

Altération différentielle des ossements de l'ensemble sédimentaire 4A de la grotte *Scladina* (Andenne, B)

Élise DELAUNOIS, Grégory ABRAMS, Dominique BONJEAN,
Kévin DI MODICA & Stéphane PIRSON

1. Introduction

Les premiers examens des faunes mises au jour dans la grotte *Scladina* soulignaient une hétérogénéité taphonomique des vestiges au sein d'une même couche, de même que l'association de faunes caractéristiques d'environnements très différents (climat tempéré vs froid et paysage ouvert vs fermé; Cordy, 1992; Patou-Mathis & Bocherens, 1998).

Un réexamen de la stratigraphie dans le cadre d'une thèse de Doctorat a permis de définir près de 120 couches sédimentaires (Pirson, 2007). Une nouvelle approche de terrain, mieux adaptée à la complexité des dépôts cavernicoles (Bonjean et al., 2009), a ensuite généré la récolte de nouvelles séries fauniques qui présentent, contrairement aux premières collections, des caractéristiques taphonomiques similaires.

Ces observations ont permis de suspecter l'existence de liens étroits entre la nature des dépôts, leurs processus de mise en place dans le gisement et les altérations portées par les vestiges (Bonjean et al., 2006). Une analyse approfondie a été entreprise dans le cadre d'un mémoire de Maîtrise (Delaunois, 2010), afin de vérifier cette hypothèse et de mesurer la façon avec laquelle ces faciès taphonomiques varient au rythme de la succession des dépôts sédimentaires.

2. Le site

La grotte *Scladina* se situe entre Andenne et Namur, sur la rive droite de la Meuse, au sud-ouest du village de Sclayn. La grotte s'ouvre dans la paroi ouest d'un vallon creusé par le Ri de Pontainne, un petit affluent de la Meuse. Dominant la vallée, elle se trouve à environ 7 mètres sous le plateau actuel (Gullentops & Deblaere, 1992; Pirson, 2007) duquel proviennent les sédiments qui ont contribué à son remplissage.

Scladina fait partie d'un réseau karstique percé dans un massif de calcaires viséens de la formation de Lives. Actuellement, elle se présente sous la forme d'une cavité longue de 39 mètres, précédée d'une terrasse d'une dizaine de mètres. La largeur actuelle varie entre 6 et 12 mètres et sa hauteur est d'environ 6 mètres (Pirson, 2007).

Découverte en 1971, la grotte fait l'objet de fouilles programmées ininterrompues, à l'initiative du Service de Préhistoire de l'Université de Liège, depuis 1978 (Bonjean, 1998). Les différentes campagnes ont permis d'exhumer un matériel archéologique abondant, faisant de *Scladina* l'un des sites majeurs de la préhistoire belge (Otte et al., 1998). Au sein d'une séquence stratigraphique s'étalant du stade 1 au stade 5d, au moins (Pirson et al., 2008), deux grandes occupations moustériennes ont été mises au jour. Elles ont livré près de 18 000 artefacts lithiques. De plus, la découverte, à partir de 1993, des

vestiges mandibulaires d'un Néandertalien juvénile (Toussaint *et al.*, 1998) a propulsé *Scladina* sur le devant de la scène paléanthropologique : de ces vestiges a pu être extraite la séquence ADN humaine la plus vieille au monde (Orlando *et al.*, 2006).

3. Contexte stratigraphique

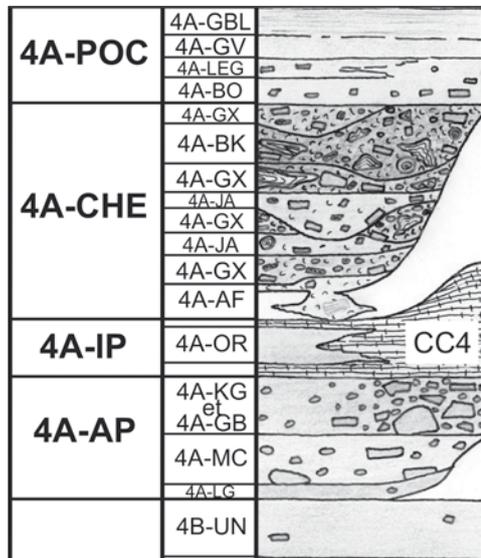


Fig. 1 – *Scladina* - 4A. Log stratigraphique du complexe des couches 4A (modifié d'après Pirson, 2007).

L'étude a été circonscrite à un groupe de couches sédimentaires particulier au sein de la stratigraphie, le complexe 4A (Fig. 1). Celui-ci s'articule autour du plancher stalagmitique (CC4) et est chronologiquement situé dans le Début Glaciaire weichselien (entre le SIM 5d et le SIM 5a; Pirson *et al.*, 2008). Outre un matériel faunique abondant, ces couches ont livré les vestiges de l'enfant néandertalien.

Le complexe des couches 4A est divisé en quatre ensembles sédimentaires, de bas en haut : 4A-AP (les dépôts antérieurs au plancher stalagmitique), 4A-IP (les dépôts interstratifiés avec le plancher stalagmitique), 4A-CHE (un chenal démantelant en partie le plancher stalagmitique et remaniant les dépôts sous-jacents) et 4A-POC (les sédiments postérieurs au chenal). Chacun de ces ensembles est subdivisé en plusieurs couches (Pirson *et al.*, 2005).

4A-AP est composé des couches 4A-LG, 4A-MC, 4A-GB et 4A-KG. Cette dernière, très riche en matériel osseux, permet une analyse statistiquement représentative. Il s'agit d'une couche limoneuse à limono-argileuse comportant de nombreux blocs calcaires qui semble avoir été mise en place par une coulée de débris.

L'ensemble 4A-AP est recouvert par l'important plancher stalagmitique daté à plusieurs reprises : plus de 20 datations absolues ont été réalisées par TL et U/Th (Gewelt *et al.*, 1992; Debenham, 1998; Quinif, 2006). Cependant, ces résultats restent relativement imprécis car ils recouvrent une vaste fourchette chronologique, allant de $73,5 \pm 5/-4,8$ ka à 157 ± 19 ka B.P. Combinées aux autres données paléoenvironnementales (sédimentologie, anthracologie, palynologie, paléontologie), ces dates permettent de situer l'ensemble 4A aussi bien dans la totalité du SIM 5 que dans certaines de ses subdivisions (SIM 5a et/ou 5c; Pirson *et al.*, 2008).

En certains endroits, le plancher CC4 se scinde en plusieurs générations de calcite séparées par du sédiment : l'ensemble 4A-IP comprend trois couches (4A-OR, 4A-SGR et 4A-YS) pauvres en matériel. Les vestiges issus de ces couches ont été observés mais leur analyse n'a pas permis d'obtenir des données pertinentes.

Les ensembles 4A-IP et 4A-AP ont été localement affectés par plusieurs importantes phases d'érosion, formant une structure en chenal qui correspond à l'ensemble 4A-CHE. Celui-ci est composé de quatre faciès lithologiques successifs qui comportent beaucoup d'éléments grossiers (blocs de calcaire, fragments de spéléothèmes).

Le dernier ensemble du complexe 4A est 4A-POC, subdivisé en quatre couches : 4A-BO, 4A-LEG, 4A-GV et 4A-GBL. Ce sont des niveaux limoneux, probablement mis en place par ruissellement, contenant des éléments grossiers de taille réduite (quelques centimètres tout au plus).

Deux couches supplémentaires, 4A-GR et 4A-BR, entrent également dans le cadre de l'étude. Cependant, en l'état actuel des recherches, il n'a pas encore été possible de les rattacher avec certitude à l'un des ensembles précités. D'après les observations de terrain, il semble toutefois que ces deux unités soient postérieures à l'ensemble 4A-CHE. Elles consistent en deux diamictons riches en débris décimétriques de calcaire et de calcite et diffèrent surtout par la teinte générale du limon qui les constitue, respectivement grise et brun rouge.

4. Matériel et méthode

Avant, pendant et après leur enfouissement, les vestiges subissent des altérations pouvant conduire à leur disparition. Celles-ci dépendent notamment de la nature du matériel, de ses conditions d'enfouissement, de la composition du sédiment encaissant et des processus postdépositionnels. Les vestiges issus d'une même couche ont en commun plusieurs de ces variables. Dès lors, il serait logique qu'ils partagent une série de traits taphonomiques et que leur état de conservation général soit similaire. Si chaque niveau sédimentaire engendre des caractéristiques qui lui sont propres, une « taphostratigraphie » (Costamagno et al., 2008) s'échafaude en parallèle à la stratigraphie du gisement.

Dans le cadre de cette première approche, les variables ont été limitées de plusieurs façons : tous les vestiges sélectionnés sont exclusivement des ossements issus des fouilles récentes effectuées au sein des diverses couches des ensembles sédimentaires 4A dont la position stratigraphique ne laisse planer aucun doute (Tab. 1). Ainsi, 681 pièces ont été observées : il s'agit pour la plupart d'ossements d'*Ursus spelaeus*, l'espèce la plus représentée au sein du gisement. La série est accompagnée de quelques restes de carnivores (félidés, hyénidés et canidés) et d'herbivores (cervidés, équidés, bovidés et capridés). La finesse de l'observation stratigraphique indique que les ossements d'une même couche partagent un sédiment encaissant de même nature ainsi qu'une mise en place régie par une même dynamique sédimentaire.

Par contre d'autres variables postdépositionnelles, comme les dépôts d'oxydes, sont moins contrôlables car leur origine peut résulter de processus chimiques et/ou physiques complexes, agissant parfois de façon localisée à l'intérieur des gisements (López-González et al., 2006).

L'étude a été concentrée sur des traits lisibles à l'échelle macroscopique uniquement et leur choix motivé tant par les référentiels, tels ceux de A. K. Behrensmeier (1978), C. K. Brain (1981) ou R. L. Lyman (1994), que par les premières approches faites sur le matériel de *Scladina* (Delaunoy, 2008).

Fragmentation

La fragmentation constitue une famille d'altération qui englobe la cassure et la fracturation (Domínguez-Rodrigo, 2009). La cassure résulte d'une pression naturelle exercée sur un vestige tandis que la fracturation désigne une action volontaire menée par l'homme ou l'animal dans le but, par exemple, d'extraire la moelle d'un os.

L'intensité de l'altération est quantifiée par le dénombrement des plans de fracture (1, 2 ou plus).

Provenance stratigraphique	Nombre de pièces
4A-BR	213
4A-GR	70
4A-POC (4A-BO, 4A-GBL & 4A-LEG)	75
4A-CHE	213
4A-IP (4A-OR & 4A-SGR)	19
4A-KG	91

Tab. 1 – *Scladina* - 4A. Distribution stratigraphique des 681 vestiges osseux étudiés.

Érosion

L'érosion est produite par le frottement d'un sédiment ou d'un fluide sur un vestige (Brain, 1967; Lyman, 1994; Lenoble, 2005). Il en résulte une usure progressive des arêtes, des parties saillantes et de la surface osseuse pouvant conduire à la mise au jour de l'os spongieux. L'intensité croissante de ces altérations pourrait correspondre à un déplacement important du vestige et/ou des sédiments. Il s'agit donc d'une information de premier ordre concernant la dynamique de mise en place des dépôts.

L'intensité de l'érosion (Fig. 2) se traduit en quatre degrés:

- Degré 1 : pas d'érosion, les bords sont vifs;
- Degré 2 : légère érosion, les bords sont faiblement émoussés;
- Degré 3 : érosion importante, les bords sont arrondis et l'os spongieux peut apparaître en certains endroits;
- Degré 4 : érosion très forte, la pièce est détériorée et l'os spongieux est souvent apparent.

Couleurs

Durant la fossilisation, s'opèrent des interactions entre les sédiments et la composante organique de l'ossement. Ce processus affecte la structure de l'os en profondeur et en modifie la teinte de fond. Un référentiel propre au matériel de *Scladina* a donc été mis au point



Fig. 2 – *Scladina* - 4A. Les quatre degrés d'érosion observés sur des phalanges 1 d'*Ursus spelaeus*. 1 : intact; 2 : érosion légère; 3 : érosion forte; 4 : détérioration (photos É. Delaunois). Éch. : 2/1.

(Fig. 3). Les teintes se déclinent en 4 tendances majeures : jaune clair (teinte naturelle de l'ossement), rouge (du brun foncé à l'orangé), bleu (teinte grise à bleutée) et noir.



Fig. 3 – Scladina - 4A. Les teintes générales repérées sur les ossements de 4A. 1 : noir; 2 et 3 : bleu; 4 : jaune clair; 5 et 6 : rouge (photos É. Delaunois). Éch. 2/1.

Dépôts d'oxydes métalliques

Lors du processus de fossilisation, les dépôts d'oxydes métalliques affectent la teinte générale des os par imprégnation et peuvent aussi constituer des encroûtements palpables (López-González *et al.*, 2006). Le dioxyde de manganèse (MnO_2), par exemple, dont la teinte est noire, revêt différentes formes (Fig. 4) qui se déclinent depuis de petites mouchetures clairsemées jusqu'à une couverture totale de la surface, en passant par de larges taches.

L'imprégnation de l'os par l'oxyde de fer (Fe_2O_3) suit sensiblement le même schéma. Elle peut affecter l'os lors de sa phase de fossilisation ou constituer des dépôts superficiels de couleur brun rouille (Fig. 5).

Carbonates

La précipitation de carbonates de calcium sur les vestiges est un phénomène très fréquent en contexte cavernicole. Les concrétions carbonatées se présentent généralement sous la forme de croûtes, parfois de mouchetures blanches. Ces dernières n'ont toutefois pas été observées dans le cadre de cette étude.

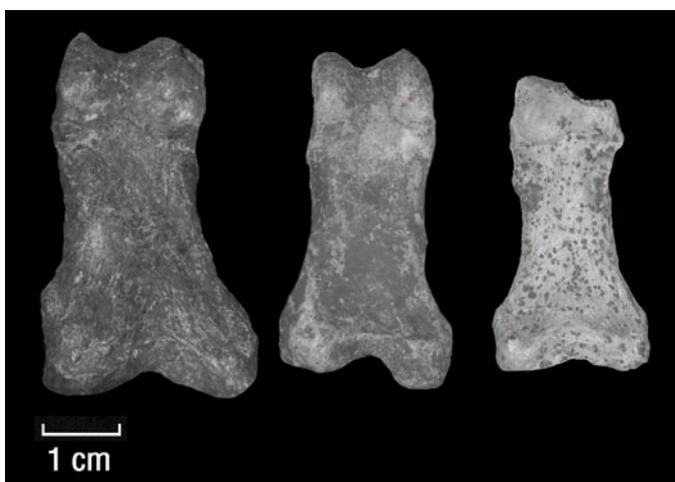
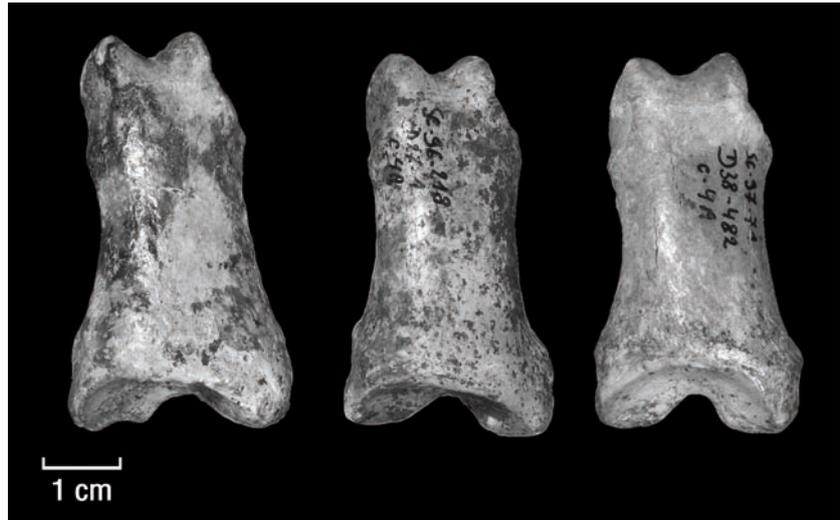


Fig. 4 – Scladina - 4A. Les trois modalités de dépôts du dioxyde de manganèse : la couverture totale, les larges taches, les mouchetures (photos É. Delaunois). Éch. 1/1.

Fig. 5 – *Scladina* - 4A. Les dépôts d'oxyde de fer se présentent sous la forme de taches de couleur brun rouille (photos É. Delaunois). Éch. 1/1.



Marques de météorisation

L'influence des agents climatiques sur l'état de surface du matériel osseux a d'abord été mise en évidence par les travaux d'A. K. Behrensmeyer (1978). Ne s'appliquant qu'aux environnements semi-arides, ces travaux ont depuis lors été complétés par de nombreuses autres recherches et expérimentations menées tant en laboratoire (Ozouf & Guadelli, 1994) qu'en milieu actif, afin de multiplier les observations dans des contextes contrastés tels des environnements désertiques (Andrews & Whybrow, 2005), tempérés (Andrews & Cook, 1985) ou périglaciaires (Texier *et al.*, 1998; Bertran *et al.*, 2006; Mallye *et al.*, 2009; Guadelli, 2008).

Trois types de stigmates ont été observés, bien qu'en très faible nombre, sur le matériel du complexe 4A : la fissuration longitudinale (Fig. 6), le délitement (Fig. 7) ou décollement des différentes couches osseuses et l'exfoliation (Fig. 8) ou détachement de fines pellicules d'os sur la corticale (Mallye, 2007).

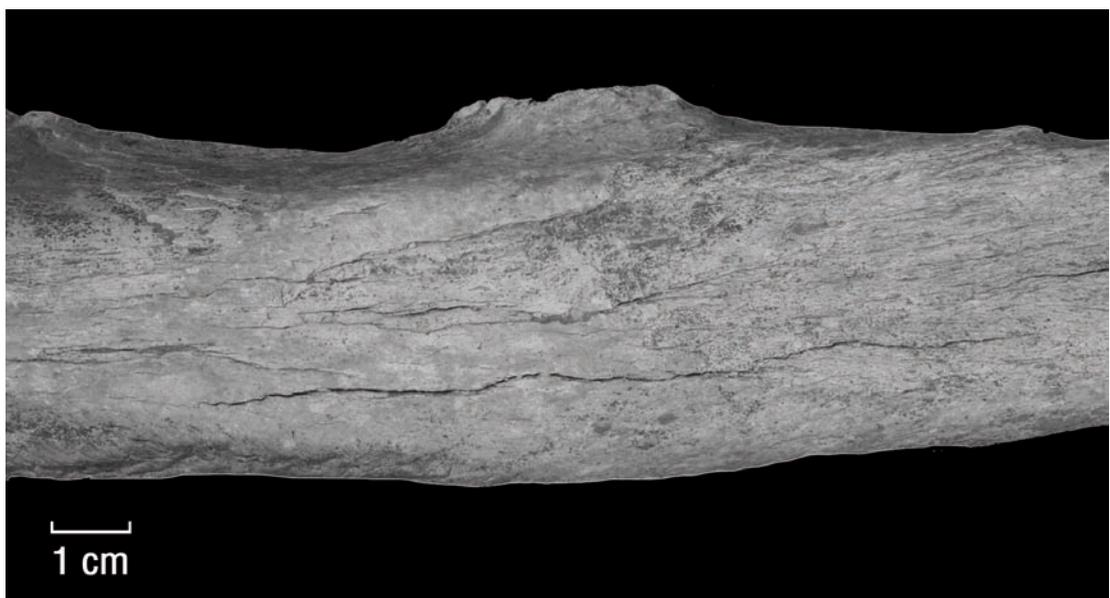


Fig. 6 – *Scladina* - 4A. Fissurations longitudinales sur un os long (photo É. Delaunois). Éch. 1/1.

Stries, sillons et ponctuations

L'action des animaux sur les ossements laisse des traces particulières. Il peut s'agir de sillons plus ou moins larges (traces de rongement) et de ponctuations produites par la pression des canines, celles-ci pouvant mener à la fracturation des os (*cf. supra*). Lors de la digestion, l'acide gastrique peut altérer fortement la forme de l'os, le rendant très souvent méconnaissable, et y imprimer un lustre.

Les stries sont des sillons légers qui affectent la surface osseuse. Elles peuvent résulter de différentes actions menées soit par l'homme (stries de boucherie), soit par un animal (piétinement), soit encore par le charriage du vestige pris dans un flux sédimentaire. Bien que la distinction entre les stries qualifiées de « naturelles » et les marques de boucherie ne soit pas toujours aisée, ces dernières sont souvent situées au niveau des épiphyses, des insertions musculaires et des tendons. Leur localisation, leur répétition et leur forme permettent de les distinguer des stries produites par le piétinement et le charriage (Pickering & Hensley-Marschand, 2008; Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2009). Il a parfois été nécessaire de recourir au binoculaire afin d'observer finement la forme et les caractéristiques des sillons.

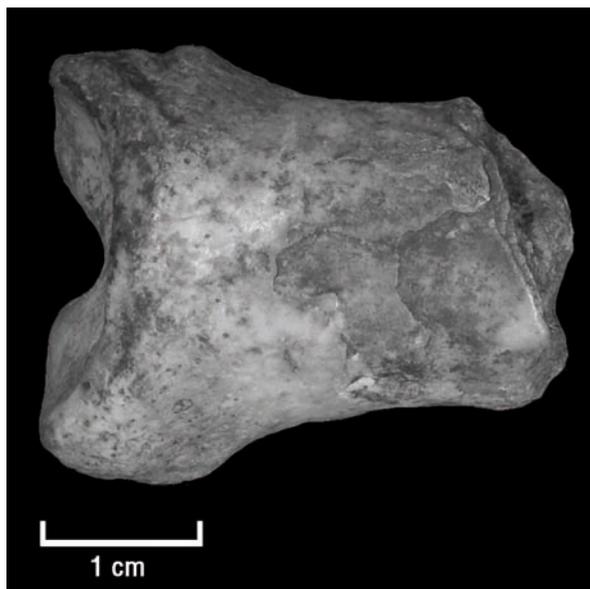


Fig. 7 – Scladina - 4A. Délitement des différentes couches osseuses (photo É. Delaunoy). Éch. 2/1.



Fig. 8 – Scladina - 4A. Exfoliation ou détachement de fines pellicules d'os sur la corticale (photo É. Delaunoy). Éch. 2/1.

5. Résultats

De la pertinence des critères taphonomiques utilisés

Certains critères ne se sont pas révélés discriminants dans le cadre de cette étude car il est apparu qu'ils ne participaient pas efficacement à la constitution d'un faciès taphonomique caractéristique d'une unité sédimentaire donnée. Parfois certains traits taphonomiques se rencontraient quasi systématiquement sur les vestiges de toutes les couches, tel le « stade 1 de la météorisation », reconnaissable par le léger fendillement de la corticale osseuse (Behrensmeyer, 1978). Parfois leur rareté était telle qu'il n'était pas possible d'établir de lien entre leur présence et un type de sédiment particulier. Ainsi, les concrétions carbonatées, les stries naturelles, et certaines marques intenses de météorisation (comme le délitement), se sont révélées des éléments peu à pas exploitables.

A *contrario*, les critères de couleur, de fragmentation, d'érosion et ceux relatifs aux modalités de dépôt d'oxydes métalliques se sont avérés beaucoup plus efficaces dans la définition des faciès.

Les faciès taphonomiques de 4A (Tab. 2)

Lorsque l'on considère les critères taphonomiques les plus discriminants, de nettes différences se marquent en qualité et en quantité d'une couche à l'autre. Cette variabilité constitue la base de la caractérisation des faciès alimentant le cœur de cette étude.

La couche 4A-KG (probablement une coulée de débris) est caractérisée par une importante fragmentation du matériel osseux avec seulement 42 % d'ossements intacts. L'érosion est moyenne : les degrés 2 et 3 dominent (66 % et 19 %), avec une faible proportion d'éléments intacts. L'érosion de degré 4 est extrêmement rare (2 %). La teinte la plus fréquente (71 %) est le jaune clair. Les vestiges ont également été très affectés par le dioxyde de manganèse, le plus souvent sous la forme de mouchetures (84 %) et les dépôts d'oxyde de fer sont fréquents (43 %).

Dans l'ensemble 4A-CHE (probables coulées de débris), les vestiges ont été un peu plus fragmentés. La proportion d'ossements intacts est un peu plus faible (38 %) que dans 4A-KG. L'érosion des vestiges est plus importante. Bien que ce soit toujours les degrés 2 et 3 qui dominent, les degrés 3 et 4 sont en augmentation (respectivement 33 et 12 %) par rapport à la couche 4A-KG sous-jacente. Une grande diversité de la teinte générale des os est observée bien que la tendance jaune clair domine. Hormis la couverture totale par le dioxyde de manganèse qui reste rare, les différentes modalités de dépôt secondaire d'oxydes métalliques se retrouvent dans des proportions similaires. La couche 4A-CHE se distingue donc de 4A-KG par une fragmentation et une érosion plus importantes ainsi que par des disproportions moins marquées (tendance au lissage) entre les autres critères (teinte, oxydes métalliques).

Fragmentation	Aucune	42 %	38 %	7 %	23 %	49 %
	1 plan	12 %	18 %	17 %	20 %	11 %
	2 plans	14 %	13 %	13 %	16 %	9 %
	> 2 plans	32 %	31 %	63 %	41 %	31 %
Érosion	Degré 1	13 %	8 %	0 %	0 %	7 %
	Degré 2	66 %	47 %	27 %	43 %	47 %
	Degré 3	19 %	33 %	55 %	44 %	38 %
	Degré 4	2 %	12 %	18 %	13 %	8 %
Teinte	Jaune clair	71 %	49 %	27 %	46 %	28 %
	Rouge	9 %	23 %	18 %	48 %	71 %
	Bleu	18 %	22 %	26 %	6 %	1 %
	Noir	2 %	6 %	29 %	0 %	1 %
MnO ₂	Absent	1 %	26 %	30 %	29 %	38 %
	Mouchetures	84 %	29 %	42 %	51 %	56 %
	Larges dépôts	13 %	38 %	12 %	20 %	5 %
	Couverture	2 %	7 %	16 %	0 %	1 %
Fe ₂ O ₃	Absent	57 %	52 %	72 %	39 %	20 %
	Présent	43 %	48 %	28 %	61 %	79 %

Tab. 2 – *Scladina* - 4A. Principaux résultats de l'analyse taphonomique des ossements.

L'ensemble 4A-POC (plusieurs ruissellements successifs) se différencie des unités précédentes par une fragmentation encore plus importante : une minorité du matériel est restée intact (7 %), tandis que la majeure partie a subi de multiples fragmentations (63 %). L'érosion est également plus prononcée, avec une nette prédominance du degré 3 (55 %) et une proportion non négligeable d'ossements érodés au degré 4 (18 %). Les teintes sont orientées vers le bleu, voire le noir (29 %), couleurs beaucoup plus rares dans les niveaux sous-jacents. Des différences se marquent également au niveau de la distribution des oxydes métalliques. La proportion d'ossements touchés par l'oxyde de fer diminue nettement (28 %), tandis qu'augmente celle de vestiges entièrement recouverts de dioxyde de manganèse. Les vestiges de 4A-POC revêtent ainsi un faciès taphonomique typique et discriminant.

La couche 4A-GR est caractérisée par une diminution générale des taux de fragmentation et d'érosion par rapport à 4A-POC. Les ossements intacts sont un peu plus fréquents (23 %) et attestent d'un nouvel apport de vestiges. Ceux-ci sont également moins affectés par l'érosion : augmentation du degré 2 (43 %) en parallèle à la diminution des degrés 3 et 4. Quant aux teintes, les vestiges se répartissent de façon égale entre le jaune clair et le rouge. L'oxyde de fer et le dioxyde de manganèse (surtout sous la forme de mouchetures) touchent une grande partie des ossements.

Cette tendance à l'amélioration de l'état de conservation du matériel osseux s'accroît encore dans le niveau 4A-BR qui se distingue des couches précédentes avec ses 49 % de vestiges intacts. L'érosion est en légère régression, avec une prédominance du degré 2. Du point de vue de leur teinte générale, 71 % des vestiges issus de 4A-BR sont totalement rouges. Par ailleurs, de larges dépôts d'oxyde de fer caractérisent 79 % des ossements, toutes couleurs confondues. Quand il est présent, le dioxyde de manganèse se rencontre le plus souvent sous la forme de mouchetures.

Ainsi, d'une unité sédimentaire à une autre, différents faciès taphonomiques s'expriment nettement : les couches s'individualisent par l'homogénéité de l'état de conservation des vestiges fauniques qu'elles contiennent. Inversement, il apparaît que l'ensemble 4A-CHE, formé par des épisodes d'important remaniement sédimentaire, se caractérise par une grande variabilité des traits taphonomiques.

6. Discussion : de la relation entre taphonomie et dynamique sédimentaire

Au-delà du constat de variabilité des faciès qui a été dressé, il est intéressant de s'interroger sur les relations que peuvent entretenir les processus de dynamique sédimentaire et l'état de conservation des vestiges archéologiques.

Les études systématiques portant sur les liens entre contexte sédimentaire et taphonomie sur matériel archéologique ne sont menées activement que depuis une petite dizaine d'années, notamment par les travaux de Pascal Bertran et Arnaud Lenoble (Bertran & Lenoble, 2002; Bertran *et al.*, 2006; Lenoble & Bordes, 2001), qui ont procédé à des expérimentations sur les granoclasses et les fabriques en milieu périglaciaire actif (Lenoble *et al.*, 2009). Ce type de recherches est aujourd'hui essentiel car il permet de préciser les processus de formations de sites archéologiques ainsi que de caractériser les éventuels remaniements du matériel.

Dans le cas présent, le remaniement d'une partie des vestiges du complexe des couches 4A est attesté par la présence de l'ensemble 4A-CHE, résultant d'une importante érosion suivie de plusieurs phases de sédimentation notamment sous la forme de coulées de débris. En intégrant les résultats de l'analyse taphonomique sur les os aux données géologiques,

il est possible de proposer une évolution de l'état de conservation des vestiges en lien étroit avec cette dynamique sédimentaire particulière. Si l'on considère les paramètres de fragmentation et d'érosion des vestiges, ceux-ci s'intensifient dans 4A-CHE par rapport à 4A-KG. Cela se marque par une réduction du nombre d'ossements intacts et une augmentation des vestiges érodés des niveaux 3 et 4 alors que ceux des niveaux 1 et 2 diminuent.

Par sa nature érosive sur les ensembles sédimentaires sous-jacents (c'est-à-dire 4A, 4B, 5 et 6A), le chenal a potentiellement rassemblé des vestiges provenant de différentes couches. Ceci pourrait expliquer, dans ce cas précis, la variété de traits taphonomiques et leur large distribution (couleurs, modalités de dépôts des oxydes métalliques) à l'intérieur du chenal 4A-CHE.

Le taux de fragmentation du matériel augmente nettement entre 4A-CHE et 4A-POC. Ce nouvel ensemble est apparemment mis en place par ruissellements successifs, dont le caractère peu érosif n'a déplacé que des débris de petite taille (morceaux de calcaire et de calcite centimétriques). Seuls de petits fragments osseux ont été remaniés lors de la mise en place de cet ensemble, provenant du sommet des dépôts de 4A-CHE et probablement d'un nouvel apport de vestiges depuis la terrasse ou le plateau. Celui-ci est par ailleurs souligné par l'augmentation des os de teinte noire en parallèle à la réduction des dépôts d'oxyde de fer, par rapport à la couche sous-jacente.

Le faciès taphonomique de 4A-GR atteste clairement une nouvelle incorporation de matériel dans la grotte car les vestiges intacts sont plus nombreux que dans la couche sous-jacente 4A-POC et les pièces multifragmentées diminuent. De plus, une teinte rouge recouvre près de la moitié du matériel et les dépôts secondaires d'oxyde de fer affectent 61 % des ossements. Cette augmentation importante de la rubéfaction qui touche seulement une portion du matériel pourrait résulter d'un effet postdépositionnel, telle une migration des oxydes de fer, au départ d'une ou plusieurs couche(s) sus-jacente(s).

La qualité de l'état de conservation des os atteint un record avec la dernière couche 4A-BR, où l'on note le taux le plus élevé d'ossements intacts. Cet apport neuf de vestiges est en liaison probable avec une nouvelle phase d'occupation du site par les ursidés. Sur les ossements, la teinte rouge domine à présent : avec 79 %, le taux de pièces affectées par les dépôts d'oxyde de fer est énorme. Il est possible qu'il soit, ici aussi, la conséquence d'une migration des oxydes au départ d'une couche située plus haut dans la stratigraphie. Dans ce cas, la rubéfaction observée sur les vestiges, dans les niveaux 4A-BR et 4A-GR, serait due à un même phénomène qui s'imprime à des degrés différents, diminuant progressivement selon la profondeur atteinte par la percolation.

La dynamique sédimentaire se reflète donc sur l'état global de conservation du matériel osseux et notamment au travers de la fragmentation et de l'érosion. Il faut cependant préciser que cette dynamique de mise en place n'est probablement pas la cause unique de la fragmentation. D'autres agents taphonomiques entrent en ligne de compte, comme la gélifraction, le piétinement ou l'action des carnivores. Toutefois, on peut minimiser l'influence de ces derniers car le taux d'ossements portant des traces de rongement ou de fracturations sur os frais est très faible.

7. Conclusion

L'étude de l'état de conservation du matériel osseux du complexe des couches 4A de *Scladina* a permis de démontrer que chaque niveau sédimentaire avait affecté ses vestiges d'une manière caractéristique, créant ainsi un faciès taphonomique analysable et

quantifiable. Lorsque les assemblages osseux ne sont pas affectés par des perturbations importantes, leurs faciès sont homogènes. À l'inverse, la présence simultanée d'états de conservation variés est un indicateur fiable des remaniements sédimentaires. Plusieurs cas peuvent être envisagés : le mélange de plusieurs strates sédimentaires par la mise en place d'une nouvelle couche très érosive; les bioturbations qui peuvent, en plus des mélanges de matériel issus des couches traversées, incorporer des vestiges modernes depuis la surface; enfin d'éventuelles erreurs de lecture stratigraphique, lors de la collecte des données sur le terrain.

Les études taphonomiques agissent ainsi comme un outil de contrôle de l'homogénéité d'un assemblage osseux. Si l'état de conservation d'un lot de vestiges est hétérogène, il y a de fortes présomptions pour qu'ils soient issus d'ensembles sédimentaires différents. En conséquence, les analyses notamment des taxons, des isotopes (ceux des éléments C, N, S, O) et les datations risquent de conduire à des incohérences. L'examen taphonomique d'un assemblage osseux devrait idéalement précéder toute autre analyse paléontologique pour aider à en interpréter le résultat.

8. Perspectives

L'étude de l'état de conservation des vestiges quels qu'ils soient, devient une aide appréciable à la compréhension de la mise en place des sédiments dans les gisements. Des traits taphonomiques aisément perceptibles permettent déjà de suggérer des liens avec les modes de dépôt sédimentaire aux dynamiques très différentes, tels les coulées de débris et les ruissellements du complexe 4A de *Scladina*, qui ont été abordés lors de ce travail. Ce résultat devra cependant être confirmé et sans doute nuancé par des recherches complémentaires, notamment pour mesurer la récurrence des observations taphonomiques sur le matériel osseux entre plusieurs couches mises en place par des processus similaires. Ces analyses, centrées sur des contextes sédimentaires particuliers et dont les caractéristiques de mise en place sont bien connues, viseront à repérer des stigmates typiques portés par la faune. Dans cette optique, le référentiel construit pour le complexe 4A de *Scladina* pourra servir de base à ces prochaines études, bien qu'il faille probablement l'adapter aux particularités des autres sites.

Bibliographie

ANDREWS P. & COOK J., 1985. Natural Modifications to Bones in a Temperate Setting. *Man*, 20 : 675-691.

ANDREWS P. & WHYBROW P., 2005. Taphonomic Observations on a Camel Skeleton in a Desert Environment in Abu Dhabi. *Palaeontologia Electronica*, 8 : 17 p.

BEHRENSMEYER A. K., 1978. Taphonomic and Ecologic Information from Bone Weathering. *Paleobiology*, vol. 4 (2) : 150-162.

BERTRAN P., BEAUVAL C., BOULOGNE S., BRENET M., CHRZAVZEZ J., CLAUD E., COSTAMAGNO S., LAROULANDIE V., LENOBLE A., MALAURENT P., MASSON B., MALLYE J.-B., SIN P., THIÉBAUT C. & VALLIN L., 2006. Dynamique sédimentaire et taphonomie des abris-sous-roche et des porches de grotte en milieu périglaciaire. Le programme Gavarnie. *Les nouvelles de l'Archéologie*, 118 : 11-16.

BERTRAN P., CLAUD E., DETRAIN L., LENOBLE A., MASSON B. & VALLIN L., 2006. Composition granulométrique des assemblages lithiques, application à l'étude taphonomique des sites paléolithiques. *Paléo*, 18 : 7-36.

BERTRAN P. & LENOBLE A., 2002. Fabriques des niveaux archéologiques : méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques. *Paléo*, 14 : 13-28.

BONJEAN D., 1998. Situation géographique et historique. In : OTTE M., PATOU-MATHIS M. & BONJEAN D. (éd.), *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 2. L'Archéologie*, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 79, Liège : 9-14.

BONJEAN D., DI MODICA K. & ABRAMS G., 2006. Scladina 2006. ADN, anthropologie, industries lithiques, faunes. État des recherches. *Notae Praehistoricae*, 26/2006 : 19-24.

BONJEAN, D., ABRAMS G., DI MODICA K. & OTTE M., 2009. La microstratigraphie, une clé de lecture des remaniements sédimentaires successifs. Le cas de l'industrie moustérienne 1A de Scladina. *Notae Praehistoricae*, 29/2009 : 139-147.

BONJEAN D., LOODTS, I. & LÓPEZ BAYÓN, I., 2003. Andenne/Sclayn : de nouvelles traces d'occupation humaine à la Grotte Scladina. *Chronique de l'Archéologie wallonne*, 11 : 178-179.

BRAIN C.K., 1967. Bone weathering and the

problem of bone pseudo-tools. *South African Journal of Science*, 63 : 97-99.

BRAIN C. K., 1981. *The hunters or the hunted? An introduction to African cave taphonomy*. University of Chicago press, Chicago : 365 p.

CORDY J.-M., 1992. Bio- et chronostratigraphie des dépôts quaternaires de la grotte Scladina (Province de Namur, Belgique) à partir des mammifères. In : OTTE M. (éd.), *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 1. Le Contexte*, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 27, Liège : 79-125.

COSTAMAGNO S., FOSSE P. & LAUDET F., 2008. Introduction à la table ronde « La taphonomie : des référentiels aux ensembles osseux fossiles ». *Annales de Paléontologie*, 94 : 79-87.

DEBENHAM N. C., 1998. Thermoluminescence dating of stalagmitic calcite from La Grotte Scladina at Sclayn (Namur). In : OTTE M., PATOU-MATHIS M. & BONJEAN D. (éd.), *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 2. L'Archéologie*, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 79, Liège : 39-43.

DELAUNOIS É., 2008. *La doline de Scladina (Andenne, Belgique) : étude taphonomique, paléontologique et archéozoologique de l'assemblage osseux des couches Z6, Z4 et Z1*. Travail de fin de cycle de Bachelier en Histoire de l'Art et Archéologie, Faculté de Philosophie et Lettres, Université de Liège, Liège : 18 p.

DELAUNOIS É., 2010. *L'altération différentielle des vestiges en archéologie paléolithique. Contribution à l'établissement d'une clé de contrôle stratigraphique et d'homogénéité des collections. L'exemple des couches 4 de Scladina (Namur, Belgique)*. Mémoire de Master en Histoire de l'Art et Archéologie, Faculté de Philosophie et Lettres, Université de Liège, Liège : 96 p.

DOMÍNGUEZ-RODRIGO M., DE JUANA S., GALÁN A. B. & RODRÍGUEZ M., 2009. A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science*, 36 : 2643-2654.

GEWELT M., SCHWARCZ H. P. & SZABO B. J., 1992. Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. In : OTTE M. (éd.), *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 1. Le Contexte*, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 27, Liège : 159-172.

GUADELLI J.-L., 2008. La gélifraction des restes fauniques. Expérimentation et transfert au

- fossile. *Annales de Paléontologie*, 94 : 121-165.
- OZOUF J.-C. & GUADELLI J.-L., 1994. Études expérimentales de l'action du gel sur les restes fauniques : premiers résultats. In : PATOU-MATHIS M. (éd.), *Outillage peu élaboré en os et bois de cervidés*, IV, Treignes : 47-56.
- GULLENTOPS F. & DEBLAERE C., 1992. Érosion et remplissage de la grotte Scladina. In : OTTE M. (éd.), *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 1. Le Contexte*, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 27, Liège : 9-31.
- LENOBLE A. (éd.), 2005. *Ruissellement et formation des sites préhistoriques : référentiel actualiste et exemples d'application au fossile*. British Archaeological Reports International Series, S1363, Oxford : 222 p.
- LENOBLE A. & BORDES J.-G., 2001. Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement. In : BOURGUIGNON L., ORTEGA I. & FRÈRE-SAUTOT M.-C. (éd.), *Préhistoire et approche expérimentale*, Montagnac : 295-311.
- LENOBLE A., BERTRAN P., BOULOGNE S., MASSON B. & VALLIN L., 2009. Évolution des niveaux archéologiques en contexte périglaciaire. Apports de l'expérience Gavarnie. *Les nouvelles de l'Archéologie*, 118 : 16-20.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ F., GRANDAL-D'ANGLADE A. & VIDAL-ROMANÍ J. R., 2006. Deciphering bone depositional sequences in caves through the study of manganese coatings. *Journal of Archaeological Science*, 33 : 707-717.
- LYMAN R. L., 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press, Cambridge : 524 p.
- MALLYE J.-B., 2007. *Les restes de Blaireau en contexte archéologique : Taphonomie, Archéozoologie et éléments de discussions des séquences préhistoriques*. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I, Préhistoire et Géologie du Quaternaire, Bordeaux : 548 p.
- MALLYE J.-B., COSTAMAGNO S., LAROULANDIE V. & BEAUVAL C., 2009. Impacts des processus périglaciaires sur la préservation des ossements. *Les nouvelles de l'Archéologie*, 118 : 26-31.
- ORLANDO L., DARLU P., TOUSSAINT M., BONJEAN D., OTTE M. & HÄNNI C., 2006. Revisiting Neandertal diversity with a 100,000 year old mtDNA sequence. *Current Biology*, 16 : R400-R402.
- OTTE M., PATOU-MATHIS M. & BONJEAN D. (éd.), 1998. *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 2 : L'Archéologie*. Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 79, Liège : 437 p.
- PATOU-MATHIS M. & BOCHERENS H. 1998. Comportements alimentaires des hommes et des animaux à Scladina. In : OTTE M., PATOU-MATHIS M. & BONJEAN D. (éd.), *Recherches aux grottes de Sclayn. Volume 2. L'Archéologie*, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 79, Liège : 297-310.
- PICKERING T. R. & HENSLEY-MARSHAND B., 2008. Cutmarks and hominid handedness. *Journal of Archaeological Science*, 35 : 310-315.
- PIRSON S., 2007. *Contribution à l'étude des dépôts d'entrée de grotte en Belgique au Pléistocène supérieur. Stratigraphie, sédimentologie et paléoenvironnement*. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Faculté des Sciences, Département de Géologie, Liège : 435 p.
- PIRSON S., BONJEAN D., DI MODICA K. & TOUSSAINT M., 2005. Révision des couches 4 de la grotte Scladina (comm. d'Andenne, prov. de Namur) et implications pour les restes néandertaliens : premier bilan. *Notae Praehistoricae*, 25/2005 : 61-69.
- PIRSON S., COURT-PICON M., HAESAERTS P., BONJEAN D. & DAMBLON F., 2008. New data on geology, anthracology and palynology from the Scladina Cave pleistocene sequence: preliminary results. *Memoirs of the Geological Survey of Belgium*, 55 : 71-93.
- QUINIF Y., 2006. Complex stratigraphic sequences in belgian caves. Correlation with climatic changes during the Middle, the Upper Pleistocene and the Holocene. *Geologica Belgica*, 9 : 231-244.
- TEXIER J.-P., BERTRAN P., COUTARD J. P., FRANCOU B., GABERT P., GUADELLI J. L., OZOUF J. C., PLISSON H., RAYNAL J.-P. & VIVENT D., 1998. TRANSIT, An Experimental Archaeological Program in Periglacial Environment: Problem, Methodology, First Results. *Geoarchaeology*, 13 (5) : 433-473.
- TOUSSAINT M., OTTE M., BONJEAN D., BOCHERENS H., FALGUÈRES C. & YOKOYAMA Y., 1998. Les restes humains néandertaliens immatures de la couche 4A de la grotte Scladina (Andenne, Belgique). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, 326 : 737-742.

Résumé

L'étude taphonomique de la faune du complexe des couches 4A de la grotte *Scladina* met en évidence une variabilité de l'état de conservation des vestiges en relation avec l'unité sédimentaire qui les contient. La récurrence et l'intensité de certains traits portés par les ossements tels la fragmentation, l'érosion et les dépôts d'oxydes métalliques constituent de véritables faciès taphonomiques qui caractérisent chacune des couches analysées. À l'inverse, l'hétérogénéité d'un faciès, illustrée par l'amalgame de traits variés, est annonciatrice de remaniements sédimentaires parfois importants et d'association de vestiges peut-être anachroniques.

Mots-clés : Pléistocène supérieur, faciès taphonomiques, stratigraphie, *Scladina*, Sclayn, comm. d'Andenne, Prov. de Namur (B).

Abstract

At Scladina Cave, the taphonomic analysis of faunal remains from sedimentary complex 4A demonstrated that objects have a particular set of physical characteristics that is directly related to their sedimentary context. The recurrence and the intensity of different features were observed on osseous material, including: surface colour, degree of fragmentation, abrasion of edges, precipitation of metallic oxides, et cetera. A specific, unique taphonomic signature (facies) for objects from each sedimentary layer was established after the combination of these features. However, in one layer, a mixture of objects with different signatures (attributed to other layers in the sedimentary complex) highlighted the reworking of the material due to dynamic sedimentary processes, causing the potential association of anachronistic remains.

Keywords: Upper Pleistocene, taphonomy, taphonomic features, stratigraphy, Scladina, Sclayn, municipality of Andenne, Prov. of Namur (B).

Élise DELAUNOIS
Université de Liège
Service de Préhistoire
Place du XX-Août 7
BE – 4000 Liège
elise.delaunois@gmail.com

Grégory ABRAMS
Dominique BONJEAN
Kévin DI MODICA
Centre archéologique de la grotte Scladina
ASBL Archéologie Andennaise
Rue Fond des Vaux 339d
BE – 5300 Sclayn
scladina@swing.be

Stéphane PIRSON
Service public de Wallonie
Direction de l'Archéologie
Rue des Brigades d'Irlande 1
BE – 5100 Jambes