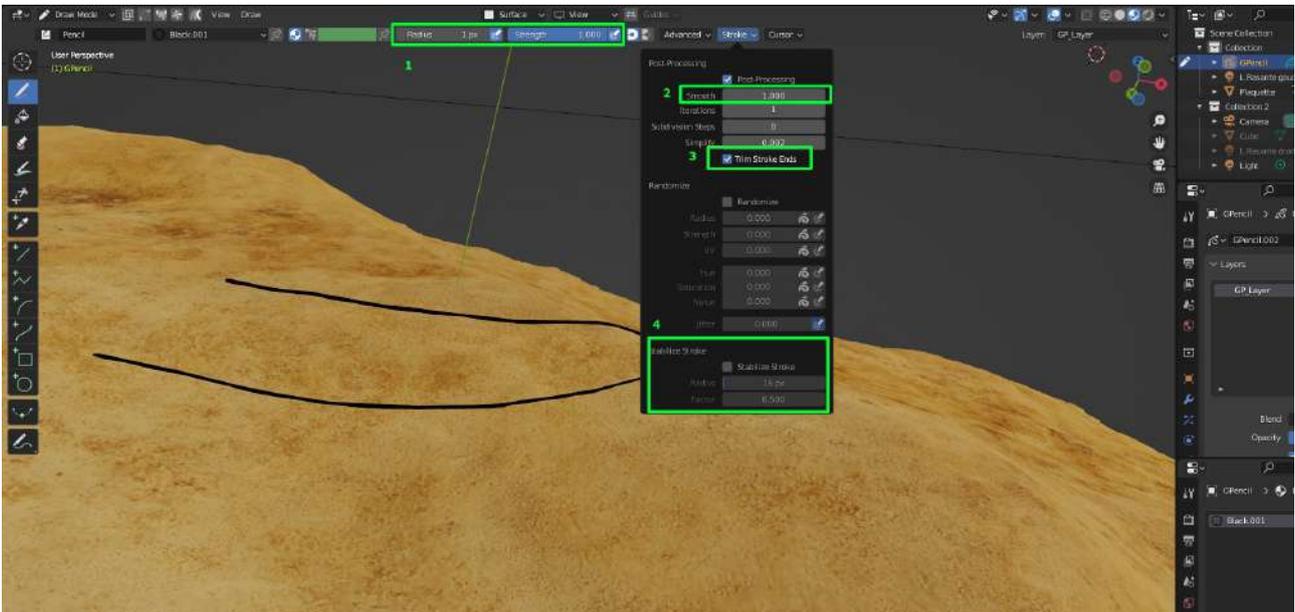


Figure 53 - Paramétrage des Brushes du Grease Pencil

- (1) Activer la pression tablette + RADIUS (raccourci FF) → Taille du brush / STRENGTH (raccourci CTRL + F) → opacité.
- (2) Menu Stroke → SMOOTH → Permet d'adoucir le tracé.
- (3) Trim Stroke : joindre les deux bouts d'un tracé.
- (4) Menu Stroke → STABILIZER SETTING → permet d'obtenir un tracé plus précis.

NOTE 1 : Le stabilizer permet de pallier l'absence de curseur au moment du tracé. (Mettre les paramètres au plus bas pour un faible impact sur le tracé tout en laissant apparaître le curseur).

NOTE 2 : L'usage d'une tablette graphique est hautement recommandé pour plus de précision.

Les outils (fig. 54) :

- Les premiers onglets regroupent les outils généraux (dessin, remplissage, gomme, découpage...)
- Les CURVES permettent des tracés précis → bouger les ancrs des extrémités et l'ancre centrale pour obtenir les courbes souhaitées.

Appuyer sur E pour extruder une nouvelle section.

Appuyer sur ENTREE pour valider un tracé.

NOTE 1 : Laisser la souris quelque instant sur un élément permet d'afficher la description de l'élément en question. Ceci vaut pour l'ensemble des outils présents dans Blender.

NOTE 2 : Avec l'outil crayon (tracé à main levée, maintenir ALT pour tracer une ligne droite).

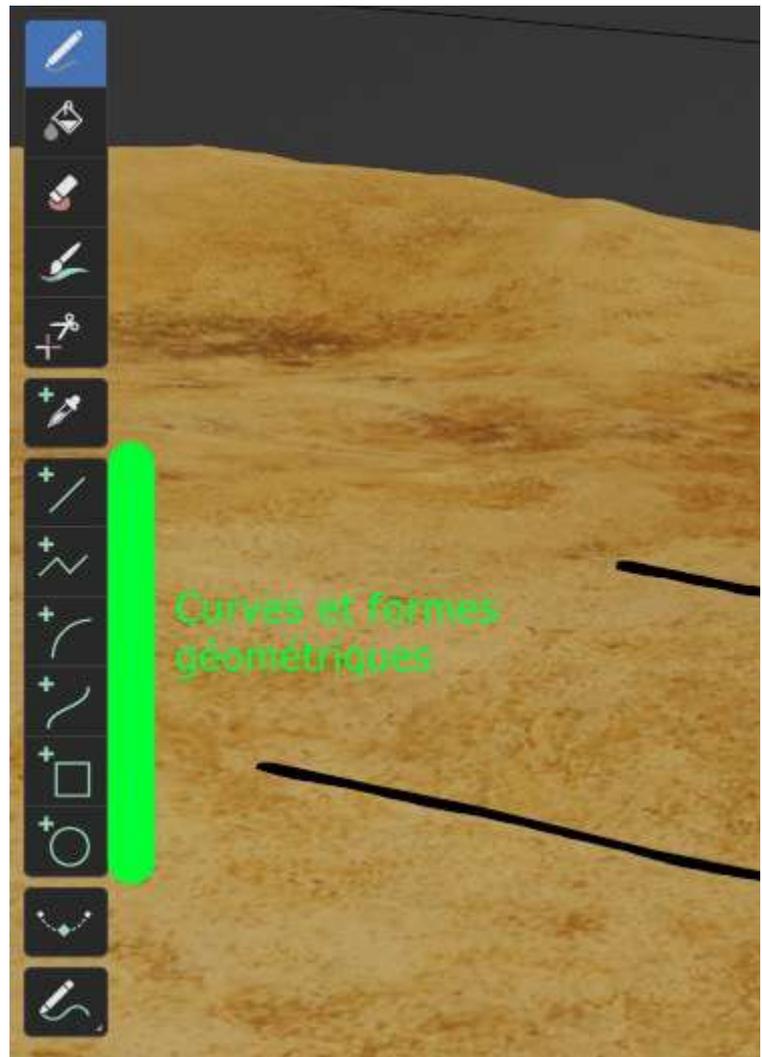


Figure 54 - Les outils du Grease Pencil

4.2.2. Faire adhérer un trait à la surface d'un objet

Afin que le tracé épouse la forme des reliefs de la surface du modèle support, il est nécessaire de se trouver assez près de ce dernier et de réaliser quelques paramétrages.

- Sélectionner l'objet Grease Pencil → se mettre en mode DRAW (1)
- En haut du Viewport, menu STROKE PLACEMENT (2) → sélectionner « surface » (fig. 55).

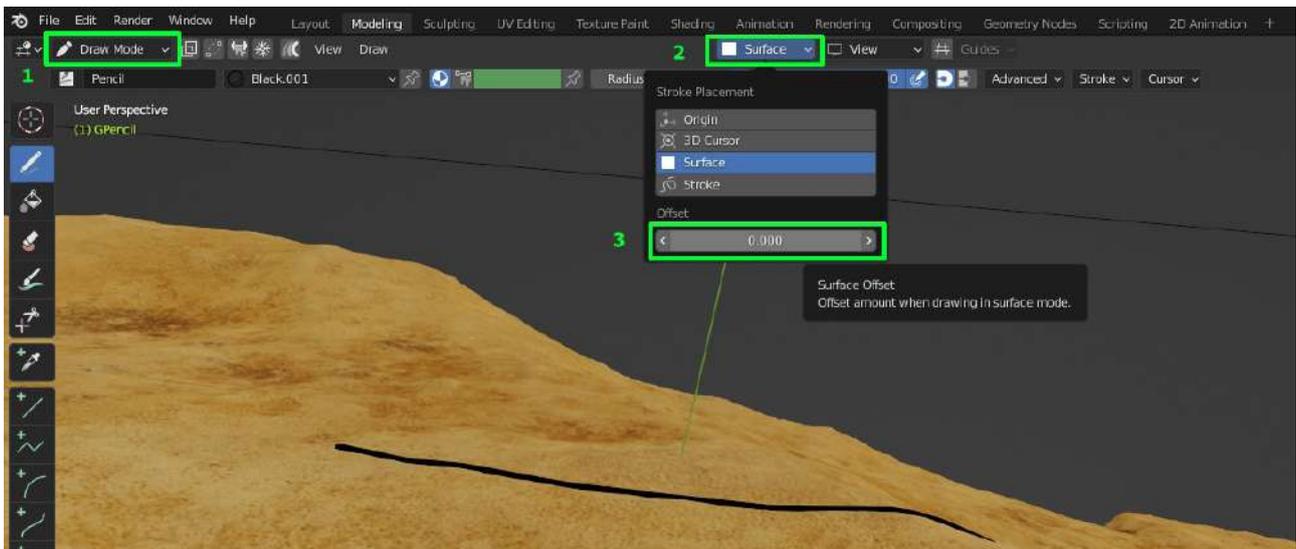


Figure 55 - Faire adhérer les traits du Grease Pencil sur la surface de l'objet

- La valeur de l'offset (3) détermine l'éloignement entre le trait et la surface. Pour une bonne adhésion, il est nécessaire d'ajuster cette valeur (car l'angle et de l'éloignement de la surface peuvent influencer sur le positionnement du tracé) tout en gardant cette valeur plus proche de 0 (exemple 0,00001 et 0,00004)
- Pour assurer une bonne adhésion du trait, privilégier les vues de référence (Rappel : pavé numérique : 1 / 3 / 7).

4.2.3. Importer une charte vectorielle

Certains relevés peuvent nécessiter l'usage d'une charte graphique (vectorielle). Il est possible d'en importer une utilisable avec le Grease Pencil, en suivant quelques étapes :

- À partir d'un logiciel vectoriel, exporter les formes (linéaires) au format PNG, sur fond transparent.
- Sélectionner l'objet Grease Pencil → Onglet Material Properties → Ajouter un nouveau matériau (+).
- Dans la section Surface → Menu déroulant Style → Texture (1)
- Open pour importer l'image du trait souhaité (2)
- Changer la « Base Color » pour attribuer une couleur personnalisée au motif importé (3) (fig. 57).

NOTE : Un même matériau peut comporter deux textures différentes, l'une pour le tracé (stroke) et l'autre pour la trame (fill) (fig. 56)

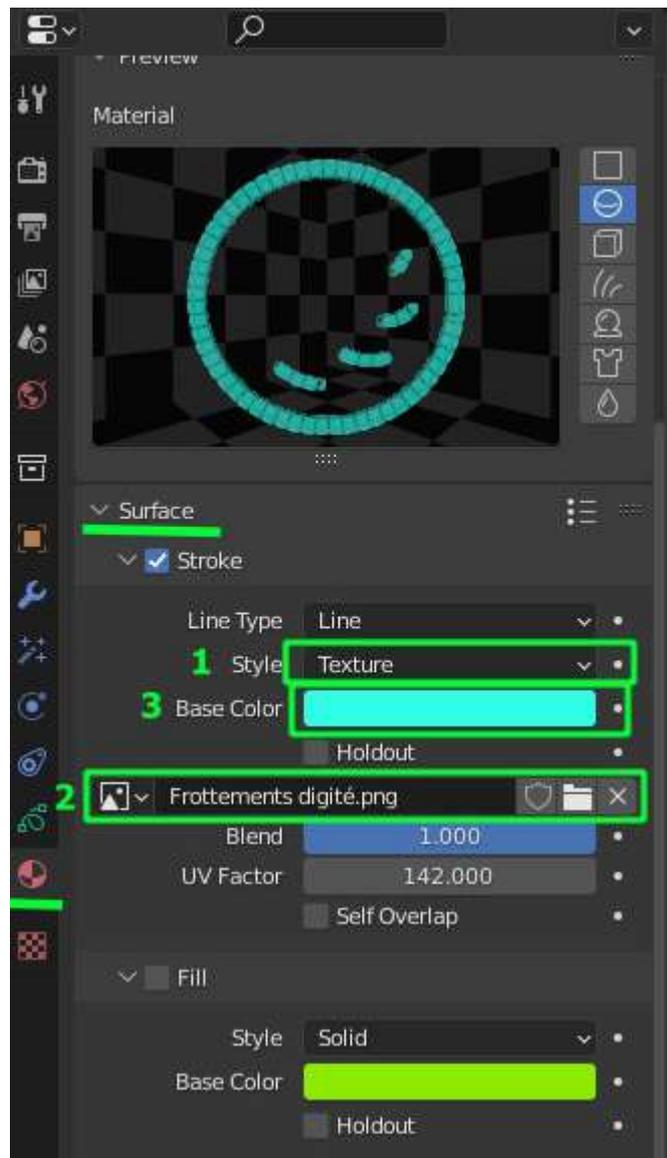


Figure 56 - Importer une charte graphique vectorielle

4.3. Gestion des tracés et des matériaux

4.3.1. Gestion et organisation des tracés en mode édit

Blender offre la possibilité de manipuler et éditer les tracés réalisés.

Le MODE EDIT (1) (raccourci TAB) permet de sélectionner et déplacer des tracés (points, segments ou l'ensemble d'un trait (2)) d'un même objet Grease Pencil, indépendamment de leurs calques/matériaux. (fig. 57)

Quelques options du menu utiles à la gestion des tracés (préalablement sélectionnés) :

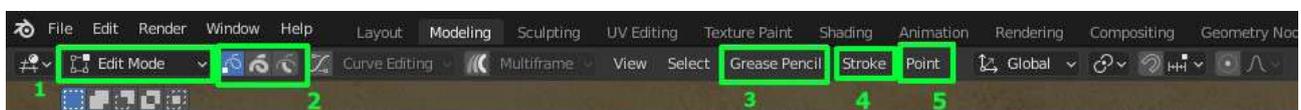


Figure 57 - Gestion des tracés en mode « Edit »

- Menu Stroke (4) : Subdiviser un trait → Subdivise.
- Menu Point (5) : Adoucir la courbure d'un trait → Smooth.
- Menu Grease Pencil (3) : Diviser un tracé : sélectionner le ou les points à isoler → Split.
- Menu Grease Pencil (3) : Transférer des points, tracés ou le calque actif dans un nouvel objet Grease Pencil → Separate.
- Menu Stroke (4) : Joindre deux traits aux extrémités → Join.
- Menu Stroke (4) : Déplacer un trait dans un nouveau calque → Move to layer (raccourci M).

4.3.2. Créer un nouveau matériau à partir d'une copie

Cette option permet de générer de nouveaux matériaux indépendants, avec la possibilité de conserver une partie des paramètres du matériau copié et de modifier le reste.

- Dans l'onglet Material : Créer un nouveau matériau en cliquant sur « + » puis sur « new ».
- Dans le menu déroulant (1), sélectionner le nom du matériau que l'on souhaite copier.
- Pour rendre la copie indépendante de l'originale, cliquer sur le petit chiffre (« display number of user of this data ») qui s'affiche à droite du nom du matériau (2). (fig. 58)

NOTE : La dernière étape permet de rendre le nouveau matériau indépendant. Si le matériau copié demeure lié à l'original, toute modification de l'un sera automatiquement appliquée à l'autre.

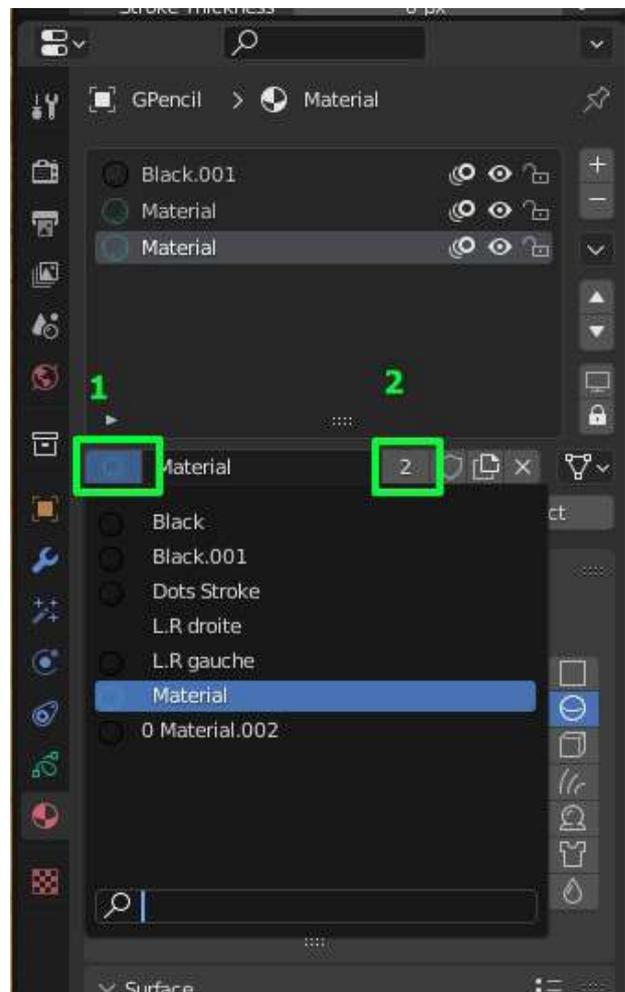


Figure 58 - Création de nouveaux matériaux

4.3.3. Changer le matériau d'un trait

En Mode édit : sélectionner l'ensemble du trait → menu stroke → assign material → choisir le nom du material

NOTE : il est également possible d'assigner le nouveau matériau en cliquant sur celui dans l'onglet matériel puis en cliquant sur « assign » (1) (fig. 59) (cette option apparaît après la sélection du tracé en mode édit).

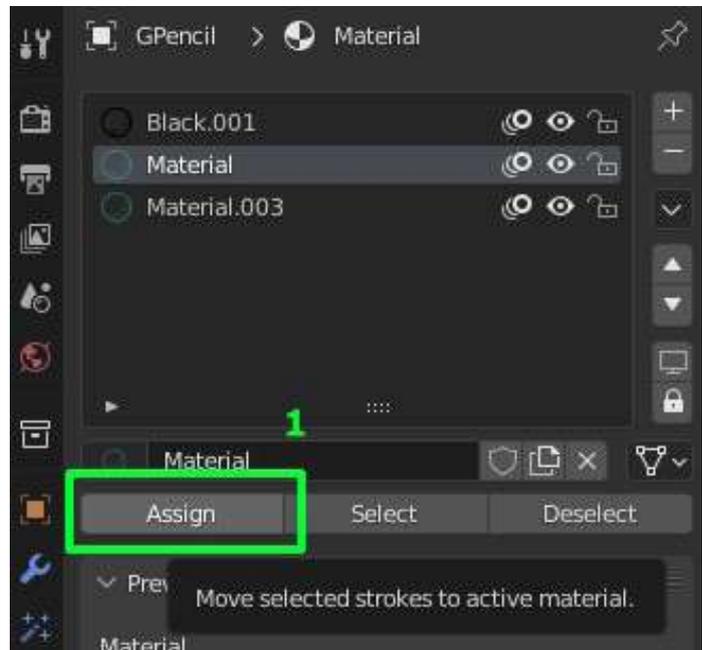


Figure 59 -
Gestion des matériaux du trait

4.3.4. Importer une bibliothèque de matériaux

Pour importer un ensemble de matériaux utilisés dans un autre fichier, il est nécessaire d'importer l'objet Grease Pencil (File → append → objects) dans lequel ils se trouvent.

5. EXPLOITATION DES DONNÉES PRODUITES ET INTEROPÉRABILITÉ

5.1. Rendu sous forme d'image

5.1.1. Paramétrage de la prise de vue et rendu

Il est possible, dans Blender, d'exporter des points de vue du relevé sous forme d'images 2D. Pour cela, il est nécessaire de placer, au préalable, une caméra qui fera office d'appareil photo (fig. 60).

- Pour importer une caméra dans Blender : MODE OBJECT → ADD → CAMERA.

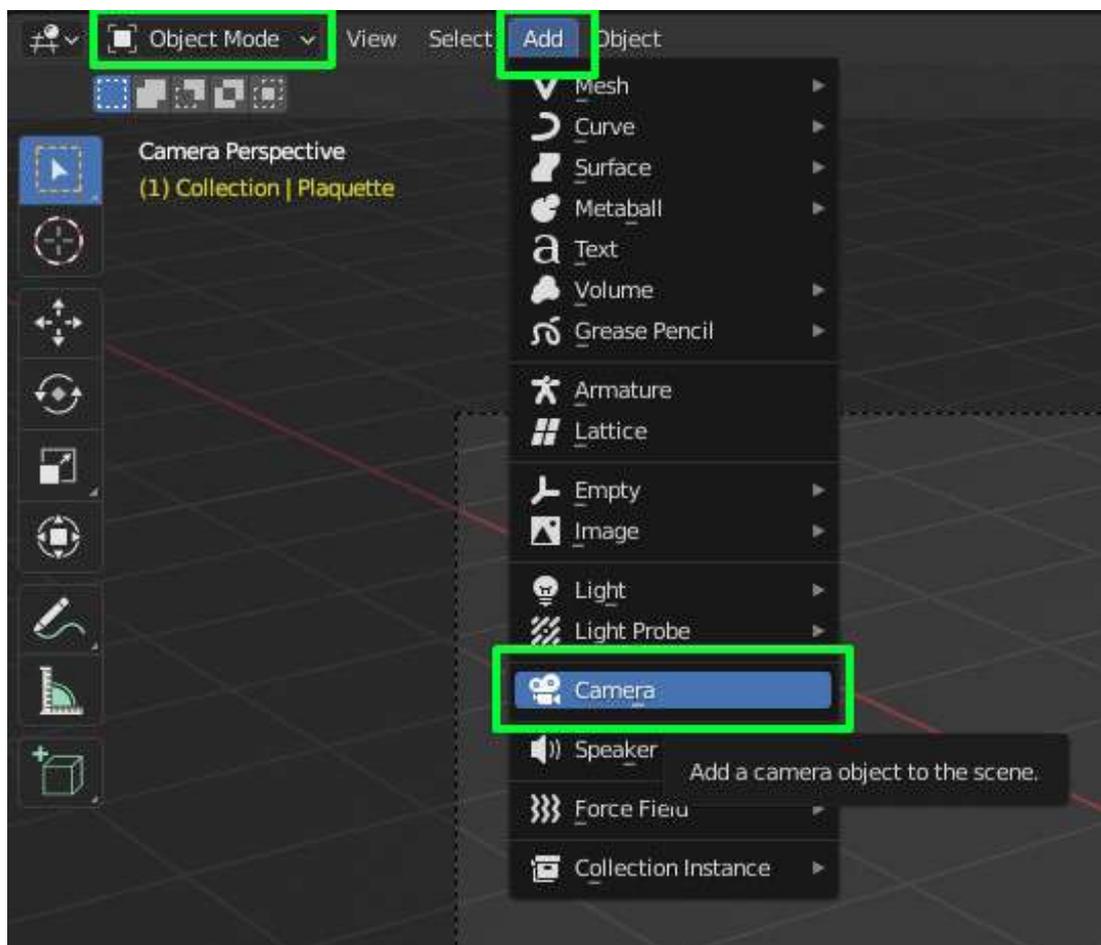
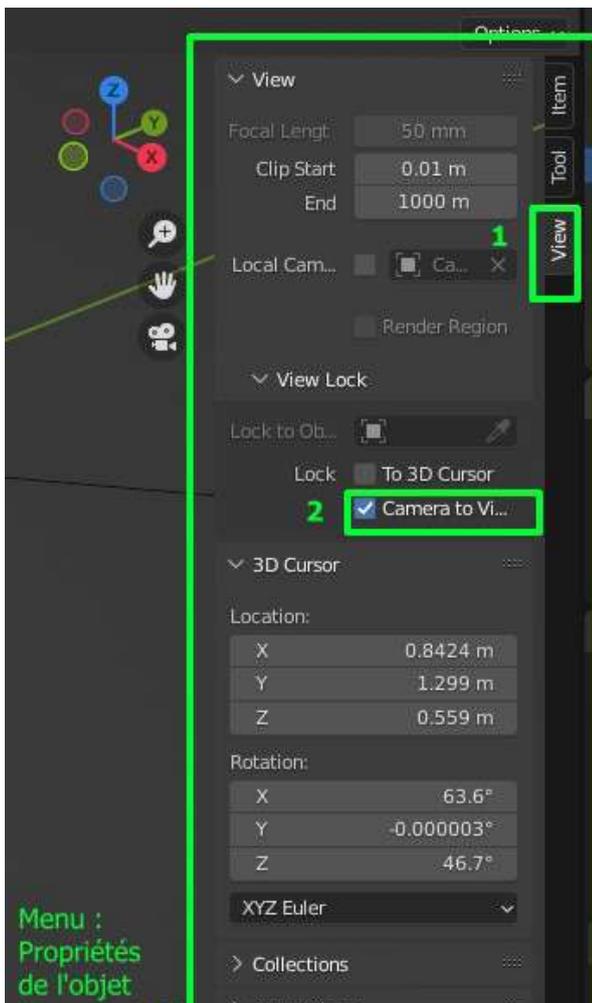


Figure 60 - Importation de la caméra virtuelle



NOTE : « Camera to View » permet de naviguer dans l'espace Blender depuis le point de la camera (fig. 61).

Figure 61 - Utilisation de la caméra virtuelle

Une fois la caméra placée, entrer dans le mode « Rendered » (onglets « viewport Shading » en haut à droite du viewport)



- Puis dans l'onglet World Properties (1) du Viewport Properties, modifier la couleur (3) et la nature de la « Surface » (2) pour mettre en valeur de relevé (fig. 62). L'option « strength » permet de jouer avec l'intensité de l'éclairage de l'arrière-plan.

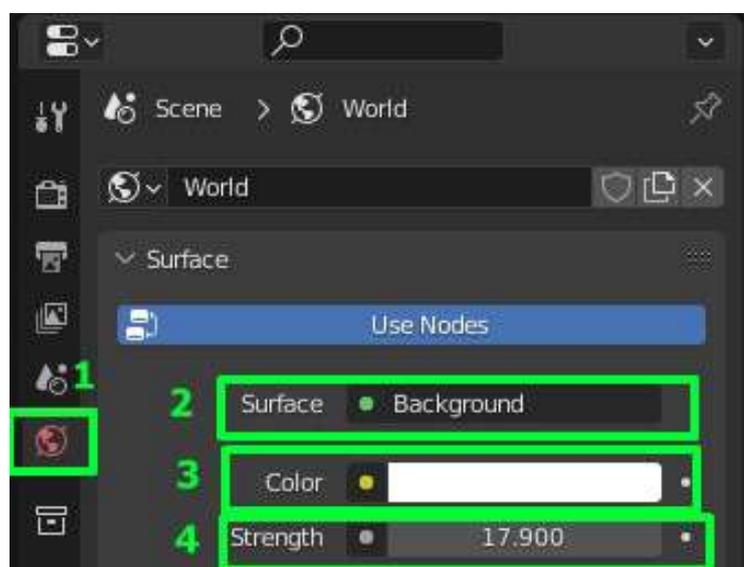


Figure 62 - Préparation à la prise de vue et export d'image

- Il est ensuite nécessaire de paramétrer l'image de sortie → Onglet « Output Properties » (logo de l'imprimante à droite) (fig. 63)

Dans la section format, « résolution X et Y » permet de définir la résolution de l'image de sortie

Output : permet de sélectionner le dossier où sera enregistré l'image mais aussi le format de cette dernière et son paramétrage (couleur, noir et blanc, taux de compression...)

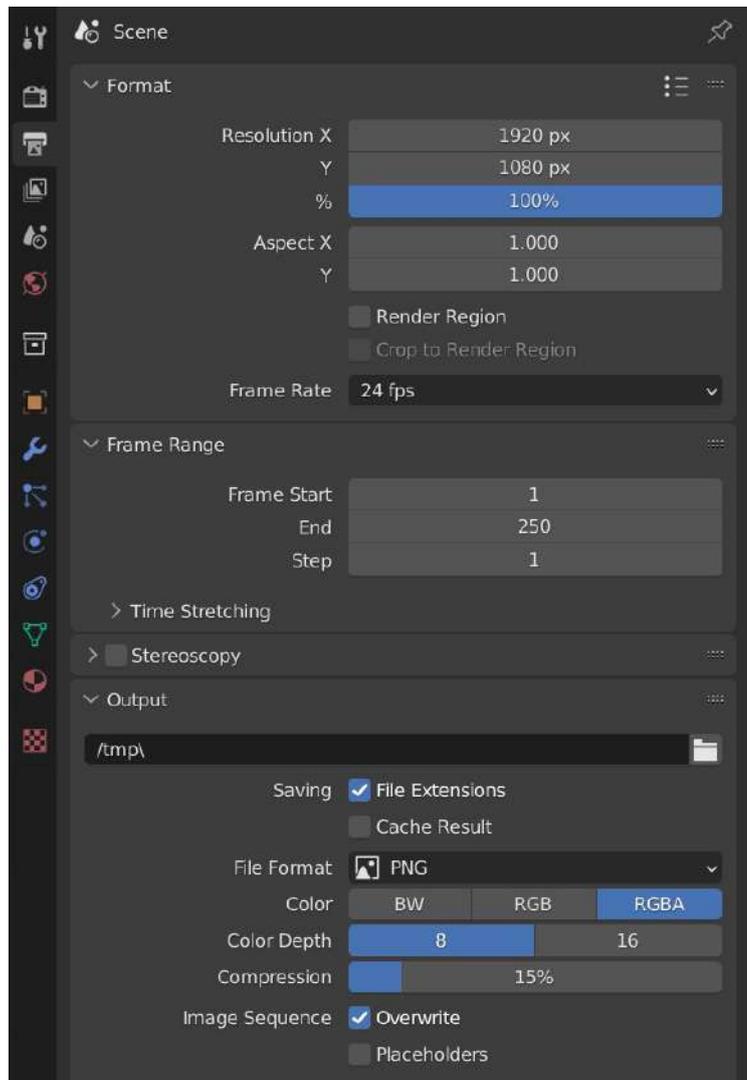


Figure 63 - Réglage de la qualité de la prise de vue virtuelle

Une fois cela fait → Cliquer sur l'onglet RENDER (en haut à gauche) → RENDER IMAGE

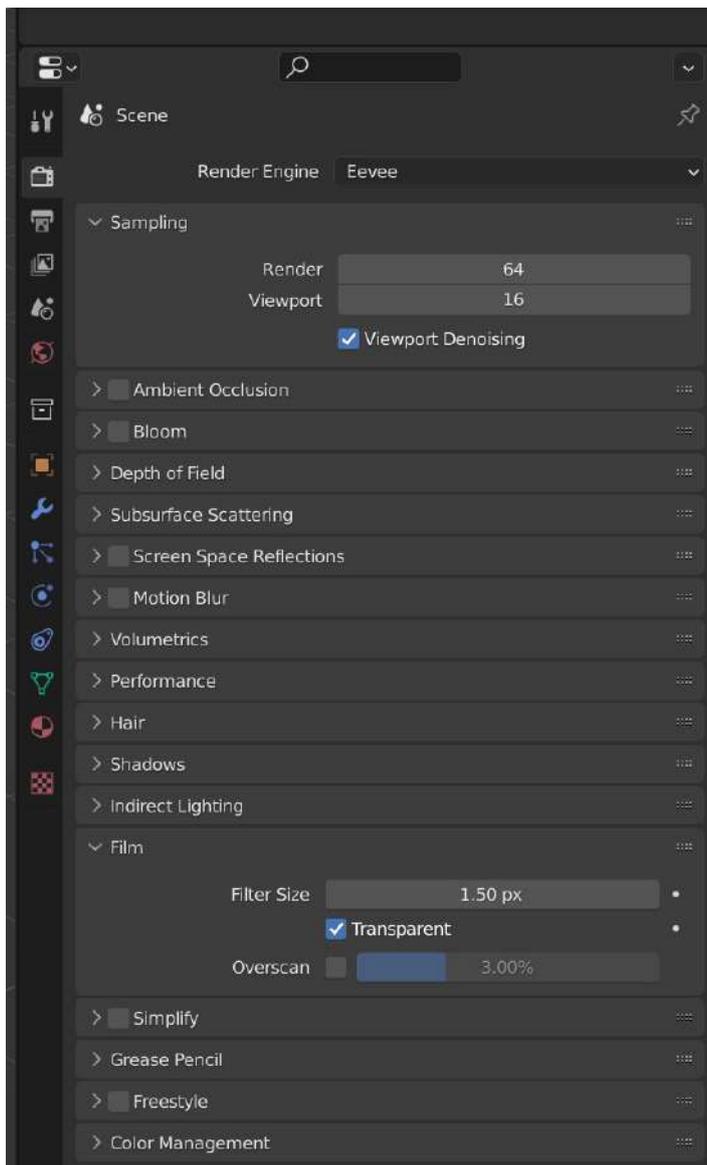
Ou appuyer sur F12 pour produire automatiquement le rendu

Une fois le calcul terminé, dans le Blender Render → Image → SAVE

5.1.2. Méthode pour l'intégration automatique d'un fond uni

Définir la couleur d'arrière-plan depuis l'onglet « World Properties » (tel que détaillé ci-dessus) n'est pas toujours la méthode la plus adaptée. En effet, ce paramètre impacte fortement l'éclairage de l'ensemble de la scène et une couleur trop claire ainsi qu'une intensité trop importante peuvent nuire à la visibilité des figures sur le rendu final.

Une méthode alternative consiste à utiliser les fonctionnalités du workspace « compositing ».



- Eclairer la scène selon les besoins (éclairages généraux, luminosité du « monde », lumières rasantes etc.)
- Dans l'onglet « Render Properties » menu film -> cocher « transparent ». Le fond du viewport en mode « rendered » (cf 1.2.3) est maintenant transparent (fig. 64).

Figure 64 - Paramétrage pour un fond transparent

Dans le workspace «Compositing » (1) cocher « use nodes » (2) (fig. 65)

- Ajouter une node « Alpha Over » (menu Add -> Color -> Alpha Over). La brancher suivant l'exemple ci-dessous et définir la couleur (ici blanche) désirée en fond.
- Raccourci F12 pour réaliser le rendu. Les figures se retrouvent ainsi placer au-dessus d'un fond uni.

NOTE : En laissant les nodes du workspace compositing branchées, tout nouveau rendu sera présenté avec la même couleur d'arrière-plan.

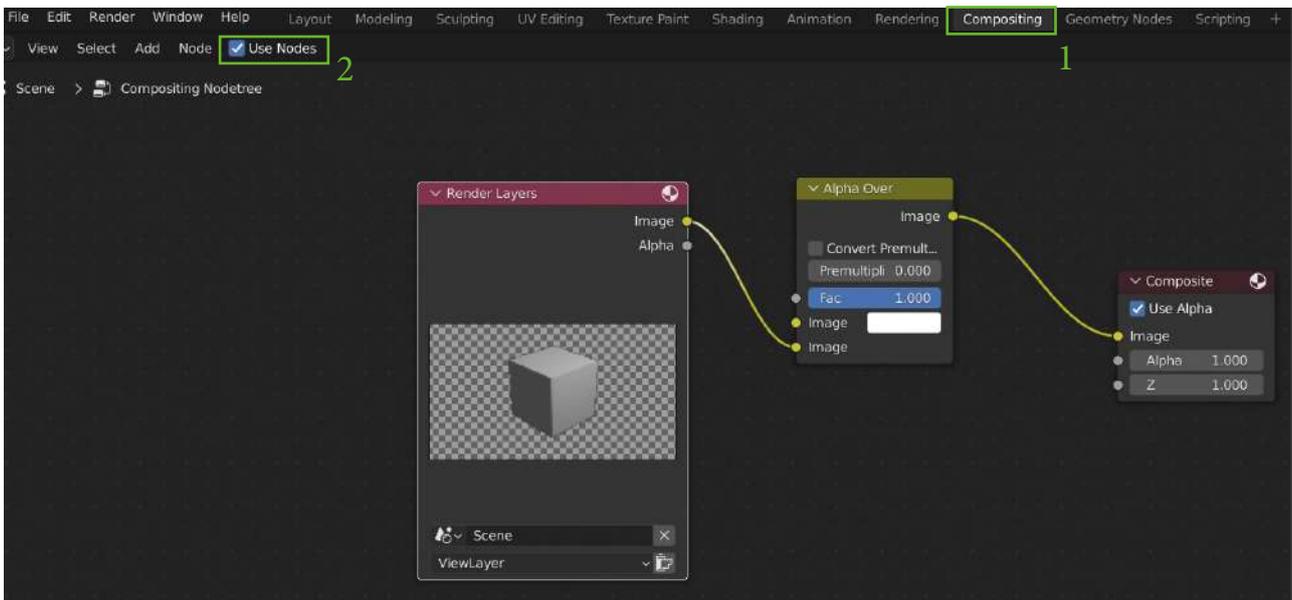
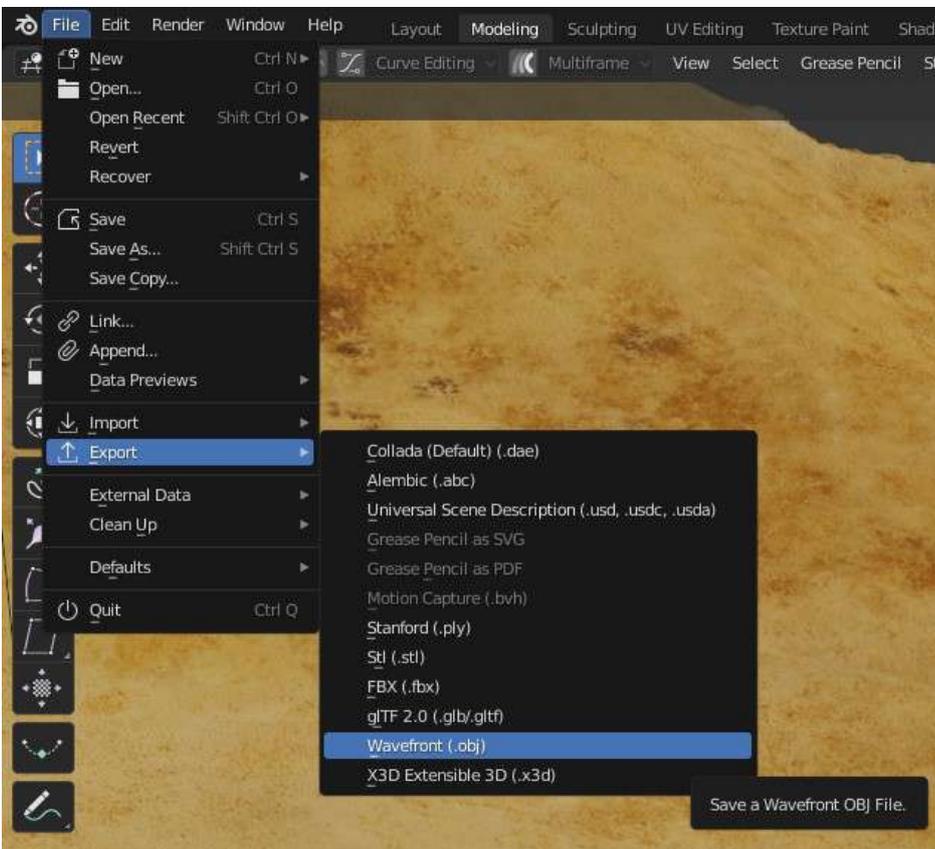


Figure 65 - Branchement des nodes pour l'application d'un fond coloré

5.2. Export d'un ou plusieurs objet 3D du fichier .blend

Note : Pour plus d'informations sur les formats de fichier
https://docs.blender.org/manual/fr/2.79/data_system/files/import_export.html



Pour exporter dans un autre que le format .blend : aller dans le menu FILE en haut à gauche et cliquer sur EXPORTER → choisir le format souhaité (fig. 66).

Figure 66 - Exporter des données

Il est ensuite possible de choisir l'export de l'ensemble des éléments constituant la scène 3D ou bien d'un seul ou plusieurs objets (préalablement sélectionnés) en cochant l'option « selected objects » de la boîte de dialogue (fig. 67).

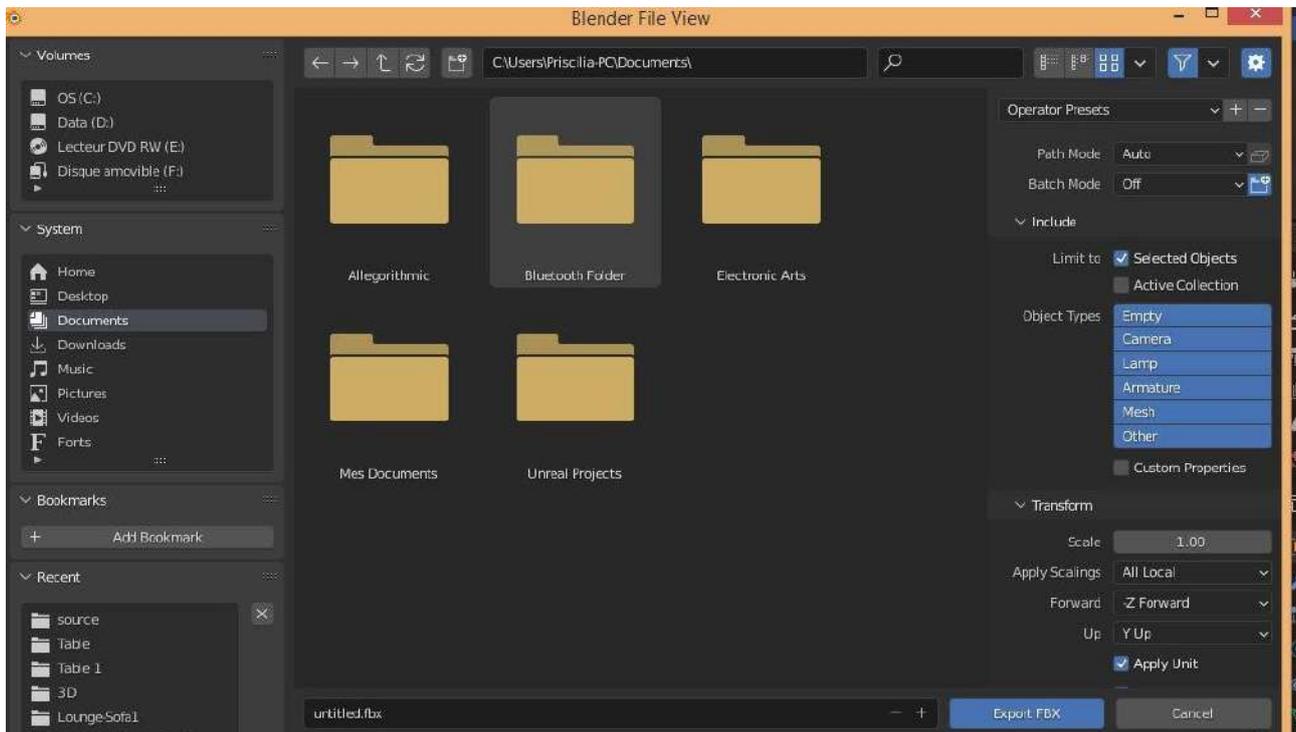


Figure 67 - Boîte de dialogue d'export

5.3. Export du Grease Pencil

5.3.1. Exports 2D

NOTE : les exports 2D ne permettent pas de conserver la charte graphique (cf. 4.2.3 Importer une charte vectorielle) mais conservent la couleur des tracés. Deux types d'export sont proposés par Blender (fig. 68)

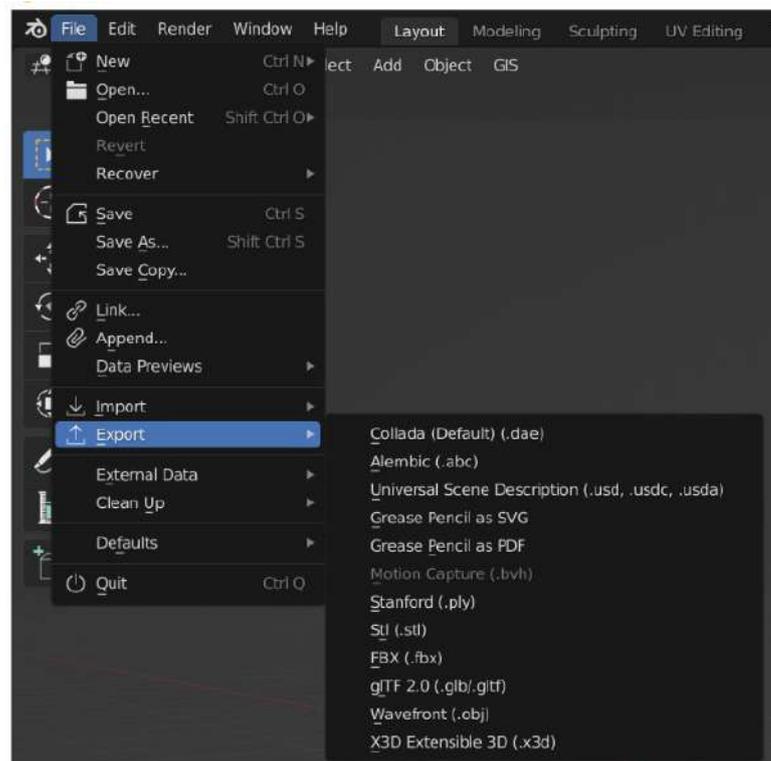


Figure 68 - Possibilités d'export du grease Pencil

- Export vectoriel (SVG)

Sélectionner le GP -> Menu file -> Export -> Grease Pencil as SVG

NOTE : il est ensuite possible de réimporter le Grease Pencil en tant que SVG dans un fichier Blender, mais l'objet ne conservera ni ses dimensions, ni ses coordonnées XYZ

- Export en Image 2D (PDF)

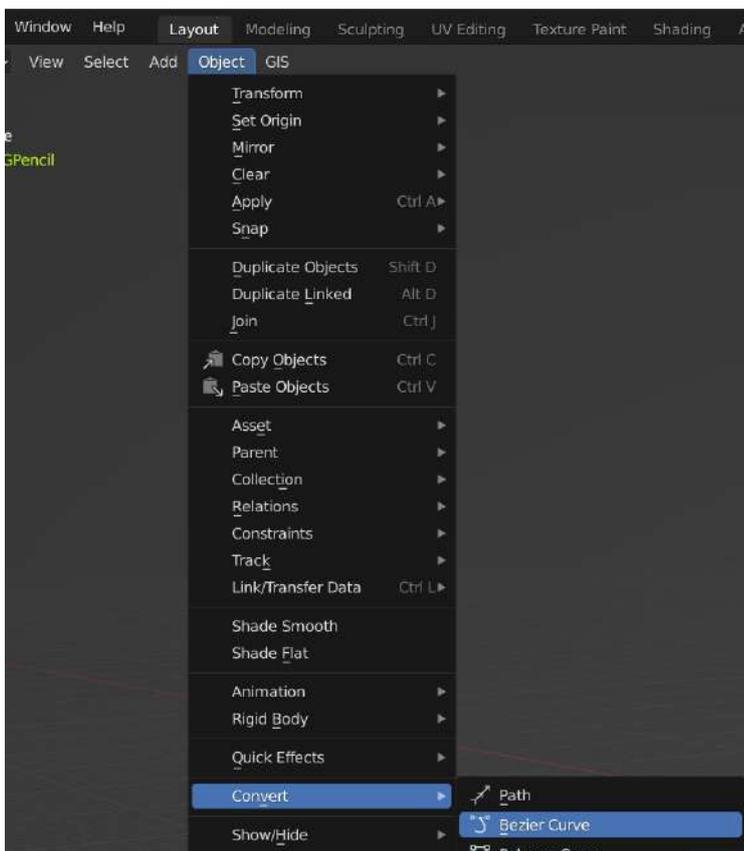
Sélectionner le GP -> Menu file -> Export -> Grease Pencil as PDF

NOTE : le relevé au format PDF peut être trop petit pour être visible. Il peut alors être nécessaire de le redimensionner dans Blender avant d'exporter.

5.3.2. Export comme objet 3D

NOTE : les exports 3D ne permettent pas non plus la conservation d'une charte graphique

Il est possible d'exporter un objet Grease Pencil directement au format OBJ, mais la méthode prive l'objet de toute géométrie. Une alternative consiste à convertir le Grease Pencil en courbe de Bezier.



Sélectionner l'objet Grease Pencil -> Menu Object -> Convert -> Bezier Curve (fig. 69)

Figure 69 - Conversion du Grease Pencil en courbe de Bezier

Il est ensuite nécessaire d'attribuer une géométrie à la courbe : Cliquer sur le nouvel objet curve créé depuis le menu «outliners » (1). Dans l'onglet «object data properties» -> «Geometry» -> section « Bevel » -> «Depth» pour donner de l'épaisseur à la courbe et «Resolution» pour lui conférer un aspect arrondi (fig. 70).

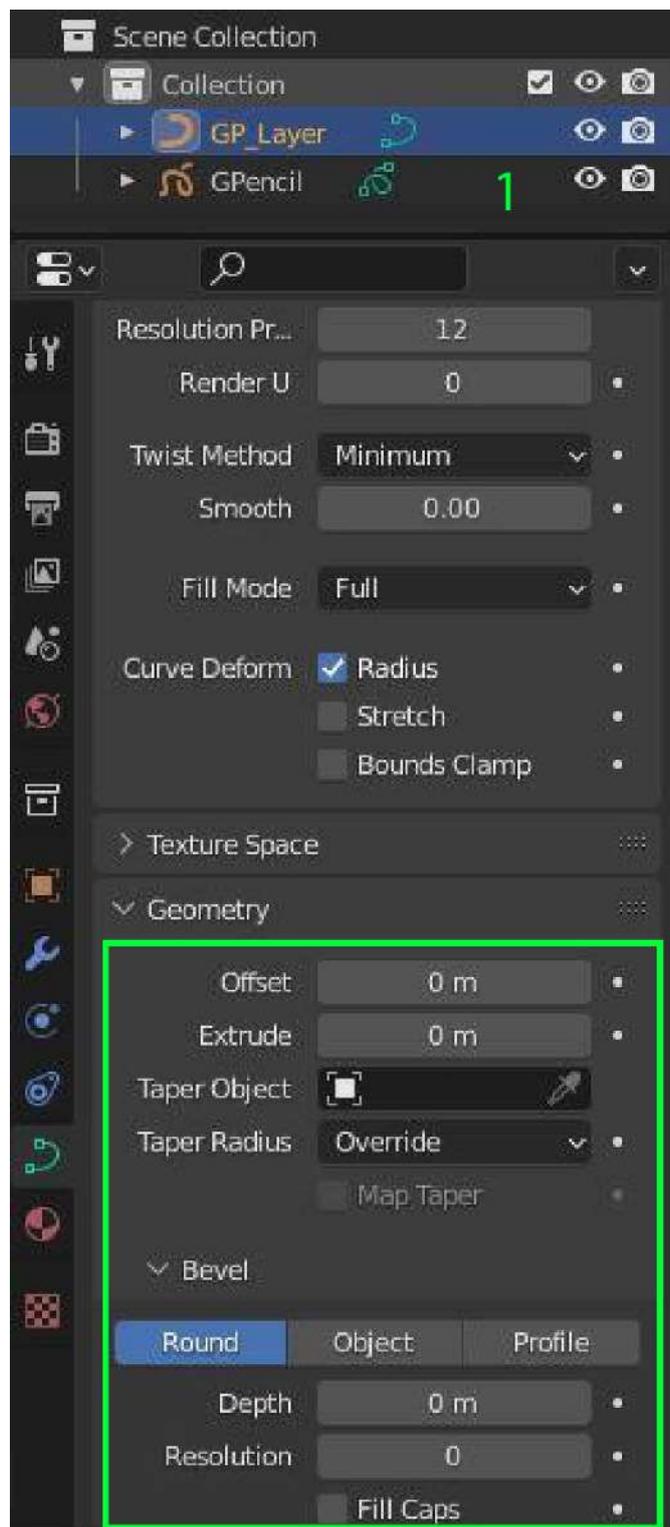


Figure 70 - Paramétrage de la courbe

Le tracé de la courbe peut être édité (fig. 71)

Passer en mode édit (1)

Commencer par décimer la courbe pour la nettoyer des points en trop : curve -> clean up -> decimate curve (2). Jouer avec la valeur du ratio pour décimer plus ou moins l'objet (3).

La modification d'une courbe obéit aux mêmes principes que les autres objets 3D. Sélectionner un ou plusieurs points puis appuyer sur les touches R, G ou S pour respectivement faire pivoter, déplacer et changer l'échelle de tout ou d'une section de la courbe.

Il est conseillé de procéder à ces manipulations en vue orthographique.

Une fois terminé, sortir du mode « édit » en revenant au mode « objet »

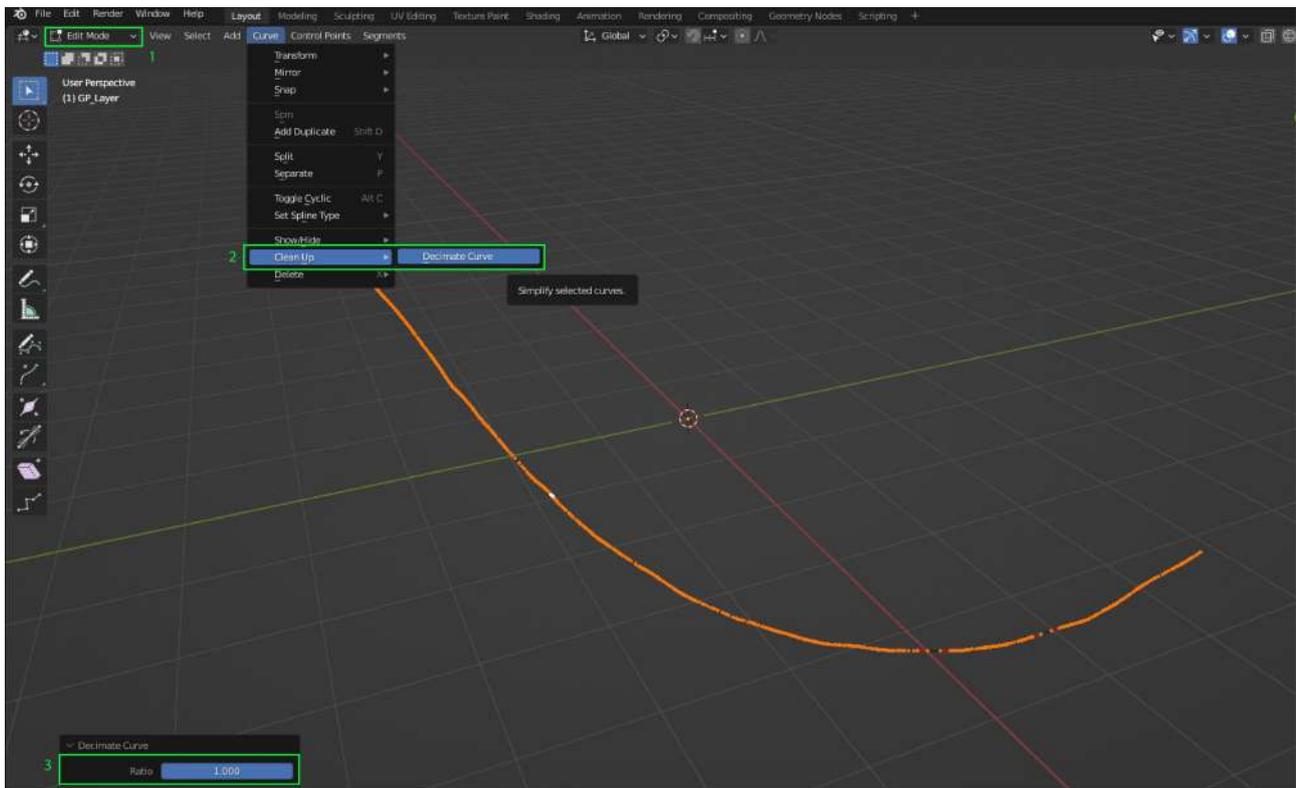


Figure 71 - Editer une courbe créée depuis un objet Grease Pencil

Il est également possible d'exporter la courbe en OBJ (ou sous d'autres formats en fonction des besoins) avec la paroi ou bien sous la forme d'un seul objet en cochant l'option « selected objects » de la boîte de dialogue (cf 5.2)

5.4. Transformer la figure d'un calque en objet 3D

Les manipulations décrites ci-dessous ne sont possibles que dans les versions 3.0 et suivantes du logiciel.

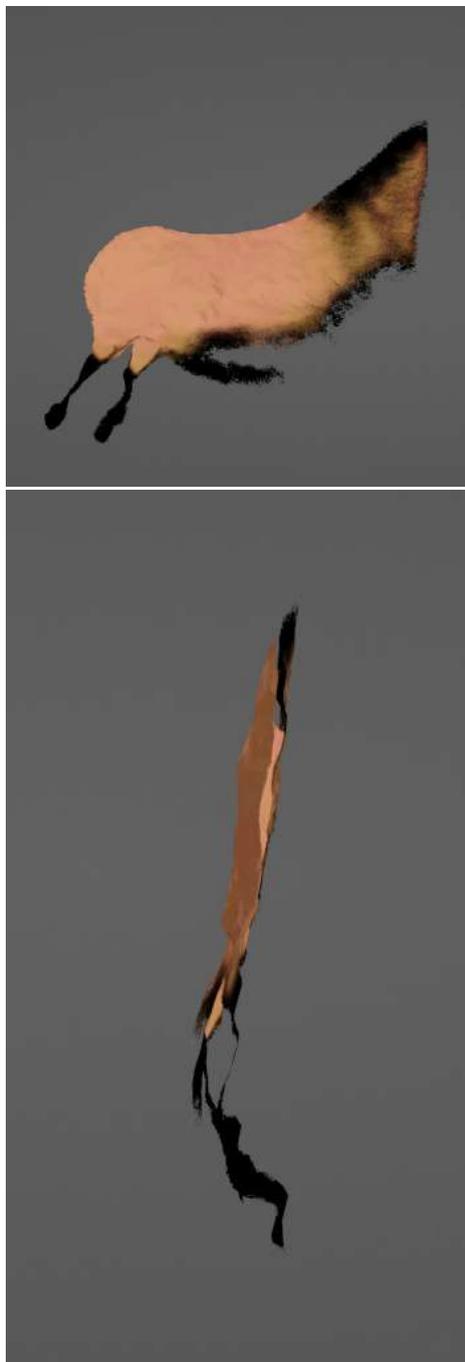


Figure 72 - Vues de face et de profil d'un mesh généré à partir du relevé

Note 1 : le processus ne peut s'appliquer qu'à un seul calque à la fois.

Note 2 : il est conseillé de procéder aux manipulations décrites ci-dessous sur une copie du fichier Blender.

Sélectionner l'objet 3D sur lequel a été relevée la figure. Dans le workspace « Geometry Nodes » (1), reproduire l'arbre nodal présenté (fig. 73 et 74)

ATTENTION : Pour éviter que la subdivision porte sur l'ensemble du mesh et cause un crash du logiciel en raison de calculs trop lourds, relier la node « Subdivision » à la note « Separate Geometry » en dernier.

Note : il est conseillé - avant la création de l'arbre nodal - d'ajouter un modifier « Decimate » (Add Modifier (5) -> Decimate) sous celui du « Geometry nodes », et baisser le ratio (0.5 ; 0.4) afin de limiter l'impact de la subdivision

- Créer un nouvel arbre nodal en cliquant sur l'icône « + » (2)
- Ajouter une node « Subdivide Mesh » (Menu Add -> Mesh -> Subdivision mesh) et relier les entrées mesh et level à la node « Groupe Input » présente par défaut
- Ajouter une node « Image Texture » (Menu Add -> Texture -> Image Texture). Sélectionner l'image du calque. Brancher l'entrée vector au « Group Input ». Dans le menu des modificateurs (onglet clé à molette à droite), cliquer sur l'icône de la section « vector », puis sélectionner « UV map » dans le menu déroulant (3).
- Brancher la sortie « alpha » de la node « Image Texture » sur une node « Color Ramp » (Menu Add -> Color -> ColorRamp).

- Ajouter une node « Compare Float ». Sélectionner «Less than» (ou «Greater than» dans certains cas) dans son menu déroulant.
- Brancher la sortie color de la node « Color Ramp » sur la première entrée de la node « Compare Float » et la node « Group Input » sur sa seconde entrée.
- Ajouter une node « Separate Geometry » (Menu Add -> Geometry -> Separate Geometry). La connecter sa sortie nommée « selection » à la node de sortie (Group Output).
- Sur la seconde entrée (nommée « selection ») de la node « Separate Geometry », brancher la sortie de la node Compare Float et (en dernier !) la sortie de la node Subdivide Mesh sur sa première entrée (nommée Geometry).

La node « Group Input » crée un menu paramétrable dans la fenêtre des modifiers.

- Jouer avec la valeur notée A (4) pour élargir ou réduire l'échelle des valeurs colorimétriques prises en compte.
- La valeur du « level » définit le degré de subdivision du mesh. Une subdivision élevée garantira une bonne précision dans le découpage de la forme, mais aura également un lourd impact sur les performances.

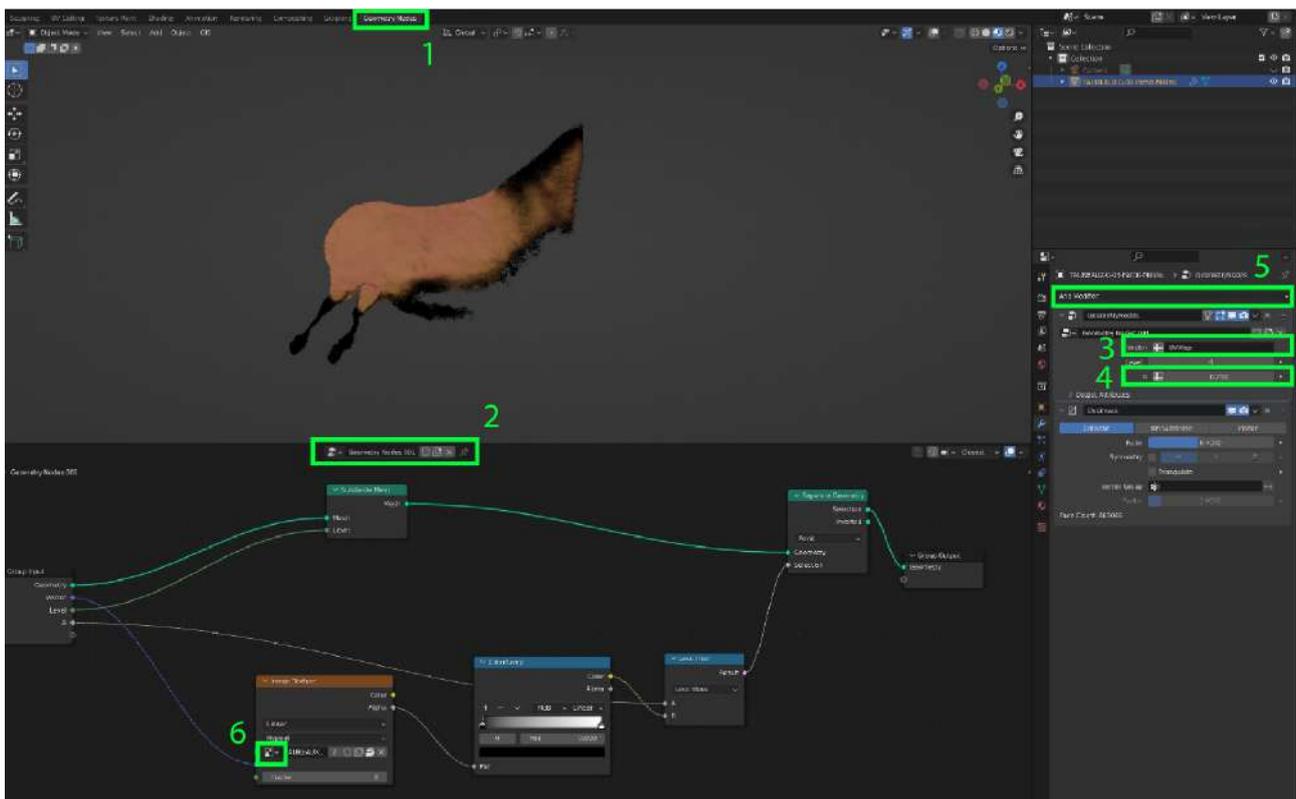


Figure 73 - Interface du Geometry Nodes et arbre nodal

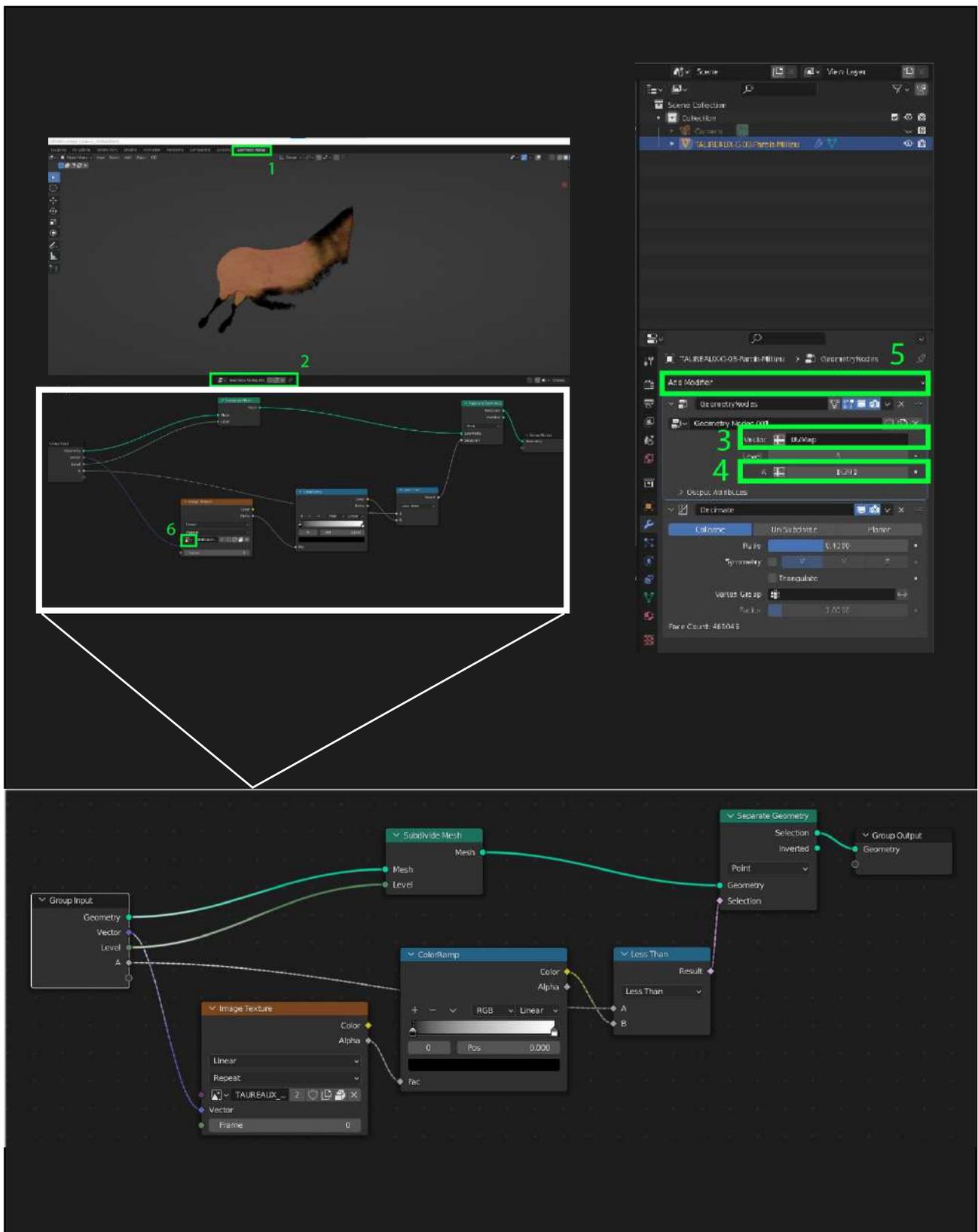


Figure 74 - Vue détaillée des nodes et de leurs branchements

Pour appliquer le processus à un autre calque (mais sur le même objet 3D)

- Déconnecter les nodes « Separate Geometry » et « Group Output »
- Sélectionner un nouveau calque dans le menu déroulant de la node « Image texture » (6)
- Reconnecter les nodes « Separate Geometry » et « Group Output »

Il est possible d'exporter le mesh généré en le sélectionnant puis Menu Files -> Export -> Obj (ou autres formats ; cf 5.2)

NOTE : Pour masquer le blanc à l'arrière de la figure : ne conserver que le calque de cette dernière et le brancher sur une node « Principle BSDF » (dans le workspace « Shading ») comme indiqué ci-dessous (fig. 75).

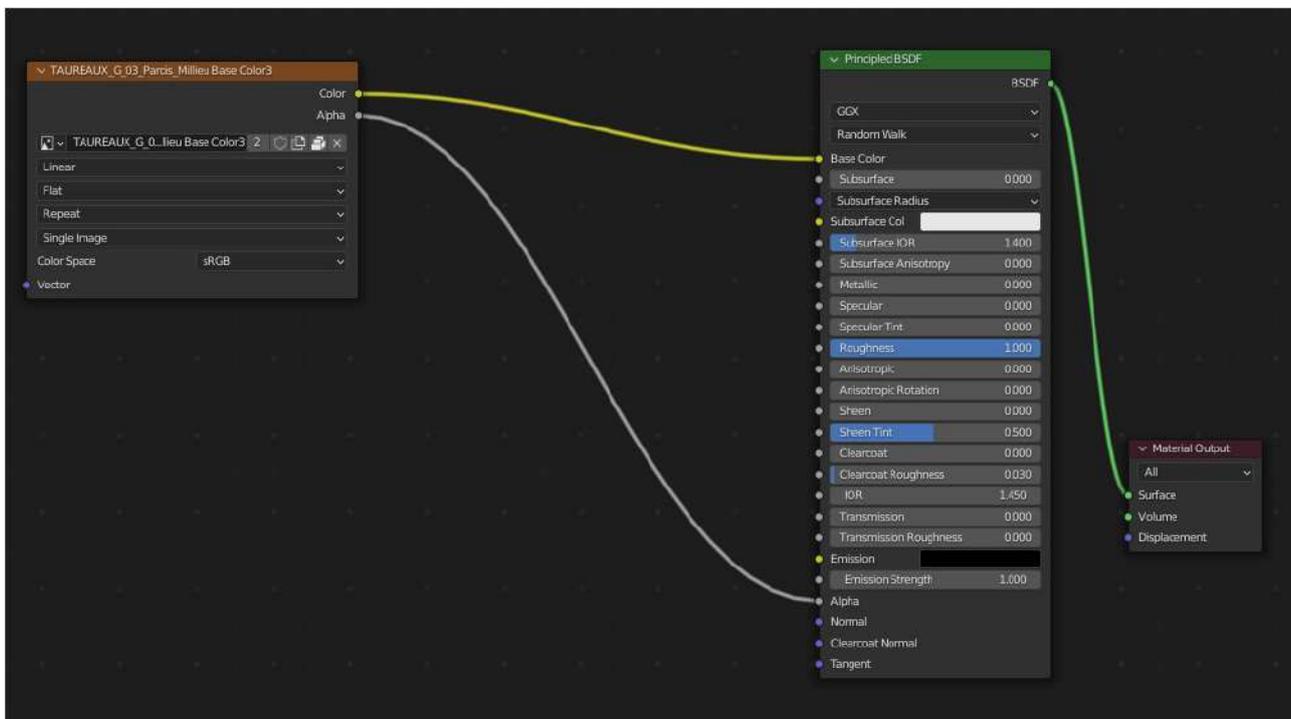


Figure 75 - Brancher la texture d'un calque en transparence

CONCLUSION

La proposition de pas-à-pas contenu dans ce livret méthodologique a été conçue pour permettre à tous les acteurs qui le souhaitent d'effectuer des relevés d'art rupestre ou des constats d'état directement sur un modèle 3D. Le processus expliqué dans ces pages est le fruit de réflexions qui ont conduit à l'élaboration de techniques offrant le meilleur compromis entre les besoins des scientifiques, la simplicité et l'ergonomie. Cette méthode n'est cependant pas l'unique façon de procéder et d'autres possibilités et solutions peuvent être envisagées pour réaliser un relevé sur modèle 3D.

Ce processus de relevé 3D sous Blender a vocation à se poser en soutien aux programmes de recherche en grotte et abri ornés de la préhistoire. L'un des rôles du Centre National de Préhistoire est de mettre à disposition des équipes sur le terrain des outils développés dans le cadre de partenariats au CNP.

La prise en main du logiciel et du pas-à-pas présenté dans ce livret peut se faire en lien avec un accompagnement de l'utilisateur, accompagnement qui peut être assuré au sein du CNP si cela est souhaité⁹.

Plus généralement, ce livret a pour objectif de partager les savoir-faire acquis au CNP sur de nouveaux usages de la 3D, complémentaires de l'analyse in situ et permettant de mieux appréhender et restituer celle-ci. Appliqué ici au corpus des grottes ornées, ces solutions peuvent être déclinées dans d'autres domaines, comme le relevé archéologique ou l'étude architecturale. À travers le numérique, le ministère de la Culture ouvre plusieurs pistes comme l'innovation dans les méthodes d'analyse et de recherche, une meilleure préservation des sites, l'enrichissement des connaissances et l'agrégation de nouvelles ressources (relevés), la formation et la sensibilisation de jeunes étudiants à ces patrimoines.

⁹ . Contact : centre.national.de.prehistoire@culture.gouv.fr

BIBLIOGRAPHIE

- Aujoulat N., 1987. *Le relevé des œuvres pariétales paléolithiques : enregistrement et traitement des données*. Ed. DAF, n° 9, Paris, 122 p.
- Barbuti P., 2019. *Le relevé d'art pariétal sous interface 3D : une approche innovante*. Mémoire de fin d'étude, Licence professionnelle Patrimoine.
- Centre National de Préhistoire et UMR MAP (coll.), 2017. *Description des métadonnées des acquisitions numériques et quelques exemples de préconisations*. 60 p.
- Centre National de Préhistoire et Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (coll.), 2021. *Manuel des bonnes pratiques dans les sites ornés en milieu souterrain*. 95 p.
- Fritz C., Tosello G., 2007. The hidden meaning of forms: Methods of recording Paleolithic parietal art. In. *Journal of Archaeological method and theory*, 14, 1, p. 48-80
- Fuentes O., 2017. *La 3D et l'étude de l'art pariétal, ses apports et ses limites. À quel moment le retour à l'original s'impose aux chercheurs ?* Rapport d'étude, CNP, 310 p.
- Fuentes O., Lepelé J., Pinçon G., 2019. Transferts méthodologiques 3D appliqués à l'étude de l'art paléolithique : une nouvelle dimension pour les relevés d'art préhistorique. In *Situ* [En ligne], 39 | 2019, mis en ligne le 24 mai 2019. DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.21510>
- Granier X., Chayani M., Abergel V., Benistanbt P., Bergerot L., et al., 2019. *Les recommandations du Consortium 3D SHS*. Rapport technique CNRS; SHS, 204 p.
- Greiner L. 2021. *La réalité virtuelle appliquée à la recherche en grotte ornées : un nouveau contexte de travail pour le chercheur*. Mémoire de fin d'étude, Licence professionnelle Patrimoine, Visualisation et modélisation 3D, Université de Cergy / CNP, 102 p.
- Le Quellec J.-L., Harman J., Defrasne C., Duquesnoy F., 2013. DStretch® et l'amélioration des images numériques : applications à l'archéologie des images rupestres. In. *Les cahiers de l'AARS*, 16, p. 177-198
- Lepelé J., 2017. *Recherche et médiation en art rupestre à l'ère de la 3D*. Mémoire de fin d'étude, Licence professionnelle Patrimoine, Visualisation et modélisation 3D, Université de Cergy / CNP, 79 p.
- Marlet O., Baudoin B., Bernard L., Bézard L., Boissat R., et al., 2022. *Le Livre Blanc du consortium Mémoires des Archéologues et des Sites Archéologiques : Guide des bonnes pratiques numériques en archéologie*, Consortium MASA, 38 p.
- Nermot E., 2020. *La VR, un nouvel outil pour l'étude de l'art pariétal*. Mémoire de fin d'étude, Licence professionnelle Patrimoine, Visualisation et modélisation 3D, Université de Cergy / CNP, 79 p.

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Paramétrages de base de l'interface Blender	13
Figure 2 - Interface Blender par défaut	14
Figure 3 - Interface du workspace « Texture Paint » et vocabulaire	15
Figure 4 - Paramétrage pour supprimer les éléments inutiles	17
Figure 5 - Processus d'import d'un objet 3D (ici au format OBJ)	18
Figure 6 - Rendre visible complètement des modèles 3D de grande taille	19
Figure 7 - Gestion des vues du modèle 3D	21
Figure 8 - Modes de visualisation du modèle 3D	22
Figure 9 - Sélection de l'outil Light	23
Figure 10 - Disposition de l'éclairage « Sun »	24
Figure 11 - Double visualisation du modèle. Mode rendered à gauche et LookDev à droite	24
Figure 12 - Paramétrages de l'outil « Ligth »	
Figure 13 - Schéma d'enregistrement des fichiers sous Blender	25
Figure 14 - Organisation des textures DStrech dans les « nodes » du modèle 3D	27
Figure 15 - Traitement colorimétrique et cartographie de la surface par l'application « normales ».	30 31
Figure 16 - « Branchement » des « normales » dans les nodes du modèle 3D	
Figure 17 - Traitement colorimétrique et cartographie de la surface par l'application « pointiness ».	32 33
Figure 18 - « Branchement » du traitement « pointiness » au modèle 3D	
Figure 19 - « Branchement » du traitement « pointiness » à la texture	34
Figure 20 - Installation de l'Add-on BlenderGIS	35
Figure 21 - Paramétrage du MNE	36
Figure 22 - Intégration du MNE à la texture	37
Figure 23 - Création manuelle d'une texture MNE	38
Figure 24 - Installation de la texture	39
Figure 25 - Branchements des textures	41
Figure 26 - Fenêtre du «shader editor»	42
Figure 27 - Création d'un calque transparent	43
Figure 28 - Fenêtre de paramétrage de la base color	43
Figure 29 - Enregistrement de l'image depuis l'image editor	44
Figure 30 - Sélection du calque pour le relevé	45
Figure 31 - Organisation des calques et des textures dans l'arborescence nodale	45
Figure 32 - Réglage du calque virtuel	46
Figure 33 - Ajouts de calques transparents et organisation de l'arborescence nodale	47
Figure 34 - Gestion des nodes	48
Figure 35 - Gestion des nodes, encadrer	48
Figure 36 - Gestion des nodes, grouper	49
Figure 37 - Gestion de la bibliothèque des « brushes »	50
Figure 38 - choix des « brushes »	51
Figure 39 - Paramétrage des « brushes »	51
Figure 40 - Création d'une bibliothèque de brushes	52
Figure 41 - Ajout d'une bibliothèque de brushes	53
Figure 42 - Paramétrage des outils dessins	53
Figure 43 - Création des palettes de couleur	54
Figure 44 - Outil stencil	55
Figure 45 - Outil stencil	55
Figure 46 - Ajout de l'interface Grease Pencil	56
Figure 47 - Paramétrage du Grease Pencil	58

Figure 48 - Calques et matériaux du Grease Pencil	58
Figure 49 - Les calques du Grease Pencil	59
Figure 50 - Paramétrages des calques	60
Figure 51 - Onglet « matériel » du Grease Pencil	60
Figure 52 - Configuration du Viewport pour le Grease Pencil	61
Figure 53 - Paramétrage des Brushes du Grease Pencil	62
Figure 54 - Les outils du Grease Pencil	63
Figure 55 - Faire adhérer les traits du Grease Pencil sur la surface de l'objet	64
Figure 56 - Importer une charte graphique vectorielle	65
Figure 57 - Gestion des tracés en mode « Edit »	66
Figure 58 - Création de nouveaux matériaux	66
Figure 59 - Gestion des matériaux du trait	67
Figure 60 - Importation de la caméra virtuelle	68
Figure 61 - Utilisation de la caméra virtuelle	69
Figure 62 - Préparation à la prise de vue et export d'image	70
Figure 63 - Réglage de la qualité de la prise de vue virtuelle	70
Figure 64 - Paramétrage pour un fond transparent	71
Figure 65 - Branchement des nodes pour l'application d'un fond coloré	72
Figure 66 - Exporter des données	73
Figure 67 - Boite de dialogue d'export	73
Figure 68 - Possibilités d'export du Grease Pencil	74
Figure 69 - Conversion du Grease Pencil en courbe de Bezier	74
Figure 70 - Paramétrage de la courbe	75
Figure 71 - Editer une courbe créée depuis un objet Grease Pencil	76
Figure 72 - Vues de face et de profil d'un mesh généré à partir du relevé	77
Figure 73 - Interface du Geometry Nodes et arbre nodal	78
Figure 74 - Vue détaillée des nodes et de leurs branchements	79
Figure 75 - Brancher la texture d'un calque en transparence	80
	81

MINISTÈRE DE LA CULTURE
Direction Générale des Patrimoines et de l'Architecture
Service du Patrimoine
Sous-Direction de l'Archéologie
Centre National de Préhistoire



**MINISTÈRE
DE LA CULTURE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



septembre 2022
ISBN : 978-2-11-167893-4