



ANATOMIE CARDIAQUE DU CAÏMAN À LUNETTES ***Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758)**

BOURGUIGNON C.⁽¹⁾⁽²⁾, GUINTARD C.⁽¹⁾ et BETTI E.⁽¹⁾

(1) ONIRIS, Unité d'Anatomie Comparée, route de Gachet, BP 40706, 44307 NANTES Cedex 03, France

[claude.guintard@oniris-nantes.fr], [eric.betti@oniris-nantes.fr]

(2) VETAGRO SUP - Campus vétérinaire de Lyon, 1 avenue Bourgelat, 69280 MARCY L'ÉTOILE, France. [christophe.bourguignon@vetagro-sup.fr]

English title:

Anatomy of the Spectacled caiman's heart

Mots-clés: Cœur, anatomie, Caïman, imagerie.

Keywords: Heart, anatomy, Caiman, imaging.

Systématique - Systematics (latin)

Vertébrés – *Vertebrates* (Vertebrata)
Gnathostomes – *Gnathostomes* (Gnathostomata)
Ostéichthyens – *Osteichthyes* (Osteichthyes)
Sarcoptérygiens – *Sarcopterygii* (Sarcopterygii)
Rhipidistiens – *Rhipidistia* (Rhipidistia)
Tétrapodes – *Tetrapods* (Tetrapoda)
Amniotes – *Amniotes* (Amniota)
Sauropsides – *Sauropsids* (Sauropsida)
Diapsides – *Diapsids* (Diapsida)
Archosauriens – *Archosaurs* (Archosauria)
Crocodiliens – *Crocodylians* (Crocodylia)
Alligatoridés – *Alligatorids* (Alligatoridae)
Caïmaninés – *Caimaninae* (Caimaninae)
Caïmans – *Caimans* (Caimans)
Caiman crocodilus (Linnaeus, 1758)

Le but de ce travail est de proposer une description, la plus complète possible, de l'anatomie du cœur du crocodile (Caïman à lunettes), à partir d'une approche moderne présentant à la fois la dissection, mais aussi l'imagerie (IRM et scanner). L'illustration de cet article à partir de photographies couleur fait également partie des originalités de ce travail (il est en effet quasiment impossible de trouver ce genre de données dans la littérature scientifique à ce jour).

The purpose of this work is to propose a description, the most complete possible, of the anatomy of the crocodile heart (Spectacled caiman), with a modern approach presenting at the same time the dissection, but also the imaging (MRI and CT scan). The illustration of this article with color photos is also a part of the originalities of this work (it is indeed almost impossible to find this kind of data in the scientific literature nowadays).

Les animaux étudiés sont nés en captivité au parc animalier "La Planète des Crocodiles®" à Civaux (86, France) et ont été euthanasiés en conformité avec la réglementation en vigueur sur l'expérimentation animale et l'éthique à l'aide d'un protocole validé par le comité d'éthique de VetAgro Sup. Il s'agit de deux femelles et un mâle de 1,20 mètre de long.

The studied animals were born in captivity at the wildlife center "La Planète des Crocodiles®" at Civaux (86, France). They have been euthanized in accordance with current regulation on animal experimentation and ethics using a procedure approved by the ethics committee of VetAgro Sup. These are two female and one male specimens of 1.20 meter long.

Le cœur chez les Vertébrés est un organe qui peut prendre de nombreuses formes. Les vertébrés basaux arborent un cœur avec un atrium, un ventricule et un bulbe artériel. En comparaison, les Mammifères, Oiseaux et Crocodiliens sont pourvus d'un cœur complètement cloisonné, à quatre cavités. Chez les autres Amniotes, l'absence de séparation inter-ventriculaire entraîne le mélange des sangs pauvre et riche en dioxygène. Des techniques d'imagerie médicale, comme l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et la tomодensitométrie, associées à un travail de dissection ont été effectuées. "(°)" signifie qu'une injection intraveineuse de latex a été effectuée préalablement.

In Vertebrates, the heart looks anatomically different from a species to another. Basal vertebrates display a heart composed of one atrium, one ventricle and one aortic bulb. However Mammals, Birds and Crocodilians have a completely partitioned heart with four cavities. Others Amniotes heart cannot avoid mixing of well oxygenated and devoid of oxygen blood because of the lack of partition. Medical imaging such as magnetic resonance imaging (MRI) and CT scan have been performed in link with dissection. "(°)" means that an intravenous injection of latex has been done previously.

Figure 1 : Vue ventrale du corps après résection du plan cutané.
[*Ventral view of the body after resection of the skin*].

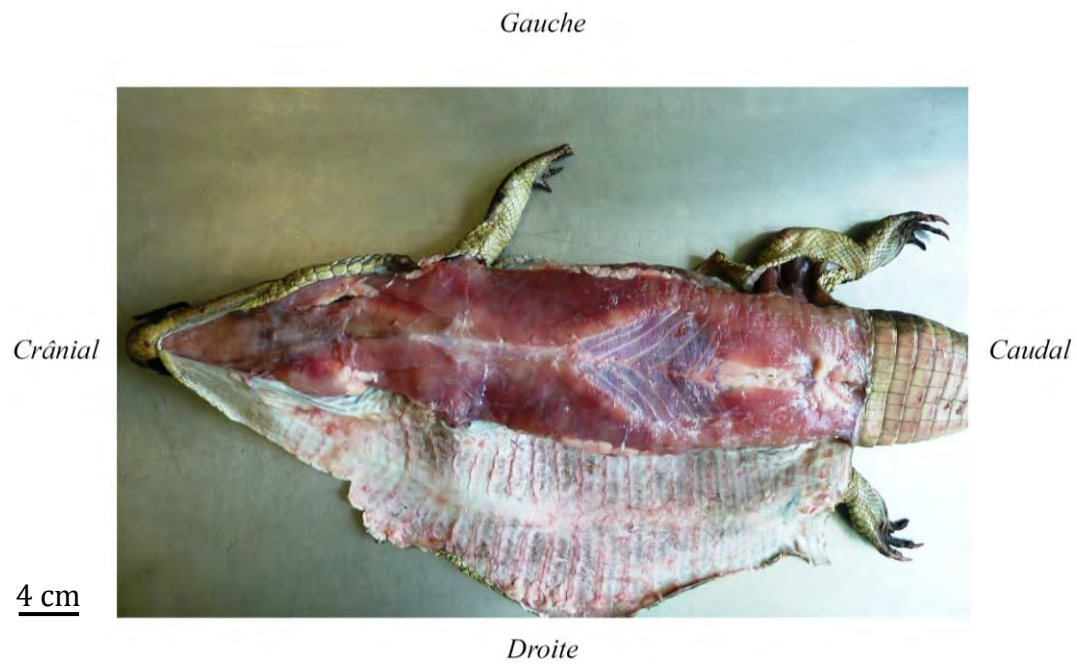
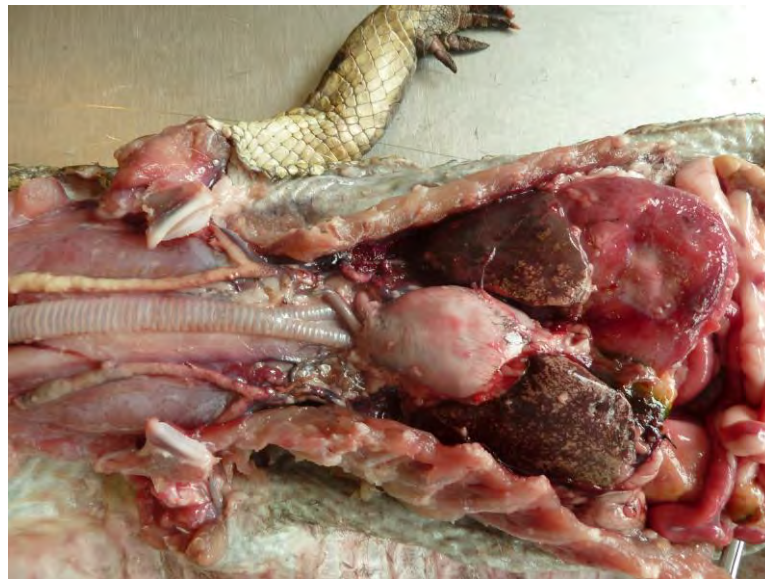
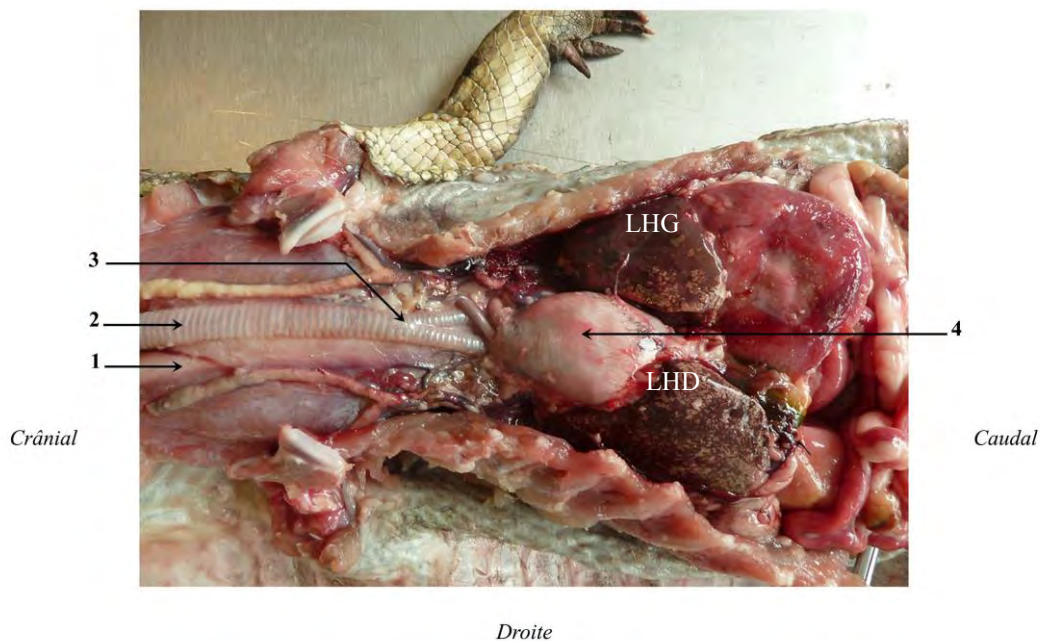


Figure 2 : Vue ventrale de la cavité générale après retrait du tissu adipeux. (°)
[Ventral view of the general cavity of a spectacled caiman (*Caiman crocodilus*) after resection of the adipose tissue].



Gauche



Legends

- 1. esophagus
- 2. trachea
- 3. carina
- 4. cardiac mass
- LHG: left hepatic lobe
- LHD: right hepatic lobe

Légendes

- 1. œsophage
- 2. trachée
- 3 carina
- 4. masse cardiaque
- LHG : lobe hépatique gauche
- LHD : lobe hépatique droit

Figure 3 : Vue ventrale de la cavité générale après retrait de l'enveloppe péricardique. [Ventral view of the general cavity of a spectacled caiman (*Caiman crocodilus*) after removing of pericardium. Atrium droit/Right atrium ; Masse ventriculaire/Ventricles].



Gauche



Crânial

Caudal

Droite

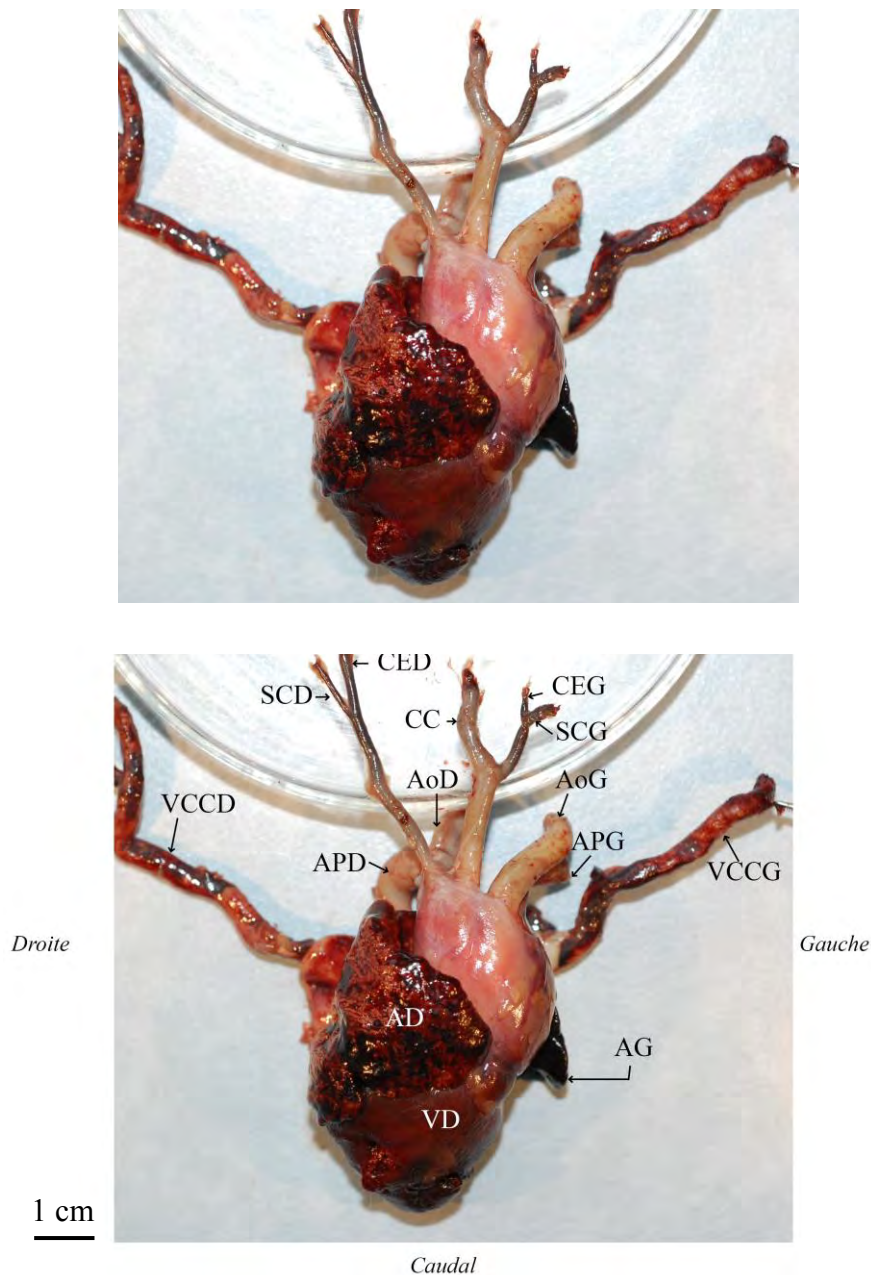
Legends
1. right atrium
2. ventricles

Légendes
1. atrium droit
2. masse ventriculaire

L'aorte droite et les troncs brachio-céphaliques droit et gauche proviennent du ventricule gauche. L'aorte gauche et les artères pulmonaires gauche et droite proviennent du ventricule droit. Toutes ces artères sont contenues dans une gaine. Les veines caves antérieures gauche et droite et la veine cave caudale aboutissent sur le sinus veineux. (figs. 4, 5 et 6)

Right aorta and right and left brachiocephalic trunk come from left ventricle. Left aorta and pulmonary arteries (right and left) come from right ventricle. All these arteries are included in a sheath. Right and left superior venae cavae and inferior vena cava connect with venous sinus. (figs. 4, 5 and 6)

Figure 4 : Vue ventrale de la face ventrale du cœur et ses principaux vaisseaux. [Ventral view of the ventral side of the heart and its main vessels].



For figures 4 and 5, please consider the following caption:

Legends

AoD. right aorta
 AoG. left aorta
 AD. right atrium
 AG. left atrium
 APD. right pulmonary artery
 APG. left pulmonary artery
 CC. common carotid artery
 CED. right external carotid artery
 CEG. left external carotid artery
 SCD. right subclavian artery
 SCG. left subclavian artery
 SV. venous sinus
 VCCD. right superior vena cava
 VCCG. left superior vena cava
 VD. right ventricle
 VG. left ventricle

Légendes

AoD. aorte droite
 AoG. aorte gauche
 AD. atrium droit
 AG. atrium gauche
 APD. artère pulmonaire droite
 APG. artère pulmonaire gauche
 CC. artère carotide commune
 CED. artère carotide externe droite
 CEG. artère carotide externe gauche
 SCD. artère sous-clavière droite
 SCG. artère sous-clavière gauche
 SV. sinus veineux
 VCCD. veine cave crâniale droite
 VCCG. veine cave crâniale gauche
 VD. ventricule droit
 VG. ventricule gauche

Les deux aortes forment chacune une crosse à orientation sagittale. Les aortes droite et gauche ascendantes sont définies comme les portions aortiques situées entre le cœur et la crosse. Les aortes droite et gauche descendantes sont définies comme les portions aortiques situées en aval de (caudalement à) la crosse. L'aorte ascendante est ventrale par rapport à l'aorte descendante.

The two aortas form an arch among the sagittal plan. Right and left ascending aortas are defined as the part situated between the heart and the arch. Right and left descending aortas are defined as the downstream section caudally to the arch. (figs. 8, 9 and 10)

Figure 5 : Vue dorsale de la face dorsale du cœur et ses principaux vaisseaux.
[Dorsal view of the dorsal side of the heart and its main vessels].

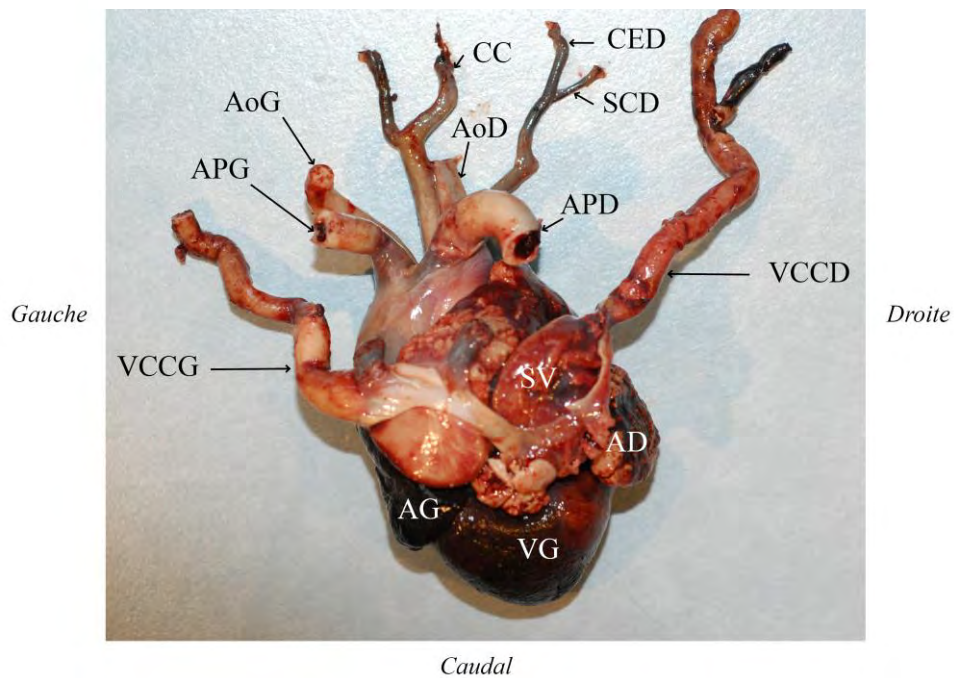
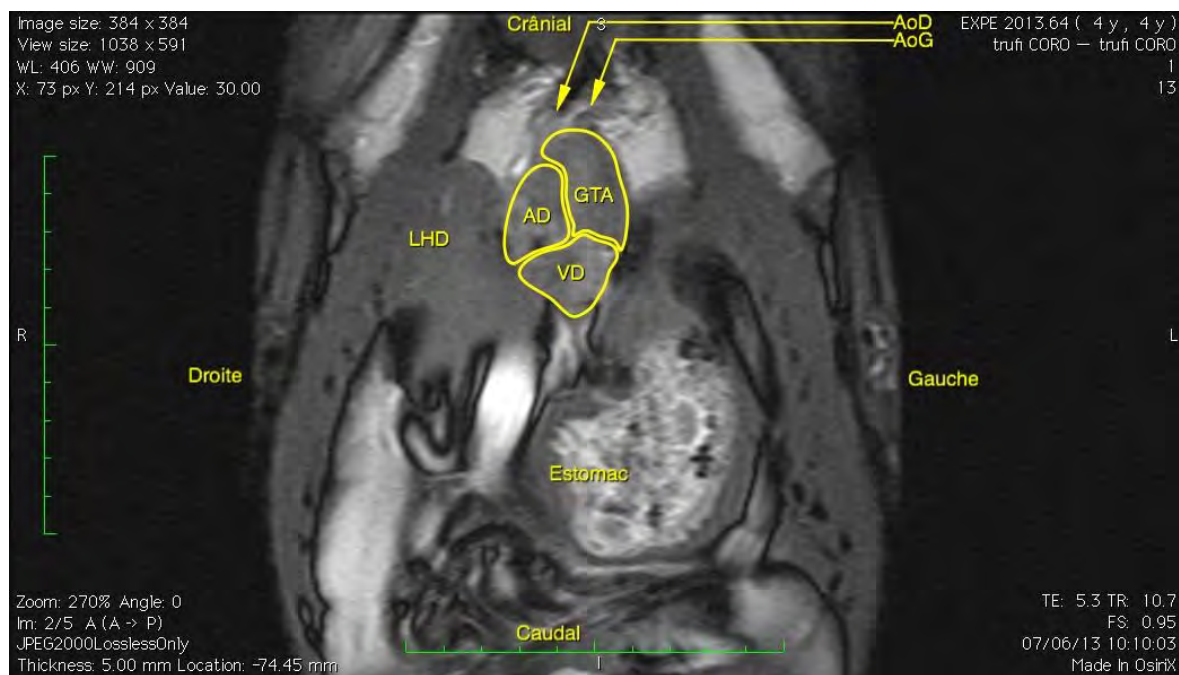
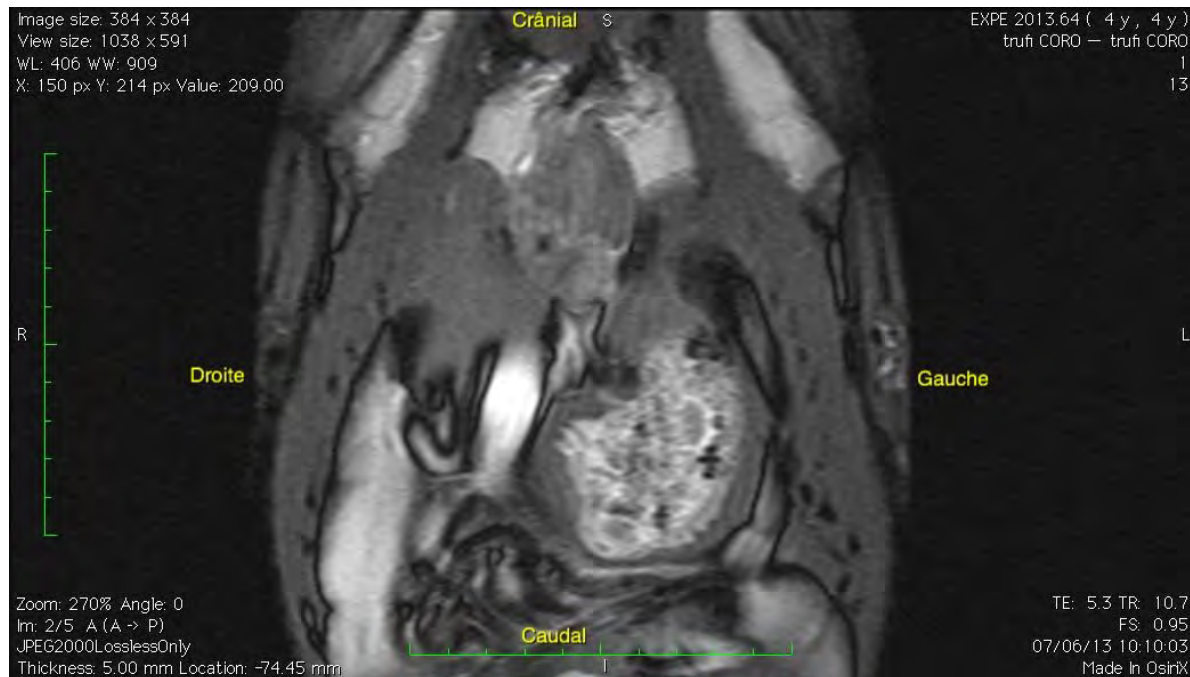


Figure 6 : Coupe dorsale d'IRM passant par le cœur (légendée) [*Dorsal cross-section (MRI) through the heart (with legends)*].



Séquence en écho de gradient (GE) à l'état d'équilibre avec gradients équilibrés (True FISP®)/
Gradient-echo sequence (GE) at balance state with balanced gradients (True FISP®).

Legends

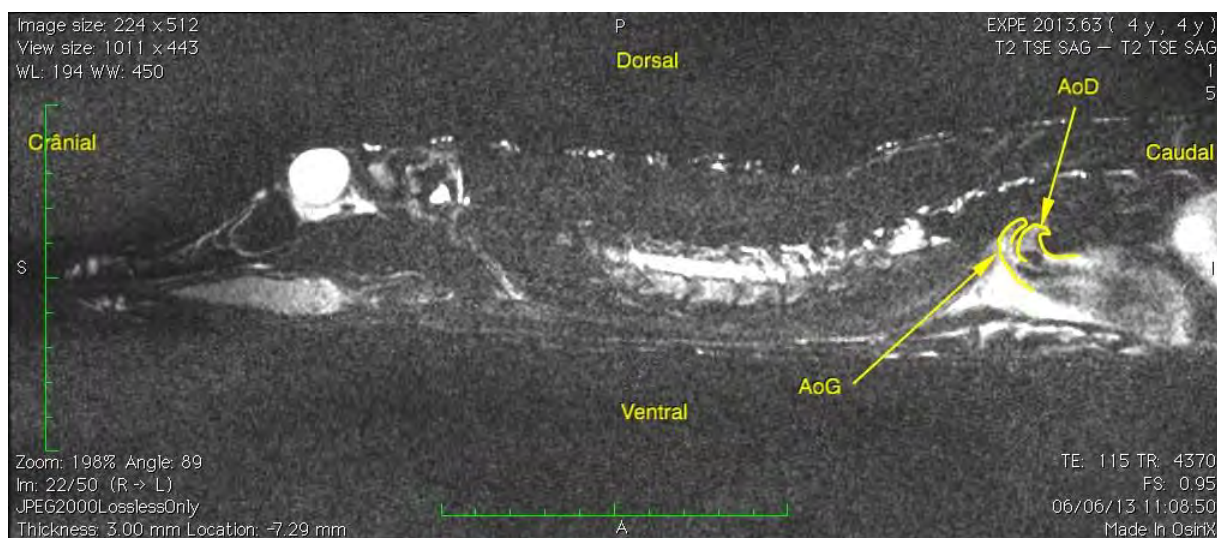
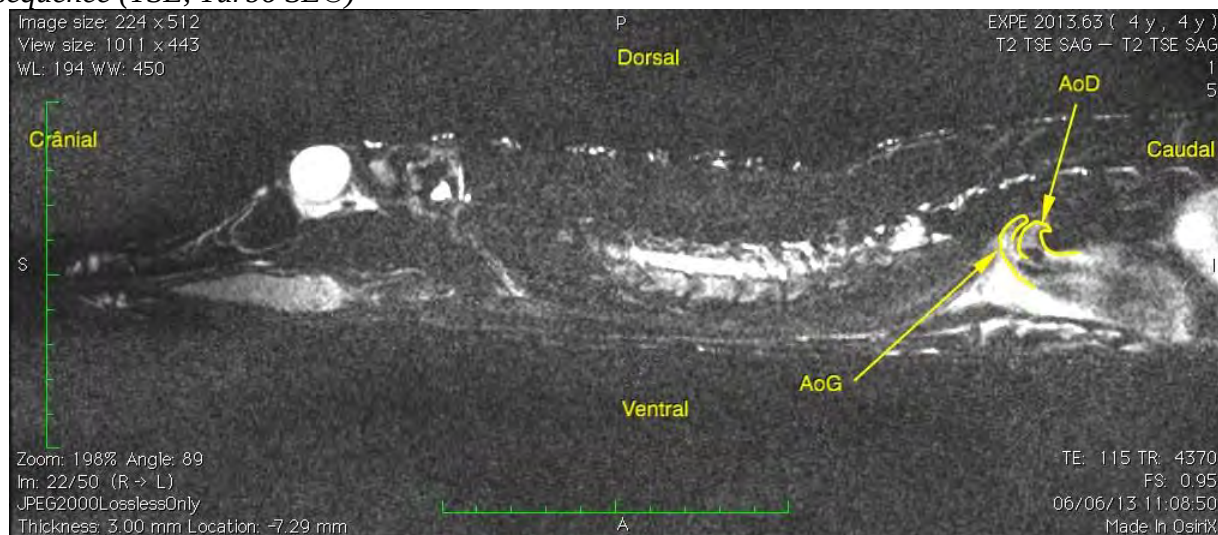
AD. right atrium
AoD. right aorta
AoG. left aorta
GTA. arteries sheath
LHD. right hepatic lobe
VD. right ventricle
stomach

Légendes

AD. atrium droit
AoD. aorte droite
AoG. aorte gauche
GTA. gaine des troncs artériels
LHD. lobe hépatique droit
VD. ventricule droit
estomac

Figure 7 : Coupe sagittale d'IRM passant par les crosses aortiques droite et gauche (légendée) [Sagittal cross-section (MRI) through right and left aortic arches (with legends)].

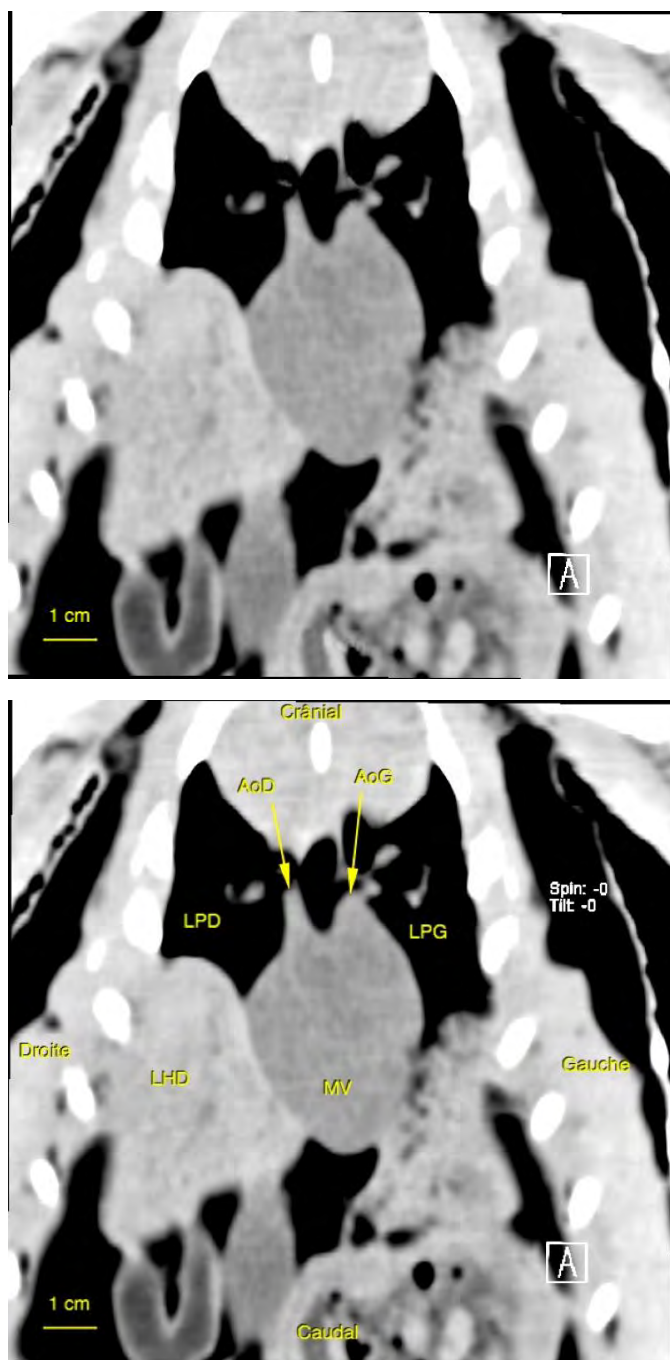
Séquence en écho de spin rapide (TSE, Turbo SE®) pondérée T2/T2 weighted fast spin-echo sequence (TSE, Turbo SE®)



Legends
AoD. right aorta
AoG. left aorta

Légendes
AoD. aorte droite
AoG. aorte gauche

Figure 8 : Coupe dorsale de tomodensitométrie passant par la partie dorsale du cœur et ses principaux vaisseaux [*Dorsal cross-section (CT scan) through dorsal part of the heart and its main vessels*].



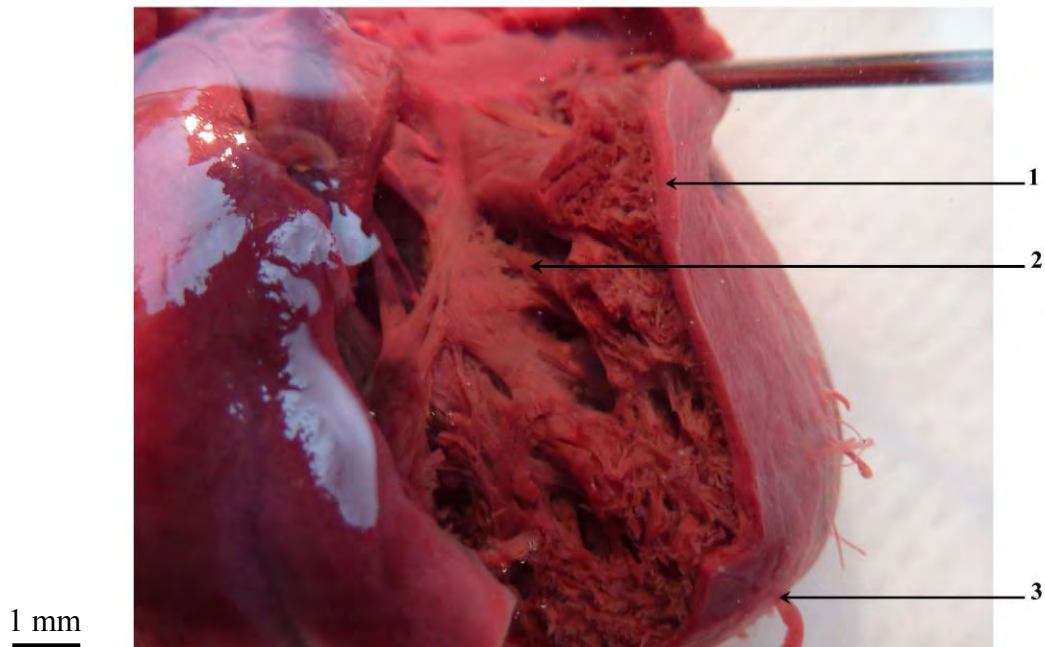
Legends

AoD. right aorta
 AoG. left aorta
 LPD. right pulmonary lobe
 LPG. left pulmonary lobe
 LHD. right hepatic lobe
 MV. ventricles

Légendes

AoD. aorte droite
 AoG. aorte gauche
 LPD. lobe pulmonaire droit
 LPG. lobe pulmonaire gauche
 LHD. lobe hépatique droit
 MV. masse ventriculaire

Figure 9 : Vue ventro-latérale droite de la paroi libre du ventricule droit après incision de la cavité ventriculaire droite de l'apex jusqu'à la base du cœur [Right ventro-lateral view of right ventricle free wall after incision from base to apex].



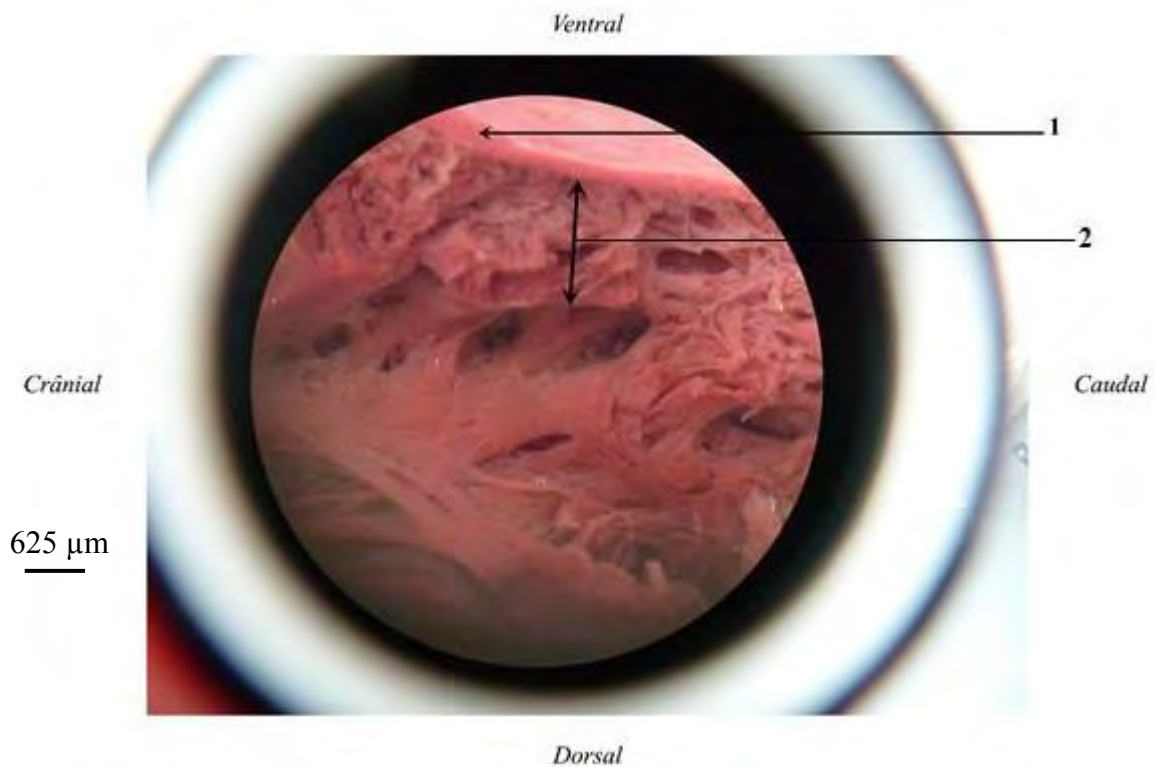
Legends
1. epicardium
2. trabeculae
3. apex

Légendes
1. épicarde
2. relief trabéculaire
3. apex

Figure 7 : Vue latérale droite agrandie de la paroi libre du ventricule droit
[Lateral close-up of the right ventricle free wall].

(Loupe binoculaire Wild® M3, grossissement X16)/Binocular magnifier Wild® M3, enlargement X16)

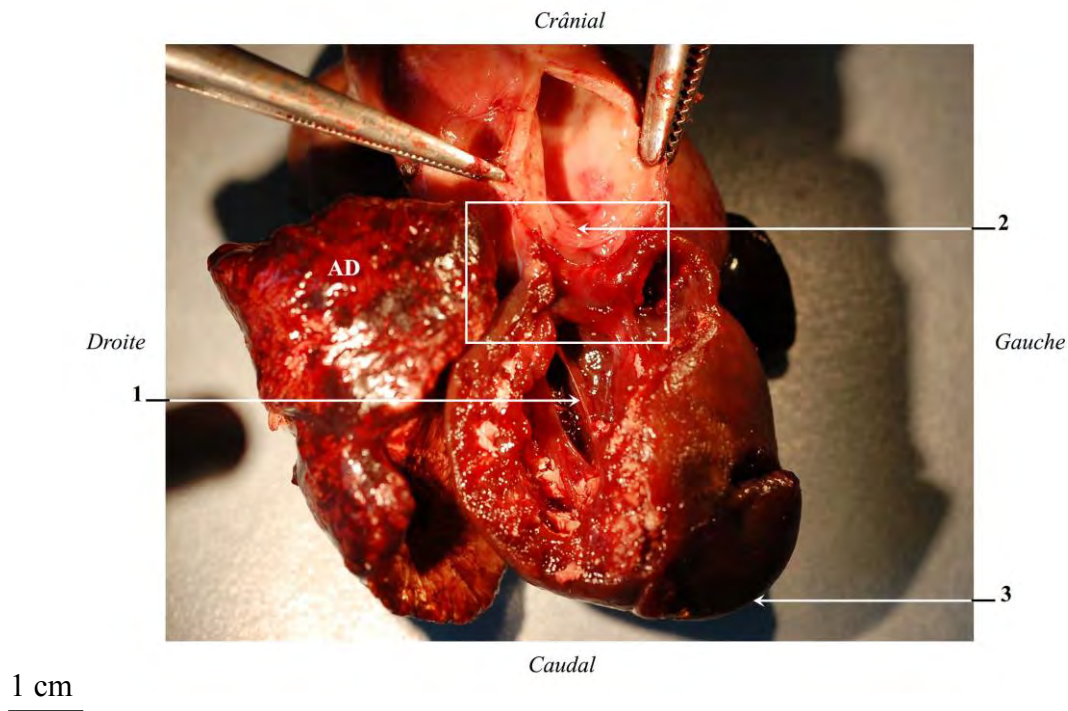
Noter l'aspect spongieux du myocarde (double flèche noire)/Notice the spongy appearance of myocardium.



Legends
1. epicardium
2. myocardium

Légendes
1. épicarde
2. myocarde

Figure 11 : Vue ventro-caudale de la cavité ventriculaire droite et de la valve aortique gauche après incision longitudinale de l'aorte gauche [*Ventro-caudal view of the right ventricular cavity and the left aortic valve after longitudinal incision of left aorta*].



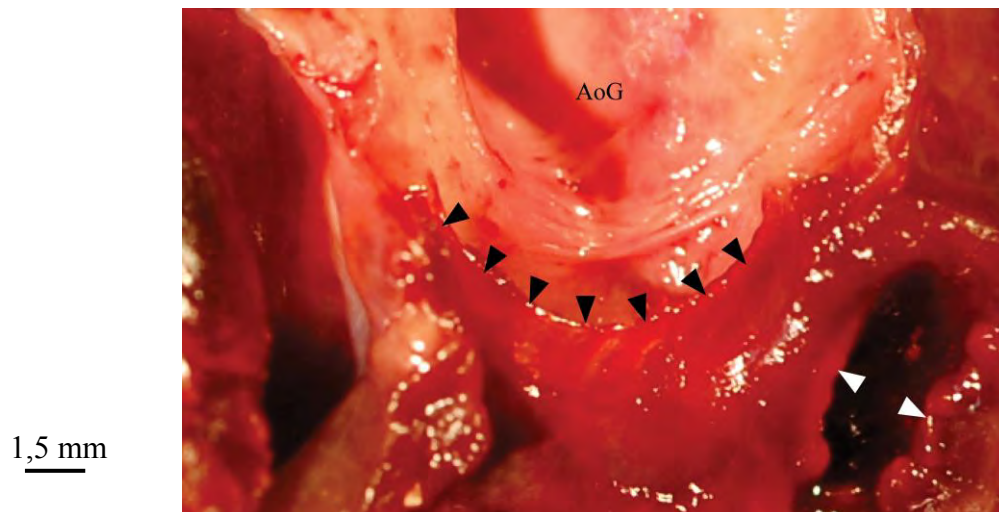
Legends
 AD. right atrium
 1. right atrio-ventricular valve
 2. cut left aorta
 3. apex

Légendes
 AD. atrium droit
 1. valve atrio-ventriculaire droite
 2. aorte gauche incisée
 3. apex

Figure 12 : Vue ventro-caudale de la valve aortique gauche [*Ventro-caudal view of left aortic valve*].

Détail de la figure 11 (encadré noir). La valvule aortique gauche septale est visible (triangles noirs).

Close-up from figure 11 (white square). Septal left aortic leaflet is indicated by black arrowheads. (°)

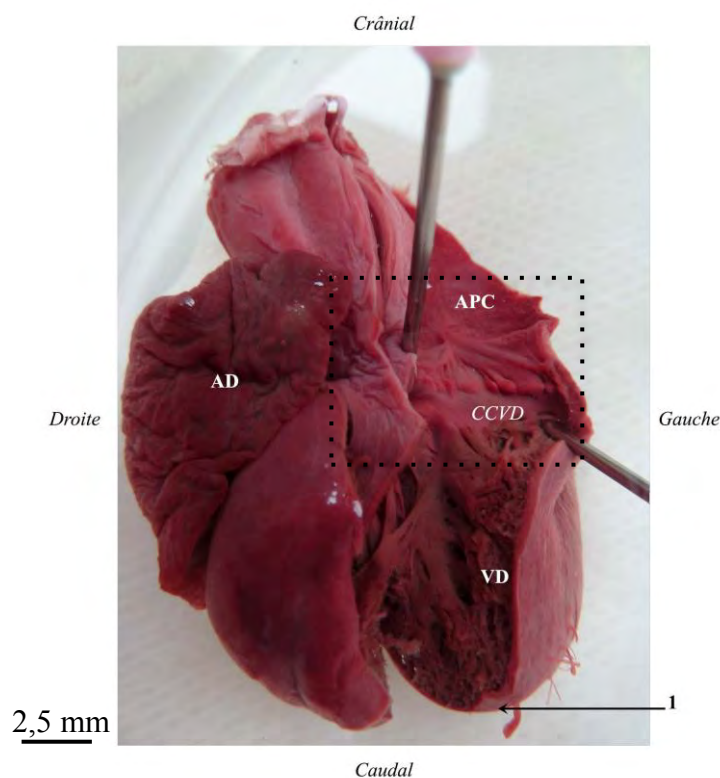


Legends
 AoG. left aorta
 white arrowheads : right ventricular
 outflow tract and its cog-teeth-like valve
 black arrowheads : septal leaflet of the
 left aortic valve

Légendes
 AoG. aorte gauche
 triangles blancs : chambre de chasse
 du ventricule droit et sa valve "cog-teeth-like"
 triangles noirs : valvule aortique gauche septale

Figure 13 : Vue ventrale de la cavité ventriculaire droite et de la valve pulmonaire [*Ventral view of right ventricular cavity and pulmonary valve*].

Le tronc pulmonaire et l'aorte gauche ont été incisés longitudinalement/*Pulmonary trunk and left aorta have been cut longitudinally.*



Legends

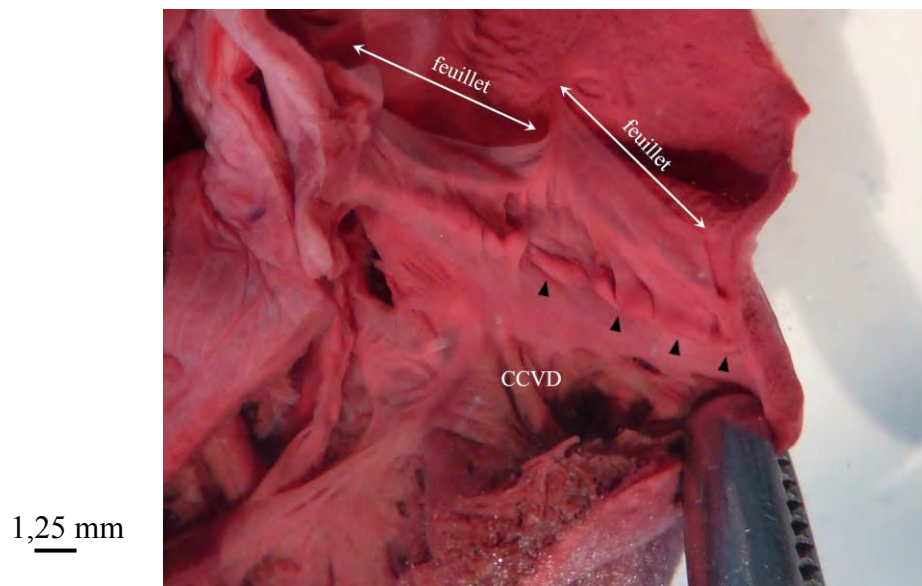
- 1. apex
- AD. right atrium
- APC. pulmonary trunk
- CCVD. right ventricular outflow tract
- VD. right ventricle

Légendes

- 1. apex
- AD. atrium droit
- APC. tronc pulmonaire
- CCVD. chambre de chasse du ventricule droit
- VD. ventricule droit

Figure 14 : Vue ventrale de la valve pulmonaire [*Ventral view of pulmonary valve*].

Détail de la figure 13 (encadré pointillé)/Close-up from figure 13 (black dotted square).



Legends

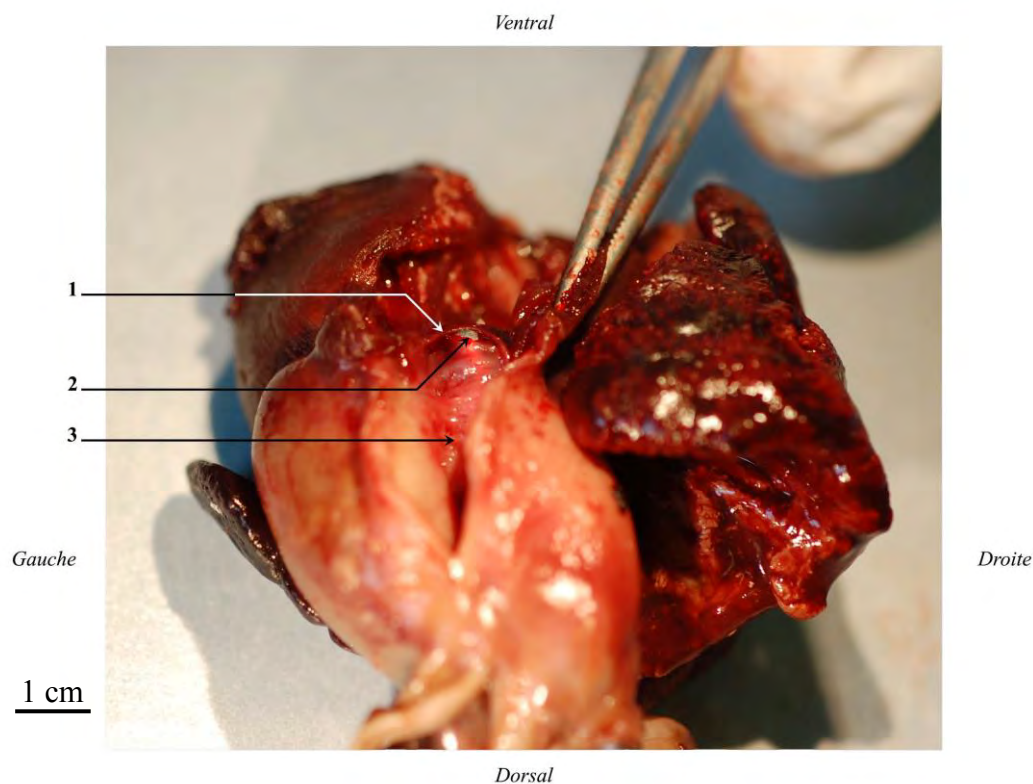
CCVD. right ventricular outflow tract
leaflets
black arrowheads. endocardic cog teeth
leaflet

Légendes

CCVD. chambre de chasse du ventricule droit
feuillets
triangles noirs. Indentations endocardiques
feuille

Figure 15 : Vue crâniale du foramen de Panizza [*Ventral view of foramen of Panizza*].

L'extrémité d'une pince a été insérée dans le foramen depuis l'aorte droite jusqu'à l'aorte gauche/ *Forceps have been inserted through the foramen of Panizza from right aorta to left aorta*. Le foramen est recouvert par la valvule aortique gauche septale/ *Foramen is covered by the septal left aortic leaflet*.



Legends

1. septal leaflet of the left aortic valve
2. foramen of Panizza
3. sectioned left aorta

Légendes

1. valvule aortique gauche septale
2. foramen de Panizza
3. aorte gauche incisée

Discussion :

Les particularités anatomiques principales mises en évidence sont l'aorte gauche, le foramen de Panizza, la chambre de chasse du ventricule droit, l'épaisseur comparable des myocards droit et gauche et la position coelomique du cœur. Elles sont souvent mises en avant pour expliquer certains de leurs comportements. Beaucoup d'hypothèses sont émises quant à l'intérêt potentiel d'un shunt pulmonaire-à-systémique : durée accrue de la plongée, digestion facilitée (Farmer et al., 2008). Les différentes techniques abordées au cours de cette étude sont complémentaires les unes des autres et permettent de parvenir à une vision la plus complète possible de l'anatomie du cœur du Caïman à lunettes (*Caiman crocodilus*). L'autre but de cette étude est de pouvoir comparer l'apport relatif de ces différentes techniques dans le cadre de la description anatomique. La taille modeste des spécimens étudiés nous a permis de réaliser les acquisitions d'IRM et de tomodensitométrie à l'aide d'appareils adaptés à l'Homme.

Main anatomical features underlined in this study are: left aorta, the Foramen of Panizza, the right ventricular outflow tract, similar thickness of right and left myocardium and coelomic location of the heart. They are frequently pointed out in a way to explain some of spectacled caiman's behaviours. A lot of hypotheses have been put forward concerning the benefits of pulmonary-to-systemic shunting: increased diving time, more efficient digestion (Farmer et al., 2008). Employed technologies in this study complement one another and allow an as complete as possible view of the heart anatomy of the spectacled caiman (Caiman crocodilus). Another goal is to compare the relative input of these technologies one to another. The small size of the studied specimens allowed us to perform MRI and CT scan using machines made for humans.

Remerciements : T. Bordat (La Planète des Crocodiles, Civaux, France), C. Tavernier et Y. Richaudeau (Image Et, Mordelles, France), M. Fusellier, C. Raphaël et S. Madec (Service d'Imagerie Médicale, Oniris, France), M.J. Seurin (CIRMA, Marcy L'Etoile, France). Traducteur, C. Picard (Unité d'anatomie comparée ONIRIS).

Orientations bibliographiques :

BOURGUIGNON C. (2014). *Anatomie et hémodynamique cardiaques chez les crocodiliens*. Thèse de doctorat vétérinaire. Université Claude Bernard, Lyon, 129 p.
 FARMER C. G., T. J. URIONA, D. B. OLSEN, M. STEENBLIK, K. SANDERS (2008). The Right-to-Left Shunt of Crocodilians Serves Digestion, *Physiological and Biochemical Zoology* 81/2:125-137.
 GUIBÉ J. (1970). Tome XIV, Fascicule II, *Reptiles Caractères Généraux et Anatomie*. In : Grassé P. (eds). *Traité de Zoologie*, Masson et cie, Paris, 429-473.
 LECOINTRE G., LE GUYADER H. (2001). *Classification phylogénétique du vivant*. 2ème édition, Belin, Paris, 543 p.

Pour citer cet article: BOURGUIGNON C., GUINTARD C., BETTI E. (2015). Anatomie cardiaque du caïman à lunettes (*Caiman crocodilus* Linnaeus, 1758) *Cahier d'Anatomie Comparée*, 2015 (6): 12-30, C@C All rights reserved.

To cite this article: BOURGUIGNON C., GUINTARD C., BETTI E. (2015). *Anatomy of the spectacled caiman's heart* (*Caiman crocodilus* Linnaeus, 1758) *Cahier d'Anatomie Comparée*, 2015 (6): 12-30, C@C All rights reserved.