

# RECONSTITUTION D'UN POISSON VIEUX DE 380 MILLIONS D'ANNÉES À PARTIR D'UN NUMÉRISSEUR 3D

Félix Arsenault <sup>1 a</sup>  
 Isabelle Béchar <sup>2</sup>  
 Richard Cloutier <sup>2 b</sup>  
 Johanne Kerr <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Développement et de Recherche en Imagerie Numérique, 608 avenue Saint-Rédempteur, Matane, Québec, Canada.  
<sup>2</sup>Université du Québec à Rimouski, 300 allée des Ursulines, Rimouski, Québec, Canada.  
<sup>3</sup>Parc national de Miguasha, 231 route Miguasha Ouest, Nouvelle, Québec, Canada.

<sup>a</sup>arsenault.felix@cdriin.com  
<sup>b</sup>richard\_cloutier@uqar.ca

## INTRODUCTION

La plupart des études en paléontologie utilisent des technologies de tomographie et sont effectuées sur un nombre limité de fossiles en raison des coûts et du temps requis. L'état de préservation, la taille ainsi que le type de roche entourant les fossiles peuvent également représenter des obstacles.

La numérisation 3D offre une alternative intéressante lorsqu'il n'est pas nécessaire d'investiguer les structures anatomiques internes. Cette technologie offre une solution non invasive pour obtenir des modèles 3D, et ce, sans les limites imposées par les autres technologies.

Les résultats sont rapides et facilement exploitables pour la recherche et la gestion de collections.

## OBJECTIFS

1. Développer une nouvelle méthode pour reconstruire avec précision des spécimens fossiles en utilisant un numériseur 3D et des technologies d'imagerie numérique de pointe.

2. Produire un modèle 3D de *Bothriolepis canadensis*, un poisson-placoderme ayant vécu durant le Dévonien il y a environ 380 millions d'années.

## MATÉRIEL

Dix-neuf spécimens fossiles bien conservés de *Bothriolepis canadensis* (Miguasha, Québec). Les spécimens proviennent des collections du Musée d'histoire naturelle de Miguasha (MHNM).

Le numériseur 3D utilisé est le HandyScan Viuscan (fig. 1) qui fonctionne en parallèle avec le logiciel d'acquisition et de traitement des données VXElement. Les logiciels de traitement d'image Adobe Photoshop CS5.5 et de sculpture digitale Zbrush 4r5 ont aussi été utilisés. Le matériel supplémentaire utilisé inclut : une tablette graphique Wacom Intuos 5, un appareil-photo numérique Canon EOS Rebel T2l et un ordinateur avec les spécifications suivantes :

- Lenovo ThinkStation avec deux écrans
- Processeur : Intel Xeon X5650 utilisant 6 cœurs en HT (12 threads)
- Mémoire : 12Gb de RAM
- GPU : NVIDIA Quadro 4000 4Gb GDDR5
- Windows 7 Entreprise 64 bits



Figure 1. Le numériseur 3D HandyScan Viuscan.

## MÉTHODES

### 1. PRÉPARATION

- Prendre des photographies de référence de chaque spécimen.
- Configurer le laser du numériseur (force et exposition, fig. 2).
- Appliquer les marqueurs sur la roche autour des spécimens.
- Appliquer la poudre sur les spécimens pour réduire la réflexion.
- Placer le spécimen sur la plaque de marqueurs.

### 2. NUMÉRISATION

La numérisation est réalisée dans un volume virtuel, qui varie entre 100 et 170 mm, et permet de récupérer des détails de 0,2 à 0,33 mm (fig. 4).

Les données de numérisation ont été traitées avec les outils de nettoyage automatique de VXElement (fig. 5). Ces outils permettent de boucher les trous, d'enlever la géométrie superflue et de réparer les erreurs de numérisation. Du nettoyage manuel a également été réalisé pour la plaque de marqueurs et certaines géométries superflues. L'échelle est de 1 cm.

La modélisation et l'assemblage des spécimens numérisés sont effectués dans le logiciel Zbrush (fig. 8).

### 3. DISSOCIATION DES STRUCTURES ANATOMIQUE ET ASSEMBLAGE

Dès qu'ils sont exportés dans Zbrush, les 19 spécimens sont séparés de la roche les entourant à l'aide des outils de masquage de Zbrush. Toutes les structures anatomiques sont ensuite séparées et isolées, avant d'être placées dans l'espace 3D (fig. 11) à l'aide des outils suivants :

- Masking brush
- Spotlight
- Transpose Master

L'outil *Transpose Master* a été utilisé pour bouger, tourner ou changer la taille des objets. Il peut aussi être utilisé comme une règle (fig. 10).

Une fois que les 19 spécimens sont nettoyés et leurs structures osseuses sont dissociées. Les os sont ensuite corrigés et réassemblés afin de former un amas de plusieurs fossiles superposés l'un sur l'autre (fig. 12). Ce procédé permet d'obtenir une reconstruction préliminaire de *B. canadensis*.

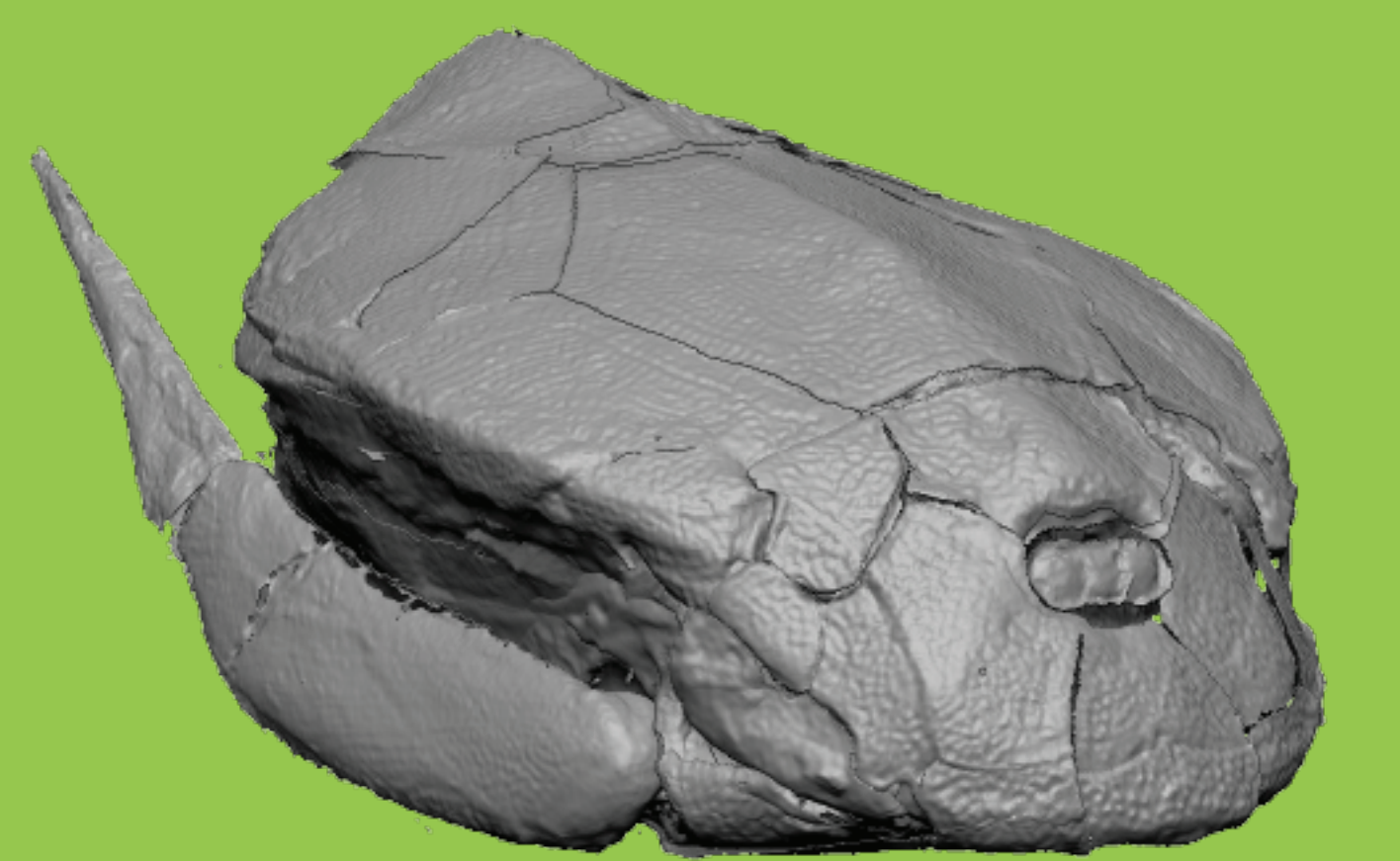


Figure 12. Reconstruction préliminaire de *Bothriolepis canadensis* à partir de données numérisées.

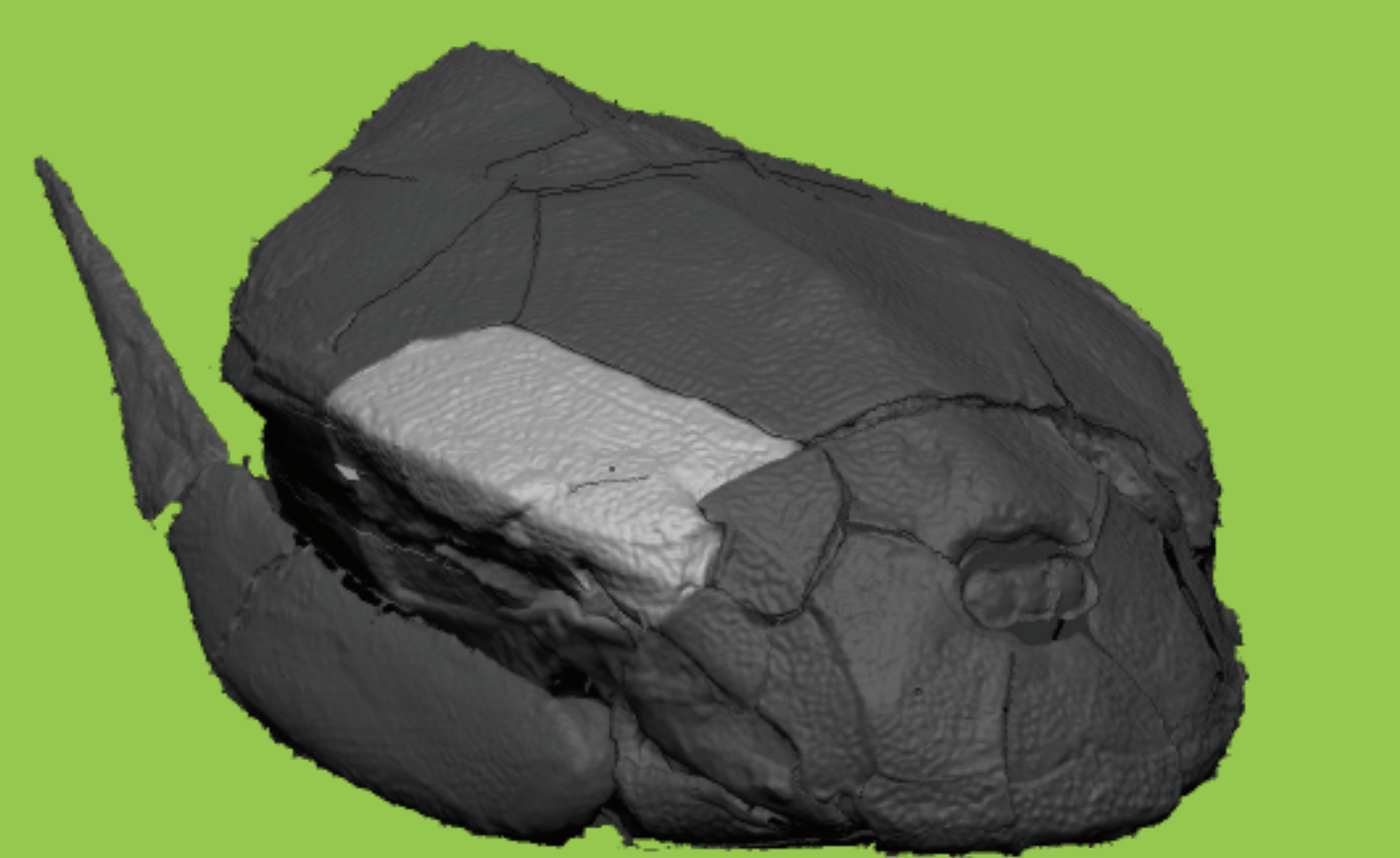


Figure 13. Dissociation d'une structure osseuse de la reconstruction préliminaire de *Bothriolepis canadensis*.



Figure 2. Le spécimen MHNM 02-1432 sur la plaque de marqueurs, en cours de numérisation.

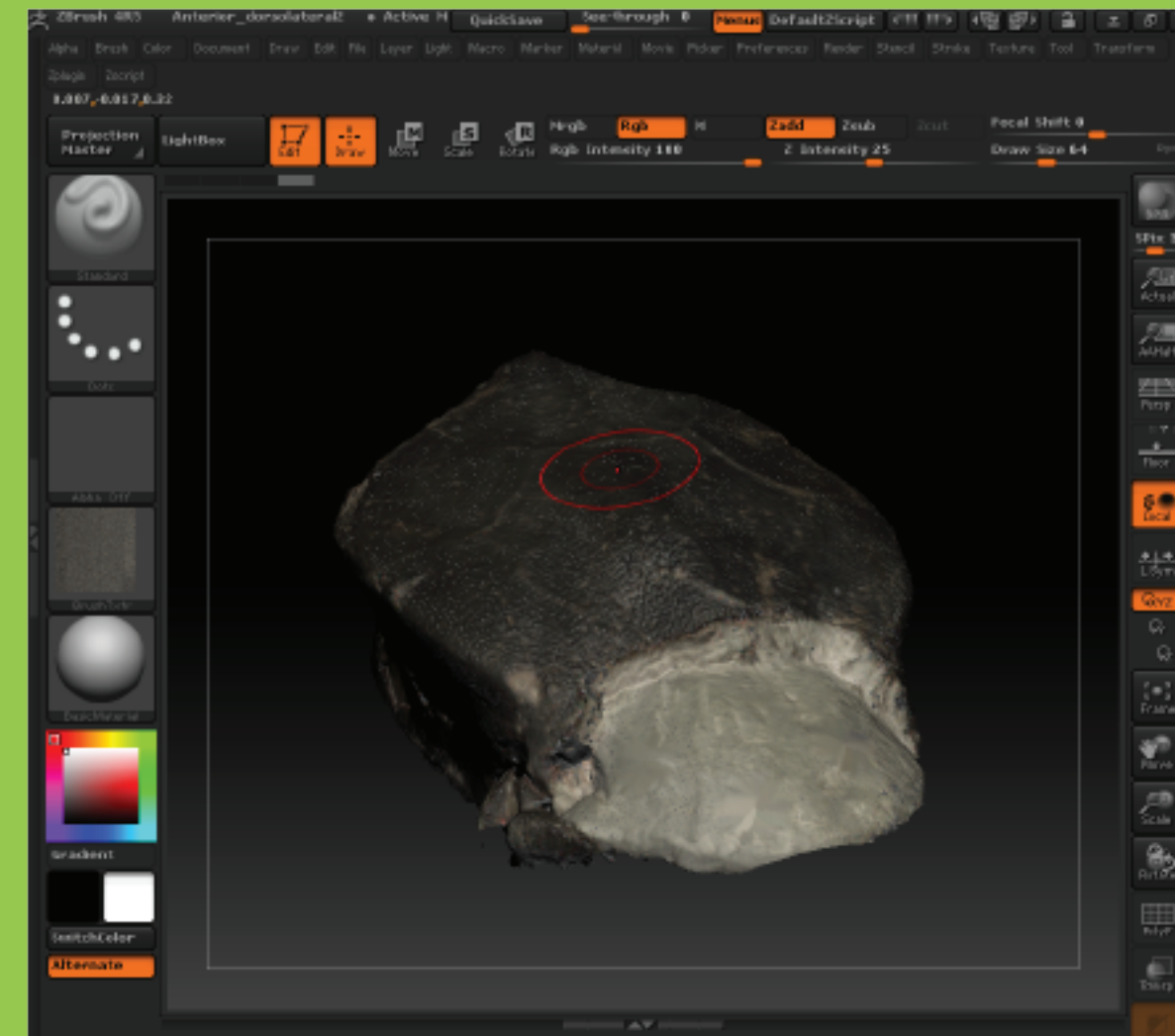


Figure 8. Le logiciel de sculpture numérique Zbrush.

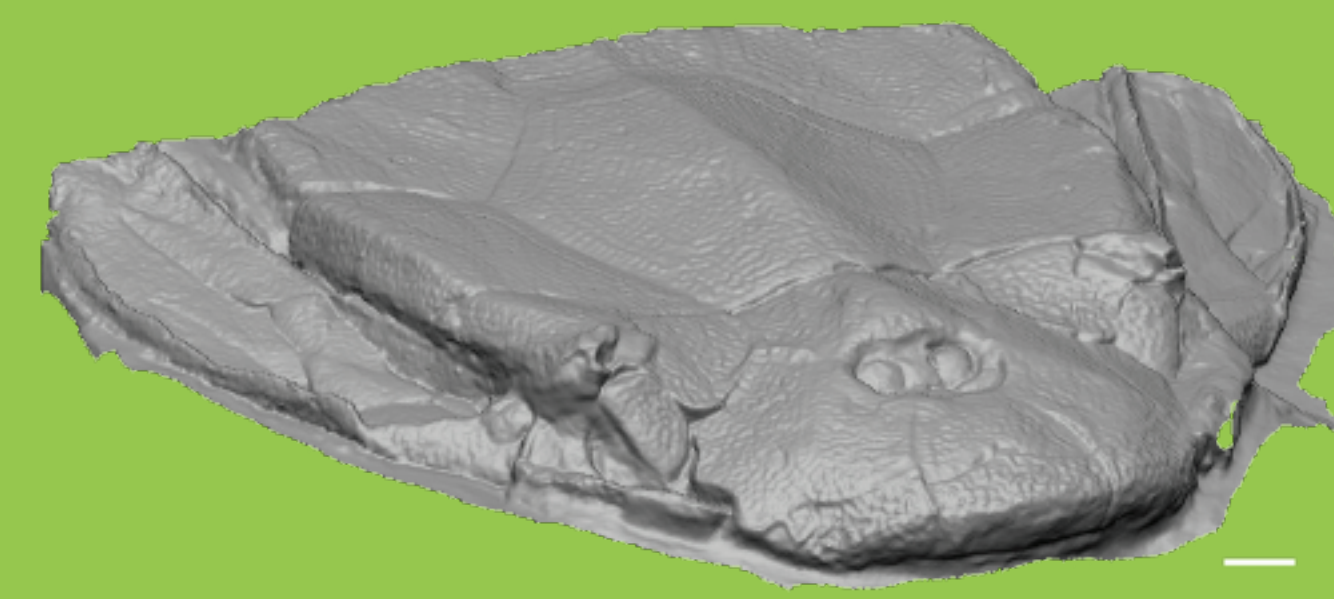


Figure 9. Le modèle numérisé du spécimen MHNM 02-1561 dans Zbrush. L'échelle est de 1 cm.

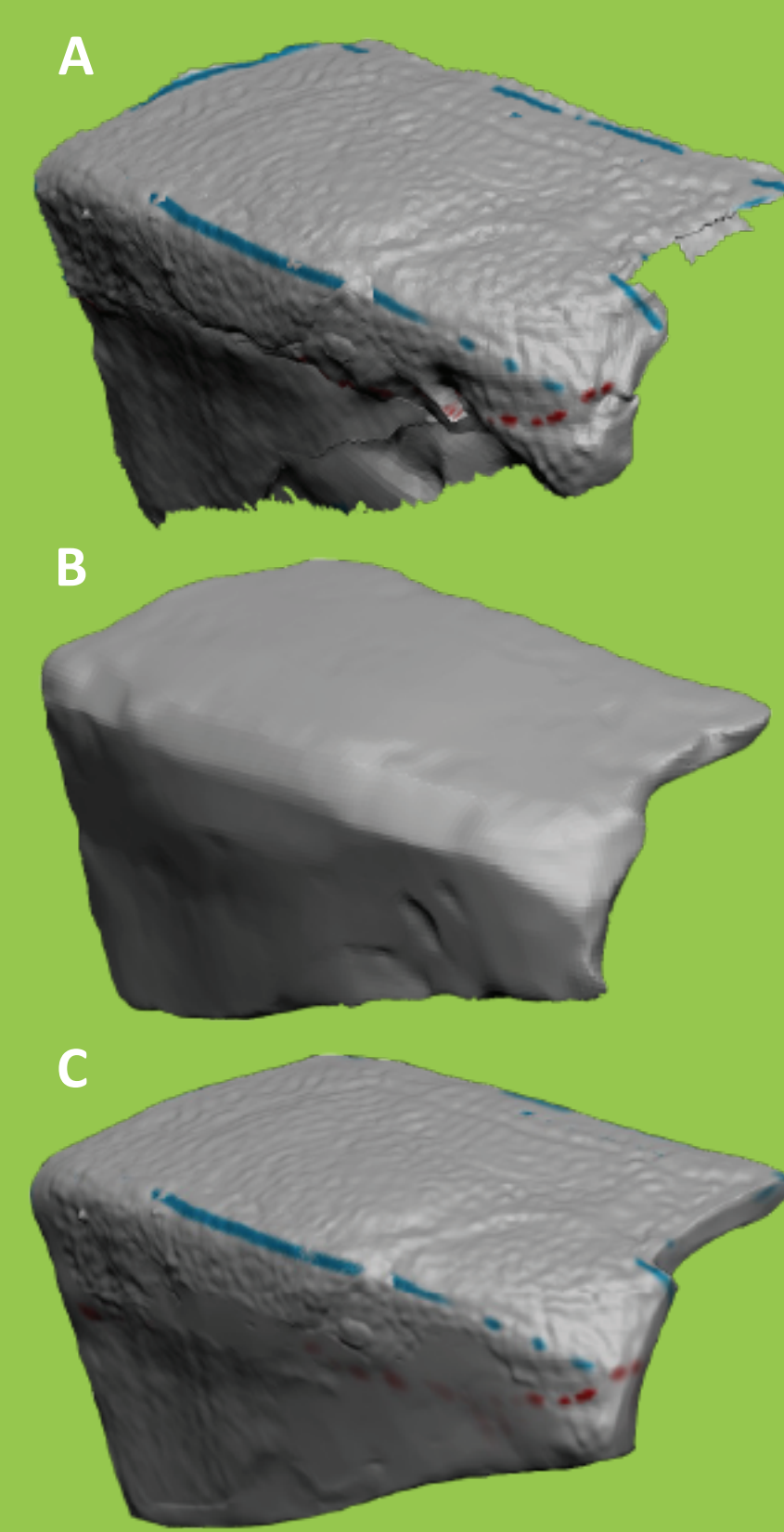


Figure 14. Modélisation des structures osseuses à partir des amas de fossiles : A) simplification, B) ajout d'une épaisseur et C) Projection des détails géométriques originaux

### 4. Nettoyage et touche finale

Chaque structure anatomique est composée d'un amas de quelques fossiles. Cet amas est isolé et séparé de la reconstruction préliminaire (fig. 13) en suivant la même méthode qu'aux figures 9 à 11.

Une fois séparé, chacun des amas de fossiles (fig. 14 A) est simplifié et se voit ajouter une épaisseur (fig. 14 B) grâce aux outils de Zbrush suivant :

- Cube3D SubTool
- Transpose Master
- Dynamesh
- Sculpting Brushes :
  1. Clay Buildup avec alpha masks
  2. Move
  3. Trim Dynamic
  4. Smooth

En utilisant l'outil *ProjectAll* de Zbrush, les détails géométriques du modèle numérisé (fig. 14 A) sont transférés sur le modèle simplifié (fig. 14 B). La structure anatomique ainsi obtenue (fig. 14 C) est ensuite nettoyée en utilisant les outils déjà énumérés. Une fois nettoyées, les structures osseuses sont assemblées entre elles (fig. 15).

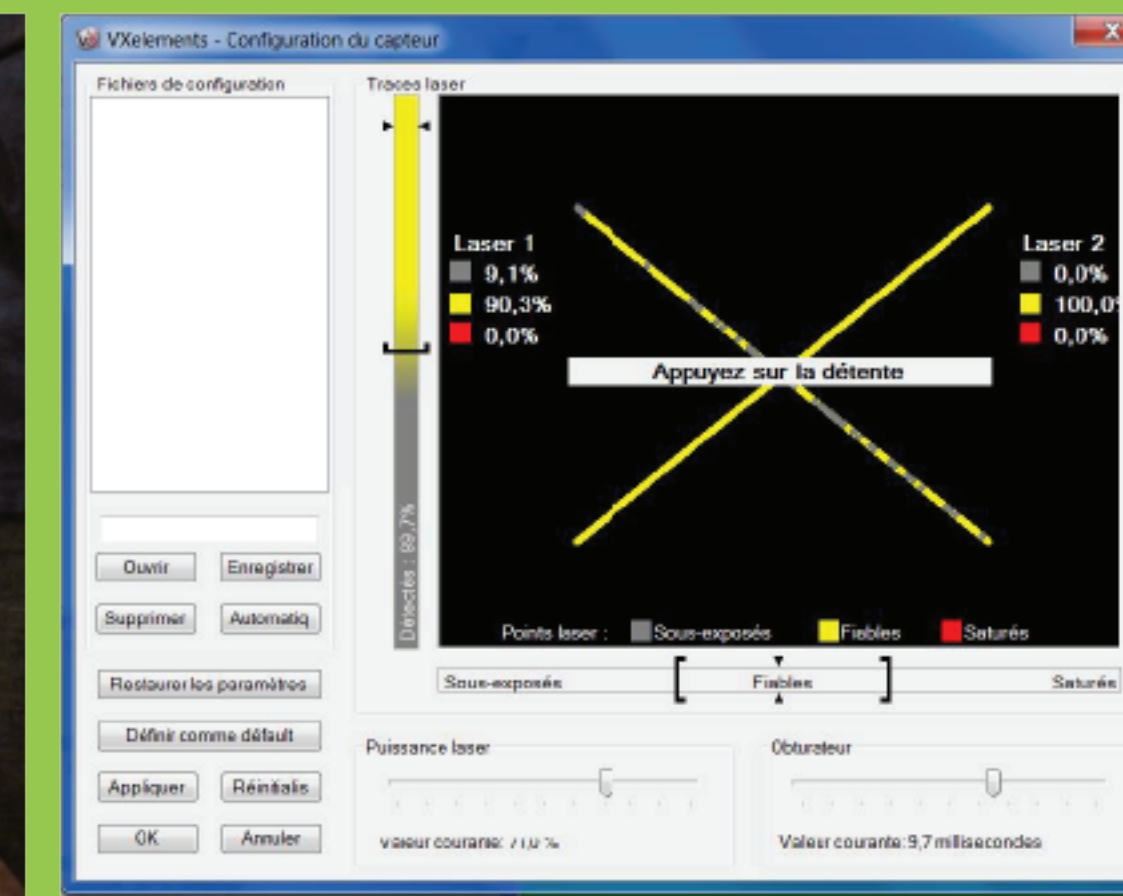


Figure 3. Configuration du numériseur 3D dans VXElement.

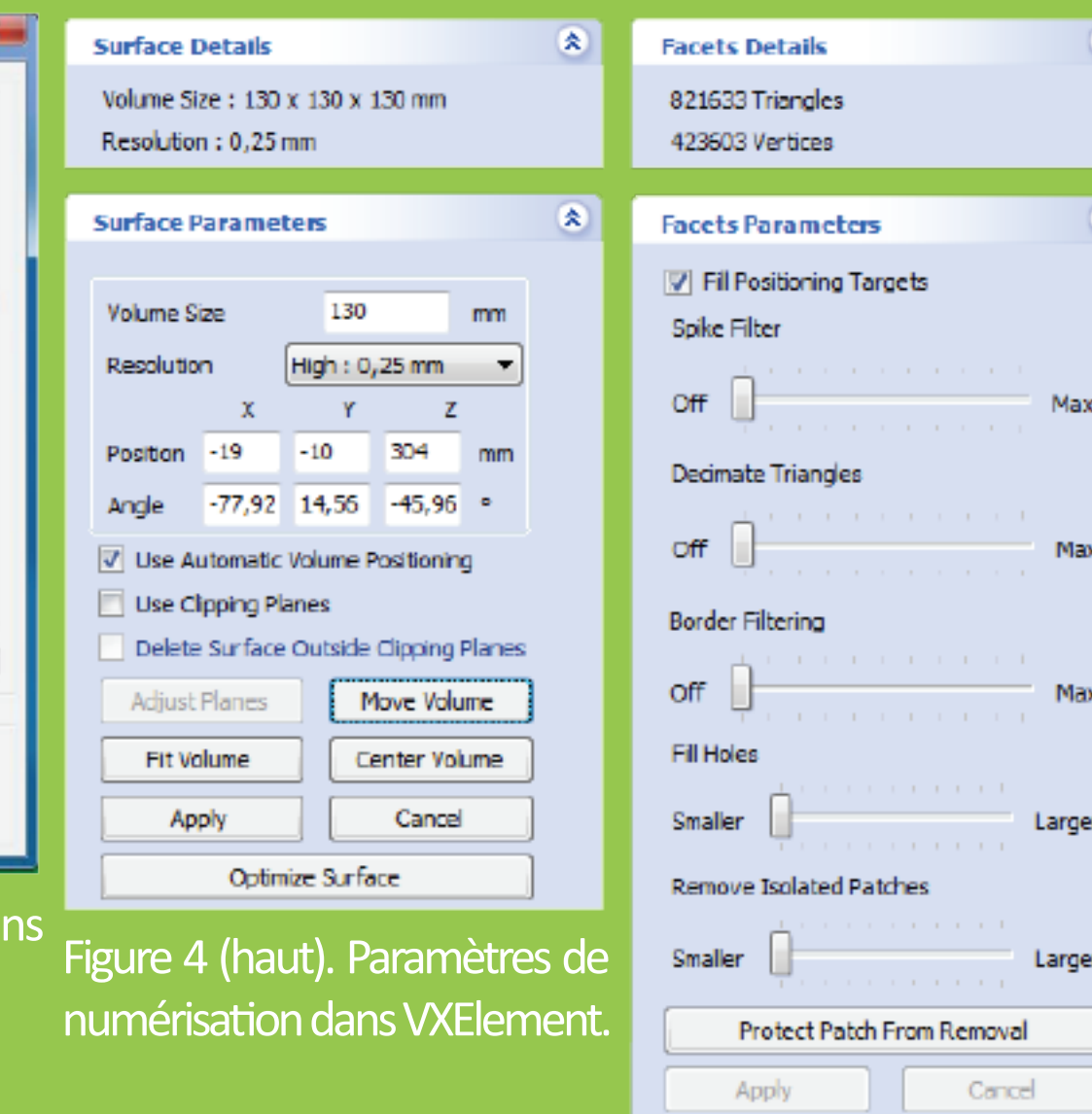


Figure 4 (haut). Paramètres de numérisation dans VXElement.



Figure 5 (droite). Paramètres du nettoyage automatique dans VXElement.



Figure 6. Les données brutes du spécimen MHNM 02-3200, tel qu'affiché dans VXElement. L'échelle est de 1 cm.



Figure 7. Les données traitées du spécimen MHNM 02-3200, tel qu'affiché dans VXElement. L'échelle est de 1 cm.

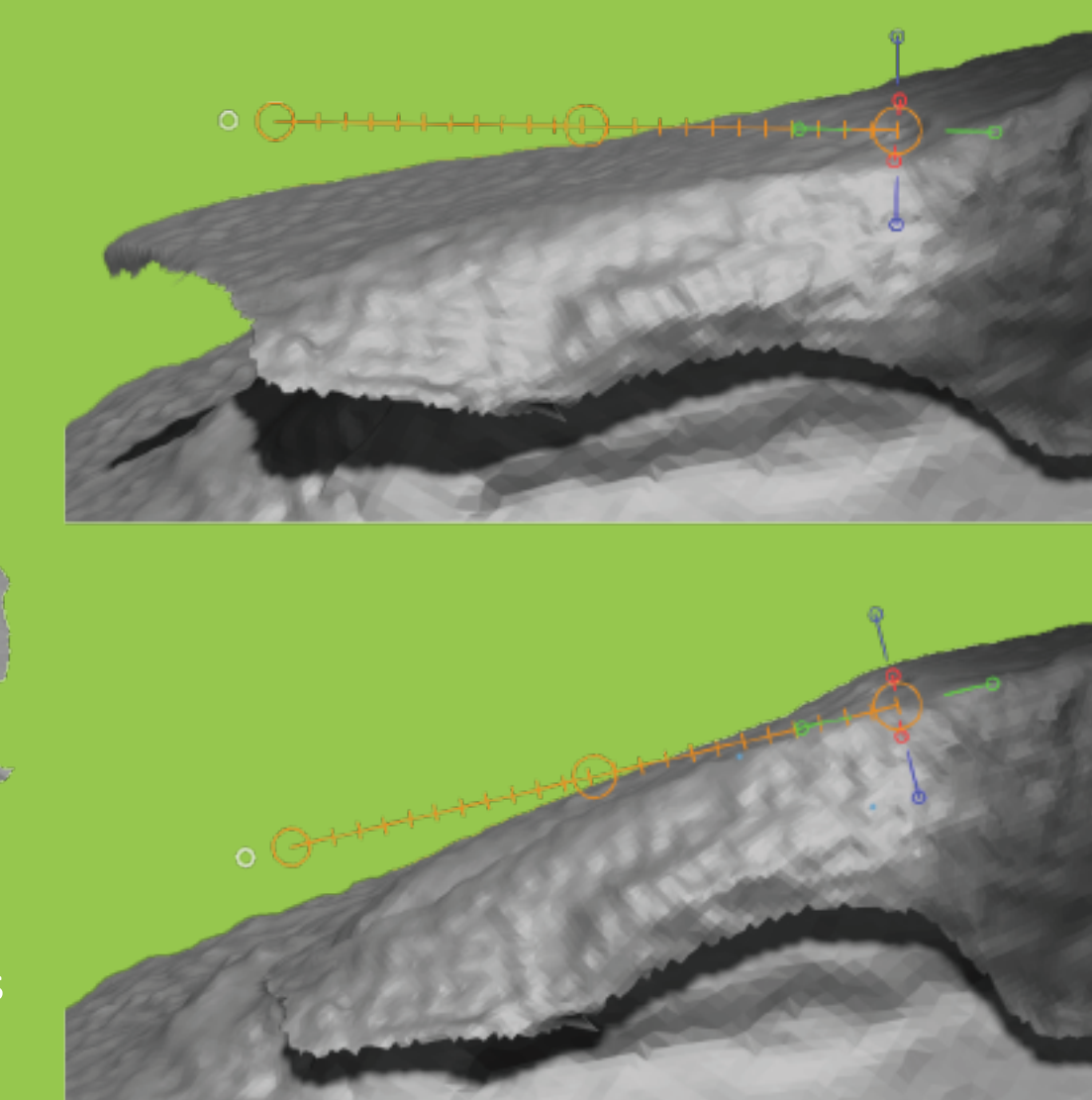


Figure 10. Corrections des données numérisées à l'aide de l'outil *Transpose Master* (en orange) de Zbrush.

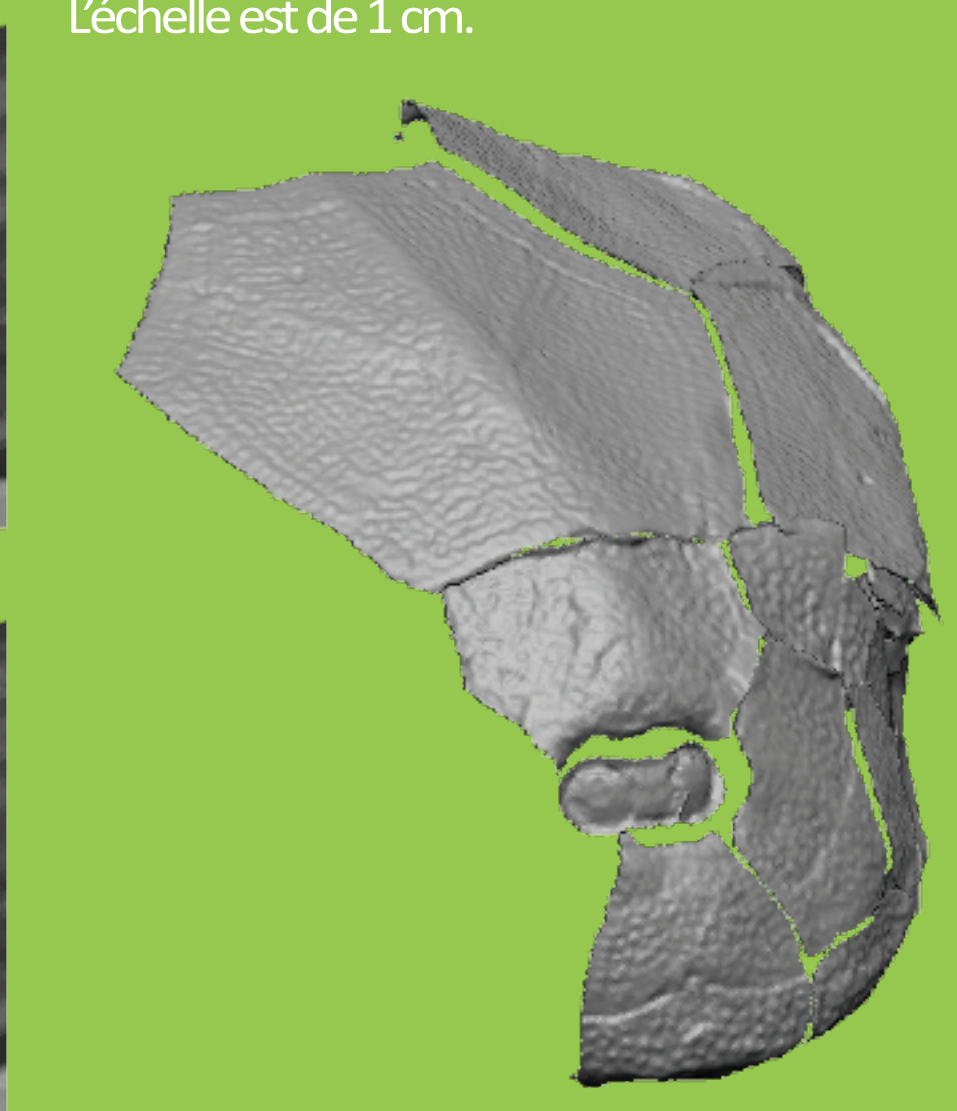


Figure 11. Le modèle numérisé du spécimen MHNM 02-1561 avec les structures osseuses dissociées et replacées. L'échelle est de 1 cm.

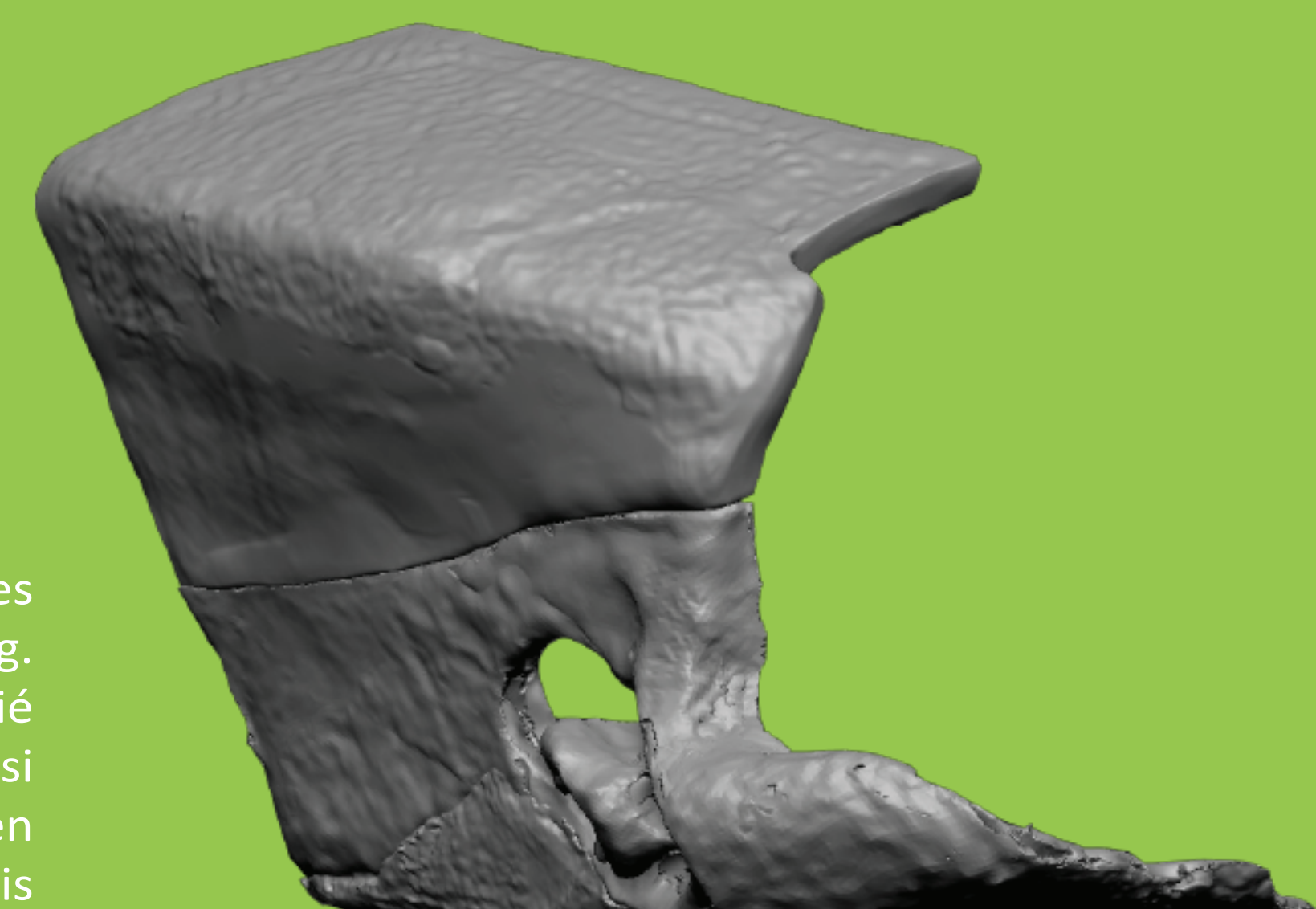


Figure 15. Assemblage des structures anatomiques modélisées.

## RÉSULTATS

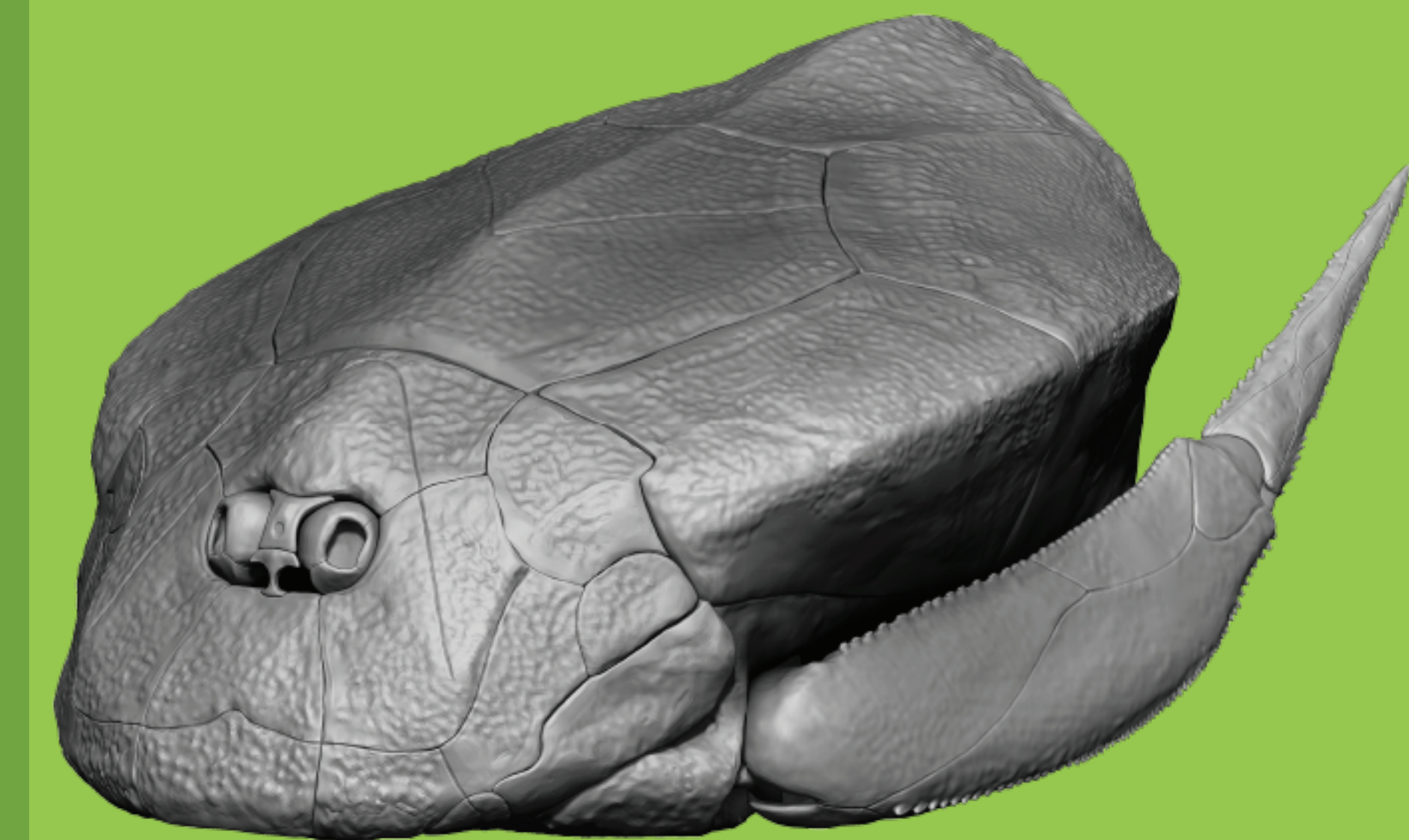


Figure 16. Reconstitution finale de *Bothriolepis canadensis*.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Jusqu'à présent, l'utilisation des numériseurs 3D en paléontologie était limitée presque exclusivement pour faire de l'analyse d'images (ex. Bates et al., 2008; Adams et al., 2010; Remondino et al., 2010 et Bennet et al., 2013).

En 2013, Araújo et Polcyn ont créé un modèle 3D à l'aide d'un numériseur 3D afin d'étudier la biomécanique du crâne chez les plésiosaures. Toutefois, leur modèle était simplifié et le logiciel utilisé imposait un nombre très bas de polygones. La nouvelle méthode développée permet d'éliminer ces limites en utilisant un logiciel optimisé pour travailler avec des modèles précis et riches en détail.

Cette nouvelle reconstitution de *B. canadensis* a permis de corriger des erreurs d'interprétation de l'anatomie (taille, forme et articulation) d'un des poissons fossiles le mieux connu (Béchar et al., 2014).

## RÉFÉRENCES ET REMERCIEMENTS

Adams, T.L., Strganac, C., Polcyn, M.J. et Jacobs, L.L. 2010. High resolution three-dimensional laser-scanning of the type specimen of *Eubrontes (?) glenrosensis* Shuler, 1935, from the Comanchean (Lower Cretaceous) of Texas: Implications for digital archiving and preservation. *Palaeontologia Electronica*, 13(3).

Araújo, R. et Polcyn, M.J. 2013. A biomechanical analysis of the skull and adductor chamber muscles in the Late Cretaceous plesiosaur *Libonectes*. *Palaeontologia Electronica*, 16(2).

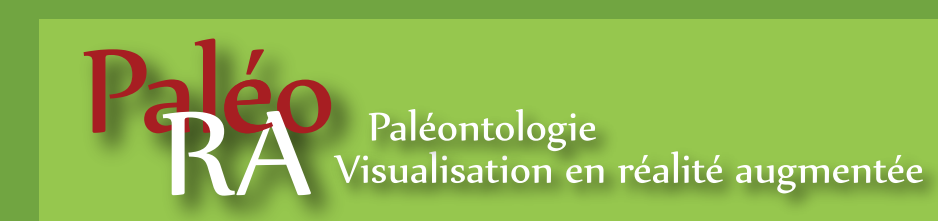
Bates, K.T., Manning, P.L., Vila, B. et Hodgetts, D. 2008. Three-dimensional modeling and analysis of dinosaur trackways. *Palaeontology*, 51(4):999-1010.

Béchar, I., Arsenault, F., Cloutier, R. et Kerr, J., 2014. The Devonian placoderme fish *Bothriolepis canadensis* revisited with 3D digital imagery. *Palaeontologia Electronica*, 17(1): 2A.

Bennett, M.R., Falkingham, P., Morse, S.A., Bates, K. et Crompton, R.H. 2013. Preserving the impossible: Conservation of soft-sediment hominin footprint sites and strategies for three-dimensional digital data capture. *PLoS one*, 8(4):e60755.

Remondino, F., Rizzi, A., Girardi, S., Petti, F.M. et Avanzini, M. 2010. 3D ictology—recovering digital 3D models of dinosaur footprints. *The Photogrammetric Record*, 25(131):266-282.

Jean-Michel Simard et Jean-Marc Philion pour leur support logistique et technique. Le financement provient de :



Afin de pouvoir profiter pleinement de cette affiche, veuillez télécharger l'application PaléoRA, disponible gratuitement sur le Apple app store.

Rehaussez ensuite les cibles suivantes en réalité augmentée :

- Figure 1
- Figure 6
- Figure 9
- Figure 16