

Paléontologie générale / General palaeontology

## Nouvelle approche taphonomique des coprolithes du Tell d'Hârșova (Roumanie) : contribution de la cathodoluminescence

Matthieu Le Bailly<sup>a,\*</sup>, Vincent Barbin<sup>b</sup>, Adrian Bălășescu<sup>c</sup>, Dragomir Popovici<sup>c</sup>,  
Françoise Bouchet<sup>a</sup>, Jean-Claude Paicheler<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire de paléoparasitologie, UFR de pharmacie, université de Reims, EA 3798,  
CNRS UMR 5197, 51, rue Cognacq-Jay, 51096 Reims cedex, France*

<sup>b</sup> *GEGENA, EA 3795, UFR de sciences exactes et naturelles, université de Reims, 2, esplanade Roland-Garros, 51100, Reims, France*

<sup>c</sup> *Centre national des recherches pluridisciplinaires, musée national d'histoire de la Roumanie, Calea Victoriei 12, 030026 Bucarest, Roumanie*

Reçu le 10 octobre 2005 ; accepté après révision le 4 juillet 2006

Disponible sur internet le 22 août 2006

### Résumé

Une étude de lames minces a été effectuée dans des coprolithes du Tell néolithique d'Hârșova. Deux variétés de coprolithes, compacte et friable, peuvent être distinguées. Les deux types de coprolithes contiennent des débris d'os, témoins de leur origine carnivore ou omnivore. Des observations complémentaires des lames minces sous cathodoluminescence ont révélé, à divers degrés, la présence de calcite chargée de manganèse dans les porosités des coprolithes. Ces minéralisations pourraient être dues à des circulations d'eau, responsables du lessivage des coprolithes. Par conséquent, la cathodoluminescence montre un réel potentiel dans la compréhension des processus de fossilisation des coprolithes. *Pour citer cet article : M. Le Bailly et al., C. R. Palevol 5 (2006).*

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

**New taphonomic approach of the coprolites of Hârșova Tell (Romania): contribution of the cathodoluminescence.** A study was conducted on petrographic thin sections of coprolites from the Neolithic site of Hârșova. Two varieties of coprolites, a compact and a friable one, could be distinguished. Both types contain bone particles, which is indicative of a carnivore or an omnivore's origin. Complementary light-optical- and cathodoluminescence-microscopy analyses were carried out on coprolites. Cathodoluminescence microscopy clearly revealed a variable degree of Mn-bearing calcite precipitation in the pores of the coprolites. This mineralization was likely caused by advective water transport through the pore system. Therefore, cathodoluminescence investigations show a great potential to gain a better knowledge of the early fossilization process in coprolites. *To cite this article: M. Le Bailly et al., C. R. Palevol 5 (2006).*

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [matthieu.lebailly@univ-reims.fr](mailto:matthieu.lebailly@univ-reims.fr) (M. Le Bailly).

*Mots clés* : Coprolithes ; Taphonomie ; Cathodoluminescence ; Paléoparasitologie ; Néolithique ; Roumanie

*Keywords*: Coprolites; Taphonomy; Cathodoluminescence; Palaeoparasitology; Neolithic; Romania

### Abridged English version

The Neolithic Tell of Hârşova (Romania) is located at the foot of a calcareous hill on right bank of the Danube River (actually in the southeastern part of Hârşova) (Fig. 1). This Tell, which is one of the most important in Romania, has a diameter of approximately 150 to 200 m, for a height of more than 12 m. The erosion due to the Danube activity and the recent anthropic activities cut the southern part of the Tell and exposed a great natural stratigraphic section [17,21].

The first archaeological deposits belong to the Boian-Vidra culture (5100–4550 BC). They are overlaid by levels corresponding to the Boian-Spanţov (4900–4570 BC), Hamangia III (5100–4550 BC), Gumelniţa A1 (4570–4500 BC), Gumelniţa A2 (4500–4250 BC) and Cernavoda I (4000–3650 BC) cultures [5,11,12,15].

Excavations were carried out by Galbenu [8,9], by Popovici and Haşotti [17,19,20]. Since 1993, they are part of a French-Rumanian archaeological program directed by Rialland and Randoin. The excavations were conducted according to a ‘chronostratigraphic’ recording methodology coupled to studies of archaeozoology, carpology, sedimentology, micromorphology, anthracology and palynology [20]. As part of this multidisciplinary approach, palaeoparasitologic analyses were performed on material sampled during the various excavation campaigns (1993–2002).

During the excavations of the Tell, many coprolites were taken from two traditional domestic zones of the Boian-Spanţov (4900–4570 BC) and Gumelniţa A2 (4500–4250 BC) cultures [4]. These zones (Fig. 2), respectively labelled C521 and C720, were defined, using their organic content (ashes, coals, molluscs, vertebrate bones and plants) [20], as ‘zones with domestic remainders’ or ‘dump zones’. Two types of coprolites were defined. The first, compact (Fig. 3a), had an important cohesion, and contained many splinters of bones visible with the naked eye. These coprolites were allotted to omnivores or carnivores. The second, powdery (Fig. 3b), were allotted to herbivores [20].

Paleoparasitological studies based on a micrometric separation of elements [14] and undertaken on both types of coprolites, did not point out any egg of parasitic

helminths. Two hypotheses were proposed: (1) the elements studied were not coprolites, but rather mineral concretions partly carbonated; (2) the taphonomic processes that controlled the deposit environment did not allow the conservation of the parasitic remains. To test these possibilities, thin slides (30 µm of thickness) were realized on several coprolites (Table 1). These preparations were analysed in optical microscopy under cathodoluminescence.

The study under optical microscope (objective × 4) showed several criteria characteristic of the compact coprolites. The coprolites were systematically surrounded by a thin layer of accumulation of mineral remains belonging to the sedimentary context and contained many ‘air vacuoles’ (Fig. 3a). These microscopic observations performed on the two types of coprolites showed many organic inclusions attributed to splinters of bone (Fig. 3c and d).

In the two cases, the observation in cathodoluminescence allowed us to observe yellow–green luminescence due to the presence of phosphates in more or less complexed form (bio-apatite), confirming the presence of splinters of bones (Fig. 3e and f). The description of splinters of bones in every coprolite, both in the strong cohesion and in the powdered ones, invalidated the first hypothesis on their origin. Indeed, the coprolites P6 and P7, initially attributed to herbivores, contained splinters of bones and were ascribable to omnivores or carnivores (Fig. 3d).

In the compact coprolites P1 and P50, important calcite concretions, in the form of microcrystals covering the inner side of the ‘air vacuoles’, showed a characteristic red luminescence (Fig. 3g and 3h). On the contrary, the other samples do not present any or only very few calcifications, both in the vacuoles and in the organic matrix. The cathodoluminescence allowed us to classify the coprolites studied into two groups: coprolites with important calcification, and coprolites with weak mineralization. The presence or the absence of this mineralization raised questions about the taphonomy process. The coprolites of the first group underwent the action of mineralized fluids charged in calcium cations. The passage of these fluids would also explain the total absence of parasitic remains (eggs) in the coprolites by migration per descensum of these elements.

The coprolites of the second group were not in contact with such fluids. However, just like the first, they contained no parasitic remain. These coprolites could, thus, have undergone the action of less mineralized fluids, explaining the absence or the weak concentrations of secondary calcite.

During this work, cathodoluminescence applied to petrographic thin section allowed us to identify the biological origin (carnivorous/omnivorous or herbivorous) of the coprolites at the site of Hârşova, and to propose explanations regarding the total absence of parasitic remains in the material. Different conditions of conservation of the coprolites in the archaeological layers of the site were also pointed out. This work provides a new application for the taphonomical studies of the coprolites. The cathodoluminescence could be used in similar studies on older material, such as coprolites from Quaternary and Tertiary, where the palaeoparasitologic studies are still very rare [7,13] because of the problems encountered in the characterization of coprolites and the preservation of parasitic elements.

## 1. Introduction

Les sites archéologiques recèlent souvent des coprolithes, dans des états de conservation plus ou moins bons. Les études menées généralement sur ces matériels touchent le domaine du végétal (pollen, macroflores), et animal (œufs d'helminthes). Ces analyses fournissent des informations sur le mode de vie des populations anciennes et leurs pathologies.

Pour la première fois, la microscopie sous cathodoluminescence est employée pour étudier des lames minces de coprolithes. Cette étude, menée sur du matériel retrouvé dans le site néolithique d'Hârşova en Roumanie, doit permettre de répondre à plusieurs questions concernant la taphonomie des coprolithes.

## 2. Présentation du site et contexte d'étude

Le Tell se situe au pied d'un massif calcaire qui constitue une colline sur la rive droite du Danube (actuellement au sud-est de la ville d'Hârşova, Fig. 1). Ce Tell est l'un des plus vastes de Roumanie ; il présente un diamètre d'environ 150 à 200 m, pour une hauteur de plus de 12 m. L'érosion liée au Danube et aux activités anthropiques récentes a entaillé la partie sud du Tell, ouvrant une grande coupe stratigraphique [18,21].

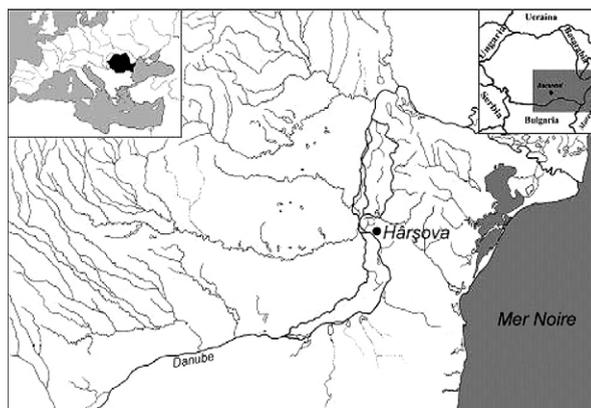


Fig. 1. Situation géographique du Tell d'Hârşova.  
Fig. 1. Geographic location of Hârşova Tell.

Les premiers dépôts archéologiques appartiennent à la phase Boian-Vidra (5100–4550 BC). Ils sont surmontés par les assises correspondant aux phases Boian-Spantov (4900–4570 BC), Hamangia III (5100–4550 BC), Gumelnița A1 (4570–4500 BC), Gumelnița A2 (4500–4250 BC) et Cernavoda I (4000–3650 BC) [5,11,12,15].

Les fouilles ont été réalisées par Galbenu [8,9], puis par Popovici et Haşotti [17,19,20]. Depuis 1993, les recherches se déroulent dans le cadre d'un programme de coopération archéologique franco-roumain, en collaboration avec une équipe française, dirigée par Riolland et Randoïn. Les fouilles sont conduites selon une méthodologie d'enregistrement « chronostratigraphique », couplée à des études variées d'archéozoologie, de carpologie, de sédimentologie, de micromorphologie, d'anthracologie et de palynologie [22]. Dans cette perspective multidisciplinaire, des analyses paléoparasitologiques sont menées sur du matériel prélevé lors des différentes campagnes de fouille (1993–2002).

## 3. Matériel et méthode

Lors des fouilles du Tell, de nombreux coprolithes ont été mis au jour dans les différentes structures étudiées de deux zones ménagères, attribuées aux cultures Boian-Spantov (4900–4570 BC) et Gumelnița A2 (4500–4250 BC) [4]. Ces zones (Fig. 2), indicées C521 et C720, sont structurées en plusieurs unités stratigraphiques (Tableau 1). Ces unités ont été définies d'après leur contenu en cendres, charbons, mollusques, ossements de vertébrés (poissons, reptiles, oiseaux et mammifères), associé à des restes végétaux [20]. Ces

Tableau 1

Coprolithes étudiés (nc: non communiqué)

Table 1

Coprolithes studied (nc: not communicated)

N° d'échantillon	Culture	Secteur	US	Structure	Type
1	Boian-Spantov	nc	nc	Habitation	Compact
14	Gumelnita A2	3	8026–6786	C. 720	Compact
22	Gumelnita A2	nc	8434	C. 720	Compact
31	Gumelnita A2	10	4473–4372	C. 521	Compact
37	Gumelnita A2	10	5308–5340	C. 521	Compact
38	Gumelnita A2	10	5375	C. 521	Compact
40	Gumelnita A2	10	5392	C. 521	Compact
45	Gumelnita A2	10	5392	C. 521	Compact
46	Gumelnita A2	10	5254	C. 521	Compact
50	Gumelnita A2	5	2616	Habitation	Compact
6	Gumelnita A2	12	11320	Habitation	Pulvérulent
7	Gumelnita A2	8	9804–6487	Habitation	Pulvérulent

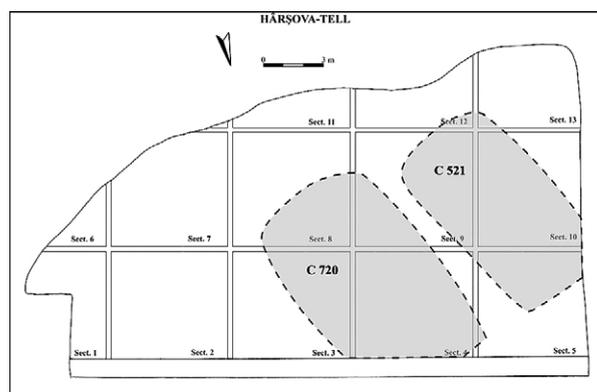


Fig. 2. Plan du site d'Hârșova.

Fig. 2. Hârșova Tell plan.

zones d'accumulation de déchets, situées à l'extérieur des espaces bâtis, sont reconnues comme une composante caractéristique de l'évolution chronostratigraphique du site. Elles correspondent aux restes d'une structure d'habitation détruite et abandonnée. Elles ont été définies dans leur ensemble comme des « zones à restes ménagers » ou des « zones dépotoirs ». D'autres sites préhistoriques roumains ont fourni des coprolithes dans des contextes similaires, comme à Siliștea Conac (culture Boian Giulești) [1], à Bordușani et à Luncavița (culture Gumelnita).

Deux types de coprolithes ont été définis. Les premiers, compacts (Fig. 3a), présentent une cohésion importante, et contiennent de nombreuses esquilles d'os visibles à l'œil nu. Ces coprolithes sont attribués à des omnivores ou des carnivores. Les seconds, pulvérulents (Fig. 3b), évoquent la présence d'herbivores [20].

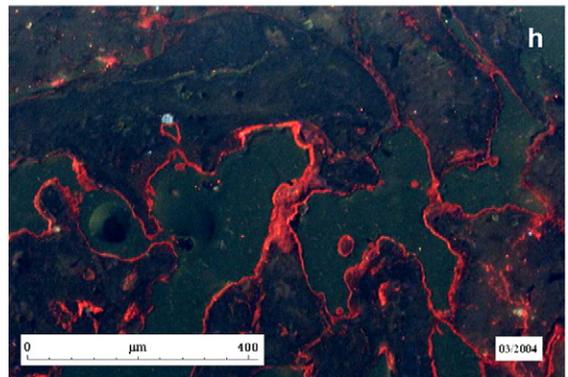
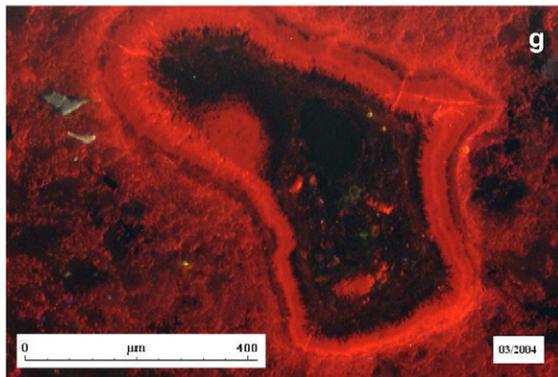
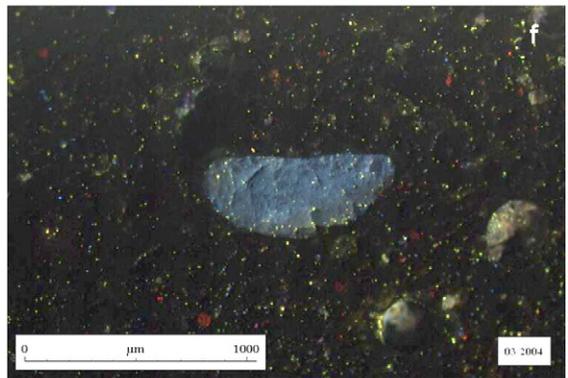
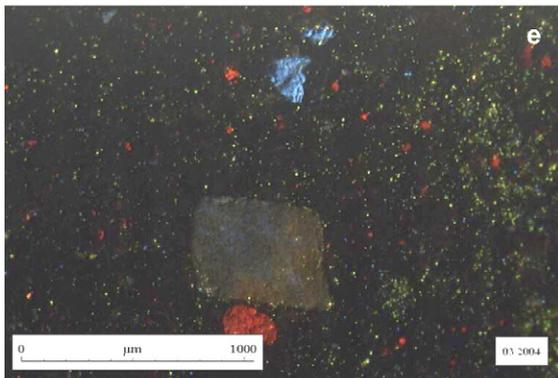
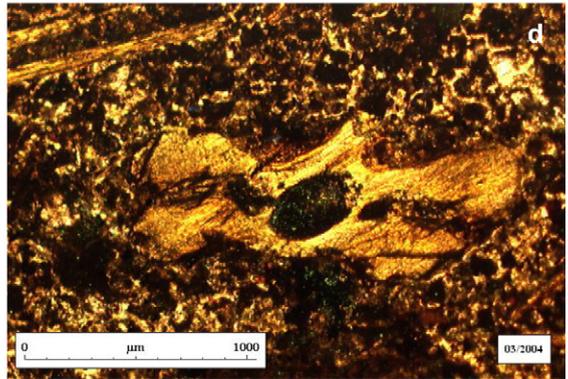
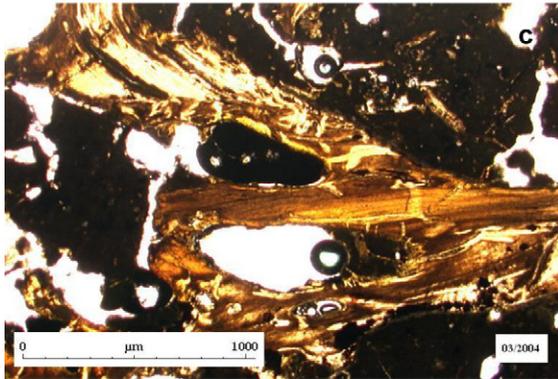
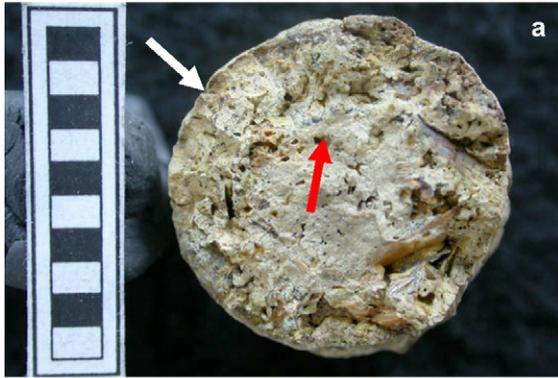
Les études paléoparasitologiques basées sur une séparation micrométrique des éléments [6,14] et menées

sur ces différents coprolithes n'ont permis de mettre en évidence aucun œuf fossilisé d'helminthes parasites. Deux hypothèses ont été proposées : (1) les éléments en question ne sont pas des coprolithes, mais des concrétions minérales en partie carbonatées ; (2) les processus taphonomiques qui ont géré le milieu de dépôt n'ont pas permis la conservation des restes parasitaires. Pour tester ces hypothèses, des lames minces de 30  $\mu\text{m}$  d'épaisseur ont été réalisées sur plusieurs coprolithes (Tableau 1). Ces lames minces sont une étape fondamentale pour l'observation des échantillons. Elles ont fait l'objet d'une analyse en microscopie optique sous cathodoluminescence.

#### 4. Principe de la cathodoluminescence

La cathodoluminescence (CL) a pour objet l'étude de l'émission directe de photons par les minéraux et les roches lors d'un bombardement électronique.

Parmi les impuretés activatrices de la cathodoluminescence, c'est-à-dire les atomes étrangers à la stœchiométrie normale d'un solide, les ions des métaux de transition et ceux des terres rares sont très efficaces en cathodoluminescence, en raison de leur configuration électronique. Le principal activateur de la luminescence dans les carbonates est l'ion  $\text{Mn}^{2+}$ . Une concentration de l'ordre de 10 ppm permet une observation visuelle de la luminescence [3,16]. Les travaux concernant les os [2,24] ou l'émail [10,23] restent rares. Comme pour les carbonates, il existe une luminescence intrinsèque (plus ou moins bleue) dans les bio-apatites. La luminescence induite par le  $\text{Mn}^{2+}$  dans ce minéral est un peu plus jaune que dans la calcite, généralement entre 560 et 590 nm, selon le site dans lequel le manganèse est en substitution. La position des pics liés à la présence REE



est relativement peu différente d'un minéral à l'autre, car peu influencée par le champ cristallin [3].

Pour l'observation de la CL et l'imagerie, un appareil à cathode froide de type OPEA, équipé d'un canon à électrons, est utilisé. La tension électrique se situe en général autour de 8 à 20 kV. Dans la chambre règne un vide primaire de quelques milliliters. Le système à cathode froide fonctionne couplé à un microscope Olympus (BX-50) et est relié à un ordinateur pour la saisie d'image. L'acquisition d'images se fait à l'aide d'une caméra Tri CCD couleur Sony DXC-930P (720 lignes TV horizontales, 752 × 582 éléments actifs) montée sur optique Olympus. La caméra est reliée à un boîtier de réglage des paramètres d'acquisition vidéo. Les images peuvent être empilées grâce à un empileur MSP-930P. La capacité d'empiler les images permet les observations de faibles luminescences comme en microscopie à cathode chaude, avec, cependant, une légère diminution de la netteté de l'image.

## 5. Résultats et discussion

L'étude au microscope optique (grossissement × 4) a permis de mettre en évidence plusieurs critères caractéristiques des coprolithes compacts. Ces derniers sont systématiquement entourés d'une pellicule d'accumulation de débris minéraux appartenant au contexte sédimentaire et contiennent de nombreuses « vacuoles aérifères » (Fig. 3a). Les observations microscopiques effectuées sur les deux types de coprolithes montrent de nombreuses inclusions organiques attribuées à des esquilles d'os (Figs. 3c et d).

Dans les deux cas, l'observation en cathodoluminescence permet d'observer des luminescences jaune-vert,

attribuées à la présence de phosphates sous forme plus ou moins complexée (bio-apatite), confirmant la présence d'esquilles d'os (Fig. 3e et f). La mise en évidence d'esquilles d'os dans l'ensemble des coprolithes, tant à forte cohésion que pulvérulents, va à l'inverse des hypothèses émises quant à leur origine. En effet, les coprolithes P6 et P7, attribués initialement à des herbivores, contiennent des esquilles d'os et sont donc attribuables à des omnivores ou à des carnivores (Fig. 3d).

Dans les coprolithes compacts P1 et P50, d'importantes concrétions de calcite, sous forme de microcristaux, tapissant l'intérieur des « vacuoles aérifères », présentent une luminescence rouge caractéristique (Figs. 3g et h). À l'inverse, les autres échantillons ne présentent pas ou que très peu de calcifications, tant dans les vacuoles que dans la matrice organique.

La cathodoluminescence permet donc de classer les coprolithes étudiés en deux groupes : les coprolithes compacts à calcification importante, et les coprolithes pulvérulents à minéralisation faible. La présence ou l'absence de cette minéralisation soulève des questions sur la taphonomie de ces deux groupes. Les coprolithes du premier groupe ont subi l'action de fluides minéralisateurs chargés en ions calcium. Le passage de ces flux permettrait également d'expliquer l'absence totale de restes parasitaires fossiles dans les coprolithes par lessivage.

Les coprolithes du second groupe n'ont pas été en contact avec de tels fluides. Cependant, ces derniers ne recèlent, tout comme les premiers, aucun reste parasitaire. Ces coprolithes pourraient donc avoir subi l'action de flux moins minéralisés, expliquant ainsi l'absence ou les faibles concentrations de calcite secondaire.

Fig. 3. (a) Coprolithe compact (échantillon P1) enrobé d'une pellicule minérale appartenant au contexte sédimentaire (flèche blanche). Cette vue macroscopique montre les vacuoles aérifères (flèche rouge) (échelle = 2 cm). (b) Coprolithe pulvérulent (échantillon P6) en vue macroscopique (échelle = 2 cm). (c) Esquille d'os dans un coprolithe compact (échantillon P1) vue en microscopie optique. (d) Esquille d'os vue en microscopie optique dans un coprolithe pulvérulent (échantillon P6). (e) Vue d'un coprolithe compact (échantillon P22) en cathodoluminescence. Différentes teintes sont observables : orange, calcite ; jaune-vert, apatite, probablement néoformée ; bleu, feldspath potassique ; le gros élément bleuté présente la luminescence intrinsèque de la bio-apatite. (f) Vue d'un coprolithe pulvérulent (échantillon P7) sous cathodoluminescence. Les spots jaune-vert dans la matrice correspondent à la présence d'apatite, probablement néoformée. Les deux éléments jaune-vert correspondent à de la bio-apatite. Le gros élément bleu présente la luminescence intrinsèque de la bio-apatite. (g) Détail d'une vacuole aérifère dans un coprolithe compact (échantillon P1) montrant la croissance centripète des cristaux de calcite. Photo sous cathodoluminescence. (h) Aspect vacuolaire d'un coprolithe compact (échantillon P50). Cette vue sous cathodoluminescence montre la luminescence rouge caractéristique de la calcite.

Fig. 3. (a) Compact coprolite (P1) from Hârşova Tell coated with a sedimentary context mineral thin layer (white dart). This macroscopic view shows air vacuoles (red dart) (scale = 2 cm). (b) Friable coprolites (P6) from Hârşova Tell (scale = 2 cm). (c) Bones fragments under natural light (sample P1). (d) Bone fragments under natural light (sample P6). (e) Compact coprolites under cathodoluminescence. Various kinds of luminescence are observed: yellow-green, apatite; red, calcite; blue, potassic feldspars. (f) Friable coprolites under cathodoluminescence. The yellow-green spots in the matrix sign the presence of neoformed apatite. The great yellow-green element is phosphate. (g) Air-vacuole covered with calcite under cathodoluminescence (sample P1). (h) Vacuolar aspect of compact coprolites (sample 50). The characteristic red luminescence of calcite can be observed.

## 6. Conclusion

Au cours de ce travail, la microscopie sous cathodoluminescence, appliquée à la paléoparasitologie, permet de préciser l'origine biologique (carnivore/omnivore) des coprolithes du site d'Hârşova, et de proposer des explications à l'absence totale de restes parasitaires dans le matériel.

Des conditions de conservation contrastées des coprolithes dans les différentes couches archéologiques du site sont aussi mises en évidence. Ce travail est une application nouvelle pour les études taphonomiques des coprolithes. La cathodoluminescence appliquée à l'observation de lames minces devrait permettre de mieux appréhender l'étude d'autres coprocénoses issues de contextes plus anciens du Quaternaire et du Tertiaire. Dans ces périodes plus anciennes, les études paléoparasitologiques restent peu nombreuses [7,13], en raison des problèmes rencontrés dans la caractérisation de coprolithes et la préservation des éléments parasitaires.

## Références

- [1] A. Bălăşescu, V. Radu, Oamenii și animale, Strategii și resurse la comunitățile preistorice Hamangia și Boian, Biblioteca Muzeului Național, Seria Cercetări Pluridisciplinare 9, Editura Cetatea de Scaun, Bucarest, 2004.
- [2] V. Balter, H. Bocherens, A. Person, N. Labourette, D. Drucker, M. Renard, B. Vandermeersch, Ecological and physiological variability of Sr/Ba and Ba/Ca in mammals of West European mid-Würmian food webs, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 186 (2002) 127–143.
- [3] V. Barbin, M. Schvoerer, Le point sur : Cathodoluminescence et géosciences, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA 325 (1997) 157–169.
- [4] C. Bem, Elemente de cronologie radiocarbon, Ariile culturale Boian–Gumelnița Cernavoda I și Precucuteni–Cucuteni/Tripolie, *Cercetări Arheologice* 11 (2000) 337–359.
- [5] C. Bem, Noi propuneri pentru o schita cronologica a eneoliticului romanesc, *Pontica* 33–34 (2001) 25–121.
- [6] F. Bouchet, D. West, C. Lefèvre, D. Corbett, Identification of parasitoses in child burial from Adak Island (Central Aleutian Islands, Alaska), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. III* 324 (2001) 123–127.
- [7] F. Bouchet, A. Araujo, S. Harter, S.M. Chaves, A.N. Duarte, J.-L. Monnier, L.F. Ferreira, *Toxocara canis* (Werner, 1782) eggs in the Pleistocene site of Menez-Dregan, France (300 000–500 000 years Before Present), *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 98 (2003) 137–139.
- [8] D. Galbenu, Așezarea neolitică de la Hârşova, *Studii și cercetări de istorie veche* 12 (1962) 285–304.
- [9] D. Galbenu, Nouvelles données concernant le début de la civilisation de Gumelnița en Dobrogea, Dacia, nouvelle série 10 (1966) 321–325.
- [10] J. Götzte, R.B. Heimann, H. Hildebrandt, U. Gburek, Microstructural investigation into calcium phosphate biomaterials by spatially resolved cathodoluminescence, *Mat.-wiss. Werkst.* 32 (2001) 130–136.
- [11] P. Hașotti, Considerații cu privire la cultura Gumelnița în Dobrogea, *Pontica* 21–22 (1989) 13–29.
- [12] P. Hașotti, Epoca Neolitică în Dobrogea, *Bibliotheca Tomitana*, Constanța, Roumanie, 1997.
- [13] F. Jouy-Avantin, C. Combes, H. de Lumley, J.-C. Miskovsky, H. Moné, Helminth eggs in animal coprolites from a Middle Pleistocene site in Europe, *J. Parasitol.* 85 (1999) 376–379.
- [14] M. Le Bailly, S. Harter, F. Bouchet, À l'interface de la biologie et de l'archéologie : la Paléoparasitologie, *Archéopages* 11 (2003) 12–17.
- [15] C.-M. Mantu, Cultura Cucuteni. Evoluție. Cronologie. Legături, *Bibliotheca Memoriae Antiquitatis*, V, 1998.
- [16] M. Pagel, V. Barbin, P. Blanc, D. Ohnenstetter, Cathodoluminescence in Geosciences: an overview and perspectives, in: M. Pagel, V. Barbin, P. Blanc, D. Ohnenstetter (Eds.), *Cathodoluminescence in Geosciences*, Springer Verlag, Berlin, 2000, pp. 1–21.
- [17] D. Popovici, P. Hașotti, D. Galbenu, C. Nicolae, Cercetările arheologice din tell-ul de la Hârşova (1988), *Cercetări Arheologice* 9 (1992) 8–18.
- [18] D. Popovici, Y. Rialland, Vivre au bord du Danube il y a 6500 ans (Viața pe malul Dunării acum 6500 ani), Édition Caisse nationale des monuments historiques et des sites, Paris, 1996.
- [19] D. Popovici, B. Randooin, Y. Rialland, Conclusions. Données générales, *Cercetări arheologice* 11 (2000) 112–114.
- [20] D. Popovici, B. Randooin, Y. Rialland, V. Voinea, V. Vlad, C. Bem, C. Bem, G. Haită, Les recherches archéologiques du tell de Hârşova (départ. de Constanța) 1997–1998, *Cercetări Arheologice* 11 (2000) 13–35.
- [21] D. Popovici, B. Randooin, Y. Rialland, Le tell néolithique et chalcolithique d'Hârşova (Roumanie), Communauté villageoise du Proche-Orient à l'Atlantique, (8000–2000 avant notre ère, in: J. Guilaine (Ed.), *Séminaire du Collège de France*, Errance, Paris, 2001.
- [22] D. Popovici, A. Bălăşescu, C. Haită, V. Radu, A.M.F. Tomescu, I. Tomescu, Cerceterea arheologică pluridisciplinară. Concepte, metode și tehnici, Biblioteca Muzeului Național, Seria Cercetări Pluridisciplinare, Editura Cetatea de Scaun Târgoviște, 2002.
- [23] M.J. Schoeninger, K. Hallin, H. Reeser, J.W. Valley, J. Fournelle, Isotopic alteration of Mammalian tooth enamel, *Int. J. Osteoarcheol.* 13 (2003) 11–19.
- [24] C.T. Williams, P. Henderson, The environment of deposition indicated by the distribution of rare-earth elements in fossil bone from Olduvai Gorge, Tanzania, *Appl. Geochem.* 12 (1997) 537–547.