



C@C, 2023, 11:1-10.

**OSTEOLOGIE ET IMAGERIE PAR
TOMODENSITOMETRIE DE L'AGAME
BARBU (*POGONA VITTICEPS* [AHL, 1926])**

MASSON E.⁽¹⁾, PICARD C.⁽²⁾, TAVERNIER C.⁽³⁾, BETTI E.⁽²⁾ et
GUINTARD C.⁽²⁾

(1) Docteur vétérinaire, 14 rue du Lieutenant Heitz, 94300 VINCENNES
[masson.eva@protonmail.com]

(2) Unité d'Anatomie Comparée, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, ONIRIS, route de
Gachet, BP 40706, 44307 Nantes cedex 03, France [catherine.picard@oniris-nantes.fr,
eric.betti@oniris-nantes.fr, claude.guintard@oniris-nantes.fr]

(3) IMAGE ET, 7 rue Vince, 35310 Mordelles, France [cedric_tavernier@image-et.fr,
yvan_richaudeau@image-et.fr]

English title :

*Osteology and computed tomography imaging of the bearded dragon (*Pogona vitticeps* [Ahl,
1926])*

Mots-clés : ostéologie, tomodensitométrie, atlas photographique, agame barbu, *Pogona vitticeps*.

Keywords : *osteology, computed tomography, photographic atlas, bearded dragon, Pogona vitticeps.*

Systematics - Systématique - (latin) :

Vertebrates – Vertébrés – (Vertebrata) (Cuvier, 1812)

Gnathostomes – Gnathostomes – (Gnathostomata) (Gegenbaur, 1874)

Tetrapods – Tétrapodes – (Tetrapoda) (Goodrich, 1930)

Sauropsida - Sauropsides - (Sauropsida) (Huxley, 1864)

Lepidosauromorpha – Lepidosauromorphes – (Lepidosauromorpha) (Benton, 1983)

Squamates – Squamates – (Squamata) (Oppel, 1811)

Iguania – Iguaniens – (Iguania) (Cope, 1811)

Acrodonta – Acrodontes – (Acrodonta) (Cope, 1864)

Agamidae – Agamidés – (Agamidae) (Spix, 1825)

Pogona vitticeps (Ahl, 1926)

L'anatomie du *Pogona vitticeps* a fait l'objet de différentes études, étant un des Agamidés les plus populaires en tant qu'animal de compagnie, mais aucune étude ne s'est intéressée à l'ostéologie de l'agame barbu. C'est ce que nous proposons dans ce court article, à la fois à partir d'une approche moderne (Scanner 3D) et classique (dissection et ostéologie) en l'illustrant par une série de photographies couleur originales légendées.

5 individus d'âges et d'historiques inconnus, décédés et conservés en chambre froide, en provenance du parc animalier "Terre de Dragons" (anciennement "Planète crocodiles") ont servi de support pour l'étude. Les 5 individus après décongélation ont été examinés par radiographie afin d'évaluer l'intégrité du squelette. Les 3 individus restants, sans problèmes morphologiques apparents, ont été placés et recongelés en position physiologique, puis analysés par tomographie. 1 individu final parmi les 3 individus précédents a été retenu et disséqué pour réaliser cet atlas ostéologique et tomographique de référence.

A propos de l'étude tomographique, les images ont été collectées avec un scanner de type Siemens Healthcare® Sensation 16, possédé par IMAGE ET®. L'acquisition a été réalisée selon les différents paramètres résumés dans le tableau ci-dessous. Les fichiers DICOM obtenus ont été visualisés avec le logiciel Horos™ et converties au format jpeg.

The anatomy of the Pogona vitticeps has been the subject of various studies, as it is one of the most popular agamid reptiles kept as a pet. However, no study has focused on the osteology of the bearded dragon. This is what we propose to do in this short article, using both modern techniques (3D scanner) and traditional methods (dissection and osteology), illustrated with a series of original color photographs accompanied by captions.

Five individuals of unknown age and history, who had died and were kept in cold storage, were used for this study. These individuals were sourced from the animal park "Terre de Dragons" (formerly "Planète crocodiles"). After thawing, the five individuals were examined by radiography to evaluate the integrity of their skeletons. The remaining three individuals, which did not show any apparent morphological problems, were placed in a physiological position, re-frozen, and then examined by tomography. One final individual from among these three was selected and dissected to produce this reference osteological and computed tomography (CT) atlas.

Regarding the CT study, the images were taken using a Siemens Healthcare® Sensation 16 scanner owned by IMAGE ET®. The acquisition was carried out according to the various parameters summarized in the table below. The DICOM files obtained were visualized using Horos™ software and converted to the jpeg format.

Paramètre	Setting	Valeur	Value
Nombre de coupes	Cut number	1522	
Voltage (kV)	KVP	80	
Ampérage (mA)	X-Ray Tube current	100	
Ampérage seconde (mAs)	Exposure	250	
Epaisseur de coupe (mm)	Slice thickness	0.75	
Filtre de convolution	Convolution kernel	B70s	
Vitesse d'avancée de la table (mm.s ⁻¹)	Table speed	4	
Matrice de reconstruction (nombre colonnes x lignes)	(columns x rows)	512 x 512	
Diamètre de reconstruction : DFOV (mm)	Reconstruction diameter	144	
Taille des pixels (mm)	Pixel spacing	0.28125\0.28125	

Tableau 1 : Paramètres utilisés pour l'acquisition tomographique
[Settings used for the CT study]



Figure 1 : Aspect du spécimen entier avant dissection
[Initial aspect of the specimen before dissection]

L'individu retenu est un *Pogona vitticeps* mâle de couleur brun-gris de 44 centimètres de long.

The selected individual is a male Pogona vitticeps of brownish-grey color and 44 centimeters in length.

Pour la constitution de l'atlas anatomique d'ostéologie, la dissection du squelette a été réalisée selon le protocole suivant :

For the osteological study, the skeleton was dissected according to the following protocol :

Matériel : gaze, jersey, ficelle de cuisine, aluminium, marmite, plaque de cuisson électrique, bacs plats, manche n°4 et lame de scalpel n°22. Ciseaux à iridectomie, pince Adson (type pince à épiler). Papier buvard ou papier absorbant tissé.

Étape 1 : Préparation pour la cuisson (2 h environ)

- L'animal est éviscéré et sexé. La peau et les muscles sont retirés lorsque cela est possible, car la peau est très adhérente sur certaines parties du corps : tête, carpe, tarse et doigts.
- Chaque segment du corps est séparé (membres, côtes, tête, vertèbres). Ils sont par la suite enveloppés dans de la gaze puis dans de l'aluminium et enfin dans du jersey tubulaire. Le tout est ficelé afin de maintenir les os en place.

Étape 2 : Cuisson

- L'ensemble est immergé dans une marmite pour une cuisson à feu moyen puis doux. Le temps de cuisson est très variable d'une partie du corps à l'autre. Pour l'ensemble des parties du corps, environ 3h30 de cuisson ont, en moyenne, été nécessaires.

Étape 3 : prélèvement des os, lavage et séchage

- Chaque enveloppe de jersey est ouverte afin de vérifier que la cuisson est suffisante.
- Les différentes couches de protection sont ouvertes longitudinalement pour laisser apparaître les os.
- Chaque os est retiré à la pince, lavé puis déposé sur du papier absorbant dans un bac.
- Les os sont prélevés un à un et redéposés pour séchage (même ordre et même place qu'à l'origine sur le squelette).
- Séchage à l'air libre.

Materials: gauze, jersey, kitchen string, aluminum foil, pot, electric hot plate, flat trays, scalpel handle no. 4 and scalpel blade no. 22. Iridectomy scissors, Adson forceps (type of tweezers). Blotting paper or woven absorbent paper.

Step 1: Preparation for cooking (about 2 hours)

- The animal is eviscerated and sexed. Skin and muscles are removed where possible, as the skin is very adherent in certain parts of the body: head, carpus, tarsus, and digits.
- Each segment of the body is separated (limbs, ribs, head, vertebrae). They are then wrapped in gauze, aluminum foil, and finally in tubular jersey. Everything is tied to hold the bones in place.

Step 2: Cooking

- The whole package is immersed in a pot for cooking over medium and then low heat. The cooking time varies greatly from one part of the body to another. Approximately 3.5 hours of cooking were required for all parts of the body.

Step 3: Bone removal, washing, and drying

- Each jersey wrap is opened to check that the cooking is sufficient.
- The different layers of protection are opened longitudinally to reveal the bones.
- Each bone is removed with forceps, washed, and placed on blotting paper in a tray.
 - The bones are taken out one by one and then laid out to dry (in the same order and in the same place as they were originally in the skeleton).
 - They are left to air-dry.

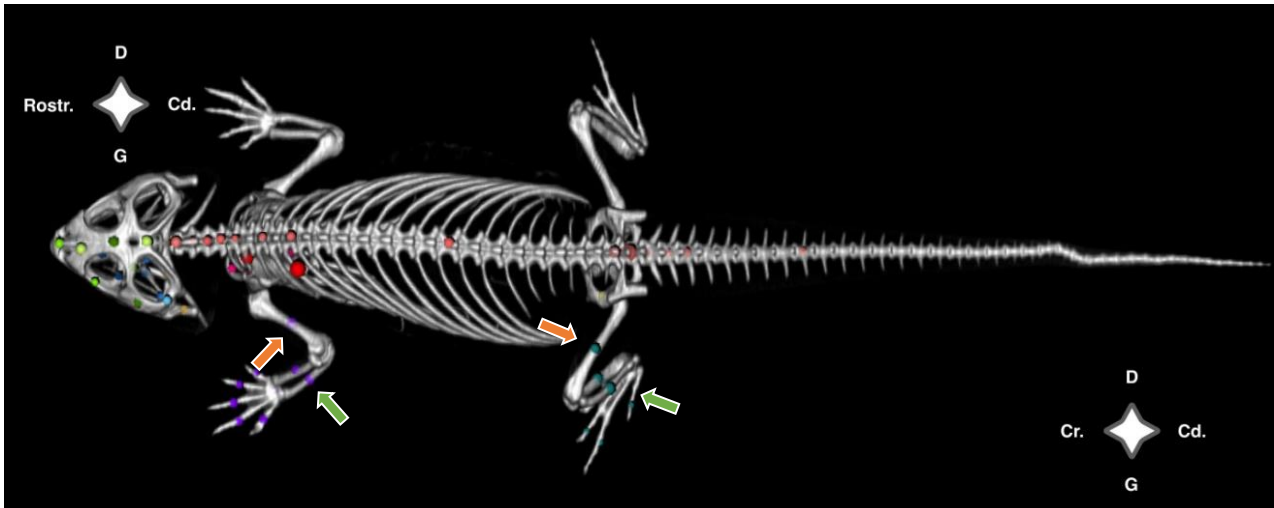


Figure 2 : Squelette du *Pogona vitticeps* en reconstruction tomodensitométrique 3D
Précision des orientations : les flèches vertes indiquent la vue latérale et les flèches oranges indiquent la vue crâniale, se référer à la figure 5

[Tomographic reconstruction of the skeleton of Pogona vitticeps. Precision of orientations : green arrows indicate the lateral view and orange arrows indicate the cranial view, refer to figure 5]

Les os ont été identifiés et replacés afin de reconstituer les différentes parties du squelette. Des photographies macroscopiques des os sous plusieurs angles des os ont été réalisées afin de les caractériser de la manière la plus complète possible. Les clichés ont tous été réalisés dans les mêmes conditions et selon les caractéristiques photographiques résumés ci-dessous :

The bones were identified and repositioned to reconstruct the different parts of the skeleton. Macroscopic photographs of the bones were taken from multiple angles to characterize the bones as completely as possible. The photographs were all taken under the same conditions and according to the summarized photographic characteristics below :

Appareil <i>Device</i>	Olympus OM-D EM-5 III
Objectif utilisé <i>Lens used</i>	Olympus M.Zuiko Digital ED 30mm F3.5 Macro
Environnement <i>Environment</i>	Boîte photo de 3 panneaux lumineux. IRC : 95. Température : 5500 K <i>Lightbox composed of 3 luminous panels. Brightness: 100%, Temperature: 5500 K</i>
Réglages <i>Settings</i>	Mode M, ISO 200 fixe, F 5.6 valeur d'ouverture fixe, vitesse d'obturation variable, distance appareil photo-sujet : entre 5 et 10 cm <i>Mode M, fixed ISO 200, fixed aperture value of F 5.6, variable shutter speed, camera-to-subject distance : from 5 to 10 cm</i>

Tableau 2 : Caractéristiques et réglages photographiques utilisés
[Photographic features and settings used]



Figure 3 : Mandibule gauche de *Pogona vitticeps* - Photo obtenue avant post-traitement
*[Left mandible of *Pogona vitticeps* - Photo obtained before post-processing]*

Les photos sont ensuite traitées via différents logiciels de traitement d'image (Adobe Photoshop 2019®, Piximètre™) permettant un détourage de la pièce osseuse, une mise sur fond noir, une transposition d'échelle ainsi que le regroupement des différentes vues en une planche unique. L'ajout des légendes et des orientations est réalisé sur Vectornator©.

The photos are then processed using various image editing software (Adobe Photoshop 2019®, Piximètre™), enabling image-cutting of the bone, placement on a black background, measuring scale transposition, as well as grouping of different views into a single board. The addition of captions and orientations is done using Vectornator©.

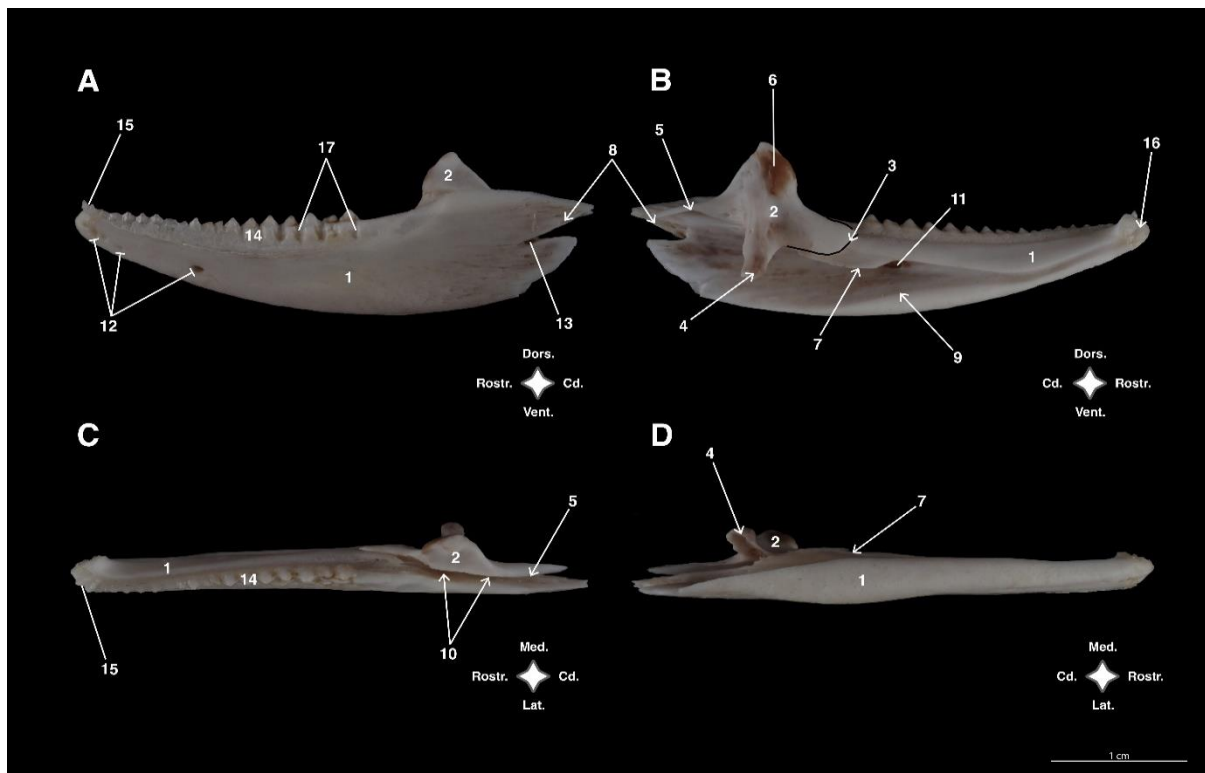


Figure 4 : Mandibule partie 1 – Exemple de planche photographique
[Left dental bone and left coronoid bone - Example of photographic plate]

Mandibule partie 1 : Os dentaire et coronoïde gauches du *Pogona vitticeps*

[Mandible part 1 : Left dentary and coronoid bones of *Pogona vitticeps*]

A. Vue latérale, B. Vue médiale, C. Vue dorsale, D. Vue ventrale

1. Os dentaire. *Dentary bone.*
2. Os coronoïde. *Coronoid bone.*
3. Processus rostral de l'os coronoïde et surface s'articulant avec l'os dentaire. *Anterior process of the coronoid bone and surface articulating with the dentary bone.*
4. Processus ventral de l'os coronoïde s'articulant avec l'os angulaire. *Ventral process of the coronoid bone articulating with the angular bone.*
5. Processus caudal de l'os coronoïde s'articulant avec l'os sur-angulaire. *Posterior process of the coronoid bone articulating with the surangular bone.*
6. Processus dorsal de l'os coronoïde. *Dorsal process of the coronoid bone.*
7. Surface articulaire pour l'os splénial. *Articulation facet for the splenial bone.*
8. Surface articulaire pour l'os surangulaire. *Articulation facet for the surangular bone.*
9. Surface articulaire pour l'os angulaire. *Articulation facet for the angular bone.*
10. Fente articulaire pour l'os surangulaire. *Articular slit for the surangular bone.*
11. Fosse de Meckel. *Meckelian groove.*
12. Foramens mentonniers. *Mental foramina.*
13. Encoche caudal de l'os dentaire – pseudo-foramen. *Posterior dentary notch – pseudo-foramen.*
14. Dents acrodontes. *Acrodont teeth.*
15. Dents pleurodentes (2). *Pleurodont teeth.*
16. Surface articulaire intermandibulaire. *Intermandibular articular surface.*
17. Facette d'usure de l'os dentaire. *Dentary wear facet.*

Lexique des abréviations utilisées *Glossary of abbreviations used*

Cr. : crânial *anterior* / Cd. : caudal *posterior* / Rostr. : rostral *rostral* / Dors. : dorsal *dorsal* /
 Ventr : ventral *ventral* / D : droite *right* / G : gauche *left* / (x2) : pair et symétrique *pair and symmetrical*
 —▶ Surface articulaire. *Articulation facet.* — Relief osseux. *Bone relief* — Foramen. *Foramen.*

Les membres du *Pogona vitticeps* sont de type transversaux. Les orientations des différents segments sont résumées dans le tableau ci-dessous.

The limbs of Pogona vitticeps are of the transverse type. The orientations of the different segments are summarized in the table below.

Segment concerné <i>Relevant bone segment</i>	Orientations utilisées <i>Used orientations</i>
Stylopode : Humérus / Fémur <i>Stylopod: Humerus / Femur</i>	Vue crâniale – Vue caudale <i>Anterior – Posterior view</i> Vue dorsale – Vue ventrale <i>Dorsal – Ventral view</i> Vue proximale – Vue distale <i>Proximal – Distal view</i>
Zeugopode : Radius – Ulna / Tibia – Fibula <i>Zeugopod: Radius - Ulna / Tibia - Fibula</i>	Vue latérale – Vue médiale <i>Lateral – Medial view</i> Vue crâniale – Vue caudale <i>Anterior – Posterior view</i> Vue proximale – Vue distale <i>Proximal – Distal view</i>
Autopode : Carpe – Métacarpe / Tarse – Métatarse / Phalanges <i>Autopod: Carpus - Metacarpus / Tarsus - Metatarsus / Phalanges</i>	Vue latérale – Vue médiale <i>Lateral – Medial view</i> Vue dorsale – Vue palmaire <i>Dorsal – Palmar view</i> Vue proximale – Vue distale <i>Proximal – Distal view</i>

Tableau 3 : Conventions utilisées pour les orientations des membres transversaux
[Conventions used for the orientations of transverse limbs]

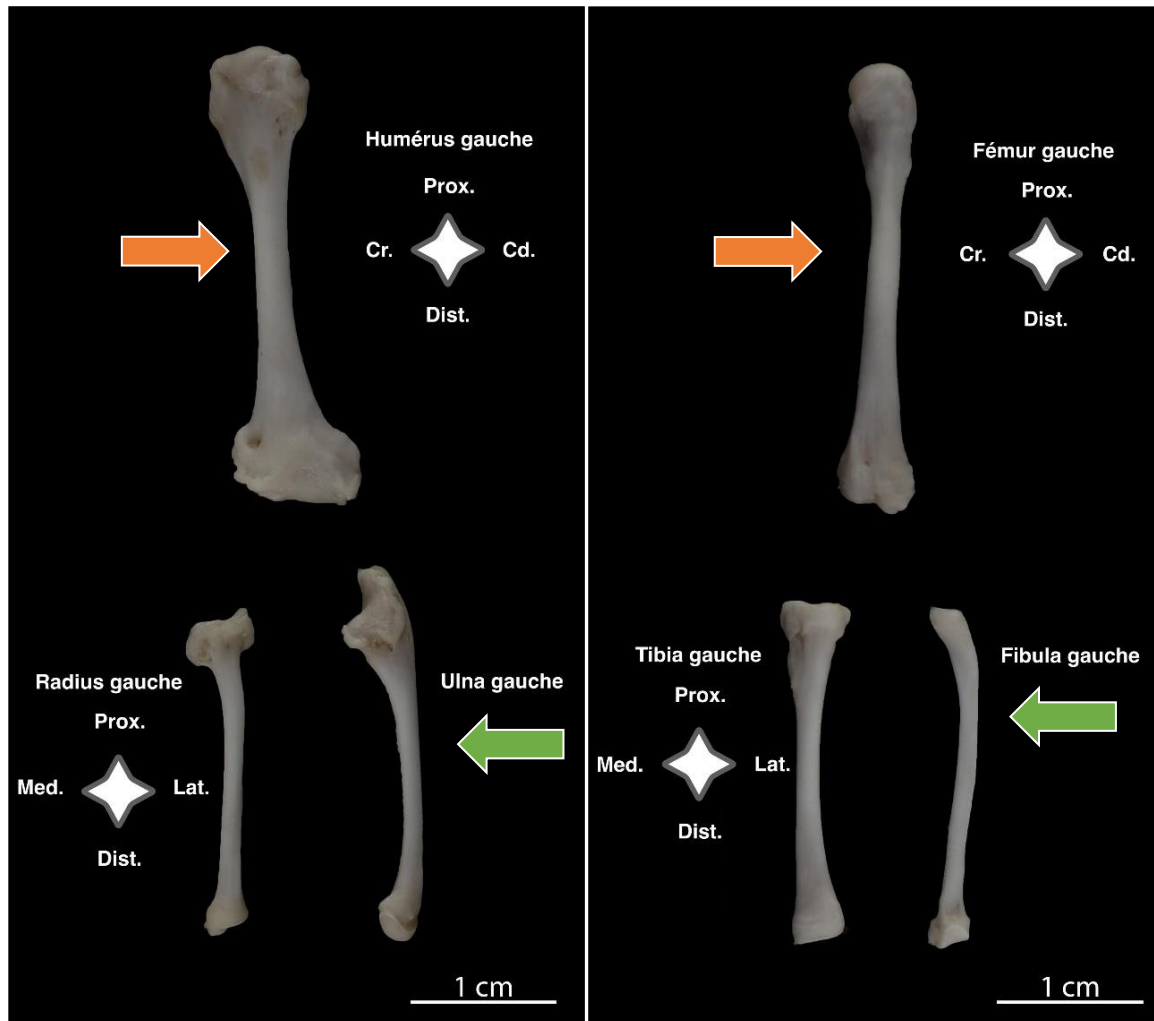


Figure 5 : Humérus et fémur gauches en vue dorsale ; radius-ulna et tibia-fibula gauches en vue crâniale. Les flèches oranges et vertes indiquent respectivement les vues crânielles et latérales. [Left humerus and femur in dorsal view; left radius-ulna and tibia-fibula in cranial view. The orange and green arrows indicate cranial and lateral views, respectively.]

Afin de faciliter la lecture et la compréhension de l'ensemble de l'atlas d'ostéologie, un document parcourant l'ensemble du squelette en représentation 3D et contenant l'ensemble des planches anatomiques a été créé à l'adresse suivante : <https://sway.office.com/toBtDoy39afNknai?ref=Link>

Les ossicules scléreaux, l'os septomaxillaire, des côtes et quelques pièces cartilagineuses sont absentes au sein de l'atlas, car non retrouvés après préparation du squelette.

To facilitate the reading and understanding of the entire osteology atlas, a document traversing the entire skeleton in 3D representation and containing all anatomical plates has been created at the following address:

<https://sway.office.com/toBtDoy39afNknai?ref=Link>

The scleral ossicles, the septomaxillary bone, ribs and some cartilaginous pieces are absent in the atlas because they were not found during skeleton preparation.

Discussion et conclusions *Discussion and conclusions*

Très peu de données bibliographiques traitent spécifiquement de l'anatomie et de l'ostéologie du *Pogona vitticeps*, pourtant un animal populaire en tant qu'animal de compagnie.

Les difficultés principales de cette étude sont notamment techniques et résident dans la taille des segments osseux, pour certains millimétriques. L'extrapolation des légendes à partir de données de squamates d'autres taxons peut également être problématique. Par ailleurs, cette étude ne concerne qu'un individu dont l'âge et l'historique sont inconnus.

Cette étude figure en tant que support préalable nécessaire à de futures études statistiques sur des données osseuses. Une étude anatomique précise associée à une étude du développement ontogénique du *Pogona* semble primordial pour établir une classification phylogénétique adéquate pour l'espèce.

Very few bibliographic data specifically address the anatomy and osteology of Pogona vitticeps, despite it being a popular animal as a pet.

The main difficulties of this study are primarily technical and relate to the size of the bone segments, some of which are millimetric. Extrapolating findings from legends based on data from other squamate taxa can also be problematic. Furthermore, this study only concerns one individual whose age and history are unknown.

This study serves as a necessary preliminary foundation for further statistical studies on bone data. A precise anatomical study combined with an investigation of the ontogenetic development of Pogona appears crucial in establishing an adequate phylogenetic classification for the species.

Remerciements *Acknowledgements*

TUBIANA Mateo (DMV, AH du service NAC de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse), MINGUET Maïlys (service d'anatomie comparée d'ONIRIS)

Orientations bibliographiques *The bibliographic references*

BELL C., MEAD J. et SWIFT S. (2009). Cranial osteology of *Moloch horridus* (Reptilia: Squamata: Agamidae). *Records of the Western Australian Museum*. Vol. 25 (2) pp. 201–237. [https://doi.org/10.18195/issn.0312-3162.25\(2\).2009.201-237](https://doi.org/10.18195/issn.0312-3162.25(2).2009.201-237).

ČERŇANSKÝ A., YARYHIN O., CICEKOVÁ J., WERNEBURG I., HAIN M. et KLEMBARA J. (2019). Vertebral Comparative Anatomy and Morphological Differences in Anguine Lizards With a Special Reference to *Pseudopus apodus*. *The Anatomical Record*. Vol. 302 (2) pp. 232-257. <https://doi.org/10.1002/ar.23944>.

CONRAD J. et NORELL M. (2008). The braincases of two glyptosaurines (anguidae, Squamata) and anguid phylogeny. *American Museum Novitates*. Vol. 3613 (1), pp. 1-24. <https://doi.org/10.1206/586.1>.

COSTELLI J. et HECHT M. (1971). The Postcranial Osteology of the Lizard *Shinisaurus*: The Appendicular Skeleton. *Herpetologica*, Vol. 27 (1), pp. 87-98. Disponible sur : <https://www.jstor.org/stable/3890827>

- DIAZ R. et TRAINOR P. (2015). Hand/foot splitting and the 're-evolution' of mesopodial skeletal elements during the evolution and radiation of chameleons. *BMC Evolutionary Biology*. Vol. 15 (1), pp 184-209. <https://doi.org/10.1186/s12862-015-0464-4>.
- EVANS S. (2008). The skull of lizards and Tuatara. In: EVANS S., CUNDALL D., IRISH F. (2008). *Biology of the Reptilia, The Skull of Lepidosauria*. Volume 20, Morphology H. Ithaca, NY : GANS, GAUNT, ADLER, pp. 1-347
- FATHINIA B., RASTEGAR-POUYANI N., BAHRAMI A. et ABDALI G. (2009). Comparative skull anatomy and dentition *Trapelus lessonae* and *T. ruderatus* (Sauria: Agamidae) from ilam province, Iran. *Russian Journal of Herpetology*. Vol. 18, pp. 83-92. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2011-18-2-83-92>.
- GRASSÉ, P. (1970). "TRAITÉ de ZOOLOGIE Anatomie, Systématique, Biologie", Tome XIV, fascicule 2. Masson et compagnie.
- HERNÁNDEZ MORALES C., PELOSO P., BOLÍVAR GARCÍA W. et DAZA J. (2019). Skull Morphology of the Lizard *Ptychoglossus vallensis* (Squamata: Alopoglossidae) with Comments on the variation within Gymnophthamoidea. *The Anatomical Record*. Vol. 302 (7), pp. 1074-1092. <https://doi.org/10.1002/ar.24038>.
- MASSON E. (2023). Atlas anatomique de l'agame barbu (*Pogona vitticeps* [Ahl, 1926]) : Ostéologie et tomodensitométrie 3D. Thèse de doctorat vétérinaire. Oniris : UFR de Médecine de l'Université de Nantes, 85 p.
- OLLONEN J., DA SILVA F., MAHLOW K. et DI-POÏ N. (2018). Skull Development, Ossification Pattern, and Adult Shape in the Emerging Lizard Model Organism *Pogona vitticeps*: A Comparative Analysis With Other Squamates. *Frontiers in Physiology*. Vol. 9, pp. 278. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00278>.
- PAPARELLA I., LEBLANC A., DOSCHAK M. et CALDWELL M. (2020). The iliosacral joint in lizards: an osteological and histological analysis. *Journal of Anatomy*. Vol. 236 (4), pp. 668-687. <https://doi.org/10.1111/joa.13132>.
- PORTER W. et WITMER L. (2015). Vascular Patterns in Iguanas and Other Squamates: Blood Vessels and Sites of Thermal Exchange. *PLOS ONE*. Vol. 10 (10), pp. 1-27. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139215>.
- TINIUS A. et RUSSELL A. (2014). Geometric Morphometric Analysis of the Breast-Shoulder Apparatus of Lizards: A Test Case Using Jamaican Anoles (Squamata: Dactyloidae). *The Anatomical Record*. Vol. 297 (3), pp. 410-432. <https://doi.org/10.1002/ar.22869>.
- TORRES-CARVAJAL O. (2004). The abdominal skeleton of tropidurid lizards (Squamata : Tropiduridae). *Herpetologica*. Vol. 60 (1), pp. 75-83. <https://doi.org/10.1655/03-15>.
- VILLA A. et DELFINO M. (2019). A comparative atlas of the skull osteology of European lizards (Reptilia: Squamata). *Zoological Journal of the Linnean Society*. Vol. 187 (3) pp. 829-928. <https://doi.org/10.1093/zoolinlean/zlz035>.

Tous les clichés anatomiques et les photographies issues de l'atlas sont la propriété de Eva MASSON, Copyright. Tous les clichés issus des images scanner sont la propriété de Cédric TAVERNIER, Copyright IMAGE ET.

All anatomical images and photographs from the atlas are the property of Eva MASSON, Copyright. All images from the scanner images are the property of Cédric TAVERNIER, Copyright IMAGE ET.

Pour citer cet article : MASSON *et al.* (2023). Ostéologie et imagerie par tomodensitométrie de l'agame barbu (*Pogona vitticeps* [Ahl, 1926]). *Cahiers d'anatomie comparée*, 2023 (11) : 1-10, C@C Tous droits réservés.

To cite this article : MASSON *et al.* (2023). Osteology and computed tomography imaging of the bearded dragon (*Pogona vitticeps* [Ahl, 1926]). *Cahiers d'anatomie comparée*, 2023 (11) : 1-10, C@C All rights reserved.