



Maisons-Alfort, le 14 mai 2007

AVIS

de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la consommation de la viande de crocodile en France

LA DIRECTRICE GÉNÉRALE

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 31 juillet 2006 par la Direction générale de l'alimentation (DGAI) d'une demande d'avis relatif à la consommation de la viande de crocodile en France.

Questions posées

Une demande d'autorisation d'importation de viande de crocodile congelée, en provenance d'abattoirs du Zimbabwe et d'Afrique du Sud, a été introduite auprès de la DGAI par un pétitionnaire français. L'Afssa a donc été saisie d'une demande d'avis relatif à la consommation de la viande de crocodile en France. Il est demandé à l'Afssa :

- une évaluation du risque sanitaire lié à la consommation de la viande de crocodile,
- et un avis relatif à la demande d'autorisation du pétitionnaire.

Contexte

Les importations de viande de crocodile ne sont pas harmonisées au niveau européen et la France n'a pas défini les conditions nationales permettant de les introduire sur son territoire.

Actuellement, l'importation de cette viande est autorisée dans plusieurs Etats membres de l'Union européenne dont l'Allemagne, la Grande Bretagne, la Hollande, la Belgique, la Suède et le Danemark.

Par ailleurs, la Commission Européenne a proposé un projet de règlement relatif à la viande de crocodile. Suite à une discussion en groupe d'experts à la Commission le 6 mars 2006, ce projet a été suspendu dans l'attente de l'avis de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESAs) relatif à la production et l'importation de viandes de reptiles¹.

Méthode d'expertise

L'expertise s'est basée sur des sources bibliographiques conventionnelles et sur des rapports spécifiques sur le sujet, y compris le dossier fourni par le pétitionnaire.

La démarche conduite pour répondre à la saisine est la suivante :

- Examiner les conditions d'élevage et d'abattage des crocodiliens, décrites dans le dossier du pétitionnaire et dans la littérature
- Identifier les principaux pathogènes des crocodiles susceptibles d'être transmissibles par voie alimentaire
- Conclusions et recommandations sur l'importation et la consommation de la viande de crocodile au regard des dangers identifiés

¹ EFSA-Q-2006-175 "Public health risks involved in the human consumption of reptile meat". Publication prévue en octobre 2007

Expertise des CES « Microbiologie » et « Santé Animale »

Les comités d'experts spécialisés (CES) « Microbiologie » réuni les 11 janvier et 8 février 2007 et « Santé Animale » réuni le 8 novembre 2006 et le 10 janvier 2007 émettent l'avis suivant :

A. Evaluation du risque lié à la consommation de la viande de crocodile**I. Conditions d'élevage et d'abattage des crocodiliens**

Les crocodiliens sont carnivores et nécrophages et habitent tous les continents sauf l'Europe. On en recense actuellement 23 espèces mais deux espèces font l'objet d'une exploitation industrielle : le crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*) et le crocodile estuarien (*C. porosus* ou "salt-water crocodile"). D'autres espèces sont probablement exploitées localement (Huchzermeyer, 1997; Millan *et al.*, 1997).

L'élevage des crocodiles concerne principalement *Crocodylus niloticus*, espèce très convoitée pour la qualité de sa peau, et pour laquelle la production de viande ne fut considérée pendant de nombreuses années que comme une activité secondaire ; une valorisation industrielle de cette partie de l'animal est maintenant envisagée au travers d'abattoirs et d'ateliers de transformation adaptés et de circuits de commercialisation internationaux.

L'élevage s'effectue de manière extensive, dans des bassins pouvant regrouper entre 150 et 300 animaux ; ceux-ci sont abattus à un âge compris entre 19 et 48 mois, pour un poids compris entre 18 et 40 kg. Les animaux sont nourris essentiellement de farines de poissons et/ou de viandes de poulets.

Les opérations d'abattage sont différentes en fonction des pays. Par exemple, en Australie, les animaux sont abattus d'un coup de carabine puis saignés et suspendus par la queue. Les surfaces externes (peaux) des carcasses sont ensuite lavées par aspersion d'une eau chlorée (30 ppm) puis refroidies pendant une nuit. L'enlèvement de la peau est réalisé le lendemain et les carcasses dénudées, parfois non éviscérées, sont trempées dans de l'acide acétique (0,25%) pendant 10 minutes à 40°C ou dans de l'eau chlorée (60 ppm) pendant 20 à 30 minutes à 5-6°C (Millan *et al.*, 1997) avant le conditionnement. Le procédé décrit par le pétitionnaire correspond aux conditions de deux abattoirs situés au Zimbabwe et en Afrique du Sud et sera présenté dans la deuxième partie de l'avis.

II. Principaux agents zoonotiques identifiés chez les crocodiliens

Dans cette partie, seront examinés sommairement les pathogènes (parasites, bactéries et virus) susceptibles d'être transmis à l'homme par la consommation de viande de crocodile.

S'agissant des ESST, danger qui pourrait être évoqué en raison de l'alimentation très diversifiée des crocodiles, il semble cependant, dans l'état actuel des connaissances, peu pertinent de considérer cette catégorie d'agents en raison de la grande distance zoologique existant entre les reptiles et les mammifères (Thierry Baron, LNR ESST, communication personnelle, janvier 2007).

1. Parasites

Les crocodiliens, de par leur situation particulière de prédateurs et de charognards de proies terrestres et aquatiques, contractent d'assez nombreuses infections parasitaires dont le potentiel zoonotique et le risque associé sont variés. Une synthèse des connaissances sur les parasites des crocodiliens figure en annexe 1.

a. Trichinella spp.

Le risque le plus important associé à la consommation de viande de crocodile est représenté par la trichinellose. Deux espèces de *Trichinella* viennent d'être décrites chez des crocodiles d'Australie, de Papouasie Nouvelle Guinée et d'Afrique : *T. papuae* (Pozio *et al.*, 1999) chez *C. porosus* et *T. zimbabwensis* (Pozio *et al.*, 2002) chez *C. niloticus*, respectivement.

Ces nouvelles espèces, qui appartiennent au groupe des *Trichinella* non encapsulées, et qui sont phylogénétiquement proches l'une de l'autre (van der Giessen *et al.*, 2005), ont été détectées chez

des crocodiliens en liberté et en captivité. L'une d'elles (*T. zimbabwensis*) s'est avérée capable d'infecter des primates, et l'autre (*T. papuae*) a été identifiée chez des porcs sauvages en Papouasie Nouvelle Guinée (Owen *et al.*, 2005 ; Pozio *et al.*, 2005 ; Pozio et Zarlenga, 2005). Par ailleurs, des données récentes de séroprévalence suggèrent que cette espèce infecte les populations humaines en Papouasie Nouvelle-Guinée (Owen *et al.*, 2005 ; Pozio et Zarlenga, 2005).

Les taux d'infection par ces deux espèces, chez les crocodiles en liberté, sont très élevés : plus de 20% chez *C. porosus* et probablement le même chiffre chez *C. niloticus* (Pozio *et al.*, 2005, 2006). En captivité, la prévalence chez *C. niloticus* était de presque 40% au Mozambique, où plus de 40% des fermes à crocodiles restaient contaminées par *Trichinella* en 2006 (Pozio *et al.*, 2006). Des causes anthropiques expliqueraient, au moins en partie, ces forts taux d'infection. Ainsi, dans les fermes du Zimbabwe, les crocodiles sont alimentés avec de la viande de crocodile ou de porc parfois infectée. De plus, le transport des crocodiles d'une ferme à l'autre facilite l'extension de l'enzootie (Pozio *et al.*, 2005). En Papouasie Nouvelle Guinée, les habitants locaux capturent des jeunes *C. porosus* sauvages et les alimentent pendant plusieurs mois avec de la viande de porc non contrôlée, susceptible d'être contaminée par *T. papuae*, avant de les livrer aux fermes à crocodiles (Pozio *et al.*, 2005).

La congélation détruit les larves de *T. zimbabwensis* dans les viandes (à partir de 24h à -10°C) tandis que le salage, le fumage ou la saumure ne permettent pas leur assainissement (Pozio *et al.*, 2004).

b. Cestodes larvaires du genre *Spirometra*

Parmi les plathelminthes, les larves plerocercoides de cestodes pseudophyllidiens, notamment du genre *Spirometra* pourraient être transmises à l'homme par l'ingestion de viande de crocodile infectée crue ou insuffisamment cuite. La maladie (sparganose) résulte du parasitisme sous-cutané, oculaire ou viscéral par ces larves plerocercoides (Dei-Cas, 1996).

Ces cestodes, qui parasitent à l'état adulte l'intestin de mammifères carnivores (chien, chat, renard, etc.), mesurent entre 20 et plus de 100 cm de long. Deux hôtes intermédiaires se succèdent : un cyclops (copépode aquatique), puis un têtard de grenouille renfermant la larve plerocercotide. De très nombreux hôtes additionnels (paraténiques² ou parfois hôtes intermédiaires) comme des reptiles, des mammifères et l'homme, peuvent s'intercaler à ce niveau du cycle et se contaminer en ingérant les têtards, les grenouilles adultes ou l'eau de boisson (Euzéby, 1984). L'homme pourra se contaminer en ingérant soit la viande des hôtes paraténiques soit des batraciens ou enfin par consommation directe par de l'eau souillée par les cyclops parasités (Wiwaniitkit, 2005).

De nombreuses espèces peuvent être impliquées comme agents de la sparganose : *Spirometra erinacei* (espèce cosmopolite), *S. mansoni* (Asie du sud-est et Amérique du sud), *S. mansonoides* (Amérique du nord et du sud) (Euzéby, 1984 ; Soulsby, 1982). En Afrique, *Diphyllobothrium theileri* et *D. pretoriensis*, parasites de carnivores sauvages, peuvent être présents à l'état larvaire chez les reptiles notamment.

Concernant plus spécifiquement la viande de crocodile, des larves plerocercoides ont été signalées en Australie (*S. erinacei*) chez le crocodile d'eau douce (*C. johnstoni*) et chez le crocodile nain (*Osteolaemus tetraspis*) au Congo (Huchzermeyer, 1997). Les larves plerocercoides sont peu visibles à l'œil nu (2-3cm/2-3mm) et souvent confondues avec des nerfs.

La congélation de la viande assure la destruction des larves plerocercoides (Huchzermeyer, 1997). Les autorités australiennes recommandent une congélation à -12°C pendant cinq jours au minimum lors d'un risque sparganose (Anon-a, 1998). En outre, la cuisson à 55°C tue les larves plerocercoides en cinq minutes.

c. Les pentastomes

Les pentastomes (70 espèces, la plupart parasitant des reptiles), longtemps considérés comme des Pararthropodes, sont maintenant classés parmi les Crustacés (Le Guyader et Lecointre, 2001). Ces arthropodes vermiformes mesurant environ 1 à 10 cm parasitent les cavités rhino-pharyngées et

² Hôte d'attente

sinusales de serpents, de crocodiles et d'assez nombreux mammifères carnivores domestiques et sauvages (Dei-Cas *et al.*, 1996). Les espèces responsables de la pentastomose chez l'homme appartiennent aux genres *Armillifer* et *Linguatula*.

Chez les crocodiles l'on connaît deux familles de pentastomes : Sebekidae, avec les genres *Sebekia*, *Leiperia*, *Alofia*, *Selfia* and *Agema*, et Subtriquetridae avec un seul genre, *Subtriquetra* (Anonyme-b, 2005). Leur cycle biologique est mal connu mais des poissons jouent sûrement le rôle d'hôte intermédiaire. La pentastomose est perçue comme une des maladies majeures dans les élevages de crocodiles en Australie (Buenviaje *et al.*, 1994). Ces parasites pourraient déterminer des méningites, des pneumonies et entraîner une mortalité surtout chez les jeunes crocodiles en captivité.

L'infestation de l'homme, hôte accidentel et voie sans issue pour ces parasites, pourrait avoir lieu par consommation de la viande de crocodile infestée crue ou peu cuite, en manipulant cette viande ou par l'ingestion des oeufs qui contaminent les carcasses des crocodiles infectés, l'eau de boisson ou les aliments (Dei-Cas, 1996). Ce parasitisme, en général asymptomatique, peut se manifester cliniquement lors de localisations oculaires, ou digestives par des syndromes abdominaux aigus.

Dans la mesure où des poissons hôtes intermédiaires ne sont pas introduits dans les fermes d'élevage des crocodiles, la circulation des pentastomes dans ces élevages devrait s'autolimiter. Inversement, l'introduction en Australie de poissons infectés pour nourrir les crocodiles dans les élevages s'est associée, à l'introduction de la pentastomose (Buenviaje *et al.*, 1994).

d. Les stades larvaires de nématodes du genre *Contraecum*

Les larves des nématodes Ascaridoidea du genre *Contraecum*, dont les adultes parasitent des oiseaux ichthyophages, sont des agents d'anisakiase (avec celles des genres *Anisakis* et *Pseudoterranova*).

La femelle de ces nématodes de grande taille pond des oeufs qui, éliminés avec les selles de l'hôte, vont se développer en larves infectantes et éclore dans le fond de la mer. Les petits crustacés, premiers hôtes intermédiaires sont la source d'infestation pour des nombreux poissons et pour des calmars qui jouent le rôle d'hôtes paraténiques. Ceux-ci peuvent être ingérés par les hôtes définitifs (oiseaux et mammifères ichthyophages), mais aussi par d'autres vertébrés piscivores, soit des poissons de plus grande taille, soit des crocodiles. Chez l'homme (hôte accidentel), l'infection peut demeurer asymptomatique ou avoir une expression clinique d'importance variable en fonction des localisations larvaires, de l'importance de l'infestation et de l'intensité de la réponse tissulaire.

L'identification de larves de *Contraecum* chez des crocodiliens (Goldberg *et al.* 1991; Moravek, 2001) suggère que leur viande, consommée crue ou insuffisamment cuite, peut être à l'origine d'anisakiase. Cependant, le risque d'infection semble faible quand les crocodiles sont nés en captivité et alimentés soit avec de la nourriture artificielle, soit avec des poissons congelés (adéquatement cryotraités).

e. Autres dangers parasitaires

Des formes infectantes de protozoaires parasites peuvent contaminer les carcasses de viande de crocodile lors des opérations d'enlèvement de la peau, d'éviscération et de découpe. La source d'infection par ces protistes est le tube digestif de l'animal et l'eau employée pour rincer les instruments et les mains des manipulateurs. Il s'agit essentiellement des organismes du genre *Blastocystis*, rapportés chez *C. porosus* (Teow *et al.*, 1992), et des oocystes de *Cryptosporidium* spp (rapportés chez le crocodile du Nil) et de *Cyclospora cayetanensis*.

→ **Conclusions relatives aux dangers parasitaires**

- Les parasites des crocodiles à plus fort potentiel zoonotique sont les suivants :
 - *Trichinella* sp. (*T. papuae* et *T. zimbabwensis*) principalement;
 - les larves plérocercoides de cestodes du genre *Spirometra* (agent de la sparganose);
 - les pentastomes ;
 - les stades larvaires de nématodes du genre *Contraecaecum* (agents d'anisakiase).
- La contamination potentielle des carcasses par d'autres parasites et notamment par des parasites protozoaires (*Blastocystis*, *Cryptosporidium*, *Cyclospora*) dépend de la qualité des opérations lors de la préparation de la viande à partir des carcasses et de la qualité microbiologique de l'eau utilisée.

2. Bactéries et virus

Au cours de la période d'élevage, des contaminations bactériennes des crocodiles peuvent survenir, soit par l'environnement (eau), soit par l'aliment. Les reptiles sont considérés comme un réservoir naturel des salmonelles. Cependant, à l'exception des tortues élevées comme animaux de compagnie, les vertébrés poïkilothermes ne sont pas à ce jour identifiés comme de véritables agents de transmission des salmonelles à l'homme (Madsen, 1996). Ainsi, selon Huchtermeyer (1997), de nombreux sérotypes de salmonelles ont été isolés dans le tractus digestif des crocodiles, mais, dans la plupart des cas, avec un statut de portage asymptomatique. Cependant, dans des conditions stressantes, notamment au moment de l'abattage, les salmonelles peuvent infecter d'autres organes et les muscles.

D'autres microorganismes potentiellement pathogènes pour l'homme ont également été retrouvés, en particulier *Aeromonas hydrophila*, *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*, etc. qui peuvent être présents dans l'environnement proche des animaux, notamment par l'intermédiaire de l'eau. A cette liste, il conviendrait d'ajouter, selon une analyse des risques réalisés par les services officiels australiens d'importation (Anon-b, 2000), *Chlamydia* spp. et *Mycoplasma crocodyli*. En conséquence, comme pour toutes les productions animales, l'élevage de crocodiles peut être une source primaire de contamination par des microorganismes potentiellement pathogènes pour l'homme. La mise en place de mesures strictes de biosécurité devrait permettre de minimiser ces risques.

Le transport vers l'abattoir est décrit comme une phase très stressante pour l'animal, pouvant déclencher une infection bactérienne au niveau de certains organes et des muscles. Pour éviter ces stress et les éventuelles bagarres entre animaux, des précautions extrêmes sont prises lors de cette étape.

Malgré les procédures de décontamination appliquées à l'abattoir, la présence de salmonelles sur les produits finis ne peut être totalement écartée. Ainsi, Madsen (1996) retrouvait différents sérovars à partir d'échantillons de viandes fraîches (30%) et congelées (20%) de crocodiles abattus au Zimbabwe. Cette contamination peut être le fait d'une bactériémie lors du transport des animaux, d'une contamination croisée lors de l'enlèvement de la peau, ou d'une contamination fécale lors des opérations d'abattage, d'éviscération (si elle est réalisée) ou de découpe des différents morceaux.

La littérature, peu abondante sur ce sujet, mentionne également les risques encourus par la présence de certains virus potentiellement pathogènes. Selon Huchzemeyer (1997), aucun agent viral n'est reconnu comme étant transmissible des crocodiles à l'homme.

Principaux agents zoonotiques (bactéries et virus) identifiés chez les crocodiliens

Agents zoonotiques identifiés chez des crocodiliens		Présence possible dans la viande	Transmission possible par voie alimentaire
Bactéries	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Oui	oui
	<i>Bacillus</i> spp.	Oui	oui
	<i>Campylobacter</i>	Oui	oui
	<i>Chlamydia</i> spp	Non	non
	<i>Citrobacter</i> spp.	?	oui
	<i>Escherichia coli</i>	Oui	oui
	<i>Edwardsiella</i> spp.	?	oui
	<i>Enterobacter</i> spp.	?	oui
	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	?	Très exceptionnelle
	<i>Klebsiella</i> spp.	?	Très exceptionnelle
	<i>Morganella</i> spp	?	oui
	<i>Mycobacterium</i> spp	Non?	non?
	<i>Mycoplasma crocodyli/alligatoris</i>		non
	<i>Providencia rettgeri</i>		oui
	<i>Pseudomonas</i> spp.		oui
<i>Salmonella</i> spp.¹	Oui	oui	
<i>Staphylococcus</i> spp.		oui	
<i>Streptococcus</i> spp.		oui	
Virus	Virus de la fièvre du Nil occidental	Non	non

¹ les sérotypes les plus fréquemment rencontrés chez des crocodiles en Australie entre 1990 et 1997 sont les suivants : Anatum, Arizonae, Bahrenfeld, Bovis-Morbificans, Chester, Johannesburg, Onderstepoorte, Poona, Singapore, Typhimurium, Urbana et Virchow.

→ **Conclusions relatives aux dangers bactériens et viraux**

- Comme pour toutes les productions animales, l'élevage des crocodiles peut être une source primaire de contamination par des microorganismes zoonotiques.
- Le risque le plus important est lié à la présence de salmonelles dans la viande de crocodile. Cette contamination peut être le fait d'une bactériémie lors du transport des animaux, d'une contamination croisée lors de l'enlèvement de la peau, ou d'une contamination fécale lors des opérations d'abattage, d'éviscération (si elle est réalisée) ou de découpe.

III. Moyens de maîtrise des dangersS'agissant des dangers parasitaires

La diminution du danger peut être envisagée à deux niveaux (Anon-b, 2000) :

- En amont, par la fourniture de viande de crocodile par des établissements « agréés » dans lesquels :
 - une prévention effective du contact avec les principaux hôtes intermédiaires et paraténiques pour les parasites (batraciens, rongeurs, oiseaux, etc.) est réalisée ;
 - la nourriture administrée aux animaux exclut la viande d'animaux sauvages, de porc et les déchets de crocodiles, potentiellement infectés ;
 - les larves de *Trichinella* sont recherchées dans les crocodiles abattus par une technique approuvée (digestion pepsique). Il pourrait être exigé que l'établissement produisant la viande de crocodile justifie d'une période de contrôle d'au moins 12 mois sans résultat trichine positif (établissement de statut « trichine free »).
- En aval, par la congélation de la viande à cœur à -15°C pendant au moins 20 jours avant toute exportation.

Par ailleurs, le risque d'infection est d'autant plus faible que la viande est cuite à cœur à une température supérieure à 65°C.

S'agissant des dangers bactériens

D'après Millan *et al.*, 1997, la mise en place de mesures hygiéniques strictes au cours de l'élevage, du transport et de l'abattage permet de garantir la qualité sanitaire des viandes, plus particulièrement :

- le jeûne des animaux pendant 3 jours pour éviter les contaminations bactériennes par rupture de la paroi intestinale ;
- l'utilisation des traitements de décontamination des carcasses ;
- le nettoyage et désinfection des tables de travail et des instruments entre chaque carcasse ;
- et l'absence d'éviscération des carcasses.

IV. Conclusions et recommandations au regard des dangers identifiés

L'élevage des crocodiles a pour objectif principal la production de peaux utilisées dans de nombreux domaines. La viande issue des élevages de crocodiles était jusqu'à présent peu valorisée et servait même d'aliment pour les congénères. Plus récemment, des tentatives fructueuses de commercialisation de ces produits pour l'alimentation humaine ont été développées particulièrement en Australie, au Zimbabwe et en Afrique du Sud. De fait, les conditions d'abattage et de transformation des carcasses ont été améliorées dans le respect des règles d'hygiène et de traçabilité.

- Les principaux risques identifiés sont liés à la présence de *Salmonella* spp. et de parasites (*Trichinella* spp. en particulier) dans les viandes.
- L'importation de la viande de crocodile doit être soumise à un respect strict des réglementations européennes en vigueur notamment celles relatives aux conditions hygiéniques et sanitaires pour l'élevage, l'abattage et la transformation des animaux destinés à la consommation humaine. Plus particulièrement, étant donné les dangers identifiés, devront être appliqués les règlements européens (CE) :
 - n°2075/2005³ fixant les règles spécifiques applicables aux contrôles officiels concernant la présence de *Trichinella* dans les viandes, et
 - n°2073/2005 relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires destinées à la consommation humaine, avec une attention particulière pour la présence de *Salmonella* spp..
- Enfin, en l'absence de garanties sanitaires et d'informations précises sur le mode d'élevage et sur les conditions de production et de transport de viandes de crocodile, les mesures suivantes sont recommandées pour assainir la viande de crocodile destinée à la consommation humaine : congélation de la viande pendant plus de 30 jours à -20°C, ou pendant plus de 10 jours à -25°C ou une cuisson à cœur à une température supérieure à 65°C pendant plus d'une minute (Gary-Toussaint *et al.*, 2005).

³ Les conditions sanitaires à l'importation des viandes d'espèces animales susceptibles d'être porteuses de *Trichinella* et provenant d'un pays tiers, parmi lesquelles la viande de crocodile, sont précisées dans le règlement européen (CE) n° 2075/2005. Celles-ci ne peuvent être importées dans la Communauté européenne que si elles ont été soumises à un examen visant à détecter la présence de *Trichinella* dans ledit pays tiers avant d'être exportées.

B. Evaluation de la demande d'autorisation d'importation de viande de crocodile congelée en provenance d'abattoirs du Zimbabwe et d'Afrique du Sud

Une demande d'importation de viande de crocodile congelée, en provenance de deux abattoirs du Zimbabwe et d'Afrique du Sud a été introduite par un pétitionnaire français auprès de la DGAI.

La viande de crocodile, en provenance principalement de ces pays producteurs, est autorisée à la consommation dans plusieurs Etats Membres de l'Union Européenne dont l'Allemagne, la Grande Bretagne, la Hollande, la Belgique, la Suède et le Danemark.

Les deux abattoirs cités dans le dossier sont autorisés à exporter leurs produits vers l'Allemagne, la Belgique et la Hollande.

I. Conditions d'élevage et d'abattage décrites dans le dossier du pétitionnaire

- Elevage des crocodiles :

Les conditions d'élevages décrites dans le dossier incluent la mise en place de mesures de biosécurité, d'un plan de suivi sanitaire et des contrôles de routine vis-à-vis de *Trichinella sp.* par les services vétérinaires locaux.

→ Ainsi, les animaux arrivant à l'abattoir sont issus exclusivement de fermes certifiées indemnes de trichinellose (statut « *Trichinella free* ») ;

- Transport vers l'abattoir :

Afin de minimiser le stress chez l'animal lors de cette étape, pouvant déclencher une infection bactérienne au niveau de certains organes et des muscles, les sites d'élevage et d'abattage sont voisins géographiquement, réduisant ainsi le temps de transport.

- Abattage, découpe, conditionnement

Les animaux sont maintenus à jeun 24 heures dans un enclos humidifié à l'intérieur de l'abattoir. L'abattage proprement dit est réalisé, sans anesthésie préalable, par tranchage de la nuque des crocodiles à l'aide d'un couteau stérile. Les animaux sont ensuite accrochés par la queue pour les opérations suivantes : saignée, enlèvement de la peau puis éviscération. Cette étape d'éviscération des carcasses est identifiée comme un point critique nécessitant la mise en place de mesures de maîtrise.

Selon le diagramme décrit dans l'annexe relative au plan HACCP appliqué dans l'abattoir du Zimbabwe, ces opérations sont plus complexes avec notamment l'obturation du cloaque et de l'œsophage après la saignée et deux étapes de décontamination par chloration : l'une de la surface de la carcasse avant l'enlèvement de la peau et l'autre des morceaux de viande avant le conditionnement sous vide. En salle de découpe, les différents muscles sont séparés manuellement, en particulier la queue qui constitue le principal morceau de viande (4,5 à 6 kg). Ces morceaux sont ensuite conditionnés sous vide, puis congelés à des températures comprises entre -18°C et -20°C pour le stockage et le transport.

→ L'application d'une démarche de type HACCP, la mise en place de guides de bonnes pratiques d'hygiène incluant des plans de nettoyage et de désinfection des locaux et du matériel, des contrôles microbiologiques réguliers et des procédures de suivi de la traçabilité des animaux abattus, permettent de garantir la qualité sanitaire des produits.

Toutefois, l'objectif de maîtrise des risques de contamination se traduit par des étapes de décontamination des viandes par différentes substances chimiques (acide acétique, chlore), sans qu'aucune phase de rinçage de produits soit mentionnée. Les informations présentées dans le dossier ne permettent pas d'évaluer l'innocuité des substances utilisées.⁴

⁴ Le Règlement CE n° 853/2004 donne la possibilité de recourir à d'autres substances que l'eau potable ou l'eau propre pour l'élimination de la contamination de la surface des produits d'origine animale. Cependant, l'utilisation de telles substances ne peut être envisagée que si leur efficacité et leur sécurité toxicologique sont démontrées.

→ La congélation systématique de la viande à des températures comprises entre -18°C et -20°C pour le stockage (au moins 10 jours) et pendant la durée du transport, assurent la destruction des parasites potentiellement présents dans la viande. Il convient toutefois de recommander une durée de congélation de 20 jours avant toute exportation.

Des contrôles sont réalisés au cours des différentes étapes du processus, depuis l'élevage jusqu'à l'expédition, notamment par l'intermédiaire des Services Vétérinaires locaux (examen ante mortem des animaux, analyse microbiologiques, contrôles de la marchandise avant expédition, etc.).

II. Conclusions relatives à la demande d'autorisation d'importation de viande de crocodile congelée en provenance d'abattoirs du Zimbabwe et d'Afrique du Sud

D'après les documents présentés dans le dossier qui décrivent les conditions d'élevage, de production et de transport des viandes de crocodiles, il peut être considéré que les principaux dangers (microbiens et parasitaires) qui seraient susceptibles de contaminer ces produits sont appréhendés et maîtrisés.

En conséquence, le CES Microbiologie émet un avis favorable à l'importation de la viande de crocodile issue des abattoirs originaires du Zimbabwe et d'Afrique du Sud, cités dans le dossier. Le comité recommande néanmoins que la sécurité toxicologique des substances chimiques utilisées pour la décontamination des carcasses soit démontrée. Par ailleurs, il souligne que l'opération d'abattage proprement dit (tranchage de la nuque sans anesthésie) ne correspond pas aux procédures autorisées en Europe.

Conclusion générale de l'Afssa

Tels sont les éléments d'analyse que l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments est en mesure de fournir en réponse à la saisine relative à la consommation de la viande de crocodile en France.

S'agissant du dossier du pétitionnaire et compte tenu de cette analyse, l'Afssa considère que la qualité sanitaire de la viande de crocodile issue des abattoirs originaires du Zimbabwe et d'Afrique du Sud, ne peut être garantie à ce stade en l'absence des éléments d'éclairage portant sur les points suivants :

- la démonstration de l'innocuité des substances chimiques utilisées pour la décontamination des carcasses et de la qualité sanitaire de l'eau utilisée au cours du procédé ;
- l'organisation des services vétérinaires impliqués dans cette filière spécifique, avec une attention toute particulière portant sur les ressources (effectifs, capacités des laboratoires impliqués) permettant de garantir une certification fiable des conditions sanitaires d'élevage, de production et de transport des viandes de crocodiles ;
- la garantie du respect des normes de l'Office international des épizooties (OIE) en matière de santé animale et de l'équivalence des contrôles officiels aux exigences communautaires ;

Concernant ces deux derniers points, il paraît indispensable d'attendre de pouvoir disposer des conclusions de la mission d'inspection de l'Office alimentaire et vétérinaire (OAV) de la Commission prévue au Zimbabwe au cours de l'année 2007⁵ qui pourront permettre de vérifier le respect des exigences en matière d'inspection pré-citées.

Enfin, les dispositions communautaires encadrant les conditions de production de la viande de reptile (projet de règlement en cours d'élaboration) seront définitivement arrêtées une fois

⁵ Programme d'inspection de l'OAV en 2007 : http://ec.europa.eu/food/fvo/inspectprog/2007-year_fr.pdf

que l'avis de l'AESA, actuellement en cours d'instruction, sera rendu. Ainsi, les conditions de production de la viande de crocodile pourraient être évaluées au regard de ces exigences spécifiques.

En conséquence, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments émet un sursis à statuer à la demande d'avis relatif au dossier de demande d'autorisation d'importation de viande de crocodile congelée en provenance d'abattoirs du Zimbabwe et d'Afrique du Sud dans l'attente de l'obtention des éléments complémentaires énumérés précédemment.

Mots clés : Viande de crocodile, Importation ; *Salmonella*, *Trichinella* ; Zoonoses ;

La Directrice générale de l'Agence française
de sécurité sanitaire des aliments

Pascale BRIAND

Annexe 1

Extrait de l'avis du CES « Microbiologie » validé le 8 février 2007

Les parasites des crocodiliens

Ce rapport examine sommairement les caractères taxonomiques, biologiques et éthologiques des crocodiliens qui les singularisent parmi les autres vertébrés utilisés pour la production de viandes. Il apporte également une synthèse des connaissances actualisées sur les parasites des crocodiliens, en ciblant en priorité ceux connus pour être effectivement ou potentiellement responsables de zoonoses.

1. Les crocodiliens

Les crocodiliens occupent, dans l'ancien groupe des reptiles, une place particulière en raison d'un certain nombre de caractères anatomiques, physiologiques et éthologiques qui les singularisent. La phylogénie moléculaire (fondée essentiellement sur des analyses du génome mitochondrial et de gènes codants nucléaires) confirme leur proximité taxonomique avec les oiseaux. En fait, reptiles et oiseaux ont été rassemblés dans le groupe des sauropsides (quille ventrale sous les vertèbres cervicales ou hypapophyse, muscles striés dans l'iris, production d'acide ornithurique) (Lecointre et Le Guyader, 2001). Dans ce groupe, les crocodiliens et les oiseaux constituent les archosauriens. En pratique, les crocodiliens sont des amniotes plus proches des oiseaux actuels, et donc des dinosaures (les oiseaux sont des dinosaures), que des lépidosauriens (lézards, sphénodontiens et ophidiens).

Par rapport aux autres sauropsides, les crocodiliens présentent de nombreuses singularités, comme un palais secondaire qui rejette vers la région occipitale les choanes. L'air respiré ne transite donc pas par la cavité buccale, ce qui leur permet de maintenir une proie dans la bouche entrouverte, en respirant par leurs narines restées juste à la surface de l'eau (Kardong, 1998; Lecointre et Le Guyader, 2001). Ils atteignent des proies habitant des biotopes soit terrestres, soit fluviaux, saumâtres ou marins: ils sont en conséquence impliqués dans des cycles parasitaires associés aux chaînes trophiques des écosystèmes terrestres et des écosystèmes aquatiques. Actuellement, dans la nature, les crocodiliens peuvent atteindre une taille de 10 m ; ils possèdent une tête allongée et une queue aplatie latéralement. Excellents nageurs, ils sont tous carnivores et nécrophages et habitent tous les continents sauf l'Europe. On en recense actuellement 23 espèces mais deux espèces font principalement l'objet d'une exploitation industrielle : le crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*) et le crocodile estuarien (*C. porosus* ou "salt-water crocodile") ; d'autres espèces sont probablement exploitées localement (Huchzermeyer, 1997; Millan *et al.*, 1997).

2. Les parasites des crocodiliens

Bien que les travaux parasitologiques sur les crocodiliens ne soient pas très nombreux, des représentants de la plupart des grands groupes de protistes et des métazoaires parasites ont été rapportés au moins une fois (tableaux 1 et 2). Dans une perspective d'évaluation de risque, seront examinés sommairement les parasites susceptibles d'être transmis à l'homme ou à d'autres mammifères par la consommation de viande de crocodile ainsi que les formes infectantes de parasites qui peuvent contaminer les carcasses et les lots de viande de crocodile lors de leur préparation pour la distribution et la vente. Enfin, les infections fongiques seront également rapidement considérées.

Protistes parasites et organismes assimilés – Les protozoaires parasites des crocodiliens les plus importants sont les Apicomplexa (Coccidia, Hemosporina), les amibes et les flagellés (tableau 1). Les coccidies (*Eimeria*, *Isospora*) ont été rapportées comme des pathogènes importants pour les jeunes crocodiles en captivité (Ladds et Sims, 1990) et plusieurs Apicomplexa sanguins (genres *Hepatocytozoon* et *Haemogregarina*) ont été rapportés chez des crocodiliens des trois familles (Lainson *et al.*, 2003). La spécificité d'hôte de ces protistes explique, au moins en partie, l'absence de risque pour l'homme des Apicomplexa de crocodiles (tableau 2). La même affirmation peut être faite à propos de l'amibe *Entamoeba invadens*, un pathogène important des reptiles, notamment les serpents (Donaldson *et al.*, 1975; Smyth, 1994). Les crocodiles infectés par cette amibe ne montreraient pas de symptômes mais joueraient un rôle de réservoir (Cubas, 1996). Par ailleurs,

des trypanosomes ont été rapportés chez les crocodiliens (tableau 1) mais ils seraient peu ou pas pathogènes pour ces reptiles (Anonyme, 2000b) et non transmissibles à l'homme.

Les organismes du genre *Blastocystis*, rapportés chez *C. porosus* (Teow *et al.*, 1992), méritent une considération particulière car nos notions sur la taxonomie, la phylogénie et le pouvoir pathogène des membres du genre *Blastocystis* ont évolué considérablement ces dernières années. On sait maintenant qu'ils appartiennent au groupe des straménopiles (lignée des algues brunes) (Le Guyader et Lecointre, 2001) et qu'ils présentent une considérable diversité génétique avec au moins 12 espèces douées d'une faible spécificité d'hôte (Noël *et al.*, 2005). L'approche moléculaire suggère aussi que les transmissions homme-animal et animal-homme sont fréquentes. Par ailleurs, ces parasites, dont le pouvoir pathogène a été l'objet de controverse, sont capables d'induire l'apoptose chez les cellules hôtes et d'altérer la fonction barrière des épithéliums (Puthia *et al.*, 2006). Pour ces deux raisons, transmissibilité inter-espèce et pouvoir pathogène, le potentiel zoonotique des *Blastocystis* spp. (tableau 1) doit être reconnu (Leelayoova *et al.*, 2004; Hoevers et Snowden, 2005). Dans le cas particulier des crocodiliens, la possibilité d'une contamination par *Blastocystis* de leur viande à partir du tube digestif de l'animal pendant les opérations d'enlèvement de la peau, d'éviscération et de découpe ne devrait pas être négligée. Le risque pour le consommateur serait cependant faible si la viande est ingérée après cuisson.

Tableau 1 - Principaux protistes (et organismes proches) parasites de crocodiliens

Protistes et assimilés	Crocodiliens hôtes	Impact sur la santé de l'hôte *	Potentiel zoonotique / risque **	Inactivation	Références ***
<i>Eimeria</i> spp. (5 espèces), <i>Isospora</i> spp (2 espèces)	Alligatoridae, Crocodylidae	+++	Nul / NA	NA	7,39
<i>Haemogregarina crocodilorum</i>	<i>Alligator mississippiensis</i> , <i>Crocodylus acutus</i>	?	Nul / NA	NA	41
<i>Hepatozoon caimani</i>	<i>Caiman crocodilus</i>	?	Nul / NA	NA	
<i>Hepatozoon hankini</i>	<i>Gavialis gangeticus</i>	?	Nul / NA	NA	
<i>Hepatozoon caimani</i>	<i>Caiman latirostris</i>	?	Nul / NA	NA	
<i>Hepatozoon pettiti</i> , <i>H sheppardi</i>	<i>Crocodylus niloticus</i>	?	Nul / NA	NA	
<i>Hepatozoon serrei</i>	<i>Paleosuchus trigonatus</i>	?	Nul / NA	NA	
<i>Haemogregarina</i> sp	<i>Crocodylus porosus</i> , <i>C palustris</i>	?	Nul / NA	NA	
<i>Entamoeba invadens</i> (trophozoïtes et kystes)	Alligator	+	Nul / NA	Résiste 7 sem à 4°C et plusieurs jours à 37°C	17
<i>Trypanosoma</i> sp., <i>T. grayi</i> , <i>T. Cecili</i>	<i>Trypanosoma</i> sp. in <i>Crocodylus yacare</i> (<i>T.sp</i>), <i>C. niloticus</i> (<i>T.g</i>), <i>Caiman crocodilus</i> (<i>T.c</i>)	?	Nul / NA	NA	29, 42
<i>Blastocystis</i> spp.	<i>Crocodylus porosus</i>	?	Probable / 2	?	30, 57, 67, 77
<i>Cryptosporidium</i> spp., <i>Cyclospora</i> spp	<i>Crocodylus niloticus</i> (<i>Cryptosporidium</i>)	+	Considérable / 2 ou 3	Cuisson, congélation, ozone, UV	70
Autres Entamoebidae et flagellés digestifs (portage)	Non rapportés	NA	Réel / 2	Cuisson	-
<i>Naegleria</i> , <i>Acanthamoeba</i>	Reptiles en général	?	Réel / 2	Cuisson	27, 69, 80

* Impact faible (+), modéré (++) ou fort (+++).

** Quatre groupes de risque: 1 : agents incapables de provoquer une maladie chez l'homme; 2 : agents pouvant provoquer une maladie chez l'homme et constituer un danger pour les travailleurs ; sa propagation dans la collectivité est improbable ; il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace; 3 : agents pouvant provoquer une maladie grave chez l'homme et constituer un danger sérieux pour les travailleurs ; ils peuvent présenter un risque de propagation dans la collectivité, mais il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace; 4 : agents provoquant des maladies graves chez l'homme et constituant un danger sérieux pour les travailleurs ; ces agents peuvent présenter un risque élevé de propagation dans la collectivité ; il n'existe généralement pas de prophylaxie ni de traitement efficace.

*** Les chiffres correspondent aux numéros des références listées dans la section 'Références bibliographiques'.

NA = non applicable

Les oocystes de *Cryptosporidium* spp. (ces parasites ont été rapportés chez le crocodile du Nil), de *Cyclospora cayetanensis* et même de *Toxoplasma gondii* (non rapportées chez les crocodiliens), ainsi que les formes kystiques d'amibes Entamoebidae, dont *E. histolytica*, agent de l'amibiase humaine, et des flagellés parasites (e.g. *Giardia intestinalis*) pourraient aussi contaminer la viande des crocodiles (tableau 1) pendant les opérations d'enlèvement de la peau, d'éviscération et de découpe. La source d'infection par ces protistes, en dehors du tube digestif de l'animal, peut être l'eau employée pour rincer les instruments et les mains des manipulateurs. Les oocystes de *Cryptosporidium* spp., en transit dans l'intestin des crocodiliens, après ingestion de proies infectées par ces coccidies, pourraient également représenter un risque. La chloration, qui peut faire partie du traitement des viandes (Hunzvi *et al.*, 2005, dossier No2, p 1/11) n'a pas d'effet sur les oocystes de *Cryptosporidium* spp. ni sur ceux de *Cyclospora cayetanensis*, en général plus résistants aux divers traitements antiseptiques (Erickson et Ortega, 2006). Quant à *T. gondii*, cette espèce ne semble pas pouvoir se développer dans les tissus des vertébrés ectothermes d'après les résultats de nombreuses enquêtes parasitologiques, sérologiques et des travaux expérimentaux (Kozar, 1952; Stone et Manwell, 1969; Choi *et al.*, 1987; Jackson et Hutchison, 1989; Smyth *et al.*, 1994; Slapeta *et al.*, 2003; Omata *et al.*, 2005), bien qu'il n'y a pas des données disponibles sur les crocodiliens.

Enfin, les amibes "libres" des genres *Naegleria* et *Acanthamoeba* (tableau 1), capables néanmoins de développer des pathologies redoutables, ont été isolées à partir du tube digestif de nombreux reptiles (Sesma et Ramos, 1989) et de leur environnement immédiat (Hassl *et al.*, 2003), pouvant déterminer chez ces hôtes des lésions tissulaires ou envahir des lésions préexistantes (Walochnik *et al.*, 1999). Il est cependant probable que ces isolements traduisent un portage passif. Dans ce cas, ces amibes, notamment les kystes d'*Acanthamoeba*, pourraient contaminer la viande des crocodiles lors de la préparation de lots destinés à la consommation humaine.

Métazoaires parasites – Plathelminthes, acanthocéphales, nématodes, pentastomes, hirudinés et arthropodes parasitent fréquemment les crocodiles sous toutes les latitudes (tableau 2). Quelques uns de ces parasites peuvent déterminer des maladies chez les crocodiles, notamment en captivité (e.g. nématodes ascaridés, pentastomes), ou être potentiellement responsables de zoonose (e.g. *Trichinella* spp.).

Cestodes larvaires du genre *Spirometra*

Parmi les plathelminthes, les larves plerocercoides de cestodes pseudophyllidiens, notamment du genre *Spirometra* pourraient être transmises à l'homme par l'ingestion de viande de crocodile infectée crue ou insuffisamment cuite. L'infection peut aussi être contractée soit par l'ingestion accidentelle avec l'eau de boisson de copépodes (premiers hôtes intermédiaires infectés par la larve procercoïde), soit par l'application des grenouilles parasitées écorchées sur des plaies ouvertes (pratique traditionnelle au Sud-Est asiatique). La maladie (sparganose), résulte du parasitisme sous-cutané, oculaire ou viscéral par ces larves plerocercoides (*sparganum*) (Dei-Cas, 1996). Ces cestodes, qui parasitent à l'état adulte l'intestin de mammifères carnivores, mesurent entre 20 et plus de 100 cm de long. Les œufs, operculés et à paroi épaisse, sont pondus non embryonnés, leur développement se poursuivant dans l'eau douce jusqu'à la formation d'un embryon cilié (*coracidium*, d'environ 30 µm) armé avec 6 crochets. Une fois éclôt et ingéré par des copépodes d'eau douce (*Cyclops* spp.), cet embryon se développe en moins de 20 jours en larve procercoïde. Celle-ci poursuit son développement en général chez des grenouilles qui ingèrent des copépodes infestés. Dans l'intestin de ce deuxième hôte intermédiaire, la larve procercoïde traverse la paroi digestive, gagne divers organes, s'enkyste et évolue en larve plerocercoides, ver blanchâtre non segmenté, long de 1 à plus de 5 cm, très actif et qui présente un scolex. Il peut demeurer vivant dans les tissus pendant des mois ou des années, en attendant que ce deuxième hôte intermédiaire soit dévoré par le carnivore hôte définitif. En réalité, ces grenouilles parasitées sont souvent dévorées par des couleuvres ou par des crocodiles. Par exemple, le crocodile du Nil et le crocodile estuarien ingèrent des grenouilles (O'Shea et Halliday, 2002). Les plerocercoides traversent alors la paroi digestive de ces hôtes paraténiques (hôtes d'attente) et s'enkystent vivantes dans ses muscles ou dans d'autres localisations. Comme les serpents (Dei-Cas *et al.*, 1976), les crocodiles pourraient ainsi "concentrer" de nombreuses larves plerocercoides, lesquelles, pour évoluer, devront gagner l'intestin d'un hôte définitif (mammifère carnivore) où elles se fixeront dans la muqueuse du grêle en devenant des vers adultes. Des œufs seront retrouvés dans les selles environ 25 jours plus tard (Dei-Cas *et al.*, 1976).

Nématodes larvaires eustrongylidés

Parmi les nématodes, seules les espèces des genres *Eustrongylides*, *Contracaecum* et *Trichinella* constituent un risque pour l'homme.

Les *Eustrongylides* spp., parasitent à l'état adulte le tube digestif d'oiseaux aquatiques. Leurs larves se développent dans les tissus de poissons, amphibiens et reptiles, pouvant occasionner chez l'homme des perforations intestinales (4 cas humains aux USA avant 1989) (Eberhard *et al.*, 1989) ou d'autres troubles (Beaver et Theis, 1979). Le potentiel zoonotique de ces larves, qui ont été identifiées chez les crocodiles par plusieurs auteurs (Goldberg *et al.*, 1991; Fang *et al.*, 1991; Junker *et al.*, 2006), est réel. L'hôte crocodylien devrait s'infecter à partir de poissons, comme l'on fait deux des cas humains rapportés aux USA en ingérant des "minnows" vivants (*Phoxinus phoxinus* ou vairon) (Eberhard *et al.*, 1989; Narr *et al.*, 1996).

Nématodes larvaires du genre *Contracaecum*

Les larves des nématodes Ascaridoidea du genre *Contracaecum*, dont les adultes parasitent des oiseaux ichtyophages, avec celles des genres *Anisakis* et *Pseudoterranova* (= *Phocanema*), dont les hôtes définitifs sont des mammifères marins, sont des agents reconnus d'anisakiase (ou anisakidose). Après accouplement, la femelle de ces nématodes de grande taille pond des oeufs qui, éliminés avec les selles de l'hôte, vont se développer en larves intra-ovulaires infectantes et éclore dans le fond de la mer. Ingérées par des crustacés euphausiacés, premiers hôtes intermédiaires, elles poursuivront leur évolution. Les oiseaux piscivores ou les mammifères marins pourraient s'infester directement avec les larves lors de l'ingestion des crustacés infestés. Ceux-ci sont aussi la source d'infestation pour des nombreux poissons et pour des calmars qui jouent le rôle d'hôtes paraténiques. Chez les poissons, les larves (1 à 3 cm x 1 mm) se trouvent dans le tube digestif, dans la cavité abdominale, plaquées sur les gonades, dans le foie ou dans les muscles (Mudry *et al.*, 1986). Ces larves sont infectantes pour les hôtes définitifs (oiseaux et mammifères ichtyophages), mais aussi pour d'autres vertébrés piscivores, soit des poissons de plus grande taille, soit des crocodiles, hôtes paraténiques potentiels.

La constatation de la présence de larves de *Contracaecum* chez des crocodyliens (tableau 2) (Goldberg *et al.*, 1991; Moravek, 2001) suggère que leur viande, consommée crue ou insuffisamment cuite, peut être à l'origine d'anisakiase. Cependant, le risque d'infection semble faible quand les crocodiles sont nés en captivité et alimentés soit avec de la nourriture artificielle, soit avec des poissons congelés (=adéquatement cryotraités). Chez l'homme, les larves s'enfoncent dans la paroi digestive en provoquant, dans son épaisseur ou dans les tissus voisins, la formation d'un granulome parasitaire riche en éosinophiles (Mudry *et al.*, 1986; Dei-Cas, 1996). Cette infection peut demeurer asymptomatique ou avoir une expression clinique d'importance variable en fonction des localisations larvaires, de l'importance de l'infestation et de l'intensité de la réponse tissulaire. Enfin, des travaux récents montrent que les larves anisakidae peuvent causer des troubles immuno-allergiques importants et fréquents (Dachner *et al.*, 2005) et que ceux-ci seraient inexistantes quand les larves sont ingérées après congélation (Alonso-Gomez *et al.*, 2004).

Trichinella spp.

Sans doute le risque zoonotique le plus important associé à la consommation de viande de crocodile est représenté par la trichinose (tableau 2). Deux espèces de *Trichinella* viennent d'être décrites chez des crocodiles d'Australie, Papouasie Nouvelle Guinée et d'Afrique: *T. papuae* (Pozio *et al.*, 1999) chez *C. porosus* et *T. zimbabwensis* (Pozio *et al.*, 2002) chez *C. niloticus*, respectivement. Ces nouvelles espèces, qui appartiennent au groupe des *Trichinella* non encapsulées, et qui sont phylogénétiquement proches l'une de l'autre (van der Giessen *et al.*, 2005), ont été détectées chez des crocodyliens en liberté et en captivité, l'une d'elles (*T. zimbabwensis*) s'est avérée capable d'infecter des primates, et l'autre (*T. papuae*) a été identifiée chez des porcs sauvages en Papouasie Nouvelle Guinée (Owen *et al.*, 2005; Pozio *et al.*, 2005; Pozio et Zarlenga, 2005). Par ailleurs, des données récentes de séroprévalence suggèrent que cette espèce infecte les populations humaines en Papouasie Nouvelle-Guinée (Owen *et al.*, 2005; Pozio et Zarlenga, 2005).

Les taux d'infection par ces deux espèces, chez les crocodiles en liberté, sont très élevés: plus de 20% chez *C. porosus* et probablement le même chiffre chez *C. niloticus* (Pozio *et al.*, 2005, 2006).

En captivité, la prévalence chez *C. niloticus* était de presque 40% au Mozambique, où plus de 40% des fermes à crocodiles restaient contaminées par *Trichinella* en 2006 (Pozio *et al.*, 2006). Des causes anthropiques expliqueraient, au moins en partie, ces forts taux d'infection. Ainsi, dans les fermes du Zimbabwe, les crocodiles sont alimentés avec de la viande de crocodile ou de porc parfois infectée. De plus, le transport de crocodiles d'une ferme à l'autre facilite l'extension de l'enzootie (Pozio *et al.*, 2005). En Papouasie Nouvelle Guinée les habitants locaux capturent des jeunes *C. porosus* sauvages et les alimentent pendant plusieurs mois avec de la viande de porc non contrôlée, susceptible d'être contaminée par *T. papuae*, avant de les livrer aux fermes à crocodiles (Pozio *et al.*, 2005).

T. papuae et *T. zimbabwensis* accomplissent le cycle complet chez les crocodiles, hôtes ectothermiques, et les larves résultantes sont infectantes pour d'autres reptiles, des souris de laboratoire et d'autres mammifères (Pozio *et al.*, 2005). Chez les mammifères, les larves infectantes de *T. spiralis* sont sexuellement matures 24 heures après ingestion (Smyth, 1994). Les vers mâles (longueur: 1.5 mm), et les femelles ovovivipares (longueur: 3.5 mm) s'enfoncent dans l'épaisseur de la muqueuse digestive et s'accouplent dans les 30-35 heures post-infection. Une seule femelle de *T. spiralis*, l'espèce la plus connue, peut générer 1500 larves qui deviennent résistantes à la digestion peptique environ 19 jours post-infection et restent vivantes dans le muscle pendant plusieurs années (Smyth, 1994). La prédation, le comportement charognard et, accessoirement, le cannibalisme, assurent la circulation dans les écosystèmes des huit espèces connues de *Trichinella* (*T. spiralis*, *T. nelsoni*, *T. nativa*, *T. britovi*, *T. murrelli*, *T. pseudospiralis*, *T. papuae*, *T. zimbabwensis*).

Pentastomes

Les pentastomes (70 espèces, la plupart parasitant des reptiles), longtemps considérés comme des Pararthropodes, sont maintenant classés parmi les Crustacés, plus précisément chez les Maxillopodes, avec les copépodes, les cirripèdes, les ostracodes et autres groupes (Le Guyader et Lecointre, 2001). Ces arthropodes vermiformes mesurant environ 1 à 10 cm (femelles plus longues que les mâles) parasitent les cavités rhinopharyngées et sinusales de serpents, de crocodiles et d'assez nombreux mammifères carnivores domestiques et sauvages (Dei-Cas *et al.*, 1996). Ils peuvent accidentellement parasiter l'homme en déterminant soit un tableau aigu de gravité variable par localisation de nymphes de pentastomes dans la gorge ou le pharynx, soit un tableau chronique viscéral, souvent asymptomatique, par localisation des larves dans divers organes. Les espèces responsables de pentastomose chez l'homme appartiennent aux genres *Armillifer*, dont les adultes vivent dans l'appareil respiratoire de serpents, et *Linguatula*, dont les adultes vivent dans les fosses nasales, les sinus frontaux et les cavités tympaniques du chien, d'autres canidés et des félidés.

Le cycle biologique de ces parasites est associé au cycle prédateur - proie. Ainsi, le cycle des *Armillifer* a lieu entre les serpents et les rongeurs sauvages, proies fréquentes de ces reptiles. Les oeufs embryonnés, pondus par les adultes dans les voies respiratoires supérieures, sont éliminés par étternement, expectoration ou, après déglutition, avec les selles. Ils contaminent le sol et l'eau. Une fois les oeufs ingérés par un hôte intermédiaire, les larves, qui possèdent 4 appendices caractéristiques en forme de crochet, éclosent dans son intestin, traversent la paroi digestive, migrent dans la cavité abdominale et thoracique et s'enkystent dans les ganglions lymphatiques, le foie, la rate, le poumon ou dans d'autres organes. Elles atteignent le stade de nymphe infectante 250 à 300 jours après l'infestation de l'hôte intermédiaire (Acha et Szyfres, 1989). Les nymphes mesurent environ 5mm de long et ressemblent à l'adulte. Lorsque l'hôte définitif ingère les nymphes infectantes avec les tissus de sa proie, celles-ci migrent dans l'estomac, l'œsophage et gagnent l'arbre respiratoire où, après plusieurs mues, elles atteindront leur maturité, s'accoupleront et commenceront à pondre.

Chez les crocodiles l'on connaît deux familles de pentastomes : Sebekidae, avec les genres *Sebekia*, *Leiperia*, *Alofia*, *Selfia* and *Agema*, et Subtriquetridae avec un seul genre, *Subtriquetra* (Anonyme-c, 2000). Leur cycle biologique est mal connu mais des poissons jouent sûrement le rôle d'hôte intermédiaire. Des larves de *Subtriquetra* ont été détectées chez deux espèces de Cichlidae (Junker *et al.*, 1998) en Afrique du Sud, proies fréquentes du crocodile du Nil. Dans le Nord de l'Australie, des larves de pentastome ont été détectées chez *Melanotaenia (Nematocentrus) maccullochi* ("rainbow fish") et chez *Ambassis* sp. ("perchlets") (Barrow 1988, cité dans: Anonyme-

c, 2000). *Gambusia affinis*, poisson prédateur de larves de moustiques, est l'hôte intermédiaire d'au moins deux pentastomes d'alligator et il a été introduit en Australie (Anonyme-c, 2000). L'infestation de l'homme, hôte accidentel et voie sans issue pour ces parasites, pourrait avoir lieu par consommation de la viande de crocodile infestée crue ou peu cuite, en manipulant cette viande, ou par l'ingestion des oeufs qui contaminent les carcasses des crocodiles infectés, l'eau de boisson ou les aliments (Dei-Cas, 1996; Anonyme-c, 2000). Ces possibilités illustrent le potentiel zoonotique de cette parasitose.

Chez les crocodiles, les pentastomes peuvent être asymptomatiques ou déterminer des pathologies importantes. La migration des nymphes et leur enkystement dans les viscères et les muscles peuvent déterminer des lésions tissulaires sérieuses, qui seront fonction du nombre de parasites, de la susceptibilité de l'hôte et des maladies intercurrentes. Les adultes peuvent même tarauder le tissu pulmonaire et gagner la peau en traversant la paroi thoracique (Lane et Mader, 1996, cités dans: Anonyme-c, 2000). Ces parasites pourraient déterminer des méningites, des pneumonies et entraîner une mortalité surtout chez les jeunes crocodiles en captivité. La pentastomose est perçue comme une des maladies majeures dans les élevages de crocodiles en Australie (Buenviaje *et al.* 1994).

Chez l'homme, l'ingestion d'œufs de *Linguatula* sp. est suivie par l'éclosion des larves qui s'enkystent dans divers organes pouvant demeurer vivantes pendant environ 2 ans (Acha et Szyfres, 1989). Elles se localisent préférentiellement dans le foie, le mésentère ou dans l'épaisseur de la paroi intestinale. Ce parasitisme, en général asymptomatique, est découvert lors d'une intervention chirurgicale, d'un examen radiologique ou d'une autopsie. Il peut se manifester cliniquement lors de localisations oculaires ou lorsqu'elles déterminent des syndromes abdominaux aigus. Les manifestations cliniques de l'armilliférose (=porocéphalose) sont semblables à celles de la linguatulose viscérale. L'examen histopathologique des lésions viscérales révèle les nymphes au sein d'un tissu granulomateux avec des abcès éosinophiliques (Dei-Cas, 1996). Ces lésions peuvent évoluer vers la calcification. En dehors de cela, l'infestation par les nymphes stade 3 de *L. serrata* est à l'origine du syndrome "halzoun" (Liban, Turquie, Grèce) ou "marrara" (Soudan), qui survient en moins de 30 minutes après l'ingestion de foie infesté de mouton et de chèvre, cru ou mal cuit. Il survient alors une irritation douloureuse de la gorge avec oedème et congestion locale, qui peut s'étendre au larynx, aux trompes d'Eustache, la conjonctive, les fosses nasales ou aux lèvres. Souvent l'évolution est rapide et bénigne, sauf chez les individus sensibilisés par une infestation profonde à *L. serrata*. Dans ce cas l'évolution peut conduire à un tableau allergique grave.

Dans la mesure où, dans les fermes d'élevage des crocodiles, on n'introduit pas des poissons hôtes intermédiaires la circulation des pentastomes dans les élevages devrait s'autolimiter. Inversement, l'introduction en Australie de poissons infectés pour nourrir les crocodiles dans les élevages s'est associée, effectivement, avec l'introduction de la pentastomose (Buenviaje *et al.*, 1994, cité dans Anonyme-b, 2005). Les crocodiles pourraient, cependant, s'infecter aussi à partir des œufs de pentastomes (Cosgrove *et al.*, 1994, cité dans Anonyme-c, 2000).

Tableau 2 - Principaux métazoaires parasites de crocodiliens

Espèces parasitaires (groupe zoologique)	Crocodiliens hôtes	Impact sur santé de l'hôte *	Potentiel zoonotique / risque **	Inactivation***	Références ****
Trématodes digénétiens (Acanthostomidae, Schistosomatidae, etc.)	Plusieurs espèces	?	Nul / 0	NA	51, 73, autres auteurs
Spirometra spp. (Pseudophyllidea) (cestodes larvaires)	Plusieurs espèces	?	Réel / 2	Cuisson, congélation	31,49
Polyacanthorhynchus rhopalorhynchus (acanthocéphale)	Caiman yacare	?	Nul / 0	NA	10
Dujardinascaris spp., D. (Gedoelestascaris) vandenbergi, Ortleppascaris sp., Multicaecum agile, Typhlophoros spratti, (nématodes adultes et larvaires)	Plusieurs espèces y compris Crocodylus niloticus (G.v, M.a, Dujardinascaris), Crocodylus porosus (T.s) et C. johnstoni (T.s)	++	Improbable / 0	Cuisson, congélation	26, 36, 39, 51, 75
Contracecum spp. (nématodes larvaires)	Crocodylus moreletti, Caiman yacare	?	Réel / 2	Cuisson, congélation	26, 51
Eustrongylides sp. (nématodes larvaires)	Crocodylus niloticus, Caiman yacare	?	Possible / 2	Cuisson, congélation	26, 36
Micropleura australiensis (nématodes adultes)	Crocodylus johnstoni	?	Probablement nul / 0	NA	50
Trichinella papuae (nématodes adultes et larvaires)	Crocodylus porosus	Apparemment négligeable	Important / 2	Cuisson, congélation	62, 63, 65
Trichinella zimbabwensis (nématodes adultes et larvaires)	Crocodylus niloticus	Apparemment négligeable	Important / 2	Cuisson, congélation	62, 64, 66
Crocodylocapillaria longiovata, Paratrichosoma recurvum (nématodes adultes)	Crocodylus johnstoni, Crocodylus porosus (C.), Crocodylus moreletti (P.)	Possible	nul / NA	NA	52, 53
Oswaldofilaria medemi (nematode adulte) et autres espèces (Befilaria, Conofilaria, Piratuba, Piratuboides et Solafilaria)	Paleosuchus trigonatus (O.m)	+ (si infection massive)	Nul / NA	NA	49 (O.m)
Familles Sebekidae (genres Sebekia, Leiperia, Alofia, Selfia et Agema), et Subtriquetridae (genre Subtriquetra)	Plusieurs espèces Crocodylus niloticus et C. porosus	+ à +++	Réel / 2	-100°C, 72 hs tue nymphes de S. oxycephala dans poisson	5
Sangsues (Hirudinaria manillensis, Placobdella multilineata, P. papillifera)	Plusieurs espèces	?	Nul / NA	NA	4
Arthropodes (tiques, moustiques, taon, mouche tsé-tsé)	Plusieurs espèces	?	Nul / NA	NA	21, 68

* Impact faible (+), modéré (++) ou fort (+++); ** Voir la note du tableau 2; *** Données pour Trichinella spp. (Gary-Toussaint et al., 2005): cuisson à >65°C pendant >1 min, ou congélation à -20°C pendant >30 jours ou à -25°C pendant >10 jours; **** Les chiffres correspondent aux numéros des références listées dans la section 'Références bibliographiques'; NA = non applicable.

3. Infections fongiques

Les crocodiles, notamment les nouveau-nés et les jeunes, peuvent développer des mycoses superficielles ou profondes graves. Des mycoses tégumentaires ont été rapportées à plusieurs reprises et deux graves épidémies à *Chrysosporium*, anamorphe de *Nannizziopsis vriesii*, chez des jeunes *C. porosus* en élevage ont été bien documentées (Thomas et al., 2002). Des mycoses systémiques à *Fusarium moniliforme* (Frelie et al., 1985) et à *Beauveria bassiana* (Fromtling et al., 1979) ont été décrites chez *Alligator mississippiensis*; à *F. solani* (Hibberd, 1996) et à *Paecilomyces lilacinus* (Maslen et al., 1988) chez *C. porosus*. D'autres espèces fongiques plus ubiquitaires ont été citées mais il est difficile de prouver leur implication réelle dans la pathologie observée chez les crocodiles. Le même raisonnement peut être appliqué aux rapports sur des lésions cutanées chez ces reptiles causées hypothétiquement par des dermatophytes et d'autres champignons kératinophiles qui peuvent être isolés du sol.

De toutes façons, les mycoses profondes ne sont pas transmissibles entre hôtes (en exceptant la pneumocystose, qui est restreinte aux mammifères et dont la transmission est hôte-spécifique; Dei-Cas *et al.*, 2006). Quant aux mycoses superficielles, si ces archosauriens développent des lésions cutanées à dermatophytes, le risque de transmission aux personnels qui manipulent les carcasses avant ou pendant le dépeçage existerait cependant.

4. Conclusions

Les risques parasitaires sont variés et potentiellement importants, ce qui traduit la riche biodiversité des écosystèmes aquatiques et terrestres où les crocodiliens jouent le rôle de consommateur au sommet de la pyramide trophique. Dans ce rôle, ils accumulent les stades larvaires de cestodes et nématodes qui traversent la chaîne trophique pour atteindre, grâce aux hôtes intermédiaires et paraténiques, leur hôte définitif, souvent un mammifère ou un oiseau. L'homme se place en quelque sorte "au-dessus" des crocodiles : il cumule les risques, mais il dispose de moyens de prévention pour les éviter.

Les crocodiliens, dans leur situation particulière de prédateurs et de charognards de proies terrestres et aquatiques, contractent d'assez nombreuses infections parasitaires dont le potentiel zoonotique et le risque associé sont variés. Si l'on écarte les infections à protistes et assimilés (plutôt des contaminants des carcasses ou simplement portés par les crocodiles dans leur tube digestif) dont la transmission à l'homme résulterait surtout des défaillances dans les procédés, l'analyse développée dans ce rapport suggère que les parasites de crocodile à plus fort potentiel zoonotique sont les suivants :

- *Trichinella* sp. (*T. papuae* et *T. zimbabwensis*) ;
- les larves plérocercoides de cestodes du genre *Spirometra* (agent de la sparganose) ;
- les pentastomes ;
- Stades larvaires de nématodes du genre *Contracaecum* (agents d'anisakiase).

Cette énumération doit être complétée par les remarques suivantes:

- A l'exception de l'infection par *Trichinella* sp., en général associée à une symptomatologie chez l'homme, les autres parasitoses peuvent soit passer inaperçues chez cet hôte, soit se manifester par des symptômes discrets non spécifiques, soit déterminer des lésions tissulaires importantes;
- Selon les données disponibles, il n'y a pas de cas humains documentés d'infection par les parasites listés qui ait été contractée par l'ingestion de viande de crocodile. Parmi les reptiles, la chair d'un varan (*Varanus nebulosus*) a été à l'origine d'une épidémie de trichinose en Thaïlande (Khamboonruang, 1991, cité dans Pozio *et al.*, 2005) et les serpents sont la source connue des infections humaines dues à *Armillifer* sp. (Pentastomida) (Dei-Cas, 1996) ;
- L'anisakiase est habituellement contractée par l'ingestion de poisson cru non congelé ou insuffisamment congelé. Cependant, si la présence de larves de *Contracaecum* (ou d'autres Anisakidae) chez des crocodiliens se confirme, leur viande deviendrait une source potentielle d'infection humaine.
- La bonne qualité des procédés lors de la préparation de la viande à partir des carcasses, émerge comme une condition essentielle pour éviter les infections à protistes et organismes semblables (e.g. *Blastocystis*). De même, la qualité microbiologique de l'eau employée dans les divers procédés doit tenir compte non seulement des procaryotes mais également des eucaryotes contaminant potentiellement la viande et les mains des personnels participant à la chaîne de production (e.g. *Cryptosporidium*, *Cyclospora*) ; ce risque d'infection demeure faible si la viande est consommée cuite à cœur à une température supérieure à 65°C ou adéquatement cryotraitée.

Enfin, compte tenu de l'état de connaissances sur les parasites des crocodiles et des risques, mentionnés dans ce rapport, les mesures générales proposées pour la prévention de la trichinellose (Gary-Toussaint *et al.*, 2005) pourraient être recommandées pour traiter la viande de crocodile destinée à la consommation humaine ou animale: congélation à -20°C pendant plus de 30 jours, ou à -25°C pendant plus de 10 jours, ou cuisson à cœur à une température supérieure à 65°C pendant plus d'une minute. Ces mesures devraient s'avérer efficaces pour prévenir aussi la transmission des autres parasitoses mentionnées dans ce rapport.

Annexe 2
Les 23 espèces de crocodiles actuels

Famille	Espèce	Chorologie	Alimentation	Viande*	P**
Alligatoridae - 4 ^{ème} dent inférieure non visible (bouche fermé) - museau court et large - 1.5 - 5 m	<i>Alligator mississippiensis</i> (alligator américain)	USA (SE)	Poissons, serpents, tortues, hérons, nutria, rats laveurs, cerfs	?	-
	<i>A sinensis</i> (alligator de Chine)	Chine (E)	?	?	+++
	<i>Caiman crocodilus</i> (caïman commun)	Amérique centrale et du sud	Crabes, gastéropodes, poissons	?	-
	<i>C yacare</i> (yacaré)		Crabes, gastéropodes, poissons, oiseaux, petits mammifères	?	-
	<i>C latirostris</i> ("broad-snouted" caïman)		Mollusques, crustacés, insectes, petits vertébrés	?	-
	<i>Paleosuchus palpebrosus</i> (caïman nain)		?	?	-
	<i>P trigonatus</i> (caïman à tête lisse)		Serpents, lézards, oiseaux, porcs-épics, pacas	?	-
<i>Melanosuchus niger</i> (caïman noir)		Crabes, gastéropodes, mammifères, autres caïmans	?	-	
Crocodylidae - 4 ^{ème} dent inférieure visible (bouche fermé) - museau court et large ou long et étroit - 1.5 - 6.5 m	<i>Crocodylus acutus</i> (crocodile américain)	Amérique (N, centrale, S)	Poissons, crabes, oiseaux, tortues, mammifères	?	+
	<i>C cataphractus</i> (crocodile à museau allongé)	Afrique de l'Ouest et centrale	Crabes, poissons, grenouilles, serpents, singes, mammifères	?	-
	<i>C intermedius</i> (crocodile de l'Orénoque)	Orénoque moyen et bas (Venezuela et Colombie)	Poissons, oiseaux, mammifères, crabes, gastéropodes	?	+++
	<i>C mindorensis</i> (crocodile de Philippines)	Philippines	?	?	+++
	<i>C johnsoni</i> (crocodile d'eau douce)	Australie (N)	Insectes, crustacés, poissons, reptiles, oiseaux, mammifères	?	-
	<i>C moreletii</i> (crocodile de Morelet)	Côte atlantique du Mexique, Guatemala et Belize	Gastéropodes, poissons, tortues, petits mammifères	?	-
	<i>C niloticus</i> (crocodile du Nil)	Afrique subsaharienne et Madagascar	Poissons, antilopes, phacochères, zèbres, bétail, hommes	+++	-
	<i>C novaeguineae</i> (crocodile de Nouvelle Guinée)	Irian Jaya, Papoua Nouvelle Guinée	Poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux	?	-
	<i>C palustris</i> ("mugger")	Bangladesh, Iran, Inde, Népal, Pakistan, Sri Lanka	Poissons, grenouilles, serpents, oiseaux, mammifères (buffles)	?	+
	<i>C porosus</i> (crocodile d'eau salée)	Asie (S et SE), Australie (N), Pacifique (SO)	?	+++	-
	<i>C rhombifer</i> (crocodile de Cuba)	Cuba	Poissons, tortues, oiseaux, petits mammifères	?	++
	<i>C siamensis</i> (crocodile de Siam)	Thaïlande, Cambodge, Vietnam, Indonésie, Laos, Malaysia	Poissons, reptiles, petits vertébrés	?	+++
	<i>Osteolaemus tetraspis</i> (crocodile nain)	Plaines d'Afrique centrale et O	Crabes, frogs, poissons	+	+
<i>Tomistoma schlegelii</i> (faux gavial)	Sumatra, Borneo, Malaysia, Thaïlande	Poissons, petits vertébrés	?	++	
Gavialidae - museau très allongé et étroit, - chez le mâle, appendice bulbeux au bout du museau - 3 - 6.5 m	<i>Gavialis gangeticus</i> (crocodile du Ganges)	Inde (N et E) Népal, Pakistan, Bangladesh	?	?	++

* Consommation de viande; ** Espèce protégée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Acha PN, Szyfres B. Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'Homme et aux animaux. Office International des Epizooties, 1989, Paris.
2. Alonso-Gomez A, Moreno-Ancillo A, Lopez-Serrano MC, Suarez-de-Parga JM, Daschner A, Caballero MT, Barranco P, Cabanas R. Anisakis simplex only provokes allergic symptoms when the worm parasitises the gastrointestinal tract. Parasitol Res. 2004 93(5): 378-84.
3. Anonyme-a. Australian standard for hygienic production of crocodile meat for human consumption. 1998. Commonwealth scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Publications. Melbourne, Australia.
4. Anonyme-b. Importation of Crocodile Meat from Zimbabwe into Australia Draft Import Risk Analysis Paper. 2000 Australian Quarantine and Inspection Service: Canberra.
5. Anonyme-c. Import Risk Analysis Paper for Live Crocodylians and their Eggs. 2000 Australian Quarantine and Inspection Service: Canberra.
6. Anonyme-d. Quarantine requirements for the importation of crocodile meat from Papua New Guinea. 2002. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia. http://www.daffa.gov.au/_data/assets/pdf_file/17027/2002-42a.pdf
7. Aquino-Shuster AL, Duszynski DW. Coccidian parasites (Apicomplexa: Eimeriidae) from two species of caimans, *Caiman yacare* Daudin and *Caiman latirostris* Daudin (Alligatoridae), from Paraguay. J Parasitol 1989 75(3): 348-52.
8. Brooks DR. Comments on the gonotyl of *Proctocaeum macroclomidis* (Tkach and Snyder, 2003) n. comb. (Digenea: Acanthostomidae: Acanthostominae), with a key to the genera of acanthostominae and new phylogenetic tree for *Proctocaeum* Baugh, 1957. J Parasitol 2004 90(3): 594-7.
9. Buenviaje GN, Ladds PW, Melville L, Manolis SC. Disease husbandry associations in farmed crocodiles in Queensland and the Northern Territory. Australian Veterinary Journal 1994 71: 165-73.
10. Catto JB, Amato JFR. Helminth community structure of the caiman, *Caiman crocodylus yacare* (Crocodylia, Alligatoridae) in the Brazilian "Pantanal". 1994 Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria 3: 109-18.
11. Choi WY, Yoo JE, Nam HW, Oh CY, Kim SW, Katakura K, Kobayashi A. *Toxoplasma* antibodies by indirect latex agglutination tests in zoo animals. 1987 Kisaengchunghak Chapchi 25(1): 13-23
12. Cubas ZS. Special challenges of maintaining wild animals in captivity in South America. Review Scientific Technique 1996 15: 267-87.
13. Daschner A, Vega de la Osada F, Pascual CY. Allergy and parasites reevaluated: wide-scale induction of chronic urticaria by the ubiquitous fish-nematode *Anisakis simplex* in an endemic region. Allergol Immunopathol (Madr) 2005 33(1): 31-7.
14. Dei-Cas E. *Larva migrans*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale (Paris, France), Maladies Infectieuses, 1996; 8-518-A-10, 16p.
15. Dei-Cas E, Rodriguez N, Botto C, Osimani JJ. Larvas plerocercoides de *Spirometra* (Dibothriocephalidae) en el hombre y en animales silvestres de Uruguay. Rev Inst Med Trop Sao Paulo 1976; 18: 165-72.
16. Dei-Cas E, Chabé M, Moukhlis R, Durand-Joly I, Aliouat EM, Stringer JR, Cushion MT, Noel C, Sybren de Hoog G, Guillot J, Viscogliosi E. 2006. *Pneumocystis oryctolagi* sp. nov., an uncultured fungus causing pneumonia in rabbits at weaning: review of current knowledge, and description of a new taxon on genotypic, phylogenetic and phenotypic bases. FEMS Microbiol Rev 80: 853-71.
17. Donaldson M, Heyneman D, Dempster R, Garcia L. Epizootic of fatal amebiasis among exhibited snakes: epidemiologic, pathologic, and chemotherapeutic considerations. Am J Vet Res 1975 36(6): 807-17.
18. Eberhard ML, Hurwitz H, Sun Am, Coletta D. Intestinal perforation caused by larval *Eustrongylides* (Nematoda: Dioctophymatoidea) in New Jersey. Am J Trop Med Hyg 1989; 40: 648-650.
19. Euzeby J (1984) Les parasitoses humaines d'origine animale, caractères épidémiologiques. Flammarion Médecine-Sciences, 324 p.
20. Erickson MC, Ortega YR. Inactivation of protozoan parasites in food, water, and environmental systems. Journal of Food Protection 2006 69(11): 2786-808.
21. Ferreira RL, Henriques AL, Rafael JA. Activity of tabanids (Insecta: Diptera: Tabanidae) attacking the reptiles *Caiman crocodylus* (Linn.) (Alligatoridae) and *Eunectes murinus* (Linn.) (Boidae), in the central Amazon, Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2002 97(1): 133-6.
22. Frelief PF, Sigler L, Nelson PE. Mycotic pneumonia caused by *Fusarium moniliforme* in an alligator. Sabouraudia. 1985 23(6): 399-402.
23. Fromtling RA, Kosanke SD, Jensen JM, Bulmer GS. Fatal *Beauveria bassiana* infection in a captive American alligator. J Am Vet Med Assoc. 1979 175(9): 934-6.
24. Gari-Toussaint M, Tieulie N, Baldin J, Dupouy-Camet J, Delaunay P, Fuzibet JG, Le Fichoux Y, Pozio E, Marty P. Human trichinellosis due to *Trichinella britovi* in southern France after consumption of frozen wild boar meat. Euro Surveill 2005 10(6): 117-8.

25. Gillette LJ. 2004. Crocodylians. In: 'The new encyclopaedia of Reptiles and Amphibians'. Halliday T, Adler K (eds). Oxford University Press: Oxford, p 212-223.
26. Goldberg SR, Bursley CR, Aquino-Shuster AL. Gastric nematodes of the Paraguayan caiman, *Caiman yacare* (Alligatoridae). J Parasitol 1991 77(6): 1009-11.
27. Hassl A, Benyr G. Hygienic evaluation of terraria inhabited by amphibians and reptiles: cryptosporidia, free-living amebas, salmonella. Wien Klin Wochenschr 2003 115 Suppl 3:68-71.
28. Hibberd, E.M.A. 1996. Studies of Mycoses in Farmed Estuarine Crocodiles (*Crocodylus porosus* Schneider 1801). M.App.Sci. Thesis, Central Queensland University, Dept of Biology.
29. Hoare CA. Studies on *Trypanosoma grayi*. 2. Experimental transmission to the crocodile. Trans Roy Soc Trop Med Hyg 1929 23: 39-56
30. Hoevers JD, Snowden KF. Analysis of the ITS region and partial ssu and lsu rRNA genes of *Blastocystis* and *Proteromonas lacertae*. Parasitology 2005 131(Pt 2): 187-96.
31. Huchzermeyer FW. Public health risks of ostrich and crocodile meat. Rev Sci Tech 1997 16(2): 599-604.
32. Hunzvi J, Shereni F, Hayter D. Lake Croc Park Abattoir. Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP). 2005 Intertrade (No2): Paris.
33. Jackson MH, Hutchison WM. The prevalence and source of *Toxoplasma* infection in the environment. Adv Parasitol. 1989 28: 55-105.
34. Junker K, Boomker J. Check-list of the pentastomid parasites of crocodylians and freshwater chelonians. Onderstepoort J Vet Res 2006 73(1): 27-36.
35. Junker K, Boomker J, Booyse DG. Experimental studies on the life-cycle of *Sebekia wedli* (Pentastomida: Sebekidae). Onderstepoort J Vet Res 1998 65(4): 233-7.
36. Junker K, Wallace K, Leslie AJ, Boomker J. Gastric nematodes of Nile crocodiles, *Crocodylus niloticus* Laurenti, 1768, in the Okavango River, Botswana. Onderstepoort J Vet Res 2006 73(2):111-4.
37. Kardong KV. 1998. Vertebrates. Comparative anatomy, function, evolution. WCB, McGraw-Hill: Boston.
38. Kozar Z. Attempted adaptation of human toxoplasma to cold-blooded animals. Biul Panstw Inst Med Morsk Trop J W Gdansk 1952 4(1): 7-14; English transl 23-8.
39. Ladds PW, Mangunwirjo H, Sebayang D, Daniels PW. Diseases in young farmed crocodiles in Irian Jaya. Vet Rec 1995 136(5): 121-4.
40. Ladds PW, Sims LD. Diseases of young captive crocodiles in Papua New Guinea. Aust Vet J 1990 67(9): 323-30.
41. Lainson R, Paperna I, Naiff RD. Development of *Hepatozoon caimani* (Carini, 1909) Pessoa, De Biasi & De Souza, 1972 in the Caiman *Caiman c. crocodilus*, the frog *Rana catesbeiana* and the mosquito *Culex fatigans*. Mem Inst Oswaldo Cruz 2003 98(1):103-13.
42. Lainson R. *Trypanosoma cecili* nov. gen. a parasite of the South American cayman, *Caiman crocodiles crocodilus* (Linnaeus, 1758) (Crocodylia: Alligatoridae). Protozoology 3: 87-93
43. Lecointre G, Le Guyader H. 2001. Classification phylogénétique du vivant. Belin: Paris.
44. Leelayoova S, Rangsin R, Taamasri P, Naaglor T, Thathaisong U, Mungthin M. Evidence of waterborne transmission of *Blastocystis hominis*. Am J Trop Med Hyg 2004 70(6):658-62.
45. Madrigal Sesma MJ. [Isolation of free-living amoebae, potentially pathogenic for humans, from 3 species of saurians from the western Canary Islands] Rev Sanid Hig Publica (Madr) 1988 62(1-4):1405-9.
46. Madsen M. Prevalence and serovar distribution of *Salmonella* in fresh and frozen meat from captive Nile crocodiles (*Crocodylus niloticus*). Int. J. of Fod Microb. 1996 29 : 111-118.
47. Maslen M, Whitehead J, Forsyth WM, McCracken H, Hocking AD. Systemic mycotic disease of captive crocodile hatchling (*Crocodylus porosus*) caused by *Paecilomyces lilacinus*. J Med Vet Mycol. 1988 26(4): 219-25.
48. Marinkelle CJ. *Oswaldofilaria medemi* n.sp. (Nematoda: Filarioidea), from the smooth-fronted caiman, *Paleosuchus trigonatus* from Colombia. Rev Biol Trop. 1981 29(1): 5-10.
49. Millan JM, Purdie JL, Melville LF. Public health risks of the flesh of farmed crocodiles. Rev Sci Tech. 1997 16(2):605-8.
50. Moravec F, Kay WR, Hobbs RP. *Micropleura australiensis* n. sp. (Nematoda: Micropleuridae) from the body cavity of *Crocodylus johnsoni* in Western Australia. J Parasitol 2004 90(2):322-6.
51. Moravec F. Some helminth parasites from Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, from Yucatan, Mexico. Folia Parasitol (Praha) 2001 48(1): 47-62.
52. Moravec F, Vargas-Vazquez J. First description of the male and redescription of the female of *Paratrichosoma recurvum* (Nematoda: Capillariidae), a skin-invading parasite of crocodiles in Mexico. Parasitol Res 1998 84(6): 499-504.
53. Moravec F, Spratt DM. *Crocodylocapillaria longiovata* n.gen., n.sp. (Nematoda: Capillariidae) from the stomach of crocodiles in Australia and New Guinea. J Parasitol. 1998 84(2): 426-30.

54. Moravek F, Kaiser H. Helminth Parasites from West Indian Frogs, with Descriptions of Two New Species. 1995 Caribbean Journal of Science 31(3-4): 252-68.
55. Mudry J, Lefebvre P, Dei-Cas E, Vernes A, Poirriez J, Debat M, Marti R, Binot P, Cortot A. Anisakiase humaine: 5 cas dans le Nord de la France. Gastroenterol Clin Biol 1986; 10: 83-7.
56. Narr LL, O'Donnell JG, Libster B, Alessi P, Abraham D. Eustrongylidiasis-a parasitic infection acquired by eating live minnows. J Am Osteopath Assoc 1996 96(7): 400-2.
57. Noel C, Dufernez F, Gerbod D, Edgcomb VP, Delgado-Viscogliosi P, Ho LC, Singh M, Wintjens R, Sogin ML, Capron M, Pierce R, Zenner L, Viscogliosi E. Molecular phylogenies of *Blastocystis* isolates from different hosts: implications for genetic diversity, identification of species, and zoonosis. J Clin Microbiol 2005 43(1): 348-55.
58. O'Shea M, Halliday T. 2002. Reptiles and amphibians. Dorling Kindersley Handbooks: London.
59. Omata Y, Umeshita Y, Murao T, Kano R, Kamiya H, Kudo A, Masukata Y, Kobayashi Y, Maeda R, Saito A, Murata K. *Toxoplasma gondii* does not persist in goldfish (*Carassius auratus*). 2005 J Parasitol 91: 1496-9.
60. Owen IL, Gomez Morales MA, Pezzotti P, Pozio E. *Trichinella* infection in a hunting population of Papua New Guinea suggests an ancient relationship between *Trichinella* and human beings. Trans R Soc Trop Med Hyg 2005 99(8):618-24.
61. Papin N, Jaouani M. Les conditions d'élevage et d'abatage de crocodiles destinés à la consommation humaine. 2005 Intertrade (No2): Paris.
62. Pozio E, Zarlenga DS. Recent advances on the taxonomy, systematics and epidemiology of *Trichinella*. Int J Parasitol 2005 35(11-12):1191-204.
63. Pozio E, Owen IL, La Rosa G, Sacchi L, Rossi P, Corona S. *Trichinella papuae* n.sp. (Nematoda), a new non-encapsulated species from domestic and sylvatic swine of Papua New Guinea. Int J Parasitol. 1999 29(11):1825-39.
64. Pozio E, Foggin CM, Marucci G, La Rosa G, Sacchi L, Corona S, Rossi P, Mukaratirwa S. *Trichinella zimbabwensis* n.sp. (Nematoda), a new non-encapsulated species from crocodiles (*Crocodylus niloticus*) in Zimbabwe also infecting mammals. Int J Parasitol 2002 32(14): 1787-99.
65. Pozio E, Owen IL, Marucci G, La Rosa G. Inappropriate feeding practice favors the transmission of *Trichinella papuae* from wild pigs to saltwater crocodiles in Papua New Guinea. Vet Parasitol 2005 127(3-4):245-51.
66. Pozio E, Foggin CM, Gelanew T, Marucci G, Hailu A, Rossi P, Morales MA. *Trichinella zimbabwensis* in wild reptiles of Zimbabwe and Mozambique and farmed reptiles of Ethiopia. Vet Parasitol. 2006 (sous presse).
67. Puthia MK, Sio SW, Lu J, Tan KS. *Blastocystis ratti* induces contact-independent apoptosis, F-actin rearrangement, and barrier function disruption in IEC-6 cells. Infect Immun 2006 74(7): 4114-23.
68. Rainwater TR, Platt SG, Robbins RG, McMurry ST. Ticks from a Morelet's crocodile in Belize. J Wildl Dis 2001 37(4):836-9.
69. Sesma MJ, Ramos LZ. Isolation of free-living amoebas from the intestinal contents of reptiles. J Parasitol 1989 75(2): 322-4.
70. Siam MA, Salem GH, Ghoneim NH, Michael SA and El Refay AH. Cryptosporidia in ectotherms and human contacts. 1994 Assiut Veterinary Medical Journal 32: 126-30.
71. Slapeta JR, Modry D, Votycka J, Jirku M, Lukes J, Koudela B. Evolutionary relationships among cyst-forming coccidia *Sarcocystis* spp. (Alveolata: Apicomplexa: Coccidea) in endemic African tree vipers and perspective for evolution of heteroxenous life cycle. 2003 Mol Phylogenet Evol 27(3):464-75.
72. Smyth JD. 1994. Introduction to Animal Parasitology. Cambridge University Press: New York.
73. Snyder SD. Phylogeny and paraphyly among tetrapod blood flukes (Digenea: Schistosomatidae and Spirorchidae). Int J Parasitol 2004 34(12):1385-92.
74. Soulsby E.J.L. (1982) Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. Baillière Tindall – London, 809 p.
75. Sprent J.F. Species of *Typhlophoros* von Linstow, 1906 (Nematoda: Ascaridoidea) in Old World crocodilians. Syst Parasitol 1999 43(3): 229-36.
76. Stone WB, Manwell RD. Toxoplasmosis in cold-blooded hosts. J Protozool 1969 16(1): 99-102.
77. Teow WL, Ng GC, Chan PP, Chan YC, Yap EH, Zaman V, Singh M. A survey of *Blastocystis* in reptiles. Parasitol Res 1992 78(5):453-5.
78. Thomas AD, Sigler L, Peucker S, Norton JH, Nielan A. *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* associated with fatal cutaneous mycoses in the salt-water crocodile (*Crocodylus porosus*). Med Mycol 2002 40(2): 143-51.
79. van der Giessen JW, Fonville M, Briels I, Pozio E. Phylogenetic analysis of encapsulated and non-encapsulated *Trichinella* species by studying the 5S rDNA tandemly repeated intergenic region. Vet Parasitol 2005 132(1-2): 51-5.
80. Walochnik J, Hassl A, Simon K, Benyr G, Aspöck H. Isolation and identification by partial sequencing of the 18S ribosomal gene of free-living amoebae from necrotic tissue of *Basilliscus plumifrons* (Sauria: Iguanidae). Parasitol Res 1999 85(7):601-3
81. Wiwanitkit V. (2005) A review of human sparganosis in Thailand. Int J Infect Dis.; 9(6):312-6. Epub 2005 Jul 14.