

Doctorat de l'Université de Toulouse

préparé à l'Université Toulouse - Jean Jaurès

Les néandertaliens face aux bouleversements climatiques du
MIS 4 : entre choix cynégétiques et contraintes
environnementales.

Thèse présentée et soutenue, le 4 juillet 2025 par
Christelle DANCETTE

École doctorale

TESC - Temps, Espaces, Sociétés, Cultures

Spécialité

Préhistoire

Unité de recherche

TRACES - Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés

Thèse dirigée par

Sandrine COSTAMAGNO et Emmanuel DISCAMPS

Composition du jury

Mme Marie SORESSI, Présidente, Universiteit Leiden

Mme Camille DAUJEARD, Rapporteure, Muséum National d'Histoire Naturelle

M. William RENDU, Examineur, Al-Farabi Kazakh National University

Mme Allowen EVIN, Examinatrice, Université de Montpellier

Mme Sandrine COSTAMAGNO, Directrice de thèse, Université Toulouse - Jean Jaurès

M. Emmanuel DISCAMPS, Co-directeur de thèse, Université Toulouse - Jean Jaurès

Membres invités

M. Jean-Christophe CASTEL, Muséum d'Histoire Naturelle de Genève

M. Guillaume GUÉRIN, Université de Rennes 1

Note au lecteur – Erratum

Lors de la soutenance, deux erreurs ont été soulevées par les membres du jury. Une révision du manuscrit n'a pas été engagée. Il m'a néanmoins semblé essentiel de signaler ces corrections et de mettre à disposition les données associées à ce travail, dans un souci de transparence scientifique et d'information du lecteur, à savoir :

- Certaines des coordonnées géographiques (GPS) reportées sur la carte des sites archéologiques (fig. I.1) sont erronées. Ces erreurs concernent uniquement leur représentation cartographique et n'affecte ni les analyses, ni les interprétations développées dans ce travail.
- Sur certaines planches techniques (Annexes III.31 à III.39 et corps du manuscrit vol. 1 : p. 92 ; p. 95 ; p. 181-182), la mention « lame 1/4 d'onde » a été utilisée par erreur. Il convient de lire « lame λ » (lame d'onde).

Je remercie les lecteurs de tenir compte de ces éléments lors de la consultation du manuscrit.

Par ailleurs, afin de favoriser la transparence et la réutilisation des données produites dans le cadre de cette recherche, la base de données associée à cette thèse est désormais accessible en libre accès sur Nakala à l'adresse suivante :

<https://nakala.fr/10.34847/nkl.4b618zwd>

Les lecteurs souhaitant réutiliser les données ou vérifier certains éléments sont invités à se référer à cette version déposée.

Je tiens enfin à remercier les membres du jury pour la qualité de leurs remarques et de leurs échanges lors de la soutenance.

Remerciements

Ces quelques mots ne suffiront sans doute pas à exprimer toute la gratitude que je ressens à l'issue de cette longue aventure doctorale. Je souhaite néanmoins remercier ici toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont accompagné cette période si spéciale.

En tout premier lieu, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à mes deux directeurs de thèse, Sandrine Costamagno et Emmanuel Discamps. Depuis le Master et jusqu'à l'aboutissement de cette thèse, vous m'avez toujours soutenue. Merci pour votre confiance, et pour tous vos conseils toujours dans la bienveillance. Surtout, merci pour votre implication, votre rigueur, vos nombreuses relectures et votre patience. Ma manière d'appréhender la recherche a été façonnée en grande partie grâce à vous.

J'exprime toute ma reconnaissance envers les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Merci à Camille Daujeard et Marie Soressi d'avoir accepté la charge de rapporter cette thèse ; je vous suis profondément reconnaissante pour votre intérêt et vos remarques constructives, qui contribueront à faire progresser cette recherche. Merci également à Allowen Evin et à William Rendu d'avoir accepté d'être examinateurs, ainsi qu'à Jean-Christophe Castel et Guillaume Guérin d'avoir accepté de participer à cette soutenance. Vos travaux ont été pour moi une source d'inspiration constante, je suis très honorée de pouvoir vous soumettre à toutes et tous ce travail.

Cette recherche a été rendue possible grâce à un financement CDU de trois années auprès de l'Université Toulouse II – Jean Jaurès, prolongé de six mois en raison des fermetures liées à la pandémie de Covid-19. Je remercie le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, ainsi que l'Université de Toulouse, pour ce soutien financier.

Ce travail n'aurait pu exister sans l'aide des personnes qui m'ont accompagnée et encouragée depuis la construction du projet jusqu'au concours CDU. Sandrine et Manu, encore merci pour vos précieux conseils et votre soutien. Manu, merci de m'avoir

orientée vers ce sujet qui te tient à cœur. Un grand merci à Raphaël Suso, Marine Gardeur et Pierre Lamotte pour leurs coachings bienveillants. Merci à Camille Bourdier et aux membres de l'équipe pédagogique SMP3C pour leurs conseils avisés. Merci également aux fouilleurs bénévoles de Combe-Grenal pour leur écoute bienveillante lors de nos « apéro-entraînements ». Une mention spéciale à Jean-Philippe Faivre pour avoir accepté de rapporter ce projet, et pour tes précieux conseils.

Ma gratitude va également à l'ensemble de l'équipe du laboratoire TRACES et à ses responsables, pour la gestion attentive du matériel, des plateformes et des ressources logistiques. Merci pour votre disponibilité et votre efficacité.

Un grand merci à l'équipe de fouille du Roc-de-Marsal : Alain Turq, Shannon McPherron, Denis Sandgathe, Paul Goldberg. Merci pour la qualité de nos échanges tout au long de cette thèse, le partage de données spatiales et votre disponibilité pour répondre à toutes mes questions, même les plus complexes. Notre rencontre à Carsac a été un moment marquant et stimulant pour moi.

Merci à Patrice Buraud et à l'équipe du Domaine de Campagne de m'avoir accueillie pour deux sessions d'étude. Patrice, merci pour ta confiance et l'accès aux collections. Merci également à Mickaël Baillet et Nicolo Fasser pour ces petites escapades périgourdines. Micka, où que tu sois — caravane perdue ou Eldorado chinois du caillou — j'espère qu'on se recroisera vite pour que tu me racontes tes dernières aventures.

Merci à William Rendu et Éric Pubert d'avoir accepté de me former sur votre domaine de prédilection. Grâce à vous, la cémentochronologie me paraît moins obscure. Merci pour votre temps, votre investissement, et pour votre persévérance. Éric, merci beaucoup pour la réalisation des lames minces et la description détaillée du protocole, et bien au-delà, pour toute ton aide. Merci également à Manon, Marine, Olivier Bignon et Manu pour votre bonne humeur lors des sessions de formation. Audrey Roussel, un grand merci pour ces échanges toujours riches et pour ton aide avec la cémentochronologie.

Plusieurs missions d'étude de matériel ont été financées par l'ANR DeerPal. Je tiens à remercier Emmanuel Discamps (coord.) pour cela, et pour toute l'aide logistique et organisationnelle. Merci à toute l'équipe DeerPal pour ces riches collaborations et pour le workshop de Gaillac, ce fut une très belle expérience.

Merci à Aurélien Royer, William Rendu et Thomas Perrin, membres de mon CST, pour votre écoute, vos conseils personnalisés et votre bienveillance, notamment lors des périodes les plus difficiles. Ces moments d'échange ont été précieux et m'ont sincèrement aidé à aller jusqu'au bout.

Jean-Philippe Faivre, merci pour nos discussions à Combe-Grenal. Moi qui ne comprenais pas grand-chose à ces bouts de cailloux, tu as su rendre les choses plus claires ! J'ai particulièrement apprécié nos échanges sur le Roc-de-Marsal. Aurélien, je ne peux que te remercier pour ton amitié, ton accueil chaleureux chaque année à la Balutie, et nos échanges scientifiques toujours stimulants.

Merci à Marc Thomas, Manu et François Balleux pour nos échanges autour des statistiques spatiales et des scripts R — quel langage de psychopathe ! Merci également à Marc et Manu pour votre dynamisme autour des travaux sur les PES, porteurs de sens. Giulia Gallo, merci pour nos discussions sur le RDM. J'espère sincèrement que nous aurons l'occasion de collaborer à l'avenir. Merci à Pierre-Antoine Beauvais de m'avoir intégrée à l'équipe du Colombier. Nos collaborations sont toujours un réel plaisir, et m'ouvrent à d'autres perspectives.

Un grand merci à l'équipe des Représen'TESC. Être élue doctorante à vos côtés fut une expérience très formatrice et humaine.

Comment ne pas remercier ici mes collègues et amis toulousains ! Julie, Antoine, Gaëlle, Kéké, Célia, Maga, Igor, Enya, Emma, Andréa, Marine, Eugénie, Louis, Louise (les LouLous) Raph, Marc, ces quelques années auraient été beaucoup moins fun sans vous tous ! Enya, Emma, notre voyage à Oppède-les-Vieilles a été pour moi un grand moment, j'en garde un très beau souvenir. Les amigos de la Balutie, Eugénie, Louis, Emelyne,

Tanite, et tout le monde, on se retrouve bientôt. Mado, Cassandre, Titouan, sachez que j'ai pleine confiance en votre capacité à prendre la relève (et je ne suis pas la seule) ;) Lancelot, je ne pouvais manquer de t'écrire ici quelques mots, j'ai une pensée émue pour toi.

Un immense merci à tous les amis du Sud-Est pour leur bonne humeur et pour tous ces beaux moments. Merci Thibaut, Sylvie, Nathou, Steve, Baptiste, Lisa, Mélissa, Benji, Amandine, Tim, Romain, Laeti, Coco, Chris, Philippe... Merci pour ces bouffées d'oxygène. Philou et Valoche, merci pour vos accueils toujours merveilleux à la montagne. Coco, merci pour ton grain de folie qui te rend spéciale et pour ta bienveillance. Sylvie, Seb et Lana, je suis nostalgique de nos aventures basquaises !

Merci à mes parents pour leur accueil ces derniers mois lors de sessions « intensives », et pour leur soutien tout au long de ces années. Ce travail n'aurait pas pu être sans votre compréhension et votre bienveillance. Maman, merci pour toutes tes petites attentions du quotidien. Merci également à tous les membres de ma famille, j'ai été peu présente ces dernières années, on va pouvoir rattraper le temps perdu désormais !

Oliv, merci pour ta patience infailible. De très beaux jours nous attendent !

Merci à tous ceux qui ont croisé ma route pendant ces cinq années. Vous avez su apporter du rire, du réconfort, de l'énergie, même dans les moments les plus rudes.

Sommaire

Introduction, Problématiques et Hypothèses de départ p.2

Partie I : Cadre général de l'étude p.8

Chapitre 1 – Géographie et environnements des MIS 5 et 4 p.8

Chapitre 2 – Écoéthologie et signal environnemental des principales espèces p.18

Chapitre 3 – Cadre géo-chrono-culturel de la transition entre la fin du MIS 5 et du MIS 4 p.37

Chapitre 4 – Le site du Roc-de-Marsal p.49

Partie II : Corpus et Méthodes p.69

Chapitre 1 – Corpus, détermination ostéologique et enregistrement des données p.69

Chapitre 2 – Approche croisée entre stratigraphie post-fouille, taphonomie et statistiques spatiales p.75

Chapitre 3 – Étude des saisonnalités de prédation p.90

Chapitre 4 – Analyse Archéozoologique p.98

Partie III – Résultats p.112

Chapitre 1 – Réévaluation stratigraphique et constitution de nouvelles unités p.112

Chapitre 2 – Étude des saisonnalités de prédation p.179

Chapitre 3 – Analyses archéozoologiques p.190

Partie IV – Discussion p.254

Chapitre 1 – Les associations d'Ongulés de la transition MIS 5 – 4 p.254

Chapitre 2 – Exploitation du gibier, mobilité et gestion du territoire à la transition MIS 5-4 p.279

Chapitre 3 – Concomitances et déconnexions p.299

Conclusions générales p.306

Références bibliographiques p.310

Liste des figures p.360

Liste des tableaux p.368

Introduction, Problématiques et Hypothèses de départ

Les néandertaliens (*Homo sapiens neanderthalensis*) – qui ont vécu en Eurasie et au Proche-Orient entre environ 350 et 40 ka – figurent sans doute parmi les meilleurs exemples de la capacité humaine à faire **face aux recompositions environnementales**. Leur histoire fut marquée, à de multiples reprises, par l’alternance de phases glaciaires et interglaciaires qui ont fortement conditionné les environnements au sein desquels ils puisaient leurs ressources. Grâce à l’examen du temps long, nous savons maintenant que les néandertaliens ont su faire preuve d’innovations techniques et d’adaptabilité face aux changements profonds de leurs environnements. La période du MIS 4 (*Marine Isotopic Stage 4*), située entre environ 73,5 et 59 ka (Sánchez Goñi et Harrison, 2010), revêt un intérêt particulier pour appréhender ces questionnements. Elle marque le début d’une forte péjoration climatique qui semble corrélée, dans le Sud-Ouest de la France et ses marges, à des mutations socio-économiques majeures.

En effet, cette période correspond, dans le Sud-Ouest de la France *sensu lato*, au remplacement des **forêts atlantiques (MIS 5) par un biotope dominé par la steppe arctique (MIS 4** ; Sánchez Goñi et al., 2008). Dans ces environnements, les espèces animales plutôt inféodées à des environnements tempérés, généralement considérées comme peu migratrices (e.g. Cerf, Chevreuil), qui constituaient alors le gibier de prédilection des néandertaliens, auraient été progressivement remplacées par le Renne, taxon potentiellement très migrateur, qui aurait trouvé un lieu de vie favorable dans ces nouveaux paysages glaciaires (e.g. Delpech, 1996 ; Discamps et al., 2011 ; Morin et al., 2014 ; Discamps et Royer, 2017). Cette période a vu le développement, au sein des populations néandertaliennes, d’un **techno-complexe remarquable** qui témoigne de l’une des réponses adaptatives les plus notables qui soient connues pour l’ensemble du Paléolithique moyen : **le Moustérien de type Quina** (e.g. Turq, 1989 ; 2000 ; Bourguignon, 1996 ; Bourguignon et al., 2004 ; Hiscock et al., 2009 ; Faivre, 2008 ; Faivre et al., 2017). Toutefois, si le Moustérien de type Quina a suscité un certain engouement de la recherche, permettant de mieux caractériser ce techno-complexe et la solution qu’il apporterait face aux environnements potentiellement très contraignants du MIS 4 – en tous cas dans le Nord du Bassin aquitain – (e.g. Turq, 1989 ; 2000 ; Costamagno et al.,

2006 ; 2015 ; Meignen et al., 2007 ; Soulier, 2008 ; Hiscock et al., 2009 ; Claud et al., 2012 ; Rendu et al., 2012 ; 2023 ; Hodgkins, 2012 ; Niven et al., 2012 ; 2013 ; Hodgkins et al., 2016 ; Castel et al., 2017 ; Régis, 2020 ; Soulier et al., 2022), la période qui le précède (fin MIS 5 – début MIS 4) souffre actuellement de grandes lacunes de documentation.

Pourtant, cette période est peut-être clé dans notre compréhension du basculement des sociétés néandertaliennes vers ce nouveau système socio-économique. Elle est d'autant plus intéressante, qu'elle verrait l'**augmentation progressive du Renne dans la diète néandertalienne, au détriment des taxons de nature plus tempérés** (e.g. Cerf, Chevreuil : Delpech, 1996 ; Discamps et al., 2011 ; Castel et al., 2017 ; Discamps et Royer, 2017 ; Niven et Martin, 2017). Elle constitue, de ce fait, un cas d'étude privilégié pour s'intéresser à l'émergence du modèle Quina et aux réponses adaptatives des néandertaliens face à la recomposition progressive de leur environnement. Par ailleurs, les assemblages fossiles couvrant cette période présentent un **profil atypique**, car ils associent en abondance **Renne, Cerf et Chevreuil** au sein des mêmes unités d'enregistrement (Discamps et al., 2011). Ce type d'association, que l'on pourrait qualifier de « **composite** », ne connaît que peu d'équivalent dans nos écosystèmes actuels (cf. *Partie I, Chapitre 2, b- Renne vs. Cerf-Chevreuil : des espèces peu compatibles ?*), ce qui pose question. Elles constituent par ailleurs l'opportunité pour nous d'explorer les pratiques cynégétiques des néandertaliens dans des environnements à proies multiples, et aux comportements potentiellement différents.

Le Moustérien de type Quina ne dure que quelques millénaires, mais il tient une place importante dans les débats sur la variabilité de l'industrie moustérienne et l'adaptabilité des néandertaliens face aux recompositions environnementales (e.g. Chase, 1986 ; Delpech, 1996 ; Delagnes et Rendu, 2011 ; Morin et al., 2014 ; pour des travaux de synthèse à ce sujet, voir : Faivre, 2008). Le Moustérien Quina apparaît en rupture avec la période Levallois qui le précède, et se caractérise par une recomposition profonde des équipements domestiques et cynégétiques. Les assemblages couvrant cette période sont marqués, plus précisément, par la production d'outils en pierre plus polyvalents et plus durables, qui seraient destinés à être facilement recyclés et aisément transportables, possiblement adaptés à une plus forte mobilité des groupes (e.g. Bourguignon et al., 2006 ; Hiscock et al., 2009 ; Delagnes et Rendu, 2011).

Dans le Nord du Bassin aquitain, les chaînes de fabrication et de maintenance apparaissent plus séquencées dans le temps et dans l'espace. Cette production est parfois associée à des indices très forts d'abattages saisonniers du Renne, espèce connue pour ses comportements migratoires. Selon certains auteurs (Delagnes et Rendu, 2011), ces nouvelles pratiques cynégétiques, orientées sur l'acquisition de taxons grégaires et migrants, auraient induit l'adoption de nouvelles stratégies de mobilité, et de nouveaux modes de gestion des ressources et des équipements. Cette période pourrait même voir le développement des pratiques de stockage de la viande (e.g. Costamagno et al., 2006 ; Soulier et Costamagno, 2018 ; Soulier, 2019), permettant de conserver les grandes quantités de ressources générées saisonnièrement. Ces nouveaux dispositifs ont sans doute eu des implications profondes sur l'organisation sociale et la trajectoire des groupes néandertaliens (e.g. coopération pour la chasse, planification des activités dans le temps et dans l'espace : Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012 ; Soulier et Costamagno, 2018 ; Costamagno et Nôus, 2021).

Au regard de cette situation, notre projet de recherche se propose d'interroger les réalités paléoécologique à l'origine de ces associations fauniques étonnantes (Renne, Cerf, Chevreuil) et de questionner les réponses socio-économiques des néandertaliens face à des paysages en pleine recomposition, et leurs potentielles implications dans le basculement vers le modèle socio-économique du Moustérien de type Quina. Ces questionnements s'inscrivent dans un cadre de réflexion plus large qui s'intéresse aux interactions **climat-environnement-humain**. Ils peuvent, selon nous, être explorés au travers de **deux grands axes** de recherche :

Dans un **premier axe** (cf. Partie III, Chapitre 1 – *Réévaluation stratigraphique et constitution de nouvelles unités*, et Chapitre 2 – *Saisonnalités de prédation*), nous chercherons à comprendre à **quoi correspondent les assemblages « composites » associant Renne, Cerf et Chevreuil**. Pour cela, nous testerons quatre hypothèses, non exclusives entre elles, qui pourraient les expliquer :

H1 : ils peuvent être une conséquence de **perturbations post-dépositionnelles** qui auraient mélangé des couches dominées par le Renne à des couches dominées par le Cerf-Chevreuil ;

H2 : la **résolution des découpages** stratigraphiques peut être **insuffisante**, créant une couche artificielle à partir de plusieurs niveaux distincts qui contiennent des faunes différentes ;

H3 : ils correspondent à des **saisonnalités de chasse différentes**. Par exemple, en fonction de leurs disponibilités respectives, le Renne et le Cerf n'étaient pas chassés à la même saison ;

H4 : ils reflètent la mise en place de conditions favorables à leur **sympatrie** (e.g. forêt boréale), ou de véritables **paysages en mosaïque**, non-analogues à ceux que l'on connaît actuellement, et au sein desquels ces trois cervidés auraient pu coexister en abondance toute l'année.

Afin de tester ces hypothèses, nous tenterons de reconstituer avec précision les évolutions diachroniques dans les spectres de faunes chassées, et d'appréhender les changements dans la disponibilité des ressources carnées, notamment en fonction des saisons. Pour cela, nous combinerons les **approches taphonomiques et spatiales aux données de saisonnalité** (figure introductive). Ces données seront par la suite essentielles pour appréhender la manière dont les néandertaliens se sont adaptés aux changements dans la disponibilité de leurs proies.

Dans un **second axe** (cf. Partie III, Chapitre 2 – *Saisonnalités de prédation*, et Chapitre 3 – *Analyses archéozoologiques*) nous chercherons à comprendre **comment les sociétés néandertaliennes se sont adaptées à ces changements environnementaux**, et examinerons les liens éventuels entre les changements de proies et le basculement vers le modèle spécifique du Moustérien Quina. Pour cela, nous tenterons d'appréhender selon quelles modalités fut exploité le Renne avant le Moustérien Quina, espèce qui pourrait avoir tenu une place centrale dans les changements opérés au sein des sociétés néandertaliennes durant cette période charnière. L'objectif sera ici de voir si le système Quina est effectivement corrélé à l'apparition des abattages massifs et saisonniers du Renne, ou si ces deux phénomènes apparaissent déconnectés dans le temps. De même, nous souhaiterions comprendre de quelle manière se sont adaptés les néandertaliens dans des environnements en pleine recomposition et comment les changements dans la disponibilité de leurs proies – notamment en fonction des saisons –, ont pu affecter les conditions de vie,

l'organisation et les systèmes de mobilité et de gestion des ressources de ces populations. Dans cette optique, nous tenterons d'identifier les éventuelles innovations dans les **pratiques de boucherie** (e.g. pratique du stockage, prélèvement des peaux) et les changements opérés dans les **stratégies de subsistance** et dans les **systèmes de mobilité** des groupes néandertaliens. Pour cela, nous ferons appel aux **analyses archéozoologiques** intégrant les dernières avancées de la discipline (e.g. analyse détaillée des stries de découpe), et confronterons ces données aux **indices de saisonnalité** (figure introductive).

Dans cette optique, le **gisement du Roc-de-Marsal** (Campagne, Dordogne) a été retenu comme site d'étude privilégié. Il offre l'avantage de présenter une longue et puissante séquence (allant du MIS 5 au MIS 3 : Guibert et al., 2009 ; Guérin et al., 2012 ; 2017) couvrant finement le passage de l'Antequina vers le Moustérien de type Quina. Plusieurs unités d'enregistrement (couches 5 à 7) ont par ailleurs livré des spectres de faunes « composites », au sein desquelles le Cerf et le Chevreuil sont graduellement remplacés par le Renne sur une puissance d'environ 50 cm¹. Cette situation est idéale pour tenter d'observer finement les évolutions internes au sein de la séquence selon la méthode des « *Post-Excavation Stratigraphies* » (cf. *Partie II, Chapitre II – Approche croisée entre stratigraphie post-fouille, taphonomie et statistiques spatiales*). Les collections sont riches et issues de fouilles récentes et minutieuses (A. Turq, H. Dibble, S. McPherron, D. Sandgathe, P. Goldberg, campagnes 2004 – 2009), permettant de bénéficier d'un enregistrement précis (prise de coordonnées 3D des objets à la fouille, tamisage systématique) et d'une documentation de qualité, atouts particulièrement favorables à l'entreprise de telles analyses.

Les résultats acquis au cours de ce travail feront ensuite l'objet d'une discussion approfondie structurée en trois chapitres. Le premier (Partie IV, Chapitre 1 – Les associations d'Ongulés de la transition MIS 5 – 4) sera dédié à la question des assemblages « composites » au Roc-de-Marsal, ainsi que sur d'autres gisements, qui seront discutés avant réintégration du Roc-de-Marsal dans le cadre chrono-

¹ Estimation à partir de la lecture des relevés de coupes stratigraphiques disponibles dans les rapports d'opération du Roc-de-Marsal (voir : Sandgathe et al., 2004 ; 2005 ; 2006 ; 2007 ; 2008 ; Turq et al., 2009).

environnemental régional. Dans le second chapitre (Partie IV, Chapitre 2 – Exploitation du gibier, mobilité et gestion du territoire à la transition MIS 5-4), nous discuterons des stratégies de subsistance mises en œuvre par les néandertaliens juste avant le Quina, notamment au regard des changements de proies, et tenterons d’aborder les problématiques liées à la planification des activités, aux durées d’occupation du site et à la mobilité des groupes. Finalement, le dernier volet (Partie IV, Chapitre 3 – Concomitances et déconnexions) se propose d’aborder la question des continuités et des ruptures qui s’opèrent au cours de cette période au travers de l’examen diachronique de nombreuses variables (e.g. spectre faunique, subsistance, données lithiques, indices de feu). Pour cela, nous combinerons les données issues de cette étude et celles de la littérature disponible pour d’autres gisements nord-aquitains.

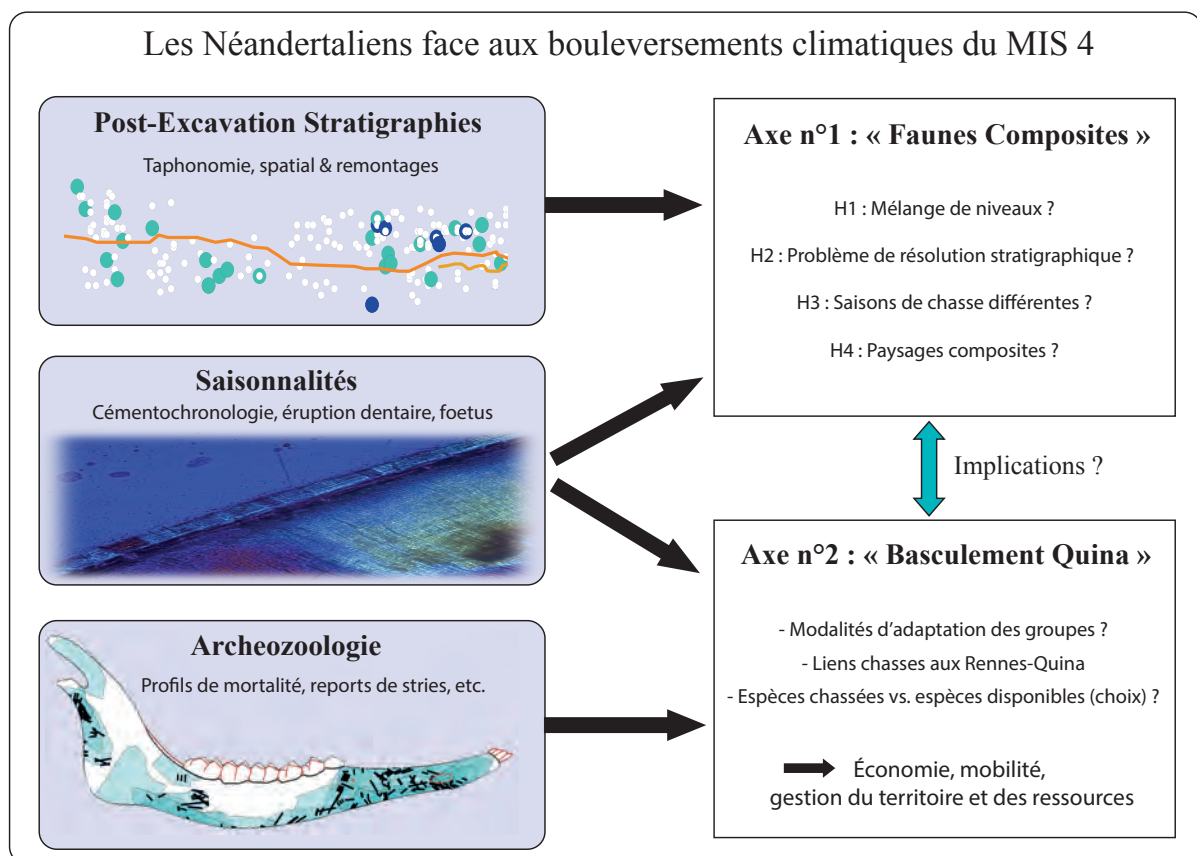


Figure introductive : Schéma synthétique des problématiques et des méthodes mobilisées dans ce travail.

Partie I : Cadre général de l'étude

Chapitre 1 – Géographie et environnements des MIS 5 et 4

a) Fenêtre géographique et chronologique

La période du Paléolithique moyen récent, durant le Pléistocène supérieur (120 – 11,7 ka), et plus précisément, la transition entre les MIS (*Marine Isotopic Stage*) 5 et 4 – qui serait datée autour de 73,5 ka (Sánchez-Goñi et Harrison, 2010) – est ici placée au cœur de ce travail doctoral. Les changements climatiques majeurs qui caractérisent cette période ont profondément remodelé les paysages de l'Atlantique Nord (Dansgaard et al., 1993 ; Sánchez-Goñi et al., 2008 ; Harrison et Sánchez-Goñi, 2010 ; Kindler et al., 2014 ; Seierstad et al., 2014). Dans le Sud de la France et ses marges *lato sensu* (e.g. Nord de l'Italie et de l'Espagne), ces nouveaux environnements s'accompagnent de mutations importantes au sein des sociétés néandertaliennes : la technologie Levallois (« AnteQuina ») disparaît provisoirement des assemblages, pour laisser place, au cours du MIS 4, au Moustérien de type Quina. Ce techno-complexe plus éphémère pourrait être contemporain du pic de froid du stadiaire d'Heinrich 6 (HS6 : autour de 63,2 – 60,1 ka d'après Sánchez-Goñi et Harrison, 2010 ; voir : Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017). Le Nord du Bassin aquitain (notamment : Charente, Charente-Maritime et Dordogne), qui pourrait constituer le cœur névralgique de ces mutations et dont certaines séquences présentent des associations de faunes « composites », a été retenu comme fenêtre géographique d'étude. Ce travail s'attache spécifiquement à la période située juste avant l'apparition du Moustérien Quina, encore très peu documentée, afin d'explorer finement les processus ayant éventuellement pu conduire à son développement, et ses liens éventuels avec les associations de faunes complexes caractérisant les assemblages de cette période (*cf. Introduction*). En ce sens, l'objectif est d'analyser finement l'évolution des occupations humaines dans cette région, potentiellement pionnière de transformations socio-économiques majeures. Pour replacer cette transition dans un contexte plus large, nous intégrerons également dans la discussion les périodes adjacentes : la fin du MIS 5 (« AnteQuina », à dominante Levallois) et la fin du MIS 4 (Quina). La zone d'étude comprend une douzaine de sites

archéologiques de comparaison (fig. I.1), dont certains présentent des séquences puissantes (e.g. Pech de l'Aze IV, Combe-Grenal), offrant – lorsque la documentation récente est disponible – une vision détaillée des dynamiques locales et un bon cadre documentaire pour établir des comparaisons.

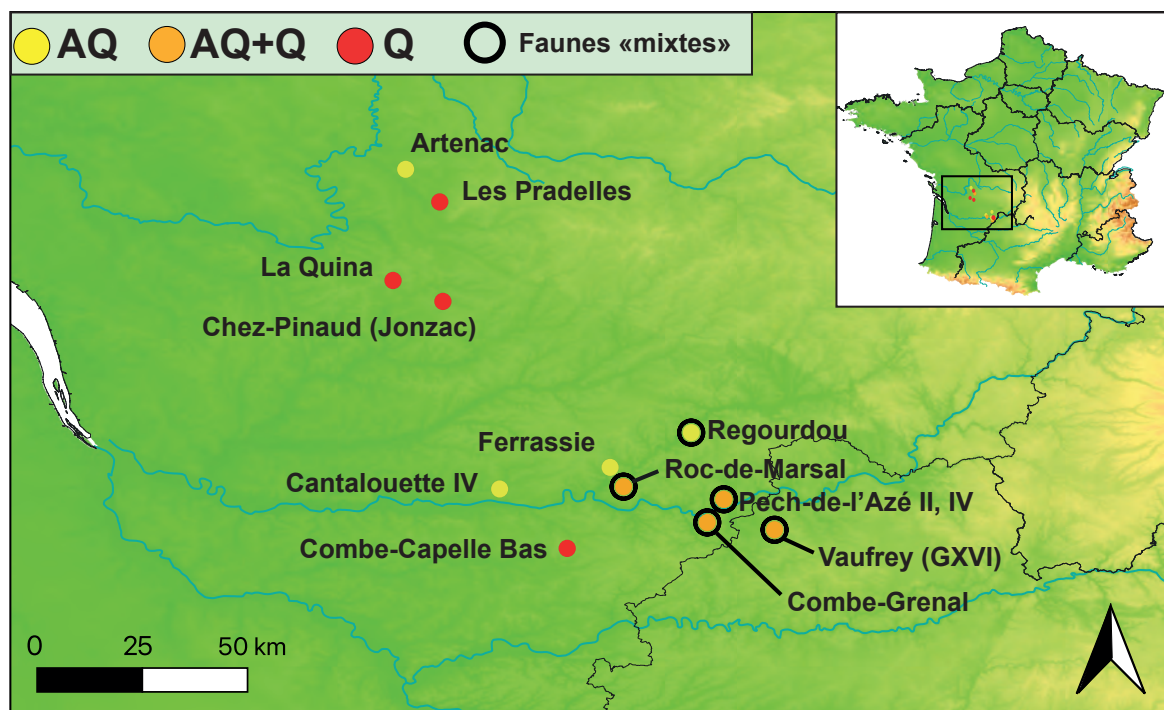


Figure I.1 : Carte de répartition des principaux sites de comparaison couvrant la transition MIS 5 – 4. AQ = AnteQuina ; Q = Quina.

b) Cadre paléoclimatique et environnemental

Données climatiques et polliniques

Les carottes glaciaires (e.g. projets NEEM, GRIP, GISP2, NGRIP) et sédimentaires (e.g. projets ODP, IODP) du Groenland et de ses marges ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche ces dernières décennies (e.g. Dansgaard et al., 1993 ; Andersen et al., 2001 ; Tzedakis et al., 2007 ; Harrison et Sánchez-Goñi, 2010 ; Baker et al., 2011 ; Kindler et al., 2014 ; Seierstad et al., 2014). Les travaux multiproxies (e.g. isotopes stables de l'oxygène, foraminifères, taux de méthane) réalisés sur ces enregistrements témoignent d'une forte instabilité climatique sur ces 120 ka dernières années, avec l'alternance de phases froides (stadias d'Heinrich) et de phases plus tempérées (événements de Dansgaard-Oeschger), associées à des variations rapides des

températures (parfois, sur quelques siècles seulement). De manière globale, les enregistrements marins et continentaux d'Europe de l'Ouest – qui fournissent un enregistrement plus local – s'accordent plutôt bien avec les séquences groenlandaises (cf. *supra*), avec toutefois des variations régionales (Sánchez-Goñi et al., 1999 ; 2000 ; 2002 ; 2008 ; Desprat et al., 2007 ; 2017 ; Naughton et al., 2007 ; Daniau et al., 2009 ; Pérez-Mejías et al., 2019). À l'échelle du Sud-Ouest de la France, l'essentiel des données disponibles nous provient d'un enregistrement sédimentaire prélevé dans le Golfe de Gascogne (carotte MD04-2845 : Sánchez-Goñi et al., 2008 ; 2013 ; Fletcher et al., 2010 ; bassins versants Adour, Garonne et Loire), et d'enregistrements stalagmitiques de la grotte Villars, en Dordogne (Genty et al., 2003 ; 2010 ; Genty, 2008 ; Wainer et al., 2011). Nous nous attacherons, ci-dessous, à synthétiser les principales caractéristiques de l'évolution du couvert végétal pour notre fenêtre d'étude.

Dans une certaine continuité avec la période interglaciaire précédente (MIS 5), la fin *lato sensu* du MIS 5 correspond à une période relativement tempérée. Cette phase est marquée par les événements de Dansgaard-Oeschger 21 et 20, mais ponctuée par des oscillations rapides plus froides (Genty et al., 2003 ; Genty, 2008). Du point de vue du couvert végétal, les conifères (essentiellement les genres *Pinus*, *Abies* et *Picea*) et la forêt atlantique (e.g. *Quercus*, *Carpinus*, *Betula*) dominent les spectres polliniques (fig. I.2). En revanche, les pollens caractéristiques de plantes steppiques sont rares, voire quasi-absents. Les concentrations de pollens restent très élevées durant tout le MIS 5 (Sánchez-Goñi et al., 2008), attestant d'un couvert forestier important sous des conditions climatiques assez tempérées.

La transition MIS 5 – 4 (*i.e.* toute fin du MIS 5a, début du MIS 4) voit l'augmentation des pollens de plantes caractéristiques de milieux humides (e.g. *Ericaceae*, *Calluna* : Sánchez-Goñi et al., 2008), en cohérence avec l'augmentation pluviométrique observée au sein de la séquence du Velay (Cheddadi et al., 2005 ; Wainer et al., 2011). Cette période pourrait marquer un certain tournant du point de vue de la couverture végétale : les concentrations de pollens diminuent drastiquement dès les dernières phases du MIS 5 (autour de 80 ka ; Sánchez-Goñi et al., 2008). De même, les taxons des forêts atlantiques (e.g. *Quercus*, *Carpinus*, *Betula*, *Corylus*) disparaissent quasiment, au profit des espèces boréales (*Abies* et *Picea*) et steppiques (e.g. *Artemisia*, *Cyperaceae*, *Taraxacum*). Le genre *Pinus* continue, quant à lui, de coexister aux côtés des essences

boréales et steppiques durant toute la première moitié du MIS 4 (fig. I.2). Cette période semble indiquer la mise en place de paysages plus mixtes, associant les forêts boréales de conifères (taïga) à des zones plus ouvertes (steppe froide).

La seconde moitié du MIS 4 marque une nouvelle rupture au sein des spectres polliniques, qui pourrait indiquer une péjoration climatique importante et brutale. Les genres ligneux *Abies* et *Picea*, caractéristiques des forêts boréales, disparaissent cette fois quasiment des séquences polliniques, laissant place aux taxons steppiques non-ligneux qui deviennent prépondérants aux côtés du genre *Pinus*. À cette période, les pollens de plantes inféodées aux milieux humides diminuent (Sánchez-Goñi et al., 2008), attestant d'un assèchement du climat. Cette phase finale du MIS 4 est étroitement liée au stadaire d'Heinrich 6 (HS6), une période relativement courte (environ 3 ka – 63,2 à 60,1 ka selon Sánchez-Goñi et Harrison, 2010) marquée par une chute importante des températures annuelles et un climat extrêmement rigoureux, plus ou moins corrélable à la « *Villars Cold Phase* » (Genty et al., 2003 ; 2010 ; fig. I.2).

Toutefois, certains auteurs (Steig et Alley, 2002 ; Pedro et al., 2018) ont montré qu'il pouvait y avoir des déconnexions entre les enregistrements climatiques des pôles Nord et Sud. Les stadiers d'Heinrich (HS), par exemple, correspondraient à des épisodes particulièrement rigoureux d'après les données polliniques et les assemblages de foraminifères, alors qu'ils sont corrélés à des épisodes de réchauffement intense en Antarctique (fonte des glaces). Selon certains auteurs (Denton et al., 2022), les stadiers d'Heinrich correspondraient, en réalité, à phases de réchauffement global au cours desquels les saisons seraient plus contrastées : cette hypothèse impliquerait des étés particulièrement chauds, libérant ainsi un grand volume d'eaux de fonte et d'icebergs, et conduisant ainsi à des hivers particulièrement rigoureux. En dehors de ces stadiers, le climat verrait un « retour à la normale », avec des conditions estivales relativement plus fraîches limitant les débâcles d'icebergs et réduisant ainsi les rigueurs des hivers. Ces hypothèses récentes montrent qu'il existe un débat important au sein de la communauté des paléoclimatologues, notamment quant aux mécanismes et aux climats associés aux stadiers d'Heinrich.

Données sur les petits mammifères

Les petits mammifères (e.g. Rongeurs, Insectivores) constituent un bon marqueur pour appréhender les paléoenvironnements locaux. Plusieurs travaux de synthèse visant à mieux comprendre l'évolution locale des communautés de rongeurs ont été publiées pour le Sud-Ouest de la France (Marquet, 1993 ; Royer et al., 2013 ; Discamps et Royer, 2017), une région propice à ce type d'investigations en raison des longues séquences stratigraphiques disponibles. Ces évolutions ont été corrélées aux événements climatiques sur la période du MIS 5 à 3 (Discamps et Royer, 2017), révélant une certaine complexité de la réponse des communautés de rongeurs, visible notamment au travers de variations subrégionales importantes entre Charentes (Charente et Charente-Maritime) et Périgord (Dordogne). Ces disparités ont également perçu pour la grande faune (cf. *infra*). C'est essentiellement à partir de leurs travaux – qui constituent à ce jour la synthèse la plus complète et la plus récente – que nous présenterons ici l'évolution des communautés de rongeurs de la transition MIS 5 – 4, de manière distincte pour les deux entités subrégionales précédemment mentionnées.

- Charentes :

Dans cet espace, la seule séquence retenue par les deux auteurs (Discamps et Royer, 2017) couvrant la période avant le Quina est celle de Bois-Roche (niveaux 1A, 1B, 1C et 2) dont seuls les niveaux inférieurs (1C et 2) sont datés (entre 61 et 78 ka, méthode ESR), ce qui rend cette séquence difficile à placer avec exactitude dans la chronologie isotopique (fin MIS 5 ? début MIS 4 ?). Les taxons caractéristiques de milieux froids et plutôt ouverts (*Lasiopodomys gregalis*) dominent les quatre niveaux de cette séquence, aux côtés de *Microtus arvalis/agrestis* et d'*Arvicola amphibius* (fig. 1.2). Bien qu'ubiquistes, ces deux taxons sont plutôt observés dans les plaines et forêts tempérées (*Microtus arvalis/agrestis*) ou en contextes assez humides (*Arvicola amphibius*). Ils sont associés, dans des proportions moins élevées, à des taxons adaptés aux environnements ouverts et froids (*Dicrostonyx torquatus*, *Alexandromys oeconomicus*), et dans une moindre mesure, plus forestiers et tempérés (*Eliomys quercinus*, *Myodes glareolus*).

Les séquences des Pradelles et de Jonzac - qui couvrent la période Quina (corrélable au stadaire d'Heinrich 6 / deuxième moitié du MIS 4 ?) - sont toujours dominées par l'association *Lasiopodomys gregalis* - *Microtus arvalis/agrestis* – *Arvicola amphibius*, mais la proportion relative de *Lasiopodomys gregalis* augmente au sein des spectres, au détriment principalement d'*Arvicola amphibius*, ce qui témoigne d'un assèchement et d'un refroidissement du climat compatible avec les données polliniques (Sánchez-Góñi et al., 2008). Par ailleurs, l'examen des taxons plus rares montre une disparition totale des espèces tempérées et forestières (*Eliomys quercinus*, *Myodes glareolus*) au profit des espèces caractéristiques des environnements ouverts et froids, particulièrement *Dicrostonyx torquatus* et - dans une moindre mesure - *Alexandromys oeconomicus*, attestant de conditions plus rigoureuses et plus sèches par rapport à la période précédente (fig. I.2).

- Périgord :

Deux séquences couvrent la période située avant le Quina dans cette localité, celles de Vaufrey (niveaux 2 et 3) et de Combe-Grenal (niveaux 51, 50A, 46-47, 41, et 31). Les dates OSL des niveaux 2 et 3 de Vaufrey (entre 123 et 95 ka, méthode OSL) les placent dans une phase un peu plus ancienne du MIS 5 que notre fenêtre d'étude. Les niveaux Ante-Quina de Combe-Grenal ont quant à eux été datés avec des méthodes aujourd'hui considérées comme inopérantes², ce qui les rend difficiles à replacer avec précision dans la chronologie isotopique. Quoi qu'il en soit, les niveaux supérieurs de Combe-Grenal (36 à 27) sont datés du MIS 5 – voire du début du MIS 4 – et sont largement dominés par *Microtus arvalis/agrestis*, donnant un caractère assez tempéré à cette période (fig. I.2). Ce taxon est essentiellement associé à des taxons assez ubiquistes plutôt caractéristiques de milieux tempérés (*Apodemus sylvaticus*, *Eliomys Quercinus*, *Microtus t. subterraneus*), humides (*Arvicola amphibius*), ou montagnards (*Chionomys nivalis*). On constate une absence totale de taxons typiquement associés aux conditions les plus rigoureuses, comme le lemming à collier (*Dicrostonyx torquatus*), alors qu'il est présent en Charentes à la même période (cf. *supra*).

² Réalisées par S.G.E. Bowman et G.G. Sieveking (1983), ces dates reposent sur des échantillons préparés dans une granulométrie qui n'est plus utilisée (1-8 µm) car elle induit de forts signaux parasites (Lahaye et al. in Faivre et al., 2014).

L'entrée dans la seconde moitié du MIS 4 (corrélable au début du Quina ?) est toujours couverte par les séquences de Vaufrey (niveau 1) et de Combe-Grenal (niveaux 26, 25, 20, 18 et 17). Ces niveaux sont caractérisés par l'augmentation d'*Arvicola amphibius* – qui tend, à cette même période, à diminuer des régions charentaises voisines –, donnant un caractère plus humide à cette région (fig. 1.2). *Microtus arvalis/agrestis* domine toujours le spectre, mais il est désormais régulièrement associé à des taxons caractéristiques de milieux froids (*Alexandromys oeconomicus*) et plus rarement forestiers (*Elomys quercinus*), témoin d'un refroidissement certain mais de conditions plus humides qu'en Charentes sur toute la période (fin du MIS 5 et MIS 4).

Données sur la grande faune

Les données disponibles pour restituer l'environnement animal de notre fenêtre d'étude proviennent essentiellement de travaux de synthèse sur les associations d'Ongulés (Delpech, 1996 ; Discamps et al., 2011 ; Morin et al., 2014 ; Discamps et Royer, 2017). Ces différents travaux ont révélé des changements tout aussi importants au sein des communautés d'Ongulés tout au long du MIS 5 et 4, compatibles avec les différences subrégionales observées chez les micromammifères.

En Charentes, les assemblages couvrant la période avant le Quina (Bourgeois-Delaunay : niveaux 10 à 4, Bois-Roche : niveaux 2 à 1A) sont dominés par l'association Bovinés-Cheval, avec une composante minoritaire de Renne, et tantôt d'autres taxons (e.g. Rhinocéros). En revanche, en Périgord, c'est l'association Cerf-Chevreuil qui domine les assemblages (Pech IV, Roc-de-Marsal, Vaufrey, Combe-Grenal), avec une part plus faible de Bovinés-Cheval (Discamps et Royer, 2017). En Périgord, la biomasse d'Ongulés serait relativement faible, tandis qu'elle pourrait être plus élevée en Charentes (Discamps, 2011 ; 2014). L'entrée dans le Quina (deuxième moitié du MIS 4 ?) marquerait un changement important dans les deux régions : le Renne devient prépondérant dans tous les assemblages (fig. 1.2). En Charentes, l'augmentation du Renne serait « abrupte »³. En Périgord, le Renne apparaît et domine déjà les assemblages situés avant

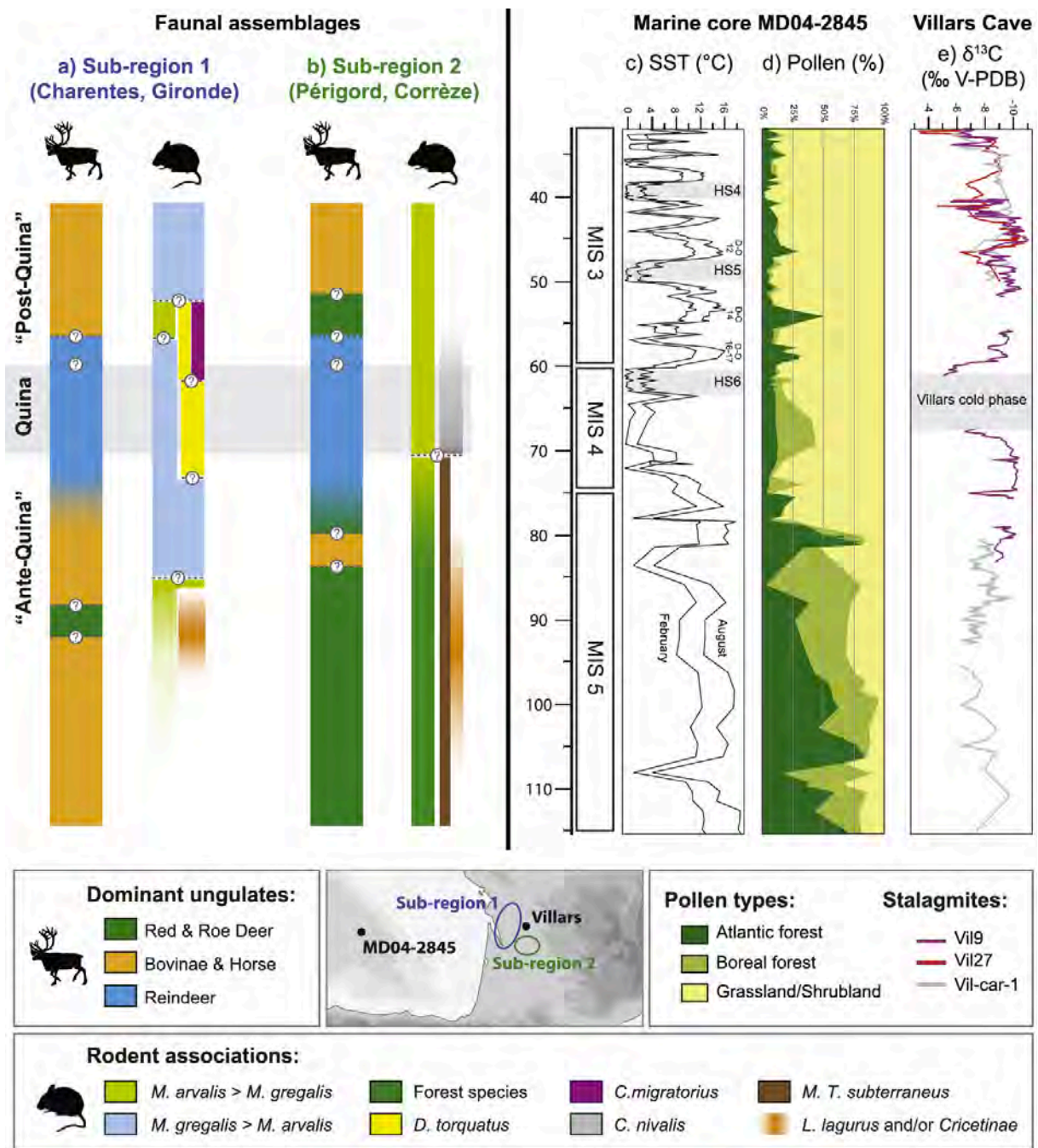
³ Dans cette région, il n'y a aucun niveau à ce jour qui semble suggérer un remplacement graduel des espèces (e.g. diminution progressive de Bovinés-Chevaux le long d'une séquence, au profit du Renne). Cela peut indiquer une réalité environnementale (remplacement abrupt, peu de chevauchement entre ces

le Quina, sa part augmentant graduellement au fil des séquences au détriment du Cerf-Chevreuil (Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017). Les séries de datations entreprises au Roc-de-Marsal (Guérin et al., 2012 ; 2017) placent ces spectres « composites » de transition (niveaux 7 à 5) durant le MIS 4, autour de 70 – 65 ka ; ces niveaux se situent juste au-dessous des niveaux Quina (niveaux 4 à 2). Dans les deux régions, le Renne des niveaux Quina est fréquemment associé aux Bovinés-Chevaux, et, en Périgord, au Cerf également. À Combe-Grenal, le Cerf et le Renne sont attestés dans tous les niveaux documentés relatifs à la fin du MIS 5 et au MIS 4 (niveaux 36 à 17 ?), soit sur une puissante séquence de 20 unités ; les signaux texturaux de micro-usure dentaire montrent qu'ils se nourrissaient principalement de graminées (« *grazers* »), dans des espaces plutôt ouverts (Berlioz et al., 2023). Si ces données pourraient révéler avant tout une préférence des néandertaliens pour des chasses en milieux ouverts, elles attestent dans le même temps de la présence continue de prairies aux alentours du site. Les teneurs en isotopes (carbone, nitrogène, oxygène) des dents de Chevaux de la séquence de Combe-Grenal montrent par ailleurs une diminution progressive du couvert forestier à partir du niveau 40 (MIS 5) et une diminution des températures à partir du MIS 4 (Richards et al., 2017). D'après les analyses des isotopes du strontium, les cerfs chassés à Pech de l'Azé IV (couches Y-Z, MIS 5) et au Roc-de-Marsal (couche 4, MIS 3 ?) seraient relativement mobiles et pourraient rejoindre saisonnièrement des pâturages plus lointains (Hodgkins et al., 2024). La biomasse d'Ongulés serait toujours faible au Quina mais pourrait cette fois être marquée par d'importantes fluctuations saisonnières (e.g. migrations des troupeaux ; Discamps, 2014). Les travaux récents sur la paléomobilité des proies via l'analyse des isotopes du strontium (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024) ont en effet montré que les rennes des MIS 5 et 4 se déplaçaient saisonnièrement au sein d'un territoire vaste, potentiellement entre les bassins sédimentaires (aquitains et parisiens), et pouvaient parcourir rapidement la région (Nord du Bassin aquitain) au cours de migrations biannuelles. Le Bison et le Cheval seraient quant à eux disponibles toute l'année dans l'environnement local autour des sites. À Combe-Grenal, les Bovinés auraient eu un régime alimentaire un peu plus polyvalent (« *mixed-feeders* ») que le Renne, et surtout le Cerf (« *grazers* »), témoignant de

espèces dans l'environnement), une lacune de documentation (sites non préservés ou non fouillés), ou une faible densité d'occupation néandertalienne durant cette période de transition.

la disponibilité continue des herbacées et des matières ligneuses dans les environs du site de la fin du MIS 5 à la fin du MIS 4 (Berlioz et al., 2023). Le Cerf et le Renne tendraient à diminuer progressivement leur consommation d'herbacées et à complexifier leur alimentation durant la fin du MIS 4 (Quina).

Bien que ces informations fournissent un cadre paléoenvironnemental relativement précis, des travaux récents (Pederzani et al., 2021) ont souligné le manque de résolution fournie par les séquences chronoclimatiques actuellement disponibles, et préconisent, en parallèle, l'utilisation de proxies plus directs (e.g. isotopes de l'oxygène de l'émail dentaire d'archéofaunes) pour restituer les paléoclimats à l'échelle de chaque unité stratigraphique. Le développement et la multiplication des approches intégratives devraient permettre, à l'avenir, d'affiner notre compréhension des conditions climatiques sous lesquelles s'établissaient les différents groupes humains.



Chapitre 2 – Écoéthologie et signal environnemental des principales espèces

a) Principales espèces du corpus

Certaines espèces comptent parmi elles des populations aujourd'hui (*semi-*)domestiques (e.g. Renne, Cheval, Bison). L'accès annuel à des ressources de qualité (e.g. supplémentation), facilité par la présence humaine, ainsi que d'autres facteurs (e.g. gestion des naissances, réintroductions) peut avoir une forte incidence sur leurs comportements (e.g. cycles de reproduction, état nutritionnel, socialité) et leur biogéographie respective. Pour cette raison, nous focaliserons ci-après notre attention sur les populations sauvages. Les cartes donnant leur répartition biogéographique respective sont livrées en annexe (I.1 à I.5).

Le Renne

Le Renne (*Rangifer tarandus*) est un cervidé de la famille des *Capreolinae*, comme le Chevreuil, de qui il se rapproche davantage génétiquement par rapport au Cerf (Polziehn et Strobeck, 1998). Il peuple avant tout les paysages circumpolaires de l'Hémisphère Nord (Eurasie : Fennoscandie, Russie, Chine, Mongolie ; Amérique du Nord : Canada, Alaska, Groenland ; Annexe I.1), et sa grande plasticité écologique lui permet de fréquenter des biomes variés (e.g. steppe arctique et toundra, forêts boréales, zones montagneuses de haute altitude). Des populations sauvages coexistent parfois aux côtés de troupeaux semi-domestiques (e.g. Nord de la Fennoscandie) ; nous focaliserons ici notre attention sur sa forme strictement sauvage.

Du point de vue alimentaire, le Renne est assez polyvalent (« *mixed-feeder* »), notamment en fonction des saisons, se nourrissant essentiellement de plantes herbacées, de baies, de fruits, de champignons, d'arbustes ligneux et même occasionnellement de petits vertébrés (e.g. lemmings). Il est également capable de se nourrir d'éléments pauvres en nutriments essentiels (e.g. lichens, mousses : Heggberget et al., 2002 ; Reimers et al., 2003), ce qui lui permet de survivre en hiver (Geist, 1971) et de s'adapter à des territoires peu hospitaliers voire extrêmes. Il est doté d'un pelage épais aux poils creux lui offrant une bonne isolation thermique, et de sabots larges

adaptés aux déplacements sur la neige (Skogland, 1985). S'il est surtout connu pour ses migrations saisonnières de grande ampleur (e.g. certaines populations parcourent jusqu'à 5 000 km par an : Fancy et al., 1989), le Renne possède en réalité des comportements très variables d'une population à l'autre, notamment en fonction du biome fréquenté (tab. I.1). Plusieurs sous-espèces de Renne sont aujourd'hui reconnues (e.g. Geist, 1999 ; Flagstad et Røed, 2003 ; Harding, 2022), que nous regrouperons ici en quatre grands écotypes⁴. Le tableau I.1, réalisé à partir d'une revue bibliographique non exhaustive, tente de restituer les principaux traits comportementaux du Renne en fonction de son habitat de prédilection, illustrant ainsi l'ampleur de sa plasticité. Nous devons néanmoins garder à l'idée que cette classification reflète les grandes tendances et ne peut être considérée comme stricte. En effet, certains troupeaux peuvent changer de taille d'une année sur l'autre (e.g. Cooney, 2014), s'aventurer dans de nouveaux biomes (e.g. Baskin, 1986 ; Harding, 2022), et même, modifier leur parcours migratoire et les distances parcourues (e.g. Nicholson et al., 2016 ; Theoret, 2020). Parfois aussi, certaines populations peuvent s'éloigner du comportement attendu pour leur écotype (e.g. certains caribous montagnards et boréaux du Canada se déplacent sur plusieurs centaines de kilomètres : Festa-Bianchet et al., 2015 ; Leblond et al., 2016).

⁴ « Un écotype, parfois appelé sous-espèce, est une variété, un individu ou population génétiquement distincte, d'une espèce donnée qui présente des caractéristiques adaptées à des habitats différents. Les caractéristiques propres à l'écotype sont héréditaires. » (Ramade, 2009).

	Écotype de toundra et de steppe arctique	Écotype de forêt boréale (Taïga)	Écotype de Montagne	Écotype insulaire
Principales sous-espèces	<i>R. t. groenlandicus</i> <i>R. t. sibiricus</i> <i>R. t. tarandus</i>	<i>R. t. fennicus</i> <i>R. t. caribou</i>	<i>R. t. tarandus</i> <i>R. t. granti</i> <i>R. t. caribou</i>	<i>R. t. pearyi</i> <i>R. t. cabotensis</i> <i>R. t. platyrhynchus</i>
Zones géographiques	Amérique du Nord (Groenland, Canada) et Sibérie arctique	Eurasie (Scandinavie, Sibérie, Russie européenne), Nord du Canada	Alpes scandinaves, montagnes de Sibérie, île de Baffin, Canada, Altaï	Groenland, Terre-Neuves, îles de l'archipel canadien, îles Féroé, îles Svalbard, îles arctiques russes
Aliments consommés, saisonnalités	Variable sur l'année. Été : lichens, mousses, herbacées. Hiver : lichens sous la neige	Variable sur l'année. Été : lichens, arbustes, graminées. Hiver : lichens arboricoles, arbustes.	Variable sur l'année. Été : plantes alpines, lichens. Hiver : arbustes et lichens.	Stable sur l'année. Lichens, mousses, adaptation à la végétation de l'île (les rend plus vulnérables)
Sociabilité	Immenses troupeaux (> 100 individus). Jusqu'à 500 000 lors des migrations de printemps.	Troupeaux petits à moyens, compris entre 20 et 300 individus.	Troupeaux petits à moyens. Généralement de moins de 50 individus. Parfois solitaires.	Petits troupeaux. Généralement de moins de 50 individus. Parfois solitaires.
Déplacements saisonniers	Très grandes migrations, jusqu'à 5 000 km parcourus annuellement.	Petits déplacements, généralement compris entre 20 et 200 km de distance.	Migrations altitudinales de courte distance, généralement moins de 50 km.	Déplacements limités à moins de 50km. Parfois sédentaires.
Période du Rut	Septembre - Octobre	Octobre	Septembre - Octobre	Septembre
Mise bas	Mai - Juin	Mai	Mai - Juin	Mai - Juin
Références bibliographiques	Baskin, 1986; Fancy et al., 1989; Staaland et White, 2001; Francis, 2016; Russel et al., 2018; Cavedon et al., 2022; Theoret et al., 2022	Baskin, 1986; Kojola, 1986; Hirotani, 1990; Saher et Schmiegelow, 2004; Antti et Marja, 2021; Theoret et al., 2022; Pietikäinen, 2021; Ferguson et Elkie, 2024	Skogland, 1978; Baskin, 1986; Theoret et al., 2022; Nicholson et al., 2016; Romtveit et al., 2020; Cavedon et al., 2022	Stimmelmayer, 1994; Tyler et Øritsland, 1989; Geist, 1999; Rozenfeld et al., 2012; Mizin et al., 2018; Pedersen et al., 2019

Tableau I.1 : Variabilité comportementale du Renne sauvage actuel en fonction de ses préférences en termes d'habitats (écotypes).

Si la composition et la taille des groupes varient en fonction des écotypes, l'organisation sociale du Renne repose néanmoins sur certaines constantes. L'unité sociale de base est généralement constituée de femelles en troupeaux accompagnées de leurs petits âgés de moins d'un ou deux ans (Miller, 1974). Les mâles adultes peuvent vivre en groupe ou être plus solitaires, selon les conditions écologiques propres à leur écotype. Toutefois, lors de la période du rut (septembre – octobre ; cf. **tab. I.1**), ils rejoignent le groupe de femelles pour la reproduction (Skogland, 1989).

Le Cerf

Le Cerf est un cervidé de la sous-famille des *Cervinae*. De nombreuses espèces de cerfs se répartissent aujourd'hui à travers le monde (voir : **Annexe I.2**). Le Cerf élaphe (*Cervus elaphus*) et le Wapiti (*Cervus canadensis*) feront l'objet de notre propos. Le Cerf élaphe est l'espèce qui est documentée dans notre fenêtre d'étude (Kuwayama et Ozawa, 2000 ; Doan et al., 2022). Mais nous présenterons également l'écoéthologie du Wapiti, car certains auteurs (Croitor, 2020) considèrent, sur critères morphologiques (restes de bois fossiles), que cette espèce était présente en Europe occidentale au cours du Pléistocène supérieur. Ces deux espèces partagent des similitudes morphologiques

et comportementales, mais sur le plan génétique (recherches sur ADN mitochondrial), elles sont séparées depuis plusieurs centaines de milliers d'années (Polziehn et Strobeck, 1998 ; 2002 ; Kuwayama et Ozawa, 2000 ; Doan et al., 2022).

Le Cerf élaphe – aussi appelé Cerf d'Europe – possède une distribution limitée à l'Eurasie de l'Ouest (Europe, Scandinavie, Turquie et Caucase : *Annexe. I.2*). Il a aussi été (ré)introduit sur certaines îles et continents (e.g. Afrique et Amérique du Nord, Nouvelle-Zélande : Forsyth et al., 2011 ; Figgins et Holland, 2012 ; Witmer, 1990 ; Rosatte et al., 2007 ; Popp et al., 2014). De manière générale, il favorise les régions tempérées (forêts clairsemées, prairies), mais sa grande plasticité écologique peut lui permettre de fréquenter des habitats plus rudes (e.g. forêts boréales, climats arides méditerranéens, zones montagneuses : Gerbert et Verheyden-Tixier, 2001 ; Bee et al., 2010 ; Santos et al., 2018), à condition que la nourriture soit accessible et de bonne qualité. C'est un « *mixed-feeder* » qui peut facilement adapter son alimentation aux aléas saisonniers et aux conditions locales, en ingérant tantôt des plantes herbacées et graminées, tantôt de jeunes pousses et des matières plus ligneuses (e.g. arbustes, écorces), voire en s'alimentant dans les cultures agricoles (Dzięciołowski, 1967). Les femelles et leurs petits se concentreraient sur les aliments de meilleure qualité, tandis que les mâles, moins sélectifs, compenseraient en ingérant de plus grandes quantités (Kay et Staines, 1981). C'est une espèce plutôt sédentaire, mais la couverture neigeuse peut lui restreindre l'accès aux fourrages et conduire à des mouvements saisonniers de faible ampleur (Schmidt, 1993). Par exemple, il peut effectuer des migrations altitudinales dans les zones montagneuses, pour atteindre les pâturages de basses vallées en hiver (généralement sur moins de 50 km : Luccarini et al., 2006 ; Mysterud et al., 2017).

En termes de structure sociale, les femelles vivent en hardes accompagnées de leurs petits (jusqu'à l'âge de deux ans environ), et les mâles vivent de manière solitaire ou en petits groupes. Au cours du rut, les mâles se dispersent pour rejoindre le groupe des femelles pour la reproduction, sur une période allant de mi-septembre à fin octobre (Lincoln, 1971), ou plus tard éventuellement selon les conditions environnementales (e.g. montagne, taïga : Loe et al., 2005). La condition physique des mâles diminue fortement au cours de cette période (Reby et al., 2001). La mise-bas a lieu de mai à juin, lorsque les paysages offrent un bon accès à la nourriture (Lincoln, 1971).

Le Wapiti serait initialement originaire d'Asie (Murie, 2017). À l'heure actuelle, cette espèce peuple l'Amérique du Nord (États-Unis, Sud du Canada), qu'elle aurait colonisée au cours du Pléistocène via le détroit de Béring, et certaines régions d'Asie (Bhoutan, Altaï, Mongolie, Chine, Kazakhstan, Kirghizistan, Russie ; Annexe. I.2). Quelques cas d'introductions existent également pour l'Europe (e.g. Royaume-Uni, Allemagne, Pologne) et la Nouvelle-Zélande, où le Wapiti vivrait de manière captive ou semi-sauvage, s'hybridant parfois avec des populations de *Cervus elaphus* (Fennessy et al., 1991 ; Smith, 2013 ; Smith et al., 2018). *Cervus canadensis* possède une grande plasticité écologique qui lui permet, à l'état sauvage, de peupler une large gamme d'habitats allant des forêts tempérées clairsemées, prairies humides et littorales océaniques à des zones plus contrastées telles que la taïga, la toundra alpine arborée et la steppe semi-désertique (Murie, 2017 ; Hudson et Bunnell, 1981 ; Morgantini et Hudson, 1989). Lui aussi est un « *mixed-feeder* » mais il reste relativement sélectif dans son alimentation, privilégiant les aliments riches et faciles à digérer (Gates et Hudson, 1981 ; Morgantini et Hudson, 1989 ; Jiang et Hudson, 1994 ; Merrill, 1994). Sa diète repose essentiellement sur les graminées, les lichens, et les matières ligneuses (Hudson et Nietfeld, 1985 ; Hudson et Watkins, 1986 ; Telfer et Cairns, 1986 ; Stevenson, 2023).

De manière générale, le Wapiti est plutôt sédentaire, mais certains facteurs (e.g. biome fréquenté, présence de prédateurs) peuvent conduire à des mouvements saisonniers, pouvant parfois couvrir de très longues distances. Par exemple, ses migrations peuvent aller de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres dans les régions montagneuses (Morgantini et Hudson, 1989 ; Boyce, 1991 ; White et al., 2010), à plusieurs centaines dans les régions froides et/ou ouvertes (e.g. États-Unis : Benkobi et al., 2005 ; White et al., 2010 ; Canada : Poole et al., 2024 ; Mongolie : Nyamkhuu et al., 2022). Ce dernier point le différencie fortement du Cerf élaphe, et pourrait s'avérer intéressant au regard de nos problématiques sur les associations « composites » (H3 : saisonnalités de chasse).

En dehors du rut, les femelles et leurs faons vivent en groupes ou troupes de taille variable selon l'environnement (jusqu'à plusieurs dizaines d'individus dans les régions ouvertes : Hebblewhite et Pletscher, 2002 ; Creel et Winnie, 2005). Les mâles sont soit solitaires, soit forment de petits groupes de célibataires (Franklin et al., 1975). Le rut se produit entre septembre et octobre (Cook et al., 2004). Les mâles rejoignent

alors le groupe des femelles pour former des harems de taille variable qu'ils tâchent de protéger activement (Bender, 1996). La mise-bas a généralement lieu de mai à juin (Phillips et Alldredge, 2000).

Le Chevreuil

À l'heure actuelle, deux espèces du genre *Capreolus* sont reconnues : *Capreolus capreolus* (Chevreuil européen) et *Capreolus pygargus* (Chevreuil sibérien), dont la séparation génétique remonterait à plus de 2 millions d'années (Randi et al., 1998 ; Xiao et al., 2007). Le Chevreuil européen peuple essentiellement les régions d'Europe continentale, la Scandinavie, le Royaume-Uni, ainsi que certaines parties de la Turquie et du Caucase (Annexe. I.3). Plus grand et mieux adapté aux climats froids, son homologue sibérien ne fréquente pas vraiment les mêmes habitats et n'adopte pas nécessairement les mêmes comportements. Il vit généralement dans des contextes plus frais et/ou ouverts, tels que les forêts boréales, les steppes froides et les montagnes d'Asie continentale (Danilkin, 1995). Il peut, par ailleurs, effectuer des mouvements saisonniers jusqu'à 200 km, selon l'habitat (Danilkin et al., 1992 ; Argunov et Safronov, 2013). Ces deux espèces sont sympatriques dans certaines régions occidentales de la Russie, où des cas d'hybridation ont été observés (Plakhina et al., 2014). Nous nous concentrerons sur l'écologie de *Capreolus capreolus*, qui serait la seule espèce documentée dans notre fenêtre d'étude, tout en gardant à l'idée des introgressions génétiques issues de *Capreolus pygargus* ont pu se produire dans le passé, notamment en Europe centrale (Matosiuk et al., 2014).

Le Chevreuil européen occupe des habitats variés comme les forêts mixtes et de feuillus, les lisières, les abords agricoles ainsi que certaines zones plus montagneuses et d'autres méditerranéennes (Sempéré et al., 1996 ; Geist, 1999). Ses préférences écologiques sont très proches de celles du Cerf élaphe, et ces deux espèces coexistent sur de nombreux territoires (fig. I.3). Cependant, il est plus sélectif dans son alimentation (essentiellement, « browser ») et il occupe davantage les zones denses et protégées lorsqu'il a le choix (Mysterud et al., 1999 ; Borkowski et Ukalska, 2008). Sa diète reste variée et se compose de jeunes pousses, de feuillage tendre, de bourgeons, d'écorces, de plantes ligneuses, de fruits, de baies et de cultures agricoles. En règle générale, il

privilégie les aliments de haute qualité nutritive lorsqu'ils sont disponibles (Mussa et al., 2003 ; Moser et al., 2006 ; Ratkiewicz et al., 2024). Il augmente la part de matières ligneuses et/ou de culture agricole en hiver (Minder, 2012). Cette plasticité alimentaire lui permet de faire face aux changements de saisons, et surtout d'habitats (Tixier et Duncan, 1996 ; Gill et al., 1996 ; Cornelis et al., 1999). Il est peu adapté aux conditions climatiques extrêmes, supportant mal la neige et les hivers longs et rigoureux (Mysterud et al., 1997 ; Ossi et al., 2015). Le Chevreuil européen est plutôt sédentaire, mais il peut effectuer des déplacements saisonniers de quelques kilomètres, notamment dans les régions froides ou montagneuses, où les conditions de neige et de froid l'exigent (Cederlund, 1982 ; Mysterud, 1999 ; Ramanzin et al., 2007).

En termes d'organisation sociale, le Chevreuil européen est une espèce assez solitaire de manière générale. Les femelles (chevrettes) vivent généralement avec leur faon de l'année, et les mâles (brocards) restent seuls. Des regroupements plus importants peuvent se produire dans les habitats ouverts ou neigeux (Jepsen et Topping, 2004 ; Danilov et al., 2017), et surtout durant le rut, une période durant laquelle les mâles deviennent très territoriaux et entrent en confrontation physique (Hoem et al., 2007). Les femelles se rassemblent généralement autour des mâles dominants durant cette période. Le rut a lieu entre fin juin et août (Sempéré et al., 1996) – voir septembre dans les hautes latitudes (Danilov et al., 2017) -, pour une mise-bas au printemps, souvent entre mai et juin. Des mises-bas plus précoces ont parfois été rapportées dans des climats plus doux (e.g. Mateos-Quesada et Carranza, 2000).

Les Bovinés

Au cours du MIS 5 – 4, au moins trois espèces de Bovinés peuplaient l'Europe : le Bison d'Europe (*Bison bonasus*), le Bison des steppes (*Bison priscus*) et l'Aurochs (*Bos primigenius* ; Auguste, 2009 ; Wright, 2013 ; Massilani et al., 2016 ; Soubrier et al., 2016 ; voir Palacio et al., 2017 sur la persistance de l'espèce *Bison schoetensacki* en Eurasie au cours du Pléistocène supérieur). Le Bison des steppes et l'Aurochs se sont éteints, et ne subsistent actuellement que deux espèces de bisons sauvages : le Bison d'Amérique (*Bison bison*), qui est un descendant du Bison des steppes (Grange et al., 2018), et le Bison d'Europe (*Bison bonasus*), qui serait issu d'une hybridation ancienne entre le Bison des steppes (*Bison priscus*) et l'Aurochs (*Bos primigenius* ; Soubrier et al., 2016).

Menacées d'extinction aux 19^{ème} et 20^{ème} siècle (Kolipinsky et al., 2014), ces deux espèces modernes (*Bison bison* et *Bison bonasus*) font actuellement l'objet d'une surveillance étroite par des organismes internationaux tels que l'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature ; Plumb et al., 2020 ; Tusznio et al., 2024). Toutes leurs populations sont issues de réintroductions dans des zones protégées et parfois confinées (e.g. parcs nationaux, réserves naturelles, zoos), dont certaines vivent à l'état sauvage en Europe (Russie occidentale, Ukraine, Pologne, Roumanie et Caucase) et en Amérique du Nord (États-Unis, Canada ; Cherry et al., 2019 ; pour une synthèse à ce sujet, voir : Kolipinski et al., 2014 ; Annexe I.4).

Les populations sauvages de Bison d'Europe (*Bison bonasus*) occupent aujourd'hui des territoires restreints (Pucek et al., 2004 ; Tokarska et al., 2011) dans des forêts mixtes, des prairies boisées, des zones marécageuses et montagnardes et des champs abandonnés (Kuemmerle et al., 2010). Les contextes forestiers dans lesquels elles ont souvent été réintroduites ne seraient pas optimaux (Bocherens et al., 2015), cette espèce préférant les habitats ouverts (Kowalczyk et al., 2013). Sa diète se rattacherait plutôt au profil « *grazer* » mais est assez généraliste et se compose de végétation herbacée, de feuillages, de bourgeons, et de lichens, avec des variations saisonnières marquées (e.g. écorces et branchages en hiver ; Larter et Gates, 1991 ; Zielke et al., 2017 ; Kowalczyk et al., 2019 ; Hartvig et al., 2021). Comme son homologue américain, il résiste bien au froid et peut balayer la neige pour accéder à la nourriture (Hirsch, 2016). *Bison bonasus* peut parfois effectuer des mouvements saisonniers, mais généralement limités à quelques kilomètres (Perzanowski et al., 2019 ; Kowalczyk et al., 2013). Les femelles vivent en petits groupes matriarcaux, incluant les jeunes jusqu'à 2 – 3 ans, de taille variable selon l'habitat (généralement, autour de 20 individus : Pucek et al., 2004 ; Plumb et al., 2020). Des agrégations plus importantes se produisent temporairement en hiver chez certaines populations (Krasińska et al., 2013). Les mâles sont plus solitaires, mais vivent parfois en petits groupes de 2 à 8 individus en dehors du rut (Plumb et al., 2020), qui a lieu d'août à octobre. Leurs combats sont fréquents mais moins violents que ceux d'Amérique. La période des naissances se produit de mai à juillet, avec des naissances parfois tardives jusqu'à octobre (Pucek et al., 2004).

Le Bison d'Amérique (*Bison bison*) peuple principalement les prairies ouvertes, mais certains écotypes habitent les forêts de conifères (tempérées et boréales), et les zones montagneuses ou humides (Ranglack et al., 2023). Ils sont bien adaptés aux espaces ouverts et froids, et aux saisons contrastées. En règle générale, ils consomment essentiellement des plantes herbacées en été, et des herbes gelées, de la mousse, des écorces et des arbustes ligneux en hiver (Plumb et Dodd, 1993 ; Bergmann et al., 2015 ; Hecker et al., 2021 ; Ranglack et al., 2023). Par le passé, ils auraient été très migrateurs (jusqu'à 1 000 km : Epp, 1988 ; White, 2018) mais l'anthropisation des terres et la fragmentation de ses populations confinées dans des espaces protégés ont rendu ces animaux plus sédentaires, ne se déplaçant désormais que sur quelques dizaines de kilomètres (Berger, 2004 ; Bruggeman, 2006 ; Geremia et al., 2011 ; 2019 ; Craine, 2021). Les femelles et leurs petits forment des groupes ou des troupes qui peuvent varier de quelques dizaines à plusieurs centaines d'individus, notamment lors des rassemblements hivernaux. Les mâles, solitaires ou en petits groupes, ne rejoignent les troupes qu'au moment du rut, qui a lieu entre août et septembre. La mise-bas survient entre avril et juin (Jones et al., 2010 ; Ranglack et al., 2023).

L'aurochs (*Bos primigenius*), ancêtre sauvage des bovins domestiques (Achilli et al., 2008 ; Mona et al., 2010), a disparu au 17^{ème} siècle en Pologne centrale (Van Vuure, 2002) ; les connaissances à son sujet reposent essentiellement sur des sources historiques et archéologiques. Il aurait principalement vécu dans les forêts marécageuses, les plaines boisées, les prairies, et les paysages agricoles d'Europe, du Moyen-Orient, d'Asie occidentale (Van Vuure, 2002), voire jusqu'en Chine orientale à son pic de distribution (voir Wright, 2013). Sa diète aurait été adaptée aux sols forestiers (Noe-Nygaard et al., 2005 ; Hofman-Kamińska et al., 2015), se composant essentiellement de feuillages, d'herbes, de glands et de branchages d'arbres, et variant en fonction de la disponibilité saisonnière (Heck, 1951 ; Van Vuure, 2002 ; Rivals et al., 2017). Il aurait été assez sédentaire, pouvant effectuer des déplacements locaux de quelques kilomètres entre les zones de pâturage et les espaces plus protégés. Les femelles et leurs petits auraient vécu en petits groupes matriarcaux qui pouvaient s'agrandir en hiver s'ils étaient nourris au foin (Van Vuure, 2002). Plus solitaires, les mâles ne rejoindraient le groupe des femelles que lors du rut, qui s'étendait d'août à septembre pour une mise-bas entre mai et juin (Heck, 1951 ; Van Vuure, 2002).

Les Équidés

Durant le MIS 5 – 4 en Europe, deux espèces d'équidés coexistent : le Cheval sauvage (*Equus ferus*) et l'Hydruntin (*Equus hydruntinus*). Ils partagent un même ancêtre dont la divergence remonterait à approximativement 2 Ma (Orlando et al., 2006). L'Hydruntin disparaît durant l'Holocène et aucune espèce issue de sa descendance n'est connue à ce jour (Créés et Turvey, 2014). Le Cheval sauvage est, quant à lui, l'ancêtre des chevaux modernes (semi-)domestiques (*Equus*) et sauvages (*Equus ferus przewalski* ; *Equus ferus ferus*).

À l'heure actuelle, les dernières populations de chevaux sauvages n'ayant subi que peu de croisements avec les chevaux domestiques appartiennent à la sous-espèce *Equus ferus przewalski*⁵ (voir Der Sarkissian et al., 2015 ; Gaunitz et al., 2018 ; Orlando, 2020 concernant son ascendance domestique et les cas récents d'hybridation). Au bord de l'extinction dans les années 1960, toutes sont désormais issues de réintroductions d'animaux captifs dans des parcs nationaux et réserves naturelles, où elles bénéficient d'un habitat conforme à leurs préférences écologiques et sont étroitement surveillées par diverses institutions (e.g. gouvernements, IUCN, zoos ; Turghan et al., 2022). Le cheval de Przewalski vit en liberté dans les steppes froides, les prairies ouvertes et les zones arides et semi-désertiques d'Asie centrale (Mongolie, Chine, Kazakhstan, Russie ; Pereladova et al., 1999). Il apprécie également les lisières de forêts et les abords de rivières (Turghan et al., 2022). Sa diète est typique des « *grazers* » et se compose majoritairement de plantes herbacées (Jiang et Zong, 2019) ; elle se diversifiait en hiver par le passé (Kaczensky et al., 2017). Il s'adapte facilement aux variations extrêmes de températures et n'effectue pas réellement de migrations saisonnières ; ses déplacements sont journaliers (quelques kilomètres) et avant tout orientés sur la recherche de nourriture (Bourjade et al., 2009 ; King, 2012 ; Hampson et al., 2010). Il est plus sédentaire si les ressources sont suffisantes toute l'année (e.g. intervention humaine). Les hardes familiales sont constituées de quelques individus à plusieurs dizaines ; elles sont stables, contrôlées par un mâle dominant qui protège les femelles et leurs poulains des prédateurs. Les mâles adultes non-dominants vivent seuls ou en

⁵ La classification taxinomique du Cheval de Przewalski a longtemps été débattue mais la littérature scientifique récente la classe généralement comme sous-espèce (*Equus ferus przewalski*).

bandes de célibataires, mais peuvent changer de statut et devenir mâle dominant par le combat (Bouman, 1986). Le rut a généralement lieu entre septembre et octobre pour une mise-bas autour de mai – juin (Zhigang et Hao, 2019).

Les données sur l'Hydruntin sont très limitées et reposent exclusivement sur des études de restes fossiles. Sa taille corporelle et sa génétique font de lui un ancêtre plus proche de l'Âne sauvage d'Asie (*Equus hemionus*) que du Cheval actuel (Burke et al., 2003 ; Orlando et al., 2006 ; Catalano et al., 2020 ; Özkan et al., 2024). Il aurait vécu dans les steppes semi-arides et les prairies clairsemées d'Europe et d'Asie du Sud-Ouest (Orlando et al., 2006 ; Crees et Turvey, 2014), où il se serait essentiellement nourri d'herbacées, et parfois d'aliments mixtes tels que les feuillages, les arbustes ou les fruits (Strani et DeMiguel, 2023). La fermeture progressive du milieu, conduisant à la fragmentation des habitats ouverts, et la pression anthropique, seraient en partie responsables de sa disparition (Crees et Turvey, 2014 ; Strani et DeMiguel, 2023). Aucune donnée directe sur son organisation sociale n'est disponible, mais sa proximité avec *Equus hemionus* suggère qu'il appartient à un sociotype différent des formes sauvages d'*Equus ferus* (Pléistocène et Przewalski), impliquant une organisation en troupes instables se dispersant facilement, et une utilisation relativement prévisible de territoires de taille relativement restreinte (Burke et al., 2003).

b) Renne vs. Cerf-Chevreuril : des espèces peu compatibles ?

Géographie des aires de chevauchement

Renne vs. Cerf-Chevreuril

La littérature scientifique traitant d'une éventuelle cohabitation entre le Renne et le Cerf-Chevreuril à l'état sauvage dans le monde est fortement limitée. Plusieurs études sur leur condition sanitaire (impliquant notamment des prélèvements sur des populations vivantes ; Frøslie et al., 1984 ; Vikøren et al., 2004 ; 2011 ; Iacolina et al., 2019 ; Sacristán et al., 2021), sur leur écologie alimentaire (Mysterud, 2000), ou sur leur cohabitation avec les humains (Linnell et al., 2020) suggèrent qu'ils sont sympatriques dans le Sud de la Norvège. Le Chevreuril et le Renne cohabiteraient également dans certaines régions centrales de Finlande (Laaksonen et al., 2015 ; Linnell et al., 2020). Pour mieux visualiser ces aires de chevauchement, nous avons réalisé une carte à partir des

données de l'IUCN (2024)⁶. Celle-ci met en évidence trois zones de cohabitation (fig. I.3), toutes situées en Fennoscandie, et qui sont compatibles avec les observations rapportées de la littérature. Toutefois, il est important de mentionner que ces aires de chevauchement, illustrées ici sous forme de « patates » (fig. I.3), correspondent en réalité à une simplification de leur distribution actuelle. Par exemple, elles ne reflètent pas la fragmentation parfois importante des populations sur le territoire.

L'aire de chevauchement située au Sud de la Norvège (n°1, fig. I.3) correspond à des espaces montagneux peuplés par le Cerf (*Cervus elaphus*), le Chevreuil (*Capreolus capreolus*), et par *Rangifer tarandus tarandus*, un écotype de toundra alpine vivant en haute altitude (Romtveit et al., 2022). Ce dernier est assez grégaire et vit dans des zones ouvertes situées au-dessus du niveau des arbres (Salvesen, 1929). En revanche, dans cette région, le Cerf et le Chevreuil préfèrent les forêts de conifères et les prairies de basse à moyenne altitude ou en périphérie des montagnes (Salvesen, 1929 ; Mysterud, 2000 ; Mysterud et al., 2000 ; 2007). Historiquement, le Renne effectuait des migrations vers les aires d'hivernage de basse altitude, ce qui l'amenait sans doute à rencontrer d'autres cervidés, mais les routes et les lignes électriques limitent désormais ses déplacements (Nellemann et al., 2001).

Les aires de chevauchement situées en Finlande (n°2 et n°3 ; fig. I.3) abritent des populations de Chevreuil et de Renne (*Rangifer tarandus fennicus*). Ce dernier est un écotype de forêts boréales, plutôt sédentaire, qui préfère les habitats denses de la taïga ancienne (Helle, 1982 ; Weldenegodguad et al., 2024). Plus grand et gracile que son homologue norvégien, il est adapté aux déplacements sur la neige profonde et molle (Nieminen et Helle 1980). Le Chevreuil quant à lui peuple plutôt les mosaïques de paysages situées en périphérie urbaine (e.g. lisières de forêts boréales, bosquets, champs et terres agricoles : Helle, 1980 ; Danilov et al., 2017), mais évite les forêts profondes (Danilov et al., 2017), telles que celles privilégiées par le Renne. Au regard de ces informations, il est probable que *Rangifer tarandus fennicus* et *Capreolus capreolus*

⁶ Les données cartographiques de l'IUCN offrent un aperçu de la biogéographie actuelle des espèces sauvages. Elles sont issues d'une acquisition rigoureuse par des spécialistes du groupe taxinomique en question, et sont vérifiées par un comité d'évaluation puis par le Conseil scientifique régional du patrimoine naturel. Pour plus d'informations sur leurs méthodes, nous invitons le lecteur à consulter leur page :

<https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/04/guide-pratique-listes-rouges-regionales-especes-menacees.pdf>

se rencontrent plutôt dans les zones de transition (écotones) entre forêts boréales denses et zones péri-urbaines plus clairsemées.

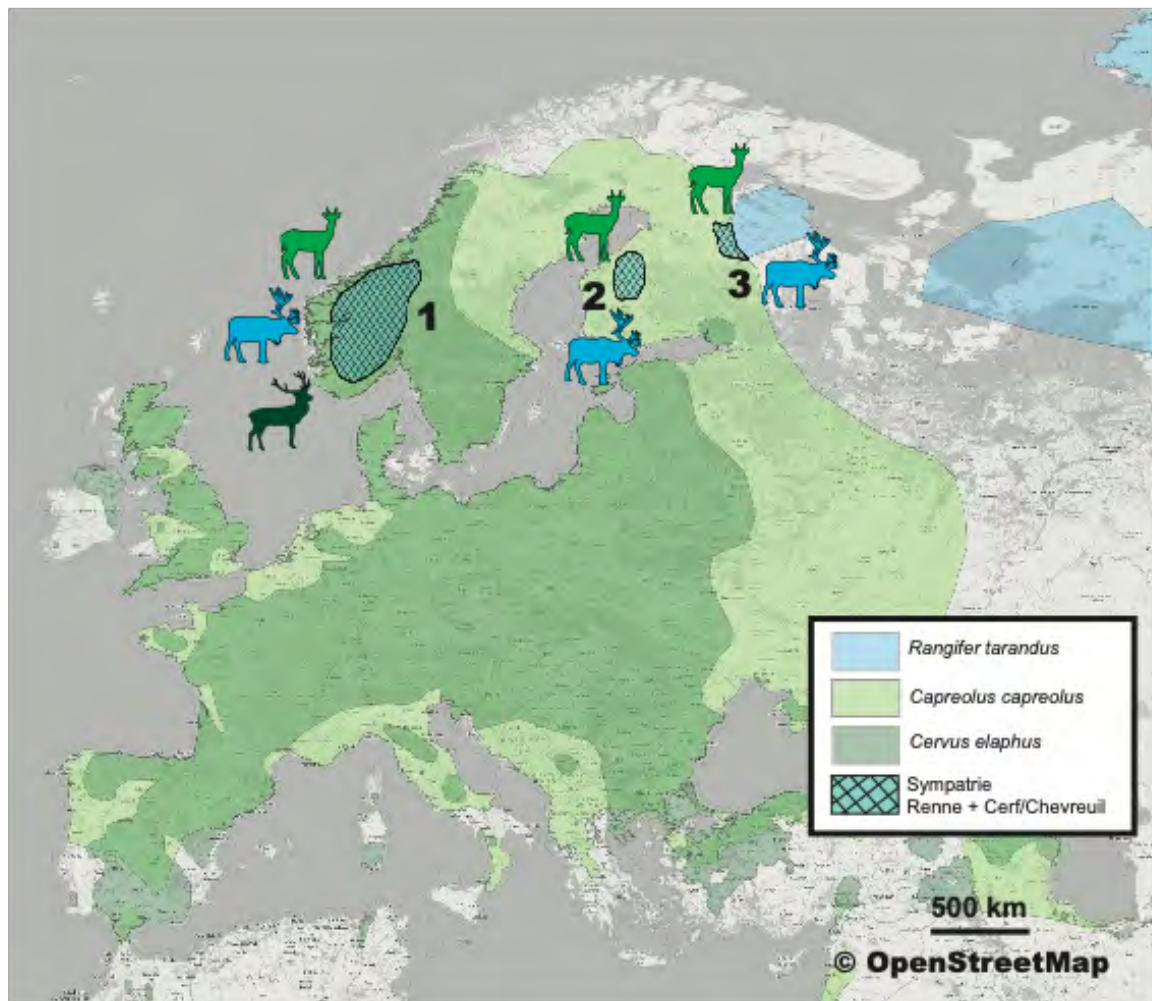


Figure I.3 : Carte des potentielles aires de chevauchement du Renne, du Cerf et du Chevreuil sauvage actuel, réalisée d'après les données cartographiques de l'IUCN (2024). NB : cette carte de répartition correspond à une simplification de leur distribution actuelle.

Renne/Caribou vs. Wapiti

Certains auteurs (Croitor, 2020) suggèrent que le Wapiti pouvait être présent en France au cours du Pléistocène supérieur. Pour cette raison, nous présenterons ici les cas de sympatrie actuelle rapportés pour le Wapiti et le Renne/Caribou.

La littérature n'offre que peu d'informations sur leur éventuelle sympatrie au sein du continent asiatique. Les données cartographiques de l'IUCN (2024) suggèrent qu'ils pourraient coexister dans certaines zones de forêts et de steppes montagneuses du Nord

de la Mongolie, ainsi que dans certaines régions boréales du Sud de la Sibérie orientale (fig. I.4 et Annexe I.6), mais nous ne disposons d'aucune information sur leur écologie dans ces environnements.

Les informations fournies pour l'Amérique du Nord sont un peu plus précises. Les données cartographiques de l'IUCN (2024) suggèrent un chevauchement des aires de répartition du Wapiti et du Caribou dans plusieurs régions boréales du Sud du Canada (fig. I.4 et Annexe I.6). L'aire de répartition située dans le Centre-Ouest de l'Alberta (n°1, fig. I.4) correspond à la partie Nord de la chaîne de montagnes des « *Rocky Mountains* », et se caractérise par une diversité écologique importante. Le Wapiti vit plutôt dans les zones de basse altitude, où les forêts mixtes-boréales et les prairies dominent, tandis que le Caribou peuple essentiellement la toundra alpine de haute altitude (Beschta et Ripple, 2007 ; Stevenson, 2023). Ces deux espèces se croiseraient plutôt en hiver, lors des migrations altitudinales du Caribou. Toutefois, les activités anthropiques sont nombreuses dans ce secteur (infrastructures pétrolières et gazifères) entravant largement les migrations du Caribou et l'accès aux aires d'hivernage de basse altitude (Smith, 2004). Près de 75 % de la surface forestière serait perturbée dans cette région (Komers et Stanojević, 2013), affectant directement la démographie des cervidés (Hebblewhite et al., 2006) et par effet de ricochet, de leurs aires de sympatrie.

Des informations complémentaires attestent également de leur coexistence dans certaines zones montagneuses de la Vallée du Takhini, au Sud-Ouest du Yukon (Canada) ; elles nous proviennent essentiellement des travaux de W. L. Strong et ses collaborateurs (2013) et de T. S. Jung et ses collaborateurs (2015a ; 2015b). Les données cartographiques de l'IUCN (2024) dont nous disposons ne font pas état des populations (ré-)introduites, ainsi, cette aire n'est pas représentée sur la carte (fig. I.4). Contrairement au Caribou, le Wapiti ne serait pas natif de cette région et sa présence résulterait d'introductions réussies depuis les années 1950 (Florkiewicz, 1994). Les paysages de cette région sont relativement composites, en « patches », associant des forêts boréales et plaines arborées de basse altitude à des plateaux alpins de haute altitude (Strong et al., 2013 ; Jung et al., 2015a ; 2015b). Dans cette région, le Caribou occupe quasi-exclusivement les vastes plateaux alpins situés au-dessus de 1200 mètres d'altitude, et ne réalise que peu de déplacements altitudinaux. Les wapitis, en revanche, resteraient confinés dans les zones de plaine de basse altitude (inférieures à 1200 mètres ; *op. cit.*).

Ces données suggèrent que ces deux espèces ne se croisent que peu dans les environnements montagneux du Yukon.

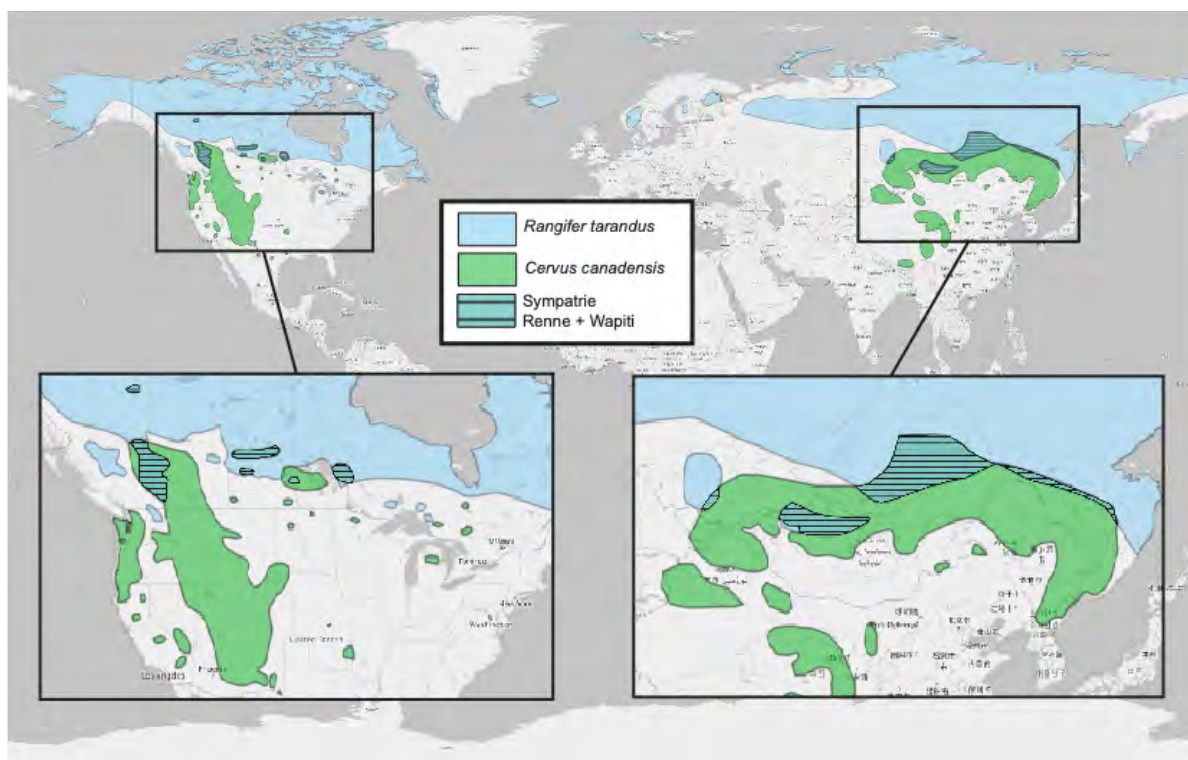


Figure 1.4 : Carte des potentielles aires de chevauchement du Wapiti et du Renne/Caribou actuel, réalisée d'après les données cartographiques de l'IUCN (2024). NB : cette carte de répartition correspond à une simplification de leur distribution actuelle.

En résumé, bien que le Renne et le Cerf⁷-Chevreuil occupent actuellement certains territoires communs, les zones où ils coexistent réellement en sympatrie restent potentiellement très limitées. Toutefois, notre vision de leur habitat naturel est probablement tronquée en raison de la forte anthropisation des milieux naturels et du dérèglement climatique actuel.

Dérèglement climatique et anthropisation des terres

Les différentes espèces de mammifères terrestres ne sont pas toutes égales face aux impacts de l'activité humaine et des dérèglements climatiques. Le réchauffement climatique modifie profondément les écosystèmes, marins comme terrestres,

⁷ i.e. *Cervus elaphus* et *Cervus canadensis*.

entraînant des réponses locales complexes (Skre et al., 2002 ; Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010 ; Heijmans et al., 2022) et une redistribution globale des biomes et des espèces vers des latitudes (ou altitudes) plus élevées. Situés aux extrémités polaires, les écosystèmes arctiques sont parmi les plus vulnérables (Wang et al., 2011 ; Hu et al., 2015 ; Lara et al., 2018 ; Heijmans et al., 2022 ; Sheftel et Yakushov, 2022). Avec le réchauffement climatique, la superficie de la toundra arctique et alpine - habitat de prédilection du Renne - diminue de manière alarmante et se fragmente (Dial et al., 2007 ; Barredo et al., 2020a ; Barredo et al., 2020b), modifiant profondément les paysages (e.g. verdissement et expansion de la couverture arborescente, qui accélère encore davantage le réchauffement et la fonte du pergélisol ; Dial et al., 2007 ; Berner et al., 2013 ; Mekonnen et al., 2021). Les cycles saisonniers sont de moins en moins prévisibles, avec des épisodes climatiques plus marqués, provoquant des événements tels que des incendies (Hu et al., 2010), des épisodes de givrage et de pluies verglaçantes interdisant l'accès aux lichens et pâturages (Bjerke, 2011 ; Berteaux et al., 2016 ; Le Moullec et al., 2019), ou encore des épisodes neigeux impactant les déplacements de populations (e.g. le Cerf dans les Alpes italiennes : Luccarini et al., 2006 ; le Renne en Alaska : Pedersen et al., 2021). Le Renne, dont les populations sauvages sont en déclin, est actuellement classé comme espèce « vulnérable » sur la liste rouge de l'IUCN (2024). À l'inverse, certaines espèces comme le Cerf (i.e. Wapiti et Cerf européen) et le Chevreuil bénéficient de l'expansion des forêts et des terres agricoles. Leurs populations augmentent et colonisent des territoires plus septentrionaux, autrefois inadaptés (e.g. Fennoscandie : Elmhagen et al., 2015 ; Danilov et al., 2017).

Simultanément, l'urbanisation, la construction d'infrastructures (routes, lignes téléphoniques, voies ferrées, pipelines, réseaux hydroélectriques), les exploitations (pétrolières, gazières, minières), l'extension de l'agriculture et l'élevage intensif, sont autant de facteurs de pression conduisant à la destruction et à la fragmentation des espaces naturels et des pâturages et, par effet de ricochet, à l'isolation et au déclin des populations sauvages locales (Mader, 1984 ; Shchelkunova, 1993 ; Underhill et al., 1999 ; Nelleman et al., 2003 ; Dorber et al., 2023 ; Van Moorter et al., 2023). Ces constructions affectent par ailleurs leur distribution qui se limite parfois à des aires sous-optimales par rapport à leur possibilité d'étendue géographique (Panzacchi et al., 2015). Plusieurs études ont montré que ces infrastructures inhibaient les déplacements de mammifères

(Vistnes et al., 2004 ; Cherney, 2011 ; Meisingset et al., 2013 ; Kuemmerle et al., 2014 ; Dorber et al., 2023), ce qui accroît la pression sur la végétation locale, qui peine parfois à se régénérer (e.g. lichens : Horstkotte et al., 2022). Si la mise en place de mesures de protection durables (e.g. corridors écologiques, réserves climatiques, gestion pertinente des fourrages) peut contribuer à stabiliser ces écosystèmes fragilisés, il demeure évident que notre conception actuelle de l'habitat naturel des populations de Cervidés – ainsi que d'autres mammifères – souffre de biais importants. En d'autres termes, certains taxons, notamment ceux actuellement connus pour leur grande plasticité écologique (e.g. Cervidés), pourraient ne pas exploiter toute l'étendue de leurs capacités d'adaptation, passées comme futures.

Niche réalisée versus niche fondamentale

À l'heure où le dérèglement climatique et l'anthropisation des terres atteignent des niveaux inédits, les modélisations écologiques sont devenues un outil clé pour estimer la niche fondamentale des espèces et anticiper leurs dynamiques spatiales futures. En écologie, la « niche fondamentale » correspond à l'ensemble des conditions environnementales (facteurs abiotiques tels que l'altitude, les précipitations, l'ensoleillement, etc.) permettant à une espèce de survivre et de se reproduire (Hutchinson, 1957). Elle se distingue de la « niche réalisée », qui correspond à l'espace réellement occupé par l'espèce, soumise à des facteurs biotiques (e.g. compétition, prédation) et géographiques (e.g. barrières anthropiques, reliefs, cours d'eau).

Plusieurs études ont montré que la niche réalisée actuellement par les Cervidés était largement restreinte par rapport à leurs tolérances écologiques théoriques (e.g. Renne des forêts boréales du Canada : Environnement Canada, 2008 ; Renne de montagne de Norvège : Panzacchi et al., 2015 ; Renne et Cerf : Banks et al., 2008 ; Polly et Eronen, 2011). Les cas de réintroductions réussies de populations (e.g. Renne du Svalbard : Staaland et al., 1991 ; Cerf de Sardaigne : Riga et al., 2022 ; Cerf et Chevreuil des Appenins italiens : Riviuccio et al., 2022), sans interventions humaines postérieures, illustrent également le potentiel d'extension biogéographique de ces espèces au-delà de leur répartition actuelle. Les travaux de modélisation écologique à large échelle réalisés

par P.D. Polly et J.T. Eronen (2011) ont, à ce titre, apporté une contribution importante pour notre vision des niches fondamentales de certains mammifères, tels que le Renne et le Cerf. En calculant leur enveloppe climatique⁸ respective, les auteurs ont montré que le Renne, et surtout le Cerf, possèdent une niche fondamentale beaucoup plus étendue, ce qui permettrait théoriquement à ces deux taxons, et hypothétiquement au Chevreuil (par transposition), de coexister aujourd'hui sur une vaste zone couvrant une large partie de l'Eurasie. Afin d'appréhender plus précisément leurs zones potentielles de chevauchement, et ainsi affiner notre compréhension de leur niche fondamentale, nous avons exploité les données fournies par ces deux auteurs (Polly et Eronen, 2011) en superposant les cartes de modélisation biogéographique du Cerf et du Renne proposées dans leur article (fig. I.5).

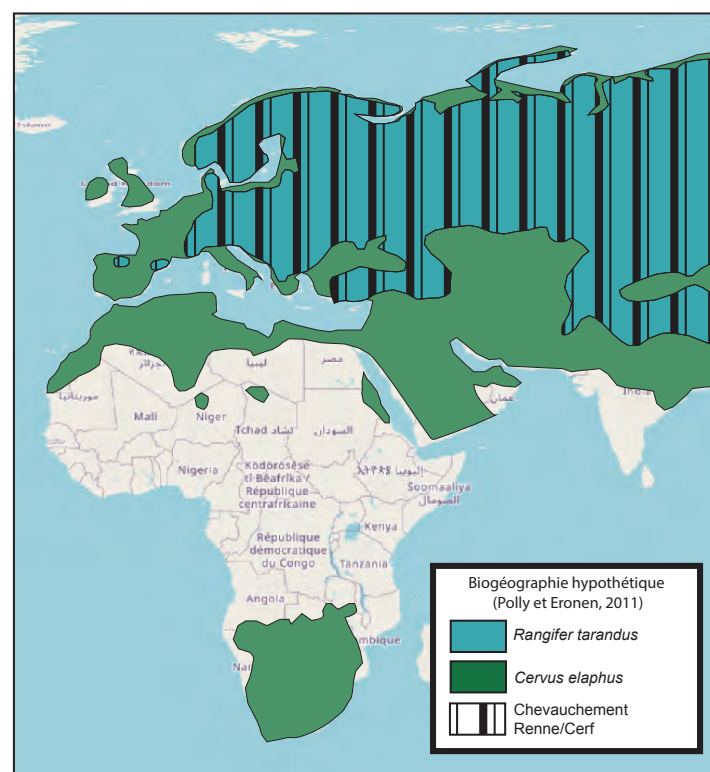


Figure I.5 : Carte des aires de chevauchement hypothétiques du Renne et du Cerf d'après les modélisations de niches fondamentales réalisées par P.D. Polly et J.T. Eronen (2011). NB : cette carte de répartition correspond à une simplification de leur distribution potentielle.

⁸ L'enveloppe climatique estimée par Polly et Eronen (2011) correspond à un espace multivarié qui inclut les valeurs minimales et maximales de 19 variables bioclimatiques (telles que les températures, les précipitations, la durée quotidienne d'ensoleillement, à l'échelle saisonnière et annuelle) dans lesquelles chaque espèce se trouve actuellement.

Quid du passé ?

Les associations de grands mammifères de notre cadre d'étude (MIS 5 – 4, Sud-Ouest de la France) font relativement bien écho aux communautés actuelles : les assemblages fossiles sont souvent dominés par des associations d'espèces partageant aujourd'hui des préférences écologiques proches (à l'exception, bien sûr, des faunes éteintes), et les changements biostratigraphiques observés le long des séquences d'enregistrements couvrant cette période s'accordent plutôt bien avec les données climatiques (e.g. pollens, isotopes stables de l'oxygène, foraminifères ; Sanchez-Goni et al., 2008 ; pour une synthèse à ce sujet, voir Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017). Plus précisément, l'interglaciaire du MIS 5 enregistre une abondance d'espèces dites « tempérées » (e.g. Cerf, Chevreuil, Sanglier), tandis que le MIS 4 livre des taxons aujourd'hui connus en contextes plus froids, caractéristiques de milieux plus steppiques ou arctiques (e.g. Cheval, Renne).

Certains assemblages couvrant cette période ont néanmoins livré des associations dont le signal environnemental apparaît plus hétérogène (« faunes mixtes » de la figure I.1). C'est le cas, par exemple, de Pech-de-l'Azé IV (couche 5B : Turq et al., 2011), Roc-de-Marsal (couches 5 à 7 : Turq et al., 2009 ; Castel et al., 2017), ou encore, la grotte Vaufrey (couches II et III : Delpech, 1996), qui associent le Renne au Cerf et/ou au Chevreuil, et parfois à d'autres taxons aux exigences écologiques variées (e.g. Bison, Sanglier, Rhinocéros et Mammouth laineux). Des associations d'espèces fossiles « non-analogues » ont également été rapportées pour d'autres communautés (e.g. micromammifères : Markova et al., 2010 ; Rhodes et Conard, 2021 ; communautés végétales : Gill et al., 2012), sur d'autres périodes (e.g. MIS 12 – 11 : Borodin et al., 2023 ; MIS 3 : Grayson et Delpech, 2001 ; 2003 ; Markova et al., 2010 ; tardiglaciaire : Gill et al., 2012) et dans d'autres régions du globe (e.g. États-Unis : Stafford et al., 1999 ; Semken et al., 2010 ; Gill et al., 2012 ; Afrique de l'Est : Faith et al., 2019 ; 2020 ; Nord de l'Eurasie et Sibérie : Markova et al., 2010 ; Borodin et al., 2023). Elles apparaissent majoritairement lors des transitions climatiques, comme celle entre le MIS 5 et le MIS 4, où des oscillations climatiques rapides auraient pu favoriser la formation de paysages en mosaïque abritant des communautés fauniques complexes. Ce phénomène rappelle les

dynamiques observées aujourd’hui dans certains écotones⁹, où des habitats en mosaïque permettent la coexistence d’espèces aux exigences écologiques variées, comme dans les forêts galeries (Sambare et al., 2020) ou les zones de transition entre savane et forêts africaines (Stewart et Zaphiro, 1963 ; Attua et Pabi, 2013 ; Lemessa et al., 2023).

Chapitre 3 – Cadre géo-chrono-culturel de la transition entre la fin du MIS 5 et du MIS 4

a) État de la recherche sur la fin du MIS 5 et le début du MIS 4

Technologie lithique, approvisionnement et utilisation des matières minérales

Dans le Sud-Ouest de la France, les archéoséquences de la fin du MIS 5 et du début du MIS 4 se caractérisent par une importante diversité d’industries lithiques (e.g. Moustérien typique, Moustérien de type Ferrassie, Moustérien Levallois à denticulés, Asinipodien) s’intégrant essentiellement dans la variabilité des techno-complexes¹⁰ moustériens à technologie Levallois (et plus rarement, Kombewa et Discoïde ; e.g. les Forêts : Brenet et Folgado, 2003 ; Pech-de-l’Azé IV : Dibble et McPherron, 2006), système de production qui prédomine largement les assemblages de cette période (Turq, 2000a ; 2000b ; Delagnes et al., 2007 ; Delagnes et Rendu, 2011 ; Faivre et al., 2014 ; 2017 ; Vaissié, 2021). Cette technologie nécessite une gestion complexe et précise de la réduction du nucléus, produisant des enlèvements prédéterminés et prédéterminants selon des modalités variées (e.g. unipolaire, bipolaire, centripète ; Boëda, 1991 ; 1993 ; Boëda et al., 1990). L’objectif est d’obtenir un (méthode à éclat préférentiel) ou plusieurs

⁹ En écologie, le concept d’écotone (DiCasteri et al., 1988) fait référence aux zones de transition entre des écosystèmes adjacents, possédant des caractéristiques uniques et où les communautés végétales et fauniques des deux milieux se chevauchent et interagissent.

¹⁰ Un techno-complexe est « *un ensemble de groupes culturels répartis sur une aire géographique cohérente, ayant adopté le même système technique et des stratégies économiques similaires* » (Pirrot et Varet-Vitu, 2004). Dans la sphère lithique (techno-complexe lithique ou TCL), il fait référence à des comportements technologiques partagés qui structurent la variabilité industrielle paléolithique (Faivre et al., 2017).

(méthode récurrente) éclats de taille et de forme prédéfinie et variant selon les modalités adoptées. Généralement, les produits obtenus sont immédiatement fonctionnels, pouvant être utilisés bruts, mais également affûtés pour diversifier la gamme d'outils (productions ramifiées : voir Bourguignon et al., 2004). La productivité des nodules de pierre varie en fonction des méthodes et des modalités mises en œuvre, et le caractère souvent ramifié de la chaîne opératoire de débitage permet de faire varier les caractéristiques morpho-techniques et morphométriques des produits (Bourguignon et al., 2004 ; Delagnes et Rendu, 2011). Les taux d'outils sont généralement élevés (Geneste et al., 1997 ; Turq, 2000a) et les productions généralement réalisées en un seul endroit (Delagnes et Rendu, 2011). Les produits finis peuvent être raffûtés, mais ils sont souvent de faible épaisseur et sont peu propices au recyclage, impliquant une durée d'utilisation souvent courte (Delagnes, 2008 ; Delagnes et Rendu, 2011). Les industries de type « racloirs » *lato sensu* sont souvent peu retouchées, comparativement aux racloirs Quina de la période suivante ; les taux de retouches varient néanmoins selon les assemblages (Faivre et al., 2017), et les plages de retouche sont souvent localisées sur des portions spécifiques, ce qui pourrait refléter des stratégies de taille et d'affûtage opportunistes adaptées aux besoins immédiats (Delagnes et Rendu, 2011).

La mise en œuvre d'autres modes de production lithique associés au Levallois, tels le façonnage bifacial (Vieilleuvigne et al., 2008 ; Blaser et al., 2012) et le débitage laminaire « non-Levallois », est également documentée dans cette région (e.g. Combe-Grenal, niveaux 29-30 : Faivre, 2008 ; Faivre et al., 2017 ; Cantalouette IV : Blaser et al., 2012) : ils pouvaient permettre aux groupes humains de compléter les productions réalisées avec la méthode Levallois (Boëda, 1991), soulignant la diversité technologique des groupes néandertaliens du MIS 5 – 4.

L'approvisionnement en matières premières est orienté vers l'exploitation de silex de bonne qualité adaptés aux exigences des systèmes de production Levallois, et souvent disponible dans l'environnement local des néandertaliens de Charentes-Périgord (e.g. silex sénoniens, calcédonieux et coniacien en Périgord : Geneste et al., 1997 ; Faivre, 2008 ; Turq et al., 2011 ; Vaissié, 2021 ; Dogger en Charentes : Delagnes et al., 1999). Quelques exemples de productions en matériaux plus exogènes (> 30 km), parfois de meilleure qualité encore (e.g. silex de Bergerac à Pech-de-l'Azé IV), sont également documentés (Geneste et al., 1997 ; Delagnes et al., 1999 ; Turq et al., 2011 ;

Turq et al., 2017 ; Vaissié, 2021). Ces composantes exogènes témoignent d'une segmentation des chaînes opératoires (Turq et al., 2013), traduisant un mode de production et de gestion lithique qui s'inscrit dans une certaine mobilité des groupes néandertaliens. Les basaltes, jaspes et quartz, essentiellement disponibles dans l'environnement immédiat des sites (e.g. formations alluviales de la Dordogne) ont pu être utilisés de manière sporadique (e.g. Pech-de-l'Azé IV, niveau 5B ; Combe-Grenal, niveau 27).

Subsistance et utilisation des matières animales

Les données sur les stratégies de subsistance des néandertaliens à la transition MIS 5 – 4, en particulier pour les assemblages « mixtes » associant Renne, Cerf et Chevreuil, sont extrêmement limitées (e.g. listes fauniques succinctes). Quelques études archéozoologiques récentes sont toutefois disponibles pour la période légèrement antérieure (fin du MIS 5), notamment à partir des archéoséquences de Roc-de-Marsal (niveau 9 : Hodgkins., 2012 ; Hodgkins et al., 2016) et de Pech-de-l'Azé IV, niveaux 5 et 6 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 ; Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017), qui sont complétées par des données plus anciennes et partielles (Artenac, niveaux 6b, 6c et 7 : Armand et Delagnes., 1998 ; Delagnes et al., 1999 ; Mann et al., 2007 ; Combe-Grenal, niveaux 26 à 35 : Chase, 1986). Ces travaux reflètent une diversité des spectres de faunes chassées, avec une exploitation variable du Cerf, du Chevreuil, des Bovinés et du Cheval, qui semblent constituer les proies principales. Les seules données dont nous disposons en termes de sélection des individus provient des niveaux 5A, 5B, 6A et 6B de Pech-de-l'Azé IV, indiquant une sélection préférentielle des individus dans la force de l'âge (Cerf, Chevreuil et Cheval : Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017). Les études menées au Roc-de-Marsal, à Pech de l'Azé IV et à Artenac suggèrent des stratégies de transport assez flexibles, avec une introduction parfois préférentielle des éléments crâniens et des os longs riches en viande et en moelle (e.g. Roc-de-Marsal, niveau 9 : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 ; Artenac, niveau 6c : Armand et Delagnes, 1998), mais généralement sans contrainte forte liée à la recherche d'acides gras insaturés (Pech-de-l'Azé IV, niveaux YZ et 6B : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al.,

2016 ; Niven et al., 2013 ; Roc-de-Marsal, niveau 9 : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 ; néanmoins, voir : Niven et al., 2013 pour le niveau 6A de Pech-de-l’Azé IV). Par ailleurs, les marques de percussion et les stries de boucherie apparaissent moins fréquentes dans ces assemblages (mais voir : Armand et Delagnes, 1998), comparativement à ceux du Moustérien Quina (Pech-de-l’Azé IV : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 ; Niven et al., 2013 ; Roc-de-Marsal : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016). Par exemple, sur le site de Pech-de-l’Azé IV, le pourcentage de fragments d’os longs portant au moins une encoche de percussion n’excède jamais 12,2 % dans les niveaux AnteQuina (niveau 8 : 2,4 % ; niveau 6B : 9,1 % ; niveau 6A : 12,2 %), un taux systématiquement dépassé dans les niveaux Quina (niveau 4C : 19,6 % ; niveau 4B : 13 % ; niveau 4A : 17,8 %). De même, le taux de fragments d’os longs portant au moins une strie de boucherie est toujours inférieur à 27 % dans les niveaux AnteQuina (niveau 8 : 20,8 % ; niveau 6B : 26,9 % ; niveau 6A : 21,2 %), alors qu’il avoisine ou dépasse systématiquement les 50 % dans les assemblages Quina (niveau 4C : 65,1 % ; niveau 4B : 49,3 % ; niveau 4A : 50,8 % : Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017). L’exploitation technique des ossements est également documentée par la présence de retouchoirs (Artenac, couche 6c : Armand et Delagnes, 1998 ; Delagnes et al., 1999) et d’os brûlés interprétés comme résultant d’une combustion intentionnelle (*cf. infra*).

Les autres registres (foyers, matières végétales et colorantes)

Foyers et utilisation des matériaux combustibles

Les structures de combustion et les vestiges brûlés sont bien attestées avant le Quina, comme en témoignent plusieurs séquences stratigraphiques (Roc-de-Marsal, Pech-de-l’Azé IV, Artenac). Ces structures sont parfois nombreuses et de grande envergure, très bien préservées et délimitées, et renvoient à des occupations de longue durée impliquant des activités variées (Sandgathe et al., 2011a ; Aldeias et al., 2012 ; Goldberg et al., 2012). Les fragments d’os brûlés sont parfois très abondants également (e.g. Pech-de-l’Azé IV, couches 8 et 7 ; Roc-de-Marsal, couche 9) et pourraient avoir servi, au moins à certains moments, à alimenter les feux (Gallo, 2022), en complément des matières végétales (Wroth et al., 2019).

Matières végétales

L'exploitation alimentaire et technique des matières végétales par les néandertaliens suscite un intérêt croissant ces dernières années (e.g. Cabanes et al., 2010 ; Henry et al., 2011 ; 2014), mais peu d'analyses ont été conduites sur la période avant le Moustérien Quina dans notre région d'étude. À ce jour, les seules études récentes disponibles concernent le site de la Ferrassie, où une consommation alimentaire de plantes sauvages indéterminées a été rapportée d'après l'analyse des micro-restes végétaux présents dans le tartre dentaire de spécimens néandertaliens (individus I et II : Henry et al., 2014), et la séquence du Roc-de-Marsal (niveaux 2 à 9 : Turq et al., 2009 ; Wroth et al., 2019), dont les principaux résultats sont synthétisés ci-après (cf. Chapitre 4, « *g- Matières végétales, matières colorantes, restes humains* »).

Matières colorantes

Contrairement aux périodes ultérieures (MIS 4 et 3), où l'utilisation des matières colorantes est un peu mieux documentée (e.g. Soressi et d'Errico, 2007 ; Soressi et al., 2008 ; Heyes et al., 2016 ; d'Errico et Soressi, 2017 ; Dayet et al., 2019), les preuves de leur exploitation au cours du MIS 5 et de la transition MIS 5 – 4 restent limitées pour le Nord du Bassin aquitain.

Fonction des sites, mobilité et gestion des territoires

Bien que la fin du MIS 5 soit, à ce jour, moins bien documentée que la période suivante (le Moustérien Quina), quelques indices concernant les schémas de mobilité des groupes néandertaliens durant cette période peuvent être mis en avant. L'analyse des industries lithiques constitue une première clé de compréhension. Selon A. Delagnes et W. Rendu (2011), la combinaison d'une séquence de débitage longue et complexe, réalisée en un seul endroit, et associée à une panoplie d'outils variés mais de courte durée de vie donne un caractère peu mobile à ces industries, qui seraient faiblement transportables (encombrantes et lourdes). Ce schéma doit néanmoins être nuancé car certaines productions Levallois ont parfois été transportées sur de très longues distances (Turq et al., 2017 ; Vaissié, 2021 ; Vaissié et Faivre, 2024). Quoi qu'il en soit, elles seraient associées à des proies souvent considérées comme peu migratrices, non-

grégaire, peut-être disponibles toute l'année (Cerf, Chevreuil), ce qui aurait pu, selon ces mêmes auteurs, conduire les néandertaliens de la fin du MIS 5 à l'adoption d'une mobilité se rapprochant du type résidentiel (« *foragers* » ; Delagnes et Rendu, 2011). Ce dernier type, développé par L. R. Binford (1980), caractérise des groupes dont la mobilité résidentielle est élevée, s'établissant ainsi sur des campements principaux, où sont menées la plupart des activités, et qui sont déplacés régulièrement pour éviter l'épuisement des ressources locales. Ces éléments sont renforcés par l'apport de matériaux locaux et exogènes, parfois associés à des indices de saisonnalité couvrant la majeure partie de l'année (e.g. Pech-de-l'Azé IV, niveaux 6A et 6B : Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017), et à des niveaux très anthropisés (e.g. vestiges abondants renvoyant à des activités variées) et renfermant d'importantes structures de combustion. Ces éléments suggèrent l'établissement de campements résidentiels relativement stables (Niven et al., 2013), avec des traditions techniques qui pourraient parfois se perpétuer sur de longues séquences (e.g. Artenac, couches 8 à 5 : Delagnes et al., 1999).

b) Et le Quina, qu'est-ce que c'est ?

La phase finale du MIS 4 voit la mise en place de changements importants chez les groupes néandertaliens du Nord du Bassin aquitain, visibles aussi bien dans la sphère de l'approvisionnement et de la technologie lithique que dans les stratégies de subsistance et les modèles de gestion du territoire. Ce nouveau techno-complexe, nommé le Moustérien Quina, apparaît relativement éphémère, d'une durée de quelques millénaires tout au plus, et pourrait constituer une solution techno-économique tout à fait remarquable qui coïncide avec la phase la plus rigoureuse du MIS 4 (HS6 ?). Surtout, il témoigne de savoir-faire techniques qui se démarquent totalement de ceux caractérisant le MIS 5 et le début du MIS 4. Nous tenterons, dans cette section, de synthétiser les principales caractéristiques de ce TCL.

Technologie lithique, approvisionnement des matières minérales

Le système de production lithique Quina a fait l'objet de nombreuses études et est aujourd'hui relativement bien caractérisé. Malgré une certaine variabilité technologique (e.g. Jonzac, US-22 : Soressi, 2004 *in* Claud et al., 2012 ; Combe-Grenal,

couche 20 : Faivre, 2011 ; Roc-de-Marsal : Turq, 2000a) – influencée notamment par la morphologie des blocs (Turq, 1989 ; 2000a ; Hiscock et al., 2009) –, il exprime un fond techno-économique commun (Faivre et al., 2017). Celui-ci s’articule essentiellement autour d’une production ramifiée visant à obtenir de grands éclats à section asymétriques (Turq, 1989 ; Bourguignon, 1996 ; Bourguignon et al., 2004 ; 2006 ; Hiscock et al., 2009 ; Faivre, 2008 ; Faivre et al., 2017). Ces éclats, souvent corticaux, sont à la fois prédéterminés et prédéterminants, et présentent au moins un bord allongé (partie tranchante) opposé à un bord épais (dos ou talon). Généralement volumineux et peu standardisés, les éclats primaires ont une double fonction : ils peuvent être utilisés comme supports d’outils à fort potentiel de transformation et de réaffûtage (e.g. les « racloirs Quina »), ou servir comme nucléus (ou « éclat-matrices ») pour la production de nouveaux éclats (Turq, 1989 ; 1992 ; 2000 ; Bourguignon et al., 2006 ; Delagnes et al., 2007 ; Delagnes et Rendu, 2011 ; Faivre et al., 2017). Ils constituent en ce sens une réserve de matière mobile, capable de répondre à des besoins immédiats (Bourguignon et al., 2006). Les éclats produits à partir de « l’éclat-matrice » sont généralement courts et épais (Bourguignon et al., 2004), versatiles et polyvalents, et adaptés à des fonctionnalités diverses, tout en résultant d’une gestuelle technique homogène (Faivre, 2011). Ce système de débitage ne nécessite que peu d’investissement technique dans la préparation du nucléus et offre une excellente productivité, renforcée par la ramification et les ravivages répétés (Turq, 1989 ; Bourguignon et al., 2004 ; 2006 ; Hiscock et al., 2009). Les outils abandonnés présentent souvent plusieurs générations de retouches de morphologies variées (écailleuse, scalariforme, à encoches clactoniennes, courte ou envahissante ; Turq, 1989 ; 2000). Le recyclage constitue un aspect central du système de débitage, ce qui en fait des produits adaptés à une maintenance et une utilisation prolongée, dans une logique d’économie et d’optimisation de la matière première (Turq, 1989 ; Hiscock et al., 2009 ; Delagnes et Rendu, 2011).

Les matières premières exploitées proviennent majoritairement de l’environnement local ou immédiat et sont de qualité satisfaisante (Turq, 1989 ; Hiscock et al., 2009), bien que variable, ce qui conditionne leur recyclabilité (e.g. Costamagno et al., 2006 ; Meignen et al., 2007). Certaines matières exogènes, de très haute qualité, sont importées de gîtes plus lointains parfois situés jusqu’à 100 km (Turq, 1989 ; Meignen et al., 2007 ; Hiscock et al., 2009). Ces matériaux ne sont pas transportés sous forme de

blocs entiers, mais sous forme d'éclats ou d'outils retouchés, qui seront réaffûtés et recyclés de manière intensive, suggérant une gestion optimisée des ressources lointaines (Turq, 2000a ; Bourguignon et al., 2006 ; Costamagno et al., 2006 ; Meignen et al., 2007).

Subsistance et exploitation des matières animales

Les données sur la subsistance au Moustérien Quina sont relativement abondantes, cette période ayant suscité un fort intérêt archéozoologique ces dernières décennies. Dans le Nord du Bassin aquitain, les archéoséquences sont très largement dominées par le Renne, qui représente systématiquement plus de 80% des restes¹¹ (Discamps et Royer, 2017 ; Rendu., 2012 ; Rendu et al., 2023). Ce taxon est généralement associé, en de faibles proportions, à des restes de Bovinés et de Cheval. Bien que moins abondants en termes de restes, ces derniers, de plus grande taille, ont parfois tenu une place importante aux côtés du Renne si l'on prend en compte le poids de viande (e.g. Jonzac, unité 22 ; Rendu et al., 2023), attestant d'une diète plus variée et complémentaire qu'autrefois envisagée pour cette région. Par ailleurs, si le Renne a pu constituer l'un des principaux gibiers chassés par les groupes Quina Nord-aquitains, il est important de mentionner que d'autres espèces dominent les spectres Quina dans les régions périphériques (e.g. Cheval à Espagnac, Lot : Jaubert et al., 2001 ; Bouquetin et Mégacéros à Fumane, Italie : Fiore et al., 2004 ; Cerf et Mégacéros à De Nadale, Italie : Livraghi et al., 2021 ; Bouquetin et Chamois à Esquilleu, Espagne : De los Terreros et al., 2014).

Dans notre fenêtre d'étude (Nord du Bassin aquitain), le nombre de rennes abattus est souvent important au sein des assemblages, associé à des profils d'abattage « catastrophiques » reflétant des structures de population vivantes (e.g. Jonzac, niveau 22 : Niven et al., 2012 ; Roc-de-Marsal, niveau 4 : Castel et al., 2017 ; Pradelles, faciès 2a et 2b : Soulier, 2008 ; Rendu et al., 2012). Les chasses orientées sur les troupeaux de Renne auraient permis une certaine rentabilité cynégétique, pouvant parfois s'apparenter à des abattages « de masse » (*i.e.* abattage de plusieurs individus sur une

¹¹ Les niveaux Quina du site de Combe-Grenal font ici figure d'exception. Les décomptes fauniques actuellement disponibles qui leur sont associés reposent néanmoins sur des études de collections anciennes (fouilles F. Bordes) qui présentent des biais de collecte importants ayant largement affecté la représentativité des petites et moyennes espèces, telles que le Renne, et certaines portions anatomiques (Discamps et Faivre, 2017).

fenêtre temporelle courte, corroboré par des indices de stockage, voir les Pradelles : Costamagno et al., 2006), mais pas toujours interprétés comme tels (e.g. Jonzac : Niven et al., 2012 ; Roc-de-Marsal : Castel et al., 2017). Les occupations sont généralement saisonnières, sur des fenêtres restreintes comme le printemps-été (e.g. Pech-de-l’Azé IV : Niven et al., 2013), ou l’automne-hiver (e.g. Jonzac : Niven et al., 2012 ; Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012), mais potentiellement récurrentes, pour l’exploitation de ressources prévisibles saisonnièrement (Britton et al., 2011). Le traitement des carcasses est structuré dans le temps et dans l’espace, s’échelonnant au sein de sites spécialisés : « *kill-sites* » et sites de boucherie primaire (e.g. Jonzac, couche 22 : Claud et al., 2012 ; Niven et al., 2012 ; Rendu et al., 2023), sites de boucherie secondaire (e.g. Les Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; 2015), sites de consommation (e.g. Roc-de-Marsal, couche 4 : Castel et al., 2017 ; Pech-de-l’Azé IV, niveau 4A : Niven et al., 2013). Ces derniers voient l’introduction préférentielle des os longs riches en viande, mais surtout en moelle et acides gras insaturés (e.g. Roc-de-Marsal, niveau 4 : Castel et al., 2017 ; Pech-de-l’Azé IV, niveaux 4C, 4B et 4A : Niven et al., 2013 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016), tandis que les parties moins nutritives (e.g. éléments axiaux et bas de pattes) sont plutôt abandonnées sur les *kill-sites* et sites de boucherie primaire (e.g. Jonzac, niveau 22 : Niven et al., 2012 ; Rendu et al., 2023). L’extraction de la moelle et de la graisse est systématique et intense, entraînant une forte fragmentation des diaphyses et, dans certains cas, la disparition (quasi-)totale des os spongieux (Les Pradelles : Costamagno, 2013 ; Costamagno et Rigaud, 2014 ; Roc-de-Marsal : Castel et al., 2017). Les stries de boucherie sont omniprésentes sur l’ensemble des taxons, parfois plus abondantes encore sur les grands herbivores (e.g. Jonzac, unité 22 : Rendu et al., 2023), et reflètent des activités variées (prélèvement des peaux, des tendons, désarticulation, décarnisation, filetage de la viande en vue d’une consommation différée ; Costamagno et al., 2006 ; Meignen et al., 2007 ; Rendu et al., 2012 ; Hodgkins, 2012 ; Niven et al., 2012 ; 2013 ; Hodgkins et al., 2016 ; Castel et al., 2017 ; Soulier et al., 2022). Les restes fauniques, très abondants par rapport aux vestiges lithiques (e.g. Costamagno et al., 2006 ; Meignen et al., 2007 ; Rendu et al., 2012), forment des accumulations denses parfois assimilables à des « *bonebeds* » (e.g. Jonzac, niveau 22). L’exploitation technique des matières animales est bien attestée, notamment par le travail des peaux et la présence parfois abondante de retouchoirs soigneusement sélectionnés, ainsi que

d'industries osseuses diversifiées (e.g. Jonzac : Claud et al., 2012 ; Niven et al., 2012 ; Baumann et al., 2023 ; les Pradelles : Beyries, 1988 ; Costamagno et al., 2015 ; Oulad el Kaïd, 2018 ; Régis, 2020 ; Soulier et al., 2022).

Enfin, plusieurs assemblages ont livré des restes humains présentant des traces de fracturation et de décharnement (e.g. Combe-Grenal, niveau 25 : Le Mort, 1989 ; Garralda et Vandermeersch, 2000 ; les Pradelles : Garralda et al., 2005 ; Maureille, 2008). L'hypothèse d'une consommation intraspécifique des néandertaliens a été avancée, sans qu'il n'y ait à ce jour de consensus sur son intentionnalité (hypothèse alimentaire et/ou rituelle ; voir Yustos et de los Terreros, 2015 pour une synthèse).

Les autres registres

Foyers

L'originalité du Quina tient aussi des questionnements qu'il implique autour de l'usage du feu, ayant alimenté d'importants débats autour des savoir-faire pyrotechniques chez les néandertaliens (Sandgathe et al., 2011a ; 2011b ; Sorensen, 2017 ; Sorensen et al., 2018). Bien attestées lors de la période précédente et suggérant des occupations longues nécessitant un haut niveau de maintenance des foyers, les structures de combustion deviennent totalement absentes des assemblages Quina du Nord du Bassin aquitain. De même, les vestiges brûlés (silex, faune, charbons) apparaissent toujours très rares, voire parfois inexistants, y compris dans les collections récentes issues d'une récolte minutieuse (e.g. Combe-Capelle Bas : Dibble et Lenoir, 1995 ; Jonzac : Niven et al., 2012 ; Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012 ; Roc-de-Marsal : Castel et al., 2017 ; Reeves et al., 2019 ; Pech-de-l'Azé IV : Turq et al., 2011). À cet égard, le site de Combe-Grenal, où des signaux importants d'utilisation du feu ont été observés dans les niveaux Quina (Faivre, 2011 ; Sorensen, 2017), pourrait figurer parmi les seules exceptions. L'usage du feu au Quina apparaît alors comme une pratique plutôt occasionnelle, qui n'aurait laissé que peu de traces archéologiques. Plusieurs hypothèses non-exclusives ont été formulées pour expliquer cette situation, parmi lesquelles : les choix d'échantillonnage lors des fouilles (e.g. foyers hors zone de fouille) et des analyses (e.g. exclusion de la fraction fine : Sorensen, 2017), le manque de visibilité archéologique lié à des occupations courtes et spécialisées (Costamagno et al.,

2006 ; Niven et al., 2012 ; Sorensen, 2017), les conditions de préservation défavorables (e.g. vent, cryoturbations : Sorensen, 2017), la baisse de disponibilité du bois de chauffage (Sorensen, 2017), alors que la graisse des ossements est cruciale en période de stress alimentaire (Hodgkins, 2012 ; Sorensen, 2017), ou encore, l'incapacité des néandertaliens à produire le feu par eux-mêmes, ce qui les rendrait dépendant des incendies de foudre, plus rares au Quina (Sandgathe et al., 2011a ; 2017b). À ce jour, la question n'est pas résolue et il est probable que cette lacune soit multifactorielle.

Matières végétales

Malgré l'ouverture des paysages et la baisse de disponibilité des plantes ligneuses, quelques indices d'une exploitation des matières végétales par les néandertaliens du Quina Nord-Aquitain sont fournis dans la littérature. Au Roc-de-Marsal, un éclat de réaffûtage aurait servi, d'après les analyses tracéologiques, au travail du bois (Turq, 1989), alors que les phytolithes deviennent quasiment absents des niveaux Quina (Wroth et al., 2019). Toutefois, il convient de rester prudent car les études tracéologiques anciennes ont probablement surestimé l'intensité du travail du bois (Claud et al., 2019). Parallèlement, les études de résidus fossiles présents sur le matériel lithique de La Quina (niveaux L et M) ont montré que certains racloirs Quina pouvaient avoir servi au travail des plantes et du bois végétal (Hardy, 2004). Des analyses plus récentes (composition du tartre : Henry et al., 2014, micro-usure et micro-résidus dentaires : Williams et al., 2022) conduites sur un spécimen néandertalien de ce même site (Quina 5, niveaux L-Q) ont mis en évidence une consommation de plantes telles que les céréales sauvages (*Triticeae*). Celles-ci seraient disponibles sur toute la période et pourraient venir compléter une alimentation essentiellement carnée (Fiorenza et al., 2014), malgré une consommation végétale moins marquée qu'en contextes plus hospitaliers (Williams et al., 2022).

Matières colorantes

Les exemples d'imports et d'exploitation des matières colorantes restent extrêmement rares pour cette fenêtre d'étude. La seule étude détaillée disponible concerne la séquence de Combe-Grenal (Dayet et al., 2019). Plusieurs types de

matériaux colorants ont été identifiés dans les niveaux Quina, essentiellement des oxydes de manganèse (de trois sortes différentes), et quelques oxydes de fer et de craie. Plus abondants dans les niveaux inférieurs (couches 25 à 20), ces blocs de matière colorante auraient été largement raclés et broyés en vue d'être utilisés pour des usages multiples (e.g. aide à l'allumage du feu¹², teinture sur les peaux animales et humaines, retouchoirs).

Fonction des sites, mobilité et gestion des territoires

Plusieurs auteurs suggèrent que l'industrie lithique des néandertaliens Quina nord-aquitains, caractérisée par une transportabilité élevée, constituait une solution technique adaptée à une mobilité accrue (Bourguignon et al., 2006 ; Hiscock et al., 2009 ; Delagnes et Rendu, 2011). Le séquençage des activités de taille et de boucherie, limitées à des fenêtres saisonnières restreintes (Turq, 2000c ; Costamagno et al., 2006 ; 2015 ; Meignen et al., 2007 ; Niven et al., 2012 ; 2013 ; Rendu et al., 2012 ; 2023 ; Castel et al., 2017) et la quasi-absence d'indices de combustion (Dibble et Lenoir, 1995 ; Costamagno et al., 2006 ; Niven et al., 2012 ; Rendu et al., 2012 ; Castel et al., 2017 ; Turq et al., 2011), indiquent des occupations ponctuelles et fonctionnelles (« *task-specific locations* »). En parallèle, l'apport de matériaux exogènes sur près de 100 km, suggère des déplacements sur des territoires vastes et/ou des échanges avec d'autres groupes Quina (Turq, 1989 ; Turq et al., 2017 ; Hiscock et al., 2009 ; Niven et al., 2013). Hiscock et collaborateurs (2009) proposent un modèle d'occupations semi-permanentes en région Périgord, impliquant des incursions saisonnières dans d'autres régions. A. Delagnes et W. Rendu (2011) avancent que l'exploitation préférentielle du Renne, proie grégaire aux migrations attestées (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024), aurait favorisé l'adoption d'une mobilité logistique (modèle des « *collectors* » de Binford, 1980). Cette stratégie, adaptée aux environnements contrastés saisonnièrement, implique un campement résidentiel stable et des expéditions ciblées plus lointaines pour le ravitaillement. Comme le rappellent L. Meignen et collaborateurs (2007), les modèles de

¹² Lorsqu'elles sont réduites en poudre et mélangées à de l'amadou, les oxydes de manganèse permettent de diminuer la température requise pour l'allumage d'un feu de près de 100°, facilitant ainsi son démarrage (Heyes et al., 2016).

mobilité des groupes Quina ont tout à fait pu changer au cours de l'année. De plus, la vision d'une forte dépendance de la mobilité des groupes Quina Nord-aquitains aux ressources en Renne (Delagnes et Rendu, 2011 ; Rendu et al., 2022) a été nuancée par W. Rendu et collaborateurs (2023), qui soulignent le rôle complémentaire des grands Ongulés (Bovins, Chevaux), probablement disponibles annuellement (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024). Quoi qu'il en soit, les indices archéologiques suggèrent un changement de la mobilité néandertalienne par rapport aux périodes précédentes, avec des occupations saisonnières spécialisées de courte durée, une extension des territoires exploités pour les tâches logistiques, et l'adoption d'une économie plus planifiée (e.g. abattages saisonniers sur troupeaux, filetage et stockage de la viande : Costamagno et al., 2006 ; Meignen, 2007 ; Rendu et al., 2012). Cette adaptation aurait permis une exploitation optimisée des proies migratrices, complétées par des ressources locales plus stables (Britton et al., 2011 ; Niven et al., 2012 ; Rendu et al., 2023).

Chapitre 4 : Le site du Roc-de-Marsal

a) Localisation et historique des travaux

Le site de Roc-de-Marsal se situe sur la commune de Campagne-de-Bugue (24260), en Dordogne, dans le Sud-Ouest de la France (fig. I.6). Il s'agit d'une petite cavité rocheuse orientée sud-ouest qui s'ouvre à environ 80 mètres de hauteur au sein d'une falaise dominant la vallée aujourd'hui sèche de la Rodonde, confluent de la Vézère. Elle offre une vue plongeante sur une partie importante de la vallée. La grotte est relativement petite, elle mesure environ neuf mètres par six mètres, pour quatre mètres de hauteur à son point maximal (situé à l'entrée) ; elle s'ouvre sur une petite terrasse (fig. I.7).

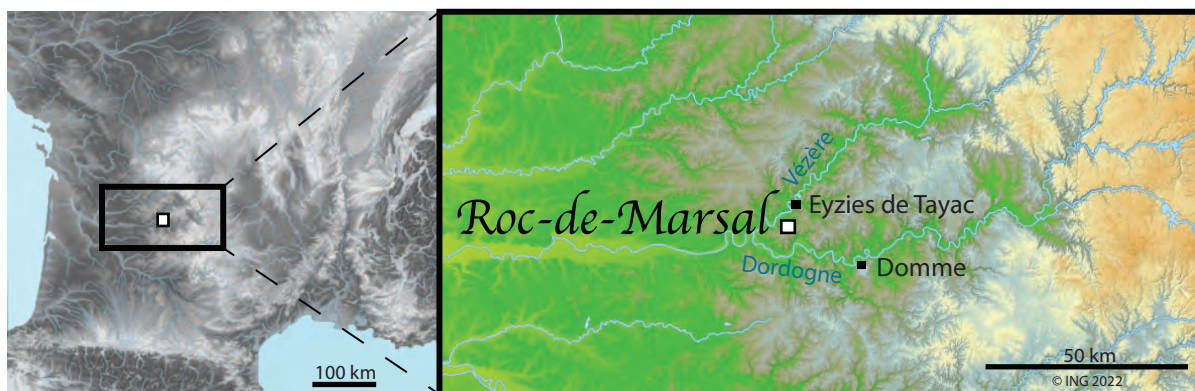


Figure 1.6 : Localisation du gisement du Roc-de-Marsal.



Figure 1.7 : Photographie de la grotte du Roc-de-Marsal prise au cours des fouilles récentes (2004 – 2009). © D. Sandgathe et ses collaborateurs (2005).

Les premières fouilles sur le gisement furent réalisées entre 1953 et 1971 par un préhistorien amateur nommé Jean Lafille. Elles ont porté sur une surface d'environ 27 m², soit près de la moitié du gisement. Dans un premier temps, les fouilles se concentrent sur la partie centrale de l'intérieur de la grotte, sur une surface d'environ 7 m², avant d'étendre cette zone – une fois le bedrock atteint - à deux tranchées adjacentes situées dans le secteur terrasse : la première d'un mètre par six suivant l'axe de la grotte, la seconde de quatre mètres de long perpendiculairement à l'axe de la grotte en direction de l'est. En dernier lieu, la fouille fut déplacée vers le fond de la grotte sur une surface de deux mètres par six (fig. 1.8).

Au cours de ses travaux, Jean Lafille a mis au jour 15 niveaux archéologiques couvrant plusieurs faciès du Moustérien récent, un seizième niveau cette fois remanié contenant des industries châtelperroniennes et aurignaciennes, ainsi que des structures médiévales et des dépressions creusées dans les parois et autour de la grotte (Sandgathe et al., 2005). L'une de ses plus belles découvertes fut réalisée en août 1961 lors de l'excavation du squelette quasi-complet d'un enfant néandertalien (Bordes et Lafille, 1962), qui participa notamment à la renommée du site et aux débats sur l'existence de sépultures intentionnelles moustériennes (voir notamment : Couchoud, 2003 ; Sandgathe et al., 2011c ; Goldberg et al., 2017). Le matériel excavé par J. Lafille se compose aujourd'hui de plusieurs milliers d'objets – dont une partie fut coordonnée à la fouille –, et a donné lieu à plusieurs études lithiques (Moustérien de type Quina, niveaux VIII à XII : Turq, 1979 ; 1985 ; 1988 ; Moustérien à denticulés, niveau III : Thiébaud, 2003) et anthropologiques (voir notamment : Madre Dupouy, 1984 ; Tillier, 1996 ; Bayle, 2008 ; Bayle et al., 2009 ; Bondioli et al., 2010 ; Gómez-Olivencia et García-Martínez, 2019) ; il est actuellement stocké au Musée National de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac (Dordogne).

Malgré la mise au jour d'une puissante séquence stratigraphique couvrant une large partie du Paléolithique moyen récent, les résultats de ces premières opérations de terrain ne furent que peu publiés. Cette lacune motivera la reprise des fouilles entre 2004 et 2010 par une équipe franco-américaine codirigée par Harold L. Dibble, Shannon JP. McPherron, Denis Sandgathe et Alain Turq, impulsée notamment par la volonté de documenter cette séquence de référence avec des méthodes modernes (Sandgathe et al., 2005). Parmi les principaux objectifs de ces deux triennales, figurent ceux de mieux comprendre la géologie, les processus de formation du site, les biais de collecte des fouilles J. Lafille et le contexte sédimentaire dans lequel fut retrouvé l'enfant néandertalien (*op. cit.*).

Pour répondre à ces enjeux, les fouilles récentes se sont principalement concentrées sur les secteurs attenants à ceux excavés par J. Lafille, avec l'ouverture d'une nouvelle tranchée – plus longue cette fois – d'un mètre par dix en suivant l'axe de la grotte, d'une tranchée d'un mètre par quatre suivant le même axe dans le fond de la grotte (afin de corréliser les dépôts du secteur terrasse [« secteur 1 »] à ceux situés à

l'intérieur de la grotte [« secteur 2 »]), et de quelques autres zones, notamment dans le secteur Est de la terrasse, plus localisées (fig. I.8). Plusieurs sondages ont également été réalisés dans une grotte effondrée (Roc-de-Marsal II) attachée à la grotte principale (Roc-de-Marsal I) et dans un secteur situé à environ 150 mètres à l'Est (Roc-de-Marsal III ; Sandgathe et al., 2005).

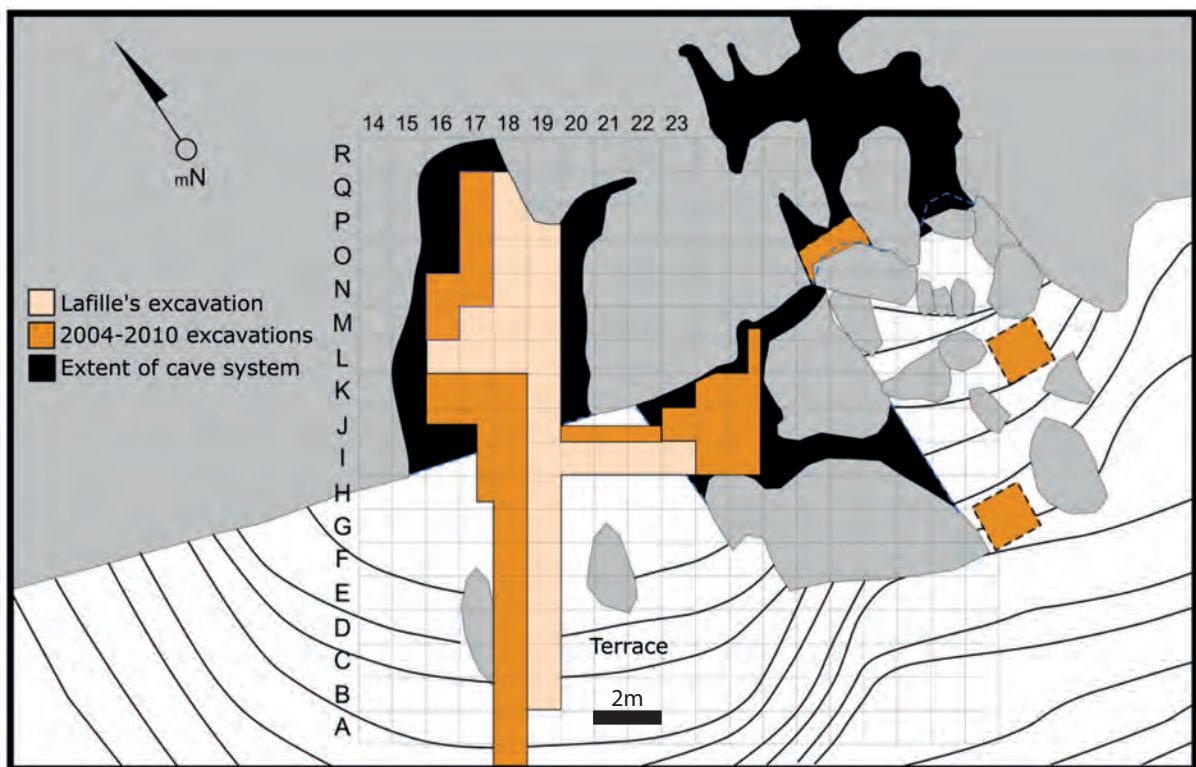


Figure I.8 : Plan du gisement montrant le carroyage, l'emprise des fouilles anciennes (J. Lafille) et récentes (équipe franco-américaine), et les tests dépourvus de matériel réalisés dans la cavité attachée. D'après K. Wroth et al., 2019 (modifié).

La présence résiduelle de clous-témoins, ainsi que les nombreuses pièces coordonnées enregistrées par J. Lafille, ont permis aux nouveaux fouilleurs de raccorder leur carroyage à celui des anciennes fouilles et de rendre les données spatiales compatibles entre elles.

En ce qui concerne les méthodes de fouille (2004 – 2010), tous les restes osseux, les galets de quartz et les objets lithiques travaillés > 25 mm dans leur dimension maximale ont été coordonnés à la fouille, à l'aide de stations théodolites électroniques à télémètre laser (EDM ; Dibble, 1987 ; Dibble et McPherron, 1988). Les fragments

dentaires, les restes osseux jugés déterminables, les minéraux exogènes et les outils retouchés ont été coordonnés sans critère de taille. Les pièces allongées (e.g. fragments de diaphyse) ont fait l'objet de deux mesures situées aux extrémités, et davantage pour les pièces volumineuses (e.g. blocs) afin d'obtenir un dessin schématique de l'objet (Sandgathe et al., 2007). Les seaux ont été coordonnés lorsqu'ils atteignaient 7 litres environ. Ils ne sont pas affiliés à un carré ou un sous-carré, mais à des aires de fouille d'environ 20-25 cm de diamètre dont la localisation peut varier d'une passe à l'autre ; ils peuvent donc contenir le sédiment de plusieurs carrés. La mesure spatiale était prise au centre de cette aire. Le tamisage des seaux a été effectué à l'eau à travers deux mailles de 6 mm et 2 mm (*ibid.*).

b) Stratigraphie, dynamiques de remplissage et de modification des dépôts

Les analyses de texture, de composition et de couleur des sédiments menées lors des fouilles franco-américaines (2004 – 2009) ont permis d'identifier sept grandes unités lithostratigraphiques, parfois subdivisées en sous-unités ou niveaux archéologiques (tab. I.2). Nous présenterons ici une synthèse des principales caractéristiques des 13 niveaux archéologiques identifiés lors des fouilles récentes à partir de la littérature disponible (Couchud, 2003 ; Sandgathe et al., 2004 ; 2005 ; 2006 ; 2007 ; 2008 ; Turq et al., 2009) ; les correspondances stratigraphiques avec les fouilles J. Lafille sont données dans le tableau I.2. Ainsi, de haut en bas, la stratigraphie se présente comme suit :

- **Niveau 1** (unité 7) : fortement bioturbée, cette couche est présente sur toute l'étendue de la terrasse et l'ouverture de la grotte. Elle mesure de 5 à 40 cm de puissance selon les secteurs et contient de gros blocs d'effondrement et beaucoup de grosses racines. Le matériel archéologique est mélangé et contient des indices datant du Paléolithique au Moyen Age.
- **Niveau 2** (unités 5 et 6) : d'origine éolienne, cette couche composée de sables limoneux contient beaucoup de blocs d'effondrement. Sa couleur est jaune claire à brune et sa puissance peut mesurer jusqu'à 1 m d'épaisseur. Dans le fond de la

cavité, le niveau 2 est particulièrement bioturbé (animaux fouisseurs, fosses d'époque médiévale). Il est assez pauvre en matériel archéologique.

- **Niveau 3** (unité 4) : épais jusqu'à 5 cm, ce niveau se distingue difficilement du niveau 4. Il est légèrement plus foncé et contient moins d'éboulis et de fragments d'os. Il est plus mince et plus diffus sur la terrasse mais est encore plus difficile à observer en secteur grotte à cause de la présence d'éboulis de grande taille.
- **Niveau 4** (unité 3) : d'une puissance maximale atteignant les 40 cm (carrés K16 à K18), ce niveau se compose de sédiments argileux gris brun clair. Il est le plus riche en matériel archéologique. Si la délimitation entre le niveau 4 et le niveau 5 est relativement horizontale en secteur terrasse (où la puissance stratigraphique du niveau 4 s'amenuise jusqu'à atteindre environ 10-15 cm), elle est inclinée vers le fond de la grotte à l'intérieur de la cavité (Secteur 2). Cette morphologie pourrait, selon l'équipe scientifique, résulter d'un apport de sédiment du Roc-de-Marsal II par le tunnel Est de la grotte.
- **Niveau 5** (unité 2) : d'une épaisseur d'environ 15 cm, il se compose d'argiles grisâtres brunes clair plus fines que pour le reste de l'unité 2. Il est riche en matériel archéologique et en blocs d'éboulis de taille petite ou moyenne et sa partie sommitale serait tronquée par un processus d'érosion. A noter que la zone d'interface entre les niveaux 5 et 6 a pu poser certaines difficultés lors des fouilles : *« Au cours de la campagne 2007, la limite entre les niveaux 5 et 6 était parfois difficile à déterminer et le terme de niveau 5/6 avait alors été créé [...]. Au cours de la campagne 2008, une nouvelle coupe nous permet une meilleure observation et il fut alors possible de déterminer les limites du niveau 6 et de localiser sa limite avec le niveau 5. Ainsi les objets (lithique et faune) enregistrés comme appartenant au niveau 5/6 ont été reclassés [a posteriori] dans leur niveau respectif. »* (Sandgathe et al., 2008, p. 116).

- **Niveau 6** (unité 2) : Mis au jour uniquement dans la coupe des carrés K16-18 et dans le carré E18, ce niveau varie de 2 à 8 cm d'épaisseur et est de couleur brun foncé à noir. Il est riche en charbons et cendres.
- **Niveau 7** (unité 2) : les sédiments qui le composent sont argilo-sableux. Ce niveau varie de 5 à 8 cm d'épaisseur, il est de couleur brun clair et relativement riche en matériel archéologique et en os brûlés. Il a livré plusieurs structures de combustion en très bon état de préservation. Ce niveau est le plus riche en phytolithes.
- **Niveau 8** (unité 2) : ce niveau est relativement épais, variant de 10 à 15 cm d'épaisseur. Comme le niveau 7, son sédiment est argilo-sableux brun clair, il est toutefois un peu plus foncé et plus riche en matériel archéologique.
- **Niveau 9** (unité 2) : d'une épaisseur assez uniforme allant de 2 à 3 cm, ce niveau est riche en charbons de bois et en os brûlés, lui conférant une couleur variant de noir à gris-brun foncé. Il contient de nombreuses structures de combustion. Dans certaines zones, il est surmonté de minces lentilles cendreuses blanches.
- **Niveaux 10 à 13** (unité 1) : composés de sables argileux bruns orangés issus d'une sédimentation karstique, ces niveaux renferment des éboulis crayeux. Le bas de la séquence est directement au contact de la roche-mère, tandis que la partie supérieure est partiellement érodée. Ils ne contiennent pas de matériel archéologique, excepté quelques fragments osseux (n = 39, niveau 11).

Litho-stratigraphie	Niveaux fouilles 2004 - 2010	Niveaux fouilles Lafille	Industrie lithique	Restes humains	datations	Faune	Stade Isotopique Marin
7	1	XIV XIII	remanié		30 - 70 Ka (ESR)		
6	2	XII	Moustérien Quina	dent	41 - 46 Ka (ESR)	<i>R. tarandus</i> 84%. <i>Equus</i> sp. 7%. <i>Bovidae</i> 4%. <i>C. elaphus</i> 2.5%. <i>C. ibex</i> 1.5%.	3 (moyen)
5		XI					
4	3	X					3 (début)
3	4	IX			72 - 81 Ka (ESR)	<i>R. tarandus</i> 82%. <i>Equus</i> sp. 13%. <i>Bovidae</i> 4%.	4
intermittent	VIII						
2	5	VII VI	Moustérien typique	dent		<i>R. tarandus</i> 72%. <i>Equus</i> sp. 14%. <i>Bovidae</i> 12%.	5a-4?
	6	V	Moustérien typique	enfant Néandertal ?		<i>C. capreolus</i> 43%. <i>R. tarandus</i> 26%. <i>C. elaphus</i> 21%. <i>Equus</i> sp. 7%. <i>Bovidae</i> 3%.	5a
	7	IV					
	8	III	Moustérien denticulé ?	dent		<i>C. capreolus</i> 43%. <i>R. tarandus</i> 26%. <i>C. elaphus</i> 21%. <i>Equus</i> sp. 7%. <i>Bovidae</i> 3%.	5b/5a ?
	9	II			72 - 91 Ka (TL)	<i>C. capreolus</i> 42%. <i>C. elaphus</i> 33%. <i>Equus</i> sp. 17%. <i>R. tarandus</i> 8%.	
		I					
1	10	A	non-archéologique ?			fragments rares	
	11	B	non-archéologique		78 - 86 Ka (TL)	stérile	
	12	C					
	13	?					

Tableau I.2 : Correspondances stratigraphiques entre les unités lithostratigraphiques, les unités archéologiques, l'industrie lithique, la faune et les stades isotopiques. D'après A. Turq et al., 2009 (modifié).

En parallèle de ces observations de terrain, l'analyse des processus de formation du site (Couchud, 2003) via des observations macroscopiques et microscopiques (lames minces) et l'analyse conjointe des mesures de fabriques et de la granulométrie ont permis de documenter l'origine du remplissage de la cavité. D'après ces analyses, la plupart des dépôts qui remplissent la cavité se seraient formés essentiellement sous l'effet du ruissellement (principalement pour ce qui est

des unités 1, 2, 3 et 5) – c’est-à-dire les niveaux archéologiques 2, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 (fouilles 2004 – 2010). La sédimentation anthropique, les phénomènes d’éboulisement et d’effondrement de blocs, et les apports d’origine éolienne semblent également jouer un rôle variable selon les niveaux et les secteurs (e.g. proximité avec les parois). Certains de ces phénomènes (ruissellement, effondrements de blocs et éboulisement) pourraient, en parallèle des bioturbations déjà évoquées (racines, fousseurs, humains), avoir affecté l’agencement des vestiges dans certaines zones et entraîné des mélanges entre niveaux archéologiques.

D’autres processus de transformation des dépôts ont pu être documentés par l’analyse des mesures de fabrication (Turq et al., 2009). Si de manière générale, les objets archéologiques ne montrent pas d’orientation particulière, quelques secteurs attestent de phénomènes post-dépositionnels plus ou moins importants : des coulées de débris sont attestées pour tous les secteurs du niveau 2 ainsi qu’une partie du niveau 4 (structure M16), et le ruissellement diffus semble avoir affecté les niveaux 3 et 4 (structure M16), ainsi que les niveaux 7 (secteur terrasse) et 9 (partie centrale de la grotte).

c) Datations de la séquence

Parmi les objectifs de la reprise des fouilles (2004 – 2009) au Roc-de-Marsal, figurait celui de documenter le contexte chronostratigraphique du site et de mieux intégrer la séquence dans son contexte régional. Ainsi, plusieurs grandes séries de datations ont été entreprises, en début et en fin de campagne, permettant aujourd’hui de disposer de plus de soixante dates réparties sur toute la séquence. Le site dépassant la limite d’âge maximum permise par la méthode C14, seules les méthodes ESR et fondées sur la luminescence (TL : Thermoluminescence et OSL : *Optical Stimulated Luminescence*) ont été employées. Les résultats de ces travaux sont disponibles dans les rapports d’opération et dans trois publications ultérieures (Guibert et al., 2009 ; Guérin et al., 2012 ; 2017) ; ils sont compilés dans le [tableau I.3](#). Notre étude porte sur les niveaux 5, 6 et 7, ainsi, seules les datations de ces niveaux seront discutées ici ; le lecteur

peut toutefois se référer au [tableau I.3](#) pour des informations concernant les autres niveaux de la séquence.

Le niveau 5 a fait l'objet de quatre mesures, trois dates OSL sur grains de quartz présents dans les sédiments (environ 48 ka¹³ ; 74.8 ± 4.2 ka et 77.1 ± 5.1 ka) et une date TL sur silex chauffé (50.4 ± 3.5 ka). L'écart entre la date la plus ancienne et celle la plus récente est important (environ 29 ka). Toutefois, comme le soulignent G. Guérin et ses collaborateurs (2012 ; 2017), les dates OSL de leur première étude (Guérin et al., 2012) ne peuvent être retenues en raison de mesures innexactes du débit de dose bêta et/ou de problèmes de réinitialisation du signal pouvant résulter de la dégradation *in situ* de fragments de substrat rocheux. Ainsi, seules les dates de 48 ka et de 50.4 ± 3.5 ka peuvent être retenues pour ce niveau, ce qui réduit considérablement cet écart. En parallèle, trois dates ont été effectuées au sein du niveau 6, deux par la méthode TL sur silex chauffé (45.7 ± 3.1 ka ; 56.7 ± 4 ka) et une par OSL sur grain de quartz (102.8 ± 7.7 ka). Encore une fois, l'écart est très important (environ 60 Ka), mais la date OSL de 102.8 ± 7.7 ka, qui n'est pas exempte des mêmes problèmes, doit être écartée. Quant au niveau 7, il a fait l'objet de trois datations, deux par la méthode OSL sur grains de quartz (61.5 ± 3.4 ka et 105.2 ± 6.8 ka) et une TL sur silex chauffé (74.8 ± 6.2 ka). Pour ce niveau, seule la datation TL de 74.8 ± 6.2 ka peut être retenue.

Selon G. Guérin et ses collaborateurs (2012 ; 2017), les occupations associées à ces trois niveaux pourraient dater du MIS 4, autour de 65-70 ka, tandis que les niveaux Quina sus-jacents se seraient formés au cours du MIS 3 (pour un âge moyen autour de 49 ka d'après Guérin et al., 2017). Selon ces mêmes auteurs, les couches 5 et 6 seraient très probablement corrélées à la transition entre les MIS 4 et 3. Les datations du Roc-de-Marsal sont cependant débattues, car pour partie peu compatibles avec celles obtenues dans d'autres séquences moustériennes du Sud-Ouest, qui placent le Moustérien de type Quina durant la seconde moitié du MIS 4 (Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017). Ces informations seront rediscutées à la lumière de nos résultats dans la partie

¹³ En raison de problèmes liés aux valeurs indicatives des débits de doses, les mesures OSL réalisées par G. Guérin et ses collaborateurs (2017) ont livré des dates trop anciennes et ont dû faire l'objet d'un recalibrage via des analyses complémentaires (estimation de la quantité moyenne de CaCO_3 dans les sédiments broyés à l'aide d'un microscope à balayage électronique et d'un spectroscope à dispersion d'énergies). Ces analyses ont permis d'obtenir une estimation grossière de la dose bêta maximale reçue par les grains de quartz et de proposer de nouvelles dates, dont la valeur est toutefois plus approximative.

discussion (Chapitre 1, « c - Intégration de la séquence de RDM dans le cadre chrono-environnemental régional »).

Couche	Méthode	Nature de l'échantillon	Date (ka)	Référence bibliographique
2	TL	Silex chauffé	39,2 ± 2,8	Guérin et al., 2017
2	ESR	Dent	43,6 ± 2,6	Sandgathe et al., 2006; 2007; 2008; 2009
2	TL	Silex chauffé	48,6 ± 3,6	Guérin et al., 2017
2	OSL	Quartz non chauffés	54 (indicatif)	Guérin et al., 2017
2	OSL	Quartz non chauffés	74,7 ± 4,6	Guérin et al., 2012
3	OSL	Quartz non chauffés	60 (indicatif)	Guérin et al., 2017
3	OSL	Quartz non chauffés	77,6 ± 4,1	Guérin et al., 2012
4	TL	Silex chauffé	45,4 ± 3,5	Guérin et al., 2012
4	TL	Silex chauffé	53 ± 4,1	Guérin et al., 2017
4	OSL	Quartz non chauffés	54 (indicatif)	Guérin et al., 2017
4	OSL	Quartz non chauffés	55 (indicatif)	Guérin et al., 2017
4	TL	Silex chauffé	61 ± 6,8	Guérin et al., 2012
4 (sommets)	ESR	Dent	66,6 ± 10,5	Sandgathe et al., 2006; 2007; 2008; 2009
4	OSL	Quartz non chauffés	67,8 ± 3,9	Guérin et al., 2012
4	OSL	Quartz non chauffés	73,4 ± 4,2	Guérin et al., 2012
4	OSL	Quartz non chauffés	75,8 ± 5,6	Guérin et al., 2012
4 (base)	ESR	Dent	76,8 ± 3,2	Sandgathe et al., 2006; 2007; 2008; 2009
4	ESR	Dent	82,3 ± 4	Sandgathe et al., 2005
4	OSL	Quartz non chauffés	87,6 ± 4,5	Guérin et al., 2012
4 ou 5	ESR	Dent	76,1 ± 2,7	Sandgathe et al., 2005
5	OSL	Quartz non chauffés	48 (indicatif)	Guérin et al., 2017
5	TL	Silex chauffé	50,4 ± 3,5	Guérin et al., 2017
5	OSL	Quartz non chauffés	74,8 ± 4,2	Guérin et al., 2012
5	OSL	Quartz non chauffés	77,1 ± 5,1	Guérin et al., 2012
6	TL	Silex chauffé	45,7 ± 3,1	Guérin et al., 2017
6	TL	Silex chauffé	56,7 ± 4	Guérin et al., 2017
6	OSL	Quartz non chauffés	102,8 ± 7,7	Guérin et al., 2012
7	OSL	Quartz non chauffés	61,5 ± 3,4	Guérin et al., 2012
7	TL	Silex chauffé	74,8 ± 6,2	Guérin et al., 2012
7	OSL	Quartz non chauffés	105,2 ± 6,8	Guérin et al., 2012
8	TL	Silex chauffé	65 ± 6,1	Guérin et al., 2012
8	TL	Silex chauffé	68,2 ± 5,2	Guérin et al., 2012
8	OSL	Quartz non chauffés	89,8 ± 5,9	Guérin et al., 2012
8	OSL	Quartz non chauffés	91,4 ± 5,7	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	53,8 ± 7	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	55,2 ± 4,2	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	59,6 ± 7,3	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	59,7 ± 6,9	Guérin et al., 2012
9	OSL	Quartz non chauffés	63 (indicatif)	Guérin et al., 2017
9	TL	Silex chauffé	63 ± 6,4	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	66,1 ± 5,9	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	68 ± 3,8	Guérin et al., 2012
9	OSL	Quartz non chauffés	68 (indicatif)	Guérin et al., 2017
I (Lafille) - 9	ESR	Dent	70,8 ± 5,8	Sandgathe et al., 2006; 2007; 2008; 2009
9 (foyer)	OSL	Sédiments chauffés	71 ± 4	Guérin et al., 2012
9	OSL	Quartz non chauffés	71 (indicatif)	Guérin et al., 2017
9 (foyer)	OSL	Sédiments chauffés	71,7 ± 4,8	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	72,9 ± 8,3	Guérin et al., 2012
9	TL	Silex chauffé	73,8 ± 9,4	Guérin et al., 2012
9 (foyer)	OSL	Sédiments chauffés	83,9 ± 7	Guérin et al., 2012
9	OSL	Quartz non chauffés	89,9 ± 4,9	Guérin et al., 2012
11	TL	Sédiments chauffés	77,4 ± 4,8	Guibert et al., 2009; Guérin et al., 2012
11	TL	Sédiments chauffés	81,3 ± 4,7	Guibert et al., 2009; Guérin et al., 2012
11	TL	Sédiments chauffés	81,9 ± 3,9	Guibert et al., 2009; Guérin et al., 2012
11	TL	Sédiments chauffés	86,7 ± 5,2	Guibert et al., 2009; Guérin et al., 2012

Tableau I.3 : Compilation des datations réalisées sur la séquence du Roc-de-Marsal d'après la littérature disponible. TL = ThermoLuminescence ; OSL = Optical Stimulated Luminescence ; ESR = Electron Spin Resonance. Les dates avec la mention « indicatif » sont approximatives.

d) Industries lithiques

Hormis l'analyse rapide menée par F. Bordes (Bordes et Lafille, 1962) pour proposer une attribution par faciès typologiques des différents niveaux de la séquence, le matériel lithique excavé par J. Lafille n'avait encore jamais été étudié à sa mort en 1971 (Sandgathe et al., 2007). Les collections Quina (couches VIII à XII – correspondant aux niveaux 2 à 4) et une partie des collections Levallois (couches VI et VII, correspondant au niveau 5) seront reprises par A. Turq à la fin des années 1970 (1979 ; 1985 ; 1989 ; 1992), qui confirmera alors les attributions culturelles précédemment émises et entreprendra les premières analyses technologiques sur ce matériel excavé anciennement. Au début des années 2000, une étude du niveau III (Thiébaud, 2003) remet en cause l'attribution de ce niveau au Moustérien à denticulés, sans toutefois statuer sur une nouvelle attribution. C'est seulement avec la reprise des fouilles par l'équipe franco-américaine, que la séquence commence à être étudiée dans son intégralité à partir d'une collecte rigoureuse du matériel lithique. Au total, ce sont près de 20 000 objets lithiques qui ont été recueillis et coordonnés, en plus des restes issus du tamisage ; le matériel a été étudié par H. L. Dibble au fil des fouilles et les données sont disponibles dans les rapports d'opération 2004 à 2010.

L'analyse s'est essentiellement concentrée sur la quantification des objets lithiques par niveaux en fonction de critères précis (e.g. présence de cortex, éclat/support/déchet, présence de retouche, ou encore, indice technique). Parmi ses principaux résultats, l'on note :

- Une inversion du ratio silex/faune au fil de la séquence : les niveaux inférieurs contiennent une part importante d'objets lithiques et demeurent assez pauvres en faune, cette tendance s'inverse graduellement jusqu'au niveau 4, extrêmement riche en faune.
- Une diminution graduelle du cortex à travers la séquence (de bas en haut), interprétée comme résultant de l'apport important d'éclats et d'outils déjà façonnés sur le site dans les niveaux supérieurs (principalement dans les niveaux 2 à 4, qui apparaissent en rupture).
- Un usage élevé de la méthode de débitage Levallois dans les niveaux inférieurs 9 à 5 (> 15% d'éclats Levallois), où les pièces tronquées-facettées sont

nombreuses, et faible dans les niveaux 4 à 2 (< 5% d'éclats Levallois) où ils sont peu facettés.

- Une abondance en racloirs dans toute la séquence : dans les niveaux 2 à 4, ils sont plus souvent transversaux ou bifaciaux, porteurs de retouche Quina abondante et invasive, et réalisés à partir de supports plus épais. Les niveaux 5 à 9 livrent quant à eux davantage de racloirs doubles et convergents.
- Une certaine hétérogénéité des niveaux 5 à 9 entre eux (cette diversité est à la fois technique et typologique), par rapport aux couches Quina ; un socle commun lié au système de ramification Levallois (voir : Bourguignon et al., 2004) les rapproche toutefois.

Ces nouvelles données confirment l'attribution des niveaux 2 à 4 au Moustérien de type Quina et des niveaux 5 à 9 au Moustérien à débitage Levallois. Les couches 8 et 9, anciennement attribuées au Moustérien à denticulés (Bordes et Lafille, 1962), seraient en fait plus compatibles avec un Moustérien typique riche en racloir, tandis que les niveaux 5 à 7, anciennement attribués au Moustérien riche en racloirs, pourraient correspondre au Moustérien typique ou de type Ferrassie (Turq et al., 2009).

L'analyse spatiale du matériel lithique (Reeves et al., 2019) menée sur les couches 4, 5, 7, 8 et 9 du Roc-de-Marsal a révélé une utilisation et une structuration différente de l'espace selon les niveaux. Les concentrations générales d'objets lithiques sont, pour les niveaux 9 et 8, essentiellement localisées dans la grotte, malgré quelques zones de concentration mineures en partie terrasse. Les niveaux 7 et 5 montrent quant à eux des distributions plus éparées avec cette fois de fortes concentrations en partie terrasse. Quant au niveau 4, les vestiges lithiques sont essentiellement concentrés à l'intérieur de la grotte et sous le porche, et apparaissent très faibles en partie terrasse. Cette étude a aussi mis en exergue une grande disparité inter-niveaux dans la distribution zénithale des vestiges lithiques en fonction de critères précis (e.g. racloirs, éclats corticaux, poids des éclats). Des concentrations ont été observées dans certains niveaux et sont interprétées comme résultant de rejets préférentiels sur le temps long (à l'échelle d'une couche) de certaines catégories de vestiges lithiques dans certains secteurs de la grotte (e.g. dans les niveaux 9 à 5, les esquilles lourdes seraient préférentiellement rejetées à l'intérieur

de la grotte, les esquilles plus légères en secteur terrasse, mais les effets du ruissellement ne sont pas exclu ; voir Thomas et al., 2023 pour une expérimentation à ce sujet). Les niveaux inférieurs renverraient ainsi à des palimpsestes d'occupations longues et/ou répétées suggérant des comportements récurrents et une utilisation structurée de l'espace maintenue sur le temps long et s'organisant essentiellement autour de structures de combustion parfois polyphasées (principalement pour les niveaux 7 et 9, qui montrent la plus forte structuration spatiale).

En parallèle, quelques informations sur la provenance des matières lithiques sont disponibles. Les études réalisées par H. L. Dibble et A. Turq ont montré que le silex exploité au Roc-de-Marsal était principalement blond ou noir, et qu'il provenait principalement de l'environnement immédiat du site. De nombreux gîtes d'approvisionnement existent aux alentours du site, dont deux types particuliers pourraient avoir joué un rôle important (altérites pour l'approvisionnement en silex blond et alluvions de la Vézère pour l'approvisionnement en silex noir). La présence ponctuelle de matières plus exogènes est également mentionnée (Bergeracois, Campanien provenant de la région de Rouffignac ou Belvès, et silex calcédonieux du Sud de la Dordogne), mais les décomptes par couche ne sont pas fournis dans les rapports.

e) Les données de la faune

La microfaune du gisement a fait l'objet d'une première étude menée entre 2006 et 2008 par J.-C. Marquet (*in* Sandgathe et al., 2008) afin d'obtenir le spectre faunique et le signal paléoenvironnemental de la séquence. Concentrée sur les niveaux 2, 4, 5, 7, 8 et 9, l'étude révèle que les paysages ouverts sont dominants tout au long de la séquence, avec l'abondance du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*), dont le NMI se situe entre 66,7% et 83,7% selon les niveaux. Dans les niveaux 2 et 4, ce taxon est associé, dans une moindre mesure, au Campagnol des hauteurs (NMI = 2,6 % et 4,1 %, respectivement), au Campagnol terrestre (NMI = 5,3 % et 4,1 %, respectivement), au Campagnol des neiges (NMI = 7,9 % et 4,1 %, respectivement) et au Campagnol Male (NMI = 2,6 % et 4,1 %, respectivement), leur conférant un caractère froid et sec. Le niveau 5 est marqué par l'apparition du Campagnol agreste, du Lérot et du Campagnol

souterrain (NMI respectif = 1), interprété comme le signe d'un environnement légèrement moins froid et plus humide. Cette tendance s'accroît jusqu'au niveau 9 qui serait le plus humide (NMI Campagnol agreste = 16,7 %), tandis que les rongeurs de climats froids (Campagnol des hauteurs, Campagnol des neiges, Campagnol de Male) diminuent progressivement dès le niveau 5.

Une étude plus complète de la microfaune des carrés J17 et H18 de toute la séquence est en cours par A. Royer depuis l'année 2023 (projet ANR DeerPal) ; une partie de ces données inédites sera mobilisée dans la partie discussion (Partie IV, Chapitre 1 – Les associations d'Ongulés de la transition MIS 5 – 4), en collaboration avec A. Royer.

En ce qui concerne la grande faune, plusieurs études ont été réalisées à partir des anciennes (M. Patou-Mathis, étude paléontologique) et des nouvelles collections (J.-C. Castel : étude taphonomique et archéozoologique des niveaux 2 à 9 pour les rapports d'opération 2004 à 2009 ; M.-C. Soulier : étude archéozoologique du carré M16 de la couche 2 pour le rapport d'opérations 2007, étude en cours des autres carrés ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 : analyse diachronique de la fracturation anthropique ; J.-C. Castel et al., 2017 : étude archéozoologique poussée du niveau 4). En raison de leur nature plus exhaustive et d'une collecte plus rigoureuse du matériel (voir notamment, Sandgathe et al., 2005, p. 127, pour une synthèse à ce sujet), seules les études portant sur les nouvelles collections seront présentées ici.

L'étude préliminaire des restes osseux du Roc-de-Marsal (niveaux 2 à 9), réalisée sur le carré G18 au fil des fouilles par J.-C. Castel, montre une évolution importante des spectres fauniques au fil de la séquence : les espèces tempérées (Cerf, Chevreuil, Sanglier) sont abondantes en bas de séquence (niveaux 9 et 8) mais sont graduellement remplacées par le Renne (niveaux 7 à 5), qui semble prendre une place centrale dans la diète néandertalienne des niveaux supérieurs Quina (4 à 2). Les Équidés et les Bovinés sont attestés tout au long de la séquence en de faibles proportions. Les carnivores, les petits animaux et les oiseaux seraient quant à eux quasiment absents.

Les études archéozoologiques (Castel, 2004-2009 ; 2017 ; Soulier, 2007) se sont principalement concentrées sur le Renne, pour lequel les échantillons sont plus importants. Du point de vue des stratégies de chasse, toutes les classes d'âge sont représentées (niveaux 2 à 5), mais les juvéniles seraient sous-représentés dans les

niveaux 4 et 5. Dans tous les niveaux, les fragments de diaphyse sont très abondants, contrairement aux extrémités spongieuses (détruites sur site), au squelette axial (non-apporté ou détruit sur le site), et aux fragments crâniens (non-apportés sur le site) et phalanges (détruites ou non-apportées sur le site). Un apport préférentiel des parties les plus riches en moelle osseuse est suspecté, recherche par ailleurs appuyée par une fracturation systématique des os longs et des mandibules. La fracturation anthropique apparaît plus intense durant les périodes froides (Hodgkins et al., 2016), et serait suivie d'un traitement sur site des portions spongieuses ayant conduit à leur disparition. En raison de la rareté des indices de feu, l'hypothèse d'un traitement particulier de ces portions par machonâge et suçage de la graisse a été envisagée, au moins pour le niveau 4 (Castel et al., 2017). Les carcasses d'Equidés et de Bovinés pourraient avoir été introduites entières sur le site et pourraient ainsi avoir été acquises dans un périmètre plus restreint (Soulie in Sandgathe et al., 2007). En ce qui concerne les produits recherchés sur le Renne, les stries observées témoignent d'activités de décarnisation, de désarticulation, de dépouillement et de prélèvement des tendons postérieurs des métapodes. Par ailleurs, une récupération intense des tendons antérieurs est suspectée par J.-C. Castel pour le niveau 5 (13 sur 34 fragments portent des stries liées à cette activité, contre 5 sur 37 dans le niveau 4). En ce qui concerne la combustion des os, les données sont encore trop faibles pour statuer pour les niveaux Quina, tandis que les niveaux inférieurs riches en foyers (niveaux 7 et 9) pourraient témoigner d'une utilisation de l'os comme combustible. En parallèle, un très grand nombre de retouchoirs a été mis en évidence par J.-C. Castel dans les niveaux Quina (> 14 % des fragments de diaphyse de plus de 5 cm).

f) Structures de combustion

Si la présence de structures de combustion était simplement mentionnée dans les carnets de terrain de J. Lafille, les fouilles récentes ont permis de documenter avec une grande précision les nombreux foyers du Roc-de-Marsal. Au total, 19 structures de combustion, pour la plupart *in situ* et bien délimitées horizontalement, ont pu être identifiées ; elles se situent principalement dans les niveaux à débitage Levallois du bas de la séquence (couche 5 n = 1 ; couche 7 n = 6 ; couche 9 n = 12). De tailles relativement

modestes et variables (entre 50 et 100 cm de diamètre), elles sont localisées sur la majeure partie de l'espace du site - à l'intérieur (jusqu'à 2 à 3 mètres derrière l'entrée de la grotte) comme à l'extérieur (secteur terrasse ; Goldberg et al., 2012). Elles sont principalement composées de charbons de bois, de cendres et de sédiments rubéfiés, accompagnés dans des proportions variables de restes osseux et silex brûlés. Le descriptif de leur contenu et de leurs dimensions (Annexe I.7), ainsi que leur localisation respective sur le site (Annexe. I.8) - issu du rapport d'opération 2009 -, est donné en annexe. Aucun foyer n'a été identifié dans les niveaux Quina, et les restes brûlés sont particulièrement rares (Turq et al., 2009), y compris au sein des refus de tamis (Castel et al., 2017).

Ces structures de combustion ont fait l'objet de nombreuses études : essai du scan 3D à lumière structurée pour documenter avec précision les structures en place (Gernat et al., 2008 ; McPherron et al., 2009) ; comparaison des structures de combustion de Pech de l'Aze IV et de Roc-de-Marsal à l'aide des techniques micromorphologiques et FTIR (Goldberg et al., 2012), étude de la fonction et de la contemporanéité des structures via les méthodes micromorphologiques, FTIR et SIG (Aldeias et al., 2012), réflexion diachronique sur l'usage du feu et la nutrition néandertalienne (Dibble et al., 2017), analyse des phytolithes et leurs liens avec la pyrotechnologie (Wroth et al., 2019), étude spatiale et FTIR des restes osseux brûlés issus des structures de combustion du niveau 9 (Gallo, 2022).

Parmi les principaux éléments qui ressortent de ces différents travaux, l'on note que, malgré un excellent état de préservation des structures (notamment pour les niveaux 7 et 9), il est très difficile d'établir des liens de contemporanéité entre foyers. Des phases distinctes de fonctionnement, d'épaisseur centimétrique à millimétrique, sont par ailleurs attestées pour certains foyers grâce aux observations macroscopiques et aux analyses micro-morphologiques (Aldeias et al., 2012 ; Goldberg et al., 2012) ; elles sont généralement séparées par des zones d'altération (fine croûte phosphatique, parfois associée à des coprolithes carnivores) qui se sont sans doute développées lors de phases d'abandon du site. Ces foyers « empilés » témoignent par ailleurs d'un réemploi des structures sur le temps long. Certains foyers ont livré des os intensément brûlés en leur centre, tandis que d'autres en sont dépourvus (Goldberg et al., 2012), témoignant peut-être de fonctionnalités différentes. Les structures 12 (niveau 9) et 15 (niveau 7) sont

interprétées comme des zones de rejet des cendres (*ibid.* ; Annexes I.7 et I.8). Aucune des couches 7 et 9 ne livre cependant de zones à forte combustion comme celles identifiées à Pech-de-l'Azé IV (Reeves et al., 2019). En ce qui concerne les ressources combustibles, la présence de charbons de bois montre que le bois végétal peut avoir joué le rôle de combustible. En parallèle, les analyses de phytolithes montrent que l'écorce et/ou le bois de dicotylédone a pu être utilisé. Comparé au niveau 7, le niveau 9 présente une proportion plus importante de phytolithes ligneux dans ses foyers, associé à un taux plus élevé de phytolithes fondus (entre 2 et 5 % des phytolithes déterminés) indiquant des températures de chauffe et/ou une exposition plus longue (Wroth et al., 2019). En outre, une analyse des restes fauniques brûlés issus des foyers du niveau 9 (Gallo, 2022) a montré que certains des os des bas de pattes (métatarsiens, phalanges, sésamoïdes) avaient probablement été jetés intentionnellement au feu, pour leurs propriétés combustibles et/ou pour l'entretien du site. La coloration bleue observée sur certains ossements calcinés (correspondant à des températures supérieures à 700°C) indique également qu'une partie des os avait subi des altérations diagenétiques (incorporation de manganèse) avant leur combustion. Ainsi, les os brûlés bleus suggèrent soit que des os anciens ont été jetés au feu pour l'entretien du site, soit qu'ils ont été accidentellement brûlés alors qu'ils étaient directement enfouis sous des structures de combustion à haute température.

g) Matières végétales, matières colorantes, restes humains

Les minerais ayant pu être utilisés comme matières colorantes sont très rares au Roc-de-Marsal puisque seuls 30 objets, des fragments de dioxyde de magnésium, ont été collectés entre les campagnes 2004 et 2009 ; nous n'avons pas d'information à notre disposition sur leurs niveaux de provenance et ce matériel n'a – à notre connaissance – jamais été étudié.

L'utilisation des ressources végétales est attestée au Roc-de-Marsal par la présence, en quantités plus ou moins importantes selon les niveaux, de phytolithes et de charbons de bois. Ces derniers n'ont pu faire l'objet d'une identification sur le terrain et n'ont a priori pas fait l'objet d'études postérieures (Wroth et al., 2019). Les phytolithes

quant à eux ont été analysés par Dan Cabanes i Cruelles lors des fouilles, dont les résultats sont synthétisés dans le rapport d'opération 2009 (Turq et al., 2009), et par K. Wroth et ses collaborateurs (2019) dans le cadre d'une publication ultérieure. Il apparaît que les phytolithes sont beaucoup plus abondants dans les niveaux inférieurs, pour lesquels le caractère plus chaud et plus humide du climat est confirmé, et quasi-absents des niveaux Quina. Les principales essences retrouvées sont les dicotylédones, pour lesquelles une utilisation comme combustible a été proposée (*cf. supra*), et les monocotylédones (graminées). Ces dernières sont localisées principalement en partie arrière, sous le porche, résultant probablement d'un dépôt anthropique ; leur introduction sur le site pourrait résulter d'une utilisation comme combustible alternatif, comme ressource alimentaire, ou encore, comme préparation particulière des surfaces de sol (e.g. litière : Wroth et al., 2019).

A sa découverte par J. Lafille en 1963, le squelette de l'enfant néandertalien du niveau IV (niveau 7 des fouilles récentes, carré M18) fut prélevé en bloc et directement expédié au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (dans le bureau de Jean Piveteau) afin d'y être soigneusement fouillé par Madame Beaufils puis étudié par M. Madre-Dupouy.

Au cours des fouilles récentes (2004 – 2009) et des études postérieures sur le matériel, plusieurs restes humains dentaires et osseux ont été isolés, élevant le NMI humain du site à six : un adulte (niveau 4), un enfant de près de 10 ans (pas d'information stratigraphique), un enfant de près de 9 ans (pas d'information stratigraphique), un enfant de près de 7 ans (pas d'information stratigraphique), un squelette sub-complet d'un enfant de 3 ans (découverte J. Lafille ; niveau 7) et un péri-natal (niveau 4 ; voir notamment : Turq et al., 2009 ; Gómez-Olivencia et García-Martínez, 2019).

Ces nouveaux restes ainsi qu'une partie de ceux découverts par J. Lafille ont été (ré)étudiés par plusieurs spécialistes : étude paléanthropologique (réalisée par B. Maureille au cours des fouilles et accessible dans les rapports d'opération 2004 à 2009 : *op. cit.*) ; étude de la proportion des tissus des dents déciduales de l'enfant néandertalien découvert par J. Lafille grâce à la microtomographie à rayonnement synchrotron (Bayle, 2008 ; Bayle et al., 2009) ; caractérisation topographique de la dentine radiculaire de deux incisive déciduales grâce à la morphométrie 2D (Bondioli et al., 2010). Si l'état de préservation des dents n'a pas permis de procéder à des analyses

ADN, la dentine d'une des molaires (K18-1600 ; niveau 4) a fait l'objet d'un prélèvement de dentine en 2006 en vue d'en analyser la composition en isotopes stables du carbone et de l'azote (Sandgathe et al., 2006 ; 2007). Ces résultats n'ont, à notre connaissance, pas encore été publiés.

Par ailleurs, l'enfant néandertalien découvert par J. Lafille a suscité d'importants débats autour de la question de l'intentionnalité et des pratiques funéraires chez les néandertaliens. Si la description du contexte de la découverte laissait a priori penser au creusement anthropique volontaire d'une fosse en vue d'inhumer l'enfant (Bordes et Lafille, 1962), la révision du contexte sédimentaire et taphonomique du squelette par les géoarchéologues à partir des descriptions de J. Lafille soutient difficilement cette hypothèse (Couchud, 2003 ; Sandgathe et al., 2011c ; Goldberg et al., 2017). En effet, le corps aurait été recouvert par au moins deux unités stratigraphiques différentes, ce qui suggère un recouvrement en deux temps au moins. Par ailleurs, l'unité sous-jacente n'aurait, d'après les descriptions, que peu de chances d'avoir été érodée et n'a donc jamais recouvert intégralement le squelette ; la fosse se serait remplie au même rythme et avec les mêmes types de sédiments que le reste du site (Goldberg et al., 2017).

Partie II : Corpus et Méthodes

Chapitre 1 – Corpus, détermination ostéologique et enregistrement des données

a) Corpus

Initialement stocké au pôle mixte de recherche archéologique de Campagne (Dordogne), le matériel osseux des niveaux 5, 6 et 7 a été ramené dans les locaux du laboratoire TRACES en vue de son analyse. Le corpus d'étude inclut tous les restes de grands mammifères coordonnés à la fouille (>2.5 cm), auxquels s'ajoute l'intégralité des restes macrofauniques issus des refus de tamis (maille 6 mm) ayant pu faire l'objet d'une détermination anatomique ou spécifique (tab II.1). Les restes de Fouine et de Léporidés sont inclus et constituent la plus petite taille de mammifère prise en compte dans cette analyse. En raison de leur volume et de leur valeur informative plus limitée, les refus de tamis indéterminés n'ont, quant à eux, été enregistrés que pour deux colonnes du site, J17 et H18, selon des critères moins précis (classes de taille, type de tissus, combustion) ; ils sont mentionnés par un astérisque dans le tableau de décomptes présenté ci-dessous (tab.II.1). La maille fine (2 mm), plus à même de répondre aux problématiques de microfaune, n'a pas été étudiée.

		NR dét. Anat. + Spéc.	Indéterminés	Total
C.5	Coordonnées	1285	4116	5401
	Refus de tamis (6mm)	658	8127*	8785
	Total	1943	12243	14186
C.6	Coordonnées	267	716	983
	Refus de tamis (6mm)	98	964*	1062
	Total	365	1680	2045
C.7	Coordonnées	895	2614	3509
	Refus de tamis (6mm)	549	9051*	9600
	Total	1444	11665	13109
TOTAL		3752	25588	29340

Tableau II.1 : Décompte des restes issus des niveaux 5, 6 et 7. Les valeurs () correspondent aux refus de tamis des colonnes J17 et H18 (maille 6 mm).*

b) Détermination ostéologique

La détermination anatomique et taxinomique a été réalisée à l'aide de la collection de comparaison de l'ostéothèque de la plateforme ArchéoScience, mise à disposition par l'UMR-5608 (laboratoire TRACES, Université Toulouse II). Des ouvrages et atlas ostéologiques de référence (Pales et Lambert, 1971 ; Barone, 1986 ; Varela et Rodriguez, 2004), ainsi que des collections photographiques et scans 3D en ligne (<https://www.archeozoo.org/> ; <https://www.laetoli-production.fr>) ont également été mobilisés.

c) Enregistrement des données

Restes coordonnés et refus de tamis déterminés spécifiquement

Avant de procéder à l'étape d'enregistrement, l'intégralité de la faune issue des refus de tamis de maille 6 mm a été triée afin d'en extraire les pièces déterminables spécifiquement et/ou anatomiquement. Celles-ci ont ensuite été lavées, munies d'une étiquette leur attribuant un sous-numéro (Carré_IDtamis_sous-numéro), avant d'être reconditionnées en sachets individuels. Les refus de tamis déterminables et les fragments coordonnés à la fouille ont ensuite été observés à la loupe monoculaire (x10) sous une lumière rasante. L'enregistrement des données a été réalisé sur le logiciel Filemaker pro (version 16.0.3) via la version 1.1 de l'interface TIPZOO (Discamps, 2020). Téléchargeable en ligne (<https://tipzoo.cnrs.fr/>), cette interface a été conçue pour faciliter et standardiser la prise de données archéozoologiques. Les variables enregistrées sont celles classiquement utilisées en archéozoologie, à savoir ¹⁴:

- Les informations de terrain : couche, carré, numéro et sous-numéro (tamis) de pièce, coordonnées X, Y et Z ;
- L'identification ostéologique de la pièce (au plus précis possible) : élément squelettique, portion de l'os, présence de spongieux, latéralisation, taxon (ou classe de taille de lorsque la détermination taxinomique n'a pas été possible¹⁵) ;

¹⁴ Pour une description plus complète des critères enregistrés, se référer au manuel d'utilisation du logiciel TIPZOO disponible en ligne : <https://tipzoo.cnrs.fr/download/last-release>.

¹⁵ D'après les classes de taille de mammifères définies par E. Discamps (2021) et directement implémentées dans TIPZOO.

- Les informations sur l'âge : degrés d'épiphyssation (oui/non), degrés d'usure des dents, texture de l'os (foetus/juvénile/adulte) ;
- La taille, le degré de complétude et la lisibilité de la pièce ;
- Les données taphonomiques d'ordre climato-édaphiques : météorisation, gélifraction, concrétion et type de concrétion, manganèse, exfoliation, abrasion, piétinement, corrosion (limitée/extrême), cupules circulaires, attaque dendritique, dépôts dendritiques ;
- Les données relatives à l'action des carnivores : *crenulated*, *scooping out*, *pits*, *punctures*, *scores*, *furrows* ;
- Les données relatives à l'action anthropique : type de fracture (x2), présence/absence d'encoche médullaire/corticale/opposée, éclat osseux, marques de percussion, *chop marks*, traces de raclage, retouchoir, autre industrie osseuse ;

Les stries de boucherie ont été enregistrées à partir du système de codes créé par M.-C. Soulier et S. Costamagno (Soulier et Costamagno, 2017 ; Costamagno et al., 2019) lors de travaux expérimentaux. Ces codes permettent de relier la strie à une activité (en fonction de leur localisation et de leur orientation sur l'os) et sont directement implémentés dans TIPZOO (Discamps, 2021) ; leur enregistrement est facilité par la présence sur l'interface des gabarits d'os de référence – utilisés ici comme repères visuels - sur lesquels les portions d'os sont colorées différemment en fonction du code. Les scripts disponibles dans l'environnement TIPZOO-R (*op. cit.*) permettent par la suite de relier les codes aux activités et de les quantifier respectivement.

En parallèle, nous avons procédé à l'enregistrement systématique des landmarks préconisées par E. Morin (Morin et al., 2017a ; 2017b ; Morin, 2019) afin de calculer le NDE. Cette méthode, décrite ci-après (cf. Partie II, Chapitre 3 « Représentations squelettiques »), repose sur l'enregistrement de repères standardisés (landmarks) placés sur les différents éléments squelettiques d'un taxon. Sur le même principe, l'enregistrement et le traitement de ces derniers est facilité par la présence de cases à cocher sur dessins d'os dans TIPZOO et l'utilisation des scripts disponibles dans l'environnement TIPZOO-R (*op. cit.*).

Les refus de tamis non déterminables

Les refus de tamis issus de la maille 6 mm et non déterminables en provenance des carrés J17 et H18 (tab. II.1) ont quant à eux été enregistrés en les décomptant selon quelques critères-clé moins nombreux, à savoir :

- Carré,
- N° seau,
- Type de tissus (Dent, Axial, Crâne, Spongieux, Cortical, Cortico-spongieux),
- Degré de combustion (de 0 à 4 ; d'après les codes Théry-Parisot et al., 2009),
- Taille de fragment (par classes : 1 = entre 0 et 1 cm, 2 = entre 1 et 2cm, etc.).

Cas particulier : la variable « couleur »

Lors de l'analyse, nous avons noté une certaine variabilité dans la coloration des fragments osseux non-brûlés. Ces phénomènes post-dépositionnels ont déjà été décrits dans la littérature archéologique (Fernandez-Jalvo et Andrews, 2016) ou médico-légale (Dupras et Schultz, 2013 ; Schultz et Dupras, 2021), mais ce critère est rarement pris en compte dans les analyses d'archéofaunes (mais voir : Michel et al., 2006 ; Discamps et Dancette, 2022). Comme le signalent Fernandez-Jalvo et Andrews, 2016 (p.155): « *Changes in color may indicate speed of burial, or exposure to environmental factors such as humic acids, oxygenated environment, burning or water. It can also be misleading, for bones can change color very quickly within and between sedimentary horizons.* ». La couleur de l'os peut ainsi renvoyer un signal taphonomique puissant, c'est pourquoi ce critère a été intégré à la base de données. Il n'a été enregistré que lorsque la corticale de l'os était présente et lisible (les fragments dentaires, de fœtus, de bois et les fragments spongieux sont de ce fait exclus). L'analyse de cette variable reste exploratoire, dans la mesure où elle n'est que peu décrite dans la littérature archéozoologique et que son enregistrement a rarement fait l'objet d'un protocole détaillé (voir par exemple Dauphin et al., 2012 et Bradfield, 2018 pour des analyses réalisées à partir de spectrophotomètres).

L'enregistrement de ce critère est par ailleurs soumis à plusieurs biais qu'il est important de mentionner :

- Les différences *inter*-observateurs : sans concertation préalable, la couleur d'une même pièce peut être vue et enregistrée différemment selon l'analyste.

Contrairement aux variables taphonomiques binaires (e.g. stries de piétinement) dont les modalités sont strictement délimitées et moins équivoques (présence-absence), le spectre de couleurs correspond à un gradient et est donc plus difficile à catégoriser en classes distinctes¹⁶. Ce biais ne concerne cependant pas la présente étude, l'enregistrement de la couleur ayant été mené par un seul observateur.

- Les différences *intra*-observateur : la mesure de la couleur d'une pièce peut différer chez un même observateur regardant une pièce à deux moments espacés dans le temps. Cela est particulièrement vrai dans les cas de pièces situées « à cheval » entre deux catégories, ou lorsque la couleur n'est pas homogène sur toute la surface du fragment.
- Les conditions d'éclairage : la couleur apparaît plus claire ou plus sombre en fonction de l'intensité de la lumière. En lumière naturelle, les conditions d'ensoleillement et le moment de la journée peuvent faire varier la couleur qui sera perçue par l'analyste. En lumière artificielle, la température de couleur de l'ampoule (dont la valeur est exprimée en K) constitue aussi un facteur déterminant

Afin de rendre ce critère plus objectif et reproductible et de limiter les biais évoqués ci-dessus, l'enregistrement s'est appuyé sur un référentiel photographique créé directement à partir de la collection étudiée. Une centaine de pièces a été sélectionnée aléatoirement au sein de la collection, avant d'être réparties dans des groupes en fonction de leur couleur. Cinq groupes pertinents ont été définis pour le Roc-de-Marsal, avec l'objectif d'élaborer des catégories bien distinctes entre elles : Brun foncé, Brun, Orangé, Beige, Beige clair. Tous les fragments dont la couleur est équivoque ou « intermédiaire » entre deux classes distinctes sont écartés au moment du classement, afin de limiter les biais *intra*-observateur. Une sélection de fragments représentative de chaque classe a ensuite été photographiée, afin de servir de planche de référence pour

¹⁶ Cette particularité n'est pas inhérente à la coloration puisqu'elle concerne toutes les variables taphonomiques ordinales (e.g. recouvrement par le manganèse et le concrétionnement), dont les mesures sont graduelles et généralement catégorisées selon un taux approximatif de surface concernée. De ce fait, une pièce recouverte à 70% par le manganèse peut aisément être enregistrée en modalité « 2 » (entre 33 et 66%) par un premier observateur, et en modalité « 3 » (> 66%) par le second.

l'enregistrement des vestiges (fig. II.1). Lors de l'enregistrement, et afin de limiter les biais liés à la luminosité, la couleur des vestiges a systématiquement été enregistrée sous lumière naturelle par temps clair et lumineux, et toutes les pièces présentant une couleur ambiguë ont été écartées de l'analyse.

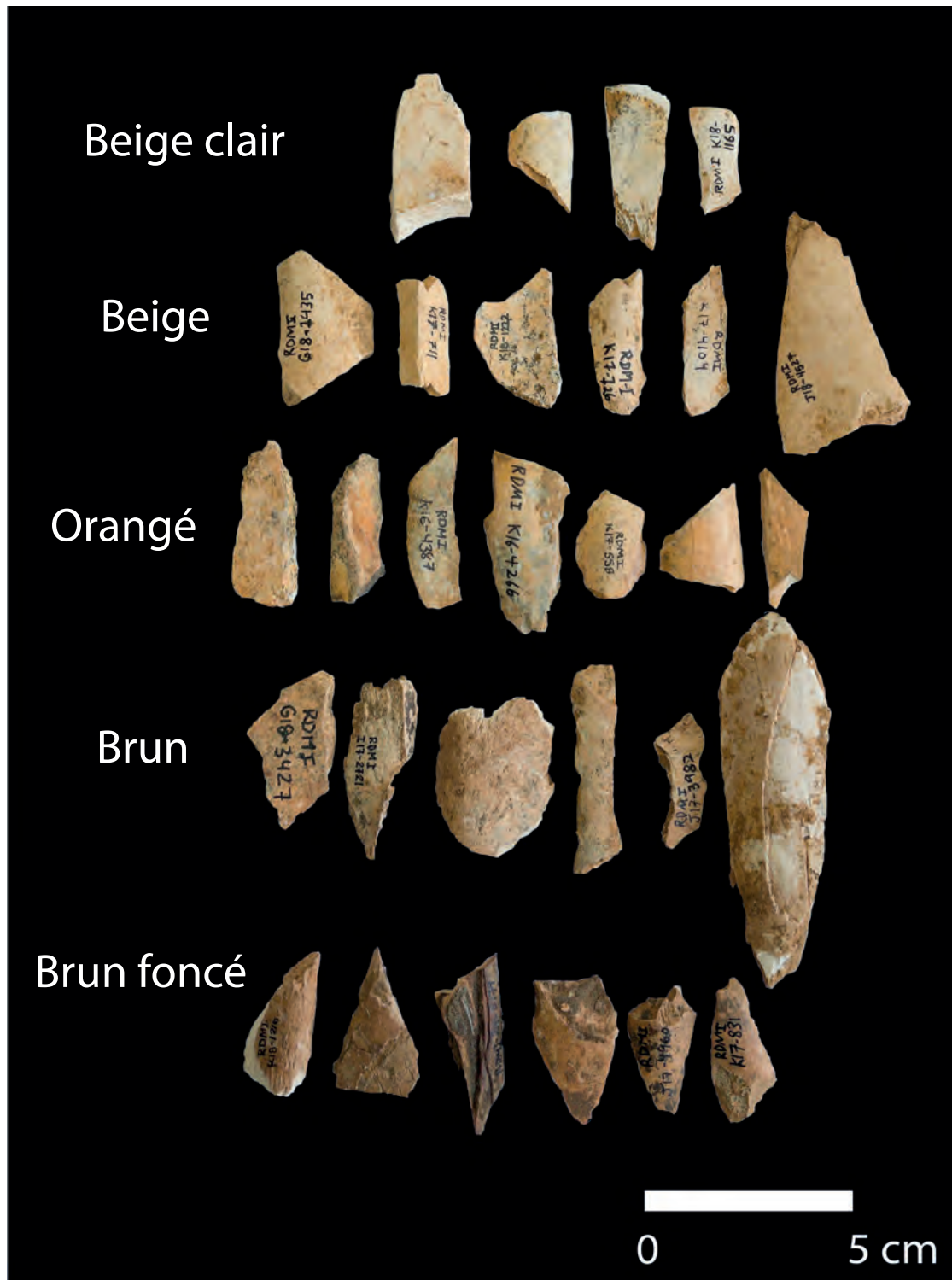


Figure II.1 : Planche photographique de référence illustrant les différentes classes de couleurs osseuses retenues pour l'enregistrement.

Chapitre 2 – Approche croisée entre stratigraphie post-fouille, taphonomie et statistiques spatiales

Dans la présente étude, l'obtention d'une résolution stratigraphique optimale et d'ensembles homogènes sur lesquels pourront reposer les analyses de faunes constitue une démarche centrale. Les questionnements de ce travail ont, de ce fait, nécessité la mise en place d'une méthodologie de pointe combinant plusieurs domaines à la croisée entre **taphonomie, Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), étude des remontages et statistiques spatiales**. Ces méthodes, utilisées afin de vérifier l'intégrité des niveaux et redéfinir des ensembles plus cohérents en cas de nécessité, sont décrites dans ce chapitre.

a) Approche taphonomique (*sensu* altérations des surfaces osseuses)

Le terme « taphonomie » est un terme relativement générique désignant à la fois les processus de (trans)formation des sites, les processus post-dépositionnels altérant les vestiges, l'étude de ces processus et l'étude des traces portées par les vestiges (pour une genèse de la discipline, voir notamment Groenen, 1994). Les différentes branches de cette discipline sont ainsi cruciales pour comprendre comment se sont formés le site et les dépôts archéologiques ; ce type d'analyse doit impérativement se faire en amont de toute interprétation de mobilier (Texier, 2000).

Dans le cadre de ce travail, ce sont les altérations des surfaces osseuses qui font l'objet de notre propos. Entre le moment du dépôt par les groupes humains paléolithiques et l'étude du site par les différents spécialistes, les dépôts archéologiques ainsi que les vestiges qu'ils contiennent peuvent subir de nombreuses modifications d'origine biologique (e.g. piétinement par les humains : Villa et Courtin, 1983 ; Nielsen, 1991, et les animaux : Bertran et Texier, 1999 ; Thiébaud et al., 2010, creusement de terriers : Mallye, 2007, de garennes : Pelletier et al., 2015, développement de racines, chablis) ou géologique (e.g. glissement de terrain, ruissellement : Lenoble et Bordes, 2011 ; Thomas et al., 2023, cryoturbations : Vandenberghe, 2013), affectant souvent la surface des vestiges ainsi que leur agencement, vertical comme horizontal. Les traces laissées sur les ossements par ces différents phénomènes sont donc

vectrices d'informations, et sont la plupart du temps mobilisées pour reconstruire l'histoire post-dépositionnelle des vestiges. Toutefois ces questionnements ne se situent pas au cœur de ce travail.

Nous nous intéressons ici plus particulièrement à tester la cohérence et l'homogénéité des ensembles archéologiques identifiés lors des fouilles (RDM, niveaux 5, 6 et 7), par l'examen statistique et spatial (en trois dimensions) des traces que portent les vestiges. L'objectif de ce type d'analyse est de tester l'intégrité des niveaux, tout en essayant de démêler d'éventuels palimpsestes.

Dans un premier temps, une analyse fine de leur distribution en coupe a été réalisée. L'objectif fut d'identifier spatialement des groupes de vestiges cohérents (e.g. touchés par les mêmes traces), et éventuellement, redéfinir des ensembles sur le principe des « PES » (cf. *infra*). Si les ossements appartenant à un même niveau archéologique possèdent des états de surface variables, il est intéressant d'interroger les configurations spatiales pour en identifier la cause : est-ce lié, au sein d'une même entité archéologique, à des phénomènes taphonomiques localisés et postérieurs au dépôt de ce niveau (e.g. un encroûtement calcaire altérant plusieurs niveaux dans une région localisée du site, qui serait lié à la morphologie de la grotte ou l'emplacement de la *drip line*¹⁷, indépendamment de la répartition en strates), faisant que seuls certains vestiges pourtant issus d'un même « dépôt » sont, à certains endroits, altérés par un processus alors que d'autres non ? Ou bien est-ce possible de suspecter plusieurs « sous-entités » - éventuellement superposées et donc déposées à des moments distincts – au sein de l'assemblage ? A l'inverse, une patine similaire dans une région ou un horizon donné peut être un élément de discussion en faveur d'un dépôt se faisant au cours de « la même période » *lato sensu* – à condition toutefois que le reste des critères permettant de décrire ce matériel soit homogène (typo-technologie, espèces, comportements humains...).

Dans un second temps, les paramètres liés aux modifications osseuses (post-dépositionnelles) ont été interrogés via des analyses multivariées afin de caractériser la variabilité des états de surfaces et d'effectuer des regroupements par classes de patine

¹⁷ Ligne d'écoulement des eaux devant le porche.

pertinentes – combinées à des analyses spatiales (cf. *infra*). Les Analyses Factorielles des Correspondances (AFC), les Analyses des Correspondances Multiples (ACM) et les Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH) ont été réalisées sur le logiciel libre R, à l'aide du package *FactoMineR*.

b) Projections tridimensionnelles et visualisation SIG

L'analyse spatiale est une approche géographique qui cherche à comprendre et explorer les interactions spatiales entre des objets ou des phénomènes et leurs caractéristiques, par l'étude de leur localisation. Trois types de données spatiales peuvent être distinguées : les données ponctuelles (les valeurs sont associées à des points géoréférencés), les données continues (les valeurs varient de façon continue dans l'espace et peuvent ainsi être prédites), et les données surfaciques (les valeurs sont associées à une surface). Dans le cadre de cette étude, seules les données ponctuelles (pièces coordonnées et tamis géoréférencés) et les données surfaciques (carroyage) ont été exploitées, en combinant les outils SIG et les statistiques spatiales.

Un bref historique

Les toutes premières analyses spatiales en archéologie remonteraient aux années 1916, avec l'utilisation pour la première fois d'un système de référencement métrique en trois dimensions lors des fouilles de la grotte de Cotencher en Suisse (réalisées par A. Dubois et H.-G. Stehlin, 1933 *in* Plutniak, 2021). Durant la première moitié du XXème siècle, l'utilisation de tels systèmes se développe de manière indépendante à d'autres endroits du globe (*ibid.*), y compris en France dans les années 1930, lorsque L. Méroc amorce le développement d'une méthode permettant d'attribuer des coordonnées cartésiennes sur les trois dimensions aux objets archéologiques qu'il excave dans la Vallée du Volp (Ariège). L'auteur continue de développer sa méthode par la suite sur le site de Montmaurin, avant d'être rejoint par G. Laplace-Jauretx dans une publication manifeste faisant valoir la spatialisation des vestiges (Méroc et Laplace-Jauretx, 1954). Parmi les avantages de cette méthode, les auteurs pionniers évoquent d'ores et déjà la « *possibilité de l'étude de l'évolution d'une industrie au sein d'une même couche archéologique* » (p. 65) et le fait qu'elle permette « *de voir si, sur des couches géologiques*

différentes, la même industrie se poursuit sans changements ou si elle varie en rapport avec les changements de climat » (p.65). Par la suite, le relevé d'objets coordonnés s'améliore, grâce notamment aux travaux d'A. Leroi-Gourhan sur les sites de Furtins et d'Arcy-sur-Cure, puis de Pincevent où il développe une lecture cette fois plus horizontale et paléosociologique des dépôts (voir notamment : Leroi-Gourhan et Brézillon, 1972), avant de se démocratiser au reste du territoire français. L'enregistrement des coordonnées X, Y et Z est aujourd'hui devenu (quasi-)systématique sur les chantiers archéologiques, programmés comme préventifs, en France comme à l'étranger, et a été depuis simplifié par l'essor de l'informatique, permettant de gérer les données spatiales, et le développement d'outils numériques spécifiquement dédiés à leur acquisition (e.g. théodolite laser introduit en archéologie à la fin des années 1980 : Dibble, 1987) et à leur traitement (Systèmes d'Informations Géographiques, introduits dès les années 1990 : Barge et al., 2004). Si l'intérêt de leur utilisation n'est aujourd'hui plus à démontrer, une revue récente de la littérature a démontré qu'à l'heure actuelle encore, les données spatiales étaient rarement mobilisées dans les publications scientifiques en archéologie paléolithique (Discamps et al., 2023).

Apports théoriques des méthodes de spatialisation

Sur le plan horizontal, les données spatiales peuvent être – et sont le plus souvent – mobilisées dans le domaine de la (pal-)ethnologie, dans le cas de paléosols bien individualisés, d'épaisseur homogène et bien préservés (Bordes, 1975), afin de restituer l'organisation des groupes via l'étude de l'agencement des aires d'activités et des structures d'habitat (littérature non exhaustive : Leroi-Gourhan et Brézillon, 1966 ; 1972 ; Djindjian, 1990 ; Fourment, 2002 ; Neruda, 2017 ; Guillemot et al., 2023 ; pour une réflexion sur l'intérêt de la méthode, voir Bordes, 1975, et sur l'existence de biais interprétatifs : Bonnichsen, 1973 ; Yar et Dubois, 1996).

Sur le plan vertical, l'étude de la distribution des vestiges est particulièrement informative dans les contextes pluristratifiés ou potentiellement remaniés. Les contextes karstiques, souvent sujets aux remaniements post-dépositionnels et aux occupations successives par les groupes humains dans des contextes très anciens, parfois associés à une faible sédimentation et une forte compaction sédimentaire, rendent les « palimpsestes » difficiles à déceler sur le terrain et complexifient les lectures

stratigraphiques ; ils constituent de ce fait un terrain particulièrement favorable à la mise en place et au développement méthodologique de la spatialisation verticale (et horizontale) des vestiges. D'un point de vue théorique, l'analyse spatiale verticale des vestiges coordonnés peut permettre, selon la nature des vestiges étudiés (faune, lithique, ocre, charbons, parures, industries osseuses, etc.) :

- **De mieux comprendre les dynamiques de (trans-)formation des séquences sédimentaires** et des accumulations archéologiques.
- **D'identifier voire d'écarter les zones de mélanges ou d'érosion** : les concentrations de vestiges fortement altérés (émoussés, stries de piétinement, traces de carnivores), les classements particuliers de matériaux en fonction des secteurs (e.g. absence d'éléments de faible densité et/ou de petite taille dans certains secteurs), ou encore, la spatialisation des mesures de pendage et d'orientation des vestiges sont autant d'indices qui doivent ensuite être confrontés aux observations de terrain (e.g. changements de texture des sédiments) ou issues d'autres disciplines (e.g. étude des processus de formation des sites, micromorphologie, granulométrie).
- **De vérifier l'homogénéité et la cohérence des ensembles étudiés**, et si besoin, **de redéfinir des ensembles plus cohérents** (Fig. II.2 - a).
- **D'augmenter la résolution de notre lecture du temps** (e.g. un niveau de terrain peut contenir plusieurs sous-ensembles se superposant, Fig. II.2 - b).

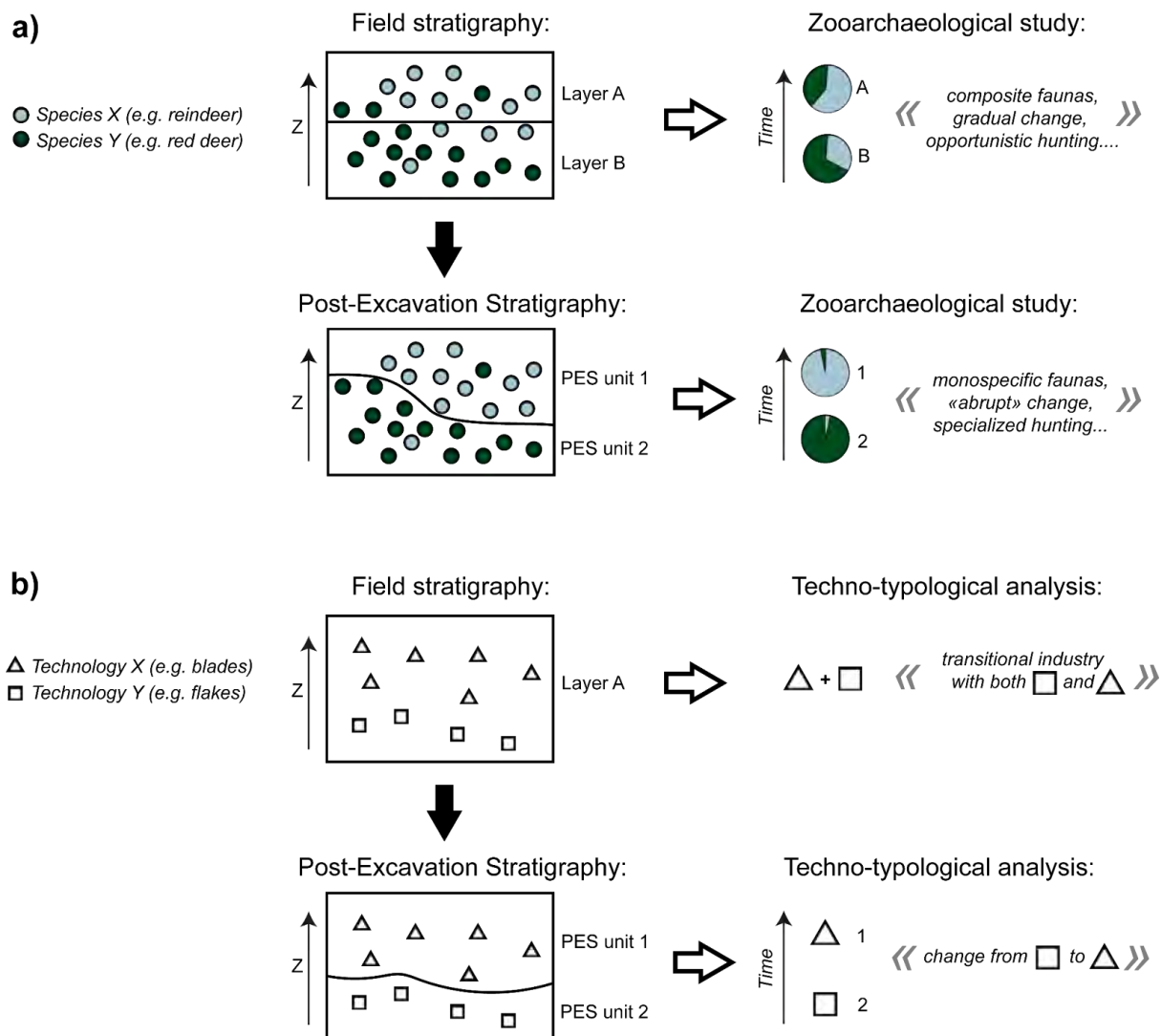


Figure II.2 : Exemple théorique de l'impact des stratigraphies post-fouilles (Post-Excavation Stratigraphies – PES) sur les interprétations des ensembles archéologiques, pour l'homogénéité des ensembles (a) et la résolution stratigraphique (b) ; in Discamps et al., 2023.

Ainsi, parce qu'elles permettent d'augmenter notre résolution de la lecture du temps, et de travailler sur des ensembles plus homogènes, les projections verticales apparaissent comme une étape préalable à toute interprétation sur les paléoenvironnements ou sur les paléocomportements humains et se situent au cœur de ce travail.

Description de la méthode employée

La méthode employée dans le cadre de cette étude est celle des stratigraphies post-fouille (*Post-Excavation Stratigraphies* - PES) et consiste, lorsque cela est possible et nécessaire, à établir une nouvelle stratigraphie postérieurement à l'opération de terrain (Discamps et al., 2023). Les coordonnées des vestiges sont alors réinterrogées en laboratoire afin de réaliser des projections spatiales selon les trois dimensions (en coupe - et éventuellement en plan) et d'examiner l'agencement spatial des vestiges. Toute observation (critères ostéologiques, spécifiques, taphonomiques) notée sur des vestiges ou ensembles de vestiges (tamis) spatialisés constitue un indice potentiel et peut être projetée en vue d'identifier d'éventuelles configurations spatiales. Lorsqu'une structure spatiale particulière (e.g. deux espèces se superposant) apparaît, et que celle-ci semble incompatible avec le découpage de terrain par couches, alors un redécoupage – plus en accord avec la distribution du registre étudié, en l'occurrence la faune – peut être proposé. De même, si une zone remaniée est identifiée, elle peut être facilement écartée de l'analyse.

Dans un premier temps, les points ont été représentés en fonction de la couche à laquelle ils appartiennent, afin de matérialiser, par une création de vecteur sur QGIS, le tracé de délimitation entre les couches. Des projections de vestiges par critères (espèces, altérations des surfaces osseuses) ont ensuite été réalisées afin de tester la compatibilité spatiale entre ces différents critères et les limites de couche. Des projections sous les trois axes (zénithal, sagittal, frontal) ont été réalisées de manière systématique dans toute la grotte et pour tous les paramètres enregistrés dans la base de données. Les données spatiales des autres registres (silex, rognons, galets, structures de combustion) ont également été interrogées lorsqu'elles étaient disponibles.

La densité des vestiges étant particulièrement importante au Roc-de-Marsal, nous avons choisi de réaliser des projections relativement fines, de 10 cm d'épaisseur, afin de limiter au maximum les effets liés à l'écrasement des projections. Toutefois, la tendance étant similaire sur les tranchées et les travées de 25cm d'épaisseur, seules ces dernières sont présentées dans le manuscrit. Les projections par tranchées (coupes sagittales) et par travées (coupes frontales) de 10 et 25 cm d'épaisseur ont été réalisées

sur le logiciel QGIS, en modifiant les coordonnées spatiales en « Z » directement dans le fichier .csv source¹⁸ (tab. II.2).

 Classée par ordre croissant

↓

X	Y	Z initial	Z par tranchées de 10 cm
1016,32	1011,98	-2,37	-2,37
1016,33	1012,04	-2,55	-2,55
1016,34	1011,94	-2,4	-2,4
1016,46	1011,55	-2,47	-12,47
1016,48	1011,52	-2,33	-12,33
1016,5	1011,41	-2,31	-22,31
1016,51	1011,17	-2,23	-22,23
1016,56	1011,65	-2,52	-22,52
1016,61	1011,48	-2,42	-32,42
1016,64	1011,42	-2,49	-32,49

Changement de tranche en X (+ 0,10) 
 + 10

Valeurs initiales (non modifiées) Valeurs à modifier

Tableau II.2 : Exemple de la manière dont sont modifiées les données spatiales en Z dans le fichier .csv en vue d'obtenir des travées et des tranchées de 10 cm d'épaisseur sous QGIS.

c) Analyse des remontages

L'analyse et la spatialisation des remontages constitue un soutien supplémentaire pour tester l'intégrité et redéfinir les ensembles archéologiques. Des recherches systématiques de raccords de cassures intra- et inter-niveaux (couches 5, 6 et 7) ont été entreprises sur l'intégralité des restes déterminés spécifiquement de coxal, fémur, humérus, mandibule et métacarpe, ainsi que sur les restes dentaires déterminés anatomiquement et spécifiquement. En raison du faible nombre de remontages identifiés et de la nature chronophage de ce type d'analyse, l'objectif initial d'étudier tous

¹⁸ Au sein du fichier .csv source (celui qui sera importé sous QGIS en vue de l'analyse spatiale), la colonne contenant les données spatiales « Z » est dupliquée deux fois, de sorte à obtenir trois colonnes : « Z initial », « Z par travées de 10 cm » et « Z par tranchées de 10 cm ». Les valeurs de la colonne « Z initial » sont inchangées, il s'agit des données de base. Les valeurs de la colonne « Z par travées de 10 cm » sont modifiées en rajoutant +10 (correspond à + 1 m en Z) à chaque fois que les valeurs en Y prennent + 0,10 (correspond à 10 cm), tandis que les valeurs de la colonne « Z par tranchées de 10 cm » sont modifiées en rajoutant +10 toutes les tranches de 10 en X (tab. II.2).

les restes post-crâniens et dentaires déterminés spécifiquement a été abandonné. Les restes déterminés anatomiquement mais non spécifiquement n'ont pas été intégrés à l'étude. Le type de cassure a été enregistré pour chaque remontage identifié (cassure sur os frais, sur os sec, récente, indéterminée : Villa et Mahieu, 1991).

d) Statistiques spatiales

Si elles sont particulièrement efficaces pour redéfinir des ensembles, les projections spatiales restent un outil de visualisation classique qu'il peut être utile de consolider par l'apport de résultats statistiquement robustes. Il existe une multitude de méthodes permettant d'analyser un jeu de données géolocalisées, parmi lesquelles figurent la géostatistique, les auto-régressions et corrélations spatiales, le champ de Markov sur réseau, ou encore, les processus ponctuels spatiaux (Guyon, 2007). Parmi ces méthodes, les processus ponctuels sont les plus à même de répondre à nos problématiques.

Les Processus ponctuels spatiaux

Les méthodes basées sur les **processus ponctuels**, impulsées par les écologues forestiers et épidémiologistes, forment une branche de la statistique spatiale aujourd'hui très utilisée dans diverses domaines (e.g. astronomie, étude des amas de galaxies : Gillot et al., 2023 ; écologie forestière : Goreaud, 2000 ; géographie, sismologie, neurologie, télécommunications). Ils fournissent un cadre mathématique adapté à l'étude et à la caractérisation des jeux de données ponctuelles – ou semis de points (Jaulin, 2008).

Avec les processus ponctuels, un semis de points est généralement interrogé comme suit : 1) les points sont-ils distribués aléatoirement, ou bien interagissent-ils entre eux ? S'ils interagissent, leur distribution est-elle de nature attractive (agrégée) ou répulsive (régulière ; fig. II.4 et II.6) ?

Pour y répondre, il faut comparer notre semis de points (jeu de données spatialisées que l'on cherche à caractériser) à des processus ponctuels que l'on peut générer à l'infini, sous condition qu'ils partagent des propriétés similaires (taille et forme de la fenêtre d'étude, nombre de points contenus, type de distribution : homogène ou inhomogène).

Le Processus Ponctuel de Poisson (PPP) est le mieux étudié et le plus classiquement utilisé en statistiques spatiales. Il s'agit d'un processus de points aléatoires qui, une fois généré, va servir de référence (hypothèse nulle) pour tester statistiquement la structure spatiale de notre jeu de données (Goreaud, 2000). Deux paramètres (l'homogénéité et l'intensité) peuvent toutefois faire varier ce processus, et il est primordial de bien comprendre la distribution du jeu de données à analyser afin de générer le bon modèle de Poisson auquel il sera confronté. Un processus ponctuel de Poisson est dit homogène lorsqu'il modélise une répartition spatiale de points complètement « au hasard » (« *Complete Spatial Randomness* » - CRS), c'est-à-dire répartis partout avec la même probabilité et de manière indépendante les uns par rapport aux autres. Il diffère du processus de Poisson inhomogène, dont l'intensité varie dans l'espace mais les points restent indépendants. Dans le cadre de ce travail, nous partons du postulat que les fragments osseux ont été distribués aléatoirement avec la même intensité ; le PPP employé est donc celui du Poisson homogène.

Un autre paramètre important concerne le choix de la fenêtre d'observation (*window*) : c'est l'espace en 2D retenu pour étudier la localisation des points ; il peut être carré, rectangulaire, circulaire (Floch et al., 2018), ou encore polygonal et de nature plus ou moins complexe (e.g. circonscription administrative, emprise des pièces coordonnées d'un site archéologique). Afin d'éviter de lisser les éventuelles variations de configurations de points au sein du site, nous avons choisi de ne pas paramétrer la fenêtre d'étude sur toute l'emprise du site. Deux fenêtres ont été sélectionnées, à l'intérieur de la grotte (w1) et en secteur terrasse (w2), permettant ainsi de détecter d'éventuelles différences de distribution entre ces deux secteurs (fig. II.3).

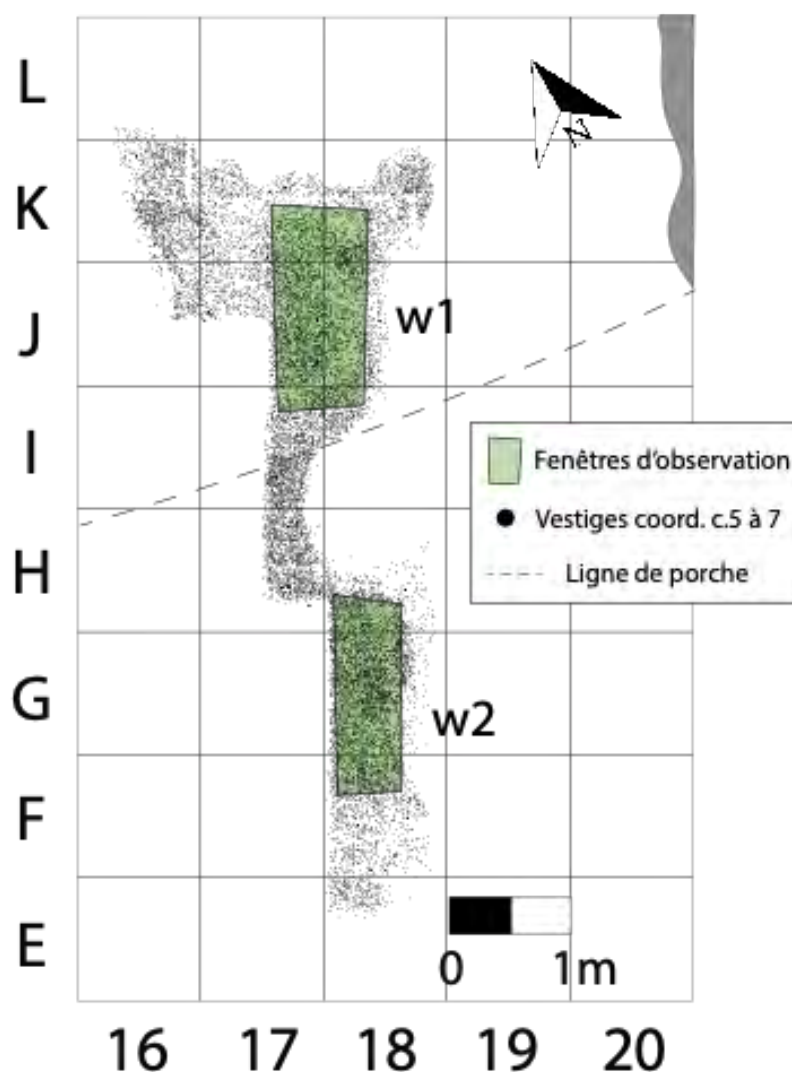


Figure II.3 : Présentation des deux fenêtres d'observation (w1 et w2) sélectionnées sur le gisement pour les analyses basées sur les processus ponctuels (fonction K).

Une fois le Processus de Poisson identifié pour chacun des échantillons que l'on souhaite tester spatialement, et une fois les fenêtres d'étude paramétrées correctement, il est possible de démarrer les analyses statistiques de notre jeu de données en faisant appel à des fonctions mathématiques.

La fonction $K(r)$ de Ripley

Définie par K. L. Ripley (1976 ; 1977), cette fonction fait partie des méthodes basées sur les distances. Elle est estimée en calculant, pour tous les points du jeu de données, le nombre moyen de points voisins dans un disque de rayon r . Ce calcul est

appliqué à l'ensemble des points simultanément et pour toutes les valeurs r de la fenêtre d'observation (fig. II.4). Il est ensuite rapporté à la densité de points moyenne d'un processus aléatoire (PP). Il s'agit de mesurer, pour le jeu de données que l'on cherche à décrire, l'écart à l'indépendance des points, soit leur concentration ou leur dispersion (Marcon, 2010).

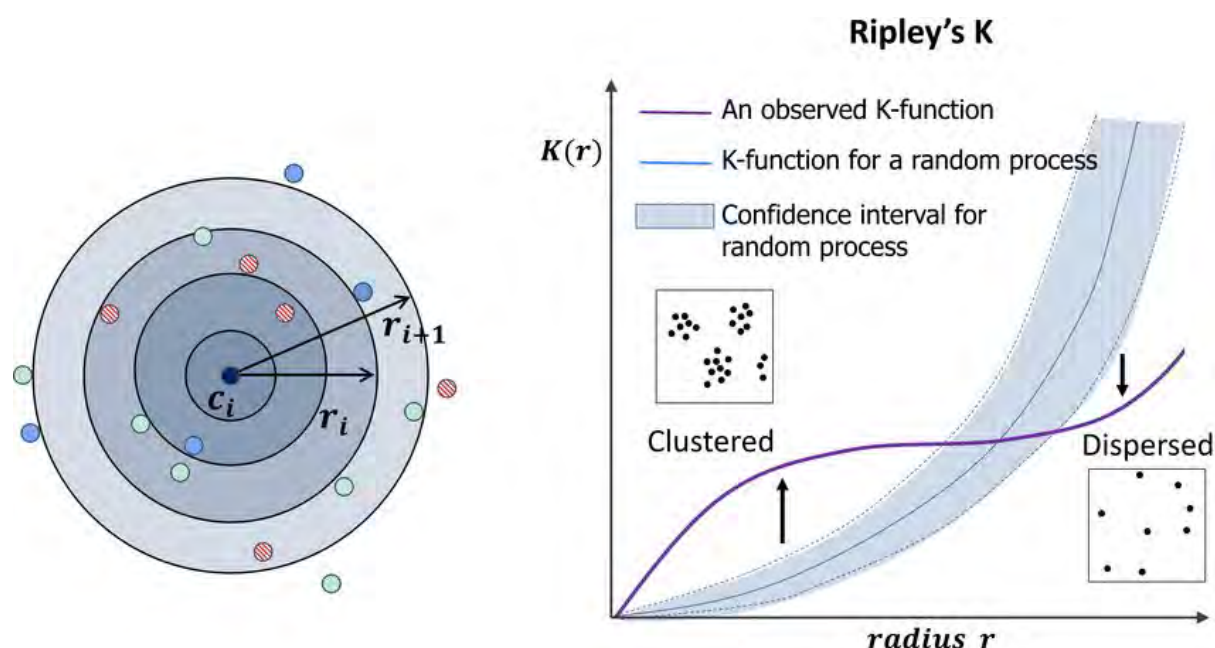


Figure II.4 : Illustration de la fonction K de Ripley ; in Abousamra et al., 2023

Dans le cas d'un processus agrégé, les points ont en moyenne plus de voisins dans un rayon r qu'attendu pour une distribution aléatoire. Une structure agrégée correspond ainsi à un échantillon dont les points ont tendance à être spatialement proches. D'un point de vue archéologique, ce type de distribution montrerait une interaction forte entre les vestiges étudiés ; ils s'attirent spatialement, ce qui plaide pour un dépôt d'une partie au moins de ces vestiges au même moment.

A l'inverse, une valeur plus faible que celle attendue à une distance r donnée correspond à une structure dispersée (régulière). Dans ce cas, les points interagissent également, mais se repoussent cette fois, c'est-à-dire qu'ils ont tendance à éviter les mêmes endroits sous l'effet d'une contrainte. Ce type de distribution, typique par exemple de l'implantation de certaines espèces végétales (e.g. Getzin et al., 2006),

constitue une stratégie efficace pour réduire la compétition ; il n'y a, *a priori*, pas de raison de retrouver une telle distribution sur un site archéologique.

Enfin, une distribution aléatoire correspond à l'absence d'interaction : les points sont répartis aléatoirement, sans que l'emplacement des uns n'ai d'influence sur l'emplacement des autres. En archéologie, ce type de distribution montre une absence de lien entre les vestiges.

Un dernier paramètre essentiel dont il faut tenir compte - sous peine de biaiser l'étude - consiste à corriger les effets de bord. En effet, la fenêtre d'étude choisie constitue un espace clos, elle agit comme une limite au-delà de laquelle l'espace serait vide de points. Dans la réalité, des points sont présents en dehors du domaine. Le risque est alors de sous-estimer le nombre de voisins dans un rayon (r) des points situés en bordure (fig II.5). Pour corriger les effets de bord, nous avons utilisé la formule isotropique de Ripley (voir Ripley, 1988), elle présente l'avantage d'être très efficace et est la plus adaptée pour les fenêtres rectangulaires ou polygonales. Cette formule a été directement implémentée dans nos scripts R.

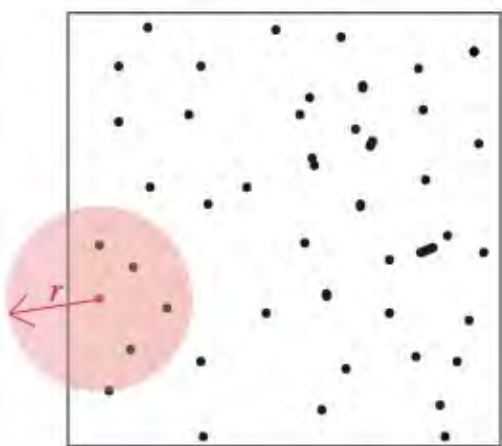


Figure II.5 : Exemple d'effet de bord. Les points situés en bord de fenêtre se voient compter moins de voisins que les points situés au centre.

Pour tester la significativité du résultat, la méthode la plus commune est le test de Monte-Carlo (Besag et Diggle, 1977) : le résultat est statistiquement significatif lorsque la valeur obtenue est supérieure (structure agrégée) ou inférieure (structure régulière) à celle de l'enveloppe de confiance générée à partir des multiples simulations aléatoires. Lorsque la valeur se situe dans l'intervalle de confiance de Monte-Carlo, l'hypothèse nulle (distribution aléatoire) est acceptée (fig. II.6).

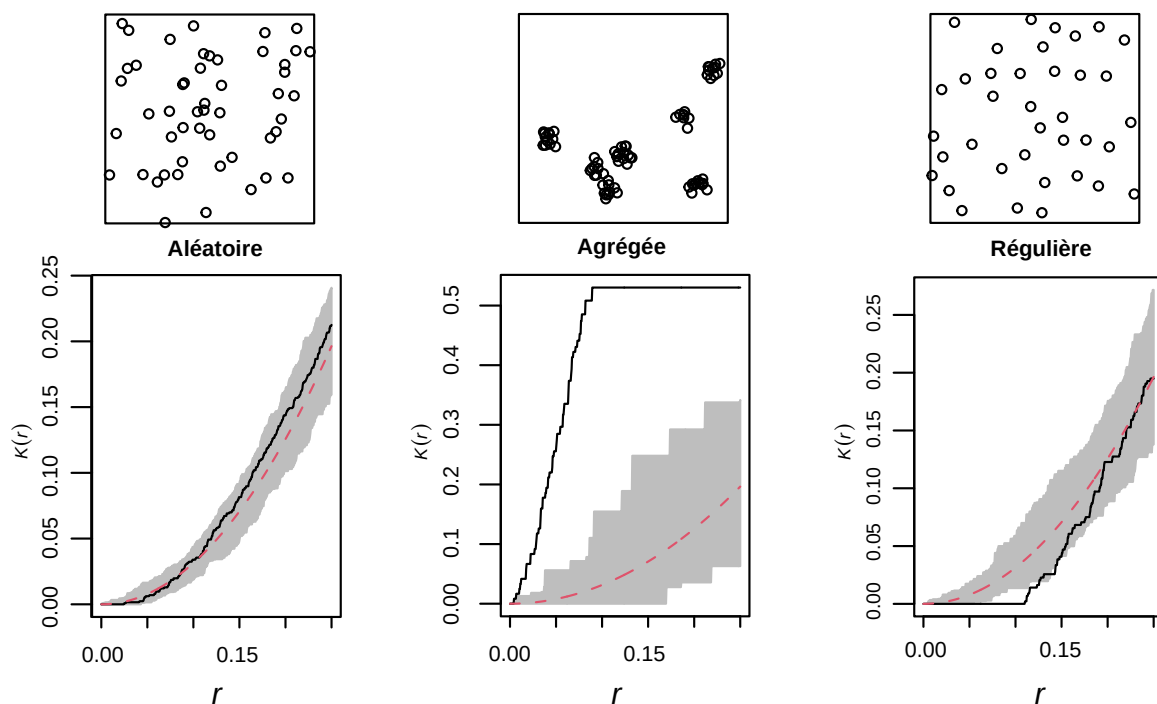


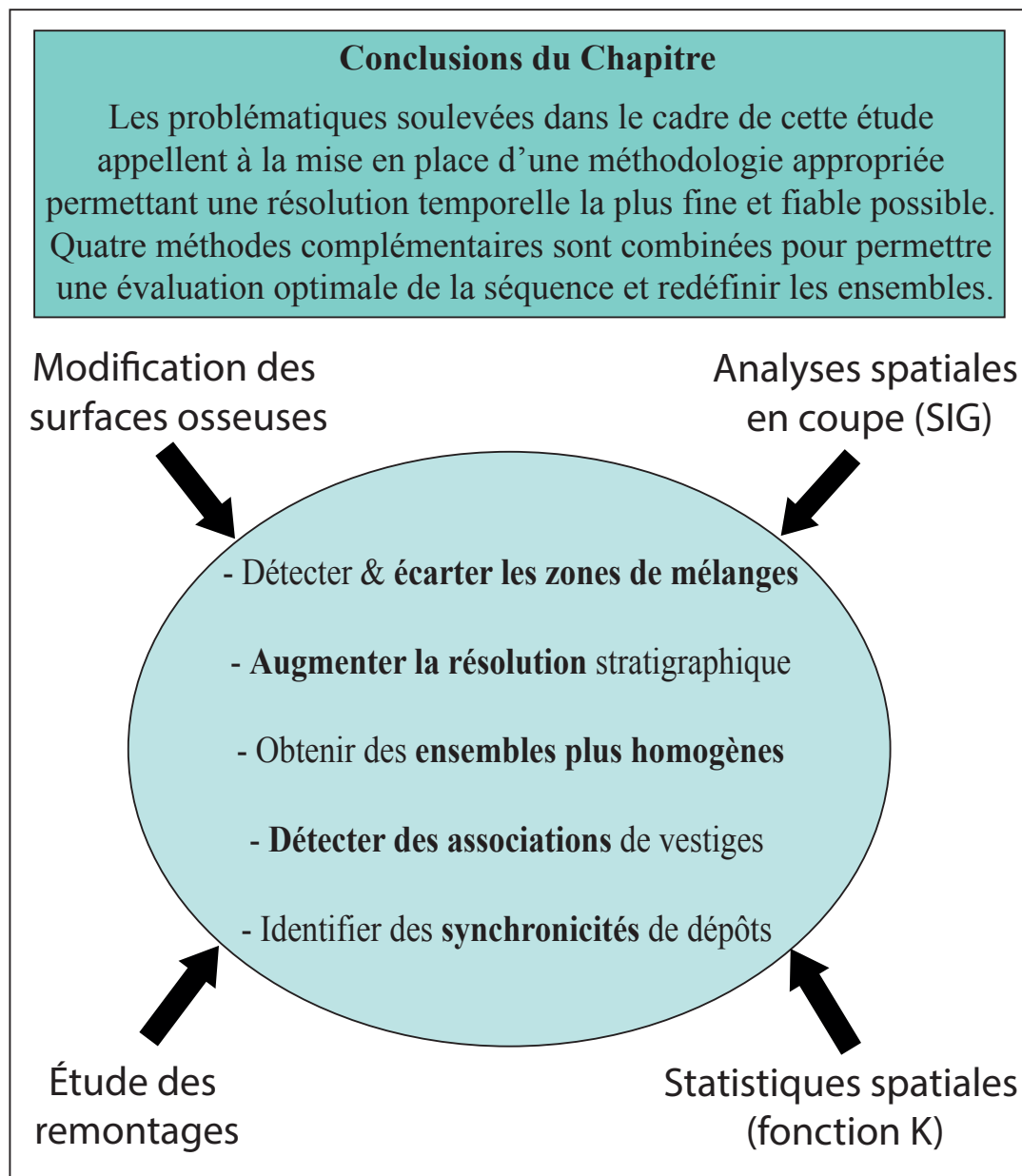
Figure II.6 : Tirage de 50 points en distribution aléatoire, agrégée et régulière et application de la fonction K de Ripley sur les trois configurations-type, réalisé sur le logiciel R.

Les processus multitypes et la fonction K intertypes

La fonction K de Ripley est particulièrement adaptée pour comprendre la structure d'une seule catégorie de points. Basés sur le même principe de comptage du nombre de voisins, les processus multitypes sont une variante de la fonction K de Ripley qui permettent de détecter des interactions spatiales au sein d'un jeu de points marqués, c'est-à-dire entre plusieurs catégories de points issus d'une variable qualitative (marque discrète) ou quantitative (marque continue). Cette fois, on cherche à compter le nombre de voisins de type B autour des points de type A (Marcon, 2010). Si le sous-processus de type A est indépendant du sous-processus de type B (hypothèse nulle), alors le nombre de voisins de type B dans un rayon donné autour de A correspond au nombre de points de type B attendus dans ce rayon. Un résultat supérieur à 0 signifie que les points de type A et B sont plus agrégés qu'une distribution aléatoire.

Dans le domaine de l'archéologie, on peut se demander par exemple si dans la fenêtre d'étude observée, les restes fauniques possèdent ou non une structure de nature agrégée avec les restes lithiques de la même couche, ou encore, si les éclats de retouche

sont associés ou non à un techno-complexe particulier. Les fonctions *K* et *Kintertypes* ont déjà fait leurs preuves dans de précédentes études spatiales en archéologie, pour tester l'intégrité d'un niveau (Moclan et al., 2023), ou pour déceler des associations de vestiges au sein d'ensembles remaniés. Dans la présente étude, cette méthode a été mobilisée pour savoir si les différentes espèces contenues dans nos ensembles archéologiques avaient pu faire l'objet de dépôts synchrones sur le site. Pour cela, nous avons fait appel à la fonction *Kcross*, disponible dans le package R « spatstat ». L'intervalle de confiance a été calculée à partir de la méthode Monte-Carlo (cf. *supra*), en générant 100 simulations aléatoires.



Chapitre 3 – Étude des saisonnalités de prédation

L'un des axes majeurs de cette étude est de tenter d'identifier d'éventuelles complémentarités saisonnières entre les ressources carnées, notamment dans le cas où des taxons seraient migrateurs et pourraient constituer une ressource limitée dans le temps (e.g. Renne à l'automne, Cerf et Chevreuil le reste de l'année). L'étude des saisonnalités revêt aussi une importance particulière pour appréhender les groupes sociaux visés par les néandertaliens, les produits recherchés sur l'animal en fonction de l'état sanitaire des proies et pour détecter d'éventuelles pratiques de stockage des matières carnées (cf. *infra*). Pour répondre à ces questionnements, l'obtention d'indices de saisonnalité fiables et précis via des analyses multi-proxies s'est avéré cruciale et nous a conduit à combiner trois méthodes : **la cémentochronologie, l'étude des éruptions dentaires et l'analyse des os de fœtus.**

a) Cémentochronologie

La cémentochronologie est une des branches de la squelettochronologie¹⁹ qui permet d'estimer l'âge et la saison au décès de l'animal par l'étude des bandes saisonnières de croissance enregistrées au sein du cément dentaire (Naji et al., 2015). Depuis ses premiers développements par les naturalistes de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle (pour une synthèse à ce sujet, voir Bertran, 2017), la cémentochronologie a fait son essor dans de nombreux domaines tels que la santé et la démographie humaine (Simmons, 2020 ; Procopio et Perrone, 2022), le milieu de la chasse (e.g. <https://matsonslab.com/>), l'archéologie funéraire (Lanteri, 2016) et contemporaine (Pélissier et al., 2019), et même, l'identification des corps de personnes migrantes décédées (Swearingen, 2018). Si l'efficacité de cette méthode est parfois encore controversée pour la reconstruction des âges au décès chez les humains (Naji et al., 2016 ; Bertrand, 2017 ; Bertrand et al., 2019 ; Procopio et Perrone, 2022), elle est

¹⁹ Discipline qui s'intéresse aux marqueurs de croissance présents au sein des éléments squelettiques des vertébrés (Castanet et al., 1993).

éprouvée pour de nombreuses autres espèces (e.g. Loup gris : Goodwin et Ballard, 1985 ; Cerf : Azorit et al., 2004 ; Bison : Klevezal et Pucek, 1987 ; Chevreuil : Aitken, 1975 ; Cheval : Burke et Castanet, 1995 ; Daim : Azorit et al., 2022) et plusieurs développements méthodologiques récents sur dents d'Ongulés (voir notamment : Pubert et al., 2022 ; Rendu et al., 2022) en font une discipline aujourd'hui fiable et régulièrement mobilisée en archéozoologie (e.g. Livraghi et al., 2022 ; Jiménez-Manchon et al., 2023 ; Roussel, 2023).

Histologie et types de ciments

Le ciment est l'un des trois tissus durs, avec la dentine et l'émail, qui composent la dent (fig. II.7) ; il se dépose sur la surface externe des racines, venant entourer ces dernières (Lieberman et Meadow, 1992). Il est constitué de fibres de collagène (extrinsèques et intrinsèques) et de cristaux d'hydroxyapatite (*op. cit.*), et sa fonction est de maintenir la dent dans son alvéole, notamment lors des pressions masticatoires.

Trois types principaux de ciment existent. Le ciment acellulaire à fibre extrinsèque (CAFE) se dépose à proximité du collet de la dent, sur la moitié cervicale de la racine. Il se distingue du ciment cellulaire à fibre intrinsèque (CCFI), qui se situe généralement au niveau de l'apex et des zones inter-radiculaires (fig. II.7), et du ciment cellulaire mixte stratifié (CCMS), dont la répartition est moins prévisible. De croissance plus lente, le CAFE présente un développement plus régulier et ne contient pas ou que peu de cimentocytes²⁰ (Stutz, 2002 ; Naji et al., 2015), ce qui le rend plus facile à lire. Le CAFE a ainsi été privilégié pour cette étude, comme le préconisent W. Rendu et ses collaborateurs (2022).

La croissance du ciment débute dès le développement de la racine (CAFE) et l'entrée en occlusion (CCFI) et se poursuit jusqu'à la mort de l'animal. Sa vitesse de croissance répond à un cycle annuel faisant alterner deux dépôts saisonniers (Lieberman et Meadow, 1992 ; Stutz, 2002) :

²⁰ Dans le cas du ciment à croissance rapide (cellulaire), les cimentoblastes – cellules dont la fonction est la cimentogenèse – se retrouvent fréquemment piégées dans les dépôts en cours de formation. Elles se transforment par la suite en cimentocytes, leur disparition générant des zones de vides (Berkovitz, 2009).

- Les Zones : il s'agit de dépôts à croissance rapide, d'épaisseur plus importante et de couleur claire en lumière naturelle ou polarisée. Leur dépôt se fait au cours de la « bonne saison » (fig. II.7).
- Les *Annuli* : il s'agit de dépôts à croissance plus lente, plus minces et plus foncés en lumière naturelle ou polarisée. Leur dépôt se fait pendant la « mauvaise saison »²¹.

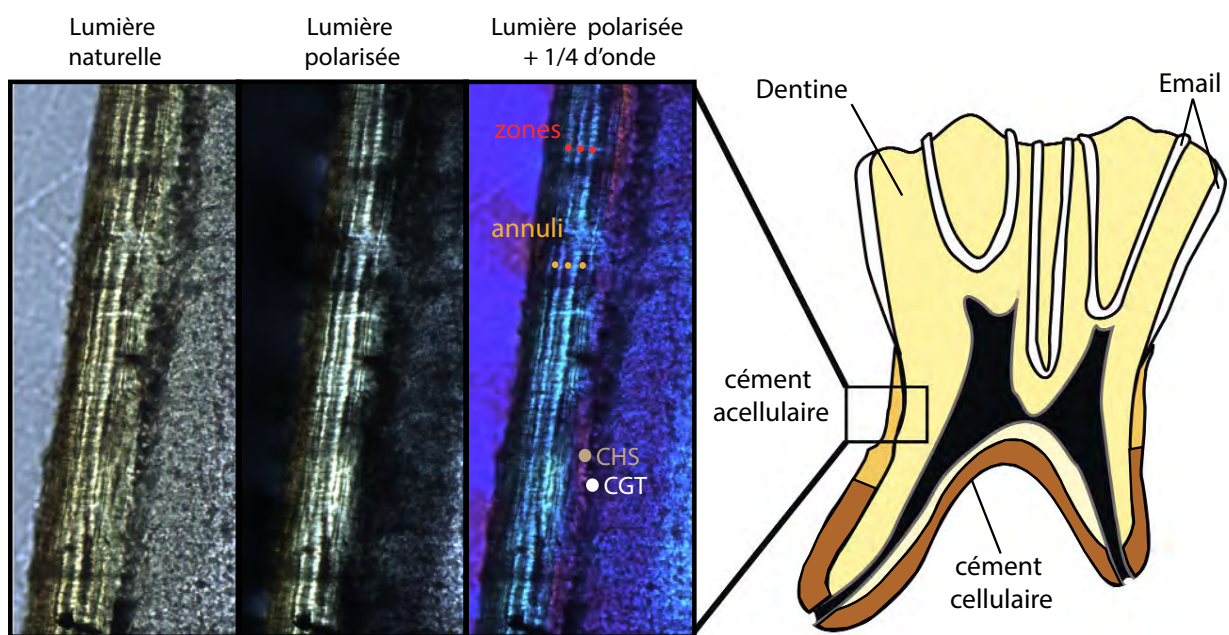


Figure II.7 : (à droite) Coupe schématique d'une dent d'Ongulé, in Rendu et al., 2011 (modifié) ; (à gauche) grossissement x20 du cément acellulaire de la lame DP149.2 du Roc-de-Marsal sous trois lumières (naturelle, polarisée, polarisée avec insertion de la lame 1/4 d'ondes). CHS = Couche hyaline de Hopewell-Smith. CGT = Couche Granulaire de Tomes.

Ainsi, la dernière bande (externe) donne la saison de mort de l'animal, tandis que l'âge est obtenu en additionnant le nombre de couples de bandes à l'âge d'éruption de la dent.

Déterminer la saison de mort : quel degré de précision ?

Dans ce travail, l'analyse cémento-chronologique s'est exclusivement focalisée sur la lecture de la dernière bande et l'obtention d'indices de saisonnalité. On parle

²¹ Pour une discussion sur la temporalité de ces périodes, cf.infra.

usuellement de « bonne » ou de « mauvaise » saison pour qualifier la nature du dernier dépôt. S'impose alors la question du degré de résolution et de l'inférence à une temporalité précise : à quelle fourchette de mois est associé le dépôt identifié ?

Si les causes de la cyclicité des marques de croissance sont aujourd'hui encore mal connues (Naji et al., 2015) et pourraient voir l'intervention conjointe de multiples facteurs (endogènes, exogènes et biomécaniques ; voir notamment Rendu, 2007), un phénomène latitudinal a été mis en évidence : dans l'hémisphère nord comme dans l'hémisphère sud, l'*annulus* se dépose au cours de la saison froide et la zone au cours de la saison chaude (*op. cit.*). Les saisons sont toutefois inversées entre les deux hémisphères et leurs rythmes de mise en place varie en fonction de la latitude. Quant aux régions équatoriales, c'est au cours des saisons sèches que se forment les *annuli* (Stutz, 2002).

L'estimation précise de la saison de mort de faunes fossiles se réfère donc nécessairement à des travaux actualistes sélectionnés, dans la mesure du possible, sur les mêmes espèces et sous des latitudes et/ou conditions environnementales similaires. La présente étude se plaçant dans l'hémisphère nord (latitude : 44.9°) et sous des conditions climatiques allant potentiellement d'arctiques à tempérées, nous avons utilisé les référentiels d'A. Pike-Tay, 1991 pour le Cerf²² et d'A. Pike-Tay, 1995 pour le Renne. D'après ces travaux, les annuli se forment entre début janvier et fin avril chez le Cerf, et entre début janvier et début avril pour le Renne. Des variations interindividuelles existent néanmoins (Naji et al., 2015), qu'il s'agisse du Cerf, du Renne (Annexe II.1), ou d'autres taxons, actuels et fossiles ; elles seront nécessairement prises en compte lors de l'interprétation des résultats.

En ce qui concerne le vocabulaire, nous avons préféré les termes de « Bonne Saison » (BS) et de « Mauvaise Saison » (MS) pour qualifier le dernier incrément ; lorsque cela fut possible, les Zones – dont le dépôt est plus épais – ont été subdivisées en trois portions de taille égale correspondant aux « débuts », « milieux » et « fins » de bonne saison (DBS, MBS, FBS, respectivement).

²² Dans les travaux d'A. Pike-Tay, 1991, plusieurs populations de Cerf sont étudiées, couvrant des régions allant de la Norvège (60° Nord) à la Nouvelle-Zélande (43° Sud). Comme mentionné précédemment, les cycles d'apposition des bandes de cément varient fortement en fonction de la latitude, c'est pourquoi le Cerf du Montana (45° Nord) a été utilisé comme référence.

Protocole d'échantillonnage

Par souci de préservation, l'échantillonnage s'est focalisé sur les anciennes collections (fouilles Jean Lafille, 1953-1971). La sélection, réalisée en collaboration avec E. Discamps dans le cadre de l'ANR DeerPal (ANR-18-CE03-0007, <https://deerpal.humanum.fr/>), a porté sur toute la séquence du Roc-de-Marsal, soit les couches III à XI des fouilles Lafille (couches 2 à 8 des fouilles Turq, dont les correspondances stratigraphiques sont présentées en Annexe II.2), à partir du NMI dentaire de chaque espèce, pour chaque couche. Deux espèces centrales dans la diète ont été sélectionnées pour ces analyses destructives, le Renne et le Cerf. Pour les autres espèces, des indices de saisonnalité ont pu être obtenus par d'autres méthodes (cf. *infra*).

Seules les dents dont la conservation macroscopique fut jugée satisfaisante ont été sélectionnées : les dents fortement desquamées, altérées par les racines ou par le concrétionnement, plus susceptibles d'être illisibles, ont été écartées afin de limiter les destructions inutiles. À noter que dans certains cas, l'échantillonnage a également été guidé par les besoins d'autres analyses (e.g. isotopes) intégrées dans l'ANR DeerPal. Le listing des dents sélectionnées pour la découpe est disponible en Annexe (II.3) ; afin d'augmenter nos chances d'obtenir des saisonnalités, deux lames ont été réalisées pour chaque dent soumise à la découpe.

Protocole de découpe des lames

La préparation des échantillons a suivi le protocole mis en place dans le cadre de l'ANR DeerPal (<https://deerpal.humanum.fr/methods.html>). Avant toute analyse destructive, les dents ont fait l'objet d'un relevé photogrammétrique, d'un moulage de la surface occlusale pour analyse de texture de micro-usure dentaire, et d'un microCT scan. La découpe des lames minces a été réalisée par Éric Pubert (PACEA), dans les locaux du laboratoire PACEA à Bordeaux (UMR 5199), durant l'année 2022 ; le protocole utilisé est décrit par Éric Pubert dans un encadré spécial présenté en Annexe (II.4). La réalisation des lames minces, l'achat des équipements ayant servi à réaliser les lames, et les missions d'observation collective des lames ont été financées par le projet ANR DeerPal (coord. E. Discamps).

Protocole de lecture des lames

La lecture des bandes de ciment a été réalisée au laboratoire TRACES (UMR-5608) en collaboration avec Éric Pubert (PACEA UMR-5199), William Rendu (ZooSCAn – CNRS / IAET RAS) et Emmanuel Discamps (TRACES UMR-5608). L'observation des lames a été menée à l'aide d'un microscope optique polarisant, sous des grossissements allant de x10 à x100. L'appareil utilisé est un ZEISS AxioImager 2m.

Les lames sont observées en lumière naturelle, polarisée, et polarisée avec insertion d'une lame $\frac{1}{4}$ d'ondes. En effet, de nombreuses altérations taphonomiques (e.g. perte de collagène, phénomènes de recristallisation, arrachements du ciment, voir par exemple : Stutz, 2002 ; Rendu et al., 2011 ; Naji et al., 2015 ; Bertran, 2017) peuvent venir entraver la lecture de la dernière bande. Pour identifier ces phénomènes, nous avons réalisé une lecture systématique des lames en insérant une lame $\frac{1}{4}$ d'onde, comme préconisé par A. J. Stutz (2002). La sélection du ROI (*Region Of Interest*) s'est appuyée, dans la mesure du possible, sur la présence dans une même zone des six critères optimaux définis par W. Rendu et ses collaborateurs (2022).

Les lames ont été observées conjointement par les quatre analystes, lors de deux sessions de travail d'une semaine (septembre 2022 et mars 2023). Une dernière session menée en octobre 2023 et réunissant E.D, E.P et C.D a été consacrée à l'arrêt du verdict, par la réalisation d'un test à l'aveugle. Chaque analyste fixe une détermination et la retranscrit sur une feuille de calcul Excel individuelle, pour chacune des lames observées. Les résultats des trois analystes sont ensuite confrontés :

- Lorsque tous les analystes s'accordent : la détermination est validée, et nous reprenons systématiquement la lame pour regarder quel ROI a été sélectionné par chacun et échanger et (in)valider nos arguments.
- Lorsque des divergences de verdict existent : nous reprenons la lecture de la lame tous ensemble afin de comprendre ce désaccord et tenter de proposer un nouveau verdict ensemble. Lorsque nous n'avons pas réussi à comprendre l'origine du problème, mais que les déterminations sont proches (e.g. deux analystes penchent pour DBS et un analyste pour MBS), les deux déterminations sont gardées (e.g. DBS/MBS). Lorsque les saisons sont éloignées en revanche, ou que les trois analystes sont en désaccord - y compris lors de la relecture conjointe de la lame -, celle-ci est

automatiquement classée en « illisible ». Au moindre doute, la lame est classée en « illisible ».

b) Éruption dentaire

Chez les mammifères, les premières années de vie de l'animal voient le développement d'une dentition lactéale, qui sera plus tard remplacée par les dents définitives (Hillson, 2005). Au cours de cette période, l'évolution de la dentition est rapide et propice à l'obtention d'âges dentaires de bonne précision, parfois au mois près²³.

Par ailleurs, les périodes de mise bas sont généralement synchrones chez une même population – voire une même espèce –, et peuvent s'étendre sur une fourchette de temps relativement courte (généralement, de 2 à 3 mois). Ainsi, le croisement des données issues de l'étude des stades d'éruptions dentaires aux données actualistes sur les périodes de mise bas de l'espèce concernée peut permettre d'accéder à des saisonnalités de mort relativement précises, et ainsi d'en inférer des hypothèses quant aux stratégies cynégétiques humaines.

L'estimation d'âges à partir de l'étude des stades d'éruption dentaire s'est appuyée sur plusieurs référentiels actualistes offrant un degré de précision relativement élevé : nous avons utilisé les travaux de K.-H. Habermehl (1985) pour le Cerf, de C. Tomé (1999) et C. Tomé et J.-D. Vigne (2003) pour le Chevreuil, F. L. Miller (1974) pour le Renne, G. C. Frison et C. A. Reher (1970) pour les Bovinés et A. Lemoine et ses collaborateurs (2014) pour le Sanglier.

c) Présence de fœtus/morts-nés

Lors des tous premiers stades de sa croissance, l'os est composé de cartilage, un tissu conjonctif qui est ensuite progressivement remplacé par le tissu osseux lisse et régulier qui caractérise l'os adulte (Barone, 1966). Les os de fœtus sont ainsi très caractéristiques et présentent une texture écailleuse qui semble se desquamer. S'ils

²³ A noter qu'une certaine variabilité interindividuelle existe, et qu'une détermination trop précise est nécessairement sujette à plus de risques d'erreur d'estimation.

sont facilement identifiables à l'œil nu au sein d'une collection archéologique, il reste néanmoins difficile d'en estimer l'âge exact sur de simples critères d'observation ; par ailleurs, leur texture est difficilement distinguable de celle d'individus mort-nés ou morts dans les premières semaines de vie.

A l'heure actuelle, les référentiels permettant d'attribuer une saison précise à partir de mesures faites sur les ossements de fœtus – permettant des estimations parfois au(x) mois près – sont encore rares pour les espèces sauvages (voir par exemple : Spiess, 1979 et Discamps et Soulier, 2024 pour le Renne ; Hillis et Mallory, 1996 pour le Loup) ; la poursuite de leur développement constituera sans doute un enjeu particulier dans les prochaines années, puisqu'en plus de permettre d'attester de chasses aux femelles gravides, ils peuvent permettre d'aborder avec une extrême précision et de manière non-invasive les saisonnalités de prédation des proies possédant des fenêtres de reproduction courtes.

Pour le Renne, le référentiel proposé par E. Discamps et M.-C. Soulier (2024) a été préféré à celui de Spiess (1979), en raison de sa plus grande précision et de sa rapidité d'utilisation (la conversion des mesures en âges se fait directement via une interface R shiny « fetusmeteR », <https://ediscamps.shinyapps.io/fetusmeteR/>).

Outre une certaine variabilité interindividuelle et le fait que ce référentiel s'appuie sur des populations actuelles (biais actualiste), il est important de mentionner qu'une mauvaise nutrition hivernale peut entraîner un retard de croissance du fœtus (Roine et al., 1982), constituant un biais supplémentaire dont il faut tenir compte.

A noter que l'une des difficultés de cette étude fut de trouver des critères anatomiques permettant de déterminer spécifiquement les restes de fœtus de cervidés. En effet, au stade fœtal, les os de Renne sont encore difficiles à distinguer des os appartenant aux autres cervidés (Cerf, Chevreuil) ; pour pallier ce problème, des projections spatiales ont été réalisées afin d'aider à la détermination des fœtus de cervidés²⁴.

En l'absence de référentiels adaptés pour les autres espèces du corpus, la présence de fœtus est simplement mentionnée et associée à des fourchettes de temps

²⁴ En effet, à certains endroits du site, une tendance spatiale très marquée entre le Renne d'un côté et le Cerf-Chevreuil de l'autre a pu être identifiée (cf. Partie III, chap. 1) et a pu constituer un argument supplémentaire – en restant prudents toutefois – pour trancher en cas de doute sur une détermination.

moins précises, en fonction du stade de développement observé (elles peuvent s'échelonner entre les premiers mois dans le ventre et les premières semaines de vie après la mise bas).

Chapitre 4 – Analyse Archéozoologique

a) Agent(s) Accumulateur(s) et perturbateur(s) ?

Les accumulations osseuses peuvent être d'origine naturelle (e.g. mort naturelle *in situ*, avens-pièges), ou résulter d'une action de prédation par d'autres animaux (e.g. carnivores, humains, rapaces). A l'instar des humains, les carnivores sont connus pour leur capacité à accumuler un grand nombre de carcasses sur leur lieu d'habitat (e.g. Pickering et al., 2004 ; Fosse et al., 2012 ; Rufà et al., 2014), particulièrement en contexte de grotte (Palomares et al., 2022). Afin d'identifier l'origine de l'accumulation osseuse, les traces d'origine anthropique (e.g. stries de boucherie, raclage, plages de retouches) et de carnivores (e.g. os digérés, diverses traces de manducation : Binford, 1981) sur les ossements ont été quantifiées pour chaque unité stratigraphique et spatialisées, en y intégrant d'autres données spatiales disponibles pouvant révéler les passages de ces deux agents (respectivement, présence de foyers et d'industries lithiques, coprolithes et dents déciduales de chute).

Par ailleurs, lors des passages de carnivores, l'action parfois combinée des déplacements, du creusement (e.g. bauges, terriers) et du charognage, peut être synonyme de puissantes perturbations des niveaux formés ou en cours de formation (Camarós et al., 2013 ; Arilla et al., 2020 ; Discamps et Dancette, 2022) et des vestiges osseux qu'ils contiennent (Binford, 1981 ; Blumenschine, 1988 ; Fourvel, 2012 ; Mallye et al., 2013). Les indices de passages de carnivores et leur spatialisation sur le site ont donc fait l'objet d'une attention particulière.

b) Âge des individus chassés

L'estimation de l'âge des individus abattus dans un ensemble archéologique permet d'établir les profils de mortalité et ainsi d'accéder aux structures des communautés de mammifères vivantes visées par les humains lors des épisodes de chasse. Lorsqu'elles sont croisées aux données de saisonnalité et aux données sur l'éthologie actuelle de ces espèces, il est possible d'en inférer le degré de planification dans l'acquisition et la gestion de ces ressources carnées. Confrontées aux données sur les stries de boucherie, elles permettent de discuter des produits recherchés sur l'animal (e.g. la viande de Renne présente une valeur économique très forte autour d'un an : Renecker et al., 2005). Ces questionnements étant au cœur de ce travail, l'estimation des âges a fait l'objet d'une attention particulière.

Éruption et usure dentaire

Les rythmicités d'éruption et d'usure dentaire des dents lactéales et définitives suivent une séquence relativement comparable d'un individu à un autre issu d'une même espèce (Hillson, 2005) et ont donné naissance à de nombreux référentiels permettant d'accéder aux âges des animaux. Ces données actualistes peuvent être transposées aux espèces paléolithiques équivalentes, à condition de garder à l'idée que ces rythmicités ont pu évoluer sur le temps long, et peuvent varier en fonction des habitudes alimentaires. Dans le cadre de cette étude, la détermination des âges dentaires s'est appuyée sur les référentiels cités précédemment (Part II, chapitre 3 : « Éruptions dentaires ») auxquels s'ajoute celui de M. A. Levine (1979) pour les Équidés. Chaque fragment dentaire déterminé s'est vu attribuer un âge au plus précis possible, afin de pouvoir estimer le Nombre Minimum d'Individus (NMI) de chaque espèce. Les individus décomptés ont ensuite été regroupés selon les classes d'âges communément utilisées en archéozoologie (juvéniles, adultes, séniles) en fonction de leur éthologie respective.

Profils d'abattage

L'étude des profils d'abattage cherche à restituer, à partir des classes d'âges précédemment obtenues et de leur fréquence respective, les groupes sociaux représentés dans une accumulation osseuse. Ces données sont parfois mobilisées pour discuter de l'origine des accumulations osseuses : naturelle (e.g. mort *in situ* ; Stiner, 1990), ou résultant d'une prédation par les carnivores (Klein et Cruz-Urbe, 1983), ou par les humains. Dans le cadre de cette étude, les profils d'abattages sont utilisés pour tenter d'accéder aux structures de communautés vivantes visées par les groupes humains (Klein, 1982 ; Stiner, 1990 ; Steele, 2003). Ils sont ensuite croisés avec d'autres proxys (e.g. saisons, stries de boucherie) et données actualistes (e.g. éthologie), afin de discuter des risques encourus et de la recherche de rendement.

Dans le cadre de cette étude, les profils de mortalité ont été analysés à l'aide de diagrammes ternaires à zonation. Les zonages de référence construits par modélisation mathématique à partir des données éthologiques de ces taxons (Discamps et Costamagno, 2015) ont été utilisés pour le Cheval, les Bovinés, le Cerf et le Renne. Pour le Chevreuil, nous avons utilisé les zonations proposées par M. Gardeur (thèse à paraître) et construites en suivant la même méthode de simulation mathématiques (*ibid.*) à partir des classes d'âge suivantes : 0 – 14 mois (juvénile), 14 mois – 10 ans (adulte), plus de 10 ans (sénile). Les diagrammes ternaires sont interprétés en suivant les aires définies par S. Costamagno et E. Discamps (2015), à savoir : JPO (juvénile-adulte-sénile), JOP (juvénile-sénile-adulte), P (adulte) et O (sénile). L'emploi de cette méthode est jugé peu fiable au-dessous de 30 individus (Lyman, 1987), or aucun de nos échantillons n'a livré de tels décomptes. Par conséquent, des ellipses de confiance à 95% ont été générées (Steele et Weaver, 2002, Weaver et al., 2011). Les diagrammes ternaires ont été produits à partir du logiciel libre Triangle (version 2.0).

c) Transport des carcasses

Un grand nombre de facteurs peut jouer un rôle dans le choix des portions anatomiques qui seront transportées sur le site : choix culturels, préférences

alimentaires, état sanitaire de l'animal, distance jusqu'au site de consommation, contraintes topographiques, l'arrivée de la nuit, ou encore, la taille de la carcasse et la taille du groupe constituent autant de paramètres non-exclusifs pouvant interférer dans les décisions prises par les groupes humains (voir notamment, Binford, 1978). La consommation peut être immédiate (directement sur le lieu d'abattage), ou être séquencée dans le temps et dans l'espace (Bartram et al., 1991 ; Binford, 1978 ; 1991 ; Abe, 2005).

Si la nature palimpsestuelle des dépôts archéologiques rend les épisodes isolés difficiles à appréhender, il est possible, sur la base d'échantillons plus conséquents accumulés sur des échelles de temps plus longues, d'identifier des tendances, des répétitions de gestes ou de comportements. L'examen et la quantification des portions squelettiques retrouvées au sein des unités archéologiques permet alors d'identifier ces pratiques récurrentes. Confrontés à des index de référence sur leur utilité nutritive et technique, les représentations squelettiques offrent également la possibilité de discuter de la recherche de rendement en termes de qualité et de quantité de viande et de moelle, ou encore d'utilité technique – à condition toutefois de s'assurer au préalable qu'une destruction préférentielle des éléments les moins denses, ne soit pas responsable des représentations squelettiques obtenues.

Représentations squelettiques

Usuellement en archéozoologie, la représentation des profils squelettiques repose sur une première étape qui est le calcul du NME (Nombre Minimum d'Éléments squelettiques ; Lyman, 2008). Elle peut être réalisée en décomptant le nombre minimum de fragments d'un même élément squelettique et d'une même latéralité se chevauchant par rapport à un os complet, ou par calcul du NDE, une méthode de comptage alternative introduite par E. Morin et ses collaborateurs (2017a ; 2017b ; 2019). Cette dernière repose sur le placement de repères standardisés (landmarks) et numérotés sur les différents éléments squelettiques d'un taxon donné. Chaque landmark identifié au sein d'une collection archéologique est ensuite enregistré grâce à son numéro d'identification, et leur quantification permet *in fine* d'appréhender quels sont les éléments squelettiques les mieux représentés. Des NDE supplémentaires ont par la suite été définis dans

l'application TIPZOO, sur la base de landmarks et de mesures de longueur de certaines structures anatomiques (Discamps, 2021).

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi d'utiliser les NDE pour quantifier les représentations squelettiques. Directement implémentée dans TIPZOO (Discamps, 2021) sous forme de cases à cocher illustrées et de mesures en millimètres, la méthode des NDE présente l'intérêt de standardiser la prise de données et de faciliter les comparaisons inter-niveaux ou inter-sites. Les landmarks ne figurant pas dans les publications princeps (Morin et al., 2017a ; 2017b ; 2019) sont décrites dans le logiciel et son manuel²⁵ (e.g. longueur des côtes, d'après Castel, 1999 ; longueur de la ligne âpre du fémur, extrémités distales des phalanges, etc.).

Les données quantifiées des landmarks et les représentations graphiques des profils squelettiques de chaque espèce sont ensuite obtenus à partir des scripts et des planches de référence (shapefiles) disponibles dans les environnements TIPZOO-R et TIPZOO-QGIS (*op. cit.*). Ces manipulations sont automatisées grâce aux scripts R. Leur objectif est dans un premier temps de calculer le NDE en décomptant le nombre d'apparition de chaque landmarks (pour chaque taxon et pour chaque couche), puis d'en déduire le MAU (Binford, 1984) en divisant le NDE par le nombre de fois où l'élément est attendu dans un squelette complet (e.g. pour l'extrémité distale de fémur, un NDE de 2 induira un MAU de 1). Pour les éléments squelettiques possédant plusieurs landmarks, la valeur obtenue la plus haute est celle conservée (soit par portion pour les analyses de conservation différentielle, soit par os pour les analyses d'indices d'utilité nutritive). La dernière étape est celle du calcul du %MAU, en divisant le MAU par le MAU maximum (le plus haut du squelette) multiplié par 100 ; ce calcul est réalisé pour tous les éléments squelettiques. Les valeurs obtenues sont partitionnées en cinq groupes (de 0 à 20%, de 20 à 40%, de 40 à 60%, de 60 à 80% et de 80 à 100%) et automatiquement retranscrites dans un tableur excel (.csv) à importer sous QGIS. Le système de jointure permet ensuite de lier le tableur aux éléments squelettiques de la planche anatomique de référence, et de colorer chaque élément squelettique en fonction du groupe auquel il appartient (voir Bemilli et al., 2020 pour une description détaillée de la méthode en SIG).

²⁵ Se référer au manuel d'utilisation de l'interface TIPZOO (p.9) pour une liste complète : <https://tipzoo.cnrs.fr/download/last-release>.

Densité osseuse et conservation différentielle

En fonction de leur densité minérale certains ossements du squelette vont mieux résister que d'autres aux processus post-dépositionnels (Grayson, 1989 ; Lyman, 1984 ; Kreutzer, 1992 ; Lam et al., 1999 ; Lam et Pearson, 2005). Cette conservation différentielle des éléments squelettiques peut ainsi engendrer des profils squelettiques particuliers (disparition préférentielle des éléments les moins denses), dont l'appréhension doit précéder toute discussion sur les choix humains de transport des carcasses et l'utilité nutritive et technique des éléments ramenés.

Pour évaluer ce biais, les représentations squelettiques (%MAU) ont été confrontées aux valeurs de densité de référence connues pour ces espèces, par la réalisation d'un test de corrélation de Spearman. Plusieurs référentiels actualistes ont été mobilisés : Lam et al., 1999 pour la densité osseuse du Renne et du Cheval ; et Kreutzer, 1992 pour celle des Bovinés, de Cerf et du Chevreuil.

Indices d'utilité

Afin de discuter des choix humains et d'appréhender les raisons qui auraient pu pousser les groupes néandertaliens à ramener préférentiellement certaines portions de carcasses en vue de les consommer, les représentations squelettiques (%MAU) ont été comparées à plusieurs indices d'utilité nutritive et technique par la réalisation d'un test de corrélation de Spearman.

Pour le Cheval, le référentiel proposé par A. Outram et P. Rowley-Conwy (1998) a été utilisé pour estimer si le poids de viande et la quantité de moelle ont pu influencer les stratégies de transport. Pour le Cerf, le Chevreuil et le Renne, ce sont les référentiels basés sur les valeurs du Caribou qui ont été utilisés, à savoir celui de D. Metcalfe et K. T. Jones (1988) pour le SFUI (*Standardized Food Utility Index*), de K. T. Jones et D. Metcalfe (1988) pour le volume de la cavité médullaire et celui publié par E. Morin (2007) pour les acides gras insaturés (UMI – *Unsaturated Marrow Index*).

L'état sanitaire de l'animal peut varier au fil de l'année (e.g. la quantité de moelle contenue dans les os longs diminue en hiver chez le Renne, contraint de puiser dans ses

ressources graisseuses pour produire de l'énergie ; de même, la masse de protéines musculaires diminue en cas de famine : Pösö, 2005), ainsi, les données obtenues ont été confrontées aux indices de saisonnalité afin de discuter des ressources recherchées, de leur intérêt nutritif, et ainsi d'appréhender le degré de planification des groupes humains dans l'acquisition des proies.

d) Exploitation alimentaire et technique des carcasses

Une fois l'animal abattu, sa carcasse doit être traitée en vue d'y extraire les produits alimentaires (e.g. viande, moelle, abats) et techniques (e.g. peau, tendons, moelle) désirés. Les opérations de boucherie peuvent induire des activités variées : extraction des matières carnées à l'aide d'outils tranchants, fracturation des ossements pour en extraire la moelle ou la cervelle, concassage des extrémités osseuses, façonnage des matières dures, etc. Parfois, ces activités laissent des traces sur les vestiges osseux, et constituent l'opportunité d'appréhender les gestes, de reconstruire la chaîne opératoire de boucherie et de connaître quels sont les produits qui se placent au cœur de l'économie des groupes néandertaliens. Les étapes de traitement pouvant être échelonnées sur différents sites, il est important de garder à l'esprit que seule une partie de ces activités parvient jusqu'à nous ; la multiplication des études sur différents sites peut toutefois permettre d'en dresser un tableau plus complet.

Emplacement et orientation des stries

L'extraction des matières carnées est une étape de la boucherie qui peut laisser des stries sur les ossements, générées lors du contact de l'outil tranchant sur la surface de l'os. Les différentes matières carnées ne sont pas toutes réparties au même endroit sur une carcasse animale. Ainsi, l'enregistrement de la localisation et de l'orientation de ces stries sur les ossements peut apporter des informations sur les gestes humains et les produits recherchés sur l'animal. Leur quantification peut par ailleurs permettre de révéler des pratiques récurrentes, et le croisement de ces données aux indices de

saisonnalité de discuter de la qualité et de la quantité de ces produits en fonction de l'état sanitaire de l'animal.

Dans le cadre de cette étude, les référentiels expérimentaux proposés par M.-C. Soulier et S. Costamagno (2017) et S. Costamagno et ses collaborateurs (2019) ont été mobilisés pour lier les stries observées sur les ossements à des activités précises ; les planches de référence et le système de codes créé par les deux autrices pour enregistrer la position et l'orientation sont directement implémentés dans l'interface TIPZOO (*op. cit.*).

Analyses de récurrence et de densité

En complément du relevé de la localisation et de l'orientation des stries selon le système de codes évoqué (*op.cit.*), une importance particulière a été accordée aux activités d'extraction des peaux et a fait l'objet d'une analyse plus poussée. De manière générale, le dépouillement d'une carcasse animale implique des gestes précis : incisions circulaires autour des pattes, incisions longitudinales remontant vers le tronc, détachement final (Soulier et Costamagno, 2017 ; Costamagno et al., 2019). Les peaux n'offrent pas la même qualité selon les espèces et selon les saisons. De même, les différentes parties de la peau ne présentent pas les mêmes propriétés (e.g. la peau des bas de patte de Renne est plus imperméable pour favoriser les déplacements sur la neige : Binford, 1981 ; Abe, 2005), si bien que certains segments peuvent être d'avantage convoités par les groupes humains en fonction de leurs besoins. Les gestes de découpe vont alors varier selon que l'on souhaite obtenir une peau en un seul tenant – qu'elle soit de petite ou de grande taille - ou en segments : les incisions circulaires ne seront par exemple pas localisées au même endroit sur les membres.

Afin de mieux appréhender ces gestes et d'évaluer les récurrences dans les schémas de découpe des peaux, nous avons entrepris une étude détaillée des stries de dépouillement via leur report dans un Système d'Informations Géographiques (SIG). L'avantage des SIG est qu'ils permettent de lier des données géographiques à une base de données exploitable quantitativement (Chong et al., 2019). Les restes déterminés anatomiquement, spécifiquement et qui ont pu faire l'objet d'une latéralisation ont été dessinés sur des planches anatomiques vierges de référence importées dans le logiciel

QGIS (version 3.8) et utilisées comme fond de carte. Les planches vierges ont été réalisées par M.-C. Soulier pour le Renne. Pour les autres espèces, les collections ostéologiques de référence du laboratoire TRACES ont été mobilisées : un spécimen de chaque élément squelettique à vectoriser a été sélectionné aléatoirement et photographié sur ses deux (mandibule : vestibulaire et linguale ; phalanges vestigiales : latérale et médiale) ou quatre faces (os longs et phalanges : antérieure, postérieure, latérale, médiale). Les photographies ont été importées dans QGIS sous forme de raster (système : WGS 84 – Plate carrée) et rapportées à l'échelle 19.84 comme le préconisent M.-C. Soulier et E. Morin (2016), afin de servir de patron pour la vectorisation des planches de référence.

Les éléments squelettiques susceptibles de porter des stries de dépouillement sont les éléments où la peau entre directement en contact avec l'os, à savoir : le crâne, les mandibules, le tibia, certains os du carpe (pisiforme, lunatum et pyramidal) et du tarse (calcanéum, cubo-naviculaire), les métapodes et métapodes vestigiaux, les phalanges et phalanges vestigiales, ainsi que les vertèbres caudales (Soulier et Morin, 2016 ; Soulier et Costamagno, 2017 ; Costamagno et al., 2019). L'analyse s'est donc concentrée exclusivement sur ces éléments, mais seuls ceux ayant livré au moins un fragment portant une strie de dépouillement ont été intégrés à l'étude. Le tibia a par ailleurs été exclu pour toutes les espèces : beaucoup des traces présentes sur cet élément sont ubiquistes, et les échantillons sont conséquents ce qui rendrait la vectorisation de cet élément chronophage pour un apport très limité. Parmi les éléments squelettiques retenus, tous les fragments repositionnables ont été enregistrés, y compris ceux ne portant pas de stries ; cela est utile pour les analyses de densité. Le concrétionnement couvrant une part importante de la surface de la plupart des vestiges, les fragments lisibles à moins de 50% ont été écartés de l'étude. Seuls les ossements appartenant au Cerf, au Chevreuil et au Renne ont livré des échantillons suffisants pour entreprendre ce type d'analyse. L'analyse a porté sur un total de 416 fragments (tab. II.3).

Élément squelettique	<i>Rangifer tarandus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Capreolus capreolus</i>
Mandibule	31	14	16
MTC	53	18	12
MTT	127	24	30
PHA1	32	7	20
PHA3vest	32	-	-
TOTAL	275	63	78

Tableau II.3 : Décompte des fragments osseux retenus pour les reports sous SIG et les analyses de récurrence et de densité. Sont exclus les éléments squelettiques ne portant aucune strie de dépouillement, et les fragments lisibles à moins de 50%.

Les fragments sont vectorisés un à un sur les planches de référence (sous forme de polygones), en les replaçant au plus fidèlement par rapport à un os complet. Si leur morphologie les fait apparaître sur plusieurs faces, ils sont dessinés plusieurs fois en fonction de leur plage d'apparition sur la face en question. Les stries sont, quant à elles, dessinées sur une seule face afin d'éviter leur surreprésentation d'une part, mais surtout de risquer de les lier par erreur à plusieurs activités. Toutes les stries ont été reportées, quelle que soit l'activité qui leur est associée ; cela permet de documenter d'autres pratiques inhérentes à ces éléments squelettiques (e.g. retrait des tendons).

Pour une première visualisation, les requêtes via la boîte de dialogue permettent de mettre en évidence les stries et de les colorer différemment en fonction de critères (e.g. orientation, activité associée, taille de la strie). Des analyses quantitatives plus poussées ont ensuite été entreprises, afin d'évaluer la densité et la récurrence de localisation des stries. Elles permettent, respectivement, de discuter de l'intensité des pratiques de dépouillement et du degré de standardisation des gestes.

Pour analyser la densité, nous avons suivi la méthode utilisée par E. Regis-Franzke (2020), en réalisant des cartes de chaleur. Les cartes de chaleur sont un outil permettant d'analyser des points et non des lignes : nous avons retenu le point centroïde de la strie (la ligne est convertie en point) comme préconisé pour l'emploi de cette méthode (*op. cit.*). Il est important de paramétrer correctement le rayon d'étude pour permettre la meilleure représentation possible : celui-ci dépend de la taille et de la distribution de l'échantillon et peut donc différer d'un élément squelettique à un autre. Il doit être

systématiquement spécifié en légende de carte. Si cette méthode permet d'identifier les zones denses en stries, elle ne tient pas compte du nombre de fragments sous-jacents aux tendances observées.

L'analyse de la récurrence permet de tenir compte du nombre de fragments présents dans un endroit donné et d'évaluer ainsi la fréquence à laquelle les stries apparaissent. La méthode utilisée est celle décrite par S. Chong (2011) et S. Costamagno et al. (2019). Une zone tampon de 1 centimètre a été créée autour de la strie. Un maillage a ensuite été généré, et le nombre de polygones (zones tampon) est décompté au sein de chaque maille. Ces valeurs sont pondérées par le nombre de pièces présentes dans chaque maille ; celles ne contenant qu'une seule pièce sont exclues. Ces résultats sont présentés sur des planches sur lesquelles les mailles apparaissent plus ou moins foncées en fonction de la récurrence des stries à cet endroit (voir par exemple : Soulier et al., 2022).

Indices de stockage alimentaire

Dans des environnements où la disponibilité et la qualité des proies sont saisonnièrement contrastées, la maîtrise des techniques de conservation de la viande peut s'avérer indispensable à la survie des groupes humains (Soulier et Costamagno, 2018). Si le stockage des denrées alimentaires peut se faire par divers procédés (pour une synthèse à ce sujet, voir : Soulier, 2013 ; Costamagno et Nôus, 2021), leur mise en évidence archéologique est encore difficile aujourd'hui. Elle offre pourtant la possibilité d'appréhender les capacités d'anticipation, de discuter de l'organisation logistique et territoriale des groupes, voire d'aborder des problématiques liées aux inégalités sociales (Soulier et Costamagno, 2018).

Plusieurs études ethnographiques (voir par exemple : Binford, 1981 ; Nilssen, 2000) ont démontré que le filetage de la viande en vue de son séchage ou de son fumage pouvait laisser des stries longues et longitudinales sur les os longs charnus (Soulier et Morin, 2016). À l'inverse, la décarnisation en vue d'une consommation directe laisse plus souvent des stries obliques ou transverses plus courtes (Binford, 1981 ; Abe, 2005 ; Chong et al., 2019). Des travaux de synthèse récents (Soulier et Morin, 2016) ont montré que les stries longues et longitudinales étaient fréquentes à certaines périodes du

Pléistocène supérieur, notamment au cours du LGM (*Last Glacial Maximum*) où les conditions sont particulièrement rigoureuses. Jusqu'à il y a peu, la méthode communément employée pour analyser les stries longues et longitudinale reposait sur le report de pièces via des logiciels de vectorisation en vue de leur traitement statistique (*op. cit.*) ; si elles restent très performantes, ces analyses sont toutefois particulièrement chronophages. Un indice permettant de mettre en évidence cette pratique de manière rapide et automatisée a été récemment introduit (Soulie, 2021), il s'agit du %cutL, un ratio entre les stries longitudinales et les stries obliques ou transverse²⁶ des diaphyses d'os longs charnus. S'il est tout à fait possible de le calculer manuellement, en s'accordant aux méthodes d'enregistrement de chacun, il est facilité par l'utilisation de TIPZOO : la formule est directement intégrée à l'environnement TIPZOO-R à partir du système de codes d'enregistrement des stries (Soulie et Costamagno, 2017 ; Costamagno et Soulie, 2019). Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé ce calcul pour tous les os longs charnus des espèces dont l'échantillon était supérieur à 50 restes. Des intervalles de confiance à 95% ont par ailleurs été ajoutés.

Analyse de la fracturation des os

En plus d'avoir des qualités techniques importantes (e.g. combustible, conservation des aliments, adoucissement des peaux), la moelle contenue dans les diaphyses d'os longs et la graisse présente dans les portions spongieuses, particulièrement riches en lipides, possèdent une valeur nutritive de très haut rang (Binford, 1978). Si de nombreux travaux ont montré que ces ressources étaient très prisées tout au long du Paléolithique dans des contextes très variés (Munro et Bar-Oz, 2005 ; Manne et al., 2012 ; Costamagno et Rigaud, 2014 ; Crezzini et al., 2023), celles-ci peuvent se révéler particulièrement intéressantes dans les environnements froids (Hodgkins et al., 2016), où les besoins caloriques sont plus intenses.

²⁶ Ce ratio est réalisé pour chaque os long charnu (humérus, radio-ulna, fémur, tibia), uniquement à partir des portions diaphysaires (portions 2 à 4, Soulie et Morin, 2016). Le calcul du %cutL est basé sur la formule suivante : Nombre de fragments portant au moins une strie longitudinale / Nombre de fragments portant au moins une strie * 100 (Soulie, 2021).

L'extraction de ces matières peut laisser des traces variables sur les ossements ; celles-ci ont fait l'objet d'un enregistrement systématique dans la base de données (cf. Partie II, Chapitre 1 « Enregistrement des données ») et ont été quantifiées pour chaque élément squelettique de chaque espèce. Afin d'identifier d'éventuelles récurrences dans les gestes d'extraction de la moelle des os longs, un pourcentage de fragments portant au moins une encoche a été calculé, à partir de la base de données TIPZOO, pour chaque portion diaphysaire (proximale, mésiale, distale) de chaque os long. Parallèlement, nous avons cherché à identifier les éléments diagnostiques de la récupération alimentaire de la graisse des portions spongieuses, à savoir : rareté des extrémités articulaires complètes, sous-représentation des fragments d'extrémités articulaires, rareté des portions spongieuses brûlées (inférieures à 5%), absence de traces de carnivores (Morin, 2020). Lorsque qu'une récupération de la graisse des parties spongieuses a été suspectée, nous avons cherché à identifier les activités qui ont pu être réalisées (e.g. confection de pâte et de farine d'os, de ragoûts, de soupes, ou encore, de pemmican) en quantifiant les os spongieux en fonction de leur taille (Soulé et Morin, 2017).

Combustion

La présence d'os brûlés sur les sites paléolithiques peut résulter d'incendies, d'une brûlure accidentelle (e.g. installation d'un foyer sur des ossements déjà présents), ou de gestes anthropiques volontaires (e.g. rôtissage de la viande, utilisation comme combustible, nettoyage du site, pratiques rituelles). La fouille et la spatialisation des restes brûlés peut permettre d'identifier des zones de concentration, et les analyses micromorphologiques (Goldberg et al., 2012 ; 2017) de confirmer ou non leur appartenance à des structures de combustion primaires (foyer) ou secondaires (remanié, zone de récurage), ou de voir s'il s'agit d'une brûlure accidentelle. Lorsqu'une structure de combustion primaire est identifiée, et qu'elle présente une bonne préservation, l'analyse de son contenu peut permettre d'identifier les processus à l'origine de sa mise en place (Meignen et al., 2000) voire de discuter son mode de fonctionnement (Lejay, 2018). La couleur de l'os évolue en fonction de la durée de la température de chauffe et constitue une bonne opportunité d'identifier l'origine des os brûlés (Théry-Parisot et al., 2009). Plusieurs travaux expérimentaux ont démontré qu'il

était possible de détecter l'utilisation de la graisse contenue dans les os spongieux comme combustible, en évaluant l'intensité de chauffe en fonction du type de tissus brûlé (Costamagno et al., 2005 ; 2009 ; 2010 ; Théry-Parisot et Costamagno, 2005 ; Théry-Parisot et al., 2009). Cette ressource a pu avoir une importance particulière dans des contextes où les ressources en combustibles végétaux étaient rares.

Lors des fouilles, plusieurs aires de combustion ont été identifiées au Roc-de-Marsal, dans les niveaux 5, 7, 9 et 10 (voir Turq et al., 2009, p. 84 - 96). Toutefois, nous ne disposons que de peu d'informations sur leur emprise exacte et sur les vestiges qui leur sont associés : d'après les données spatiales de terrain qui nous ont été confiées, seules 6 fragments osseux sont associés à une structure de combustion (« Combustion feature 2 » n = 2 et « Combustion feature 3 » n = 4). Ainsi dans le cadre de ce travail, les os brûlés coordonnés et issus des refus de tamis ont été spatialisés afin de circonscrire l'emprise de ces zones et d'évaluer leur agencement par rapport aux autres vestiges. Lorsqu'une zone de concentration est identifiée, les vestiges brûlés lui étant associés sont quantifiés afin de tester l'hypothèse de leur utilisation comme combustible, en suivant le protocole proposé par S. Costamagno et ses collaborateurs (2009). Le matériel associé à ces structures a également fait l'objet d'une attention particulière.

Partie III – Résultats

Chapitre 1 – Réévaluation stratigraphique et constitution de nouvelles unités

Avant de procéder à une réévaluation stratigraphique de la séquence, il apparaît nécessaire de dresser un premier état de la composition taxinomique de l'assemblage par couches et d'établir une comparaison avec les précédentes études. Les décomptes du spectre de faune des trois niveaux étudiés du Roc-de-Marsal sont présentés dans le *tableau III.1*. Les taxons dits « tempérés »²⁷, Cerf (40,2% des restes) et Chevreuil (39,2%), dominent largement le spectre du niveau 7 – niveau le plus profond –, suivis, dans une moindre mesure, du Renne (10,7%) et du Cheval (6,7%). La part du Renne augmente nettement dans le niveau 6 (47,8%), au détriment du Cerf (19 %) et surtout du Chevreuil (9,3%). Le Cheval y est relativement bien représenté puisque près de 20% des restes proviennent de ce taxon, tandis que la part des Bovinés baisse à 3%. Le niveau 5 quant à lui est nettement dominé par le Renne, qui constitue 68,6% de l'assemblage. Il est associé aux taxons de milieux ouverts, Bovinés (9,6%) et Cheval (9,5%), puis, dans de faibles proportions, de taxons « tempérés » (Cerf : 5,8%, Chevreuil : 5,5%). Parmi les ongulés, Renne, Cerf, Chevreuil, Bovinés et Cheval sont les taxons les mieux représentés de l'assemblage, quel que soit le niveau. Le Sanglier, le Chamois, le Bouquetin et l'Hydruntin sont parfois présents mais en très faibles proportions.

Les carnivores quant à eux sont quasi-absents de tous les niveaux. Seuls quelques restes de Renard (niveaux 5, 6 et 7) et de Loup (niveaux 5 et 7) ont été décomptés, auxquels s'ajoutent un reste d'Hyène dans le niveau 7 et un reste de Chat dans le niveau 5.

Les faibles échantillons disponibles pour le Sanglier, le Chamois, le Bouquetin, l'Hydruntin et les Carnivores nous ont conduite à ne pas faire reposer la réévaluation

²⁷ Bien que ces taxons soient généralement reconnus comme à « cachet tempéré », ils possèdent en réalité une grande plasticité écologique leur permettant de fréquenter également des environnements non-tempérés (e.g. forêts boréales, montagnes ; cf. *Partie I, Chapitre 2 : Écoéthologie et signal environnemental des principales espèces*).

stratigraphique de la séquence sur ces espèces (cf. *infra*) ; ces dernières sont toutefois réintégrées lors de l'analyse archéozoologique. La constitution de nouvelles unités repose ainsi sur les cinq espèces principales du corpus, à savoir : Renne, Cerf, Chevreuil, Bovinés et Cheval.

			Couche 5			Couche 6			Couche 7			
			NRcoord	NRTamis	%NR	NRcoord	NRTamis	%NR	NRcoord	NRTamis	%NR	
Restes déterminés spécifiquement	Ongulés	<i>Rangifer tarandus</i>	939	390	68,6	141	33	47,8	99	56	10,7	
		<i>Cervus elaphus</i>	49	64	5,8	44	25	19,0	425	158	40,2	
		<i>Capreolus capreolus</i>	32	74	5,5	10	24	9,3	266	303	39,2	
		<i>Bos primigenius / Bison priscus</i>	149	36	9,6	10	1	3,0	15	1	1,1	
		<i>Equus caballus</i>	112	71	9,5	57	12	19,0	72	25	6,7	
		<i>Sus scrofa</i>	2	7	0,5	2	2	1,1	14	15	2,0	
		<i>Rupicapra rupicapra</i>	0	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
		<i>Equus hydruntinus</i>	0	0	0,0	1	0	0,3	1	0	0,1	
		<i>Capra ibex</i>	1	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
	Total Ongulés	1284	644	99,6	265	97	99,5	892	558	99,7		
	Carnivores	<i>Vulpes sp.</i>	0	4	0,2	1	1	0,5	1	0	0,1	
		<i>Canis lupus</i>	0	2	0,1	0	0	0,0	0	2	0,1	
		<i>Crocuta sp.</i>	0	0	0,0	0	0	0,0	1	0	0,1	
		<i>Felis sylvestris</i>	0	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
		Total Carnivores	0	7	0,4	1	1	0,5	2	2	0,3	
	Mésafaune	Lagomorphe	0	0	0,0	0	0	0,0	1	0	0,1	
		<i>Martes foina</i>	1	0	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
		Total Mésafaune	1	0	0,1	0	0	0,0	1	0	0,1	
	Total (NRDt)			1285	651	100,0	266	98	100,0	895	560	100,0
	Indéterminés spécifiquement (classe de taille)	Cervidés	24	33	-	1	7	-	9	12	-	
Cervidés taille Cerf		0	0	-	0	0	-	4	0	-		
Petits carnivores		0	0	-	0	1	-	0	0	-		
MAM 1		15	3	-	1	0	-	277	4	-		
MAM 1-2		355	28	-	63	3	-	236	6	-		
MAM 2		1294	6	-	137	0	-	238	2	-		
MAM 2-3		390	29	-	41	1	-	545	10	-		
MAM 3		94	0	-	4	0	-	31	0	-		
MAM 3-4		740	32	-	66	2	-	160	11	-		
MAM 4		10	0	-	0	0	-	0	0	-		
MAM 4 - 5		0	0	-	0	0	-	4	0	-		
Classe de taille indéterminée		1168	43	-	131	12	-	1109	40	-		
Total indéterminés		4090	174	-	444	26	-	2613	85	-		
TOTAL général (NRT)		5375	825	-	710	124	-	3508	645	-		
NRT coordonnées + tamis		6200		-	834		-	4153		-		

Tableau III.1 : Composition taxinomique de l'assemblage osseux des niveaux 5, 6 et 7 du Roc-de-Marsal. NR = Nombre de Restes. NRT = Nombre de Restes Total. NRDt = Nombre de Restes Déterminés taxinomiquement. NRDa = Nombre de Restes Déterminés anatomiquement. MAM = Mammifère.

L'examen préliminaire des proportions des cinq taxons principaux (Fig III.1) montre que la part du Cerf-Chevreuil diminue au fil de la séquence, contrairement à celle du Renne, dont la place devient prépondérante dès le niveau 6. Le niveau 6 présente par

ailleurs un signal intermédiaire entre le niveau 7 dominé par le Cerf et le Chevreuil et le niveau 5 dominé par le Renne.

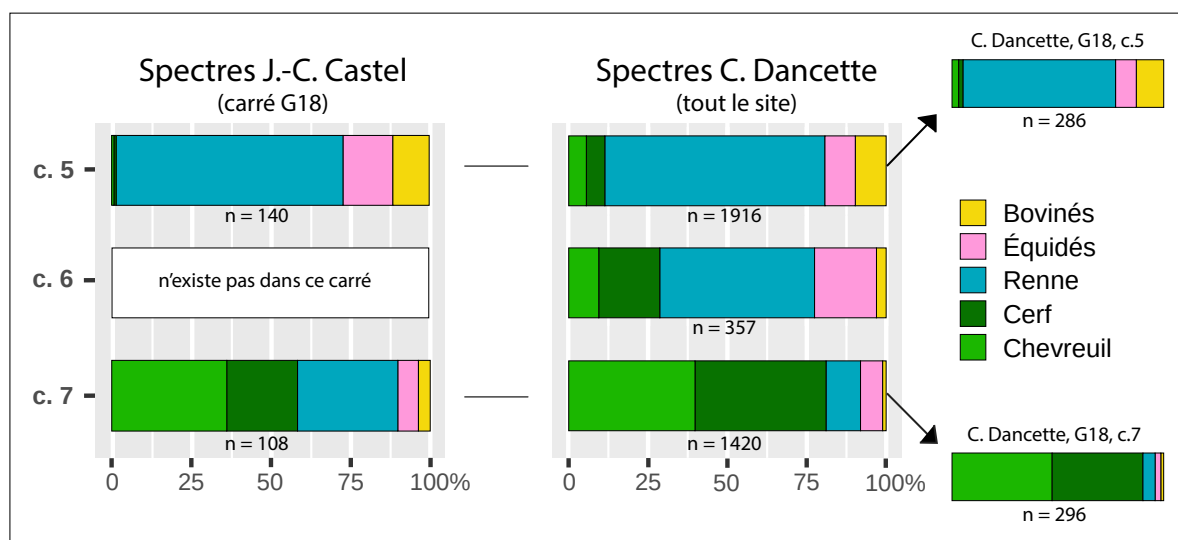


Figure III.1 : Confrontation des spectres fauniques obtenus par J.-C. Castel à ceux de la présente étude.

La confrontation du spectre (C.D.) avec celui précédemment obtenu par Jean-Christophe Castel (J.-C.C.) sur le carré G18²⁸ (Castel et al., 2017) de ces mêmes niveaux (fig. III.1) permet plusieurs observations :

- Si les proportions du Cerf et du Chevreuil apparaissent légèrement plus élevées pour C.D., les spectres du niveau 5 sont toutefois relativement compatibles entre les deux analystes. L'échantillonnage sur le carré G18 est donc relativement représentatif du reste du site.
- Le niveau 6 n'avait pas été intégré à l'étude de J.-C.C., notre étude permet de le documenter pour la première fois à partir des collections récentes²⁹ et révèle sa nature composite et intermédiaire entre le niveau 5 à dominante Renne et le niveau 7 à dominante Cerf-Chevreuil.
- Les spectres du niveau 7 ne sont pas compatibles entre les deux analystes. J.-C.C. a déterminé davantage de Renne, tandis que C.D. décompte plus de Cerf-Chevreuil,

²⁸ Les tableaux de décompte taxinomiques obtenus par J.-C.C lors de son analyse nous ont été transmis par ce même auteur ; les histogrammes cumulatifs présentés dans cette étude (fig. III.1) s'appuient sur ces données.

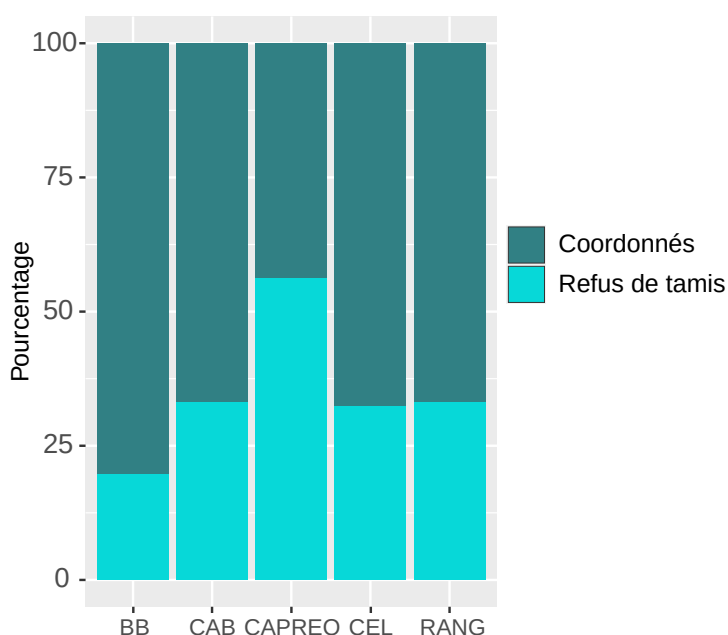
²⁹ La faune du niveau V des collections J. Lafille (= niveau 6 des collections franco-américaines) avait fait l'objet d'une étude par M. Patou-Mathis, jamais publiée à ce jour ; les spectres fauniques de cette précédente étude sont néanmoins disponibles dans la publication de G. Guérin et collaborateurs (2012).

ce qui rend, si l'on s'en tient à ces nouvelles données, l'assemblage bien moins composite pour ce niveau.

Nous avons tenté d'investiguer ce dernier point. En ne retenant cette fois que les restes appartenant au carré G18, le spectre apparaît plus différent encore (fig. III.1). Plusieurs causes non-exclusives peuvent être suspectées :

- L'absence de prise en compte des refus de tamis par l'un des deux auteurs. En effet, l'exclusion des refus de tamis pourraient entraîner une sur- ou sous-représentation de certaines espèces (e.g. Chevreuil, fig.III.2). Dans le cas présent les deux analystes ont intégré les restes issus des tamis à leur étude, mais ils ne les ont pas déterminés avec la même intensité (J.-C.C. n = 68 ; C.D. n = 139).

Figure III.2 : Proportion de vestiges coordonnés versus issus des refus de tamis pour les cinq espèces principales des couches 5 à 7 confondues. BB = Bovinés ; CAB = Équidés ; CAPREO = Chevreuil ; CEL = Cerf ; RANG = Renne.



- Les deux auteurs ont travaillé sur des restes différents, ou n'ont pas déterminé avec la même intensité. Après examen des numéros de pièces déterminées par chacun des analystes, il apparaît effectivement que certaines pièces déterminées par J.-C.C. n'ont pas été déterminées par C.D. (n = 109), et vice-versa (n = 403).
- Les deux auteurs ont déterminé les mêmes pièces mais leurs déterminations sont en désaccord. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons confronté les déterminations

pour les pièces déterminées par les deux auteurs³⁰. Il en ressort que sur 179 fragments, les déterminations s'accordent sur 148 pièces et divergent pour 30 déterminations (soit environ 17% de désaccords). Sur les 30 déterminations discordantes, 26 fragments ont été identifiés comme étant du Renne par J.-C.C., et comme étant du Chevreuil ou du Cerf par C.D. Ces désaccords concernent principalement la couche 7 (fig. III.3). La détermination à l'aveugle de ces pièces par deux autres archéozoologues (S. Costamagno et E. Discamps) a confirmé une attribution au Cerf et au Chevreuil dans 23 cas sur 26, soit 88 % (Annexe III.1). Lors de son étude, J.-C.C. devait principalement déterminer du Renne, toutes couches confondues ; les niveaux 2 à 5 sont particulièrement riches en faune et largement dominés par ce taxon (cf. Partie I, Chapitre 4, « e) Les données de la faune »). Cela a pu avoir comme effet d'augmenter la tendance à identifier du Renne chez ce dernier auteur, surtout dans le cadre d'une étude contrainte en termes de temps (rapports d'opérations annuels).

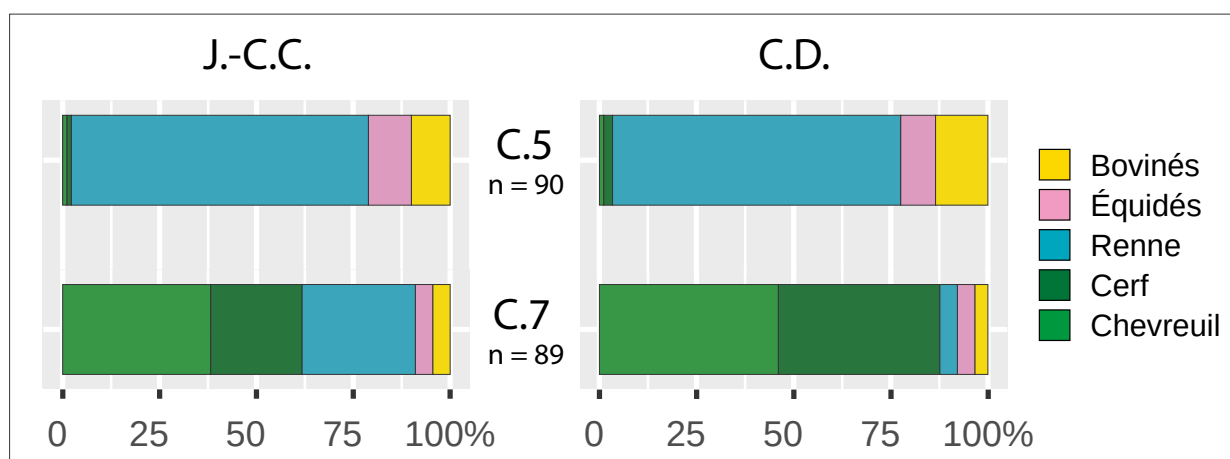


Figure III.3 : Comparaison du spectre faunique de J.-C.C. et C.D. obtenu à partir des pièces déterminées par les deux auteurs.

Les différences de spectre observées pour le niveau 7 - et, dans une moindre mesure, pour le niveau 5 - sont donc dues à la combinaison de plusieurs facteurs : certaines pièces ont été déterminées par un seul des deux auteurs (C.D. ayant tendance à déterminer davantage - qu'il s'agisse des pièces coordonnées ou des refus de tamis -

³⁰ Les restes osseux issus des refus de tamis ne possèdent pas le même numéro d'identification entre les deux auteurs et n'ont ainsi pas pu être comparés ; seuls les vestiges coordonnés ont pu faire l'objet d'une comparaison (fig. III.3).

et par effet de ricochet à augmenter la part de Cerf-Chevreuril), et parmi les pièces déterminées par les deux analystes, des divergences existent.

Quoi qu'il en soit, à ce stade de l'analyse, les niveaux 5 et 7 présentent un spectre faiblement composite, contrairement au niveau 6 – jamais documenté pour les collections récentes – dont les proportions de Renne-Cerf-Chevreuril sont en revanche importantes ; le signal de celui-ci semble constituer un intermédiaire entre le niveau 7 sous-jacent et le niveau 5 sus-jacent. Pour tenter de comprendre si la nature composite du niveau 6 et si la faible part de Renne dans le niveau 7 et de Cerf-Chevreuril dans le niveau 5 pouvaient être dues à des problèmes de découpage stratigraphique (e.g. zones d'interface plus difficiles à fouiller, sur-découpage engendrant un niveau composite intermédiaire « artificiel ») ou à des mélanges, les données taphonomiques et spatiales ont été interrogées.

a) Présentation générale de la répartition des vestiges et de la stratigraphie de terrain

Sur le plan zénithal, le niveau 5 (niveau à Renne) montre trois zones de plus forte densité (fig III.4) : une zone localisée à l'intérieur de la grotte (zone Nord, carré K16), une zone en partie centrale sous la ligne de porche actuelle (I17), et une zone localisée sur la terrasse extérieure (zone Sud, G18). Une zone de faible densité, voire d'absence totale de vestiges est observable au sein du carré K17 et fait l'objet d'une investigation plus poussée (cf. *infra*, fig. III.5). Le niveau 6 (composite) possède quant à lui une distribution plus limitée puisqu'il n'est identifié lors des fouilles que dans la partie intérieure de la grotte, avec une zone de plus forte densité au niveau des carrés K17 – J17. Enfin, le niveau 7 semble montrer deux zones de plus forte densité (H17 et G18), toutes deux en partie extérieure de la grotte.

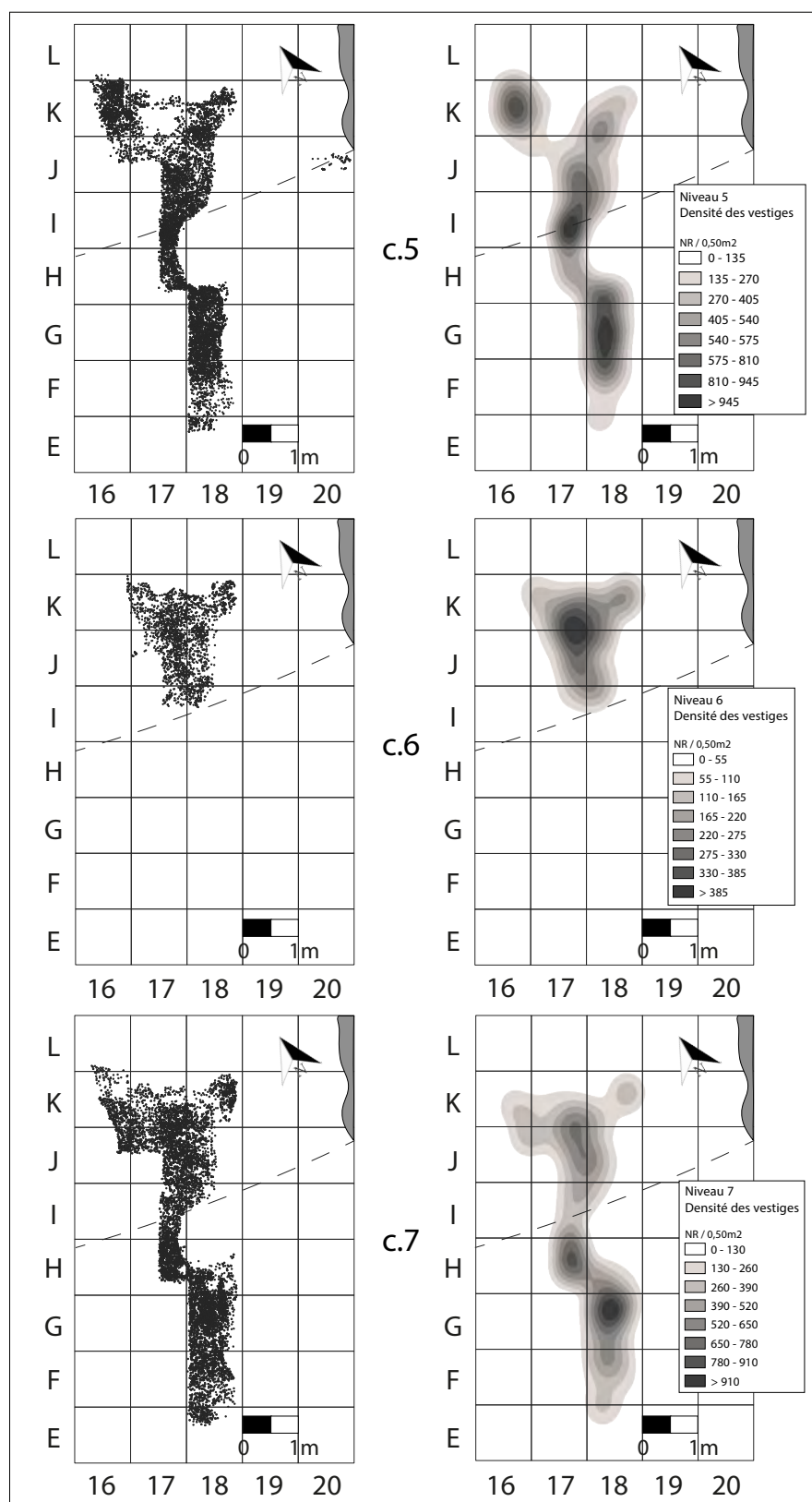


Figure III.4 : Projections zénithales et cartes de densité des vestiges (tous registres confondus : faune, silex, autres) des niveaux 5, 6 et 7. La ligne pointillée indique la limite du porche actuel.

La question de l'absence de vestiges dans le fond de la grotte (niveau 5)

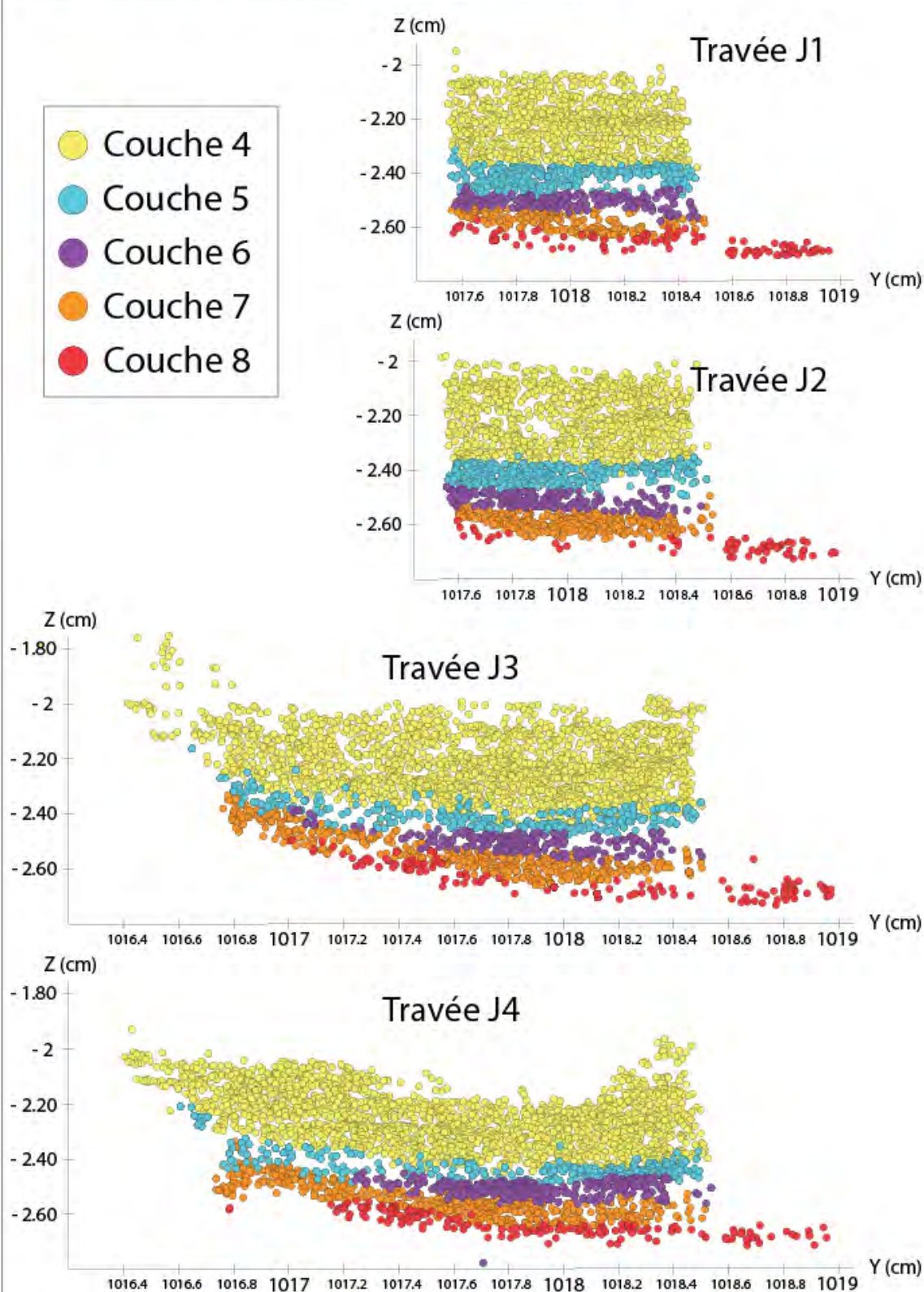
Une question soulevée précédemment visait à mieux comprendre l'absence (ou quasi-absence) de vestiges dans le fond de la grotte pour le niveau 5 (carré K17) ; pour cela, des projections en coupe frontale de 25 cm d'épaisseur sont présentées ci-dessous (fig. III.5) ; celles-ci incluent cette fois les niveaux 4 sus- et 8 sous-jacents. Afin de mieux se repérer dans la grotte lors de la visualisation des projections en coupe, le lecteur peut se référer aux l'Annexes III.2 et III.3 qui font état de la segmentation en travées (coupes frontales) et tranchées (coupes sagittales) opérée sur les projections en coupe.

Les projections montrent plusieurs phénomènes (fig. III.5). Une fine bande verticale vide de pièces coordonnées est visible au niveau des travées K3 et K4 (X = approximativement 1017), elle pourrait être liée à un effet du carroyage ou des difficultés rencontrées sur le terrain (e.g. coupe qui se désagrège³¹, obstacle conduisant à une prise de mesure légèrement décalée sans correction postérieure). Par ailleurs, on peut noter l'existence ponctuelle de « zones de vide » d'emprise assez réduite, dans lesquelles les vestiges sont peu présents ou absents. Cette observation est particulièrement valable pour le niveau 5 (e.g. Travées J1 et J2 : Y de 1018 à 1018.40 ; Travée J4 : Y de 1017 à 1017.40) ; ces zones pourraient résulter de la présence d'éboulis : « Cette couche [la couche 5] se caractérise par un nombre important de blocs d'éboulis de taille petite et moyenne » (Turq et al., 2009, p. 11). Elles ne peuvent cependant expliquer la perte de densité de vestiges du fond de la grotte pour le niveau 5, puisque l'on observe pour les travées K1 et K2 - où cette absence est la plus visible -, qu'il n'existe pas de zone de vide : les vestiges sont distribués de manière relativement homogène sans véritable rupture de densité. Toutefois, une partie des vestiges répartis dans la continuité horizontale du niveau 5 est attribuée au niveau 4 entre X = 1017.20 et X = 1018, la ligne de délimitation entre les niveaux 4 et 6 prenant à cet endroit la forme d'une dépression en « cuvette ». Nous avons cherché à obtenir des informations complémentaires pour tenter de comprendre cette attribution au niveau 4 (e.g. présence d'une structure, changement de nature du sédiment ou des vestiges), mais peu d'informations relatives à ce sujet sont figurées dans le rapport. Seul un relevé de coupe de terrain (Sandgathe et al., 2006, p. 24, présenté en annexe III.4) laisse supposer qu'il existe deux dépressions à la base de la

³¹ Ne disposant pas de l'année de fouille des pièces coordonnées, nous ne pouvons vérifier cette hypothèse.

couche 4, toutes deux situées dans le carré K17. L'une d'entre elles, la plus profonde (à droite sur le relevé de coupe de terrain, X approximatif situé entre 1017,10 et 1017,40), est directement au contact du niveau 7 (X approximatif = 1017,30) ; d'après son emprise plus réduite et du fait que sa base est directement au contact du niveau 7, elle ne correspond pas à priori pas à la dépression en cuvette observée sur nos projections. D'après nos observations, il pourrait exister un problème d'attribution : certaines pièces associées à la couche 4 (au niveau de la dépression) pourraient en fait appartenir à la couche 5. Il n'est pas possible d'en savoir plus à ce jour sans la mise en place d'analyses spatiales plus poussées intégrant les différents registres (faune, silex, etc.) des niveaux 4 et 5, et une reprise détaillée des archives de fouilles avec les responsables d'opération, ce qui dépasse le cadre de notre étude.

Projections frontales des vestiges du fond de la grotte (par couches)



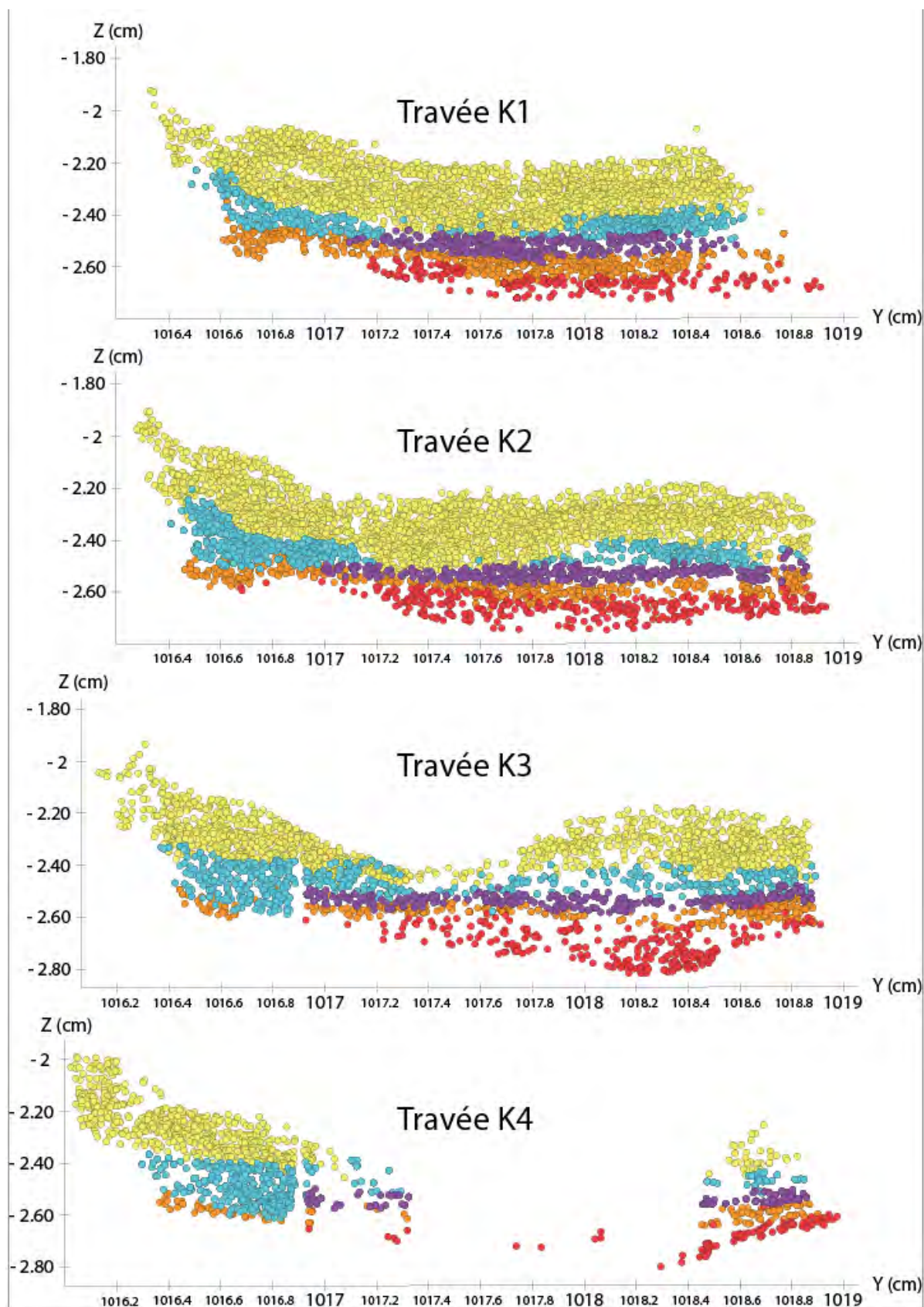


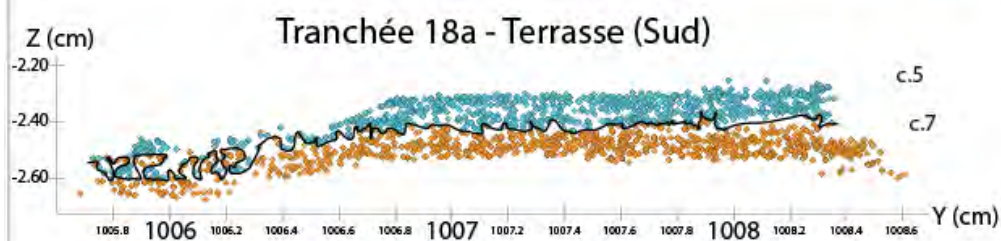
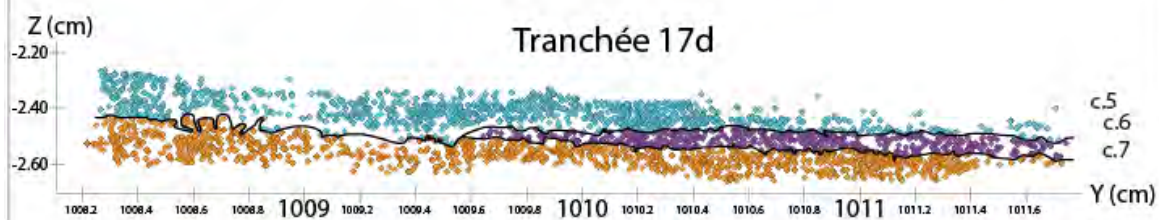
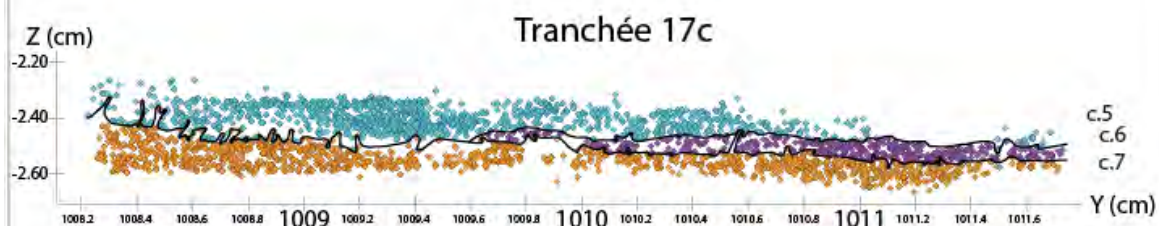
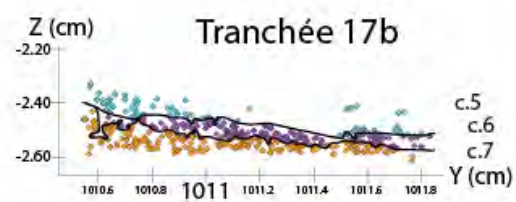
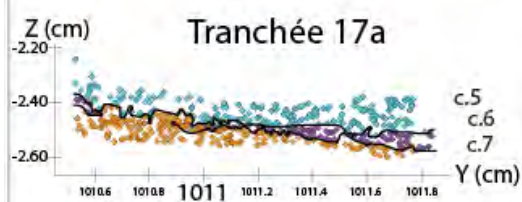
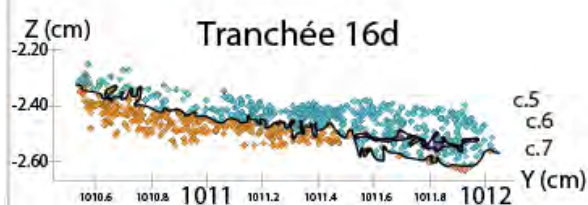
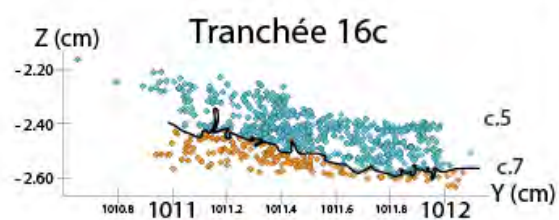
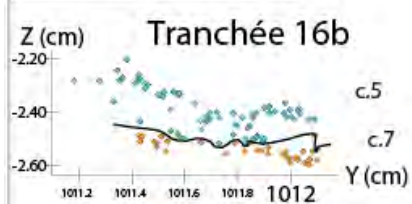
Figure III.5 : Projections frontales du fond de la grotte des vestiges coordonnés par couches pour les niveaux 4 à 8.

Agencement vertical des couches, du silex et de la faune

Les projections sagittales par couches (fig. III.6) permettent d'avoir une première idée de la distribution verticale des vestiges et de l'agencement des couches entre elles. En partie Sud de la grotte (zone terrasse), les niveaux 5 et 7 sont directement en contact. La puissance de ces deux niveaux varie de 10 à 20 centimètres (niveau 7) voire 30 cm (niveau 5) en fonction des secteurs de la grotte. Le niveau 6 intermédiaire quant à lui n'existe que dans la partie Nord de la grotte (sous le porche), sa puissance ne dépassant jamais 10 cm. Pour ces trois niveaux, il existe un léger pendage vers le fond de la grotte, excepté au niveau de la terrasse où le pendage est en direction de l'extérieur de la grotte (visible uniquement sur les tranchées 18a à 18d, Y compris entre 1005,8 et 1006,8). Il est intéressant de noter que la densité des vestiges est particulièrement importante, quel que soit le niveau concerné, avec toutefois de légères fluctuations selon les secteurs. La puissance stratigraphique des trois niveaux pris ensemble ne présente par ailleurs que peu de variations (entre 20 et 30 cm), y compris dans les secteurs où le niveau 6 est absent (intérieur de la grotte) ; dans ces secteurs, la puissance respective des niveaux 5 et 7 semble d'ailleurs augmenter.

En parallèle, des projections sagittales des vestiges fauniques et lithiques ont été réalisées afin d'appréhender leur distribution respective (fig. III.7). Il en ressort que les vestiges fauniques sont particulièrement abondants en sommet de séquence, une concentration importante de faune semble exister notamment au niveau des tranchées 16c à 17a et 18a à 18d. Cette tendance s'inverse pour le bas de la séquence où les vestiges lithiques deviennent prépondérants. Sur les tranchées 16c à 17a notamment, les bases de séquences semblent quasi-exclusivement composées de nappes de silex.

Distribution par couches 1/2



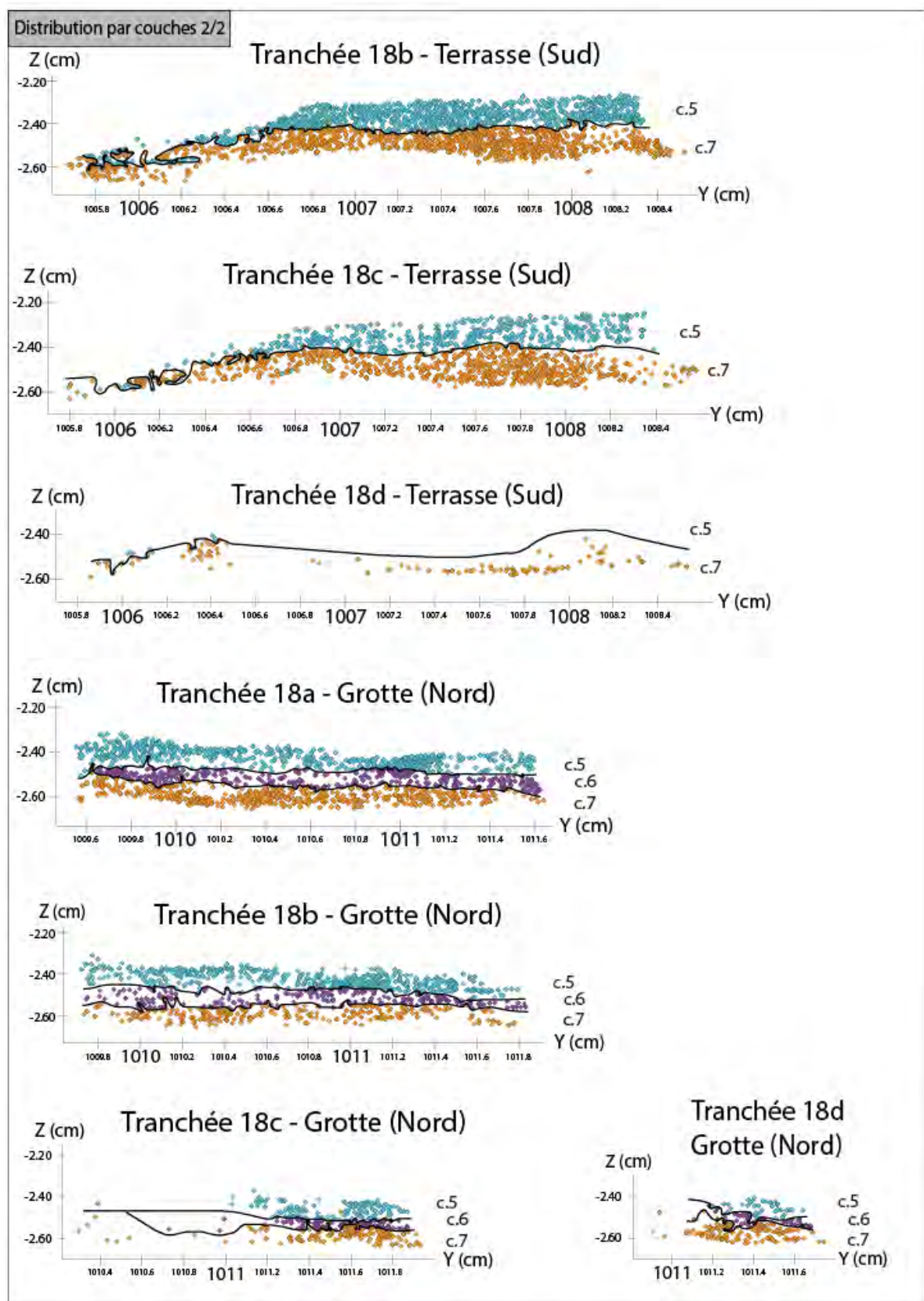
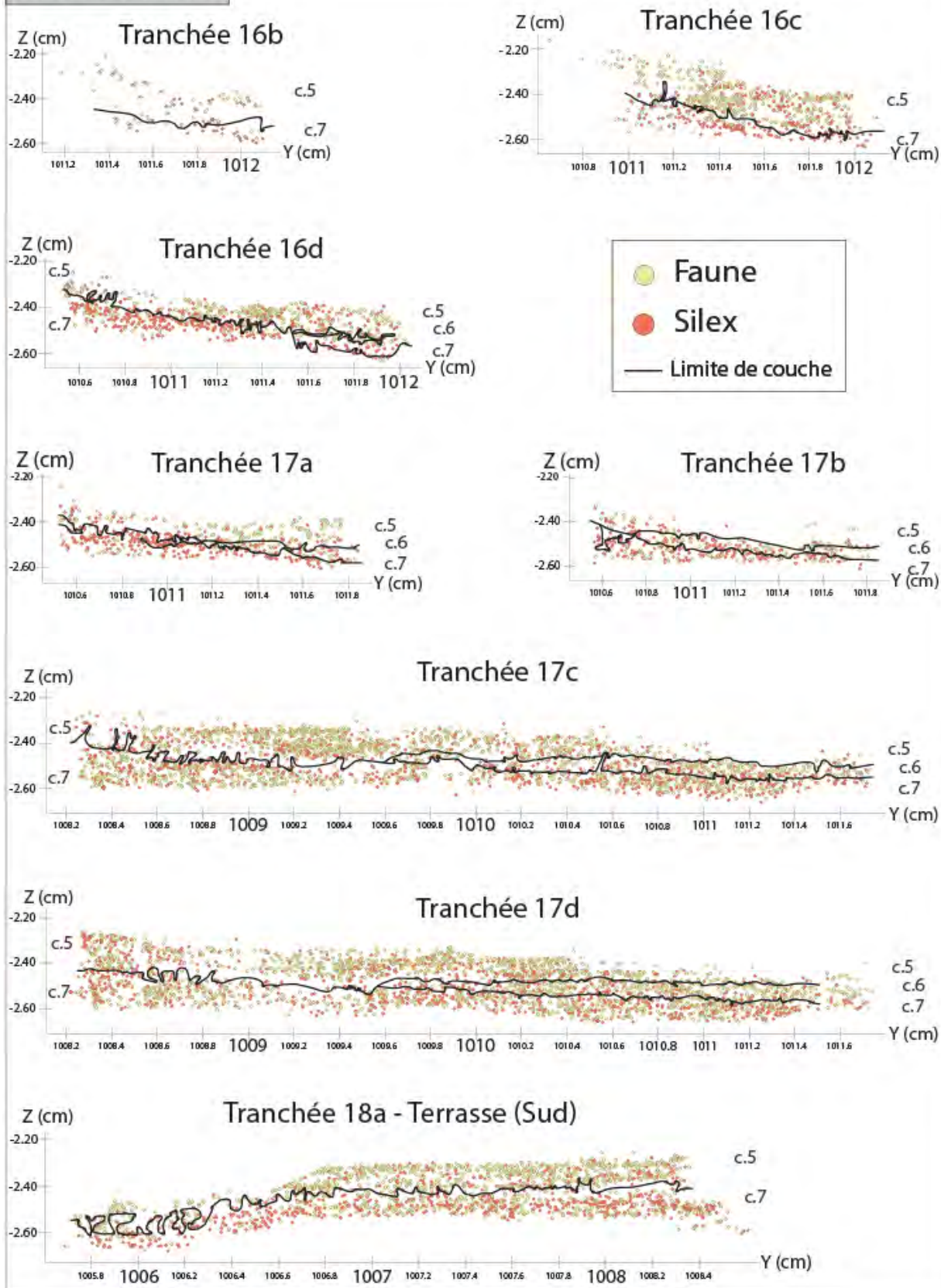


Figure III.6 : Projections en coupe sagittales des vestiges coordonnés (tous registres confondus : faune, silex, autres) par couches pour les niveaux 5, 6 et 7.

Distribution faune/silex 1/2



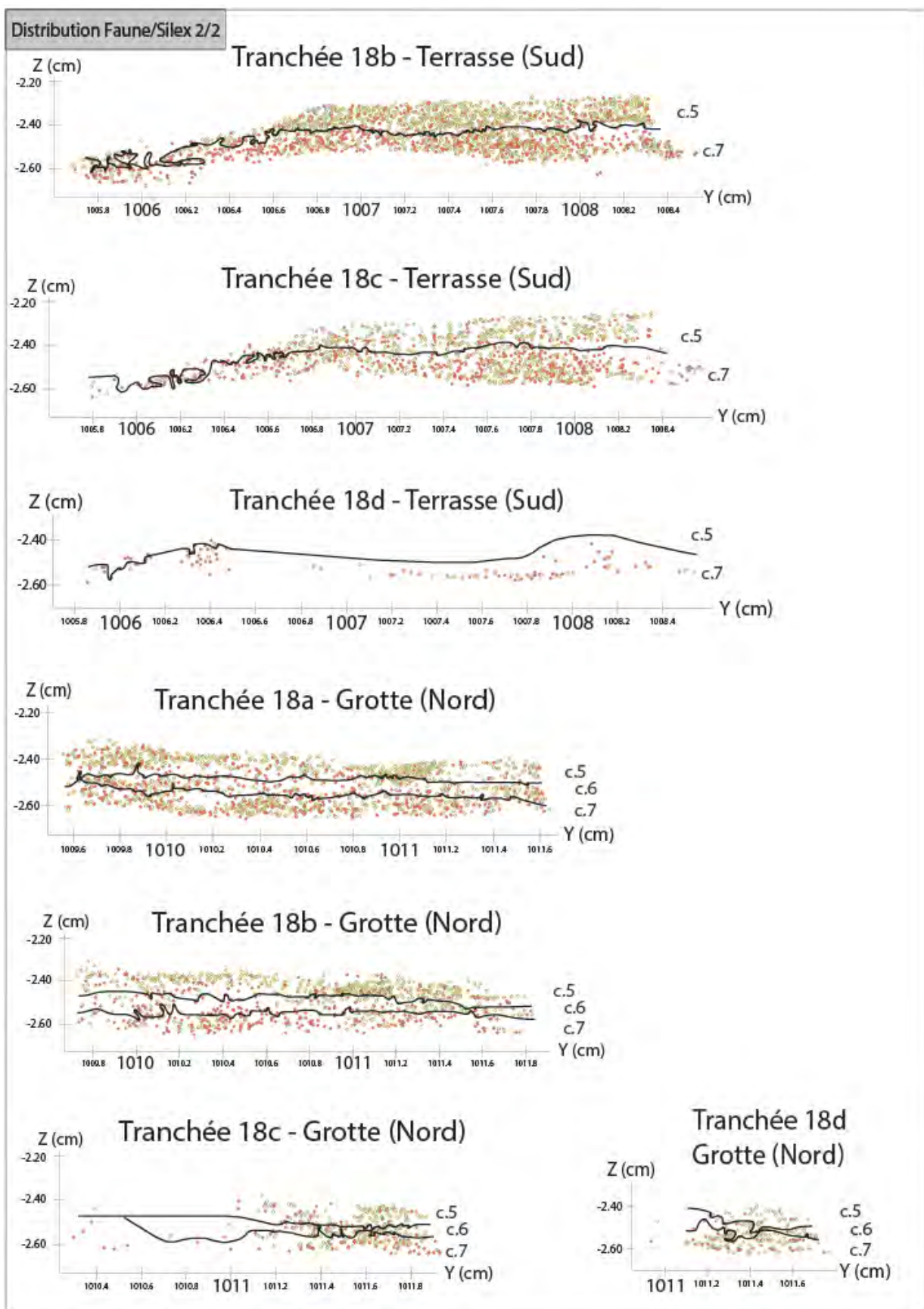


Figure III.7 : Projections en coupe sagittales des vestiges coordonnés par type de matériaux (faune et silex) pour les niveaux 5 à 7.

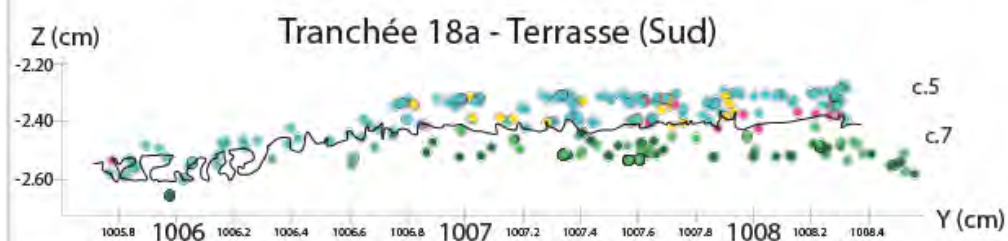
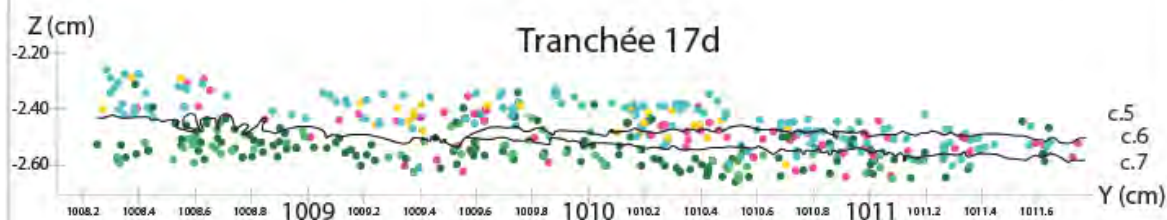
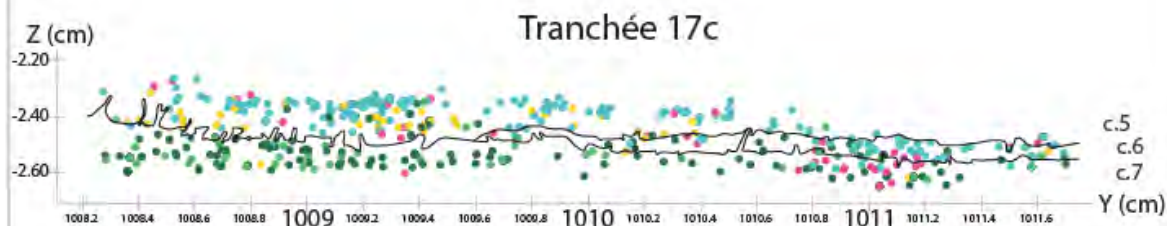
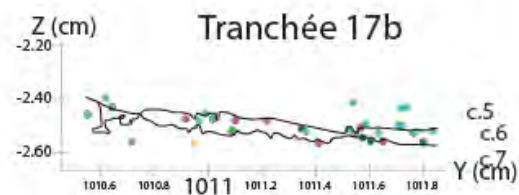
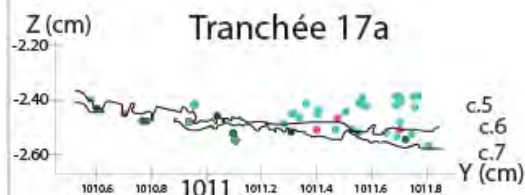
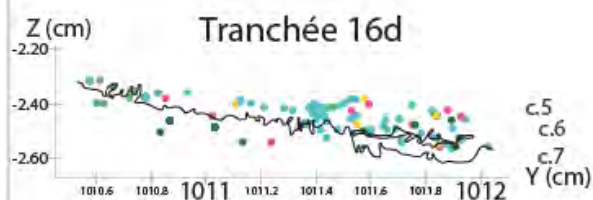
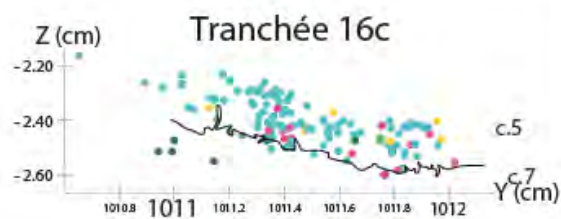
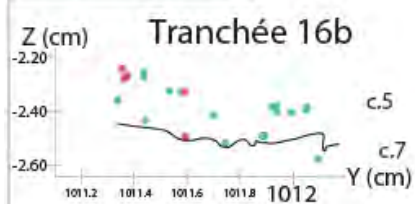
Les projections sagittales des vestiges fauniques coordonnés déterminés spécifiquement et appartenant aux cinq espèces principales du corpus offrent des informations supplémentaires importantes (fig. III.8). En effet, une succession plus ou moins nette selon les secteurs semble exister du point de vue de la distribution des espèces : de manière générale, le Renne est sus-jacent au Cerf-Chevreuril, tandis que les Bovinés-Cheval semblent répartis plus aléatoirement dans l'épaisseur de la séquence, fonctionnant tantôt par « grappes » de vestiges, tantôt par points répartis de manière plus éparse. Ces derniers pourraient par ailleurs être légèrement plus abondants en « milieu » de séquence.

Si l'on observe le tracé des limites de couches réalisé lors des fouilles, celui-ci semble faire écho à la distribution en coupe de la faune : dans une majorité de cas, la limite de terrain distingue clairement un ensemble à Renne, sus-jacent à un ensemble à Cerf-Chevreuril. En partie terrasse notamment, les superpositions d'espèces sont nettes et les limites de couches s'y accordent très souvent. Des contre-exemples viennent parfois nuancer ce constat ; par exemple, certains fragments de Renne situés à l'interface sont inclus dans le niveau 7 mais semblent appartenir plus volontiers à l'ensemble supérieur (e.g. tranchées 18a à 18d du secteur grotte, Y compris entre 1011 et 1012). Ces exemples sont relatifs au secteur terrasse mais attestent d'ores et déjà du fait que les limites de couche ne pourront être conservées telles quelles pour la faune, sous risque de biaiser leur étude archéozoologique à venir : une stratigraphie parallèle spécialement conçue pour découper la faune doit être établie, sur le principe des stratigraphies post-fouille (PES, cf. Partie II, Chapitre 2, « b) Projections tridimensionnelles et visualisation SIG »).

Par ailleurs, certaines zones apparaissent plus mixtes, principalement dans la partie grotte (notamment, tranchées 17c et 17d) où le tracé de terrain et la distribution de la faune semblent cette fois totalement déconnectés (fig. III.8). Au regard de la netteté des superpositions d'espèces sur le reste du site, ces zones mixtes posent question (e.g. mélanges ?) et induisent probablement en partie le caractère composite du niveau 6, identifié par ailleurs uniquement dans le secteur grotte. Contrairement au secteur terrasse, et aux tranchées 16 et 18 du secteur grotte, une stratigraphie de la faune est difficile à proposer sur la seule base des projections en coupe tant il n'existe pas de superposition évidente à cet endroit (fig. III.8). Pour tenter d'y voir plus clair, des

projections en coupes sagittales et frontales plus fines (10 cm d'épaisseur, avec échelle du Z doublée) sont présentées pour ces secteurs plus difficiles à démêler (Annexes III.17 à III.25). D'autres paramètres, comme les modifications des surfaces osseuses, doivent être interrogés spatialement pour tenter de démêler cette zone et, plus largement, proposer un découpage pertinent de la faune pour l'ensemble du site. Ces éléments seront mobilisés par la suite pour proposer un nouveau découpage de la séquence (cf. Partie III, Chapitre 2, « c) Définir une méthode de redécoupage PES fiable »).

Principales espèces 1/2



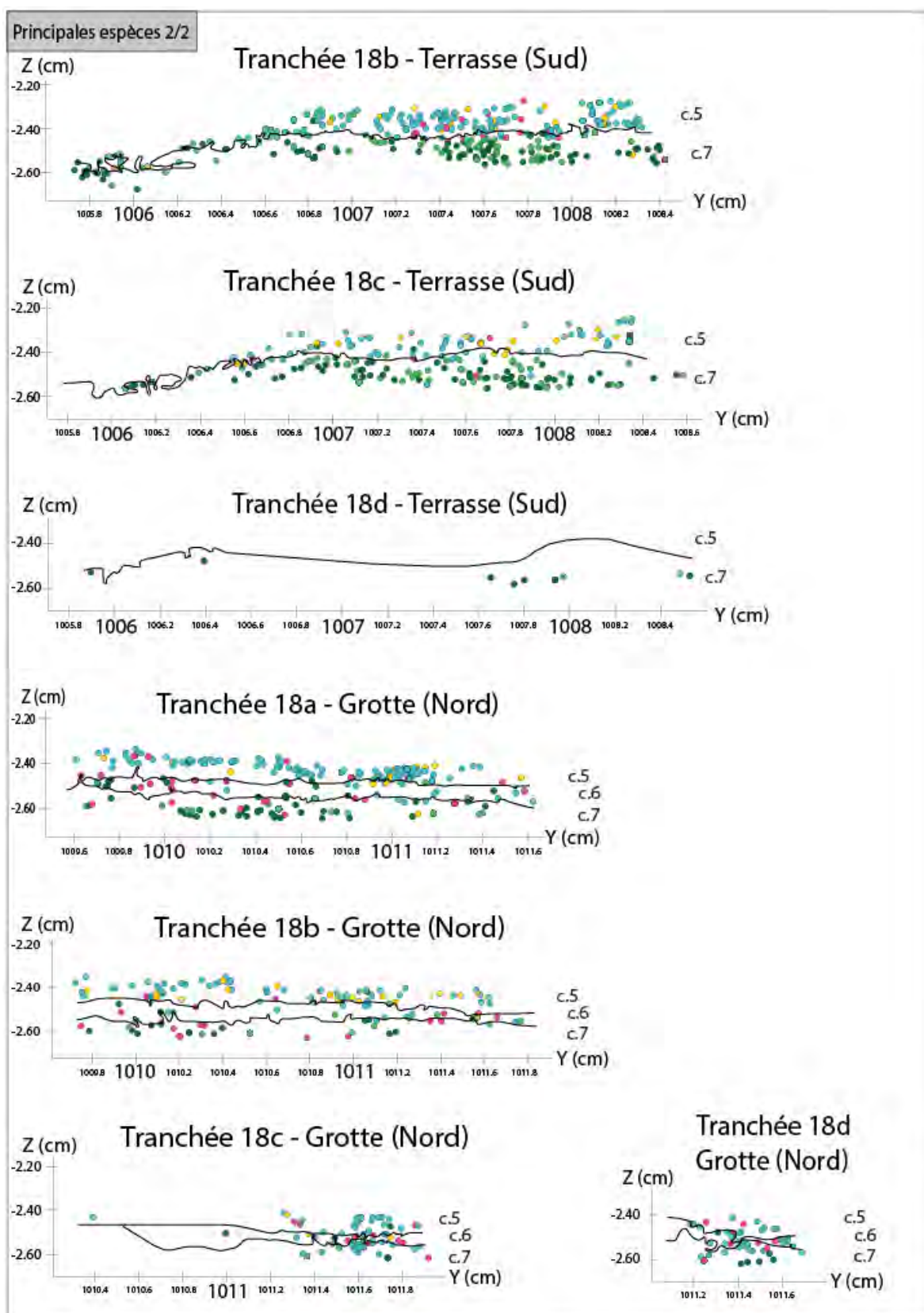


Figure III.8 : Projections en coupe sagittales des vestiges coordonnés déterminés taxinomiquement appartenant aux 5 espèces principales du corpus (Renne, Bovinés, Cheval, Cerf, Chevreuil) pour les niveaux 5 à 7.

b) Déceler des histoires post-dépositionnelles différentes ?

Afin de détecter d'éventuelles histoires taphonomiques différentes permettant de rapprocher ou de distinguer des vestiges entre eux (e.g. en fonction de leur localisation ou de leur appartenance à une espèce, une couche), un examen spatial et statistique approfondi des états de surface des vestiges osseux a été entrepris.

Détecter des organisations spatiales

Dans un premier temps, l'objectif a été d'examiner finement la distribution spatiale des vestiges en coupe, en fonction de leurs états de surface. La totalité des paramètres liés aux modifications des surfaces osseuses enregistrés lors de ce travail a ainsi été quantifiée pour chaque couche (tab. III.2) et projetée spatialement afin d'identifier d'éventuelles distributions particulières (e.g. agencement par grappes ou par nappes de vestiges³², superpositions, zones de vide). Des tendances spatiales plus ou moins marquées ont été observées ; celles-ci sont décrites, pour chaque type d'altération, dans le tableau III.3. Les planches de projections ayant livré les tendances les plus fortes sont intégrées au corps du manuscrit (fig. III.9 à fig. III.14) tandis que celles ne montrant aucune tendance particulière ou de plus faible ampleur sont présentées en annexe (III.5 à III.10).

³² Dans le cadre de ce travail, les termes de grappes et de nappes de vestiges sont employés dans le sens suivant : une grappe de vestiges correspond à un agrégat de vestiges portant une même caractéristique (e.g. couleur brune) dans une région localisée, une nappe de vestiges correspond quant à elle à un agrégat dont la forme est lenticulée.

Altération	Couche 5			Couche 6			Couche 7		
	Nraltéré	NRtot	%NR	Nraltéré	NRtot	%NR	Nraltéré	NRtot	%NR
Concrétion	5025	6241	80,5	615	842	73,0	3925	4161	94,3
Dépôts noirs	2678	6241	42,9	321	842	38,1	1048	4161	25,2
Abrasion	231	6241	3,7	8	842	1,0	5	4161	0,1
Craquelures longitudinales	462	6241	7,4	57	842	6,8	85	4161	2,0
Attaques dendritiques	541	6241	8,7	14	842	1,7	101	4161	2,4
Cupules de dissolution	62	6241	1,0	5	842	0,6	4	4161	0,1
Corrosion	15	6241	0,2	2	842	0,2	5	4161	0,1
Dépôts dendritiques	273	6241	4,4	91	842	10,8	182	4161	4,4
Exfoliation	316	6241	5,1	30	842	3,6	77	4161	1,9
Fissures "pile d'assiette"	74	6241	1,2	4	842	0,5	11	4161	0,3
Piétinement	334	6241	5,4	9	842	1,1	20	4161	0,5
Couleur brun foncé	85	3976	2,1	13	518	2,5	1087	2740	39,7
Couleur brun	831	3976	20,9	101	518	19,5	1004	2740	36,6
Couleur beige	2287	3976	57,5	278	518	53,7	531	2740	19,4
Couleur beige clair	169	3976	4,3	27	518	5,2	30	2740	1,1
Couleur orangé	603	3976	15,2	100	518	19,3	88	2740	3,2

Tableau III.2 : Décomptes par couches des ossements touchés par les différentes altérations osseuses. NR = Nombre de Restes ; Nraltéré = Nombre de restes touchés par l'altération ; NRtot = Nombre de Restes total (touchés et non touchés par l'altération).

L'altération la plus prégnante au Roc-de-Marsal est le concrétionnement (tab. III.2). Si la quasi-intégralité des vestiges est concernée par cette altération sur toute la puissance de la séquence étudiée ici, dans certains secteurs (e.g. tranchées 16c, 18b, 18c), les vestiges situés en partie basale (principalement niveau 7 : tab. III.3) présentent en moyenne de plus forts taux de recouvrement (fig. III.9). Un léger gradient latéral existe également, visible notamment sur les tranchées 17c à 18c, où les extrémités de tranchée (fond de la grotte et terrasse) apparaissent moins touchées que la zone centrale située juste devant le porche. Parallèlement, la tendance inverse s'observe pour les vestiges touchés par les dépôts noirs (fig. III.10), l'abrasion (fig. III.11), les craquelures longitudinales (fig. III.12) et les attaques dendritiques (fig. III.13), qui semblent plus abondants en sommet de séquence (tab. III.3). En outre, parmi les variables analysées, la coloration des ossements est probablement celle qui livre la tendance la plus marquée puisqu'une superposition presque franche semble s'opérer, à certains endroits, entre un ensemble inférieur quasi-exclusivement composé de pièces brunes et brunes foncées, et un ensemble supérieur largement dominé par les pièces beiges et une composante minoritaire de pièces beige clair, orangées et brunes (fig. III.14). Cette division en deux ensembles s'observe sur toutes les tranchées et s'accorde, ici aussi, plutôt bien avec les

limites de terrain proposées. Elle est toutefois plus marquée en partie terrasse, où les niveaux 5 et 7 sont directement en contact.

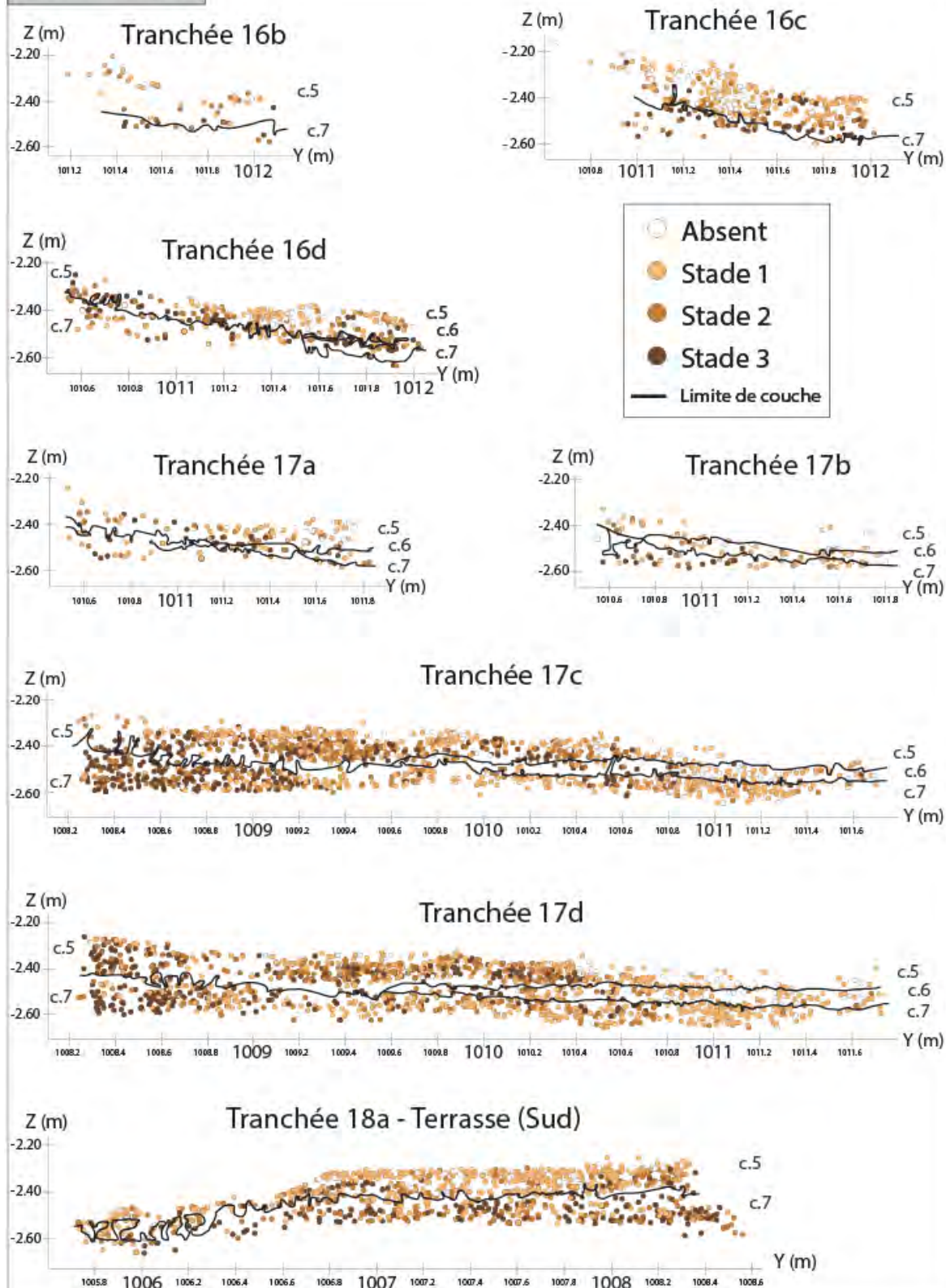
Altération	Description de la distribution	Principales tranchées concernées	PES possible ?
Concrétionnement (fig. III.9)	plus abondante en bas de séquence, répartition relativement horizontale et parfois gradient latéral (17c, 17d et 18c)	16c-d, 17c-d, 18a-c	NON
Dépôts noirs (fig. III.10)	plus abondante en sommet de séquence	16c-d, 18a	NON
Abrasion (fig. III.11)	légèrement plus abondante en sommet de séquence, présence de grappes	16b-d, 17d, 18a-b	NON
Craquelures longitudinales (fig. III.12)	plus abondante en sommet de séquence, présence de grappes	toutes sauf 18c-d	NON
Attaques dendritiques (fig. III.13)	répartition éparse, plus abondante en sommet de séquence, quelques grappes	16b-d, 17a, 17c, 18a-b	NON
Couleur (fig. III.14)	superposition presque nette en partie terrasse (sud) : partie sommitale plus claire, partie basale plus brun et brun foncé	toutes (partie terrasse)	éventuellement en partie terrasse ?
Cupules de dissolution (Annexe. III.5)	répartition éparse, légèrement plus abondante en sommet de séquence	16c, 17c-d, 18a-b	NON
Corrosion (Annexe III.6)	échantillon trop faible pour déceler une tendance	-	NON
Dépôts dendritiques (Annexe III.7)	répartition éparse, pas de différence marquée entre sommet et bas de séquence	-	NON
Exfoliation (Annexe III.8)	répartition plutôt éparse, quelques regroupements, légèrement plus abondant en sommet de séquence	16c-d, 17c-d, 18b	NON
Craquelures en piles d'assiettes (Annexe III.9)	échantillon faible, pas de tendance marquée, répartition plutôt éparse	-	NON
Piétinement (Annexe III.10)	légèrement plus abondantes en sommet de séquence, présence de grappes	16c-d, 17c, 18a-b	NON

Tableau III.3 : Description des principales tendances spatiales observées sur les projections en coupes sagittales des différentes altérations osseuses. « PES possible ? » = l'agencement spatial des vestiges en fonction des critères établis (ici, les altérations) montre-t-elle des subdivisions spatiales assez nettes pour entreprendre un nouveau découpage stratigraphique sur cette base ?

En résumé, les projections des paramètres de modifications des surfaces osseuses montrent plusieurs types d'organisations spatiales plus ou moins récurrentes. Si les grappes de vestiges sont fréquentes pour de nombreuses altérations (e.g. abrasion, craquelures longitudinales, attaques dendritiques), elles restent difficiles à interpréter d'un point de vue stratigraphique et ne peuvent être mobilisées pour proposer un découpage PES. Parallèlement, la plupart des paramètres interrogés montrent une répartition relativement horizontale, avec un sommet de séquence plus altéré et un bas de séquence moins altéré (dépôts noirs, abrasion craquelures longitudinales, etc.), ou

vice-versa (concrétionnement). Toutefois, les points marqués par ces altérations restent peu nombreux et/ou trop éparses pour évaluer leur degré de concordance avec les limites de terrain, ou pour tenter toute nouvelle délimitation précise à partir de ces projections. Seules des superpositions nettes et évidentes pourraient ici constituer un critère viable pour proposer un découpage de la faune, mais celles-ci sont rares : la variable couleur est la seule qui pourrait éventuellement remplir ce critère. Pour cette dernière variable, un fait notable est que la distribution des points fait écho à ce qui avait été observé pour la variable « espèces » : en partie terrasse la limite de terrain s'accorde plutôt bien avec la superposition observée (un niveau 5 à pièces de couleur claire sus-jacent à un niveau 7 à pièces plus foncées), tandis que le secteur grotte, et notamment les tranchées 17c et 17d, plus mixte et de ce fait plus difficile à démêler, en semble plus déconnecté. Pour ces deux variables (espèces et couleur), seule la partie terrasse livre des distributions assez nettes pour tenter d'établir une stratigraphie de la faune en deux ensembles relativement fiables (tranchées 18a-d), tandis que le secteur grotte - seul secteur où le niveau 6 a été identifié - ne s'y prête pas. A ce stade, un redécoupage pertinent et valable pour l'intégralité du site n'est donc pas envisageable à partir des seules projections en coupe par « espèces » et « couleurs ». Pour résoudre ce problème, nous avons choisi de pousser davantage cette étude en faisant appel à des outils statistiques robustes permettant de traiter les données multivariées dont nous disposons.

Concrétionnement 1/2



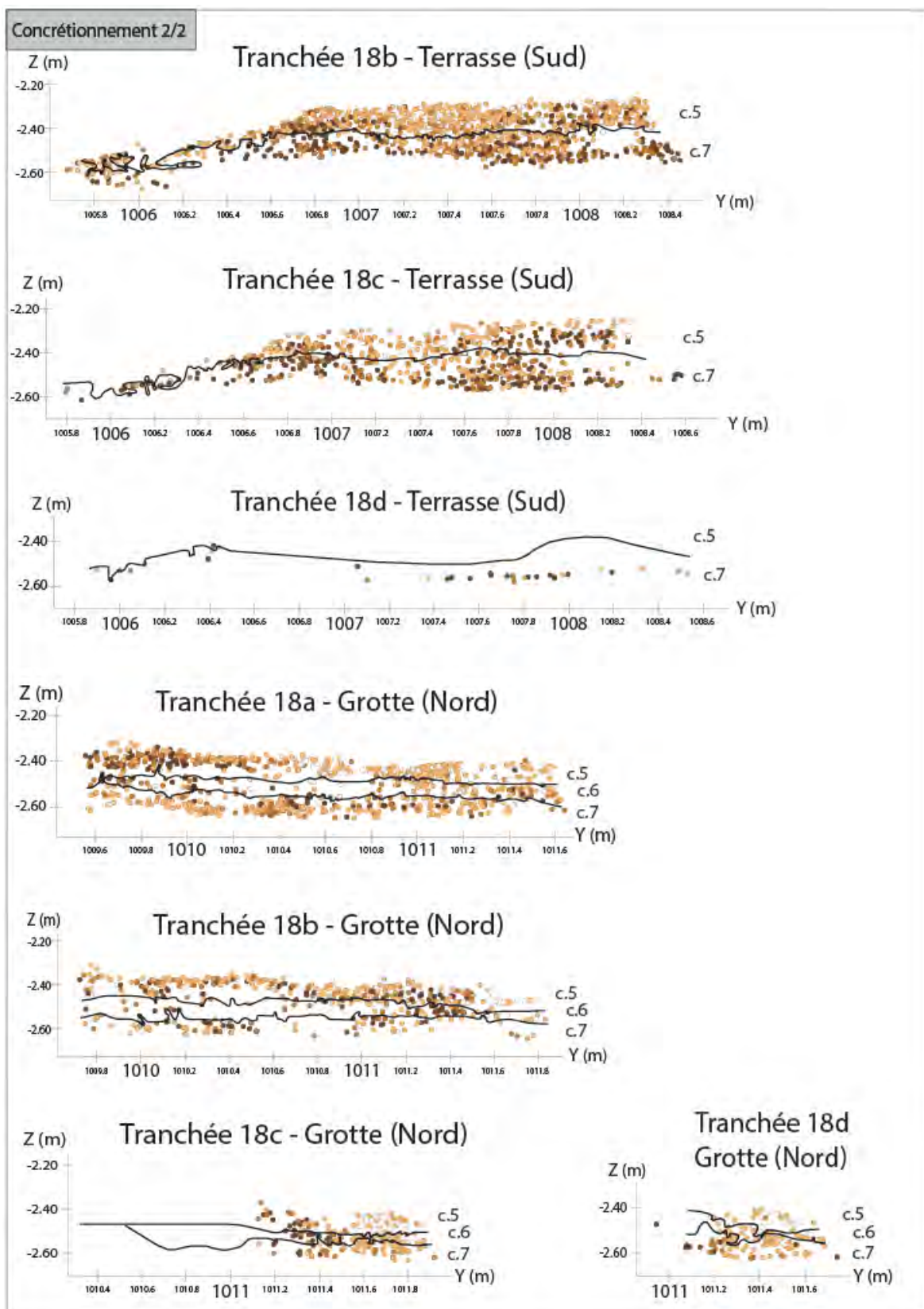
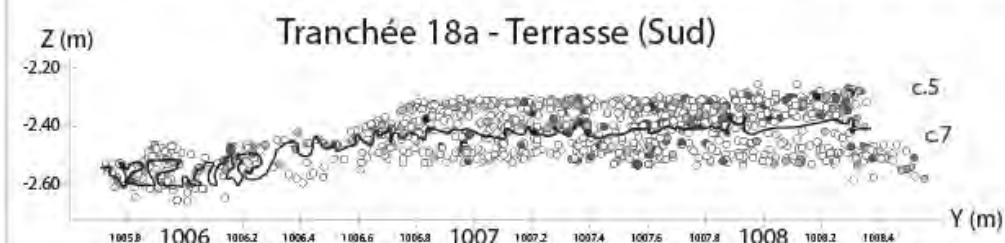
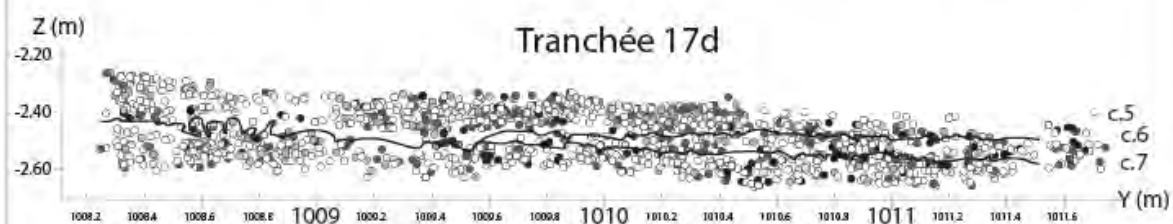
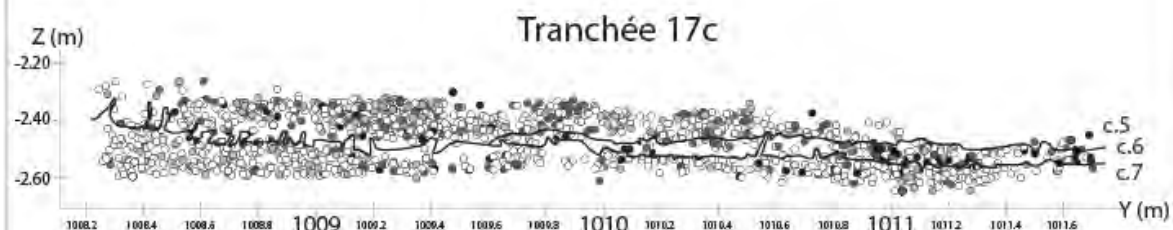
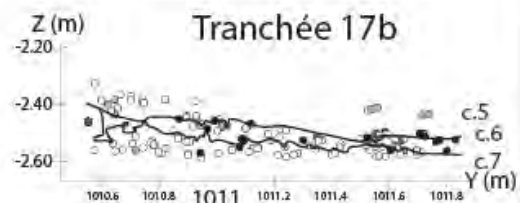
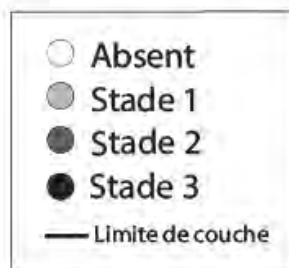
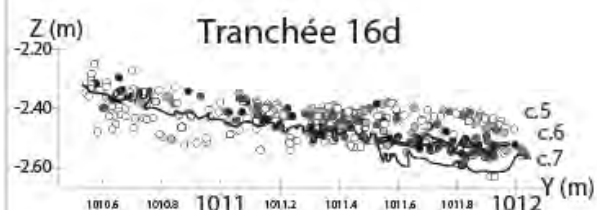
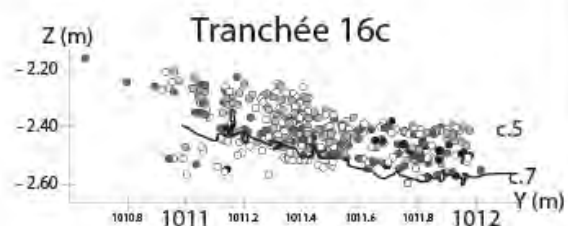
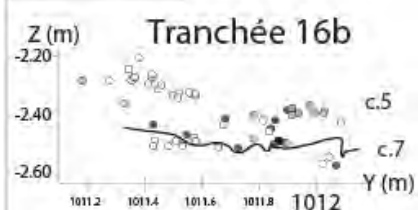


Figure III.9 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés en fonction de leur taux de concrétionnement pour les niveaux 5 à 7.

Dépôts noirs 1/2



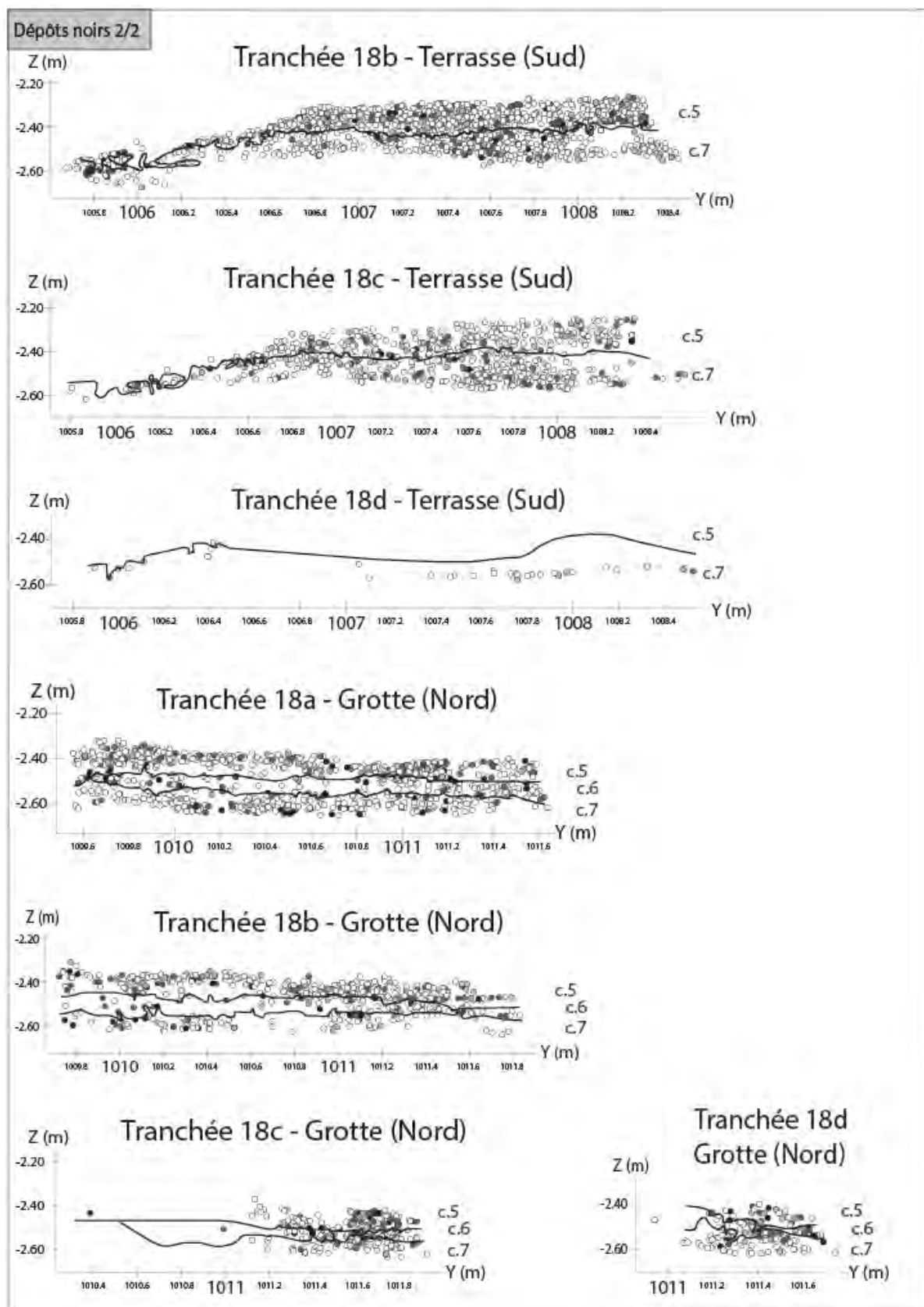
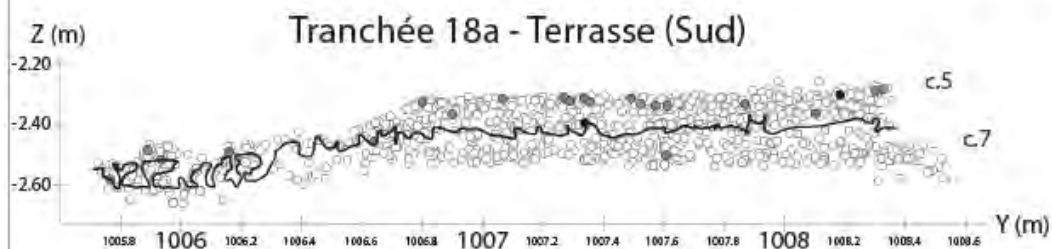
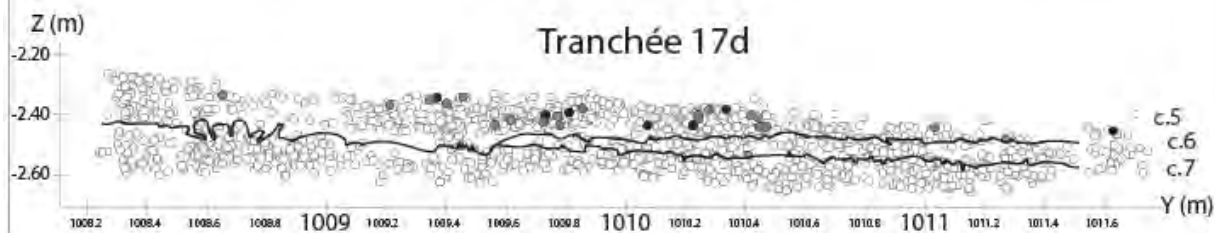
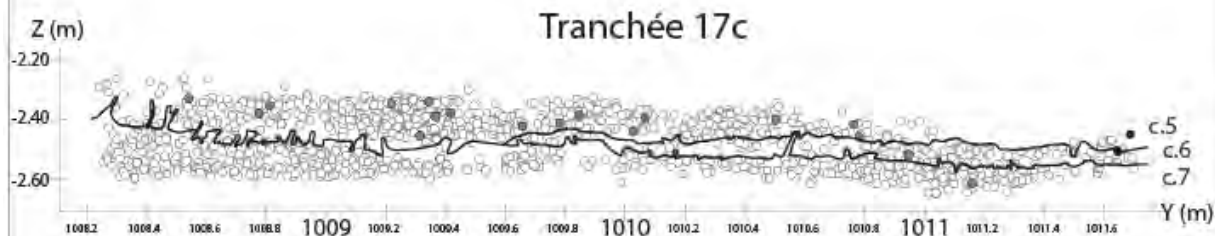
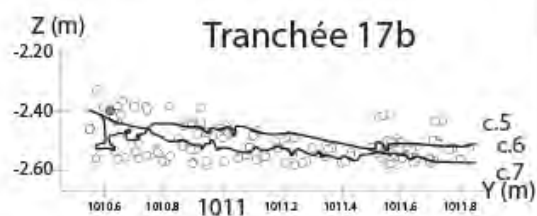
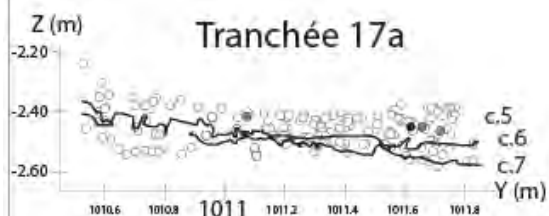
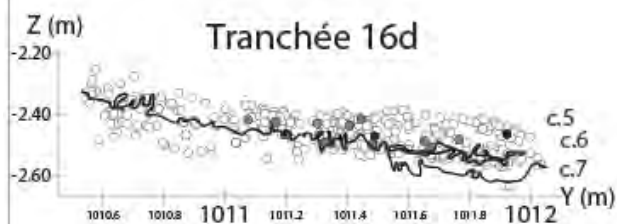
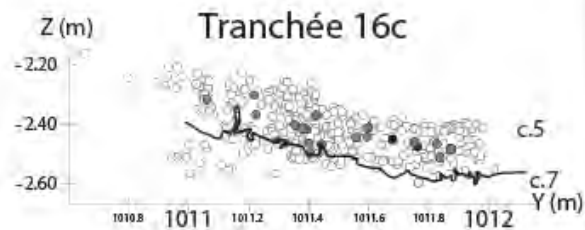
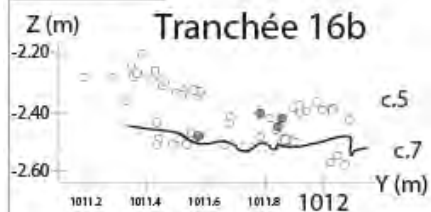


Figure III.10 : Projections en coupes sagittales des restes coordonnés en fonction de leur taux de couverture par les dépôts noirs pour les niveaux 5 à 7.

Abrasion 1/2



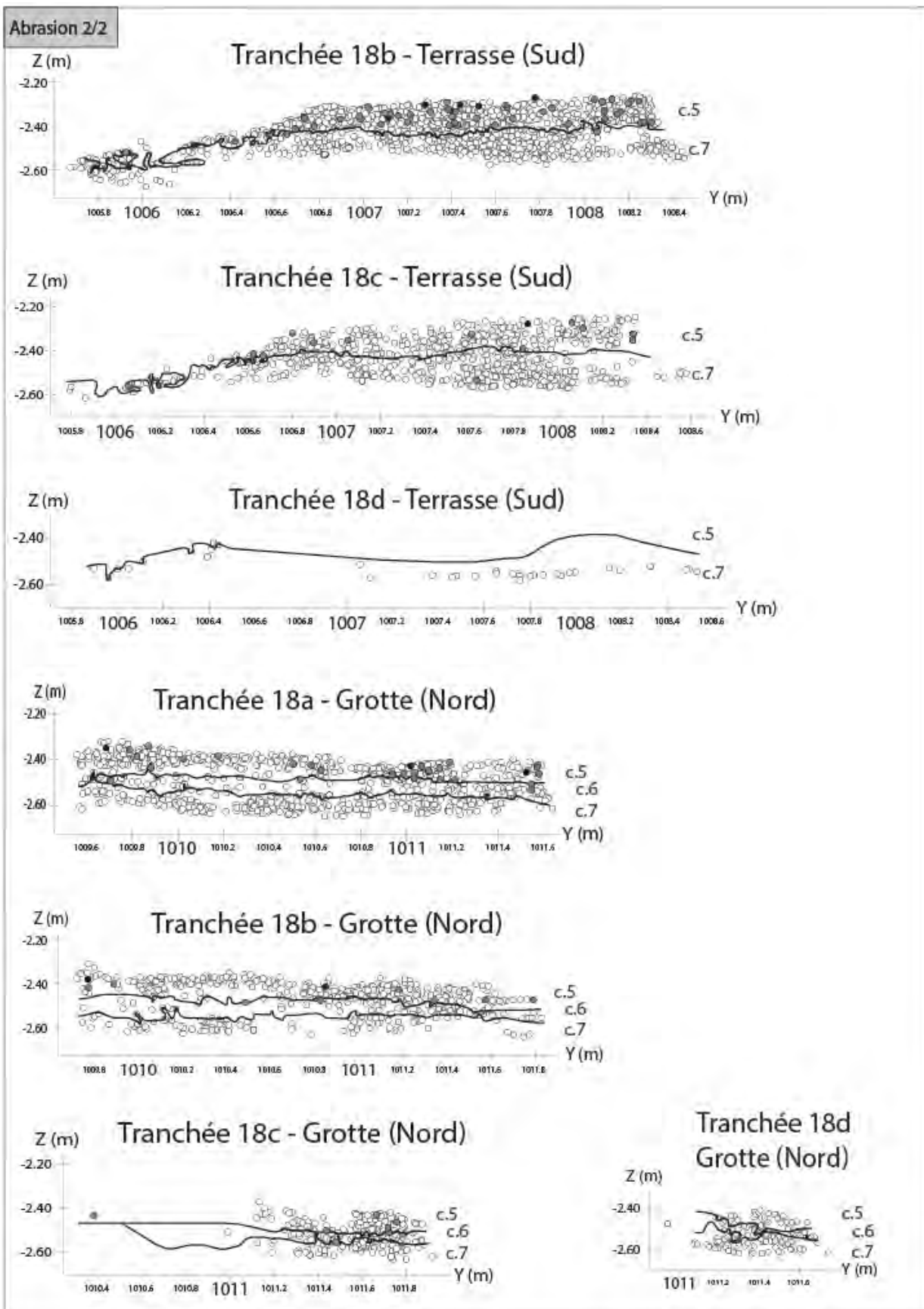
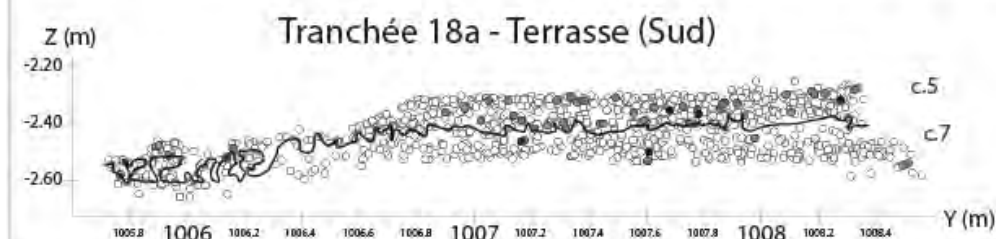
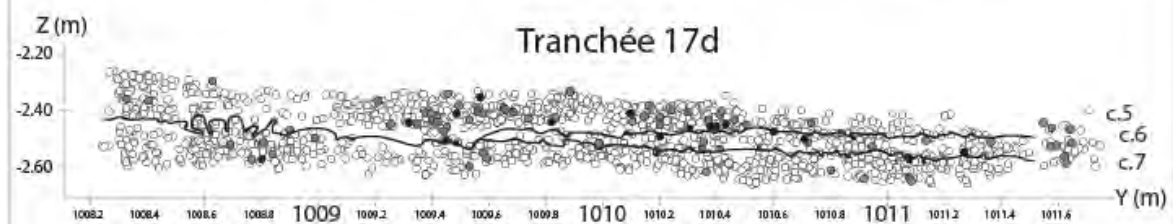
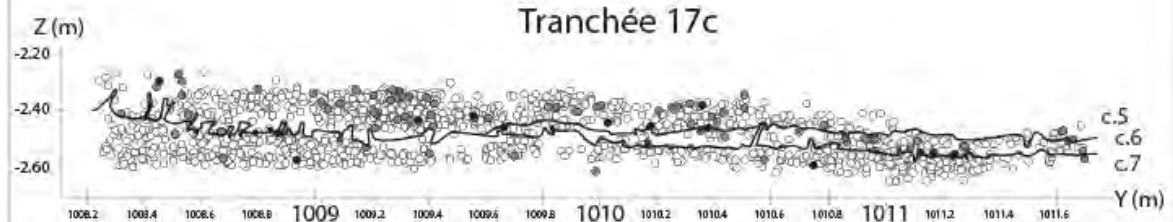
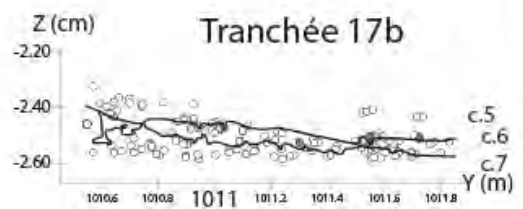
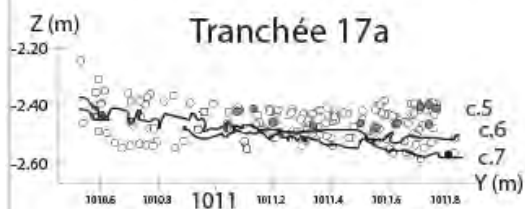
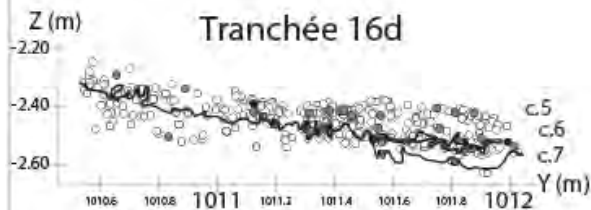
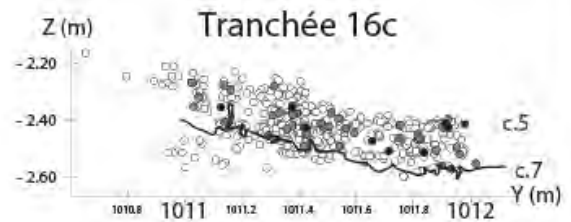
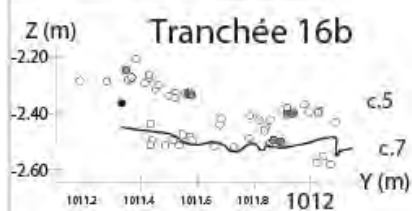


Figure III.11 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés en fonction de leur taux d'abrasion pour les niveaux 5 à 7.

Craquelures longitudinales 1/2



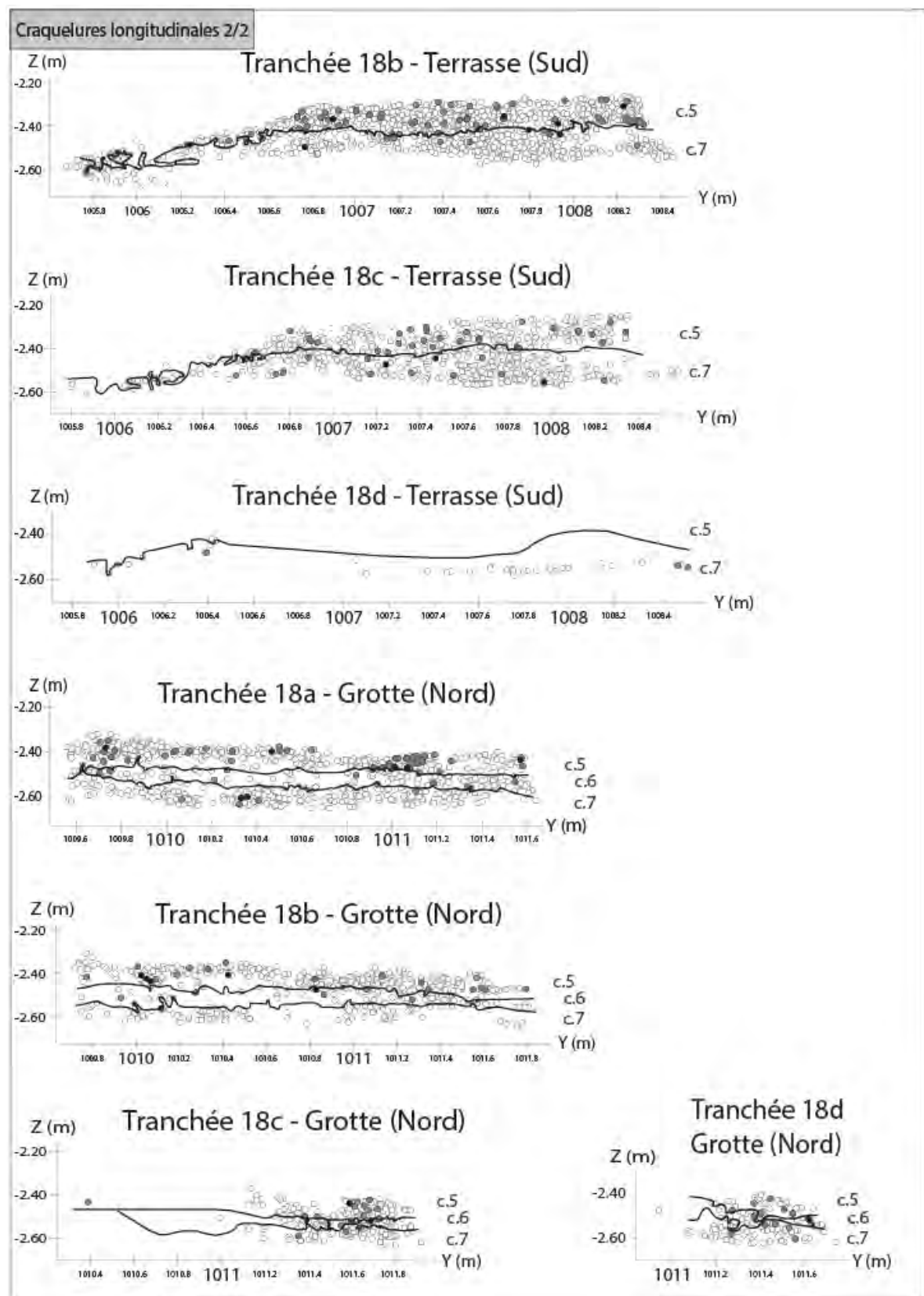
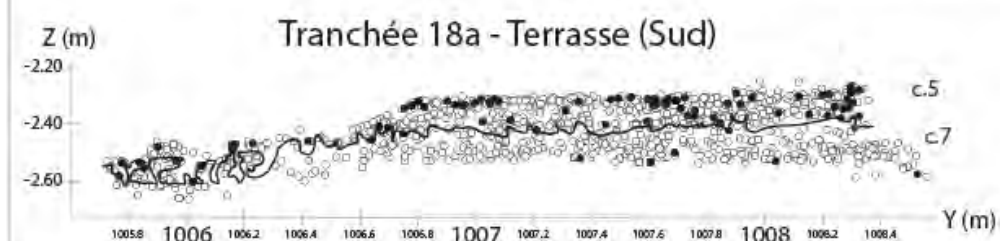
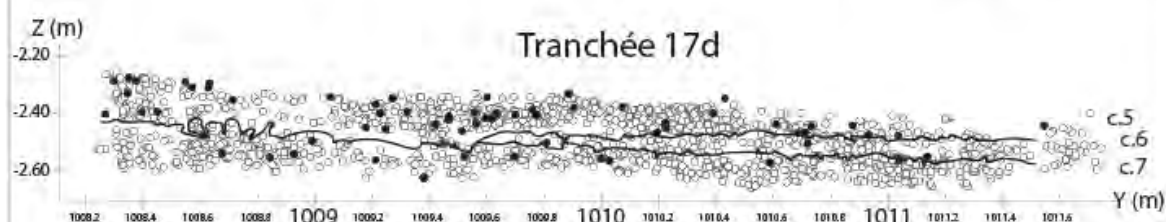
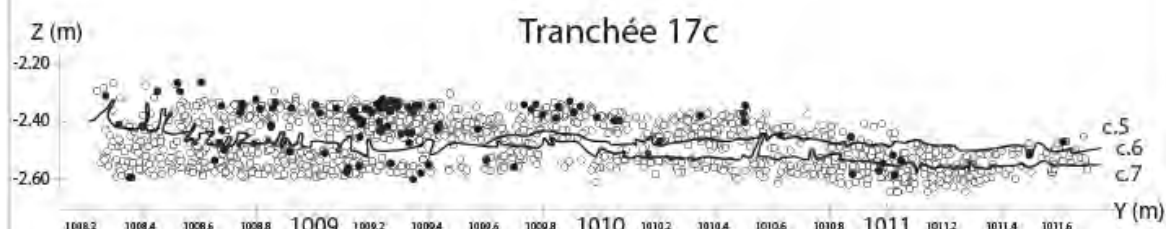
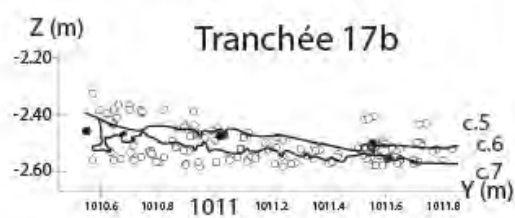
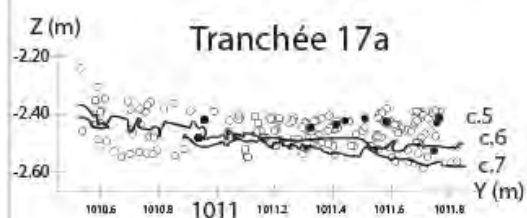
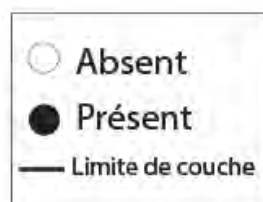
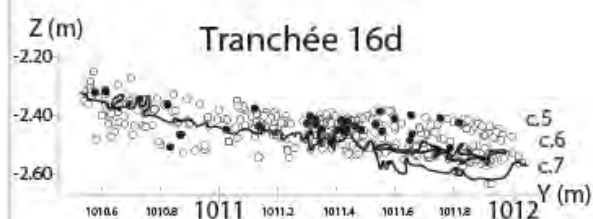
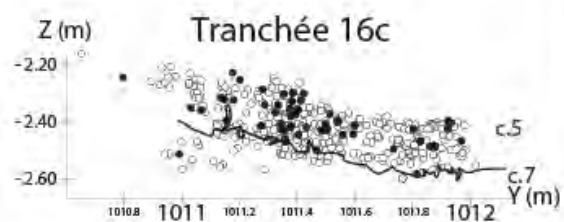
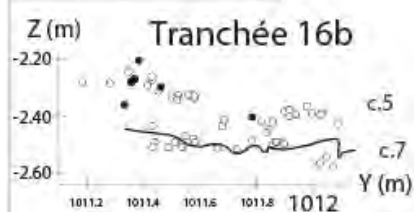


Figure III.12 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés touchés par les craquelures longitudinales pour les niveaux 5 à 7.

Attaques dendritiques 1/2



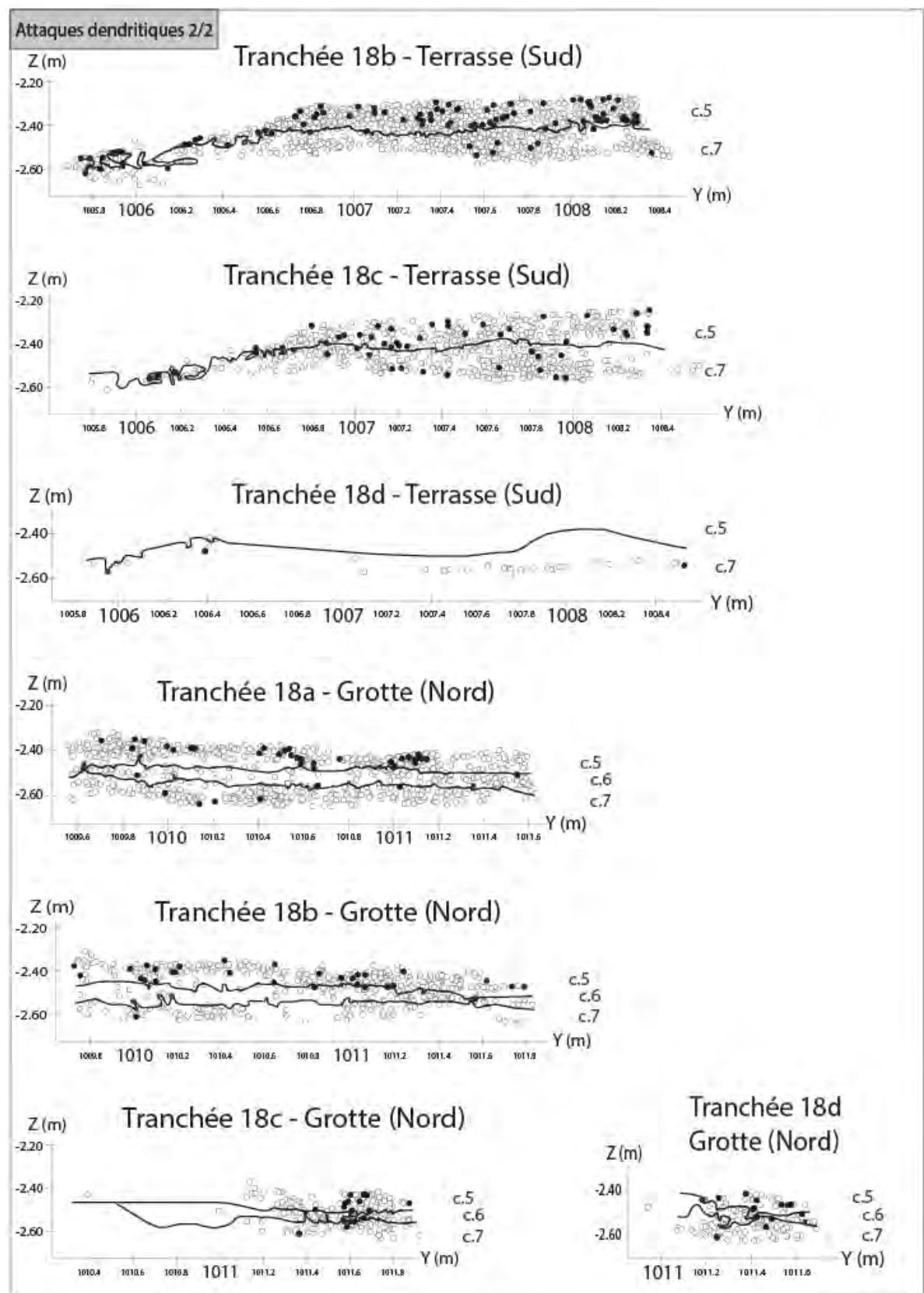
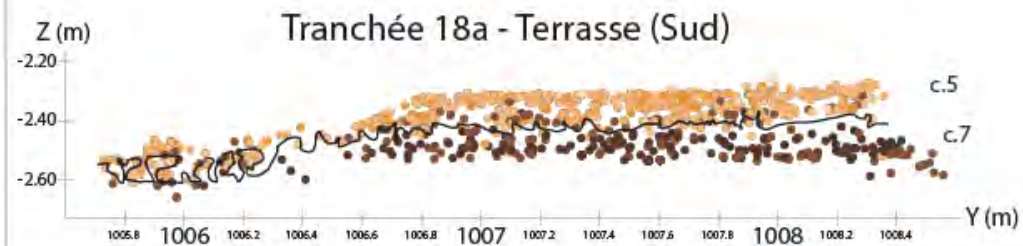
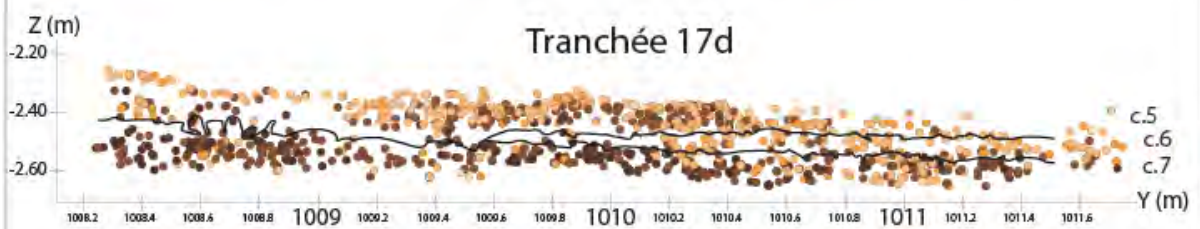
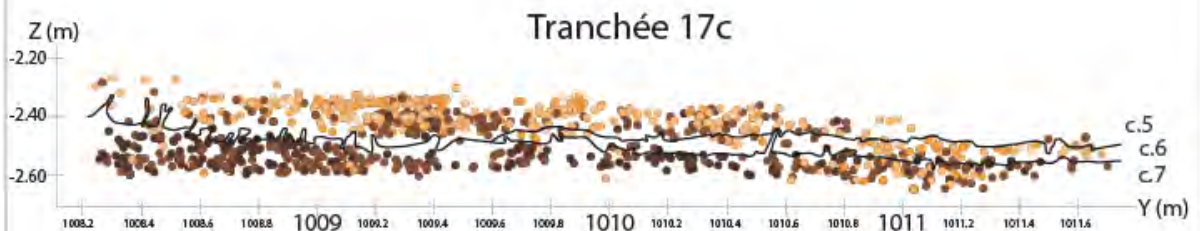
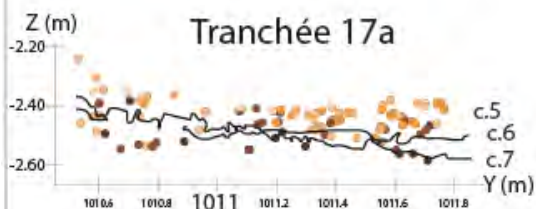
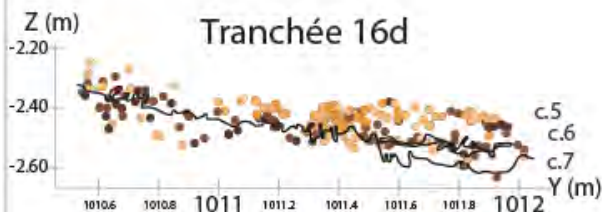
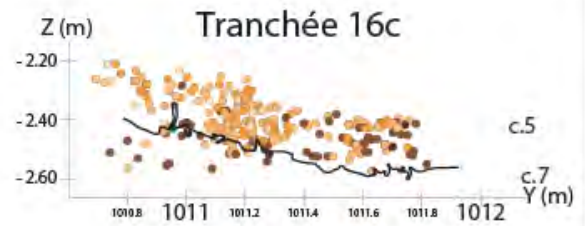
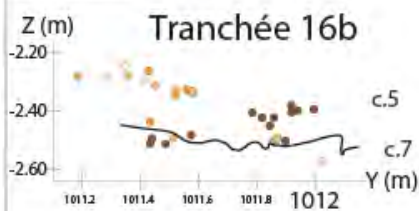


Figure III.13 : Projections en coupes sagittales des vestiges touchés par les attaques dendritiques pour les niveaux 5 à 7.

Couleur 1/2



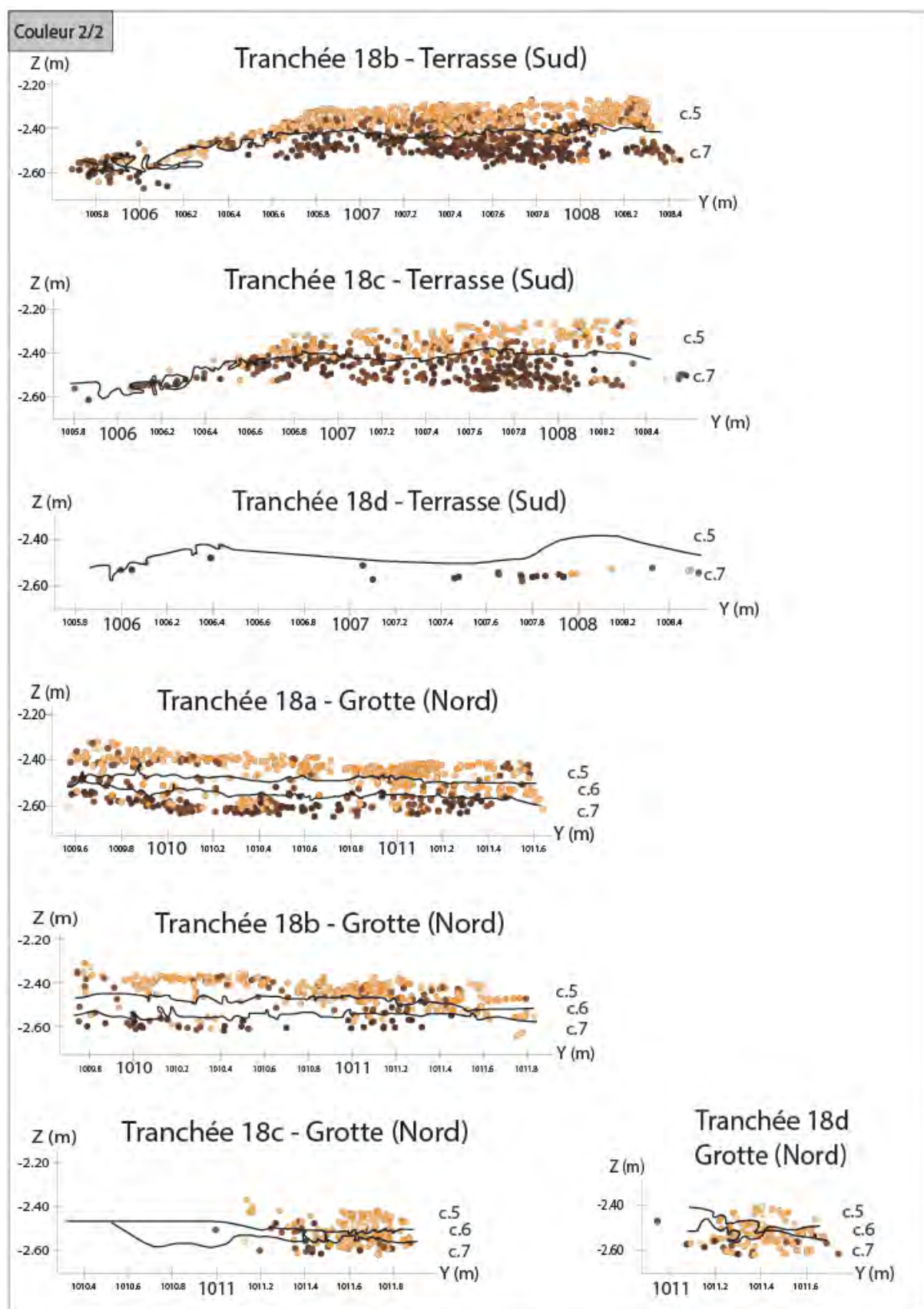


Figure III.14 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés en fonction de leur coloration pour les niveaux 5 à 7.

Apports du traitement statistique des variables taphonomiques

En complément des projections spatiales, les outils statistiques sont mobilisés pour traiter les grandes quantités de données enregistrées. L'objectif ici est de détecter des états de surface similaires qui pourraient rapprocher statistiquement certains vestiges, voire certaines espèces entre elles.

Lorsqu'elles sont interrogées une à une, la majeure partie des variables (corrosion, cupules de dissolution, dépôts dendritiques, attaques dendritiques, piétinement et abrasion) ne montre aucune différence statistiquement significative en fonction des taxons (Annexe III.11) ; cela s'explique, pour certaines des variables, par le faible nombre de pièces touchées par une altération, comme en témoignent les intervalles de confiance plus larges. Quelques altérations ont toutefois livré des résultats significatifs, à savoir : la gélifraction, l'exfoliation, le *weathering*, le manganèse et le concrétionnement (fig. III.15).

Plusieurs faits intéressants en ressortent :

- Au sein d'un même niveau, des différences significatives existent entre espèces. Par exemple, les vestiges de Cerf du niveau 5 sont plus souvent touchés par les craquelures en « pile d'assiette », les craquelures longitudinales et le concrétionnement que ceux appartenant au Renne de ce même niveau. Ces différences pourraient constituer un premier indice en faveur d'une histoire post-dépôt différente entre une partie au moins des vestiges de Cerf et une partie au moins des vestiges de Renne de la couche 5.
- En lecture inter-niveaux, des similitudes existent pour une même espèce et une même altération. L'exemple du Renne est probant : les vestiges lui appartenant sont, en moyenne, faiblement concrétionnés, qu'il s'agisse du niveau 5, 6 ou 7. Il pourrait s'agir en l'occurrence d'une particularité liée à la corticale du Renne qui la rendrait peu favorable aux dépôts de concrétions (une hypothèse a priori peu probable car ne reposant sur aucun fondement théorique à notre connaissance), ou encore, d'un indice en faveur d'une histoire taphonomique similaire pour la plupart des vestiges de Renne, et donc d'un dépôt possible au cours de la « même » période *lato sensu*.

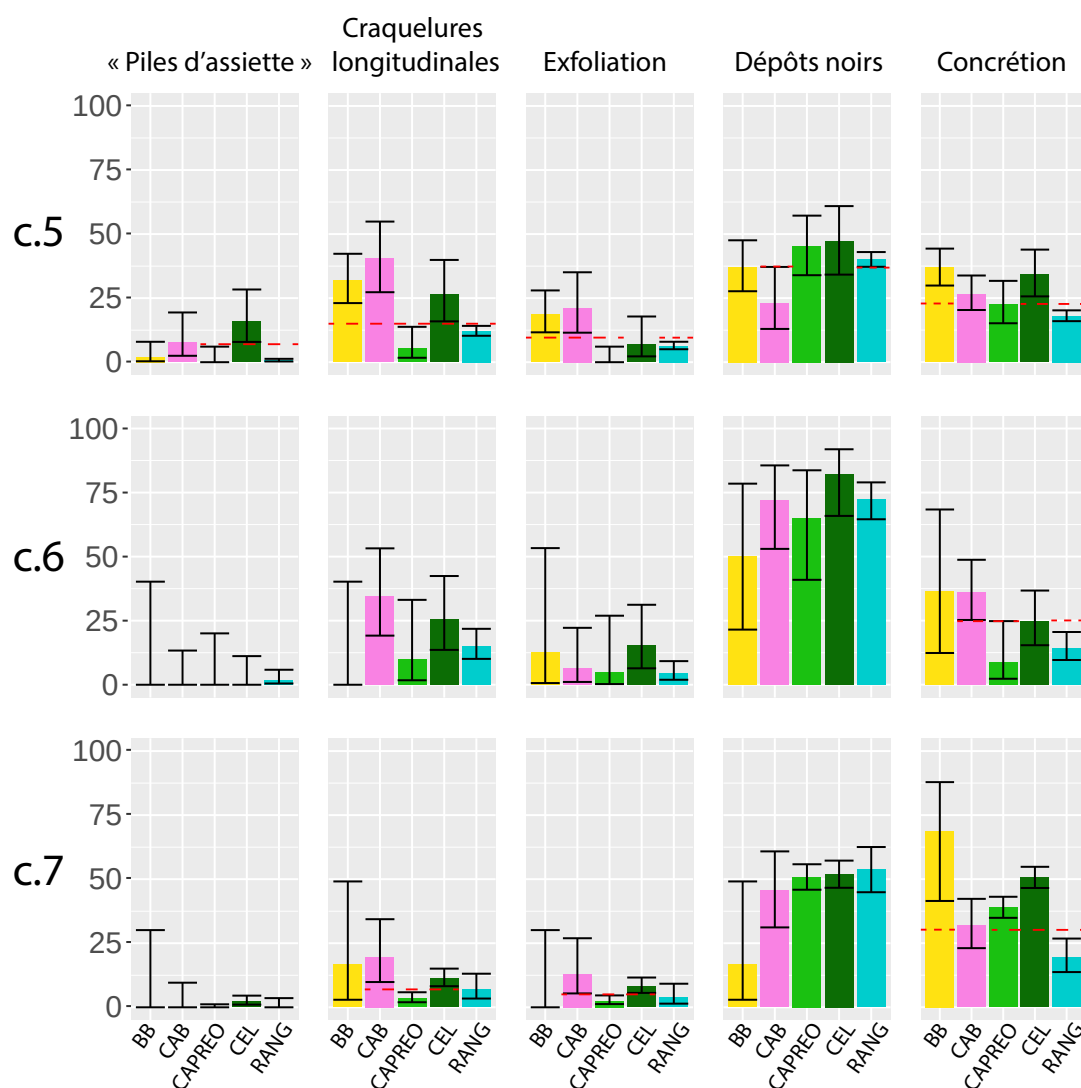


Figure III.15 : Histogrammes en série représentant le pourcentage de fragments par espèces touché par les altérations osseuses, pour chaque couche. Seules les atteintes ayant livré un résultat significatif sont présentées ici. Les intervalles de confiance sont fixés à 95%.

A ces premières observations s'ajoute la variable « coloration de l'os », pour laquelle 1) des différences de couleur statistiquement significatives existent entre les espèces d'un même niveau et 2) des proximités intra-espèces existent entre les niveaux. Par exemple, le Cerf et le Chevreuil sont plus souvent bruns et bruns foncés que le Renne et le Cheval (et dans une moindre mesure, les Bovinés), qui eux sont plus souvent orangés ou beiges, quel que soit le niveau (fig. III.16).

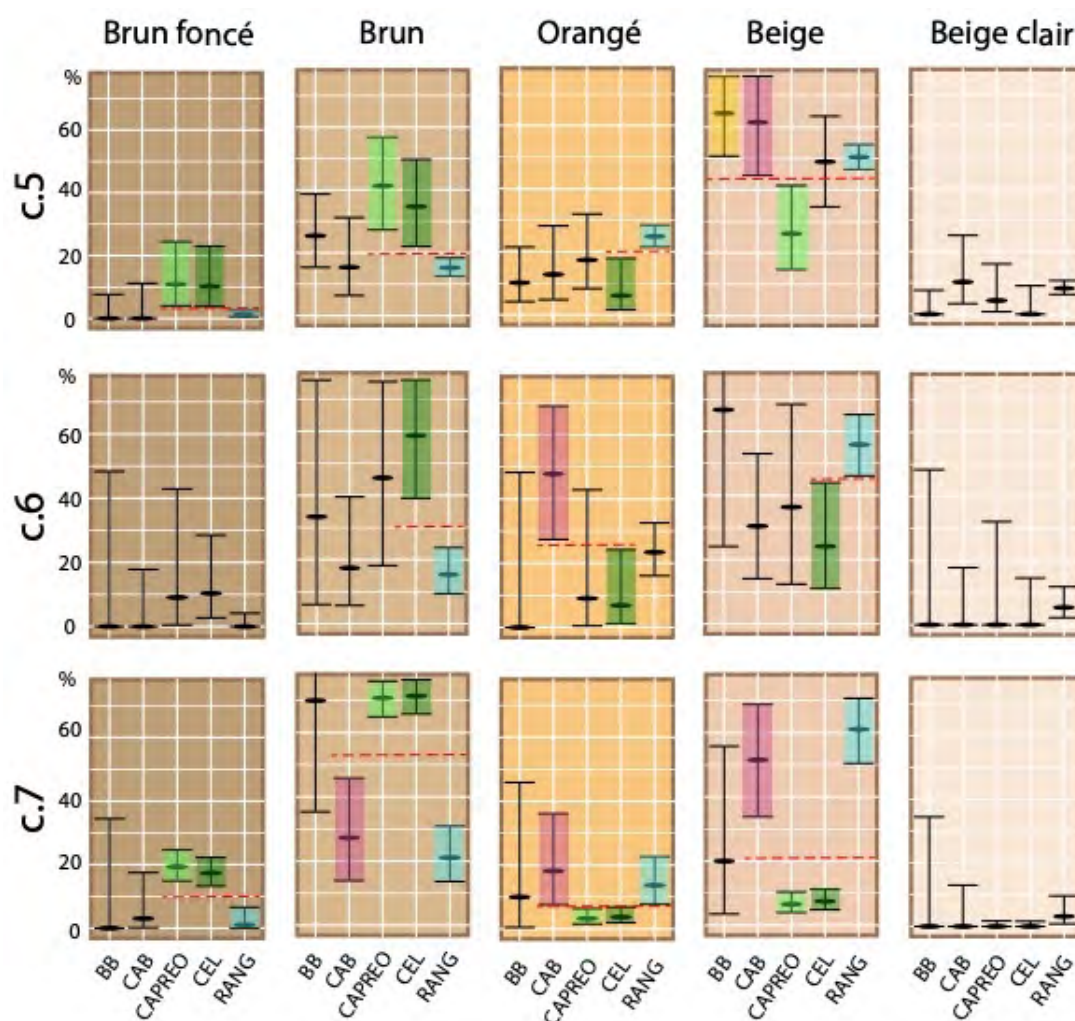


Figure III.16 : Proportion de fragments concernés par chaque catégorie de couleur en fonction des espèces auxquelles ils appartiennent, pour chaque couche.

La tendance est encore plus visible en Analyse Factorielle des Correspondances : le Cerf et le Chevreuil sont sans équivoque plus souvent associés à la couleur brun et brun foncé et tendent à avoir des profils colorimétriques proches entre eux pour les niveaux 5 et 7 (fig. III.17). Le niveau 6, pour lequel les échantillons sont plus réduits et les ellipses de confiance trop larges, n'est pas présenté. De même, le Renne et le Cheval semblent se détacher de l'association Cerf-Chevreuil. Les Bovinés, quant à eux, constituent un profil intermédiaire et se situent au centre du graphique de l'AFC.

Pour ces deux analyses, la statistique du chi2 d'indépendance est très grande (p-value respective = 7.496583e-17 et 1.477109e-63 ; Annexe III.12 et III.13), ce qui montre qu'il existe une liaison significative entre les variables « taxon » et « couleur ». Le poids des axes 1 et 2 est de 96,26 % pour la couche 5 et de 98,95 % pour la couche 7 : ils sont

hautement représentatifs de l'espace en trois dimensions. Les modalités qui contribuent le plus à la construction des axes sont le brun et le brun foncé pour la première dimension et l'orangé, le beige et le beige clair pour la seconde dimension du graphe de la couche 5 (Annexe III.12). Le Cerf et le Chevreuil sont liés positivement à la première dimension, contrairement au Renne pour lequel une corrélation négative est observée. Pour la couche 7, ce sont les couleurs beige et brunes qui participent davantage à la construction de la 1^{ère} dimension, et les couleurs brun foncé et orangé à la seconde dimension (Annexe III.13). Le Renne et le Cheval sont liés positivement au premier axe, et se distinguent nettement du Cerf et du Chevreuil qui lui sont corrélés négativement.

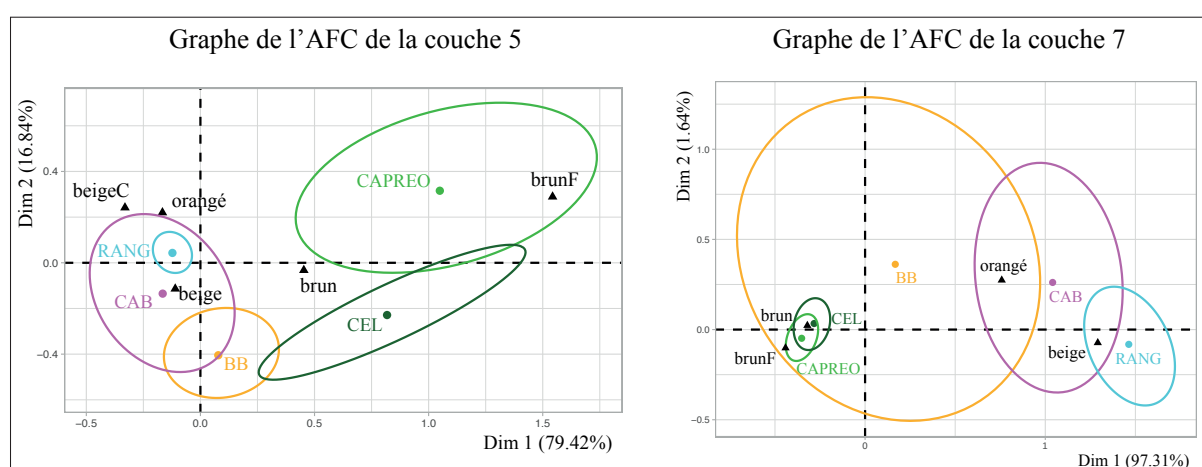


Figure III. 17 : Analyse factorielle des correspondances croisant la variable coloration de l'os à la variable espèce, pour les cinq espèces principales du corpus des couches 5 et 7.

Des analyses des Correspondances Multiples ont parallèlement été entreprises afin d'interroger les données taphonomiques multivariées. La variable « taxon_couche » a été intégrée en qualité de variable supplémentaire, afin d'observer la distribution des taxons en fonction de leur couche d'attribution sans que cette variable n'influe sur la construction du graphique. Seuls les fragments identifiés spécifiquement et appartenant aux cinq espèces principales du corpus (Renne, Cheval, Bovinés, Cerf et Chevreuil) ont été inclus dans l'analyse multivariée. Le résultat montre d'ores et déjà quelques regroupements : à l'exception du Chevreuil, des rapprochements entre les espèces existent en dépit de leur niveau d'origine ; les états de surface osseuse semblent ainsi rapprocher davantage les espèces que les couches entre elles (Annexe III.14).

La Classification Ascendante Hiérarchique (fig. III.19) propose de retenir six groupes – ou clusters. Elle a été réalisée en intégrant cette fois tous les fragments osseux du corpus, soit l'intégralité des vestiges déterminés et indéterminés, coordonnés et non coordonnés pour lesquels les altérations taphonomiques ont pu être enregistrées. Dans un premier temps, seules les altérations ayant livré un résultat significatif ont été retenues pour la classification. Les résultats de ce premier test étant très forts pour l'ACM (fig. III.18) et surtout d'un point de vue spatial (cf. *infra* ; fig. III.21), nous avons fait le choix de ne pas réaliser de tests supplémentaires, par exemple en réalisant une classification à partir de l'intégralité des variables (significatives et non significatives).

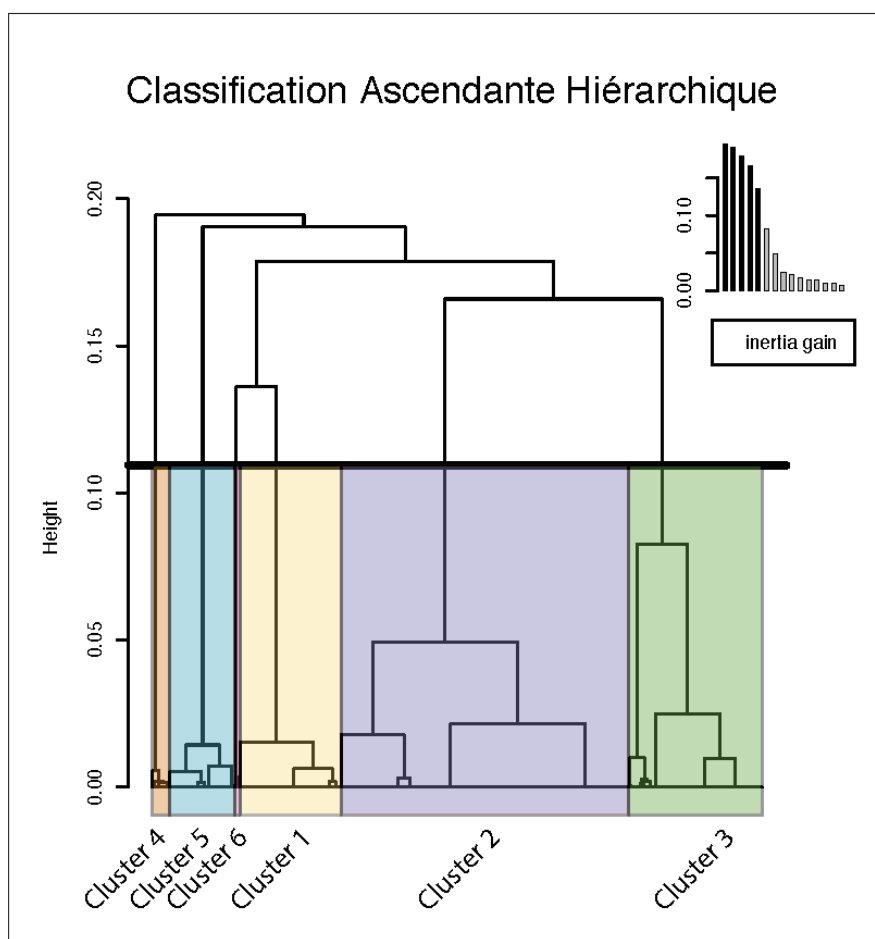
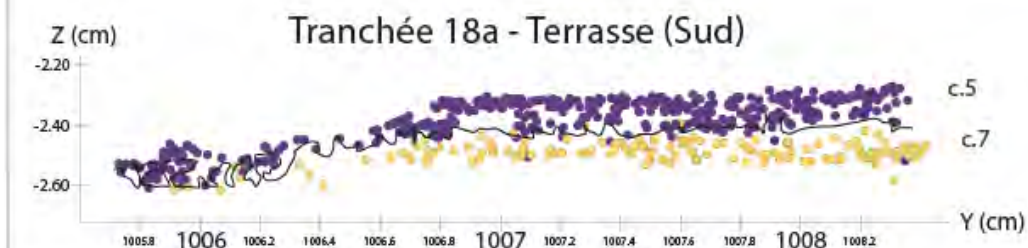
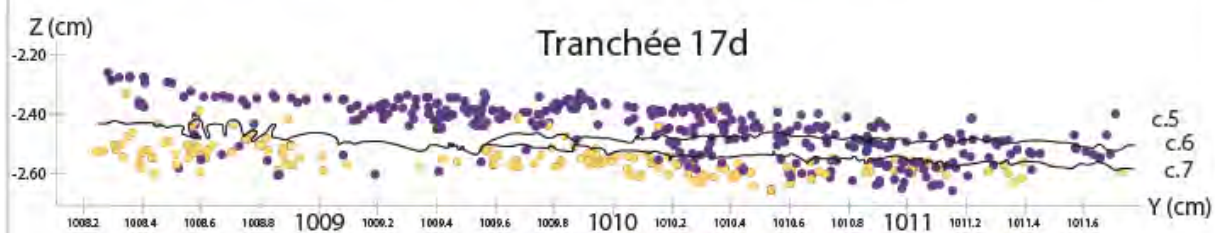
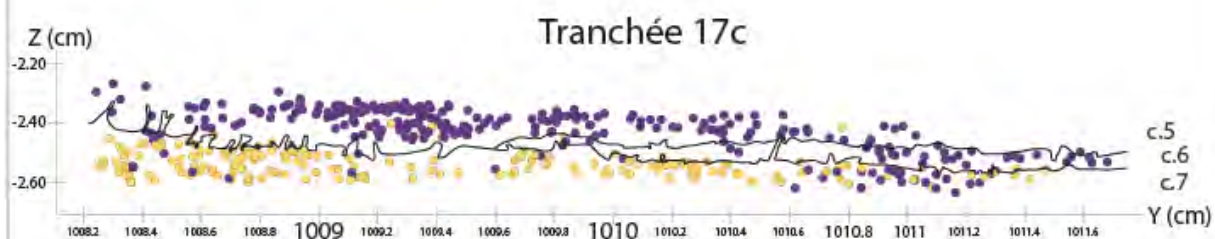
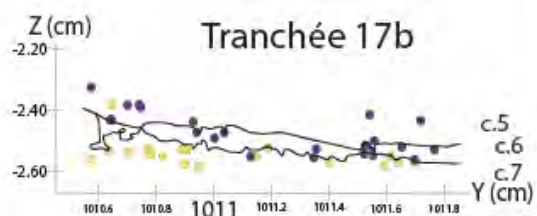
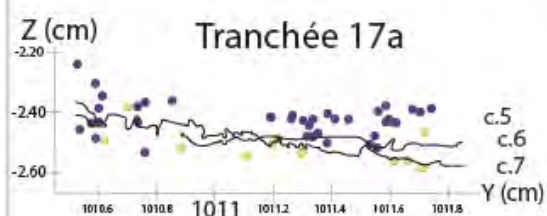
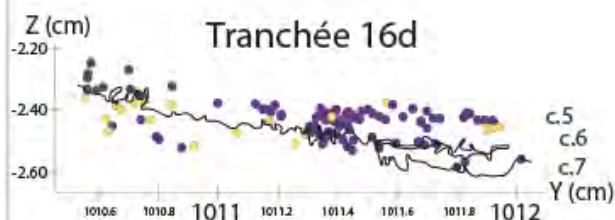
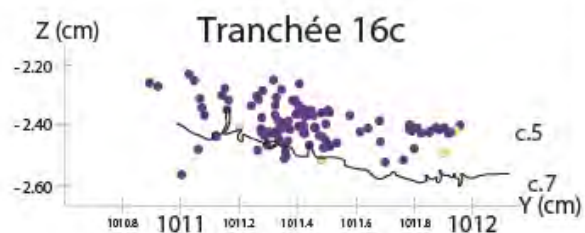
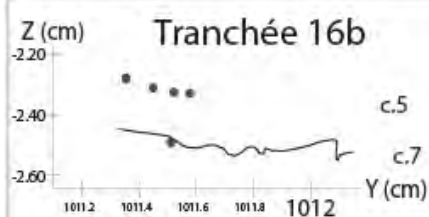


Figure III. 19 : Classification Ascendante Hiérarchique à partir de tous les vestiges osseux du corpus, en ne retenant que les variables ayant livré un résultat statistiquement significatif (cf. fig. III.15).

Lorsque les 6 groupes sont représentés simultanément, leur distribution spatiale en coupe apparaît indémêlable et le graphique est difficilement lisible, même si des tendances semblent exister (Annexe III.15). En jouant sur les apparitions/ disparitions de clusters sur le logiciel QGIS, et notamment, en masquant les clusters dont la distribution semble plus « aléatoire », des tendances plus claires apparaissent. Deux des six groupes retenus par l'ACM semblent opérer une répartition particulière, puisque leurs points se superposent de manière presque nette (fig. III.20). Le cluster 2 - caractérisé par une plus forte proportion d'ossements beiges et peu concrétionnés - est abondant en partie sommitale de la séquence, tandis que le cluster 1 - caractérisé par une plus grande abondance d'ossements brun foncé, concrétionnés et peu altérés par le manganèse (Annexe III.16) - est quasi-exclusivement associé à la partie basale. Cette distinction en deux ensembles est ici encore valable à l'ensemble du site, malgré quelques zones mixtes subsistantes (notamment, tranchées 17c, 17d et 18a). Tout comme pour les espèces, des projections en coupes sagittales et frontales plus fines (10 cm d'épaisseur ; avec l'échelle en Z doublée pour les coupes sagittales) sont présentées pour ces secteurs plus problématiques (Annexes III.17 à III.25). Un fait notable est que ces zones mixtes subsistent sur les projections de 10 cm d'épaisseur, attestant possiblement de remaniements post-dépositionnels. Quoi qu'il en soit, ces zones plus problématiques seront nécessairement traitées à part lors de l'analyse archéozoologique et doivent ainsi être distinguées des « zones plus propres » sur la base d'un redécoupage PES.

Par ailleurs, on peut observer que la distribution des clusters est ici encore souvent concordante avec le découpage stratigraphique par couche dans le secteur terrasse, où il n'existe pour rappel que deux niveaux. Dans le secteur grotte, seul secteur où la couche 6 a été identifiée, les limites de couche s'accordent très mal avec la distribution des clusters : si ces trois niveaux (5, 6 et 7) ont bien été perçus lors des fouilles et correspondent sans doute à trois entités sédimentaires distinctes, leurs délimitations n'y sont ni concordantes avec la distribution des espèces, ni avec les états de surface osseuses, qui semblent opérer une distinction en deux ensembles comme dans le secteur terrasse.

Distribution par clusters 1 et 2 avec limites de couches



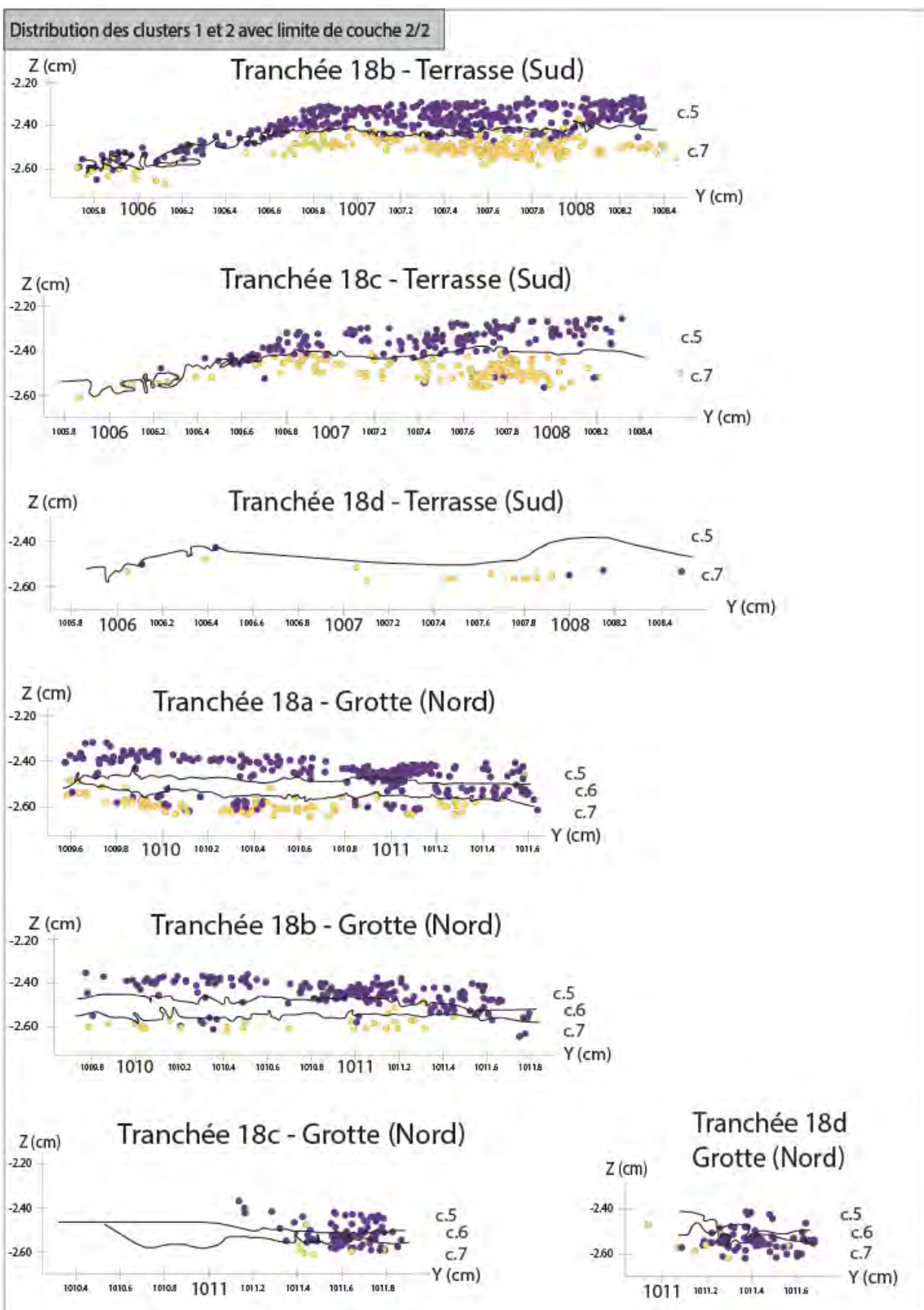


Figure III.20 : Projections en coupe sagittale des vestiges coordonnés en fonction du cluster auquel ils appartiennent pour les niveaux 5 à 7.

Premiers éléments de synthèse

L'analyse de la distribution spatiale des vestiges fauniques et les analyses statistiques menées sur les variables liées aux états de surface permettent de faire plusieurs constats :

1) L'analyse statistique des états de surface tend à rapprocher certaines espèces entre elles, sans considération de leur niveau d'origine. Cela ouvre à des questions sur l'intégrité des niveaux de terrain, au moins dans certains secteurs : les vestiges de Renne pourraient-ils, par exemple, avoir été accumulés « au même moment », quelle que soit leur position dans la séquence étudiée ici ?

2) dans le secteur terrasse et une partie du secteur grotte (tranchées 16 et 18) : une succession assez nette existe entre un ensemble à Renne sus-jacent à un ensemble à Cerf-Chevreuil, et celle-ci est appuyée par l'analyse spatiale des clusters taphonomiques. Les limites de terrain s'y accordent la plupart du temps, mais pas toujours, appelant à un nouveau découpage pour la faune.

3) dans certaines zones du secteur grotte (tranchées 17c et 17d) : il n'y a pas de superposition nette, la distribution des espèces est plus « aléatoire ». Les limites de terrain sont par ailleurs totalement déconnectées de la faune et des états de surface. Ces zones plus problématiques pourraient témoigner de remaniements et doivent être traitées séparément.

→ Selon nous, les projections par espèces et par clusters 1 et 2 ont livré des résultats assez robustes pour être utilisées conjointement pour tenter un redécoupage, avec la prudence de mise d'un travail reposant sur des phénomènes postérieurs aux dépôts

c) Définir une méthode de redécoupage PES fiable

Comme mentionné précédemment, le redécoupage en PES est réalisé postérieurement aux fouilles et est donc déconnecté d'une vision optimale de terrain intégrant lecture des successions sédimentaires et visualisation des vestiges dans leurs dépôts. Toutefois, il possède l'avantage de reposer sur d'autres critères objectifs obtenus seulement en laboratoire (e.g. une détermination spécifique précise, l'intégration de critères sur les états de surface). Tout comme le découpage de terrain, le découpage PES est soumis à une certaine part de subjectivité. Consciente des biais et des avantages de chaque méthode, nous avons constaté que les limites princeps (couches définies à la fouille) faisaient assez souvent écho aux distributions des espèces et des clusters taphonomiques (états de surfaces). De ce fait, en cas d'absence d'informations sur les espèces ou les clusters, nous avons décidé de préserver au maximum le découpage de terrain afin de limiter toute création « artificielle » de données

– tout en nous en émancipant lorsque cela fut jugé nécessaire. Les projections en coupe sagittale des espèces et des clusters taphonomiques ont ainsi été utilisées conjointement, par des jeux d'apparition-disparition sur le logiciel QGIS, afin de proposer un redécoupage le plus cohérent possible avec la distribution de la faune et de la taphonomie osseuse (fig. III.21), en respectant le protocole suivant :

- 1) Lorsque les distributions d'espèces et de clusters sont en adéquation, et permettent d'identifier des ensembles nets, un tracé délimitant ces ensembles est proposé (e.g. des points « Renne » et « Cluster 2 » superposés à des points « Cerf » ou « Chevreuil » et « Cluster 1 »).
- 2) En cas d'inadéquation entre la distribution des espèces et des clusters, les espèces sont prioritaires. Ainsi, si des fragments de Renne sont associés entre eux et superposés à des fragments de Cerf-Chevreuril, alors un tracé PES est proposé pour délimiter ces deux ensembles clairs, même si la distribution des clusters en diffère. Les clusters sont mobilisés en tant qu'appui supplémentaire mais ne prennent pas le dessus sur une distribution évidente d'espèces ; ils constituent surtout une aide précieuse lorsque les distributions d'espèces sont moins évidentes et pour réattribuer les pièces qui n'ont pu être déterminées spécifiquement à une PES.
- 3) Dans de rares cas, les distributions d'espèces et de clusters apparaissent toutes deux aléatoires (e.g. Renne-Cerf-Chevreuril mixés et Clusters 1 et 2 mixés dans la même zone), ne permettant pas d'identifier d'ensemble clair. Dans ces secteurs, proposer un nouveau découpage stratigraphique ou conserver celui de terrain serait imprudent : les pièces associées à ces zones ont été attribuées à une « PES indéterminée ».

A noter que certaines pièces coordonnées ne disposent d'aucune information sur l'espèce ou le cluster (e.g. une pièce coordonnée indéterminée spécifiquement exclue de l'analyse en clustering). Elles ne peuvent être mobilisées pour ce nouveau tracé, mais doivent être intégrées à l'étude car elles sont vectrices d'informations (e.g. indices de combustion, type de tissus). La plupart de ces pièces peut être attribuée naturellement à une PES grâce à leur position dans l'espace : si une pièce indéterminée spécifiquement se trouve associée spatialement à des vestiges de Renne et superposée au Cerf-

Chevreuil de manière évidente, elle est incluse dans la PES 1. Toutefois, certaines de ces pièces se trouvent en zone d'interface, ce qui les rend plus difficiles à catégoriser. Comme nous ne disposons pas d'arguments pour l'inclure dans une PES plutôt que dans une autre, ces pièces ont été intégrées, autant que possible, à la PES la plus proche spatialement.

Tout en restant en adéquation avec ce protocole, nous avons cherché à limiter au maximum les tracés « aberrants » (e.g. aller chercher un point trop haut dans la stratigraphie, parce qu'il appartient au Cerf et se superpose au Renne).

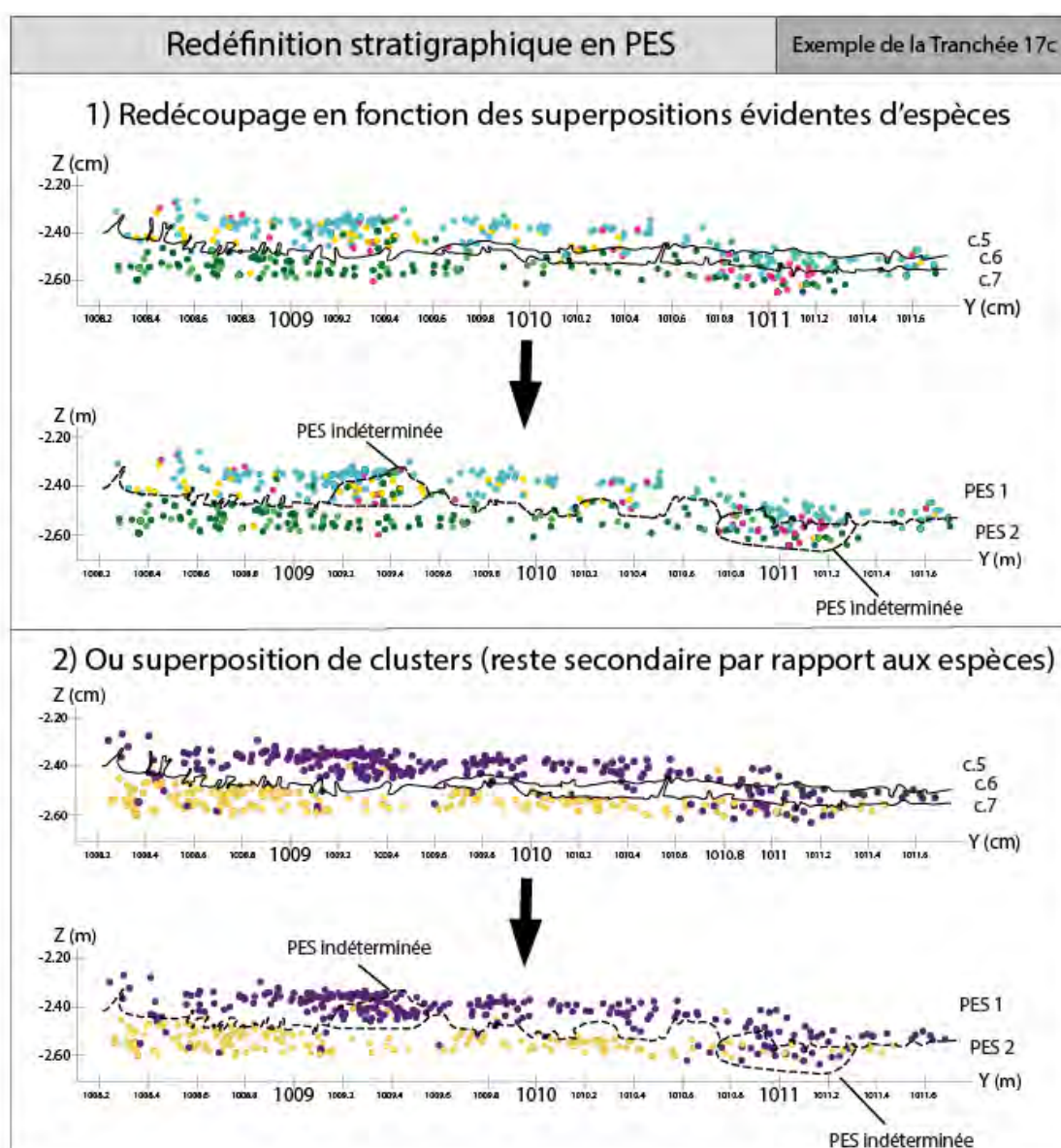
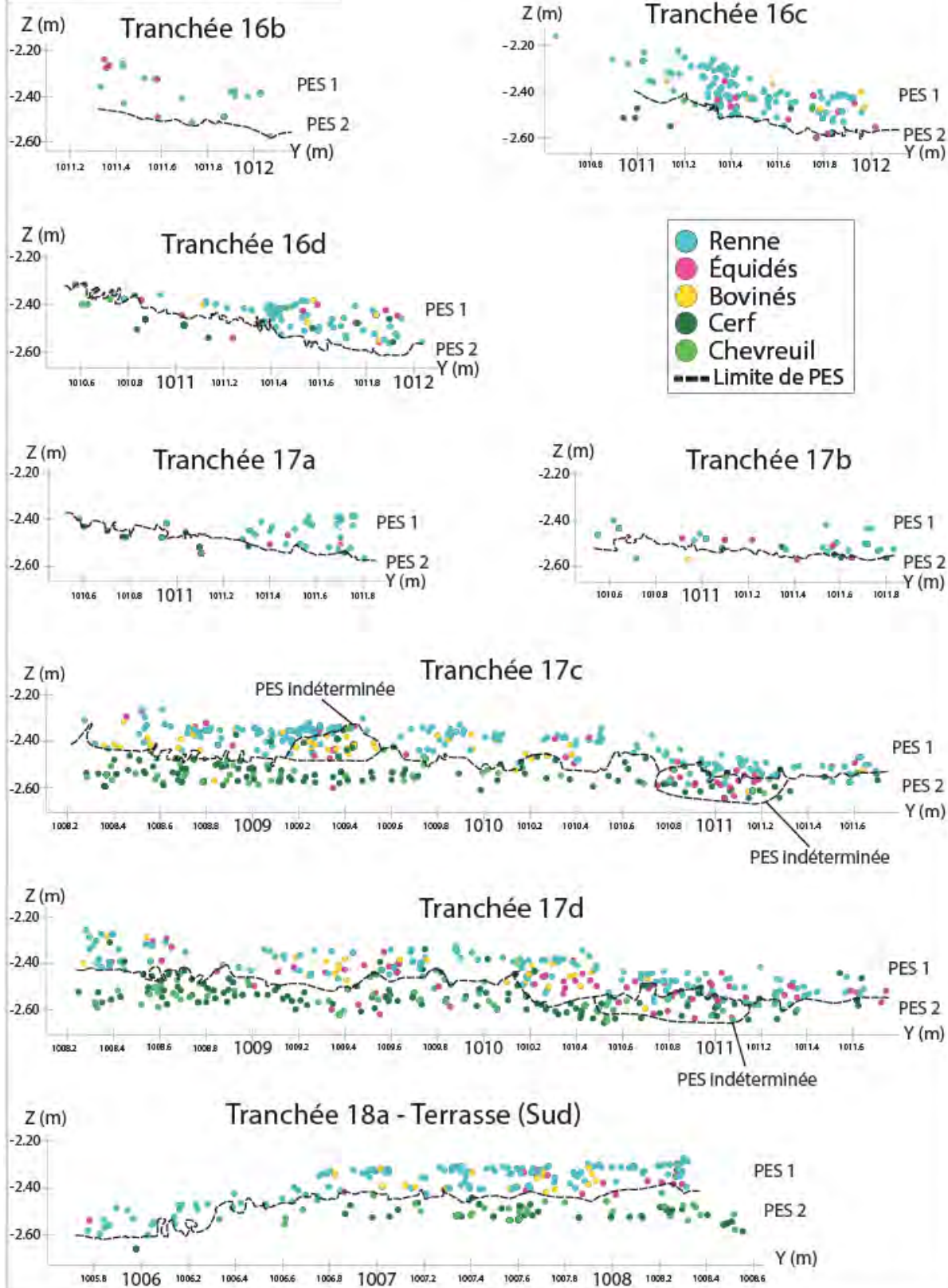


Figure III.21: Méthode de redécoupage en nouvelles entités stratigraphiques employée dans ce travail, sur la base des PES, combinant limites de terrain, superposition d'espèces et superposition des clusters taphonomiques.

Les planches de projections des figures III.8 (en fonction des espèces) et III.20 (en fonction des clusters) montrent les nouvelles entités stratigraphiques retenues dans ce travail (PES 1 et PES 2). Par un jeu de retournement de pages, le lecteur peut comparer facilement les planches avant (découpage par couches) et après (découpage PES) modifications, pour les cinq principaux taxons d'une part (fig. III.8 et III.22), et pour les clusters 1 et 2 d'autre part (fig. III.20 et III.23).

Distribution des espèces et limite PES 1/2



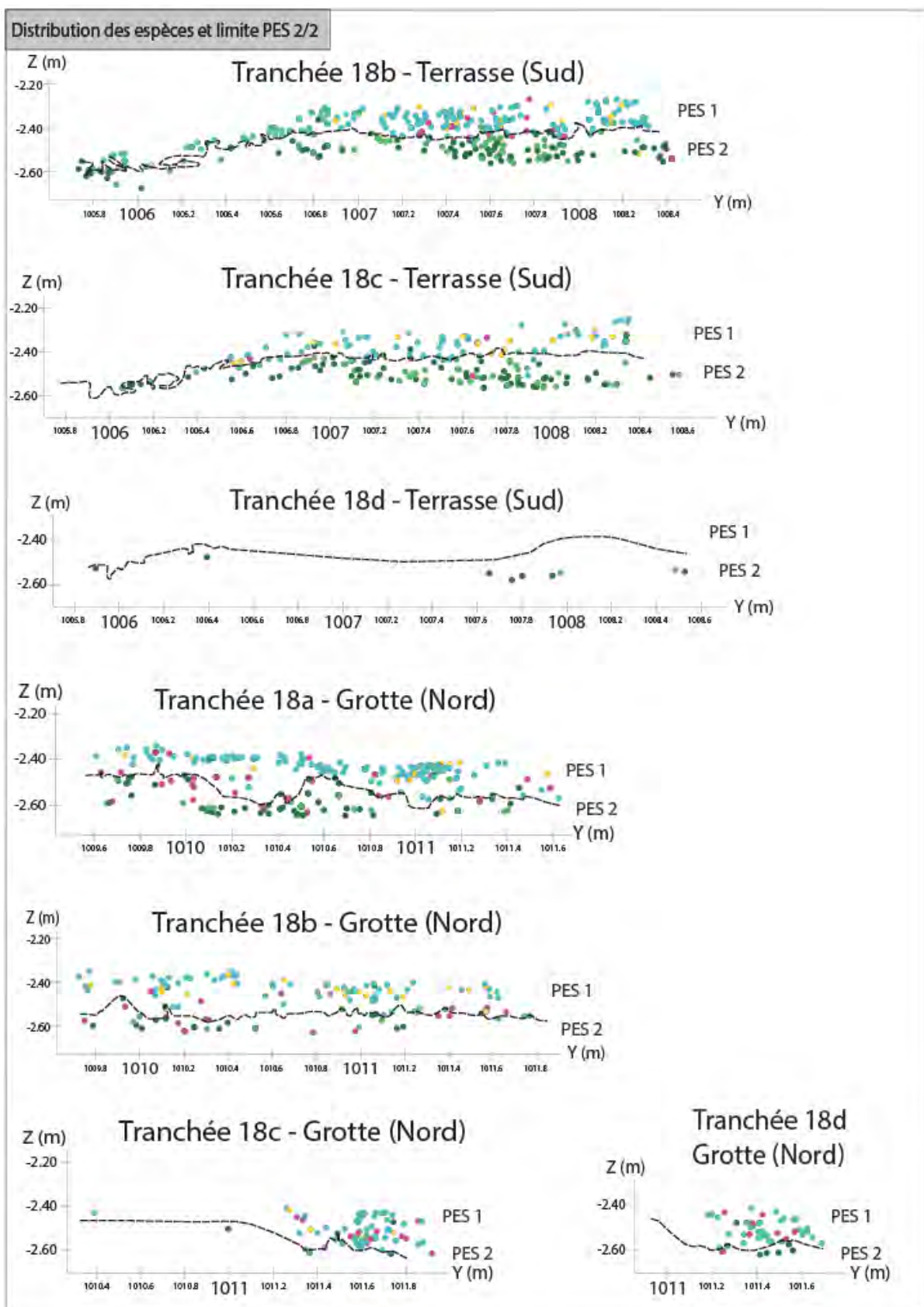
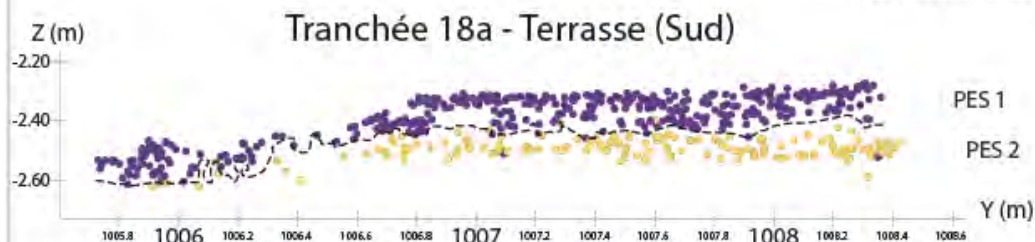
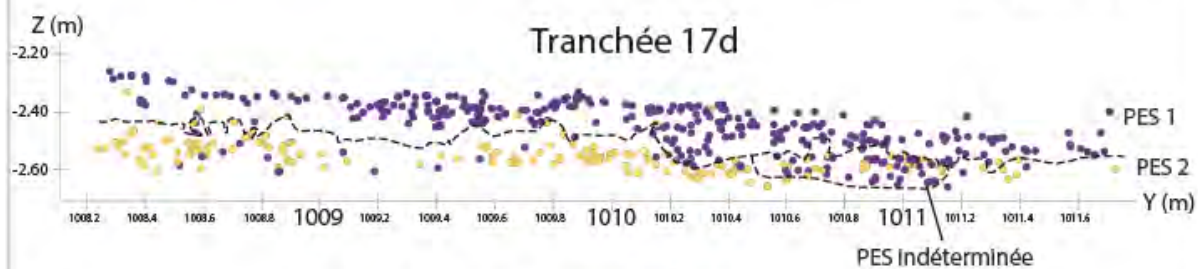
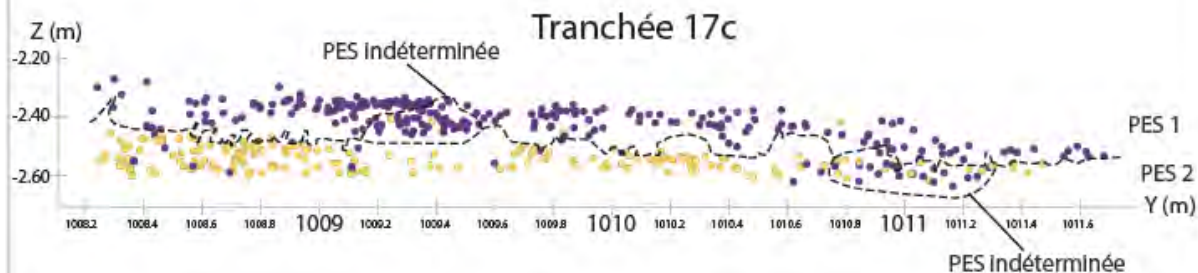
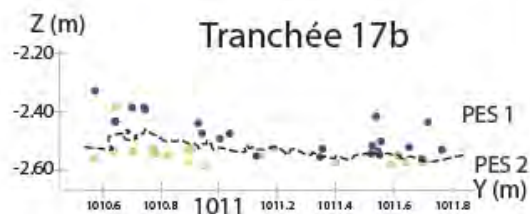
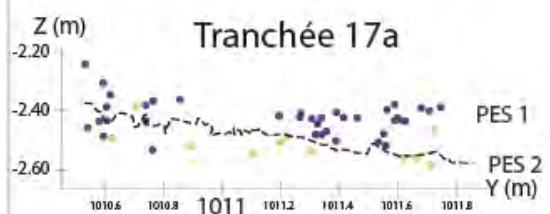
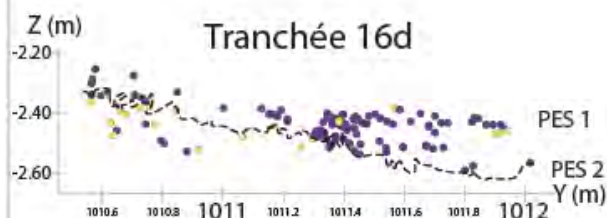
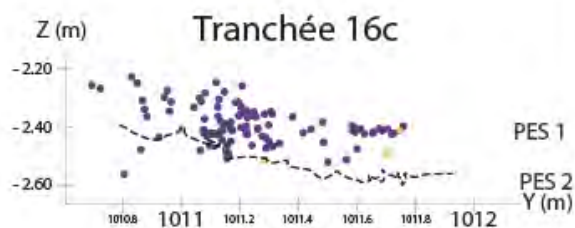
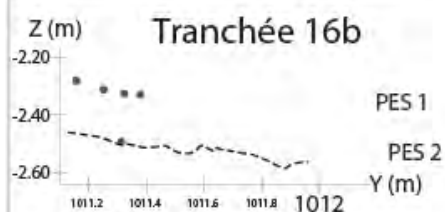


Figure III.22 : Projections en coupe sagittale (25 cm d'épaisseur) des cinq espèces principales du corpus et délimitation PES proposée dans ce travail.

Distribution des clusters et limite PES 1/2



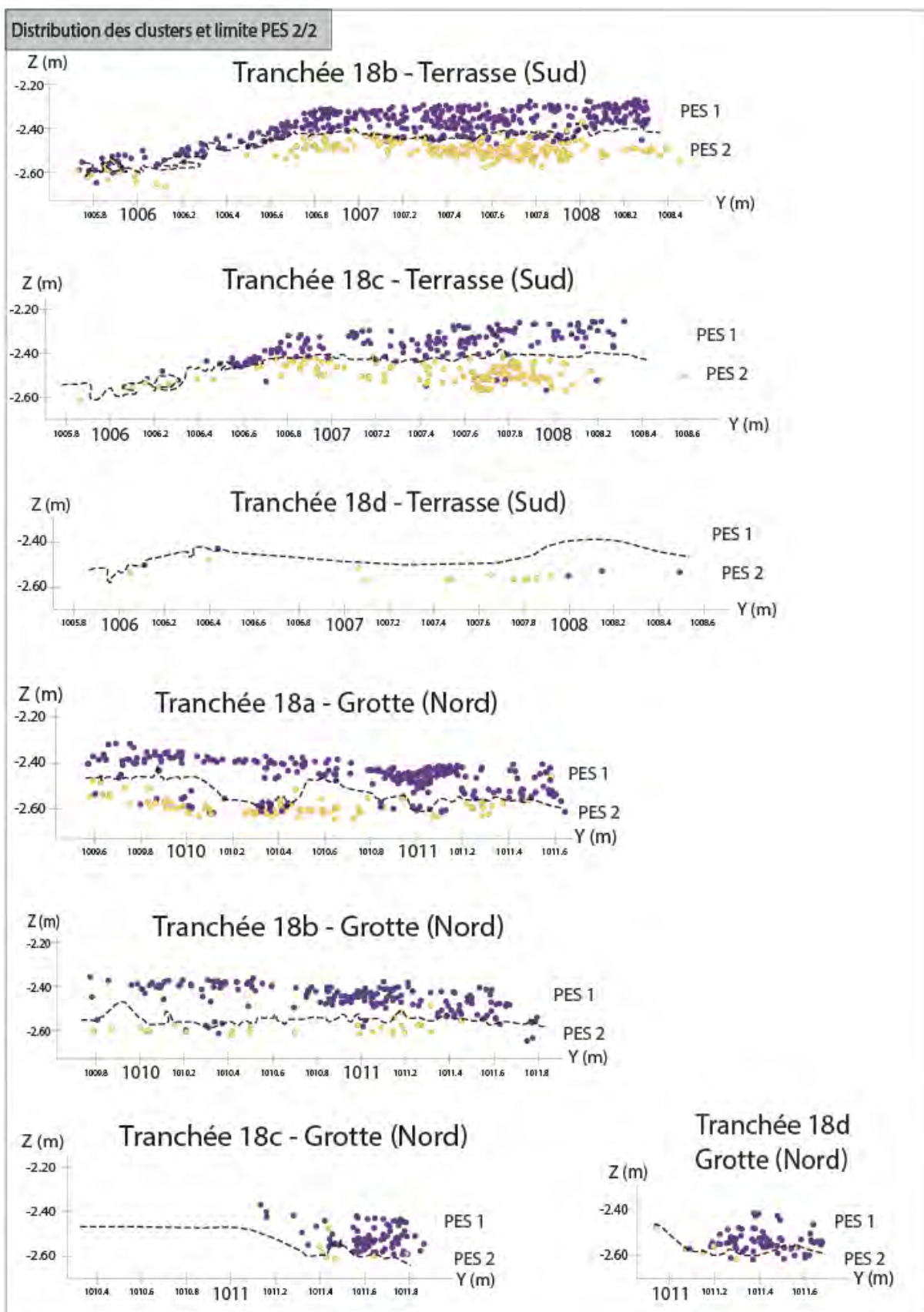


Figure III.23 : Projections en coupe sagittale (25 cm d'épaisseur) des clusters 1 et 2 et délimitation PES proposée dans ce travail.

Deux unités principales (PES 1 et 2) et une unité regroupant les secteurs les plus compliqués (PES indéterminée) sont ainsi retenues. L'examen des spectres fauniques obtenus sur la base de ces nouvelles entités montre des résultats assez différents que ceux obtenus lors de l'examen par couches (fig. III.24). La PES 1 est largement dominée par le Renne (75.5 %), suivi d'une légère composante de Bovinés-Cheval (respectivement, 9.6 % et 10.8 %), et d'une toute petite proportion de Cerf-Chevreuril (respectivement, 2.6 % et 1.5 %). La PES 2 quant à elle est quasi-exclusivement composée de Cerf-Chevreuril (respectivement, 56.4 % et 34.5 %), associés à une légère composante de Cheval (5.7 %), de Renne (2.1 %) et de Bovinés (1.3 %). Par ailleurs, il est intéressant de noter que de nombreux fragments de chevaux et de bovinés se trouvaient en position intermédiaire entre les PES 1 et 2 ; cela est surtout visible au niveau des tranchées 17c, 17d et 18a (fig. X). Le spectre faunique de la PES indéterminée, dont les tracés sont souvent en position intermédiaire également, appuie cette observation (respectivement, %NR = 13,4 et 24,6 pour les Bovinés et les Équidés). Malheureusement, il nous a semblé délicat de proposer une PES supplémentaire tant leur nombre est faible et leur répartition par « grappes » plus ou moins mixtes et éparses rend leur emprise difficile à appréhender. Cette information apparaît toutefois importante et sera remobilisée, à la lumière d'autres résultats, dans les chapitres 1 (« Les associations de grands mammifères de la transition MIS 5 – 4 ») et 2 (« Exploitation du gibier, territoire et mobilité à la transition MIS 5 – 4 ») de la partie discussion.

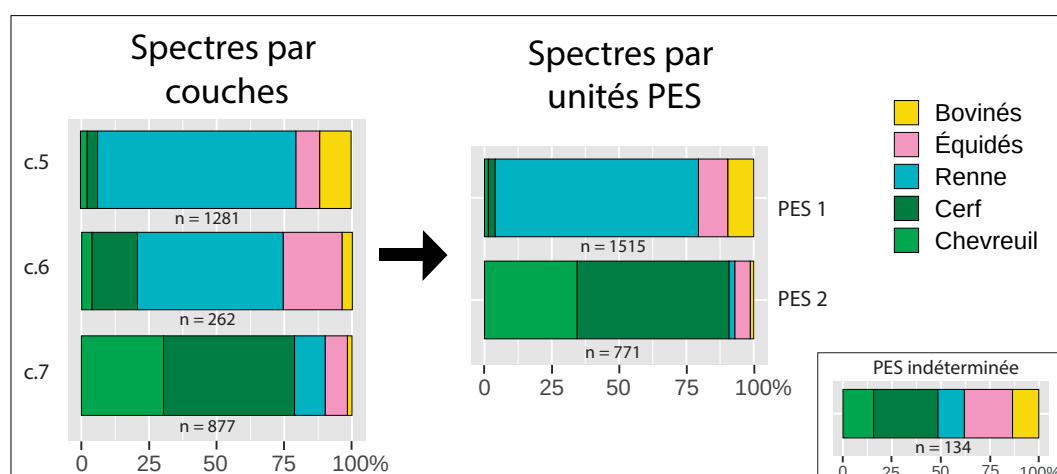


Figure III.24 : Confrontation des spectres fauniques lorsque les unités archéologiques sont considérées par couches versus par PES. Seules les pièces coordonnées appartenant aux cinq espèces principales du corpus sont représentées.

Parallèlement, il est intéressant de noter qu’une part importante des vestiges fauniques attribués aux couches 5 et 6 se trouvent intégrés à la PES 1 (respectivement, 94.6 % et 83.5 % des pièces provenant de ces couches), et que de nombreuses pièces de la couche 7 le sont à la PES 2 (79.7 % ; tab. III.4). Cela montre à quel point un redécoupage PES – même lorsqu’il ne diffère que peu des couches d’origine – est primordial et peut changer drastiquement les résultats. La nature composite des faunes anciennement attribuées au niveau 6 tient, selon nous, de deux facteurs principaux : la présence de « zones mixtes » dans le secteur grotte (notamment, les tranchées 17c et d) – seul secteur où le niveau 6 a été identifié -, et l’attribution à cette couche intermédiaire de vestiges provenant en réalité de deux unités adjacentes (interface plus difficile à fouiller dans ce secteur ? réelle présence d’une entité sédimentaire supplémentaire dans ce secteur, qui serait déconnectée de la chronologie des dépôts osseux ?).

Quoi qu’il en soit, si le signal environnemental obtenu sur les nouvelles entités archéologiques apparaît plus homogène et cohérent d’un point de vue climatique, quelques interrogations subsistent.

Couche	1	2	PES indet	Total couches
5	5109 (94.6 %)	92 (1.7 %)	198 (3.7 %)	5399 (100 %)
6	597 (83.5 %)	83 (11.6 %)	35 (4.9 %)	715 (100 %)
7	424 (12 %)	2811 (79.7 %)	294 (8.3 %)	3529 (100 %)
Total PES	6130	2986	526	9643

Tableau III.4 : Croisement du nombre et du pourcentage de vestiges par couches présent dans les nouvelles entités PES.

Qu’en est-il de l’intégrité des nouvelles unités archéologiques ?

Malgré l’attribution des zones les plus « mixtes » à une PES indéterminée – permettant d’écarter ces zones moins fiables de nos deux unités principales -, la composition taxinomique des PES 1 et 2 et les projections spatiales révèlent quelques caractéristiques qu’il est nécessaire de soulever. D’abord, que penser de la présence en quantité très minoritaire de restes de Cerf-Chevreuril dans la PES 1, et de celle de Renne dans la PES 2 ? Les données et outils méthodologiques dont nous disposons peuvent-ils permettre d’identifier d’éventuelles intrusions, ou à l’inverse, de valider leur présence au

sein des ensembles proposés dans ce travail ? Parallèlement, deux taxons, les Équidés et les Bovinés, sont attestés en proportions modérées sur les deux nouvelles unités (PES 1 et 2). Comme mentionné précédemment, leur position spatiale est parfois intermédiaire entre un ensemble à Renne sus-jacent et un ensemble à Cerf-Chevreuril sous-jacent. Si tout tracé d'une PES supplémentaire intégrant ces restes nous a paru délicat – en raison notamment de leur répartition difficilement délimitable et de leur faible nombre – de nouveaux éléments peuvent être mobilisés pour tenter de mieux comprendre leur origine.

Les tableaux III.5 et III.6 donnent le nombre de pièces pour chaque espèce et pour chaque cluster taphonomique. Pour la PES n° 1, le cluster 2 – qui a servi au redécoupage – est majoritaire, tandis que pour la PES n°2 c'est le cluster 3 qui est dominant ; il n'avait cependant pas pu être utilisé pour le découpage spatial puisqu'aucune superposition évidente n'était observée pour ce cluster (PES 1 n = 236 ; PES 2 n = 388). En effet, nous avons vu que seuls les clusters 1 et 2 montraient une superposition évidente et que celle-ci était compatible avec la distribution des espèces. Ainsi si l'on ne regarde que les clusters 1 et 2, le Renne est majoritairement associé au cluster 2 (caractéristique de la PES 1) et le Cerf-Chevreuril au cluster 1 (caractéristique de la PES 2). Afin de savoir si la présence du Renne dans la PES 2 (PES à Cerf-Chevreuril) et du Cerf-Chevreuril dans la PES 1 (PES à Renne) pourrait être d'origine intrusive (e.g. déplacement de vestiges dans l'ensemble inférieur), il est intéressant de détecter d'éventuelles « anomalies », c'est-à-dire, d'identifier les restes appartenant aux espèces minoritaires d'une PES (Cerf-Chevreuril dans la PES 1, Renne dans la PES 2) et portant un signal taphonomique incohérent avec la PES qui les contient (e.g. un reste de Renne de cluster 2 dans la PES 2 ; un reste de Cerf de cluster 1 dans la PES 1). Aucun des restes de Cerf (n = 16) ni de Chevreuril (n = 11) de la PES n°1 n'est associé au cluster 1, tandis qu'ils sont fréquemment associés au cluster 2 (respectivement, n = 5 et n = 5). Les vestiges de Cerf-Chevreuril contenus dans la PES n°1 ne montrent ainsi pas d'incohérence majeure, du point de vue des états de surface, avec le reste de cette PES, ce qui n'exclut pas pour autant d'éventuelles intrusions sporadiques. Pour ce qui est de la PES n°2, seul un reste de Renne est associé au cluster 2, ce qui pourrait témoigner d'une origine intrusive ; sa position dans l'espace est discutée ci-après (cf. *infra*). Par ailleurs, aucun des restes de

Renne (n = 9) n'est associé au cluster 1 – caractéristique de la PES 2, ce cluster est exclusivement associé au Cerf et au Chevreuil et ne concerne aucune autre espèce, ce qui soulève la question de l'origine des autres espèces dans cette PES. Nous disposons à ce stade de très peu d'éléments pour interpréter la présence du Renne dans la PES 2 : tous les restes de Renne sont associés à des clusters qui se répartissent à la fois dans les PES n°1 et n°2. Quoiqu'il en soit, les autres vestiges de Renne, et les vestiges de Cerf-Chevreuil ne montrent pas d'incohérence taphonomique avec l'entité PES qui les contient ; si jamais des remaniements se sont produits, ils sont probablement pour la plupart antérieurs aux processus taphonomiques responsables des états de surface que portent la plupart des vestiges.

Parallèlement, pour tenter de discuter de l'origine stratigraphique des Bovinés et Équidés, il peut être intéressant de regarder à quels clusters ils sont le plus souvent associés : les décomptes montrent que la plupart des vestiges leur appartenant présentent des états de surface de cluster 3. Si celui-ci est un peu plus abondant en base de séquence (PES n°2), il est aussi largement réparti dans le reste de la stratigraphie. En revanche, il est intéressant de noter que leur distribution au sein des clusters se rapproche plutôt de celle du Renne dans la PES n°1 (les clusters 2 et 3 sont majoritaires) et qu'aucun des restes leur appartenant n'est associé au cluster 1 (caractéristique de la PES n°2), y compris dans la PES n°2. Ainsi, si leur présence dans la PES n°2 pose encore question, ces observations laissent penser à une certaine cohérence de la composition de la PES n°1 ; nous suspectons néanmoins, pour cette dernière des chasses espacées dans le temps, donnant parfois lieu aux superpositions de nappes de renne et de grappes de Bovinés-Équidés observées.

PES n° 1							
	cluster 1	cluster 2	cluster 3	cluster 4	cluster 5	cluster 6	TOTAL
Bovinés	0	24	36	0	3	3	66
Cheval	0	15	28	4	9	3	59
Chevreuil	0	5	2	1	3	0	11
Cerf	0	5	8	0	1	2	16
Renne	3	247	162	33	132	3	580
TOTAL	3	296	236	38	148	11	732

Tableau III.5 : Tableau de contingence croisant, pour la PES n°1, la variable « espèce » à la variable « cluster ». Sont inclus tous les restes déterminés spécifiquement pour lesquels nous disposons d'informations sur les clusters.

PES n° 2							
	cluster 1	cluster 2	cluster 3	cluster 4	cluster 5	cluster 6	TOTAL
Bovins	0	0	4	0	0	0	4
Cheval	0	1	10	1	5	0	17
Chevreuril	39	6	144	0	4	0	193
Cerf	52	7	223	0	10	8	300
Renne	0	1	7	0	1	0	9
TOTAL	91	15	388	1	20	8	523

Tableau III.6 : Tableau de contingence croisant, pour la PES n°2, la variable « espèce » à la variable « cluster ». Sont inclus tous les restes déterminés spécifiquement pour lesquels nous disposons d'informations sur les clusters.

Comme mentionné précédemment, un reste de Renne a été identifié comme « anormal » : il s'agit d'un reste de fémur de Renne provenant de la tranchée 18, il est localisé dans la PES 2 et porte une patine de cluster 2 typique de la PES 1 « à Renne » (fig. III.25). Si nous suspectons une origine intrusive de ce fragment en provenance de la PES n°1, sa localisation - en base de la PES n°2 - permet difficilement de le rattacher avec certitude à la PES n°1. Il sera donc traité avec les autres restes de Renne de la PES n°2, en gardant à l'esprit que d'éventuelles intrusions ont pu se produire, pour les fragments appartenant à ce taxon comme pour ceux appartenant aux Bovins-Équidés.

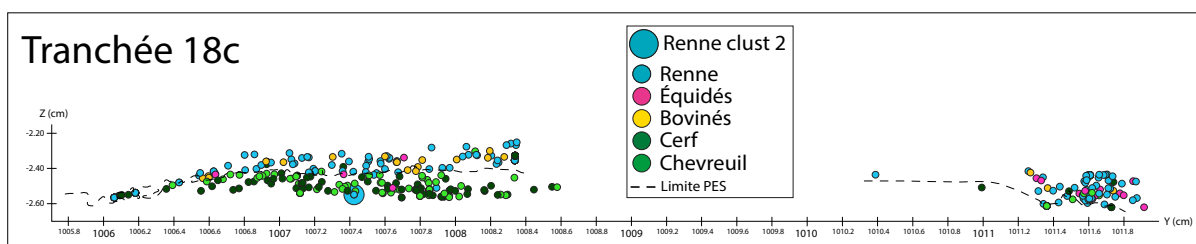


Figure III.25 : Projection sagittale de la tranchée 18c montrant la localisation du fragment de Renne présent dans la PES 2 et dont la patine est de cluster 2.

Une autre approche pour tester l'intégrité de nos ensembles est permise par les statistiques spatiales et la fonction K de Ripley (dans le cas présent, Kintertypes), qui permet de détecter les agrégations spatiales de points marqués en deux dimensions (ici, nous nous concentrons sur le plan zénithal, soit les coordonnées X et Y). Dans le cadre de cette étude, nous utilisons cette fonction pour savoir si, au sein d'une même unité

PES, les points d'une espèce s'agrègent ou non avec ceux d'une autre espèce, permettant ainsi d'en inférer sur d'éventuelles « synchronicités » de dépôt des carcasses entre espèces d'une même unité PES – et, par effet ricochet, d'appuyer la pertinence du redécoupage PES. Cette étude est réalisée exclusivement à partir des vestiges coordonnés.

Avant de procéder à cette analyse, un test Kintertypes de contrôle croisant les vestiges de Renne et de Cerf, sans considération de PES, a été réalisé. Leurs échantillons sont extrêmement importants, garantissant un résultat robuste. Le test conclut à un résultat aléatoire (fig. III.26) sur le plan horizontal (coordonnées XY), ce qui indique qu'il n'y a aucune interaction spatiale entre ces deux catégories de vestiges, conformément à ce qui est attendu de vestiges provenant d'unités distinctes *a priori* dénuées de tout lien. Le test de contrôle est favorable à l'entreprise d'une analyse Kintertypes.

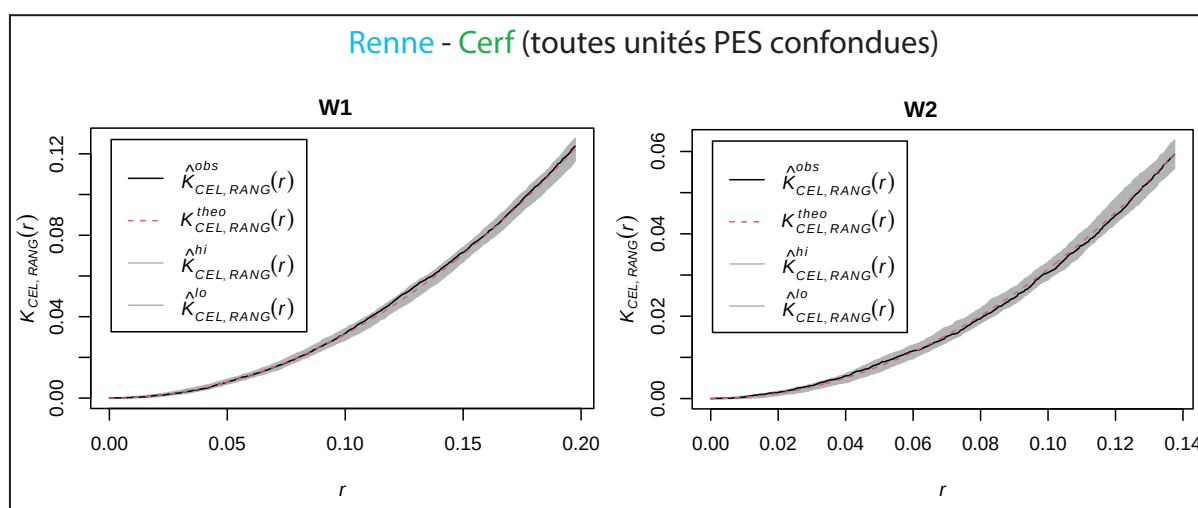


Figure III.26 : Test Kintertypes de contrôle confrontant les vestiges de Cerf et de Renne de toutes les unités PES confondues (n° 1, n°2, indéterminée).

Les résultats sont synthétisés dans le tableau III.7 ; ils montrent pour la première fenêtre (W1) de la PES n°1³⁴ que certaines espèces présentent une structure spatiale agrégée (Renne et Bovinés, Renne et Cerf, Bovinés et Cheval, Bovinés et Cerf : Annexe III.26) : cette observation appuie l'hypothèse qu'une partie au moins des restes appartenant à ces espèces aurait une histoire post)dépositionnelle commune (e.g. dépôt « au même moment », ou remobilisation de l'ensemble des restes par un processus

³⁴ Pour rappel, les fenêtres d'observation sont présentées dans la Partie II « Corpus et méthodes », figure II.3.

sédimentaire aboutissant à une même concentration d'objets). Pour les autres espèces de cette fenêtre, le résultat est aléatoire, de même que pour toutes les espèces de la deuxième fenêtre (W2 ; Annexe III.27).

Pour ce qui est de la PES n°2, toutes les structures sont aléatoires pour la fenêtre n°1 (W1 ; Annexe III.28). En revanche, quelques structures agrégées existent pour la seconde fenêtre (W2 ; Cheval et Cerf, Cheval et Chevreuil, Cerf et Chevreuil : Annexe III.29).

Un résultat aléatoire peut être dû à plusieurs facteurs, notamment, des chasses réalisées à des moments différents au sein de la PES concernée (phases d'occupation différentes ?), des phénomènes post-dépositionnels ayant remobilisé certains vestiges et conduit - à tort - à leur intégration dans une PES alors qu'ils proviennent initialement d'autres unités, ou encore, des tailles d'échantillons trop petites. En effet, pour cette dernière hypothèse, de nombreux échantillons de notre corpus apparaissent extrêmement réduits, ce qui pourrait masquer des résultats plus probants. C'est le cas notamment du Cerf et du Chevreuil de la PES n°1 et du Renne de la PES n°2.

Quoi qu'il en soit, même si ces résultats ne montrent que peu d'associations – ce qui les rend difficiles à mobiliser pour une discussion sur la fiabilité globale des PES définies dans ce travail – ils permettent de faire le lien entre certaines espèces, au moins dans certains secteurs, qui auraient pu faire l'objet de chasses potentiellement « sub-synchrones », potentiellement réalisées au cours des mêmes occupations *lato sensu*. C'est le cas, au sein de la PES n° 1, de l'association Renne-Bovins-Cerf (ce résultat confirme par ailleurs l'existence potentielle de chasses sub-synchrones au Cerf et au Renne), et de l'association Cerf-Chevreuil-Cheval de la PES n°2.

	PES 1		PES 2	
	W1	W2	W1	W2
RANG - BB	attraction	aléatoire	aléatoire	aléatoire
RANG - CAB	aléatoire	aléatoire	aléatoire	aléatoire
RANG - CEL	attraction	aléatoire	aléatoire	aléatoire
RANG - CAPREO	aléatoire	aléatoire	aléatoire	aléatoire
BB - CAB	attraction	aléatoire	aléatoire	aléatoire
BB - CEL	attraction	aléatoire	aléatoire	aléatoire
BB - CAPREO	aléatoire	aléatoire	?	?
CAB - CEL	aléatoire	aléatoire	aléatoire	attraction
CAB - CAPREO	aléatoire	aléatoire	aléatoire	attraction
CEL - CAPREO	aléatoire	aléatoire	aléatoire	attraction

Tableau III.7 : Synthèse des relations entre les points marqués (par espèces) sur les deux fenêtres d'observation retenues, à l'aide de la fonction Kintertype.

Ces résultats permettent ainsi d'appuyer pour partie le découpage PES qui a été opéré, mais il faut garder à l'idée que la méthode de réévaluation stratigraphique opérée dans ce travail est un outil pour obtenir une meilleure lecture stratigraphique et des ensembles plus cohérents - sans doute plus proches des réalités archéologiques - mais ne permet en aucun cas d'obtenir des ensembles « purs » ni de délimiter avec exactitude les différents passages humains.

Pour conclure sur l'intégrité de nos nouveaux ensembles, les décomptes d'espèces par clusters et l'analyse Kintertypes tendent à appuyer le découpage qui a été opéré. La PES n°1 semble particulièrement homogène, même si nous suspectons, d'après l'agencement des pièces, qu'elle puisse représenter plusieurs événements de chasse, le Renne étant souvent sus-jacent à des grappes de Bovinés-Équidés plus mixtes. L'analyse Kintertype met par ailleurs en évidence des chasses potentiellement sub-synchrones entre le Renne, les Bovinés et le Cerf ; il est possible qu'une partie des restes leur appartenant ait été accumulée à un moment différent que les autres restes de cette PES. La PES n°2 est quant à elle plus difficile à interpréter. Des intrusions de fragments de Renne et peut-être d'Équidés-Bovinés sont suspectées, sans qu'elles ne puissent être quantifiées. Néanmoins, les échantillons appartenant à ces trois espèces sont extrêmement réduits, et les intrusions potentiellement rares. L'analyse Kintertype tend par ailleurs à appuyer l'hypothèse de chasses potentiellement sub-synchrones pour

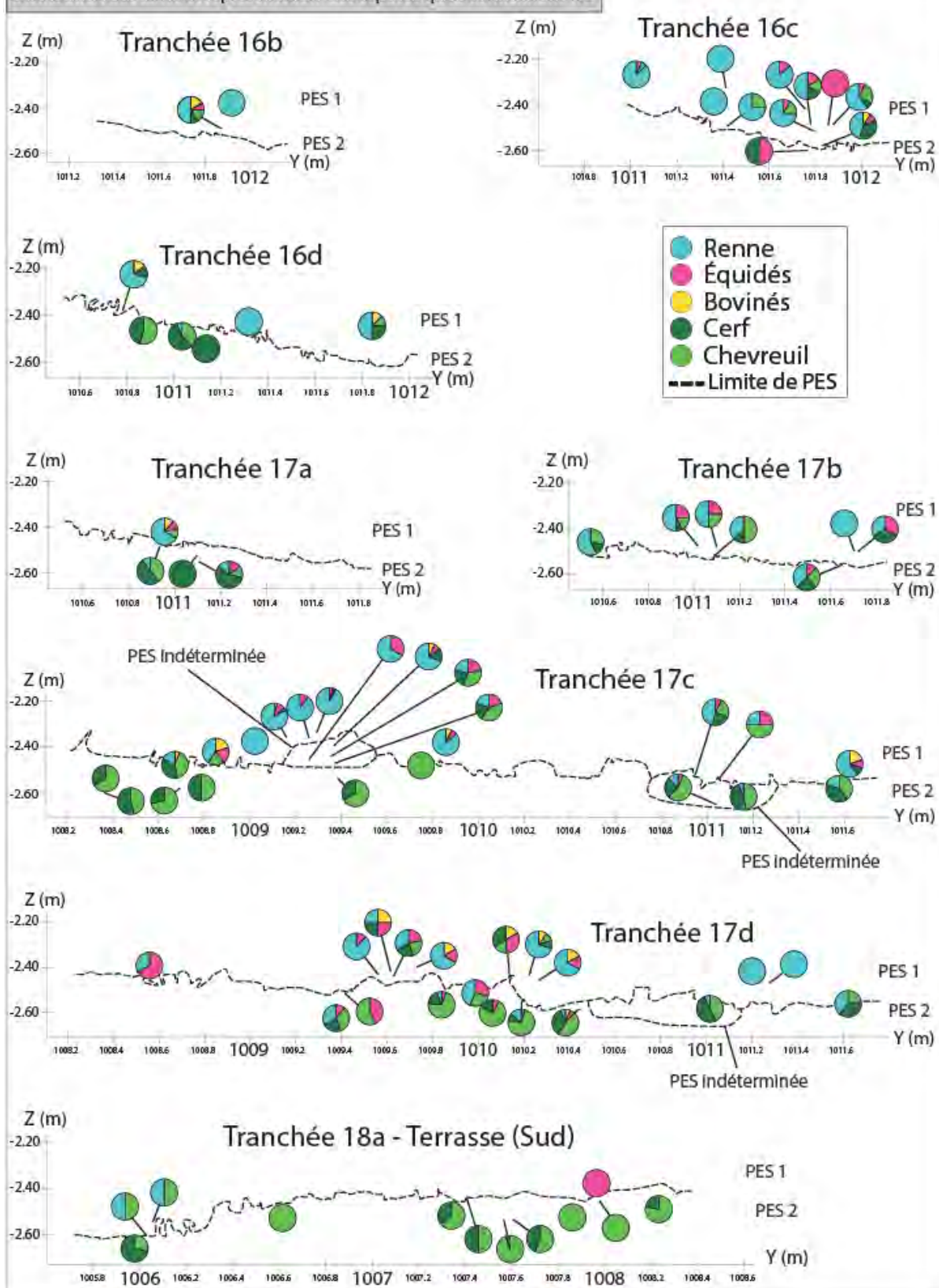
le Cerf et le Chevreuil, et sans doute pour une partie au moins des restes appartenant au Cheval. Ces éléments seront considérés lors de l'interprétation des résultats archéozoologiques. Les unités PES ainsi constituées sont relativement homogènes et intègres, et sont mieux adaptées à l'entreprise d'analyses archéozoologiques.

Comment réintégrer les refus de tamis à l'étude ?

Lors de l'analyse taphonomique et spatiale, nous avons pu redéfinir deux ensembles plus cohérents et sur lesquels vont s'appuyer les analyses archéozoologiques ci-après. Toutefois, le tracé de ces deux ensembles repose sur la distribution des vestiges coordonnés à la fouille, et n'intègre pas les refus de tamis, dont la localisation est moins précise et dont le contenu pourrait mélanger deux PES, et générer artificiellement des assemblages mixtes ; ceux-ci sont pourtant vecteurs d'informations archéozoologiques cruciales (notamment, les os brûlés et le type de tissus), et doivent dans la mesure du possible être réintégrés à l'étude.

La figure III.27 révèle, par projections de diagrammes en camembert, la localisation en coupe sagittale des tamis et le spectre qui leur est associé. D'un point de vue spatial, les spectres des tamis sont relativement compatibles avec la PES qui les contient (e.g. les tamis de la PES 1 sont dominés par le Renne, avec une faible composante de Bovinés-Cheval, puis de Cerf-Chevreuil). Toutefois, certains tamis présentent un spectre plus composite, voire parfois aberrant (e.g. un refus de tamis intégralement composé de Cerf dans la PES 1) ; ils sont généralement distribués proches de la zone d'interface entre les unités PES 1 et 2. Les spectres des tamis de la PES indéterminée sont quant à eux relativement variables, se rapprochant tantôt de la PES 1, tantôt de la PES 2, tantôt d'un spectre plus composite.

Distribution des tamis et représentation des espèces qu'ils contiennent 1/2



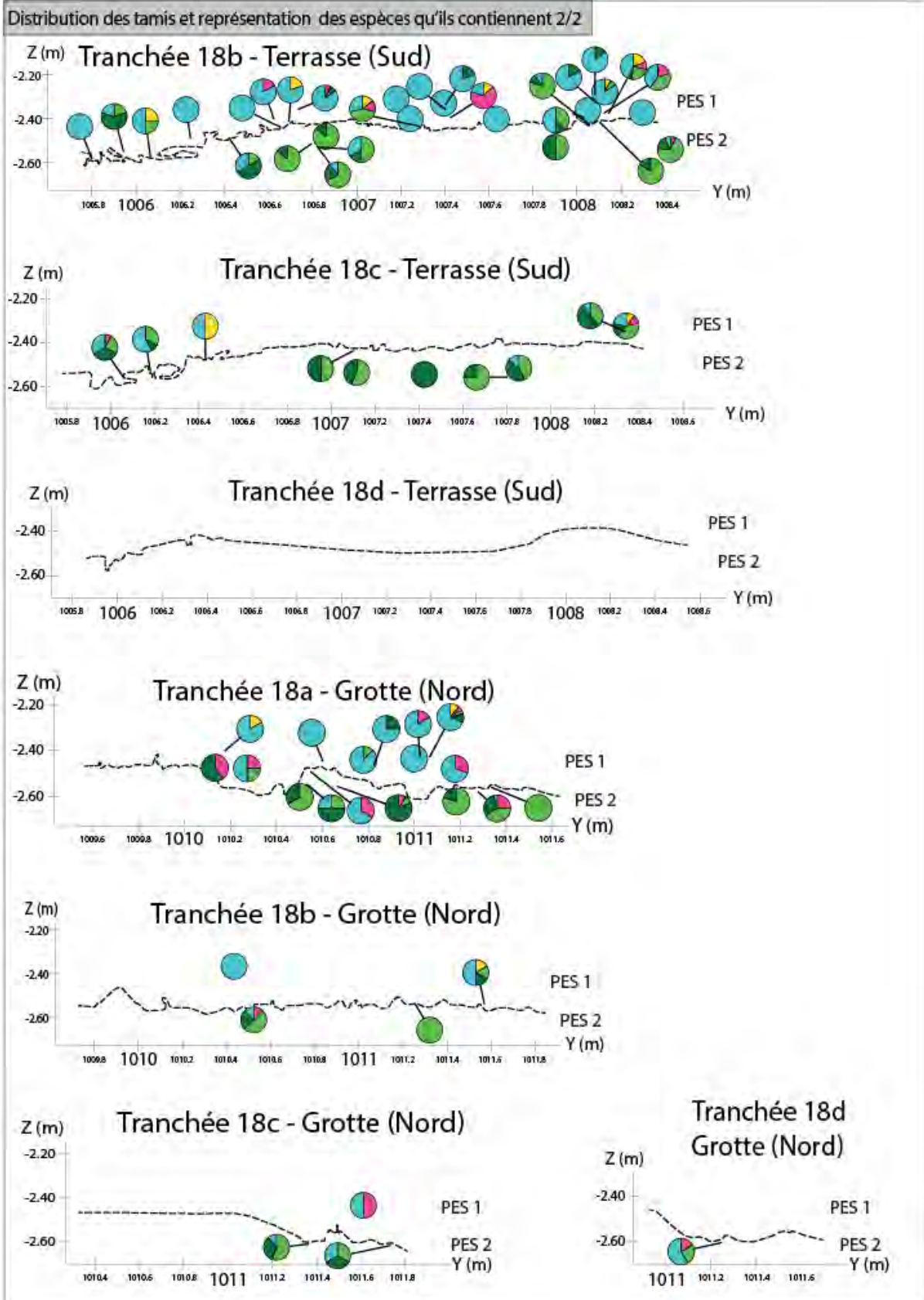


Figure III.27 : Projections en coupes sagittales des refus de tamis et de leur composition taxinomique (représentée par des diagrammes en camembert).

Afin d'exclure les tamis dont la composition apparaît aberrante de la PES qui les contient – et d'inclure à l'inverse ceux dont la composition apparaît plus compatible -, le spectre faunique de chaque refus de tamis a été confronté au spectre de la PES qui le contient par la réalisation d'un test exact de Fisher. Le décompte par espèces des vestiges coordonnés (tab. III.8) ne peut toutefois être exploité tel quel : en effet, nous avons pu observer que les espèces n'étaient pas toutes égales lors du prélèvement des pièces coordonnées sur le terrain ; certains taxons, davantage fragmentés ou de plus petite taille, se retrouvent plus volontiers dans les tamis (fig. III.2).

Pour réduire ce biais, un spectre de tamis de référence a été calculé. Il est obtenu par un produit en croix qui permet d'estimer la part attendue de chaque espèce au sein d'un tamis théorique. Réalisé pour chaque espèce, et pour chaque PES, il permet *in fine* d'obtenir un spectre faunique de référence pour les PES 1 et 2 (tab. III.8), auxquels peuvent ensuite être individuellement confrontés les refus de tamis des PES 1 et 2 (Annexe III.30), respectivement.

Par exemple, pour le Chevreuil de la PES 1, le calcul est le suivant :

$$\frac{\text{Proportion de Chevreuil* au sein des tamis} \times \text{Nb de fgmts de Chevreuil coordonnés dans la PES 1}}{\text{Proportion de Chevreuil* au sein des coordonnées}}$$

* Niveaux 5 à 7 confondus

	% dans tamis*	% dans coordonnés*	NR dans PES 1	NR dans PES 2	NR attendu tamis PES 1	NR attendu tamis PES 2
Renne	33	67	1144	17	565	8
Bovins	20	80	146	10	36	2
Équidés	33	67	165	44	82	22
Cerf	32	68	39	434	19	207
Chevreuil	56	44	22	265	28	339

Tableau III.8 : Tableau contenant les valeurs nécessaires (pour chaque espèce : part moyenne dans les refus de tamis, dans les pièces coordonnées, et NR par PES) pour réaliser le calcul en croix et spectres théoriques de référence.

En raison de la taille réduite de nos échantillons, le test exact de Fisher est préféré au χ^2 d'homogénéité. Le seuil de significativité est fixé à 5%, ce qui implique l'exclusion de tous les tamis dont le résultat du test indique une p-value inférieure à 0,05 à la PES dont ils proviennent ; ces derniers ne sont néanmoins pas totalement exclus de l'étude, puisqu'ils ont été intégrés à la PES indéterminée, de même que les tamis qui lui appartiennent spatialement. Tous les tamis dont le résultat est cette fois supérieur à 0,05 ont été intégrés à la PES qui les contient. Au total, 52 des 88 refus de tamis enregistrés pour la PES 1, et 38 des 62 enregistrés pour la PES 2 sont valides et ont pu être réintégrés dans leur PES respective, soit environ deux tiers des tamis initialement enregistrés (Annexe III.30). Quant aux 60 refus de tamis restants, ils ont été intégrés à la PES indéterminée, de même que les 7 tamis provenant spatialement de la PES indéterminée.

Si cette méthode permet d'appuyer l'analyse archéozoologique uniquement sur les refus de tamis cohérents avec la PES qui les contient, elle ne permet en aucun cas d'atteindre une « homogénéité » totale des ensembles. Des problèmes d'intégrité subsistent sans aucun doute et certains tamis des PES 1 et 2 peuvent contenir des pièces provenant d'autres entités archéologiques, déposées à des moments distincts.

d) Nouvelles unités retenues dans ce travail

Les nouveaux décomptes taxinomiques de chaque PES sont présentés dans le tableau III.9 ; ils intègrent à la fois les pièces coordonnées et les refus de tamis déterminés (anatomiquement et/ou spécifiquement).

			PES 1			PES 2			PES indéterminée			
			Nrcoord	Nrtamis	%NR	Nrcoord	Nrtamis	%NR	Nrcoord	Nrtamis	%NR	
Restes déterminés spécifiquement	Ongulés	<i>Rangifer tarandus</i>	1144	260	75,6	17	7	2,2	18	212	27,8	
		<i>Cervus elaphus</i>	39	16	3,0	435	105	50,5	44	126	20,6	
		<i>Capreolus capreolus</i>	22	13	1,9	265	159	39,7	21	229	30,3	
		<i>Bos primigenius / Bison priscus</i>	146	10	8,4	10	0	0,9	18	28	5,6	
		<i>Equus caballus</i>	164	26	10,2	44	3	4,4	33	79	13,6	
		<i>Sus scrofa</i>	4	3	0,4	13	6	1,8	1	15	1,9	
		<i>Rupicapra rupicapra</i>	0	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
		<i>Equus hydruntinus</i>	1	0	0,1	1	0	0,1	0	0	0,0	
		<i>Capra ibex</i>	1	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
		Total Ongulés	1521	330	99,6	785	280	99,6	135	689	99,5	
	Carnivores	<i>Vulpes sp.</i>	1	4	0,3	1	0	0,1	0	1	0,1	
		<i>Canis lupus</i>	0	1	0,1	0	1	0,1	0	2	0,2	
		<i>Crocuta sp.</i>	0	0	0,0	1	0	0,1	0	0	0,0	
		<i>Felis sylvestris</i>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	1	0,1	
		Total Carnivores	1	5	0,3	2	1	0,3	0	4	0,5	
	Mésofaune	Lagomorphe	0	0	0,0	1	0	0,1	0	0	0,0	
		<i>Martes foina</i>	1	0	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	
		Total Mésofaune	1	0	0,1	1	0	0,1	0	0	0,0	
	Total (NRDt)			1523	335	100,0	788	281	100,0	135	693	100,0
	Indéterminés (classe de taille)	Cervidés	25	12	-	9	9	-	0	31	-	
Cervidés taille Cerf		0	0	-	4	0	-	0	0	-		
Petits carnivores		0	0	-	0	0	-	0	1	-		
MAM 1		19	3	-	262	3	-	12	1	-		
MAM 1-2		434	14	-	200	3	-	20	20	-		
MAM 2		1459	4	-	167	1	-	43	3	-		
MAM 2-3		420	14	-	517	1	-	39	25	-		
MAM 3		96	0	-	28	0	-	5	0	-		
MAM 3-4		774	10	-	112	4	-	80	31	-		
MAM 4		10	0	-	0	0	-	0	0	-		
MAM 4 - 5		0	0	-	3	0	-	1	0	-		
Classe de taille indéterminée		1338	28	-	879	11	-	191	56	-		
Total indéterminés			4575	85	-	2181	32	-	391	168	-	
	TOTAL général (NRT)	6098	420	-	2969	313	-	526	861	-		
	NRT coordonnées + tamis	6518		-	3282		-	1387		-		

Tableau III.9 : Composition taxinomique de l'assemblage osseux des nouvelles entités PES retenues dans ce travail. NR = Nombre de Restes. NRT = Nombre de Restes Total. NRDt = Nombre de Restes Déterminés taxinomiquement. NRDa = Nombre de Restes Déterminés anatomiquement. MAM = Mammifère.

Une dernière catégorie de vestige doit être réintégrée à l'étude : les restes osseux indéterminés spécifiquement issus des refus de tamis (carrés J17 et H18). En effet, comme nous l'avons mentionné dans la méthodologie, les refus de tamis indéterminés sont exclus de l'étude, excepté pour deux colonnes que nous avons échantillonnées (J17 et H18) ; les refus de tamis indéterminés en provenance de ces deux colonnes ont été enregistrés selon quelques critères-clés (type de tissus, taille de fragment, degré de combustion). Ainsi, nous ne disposons d'aucune information concernant l'espèce, l'état de surface ou le cluster taphonomique pour ce type de restes. Nous avons tout de même

souhaité les intégrer, tant que possible, à notre étude archéozoologique des PES, car ils sont vecteurs d'informations (e.g. stratégies de transport, usage du feu). La plupart de ces refus de tamis contiennent des fragments déterminables spécifiquement ; ils ont donc déjà fait l'objet d'une attribution à une PES (cf. analyse via un test de Fisher présentée ci-dessus). En revanche, certains tamis n'ont livré aucune pièce déterminable ; pour ces derniers, la seule information dont nous disposons est d'ordre spatial (les coordonnées du tamis – avec les défauts que l'on connaît aux prises de mesures des seaux réalisées sur le terrain, cf. Partie 1, Chapitre 4, Le site du Roc-de-Marsal). En l'absence d'autres éléments mobilisables, nous les avons respectivement intégrés à la PES qui les contenait spatialement, tout en gardant à l'esprit que des problèmes d'intégrité plus ou moins modérés existent sans doute, liés notamment au fait que ces vestiges possèdent des données spatiales peu précises. Les décomptes des refus de tamis indéterminables sont présentés dans le **tableau III.10**.

	J17	H18	Total
PES 1	1937	3187	5124
PES 2	1223	2733	3956
PES indéterminée	5317	3745	9062
Total	8477	9665	18142

Tableau III.10 : Décomptes par PES et par carrés échantillonnés (J17 et H18) du nombre de refus de tamis indéterminables enregistrés selon quelques critères (type de tissus, taille de fragment, degré de combustion).

Chapitre 2 – Étude des saisonnalités de prédation

Les données présentées dans ce chapitre reposent sur le calcul préalable du NMI (Nombre Minimum d'Individus). Cette unité de décompte a été obtenue à partir d'un matériel faunique chaque fois différent, rendant ses valeurs complémentaires mais non-cumulables ; les données et le matériel dont elles proviennent sont fournies dans le **tableau III.11**. Le NMI basé sur l'éruption et l'usure dentaire des restes fauniques des collections franco-américaines, est fourni dans le chapitre suivant (section « profils d'abattage » ; **tab. III.18**).

Méthode	Espèce	Unité(s)	Matériel	Classe d'âge	Collections	NMI
Cémentochronologie	Renne	VII à IV (5 à 7)	restes dentaires	adulte	J. Lafille	15
	Cerf	VII à IV (5 à 7)	restes dentaires	adulte	J. Lafille	4
Éruption dentaire	Renne	PES 1	restes dentaires	toutes	Turq et al.	2
	Renne	PES indét.	restes dentaires	toutes	Turq et al.	1
	Cerf	PES 2	restes dentaires	toutes	Turq et al.	2
Mesures fœtus	Renne	PES 1	os longs	fœtus	Turq et al.	3
	Renne	PES indét.	os longs	fœtus	Turq et al.	1
	Renne	PES 2	os longs	fœtus	Turq et al.	1

Tableau III.11 : Nombre minimum d'individus décomptés pour chacune des méthodes utilisées dans l'étude des saisonnalités.

a) Les données de la cémentochronologie

Comme mentionné dans la méthodologie, l'échantillonnage et l'analyse au microscope des lames de ciment ont été réalisés en collaboration avec William Rendu, Éric Pubert et Emmanuel Discamps dans le cadre du projet ANR DeerPal (ANR-18-CE03-0007, <https://deerpal.huma-num.fr/>). Cette étude a porté sur toute la séquence du Roc-de-Marsal (couches III à XI des fouilles J. Lafille, nombre de lames n = 66, appartenant à 33 individus), mais dans le cadre de ce travail de thèse, seuls les résultats portant sur les couches IV, V, VI et VII (respectivement, niveaux 7, 6, 6/5 et 5 des fouilles A. Turq, cf. Partie II, Chapitre 3, a - Cémentochronologie) seront présentés (cf. Annexe II.3). Les échantillons dentaires sélectionnés pour les analyses cémentochronologiques sont issus des anciennes fouilles et ne disposent pas d'informations spatiales ; ils n'ont donc pas pu être attribués à une unité PES telle que nouvellement définie. Nous disposons en revanche de leur attribution taxinomique, ce qui constitue un indice potentiel de leur provenance (le Renne est probablement plutôt associé à la PES 1, le Cerf à la PES 2, avec les réserves liées au fait que ces PES ne sont pas totalement homogènes).

Au total, les résultats de 38 lames sont présentés ici (Annexe II.3), appartenant à un total de 19 individus (15 rennes et 4 cerfs³⁵) des couches IV à VII (J. Lafille). Au cours de l'analyse, nous avons constaté que l'état de préservation général des bandes de

³⁵ Pour rappel, deux lames ont été réalisées pour chaque dent sélectionnée (basé sur le NMI dentaire), avec l'objectif d'augmenter nos chances d'obtenir un indice de saisonnalité pour chaque individu et de renforcer la fiabilité de nos résultats lors de deux lectures possibles sur le même spécimen.

cément était particulièrement mauvais, ce qui a conduit les analystes (C.D., E.D., E.P. et W.R.) à classer 29 des 38 lames observées en « illisible », en dépit des nombreuses sessions d'observation réalisées ; la valeur informative de ces lames étant limitée, elles ne seront pas présentées dans ce manuscrit. Les phénomènes post-dépositionnels ont particulièrement altéré les restes dentaires du Roc-de-Marsal, et ce quel que soit leur niveau d'origine (y compris les couches non présentées dans ce travail). Au sein des 38 lames observées (niveaux 5 à 7), les principales altérations identifiées sont les attaques fongiques (e.g. Annexes III.31 ; III.32 ; III.33 et III.39) et les phénomènes de gonflement (e.g. Annexe III.37) et de recristallisation du ciment (les bandes apparaissent roses sous lumière polarisée avec insertion de la lame $\frac{1}{4}$ d'onde : e.g. Annexe III.36 et III.37). La taphonomie du ciment n'étant pas au cœur de cette étude, nous n'avons pas procédé à l'enregistrement systématique de ces traces, ni à leur interprétation, mais la séquence du Roc-de-Marsal pourrait s'avérer prometteuse pour des développements méthodologiques ultérieurs sur ces problématiques.

Quoi qu'il en soit, un total de neuf lames a permis d'obtenir des indices de saisonnalité. Ces lames appartiennent à deux individus Cerf (n°143 et n°150) et trois individus Renne (n°142, n°144 et n°149). Les résultats de ces lectures sont synthétisés dans le tableau III.12. Les lectures cémentochronologiques sont parfois difficiles à synthétiser, car la résolution de lecture peut varier en fonction des lames : pour certaines, une saison précise peut être identifiée, alors que pour d'autres, plusieurs saisons sont possibles. La figure III.28 cherche à pallier ce problème pour permettre l'appréhension des pics de chasse : pour chaque individu décompté (représenté par une ou deux lames selon les individus), nous avons réparti la distribution des saisons possibles dans les différentes périodes, pour un total de 1 pour chaque individu. Ainsi, si un individu est représenté par deux lames « MBS », nous comptons une unité dans la catégorie « MBS » (chaque lame équivaut à une demi « MBS »). Si un individu est représenté par une seule lame « MBS », nous comptons également une unité complète. Si un individu est représenté par une lame « MBS/FBS », nous comptons une demi-unité pour chacune de ces saisons. Enfin, si un individu est représenté par une lame « MBS/FBS » et une lame « FBS », nous comptons une unité complète pour « FBS », la seconde lame donnant le résultat le plus précis. Les photographies des lames lisibles

sous lumière naturelle, polarisée et polarisée avec insertion de la lame ¼ d'onde sont disponibles en Annexes III.31 à III.39.

En ce qui concerne le Renne, le seul pic de chasse se place en fin de bonne saison (fig. III.28). Les mesures larges « FBS/MS » des lames DP_144.2 et DP_149 (tab. III.11) sont précisées par les mesures « FBS » obtenues sur leurs jumelles respectives (DP_144 et DP_149.2), qui donnent un abattage au cours de la fin de bonne saison pour ces deux individus, auxquels s'ajoute la mesure « FBS » de l'individu DP_142.2.

Quant au Cerf, les échantillons sont faibles : deux individus sont pris en compte ayant livré chacun deux lames lisibles. Le premier individu, représenté par les lames DP_143 et DP_143.2, aurait plutôt été abattu en « FBS », tandis que le second, représenté par les lames DP_150 et DP_150.2 serait mort au cours de la « MS » (fig. III.28).

Taxon	N° lame	Couche	Saison
Renne	DP_142.2	VII (5)	FBS
	DP_144	VI (5 ou 6)	FBS
	DP_144.2	VI (5 ou 6)	FBS/MS
	DP_149	VI (5 ou 6)	FBS/MS
	DP_149.2	VI (5 ou 6)	FBS
Cerf	DP_143	VI (5 ou 6)	FBS
	DP_143.2	VI (5 ou 6)	MBS/FBS
	DP_150	V (6)	MS
	DP_150.2	V (6)	MS

Tableau III.12 : Liste des huit lames cémento-chronologiques lisibles et leurs interprétations saisonnières respectives pour le Renne et le Cerf.

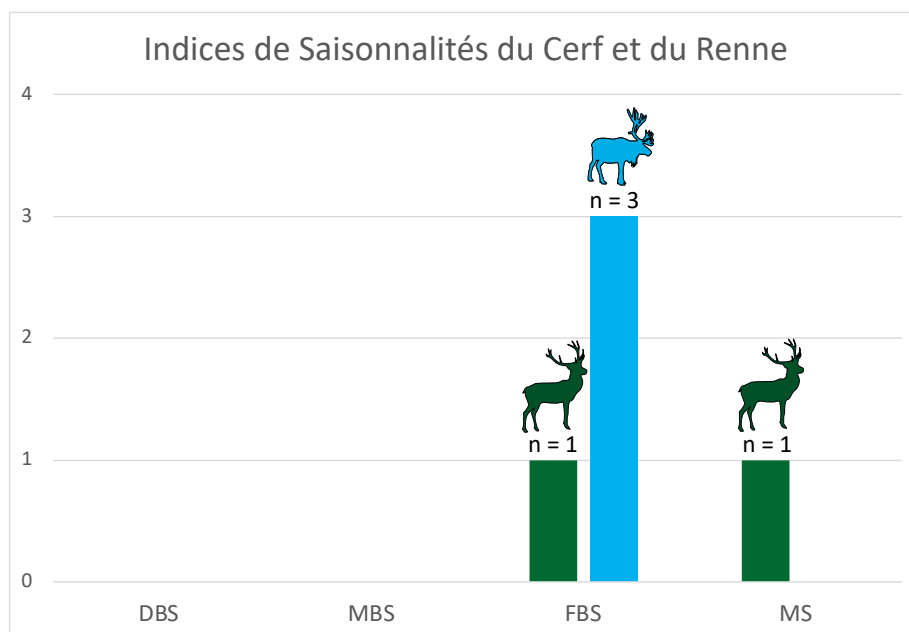


Figure III.28 : Histogramme représentant le nombre d'individus abattus par tranches saisonnières d'après les lectures de lames cémentochronologiques. DBS = Début de Bonne Saison ; MBS = Milieu de Bonne saison ; FBS = Fin de Bonne saison ; MS = Mauvaise Saison.

b) Éruption dentaire

À ces premiers résultats s'ajoutent ceux obtenus à partir de l'étude des stades d'éruption et d'usure dentaire des restes issus des fouilles récentes, qui sont cette fois associés à une unité PES. Seuls le Renne et le Cerf ont livré des indices de saisonnalité à partir des restes dentaires ; ces données sont compilées dans le [tableau III.13](#) et dans une planche de synthèse fournie en fin de chapitre ([fig. III.29](#)).

Les indices obtenus pour le Renne couvrent tous les mois de l'année ([tab. III.13](#)), mais il existe des pics plus importants pour les mois allant de mars à juin (printemps) et pour le mois d'octobre (automne). En effet, les mois de mars, avril et octobre sont recouverts par 6/7 indices, et tous les indices se recoupent sur le mois de mai. Toutefois ces données sont basées sur le NR et non sur le NMI dentaire. Si l'on s'en tient cette fois au NMI, plus fiable pour ce type d'analyse, les deux individus décomptés à partir des DP3 inférieures gauches (G18_2937 et K17_4397) donnent des abattages ayant eu lieu, respectivement, entre mars et octobre, et entre octobre et juillet. Ces deux indices se recoupent sur le mois d'octobre et sur une plage allant de mars à juillet. Nous pouvons,

à partir de ces données, suspecter un ou plusieurs épisodes au cours du printemps et du début de l'été (entre mars et juillet ?) ou de l'automne (octobre ?) pour la PES n°1, ce qui n'exclut pas la possibilité d'épisodes au cours du reste de l'année. Le fragment dentaire appartenant à la PES indéterminée donne, quant à lui, un abattage sur une plage large (entre octobre et juillet) qui pourrait être compatible avec les données du Renne de la PES n°1.

Pour le Cerf, il ne semble pas y avoir de pic saisonnier préférentiel. Les mois sur lesquels les indices de saisonnalité se recoupent le plus souvent sont janvier, février et mars, mais tous les autres mois sont également bien représentés (tab. III.13). Tous les fragments dentaires de Cerf ici décomptés proviennent de la PES n°2. Le NMI est obtenu en décomptant deux DP4 inférieures droites (G18_5087_1 et H18_3128), appartenant à deux individus respectivement abattus entre janvier et juin, et entre novembre et juin, pour une plage de chevauchement sur la période entre janvier et juin. Si ces deux individus ont été chassés au cours de la même période (entre janvier et juin), nous pourrions décompter un individu supplémentaire à partir d'un fragment de mandibule gauche (G18_6145) provenant d'un animal tué entre juillet et octobre. Toutefois il est possible qu'ils aient été abattus à des moments distincts. Quoiqu'il en soit, au moins deux épisodes de chasse distincts et espacés dans le temps se sont produits au sein de la PES n°2, sans qu'il ne soit possible de les replacer précisément dans une chronologie saisonnière.

Renne				
Unité	ID	type de dent	âge (m)	saison
PES 1	G18_3483	P3/4 inférieure droite	24 - 28	mai - sept
	G18_2937*	DP3 inférieure gauche	10 - 17	mars - oct
	H17_1280	DP3 inférieure droite	17 - 25	oct - juill
	K17_4397*	DP3 + DP4 inférieures gauches	17 - 25	oct-juill
	G18_3522_2	I1 inférieure gauche	5 - 12	oct - mai
	G18_3522_1	I2 inférieure gauche	5 - 12	oct - mai
PES indét.	I17_3394_6*	DP3 inférieure gauche	17 - 25	oct - juill
Cerf				
Unité	ID	type de dent	âge (m)	saison
PES 2	J18_4978	DP4 inférieure gauche	4 - 10 mois	août - mars
	G18_5087_1*	DP4 inférieure droite	20 - 25	janv. - juin
	I17_4714	P4 inférieure gauche	20 - 26	janv. - juil.
	G18_5976	DP2 inférieure gauche	2 - 8 m	juil. - mars
	H18_3128*	DP3 + DP4 inférieures droites	18 - 24m	nov. - juin
	G18_6145	DP2 + DP3 + DP4 + M1 inférieures gauches	2 - 5 m	juil. - oct
	H17_1939_5	DI1 inférieure droite	0 - 8 mois	mai - janvier

Tableau III.13 : Liste des fragments dentaires de Renne et de Cerf ayant livré des indices de saisonnalité au sein des PES 1, 2 et indéterminée. Les fragments donnant le NMI sont signalés par un astérisque (ID).*

c) Présence et mesures de fœtus/mort-nés

Des indices de saisonnalité supplémentaires ont été obtenus à partir des mesures faites sur les restes de fœtus/mort-nés de Renne. Chacun de ces restes a fait l'objet - lorsque cela était possible (selon la complétude du fragment) - de plusieurs mesures (2 à 3 mesures), en suivant le protocole préconisé par E. Discamps et M.-C. Soulier (2024) ; ces mesures et leur interprétation ont été compilées dans le [tableau III.14](#), elles correspondent, pour chacune, aux plages les plus larges retenues par l'interface *foetusmeteR*³⁶. La dernière colonne du [tableau III.14](#) donne l'interprétation finale de chaque reste de fœtus, obtenue en retenant l'intervalle le plus large des différentes mesures complètes compilées.

³⁶ Cf. Partie II Corpus et Méthodes, Chapitre 3 « Étude des saisonnalités de prédation ».

Au total, neuf restes de fœtus ont pu être mesurés au sein de la PES n°1 et tous excepté I18_1128 (qui couvre avril – mai) se chevauchent sur le mois de mars ; néanmoins, ils pourraient, pour la plupart, provenir du même individu. Il est nécessaire de se fier au NMI pour ne pas risquer de surestimer certaines saisons. Deux fragments d'humérus droits quasi-complets (J18_4449 et K16_4400_7) permettent de décompter deux individus, respectivement abattus entre février - mars et janvier – mars, auxquels pourrait s'ajouter l'individu I18_1128, abattu en avril ou en mai (tab. III.14). L'une des fonctions de l'interface *foetusmeteR* est de pouvoir, à partir de la mesure connue d'un élément squelettique de fœtus, estimer la taille des autres éléments squelettiques de cet individu. Ici, nous avons pu estimer les mesures (H1, H2 et H3) d'un humérus hypothétique à partir du fragment de métacarpe I17_1128. Les mesures obtenues sont les suivantes : H1 = entre 66.1 et 97 ; H2 = entre 8.7 et 11.3 ; H3 : entre 8.1 et 10.7. Aucune de ces mesures ne recoupe celles des fragments d'humérus J18_4449 et K16_4400_7 (tab. X), l'individu fœtus I18_1128 est à un stade de développement plus avancé, confirmant qu'il s'agit de trois individus distincts, respectivement abattus entre janvier – mars, février – mars et avril – mai.

Un seul reste de fœtus de Renne a pu être mesuré dans la PES n°2. Il témoigne d'un abattage au cours du mois d'Avril (tab. III.14). Des doutes ont néanmoins été évoqués quant à la présence du Renne dans cette unité. Quant à la PES indéterminée, elle a livré trois fragments de fœtus/mort-né de Renne, pour un NMI de 1. Sa nature est plus mixte et elle pourrait contenir des fragments appartenant aussi bien aux PES n°1 et n°2 qu'à d'autres unités stratigraphiques du site. Néanmoins, celle-ci se situe plutôt en interface entre les unités PES n°1 et n°2, et tous les indices de saisonnalité obtenus se chevauchent sur les mois de mars et d'avril ce qui fait écho aux résultats de la PES n°1 (fig. III.29). Dans l'hypothèse où tous les fragments de Renne appartiendraient à la même unité (PES n°1 ?), cela pourrait appuyer les résultats précédents, à savoir la tenue d'épisode(s) de chasse courant mars - avril. Il n'est toutefois, à ce stade de l'étude, pas possible de statuer avec certitude sur ce point.

Unités	N° pièce	Élément	Mesure ID	Mesure (mm)	Mesure complète ?	Estimation semaines	Estimation mois	Interprétation
PES 1	J18_4449*	Humérus droit	H1	30	non (+ de la moitié)	> 15 semaines	> janvier	Février - Mars
			H2	5.5	oui	18-24 semaines	Février - Mars ?	
			H3	4.5	oui	18-24 semaines	Février - Mars ?	
	K16_4400_7*	Humérus droit	H1	25	non (quasi-complet)	>13 semaines	> Janvier	Janvier - Mars
			H2	4	oui	13 - 21 semaines	Janvier - Mars ?	
			H3	3.5	oui	14 - 21 semaines	Janvier - Mars ?	
	K16_5231_6	Fémur droit	F1	38	non (quasi-complet)	> 17 semaines	> Février	Février - Mars
			F2	4.5	oui	16 - 23 semaines	Février - Mars ?	
			F3	4.5	oui	16 - 23 semaines	Février - Mars ?	
	K18_5107	Tibia droit	T1	38	non (> moitié ?)	> 14 semaines	> Janvier	Février - Avril
			T3	6	oui	22 - 27 semaines	Mars - Avril ?	
			T2	5	oui	16 - 25 semaines	Février - Avril ?	
	H18_1564_11	Tibia droit	T1	20	non (fragment)	> 8 semaines	> Décembre	Février - Avril
			T3	6.5	oui	23 - 28 semaines	Mars - Avril ?	
			T2	5.5	oui	18 - 26 semaines	Février - Avril ?	
	J17_3901_18	Tibia gauche	T1	9.5	non (fragment)	> 4 semaines	> Novembre	Décembre - Mars
			T3	4	oui (prise un peu + haut)	13 - 21 semaines	Janvier - Mars ?	
			T2	3.5	oui (prise un peu + haut)	10 - 19 semaines	Décembre - Février ?	
	I18_1128*	Métacarpe indet.	MC1	23	non (fragment)	> 15 semaines	> Janvier	Avril - Mai
			MC2	8	oui	27 - 32 semaines	Avril - Mai ?	
	J17_5587	Métacarpe indet.	MC1	45	non (quasi-complet)	> 21 semaines	> Mars	Mars - Avril
			MC2	5	oui	22 - 27 semaines	Mars - Avril ?	
	J17_3901_15	Métatarse indet.	MTT1	18	non (fragment)	> 10 semaines	> Décembre	Février - Mars
			MTT2	4	oui	15 - 22 semaines	Février - Mars ?	
PES 2	I17_3286*	Métacarpe indet.	MC1	22	non (fragment)	> 15 semaines	> Janvier	Avril
			MC2	6	oui	24 - 29 semaines	Avril ?	
PES indéterminée	J20_9_3	Radio-ulna gauche	R1	18	Non (fragment)	> 6 semaines	> Novembre	Mars - Mai
			R2	5	oui	20 - 28 semaines	Mars - Avril ?	
			R3	7.5	oui	25 - 30 semaines	Avril - Mai ?	
	K16_4524_23	Radio-ulna droit	R1	17	Non (fragment)	> 6 semaines	> Novembre	Février - Avril
			R2	4	oui	16 - 25 semaines	Février - Avril ?	
			R3	5	oui	17 - 24 semaines	Février - Mars ?	
	I17_3303_8	Métacarpe indet.	MC1	14	non (fragment)	> 12 semaines	> Janvier	Mars - Avril
			MC2	5.5	oui	23 - 28 semaines	Mars - Avril ?	

Tableau III.14 : Indices de saisonnalité obtenus à partir des mesures sur fœtus de Renne au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée. Les fragments donnant le NMI sont signalés par un astérisque (ID).*

Parallèlement aux données pour le Renne, des restes de fœtus/mort-nés appartenant à d'autres taxons ont été décomptés. Toutefois en l'absence de référentiels précis pour ces derniers et en raison de périodes de gestation parfois très longues (e.g. de onze à douze mois pour les Équidés), les plages obtenues sont très larges voire impossibles à établir. Par ailleurs, à l'instar de la méthode précédente (mesures sur restes de fœtus), cette approche couvre les périodes de gestation uniquement, excluant de fait les mois situés entre la mise bas et le rut pour ces taxons pour lesquels nous ne disposons d'aucun autre indice de saisonnalité. Quoi qu'il en soit, l'absence de référentiels nous a conduite à rester prudente et ne pas tenter de déduction saisonnière

précise à partir des stades de développement observés. Les restes de fœtus/mort-nés décomptés sont tous relativement bien développés (assez pour être préservés et faire l'objet d'une identification) ; ils n'appartiennent donc probablement pas aux toutes premières semaines de gestation, ce qui réduit légèrement les fourchettes observées (tab. III.14). Par ailleurs, il existe un phénomène de diapause embryonnaire chez le Chevreuil (Aitken, 1974), qui suspend le développement de l'embryon à un stade extrêmement précoce (blastocytaire, soit quelques centaines de cellules) jusqu'à fin décembre (Maublanc, 1991) : les 4 restes de fœtus de Chevreuil décomptés dans la PES n°2 ne peuvent correspondre aux premiers mois de gestation, et correspondent probablement à une mort entre les mois de janvier et juin (tab. III.15).

	NR PES 1	NR PES 2	NR PES indéterminée	Gestation	Interprétation
Renne	1 (côte)	0	2 (vertèbres n = 2)	d'octobre à juin	décembre - juin
Bovins	2 (fémur, coxal)	2 (métacarpe, tibia)	1 (métapode)	de juillet à mai	septembre - mai
Équidés	8 (humérus, fémur, scapula n = 2, vertèbre n = 3, coxal)	0	5 (scapula, humérus, vertèbres n = 3)	11 à 12 mois - pas d'indice possible	août - juin
Cerf	0	1 (mandibule)	1 (calcanéum)	de septembre à juin	novembre - juin
Chevreuil	0	4 (scapula, humérus n = 2, métatarse)	0	de juillet à juin	janvier - juin

Tableau III.15 : Détail et interprétation saisonnière des restes de fœtus-mort-nés décomptés au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée.

Synthèse

Les données obtenues dans ce chapitre sont synthétisées dans la figure III.29; pour chacune des méthodes utilisées, seuls les indices obtenus à partir du NMI sont présentés. On observe pour le Renne deux signaux saisonniers importants, l'un en automne donné par la cémentochronologie (« FBS »), l'autre au printemps donné par les mesures sur fœtus (mars-avril). Ces deux méthodes ont fourni les estimations les plus précises et se sont ici avérées extrêmement complémentaires. En parallèle, au moins deux événements de chasse au Cerf se sont produits, l'un à l'automne et l'autre en hiver. Ces deux indices résultent de l'analyse cémentochronologique, l'éruption dentaire n'ayant fourni que des plages larges (octobre – juin) qui ne permettent pas d'aller plus loin. Le Chevreuil, les Bovins et les Équidés n'ont, quant à eux, livré aucun indice de saisonnalité précis, mais des restes de fœtus bien développés leur appartenant sont attestés, témoignant de chasses sur ces taxons couvrant l'hiver ou le printemps.

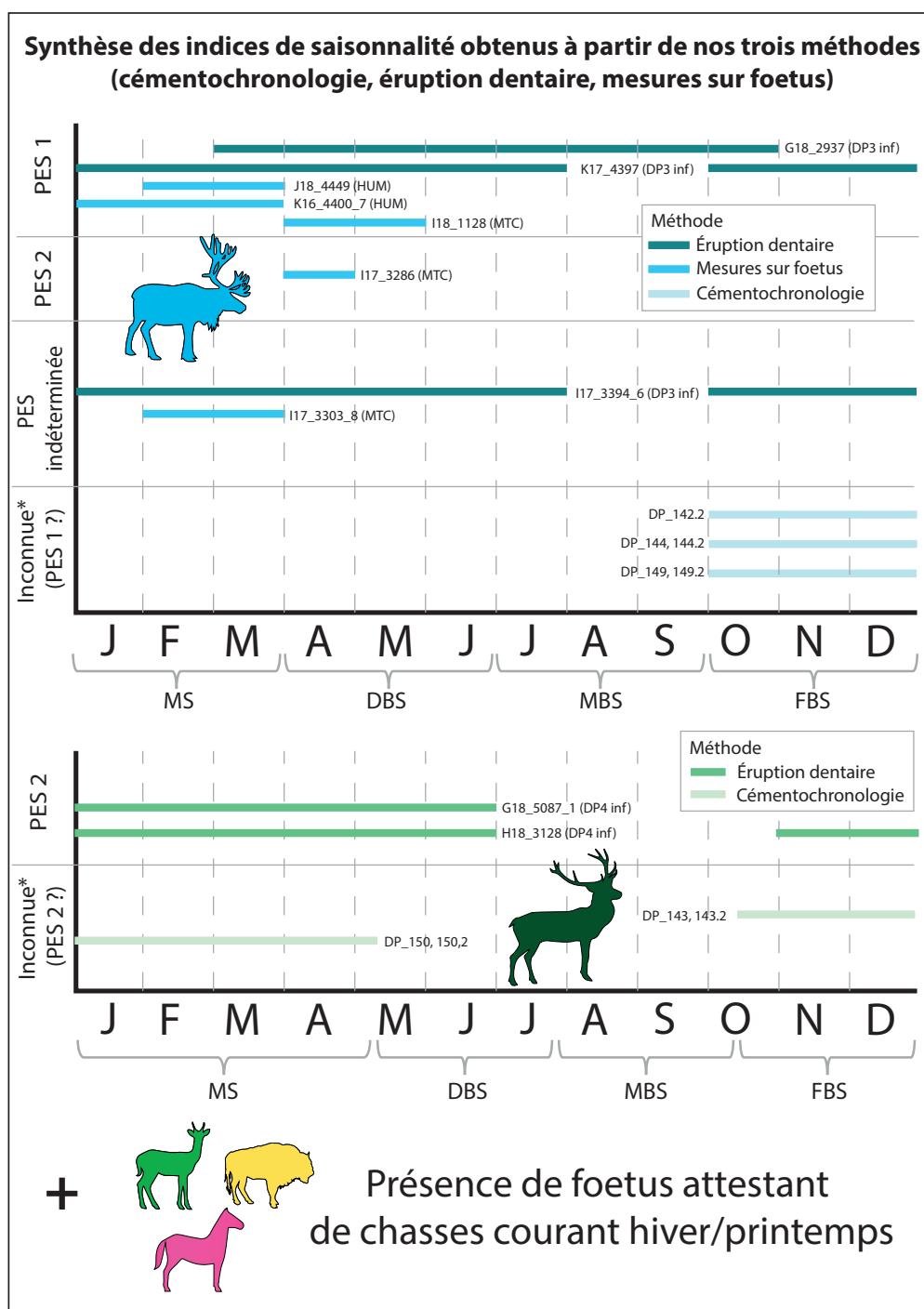


Figure III.29 : Synthèse des indices de saisonnalité obtenus dans ce chapitre. Le découpage saisonnier (DBS/MBS/FBS/MS) a été réalisé d'après les travaux d'A. Pike-Tay (1991 pour le Cerf ; 1995 pour le Renne). Inconnue* = qui n'ont pu être rattachés à une unité PES (fouilles J. Lafille).

Chapitre 3 – Analyses archéozoologiques

Preamble de chapitre :

Si les PES n°1 et n°2 peuvent être considérées comme des unités à part entières, qui représentent deux périodes d'enregistrement relativement homogènes, ce n'est pas le cas de la PES indéterminée, qui a été définie dans des zones mixtes. La PES indéterminée étant souvent située à l'interface entre les unités PES n°1 et n°2 ; elle se compose très probablement d'un mélange de vestiges en réalité rattachables à ces deux unités (PES n°1 et n°2). Il est important de noter que la PES indéterminée contient une proportion plus importante de refus de tamis (n = 9923 fragments sur les 19736 enregistrés, soit 50,3%, contre 28,1% et 21,6% dans les PES n°1 et n°2, respectivement), qui furent plus difficiles à attribuer à une unité du fait de leur localisation moins précise et de leur nature souvent mixte (cf. Partie III, chapitre 1, « c) *Définir une méthode de redécoupage PES fiable* »). Les éléments de petite taille sont donc nécessairement sous-représentés dans les PES n°1 et n°2 prises individuellement, ce qui peut avoir une incidence sur les résultats archéozoologiques à venir (e.g. sous-représentation de certains taxons, éléments squelettiques ou type de tissus). Nous avons tenté, dans ce chapitre dédié aux résultats archéozoologiques, d'intégrer cette unité de la manière la plus pertinente possible afin de contrôler que nous ne manquions pas d'information essentielle, tantôt en la combinant aux autres PES, tantôt en présentant ses données à part. Les choix opérés seront systématiquement précisés.

a) Agent(s) accumulateur(s) et modificateur(s) des restes osseux

Afin d'identifier quels sont les agents responsables des accumulations osseuses étudiées, nous avons décompté, pour chaque unité PES, le nombre de fragments touchés par les différentes altérations classiquement imputables aux agents accumulateurs des contextes préhistoriques (humains, carnivores, rongeurs).

Aucune trace de rongeur n'a été identifiée au sein de la collection. Quelques restes de Carnivores sont en revanche décomptés dans les PES n°1 (Renard n = 4 ; Loup n = 1) et n°2 (Renard n = 1 ; Loup n = 1, Hyène n = 1), leurs proportions restant extrêmement

rares au sein de ces deux unités (tab. III.16). Aucun de ces restes ne porte de trace anthropique (e.g. strie de boucherie), tandis qu'un reste de Renard (PES n°1) porte une trace de dent (« *pit* ») attestant d'une consommation par les carnivores.

Par ailleurs, l'impact des carnivores est extrêmement faible, quelle que soit l'unité. Dans la PES n°1, quelques ossements de Bovinés (n = 2, digestion), de Cerf (n = 3, digestion), de Chevreuil (n = 1, digestion), de Renne (digestion n = 17, *pits* n = 3 ; *punctures* n = 2 ; *scores* n = 2) et de Renard (*pits* n = 1) sont altérés (tab. III.16), attestant de leur(s) passage(s). Néanmoins ceux-ci ont sans doute été extrêmement ponctuels puisque l'altération la plus prégnante, la digestion, ne touche que 0,5 % des restes osseux. Dans la PES n°2, seul un reste de mammifère de taille 2/3 aurait été digéré. Quant à la PES indéterminée, quelques restes osseux portent des traces de carnivores (digestion, *punctures* et *furrows/grooves*), mais ceux-ci sont toujours très rares ; au vu des résultats, ces restes altérés proviennent plus probablement de l'unité PES n°1. En parallèle, aucun reste de coprolithe ni aucune dent déciduale de chute de Carnivore n'a été retrouvée au sein des PES étudiées.

La projection zénithale des vestiges altérés par les carnivores de la PES n°1 – seule unité à avoir livré un échantillon suffisant pour la spatialisation - montre qu'ils sont plus abondants dans le secteur grotte (n = 24, contre n = 6 dans le secteur terrasse ; Annexe III.40). Le seul vestige portant des traces de carnivores (digestion) de la PES n°2 se trouve dans le carré I17 (sous le porche actuel). Quant à la PES indéterminée, les vestiges portant des traces de carnivores proviennent essentiellement des refus de tamis ; d'après leur carré de provenance, la plupart d'entre eux se situent également en secteur grotte (secteur grotte n = 17, sous le porche n = 2, secteur terrasse n = 1).

Type de stigmat	PES 1 (n = 6518)		PES 2 (n = 3282)		PES indéterminée (n = 1387)	
	NR	%NR	NR	%NR	NR	%NR
Os digérés	34	0.5	1	< 0.1	16	1.2
Bords crénelés	0	-	0	-	0	-
Diaphyses crénelées	0	-	0	-	0	-
<i>Pits</i>	8	0.1	0	-	0	-
<i>Punctures</i>	4	< 0.1	0	-	2	< 0.1
<i>Scores</i>	2	< 0.1	0	-	0	-
<i>Furrows/grooves</i>	1	< 0.1	0	-	1	< 0.1

Tableau III.16 : Décomptes par unités PES (en NR et %NR) des restes osseux touchés par les différents types d'altérations dues aux Carnivores.

En parallèle, l'action anthropique est attestée par la présence de nombreux vestiges lithiques et structures de combustion, auxquelles viennent s'ajouter les stigmates observés sur la faune (e.g. stries de boucherie, traces de raclage, os brûlés et retouchoirs) qui témoignent d'une forte anthropisation des assemblages. Les stries de boucherie sont abondantes dans toutes les unités étudiées, touchant de 13,6 % (PES n°1) à 9,9 % (PES n°2) des restes concernés (tab. III.17). Ces traces concernent tous les ongulés (Renne, Cerf, Chevreuil, Bovinés, Équidés, Sanglier) excepté le Bouquetin (n= 2) et le Chamois (n = 1) pour lesquels nos échantillons sont très réduits et exclusivement dentaires. Elles seront rediscutées ci-après lors de l'examen des pratiques de boucherie.

Type de stigmate	PES 1 (n = 6518)		PES 2 (n = 3282)		PES indéterminée (n = 1387)	
	NR	%NR	NR	%NR	NR	%NR
Stries de boucherie	887	13.6	326	9.9	119	8.6
Traces de raclage	129	2	28	0.9	9	0.6
Os brûlés	86	1.3	232	7.1	86	6.2
Retouchoirs	70	1.1	7	0.2	4	0.3

Tableau III.17 : Décomptes par unités PES (en NR et %NR) des restes osseux touchés par les différents types d'altérations d'origine anthropique.

Au regard de ces résultats, l'Humain apparaît comme le principal (le seul ?) agent accumulateur des vestiges osseux des unités PES n°1 et n°2. Si des passages de carnivores sont attestés de manière certaine, ceux-ci ont été extrêmement ponctuels et ne concernent *a priori* que la PES n°1 ; il pourrait s'agir de simple(s) épisode(s) de charognage sur les déchets laissés par les humains lors de leur départ. Quoi qu'il en soit, leur impact semble avoir été certes limité mais plus important sur les vestiges situés dans le secteur grotte, secteur qui s'est révélé par ailleurs plus difficile à démêler et qui aurait donc pu potentiellement subir quelques perturbations par ces derniers (cf. *Partie III, Chapitre 1 : Réévaluation stratigraphique et constitution de nouvelles unités*).

La mésofaune n'a quant à elle livré aucune trace d'origine anthropique, et ce type de faune est rarement exploité par les néandertaliens (mais voir par exemple : Cochard et al., 2012 ; Pelletier et al., 2019 ; Blasco et al., 2022). Ainsi, il est probable que leur origine soit naturelle (mort *in situ*), aviaire, ou encore carnivore. Ce type de reste, ainsi que ceux appartenant aux Carnivores, a ainsi été exclu de l'analyse archéozoologique qui suit (cf. *infra*).

b) Âge des individus chassés

Dans cette analyse, seuls les taxons des PES n°1 et n°2 dont le NMI est égal ou supérieur à trois sont représentés sous forme de diagrammes ternaires. Les décomptes par classes d'âges, qui incluent cette fois les espèces minoritaires et la PES indéterminée, sont fournis dans le [tableau III.18](#).

Au sein de la PES n°1, quatre taxons ont livré des échantillons suffisants : le Renne, les Bovinés, les Équidés et le Cerf. Le profil de mortalité du Renne se positionne avec le plus de probabilité dans le groupe « JPO » (profil se rapprochant d'une mortalité de type attritionnelle ou catastrophique ; [fig. III.30](#)). Toutefois l'ellipse de confiance n'exclut pas une appartenance au groupe « JOP ». Ces données pourraient témoigner de chasses axées sur les individus les plus faibles ou de chasses non sélectives. Représentés par trois individus ([tab. III.18](#)), les Bovinés pourraient appartenir au groupe « JPO » conduisant aux mêmes interprétations. Les Équidés ont, quant à eux, livré trois individus adultes ([tab. III.18](#)), classant plus probablement ce taxon dans le groupe « P » (*prime-dominated*), soit sur une sélection des individus à plus fort rendement. Toutefois en raison d'échantillons très faibles, les interprétations fournies pour les Bovinés et les Équidés sont à prendre avec prudence, l'ellipse de confiance ne permettant d'exclure aucun groupe. Enfin, le Cerf, représenté par quatre individus ([tab. III.18](#)), se classe dans le groupe « JOP » mais son ellipse est large et son point trop proche de la limite avec les trois autres groupes (« JPO », « O », « P ») pour pouvoir être interprété avec certitude. Le Sanglier n'a quant à lui livré qu'un individu adulte.

Les données dont nous disposons pour la PES n°2 sont plus lacunaires encore, puisque seuls le Cerf et le Chevreuil ont livré des échantillons supérieurs à trois individus. Représenté par huit individus, le Cerf se classe plus probablement dans le groupe « JPO » ou éventuellement dans le groupe « JOP » ([fig. III.30](#)), indiquant, comme pour le Renne de la PES n°1, des chasses non sélectives ou éventuellement orientées sur les individus les plus faibles. Les données disponibles pour le Chevreuil sont moins équivoques puisque ce dernier est représenté par sept individus, tous des adultes dans la force de l'âge. Son profil de mortalité correspond très probablement au groupe « P » avec une sélection des individus à plus fort rendement.

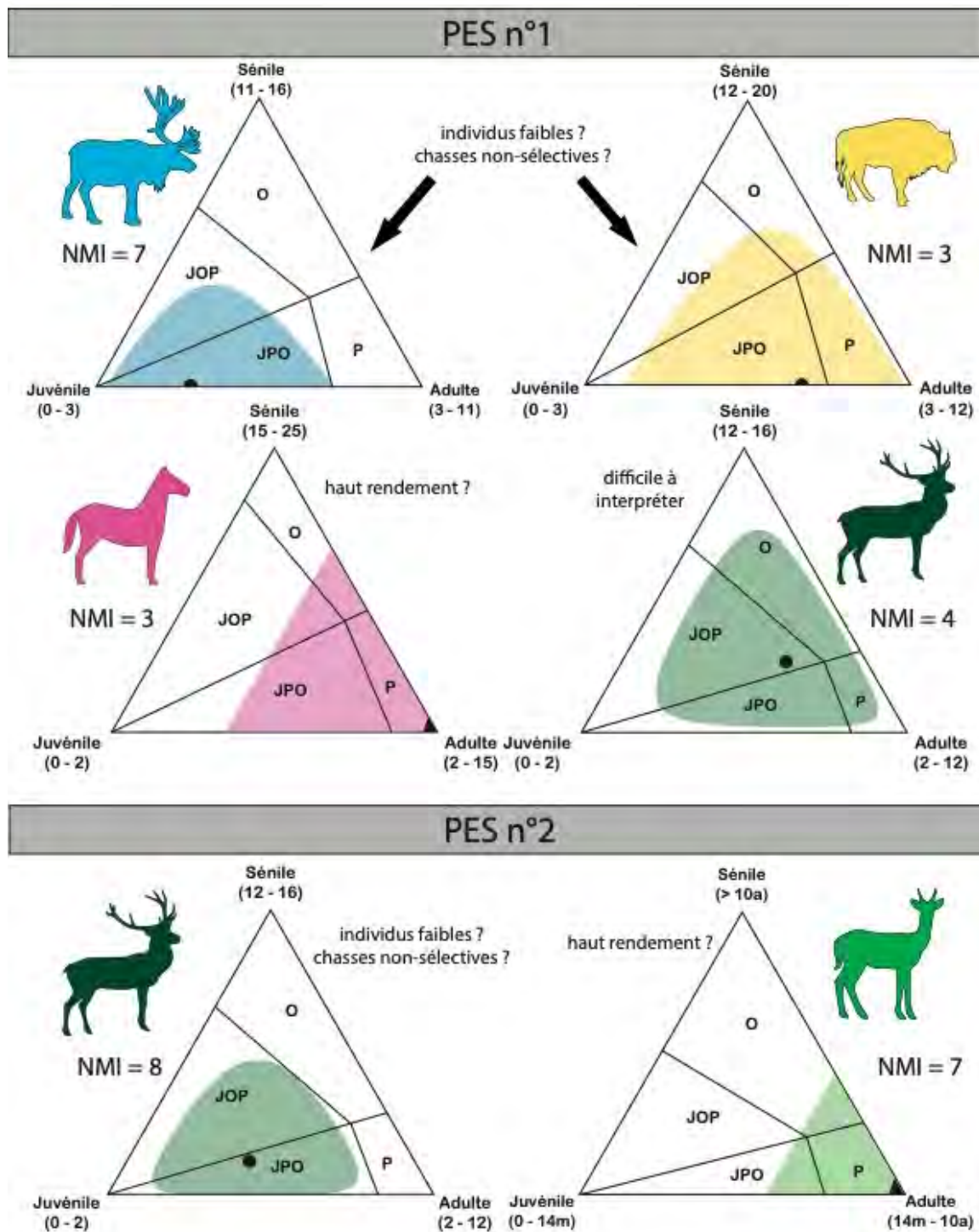


Figure III.30 : Profils de mortalité et premières interprétations des taxons ayant livré un minimum de trois individus au sein des PES n°1 et n°2.

Unité	Taxon	juvénile	adulte	sénile	NMI total
PES 1	Renne	5	2	0	7
	Bovins	1	2	0	3
	Équidés	0	3	0	3
	Cerf	1	2	1	4
	Chevrouille	1	1	0	2
	Sanglier	0	1	0	1
PES 2	Renne	1	0	0	1
	Bovins	0	1	0	1
	Équidés	0	1	0	1
	Cerf	4	3	1	8
	Chevrouille	0	7	0	7
	Sanglier	0	1	0	1
PES indéterminée	Renne	2	1	1	4
	Bovins	0	1	0	1
	Équidés	0	0	0	0
	Cerf	0	1	0	1
	Chevrouille	0	3	0	3
	Sanglier	2	1	0	3

Tableau III.18 : Nombre Minimum d'Individus (NMI) décomptés par taxon et par classe d'âge pour les PES n°1, n°2 et indéterminée.

c) Modalités de transport des carcasses

Profils squelettiques

Dans cette analyse, seules les cinq espèces principales du corpus ont livré des échantillons suffisants pour être représentées graphiquement sur des planches squelettiques de référence. Pour chacune de ces cinq espèces, nous avons réalisé une planche présentant les profils squelettiques des PES n°1, n°2 et indéterminée. Nous avons aussi intégré à ces planches des profils squelettiques combinant PES n°1 + indéterminée et PES n°2 + indéterminée, en tant que contrôle. Ces planches sont présentées en annexes (III.41 à III.45), et les figures importantes et/ou fiables (PES n°1, PES n°2, PES combinées à forts échantillons) ont été doublées dans le corps du manuscrit (fig. 31 à 35). Les tableaux de décomptes associés (MAU et %MAU³⁷) et celui donnant le NISP et le NNISP sont disponibles en Annexe (Annexe III.46 à III.47). Seul le

³⁷ Les MAU et %MAU sont obtenus à partir du NDE (cf. Partie II, Chapitre 4, c) Transport des carcasses, section « Représentations squelettiques »).

nombre de restes décomptés par élément squelettique est présenté pour les espèces minoritaires (Annexe III.48).

Le Renne

Au sein de la PES n°1, les éléments les mieux représentés sont les os longs (humérus, radio-ulna, métacarpe, fémur, tibia et métatarse) et la mandibule (fig. III.31 ; Annexe III.41). Le squelette crânien (%MAU = 18,2 et 0 pour le crâne et les bois, respectivement) et le coxal (%MAU = 15,1) sont assez peu présents, tandis que le squelette axial est quasi-absent (%MAU entre 0 et 2,4 pour les côtes et vertèbres ; Annexe III.46). L'intégration des vestiges de la PES indéterminée, dont les vestiges de Renne sont probablement à rattacher en grande partie à la PES n°1, ne modifie que modiquement le résultat, la mandibule étant légèrement mieux représentée (fig. III.31). Les valeurs du NNISP (*Normalized Number of Identified Specimen*) viennent appuyer la sous-représentation des vestiges axiaux : les valeurs pour les os longs sont systématiquement plus élevées que celles pour les éléments axiaux, dans la PES n°1 (e.g. métatarse = 165,5 contre seulement 1,8 pour les vertèbres lombaires), comme dans la PES indéterminée (e.g. métatarse = 24,5, contre seulement 1 pour l'axis ; Annexe III.47). Lorsqu'on confronte le NNISP_axial³⁸ (n = 6,6) au NNISP_os longs³⁹ total (n = 501,5) de la PES n°1, le résultat est plus significatif encore. Toutefois, les restes crâniens et axiaux sont souvent parmi les plus difficiles à déterminer, et il est important de contrôler leur représentativité au sein des indéterminés classés par type de tissus avant de conclure. Des travaux récents (Discamps et al., 2024 ; Ruebens et al., 2024) intégrant la technologie ZooMs ont montré que l'attribution de vestiges indéterminés à des classes de taille de mammifères (en fonction notamment de l'épaisseur de corticale) présentait des biais majeurs. Ce type de données avait toutefois été enregistré, notre analyse ayant précédé ces publications (*ibid.*) ; elles sont fournies en annexes à titre informatif (Annexe III.49), mais nous ne nous fierons ici qu'au « total » (toutes classes de taille confondues), pour tous les taxons et toutes les unités PES ci-après. Ainsi, il est important de garder en tête que ces valeurs incluent toutes les espèces à la fois, avec les biais de résolution associés. L'examen des

³⁸ NNIPS_axial = NNISP côtes + sternèbres + atlas + axis + sacrum + vertèbres cervicales thoraciques lombaires et caudales

³⁹ NNISP_os longs = NNISP humérus + radio-ulna + métacarpe + fémur + tibia + métatarse

vestiges indéterminés classés par types de tissus appuie ce résultat puisqu'il montre une forte sous-représentation des éléments axiaux (n = 843, soit 10,5% des restes, contre 67,0% pour les fragments corticaux ; Annexe III.49). Il appuie par ailleurs la faible représentation des éléments crâniens.

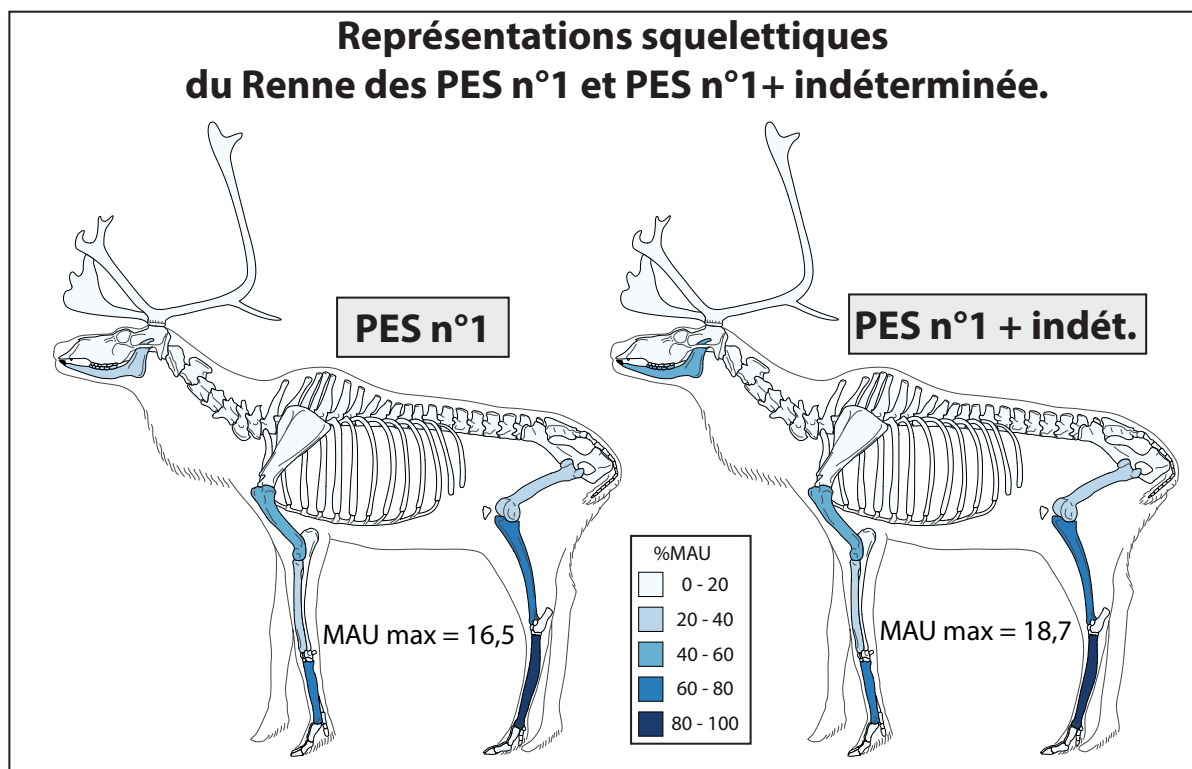


Figure III.31 : Profils squelettiques du Renne pour la PES n°1 et la PES n°1 + indéterminée (combinées).

Les données sont plus lacunaires pour le Renne de la PES n°2, puisque son profil squelettique ne repose que sur 21 restes, pour un MAU maximal de 0,5 (Annexes III.41 et III.46). Les éléments de la patte arrière (coxal, fémur, tibia, métatarse) apparaissent les mieux représentés (Annexe III.41), suivis dans une moindre mesure des métapodes vestigiaux (%MAU = 60) et du métacarpe (%MAU = 40 ; Annexe III.46). Aucun fragment de crâne, d'éléments axiaux, ou provenant des bas de pattes n'a été identifié pour cette unité (Annexe III.46). Le résultat intégrant les données de la PES indéterminée à la PES n°2 modifie fortement le profil squelettique, mais la majeure partie des vestiges de Renne de la PES indéterminée serait sans doute plutôt rattachable à la PES n°1. Les vestiges indéterminés classés par type de tissus au sein de la PES n°2 montrent une sous-

représentation des tissus axiaux (n = 280, soit 5,7%) et crâniens (n = 44, soit 0,9%) plus marquée encore que pour la PES n°1 (Annexe III.49).

Les Bovinés

Les éléments squelettiques les mieux représentés au sein de la PES n°1 sont le crâne et le tibia, suivis du métatarse et de la mandibule, soit les éléments crâniens et de la patte arrière (fig. III.32). Quelques éléments provenant du cou (hyoïde) du squelette axial (côte, vertèbre thoracique et lombaire), de la patte avant (humérus, radio-ulna) et des bas de patte (1^{ère} et 3^{ème} phalange) ont également été identifiés, mais ils sont faiblement représentés (%MAU toujours inférieur à 20 ; Annexe III.46). L'examen du profil squelettique intégrant aussi les données de la PES indéterminée montre un résultat assez proche, le métatarse et la mandibule étant moins bien représentés (fig. III.32). La PES n°1 contient davantage de fragments de Bovinés que la PES n°2, ainsi il est probable qu'une part plus importante des vestiges de Bovinés de la PES indéterminée soit à rattacher à la PES n°1. L'échantillon de la PES indéterminée est plus faible que celui de la PES n°1, et celui-ci n'a livré que des éléments crâniens (crâne) ou des membres (os longs, phalanges, sésamoïdes). Aucun reste axial n'a été identifié dans cette unité mixte. La sous-représentation des éléments axiaux au sein de la PES n°1 est encore une fois appuyée par les valeurs du NNISP (NNISP_axial = 1,1 contre 42 pour les os longs ; Annexe III.47), et par l'examen des indéterminés classés par type de tissus (Annexe III.49).

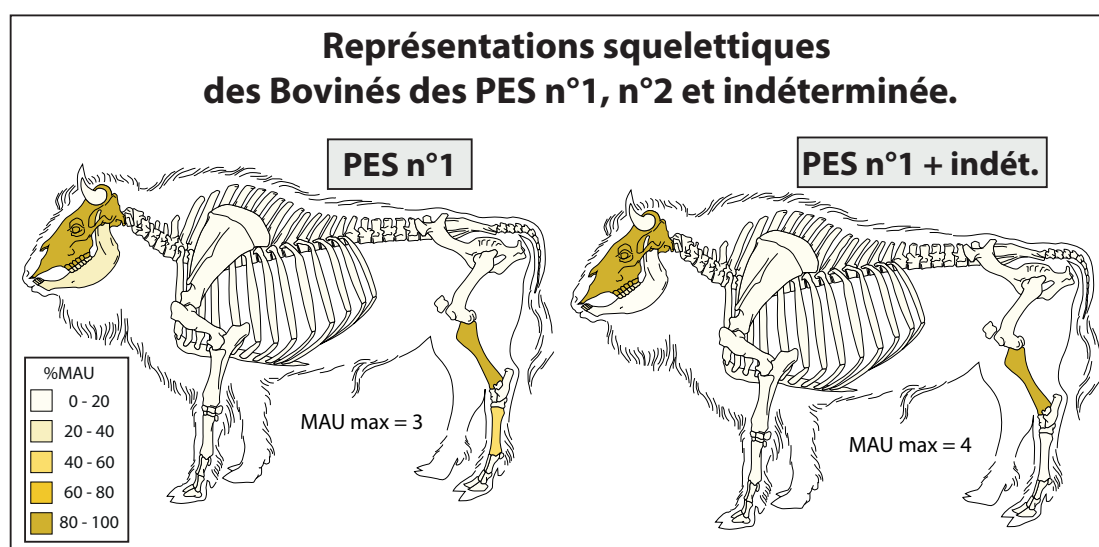


Figure III.32 : Profils squelettiques des Bovinés pour la PES n°1 et la PES n°1 + indéterminée (combinaison).

Pour les Bovinés également, les données de la PES n°2 sont plus lacunaires. Le tibia est l'élément le mieux représenté, suivi par les vertèbres thoraciques (%MAU = 40) puis la mandibule et les métapodes (%MAU = 20 ; Annexe III.46). Aucun autre élément squelettique n'a été identifié. Les bas de pattes sont complètement absents, de même que le crâne. Si l'on se fie au NNISP, les vertèbres lombaires apparaissent en réalité moins abondantes (NNISP = 0,2 contre 1 pour la mandibule et 3 pour les os longs additionnés ; Annexe III.47). Le résultat est légèrement modifié lorsque les données de la PES indéterminée sont intégrées, avec une meilleure représentation du crâne et de certains os longs (radio-ulna, fémur), au détriment de la mandibule, des métapodes et des vertèbres lombaires (Annexe III.42) ; toutefois, la PES indéterminée pèse davantage dans la construction du graphique (MAU total = 3,8 contre 1 pour la PES n°2 ; Annexe III.46), et la majeure partie des restes de Bovinés de la PES indéterminée est sans doute à rattacher à la PES n°1. Quoi qu'il en soit, les os longs et de la tête apparaissent les mieux représentés, tandis que le squelette axial semble déficitaire au sein des vestiges déterminables (Annexe III.46) comme indéterminables (Annexe III.49) de la PES n°2.

Les Équidés

Pour ce qui est de la PES n°1, l'échantillon est assez faible (NISP = 87). La mandibule est, de loin, l'élément squelettique le mieux représenté (Fig. III.33). Les os longs charnus sont également présents (humérus, radio-ulna, tibia %MAU = 33,3 ; fémur %MAU = 16,7), ainsi que les phalanges (%MAU = 8,3) et certains os courts (trapézoïde, cuboïde, naviculaire, talus %MAU = 16,7 ; sésamoïdes %MAU = 4,2 ; Annexe III.46). Les os du squelette axial sont attestés, mais en proportions extrêmement faibles (pour un %MAU ne dépassant jamais 5,6 – vertèbres lombaires). L'examen du NNISP_axial (1,4) et du NNISP_os longs (20,5) confirme la sous-représentation des éléments axiaux. Il est intéressant de noter que le NNISP de la tête (crâne + mandibule) présente des valeurs très élevées (n = 10), alors qu'il n'additionne les valeurs que de deux éléments squelettiques. La PES n°1 a livré davantage de restes d'Équidés que la PES n°2 (n = 87, contre 27) ; ainsi les fragments d'Équidés de la PES indéterminée proviennent sans doute majoritairement de la PES n°1. L'intégration de la PES indéterminée aux profils

squelettiques ne modifie que peu le résultat : le tibia apparaît légèrement mieux représenté. Les éléments axiaux et les bas de pattes restent déficitaires.

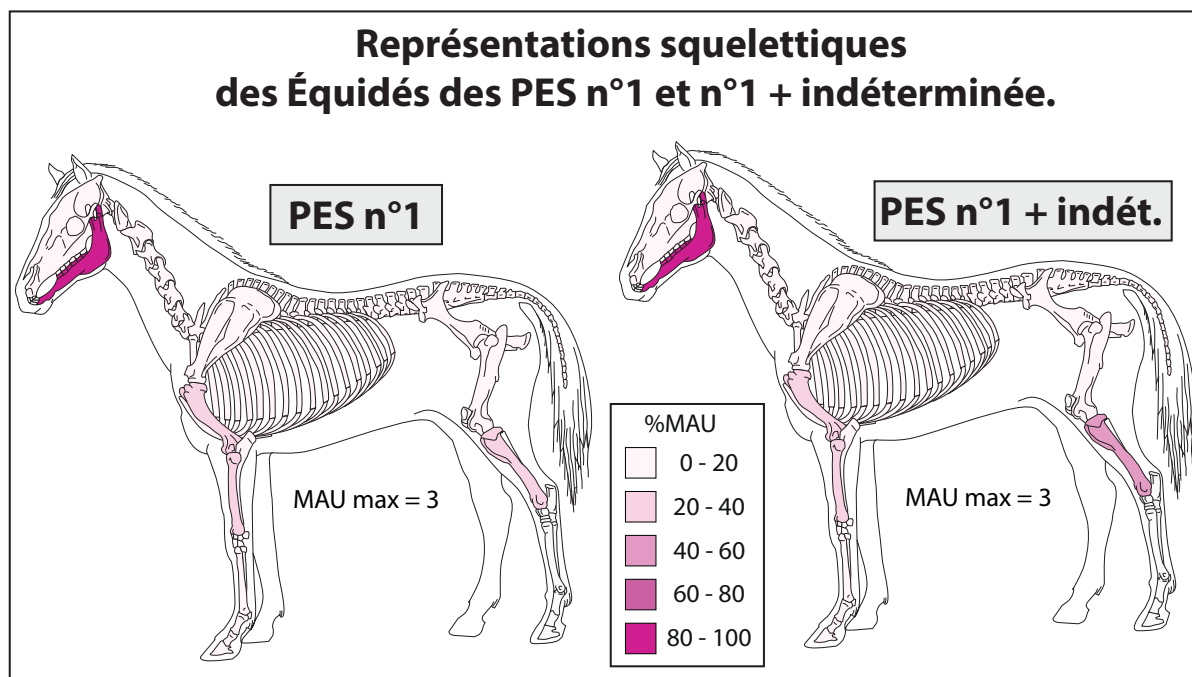


Figure III.33 : Profils squelettiques des Équidés pour la PES n°1 et la PES n°1 + indéterminée (combinées).

Les échantillons d'Équidés disponibles pour la PES n°2 sont plus faibles encore. Ici aussi, les éléments les mieux représentés sont la mandibule, et certains os des membres (scapula, humérus, radio-ulna, métacarpe, fémur ; Annexe III.43). Les métapodes vestigiaux sont présents (%MAU = 50), ainsi que, dans une moindre mesure, les côtes (NISP = 6, %MAU = 11,1 ; Annexe III.46). Quelques fragments de vertèbres (n = 2), de coxal (n = 1) et de talus (n = 1) ont également été décomptés. Aucun autre élément squelettique n'a été identifié dans cette unité. L'intégration des données de la PES indéterminée modifie légèrement ce résultat (e.g. mandibule et certains os longs moins bien représentés), mais ne change pas les conclusions : le squelette axial et les os des bas de pattes sont largement déficitaires, voire totalement absents (bas de pattes).

Le Cerf

Pour ce qui est de la PES n°1, les échantillons sont très faibles mais permettent d'attester d'une bonne représentation de la mandibule (%MAU = 100) et des os longs de

la patte arrière (fémur et tibia %MAU = 50 ; Annexes III.44 et III.46). Si l'on regarde le NNISP, le tibia et le métatarse sont les éléments les plus abondants (NNISP = 4,5, respectivement ; Annexe III.47). Les métapodes, et les os des bas de pattes (1^{ère} et 2^{ème} phalange, 1^{ère} phalange vestigiale, sésamoïdes) sont présents également mais moins bien représentés (Annexe III.46). Un fragment de vertèbre thoracique a été déterminé pour ce taxon, mais ne portant pas de *landmark*, son MAU est nul (Annexes III.46 et III.47). Hormis ce fragment de vertèbre, le squelette axial est totalement absent. L'intégration des données de la PES indéterminée change légèrement les résultats de la PES n°1, les os longs charnus (humérus, radio-ulna, fémur, tibia) et la seconde phalange étant mieux représentés, mais l'essentiel des vestiges de Cerf de la PES indéterminée est probablement rattachables à la PES n°2.

Au sein de la PES n°2, les échantillons sont plus élevés. La mandibule et certains os longs des membres (humérus, fémur, tibia, métatarse) sont les éléments les mieux représentés (fig. III.34). Ils sont suivis par le crâne, la patella, le calcaneum et les premières phalanges. Quelques fragments d'os hyoïde, de coxal, d'os courts (capitulum, scaphoïde, pyramidal, phalanges) et provenant du squelette axial (côte, sternum, atlas, vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires) ont également été identifiés (Annexes III.46 et III.47). De manière générale, les os du crâne et des membres – incluant les bas de pattes – sont les mieux représentés. Par ailleurs, si l'on confronte le NNISP_axial (2,5) au NNISP_os longs (149), le squelette axial apparaît ici encore largement déficitaire (Annexe III.47). Le NNISP de la tête (mandibule + crâne) est quant à lui relativement élevé (n = 20), alors qu'il ne concerne que deux éléments, attestant de l'introduction régulière de ces portions anatomiques. Lorsqu'on intègre les données de la PES indéterminée – dont les vestiges de Cerf sont sans doute essentiellement rattachables à la PES n°2 – le résultat n'est que peu modifié : les os de la tête et des membres (hauts et bas de pattes) restent les plus abondants (fig. III.34). Par ailleurs, il est intéressant de noter que les 2^{èmes} phalanges sont cette fois un peu mieux représentées : ces éléments de plus petite taille se retrouvent parfois dans les refus de tamis, dont une part importante s'est retrouvée intégrée à la PES indéterminée.

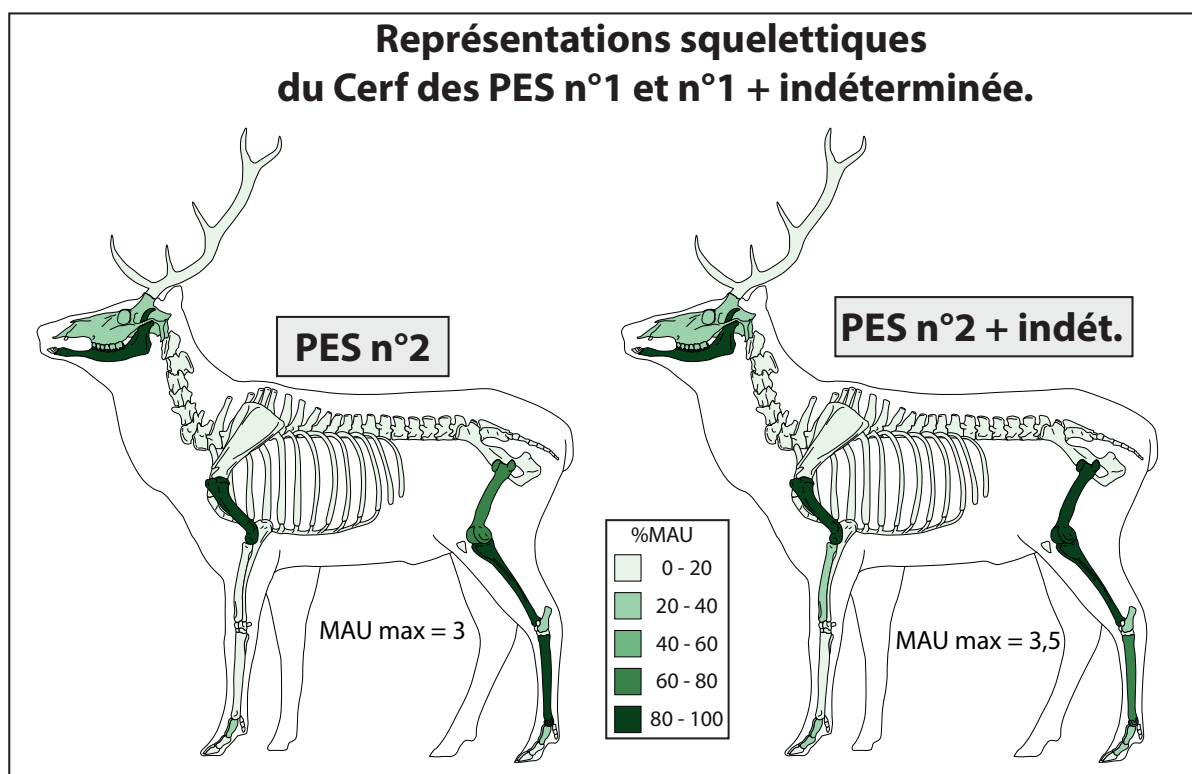


Figure III.34 : Profils squelettiques du Cerf pour la PES n°2 et la PES n°2 + indéterminée (combinaisons).

Le Chevreuil

L'échantillon de la PES n°1 est très faible. Les éléments squelettiques les mieux représentés proviennent des membres avant (humérus, radio-ulna) et arrière (coxa, fémur, tibia, métatarse ; Annexe III.45), suivis par les vertèbres lombaires (%MAU = 33,3) et les 1ères et 3èmes phalanges (%MAU = 25% ; Annexe III.46). A ces éléments s'ajoutent quelques restes de 1^{ère} phalange vestigiale, de sésamoïdes et de vertèbres thoraciques (Annexe III.47). Aucun fragment de crâne ni de mandibule n'a été identifié. Les résultats sont fortement modifiés lorsque les données de la PES indéterminée sont intégrées à l'analyse (e.g. très bonne représentation du crâne) ; mais ici encore, l'échantillon de la PES indéterminée pèse plus lourd dans les données et une très grande majorité des fragments pourrait être en réalité rattachée à la PES n°2.

Au sein de la PES n°2, qui présente de forts échantillons de Chevreuil, les éléments les plus présents sont la mandibule et le tibia, suivis par le crâne (%MAU = 75), le métacarpe (%MAU = 62,5%), ainsi que le métatarse, le calcaneum et le talus (%MAU = 50 ; fig. III.35 et Annexe III.46). Les phalanges et les os courts sont présents également

(Annexe III.47). De manière générale, les squelettes appendiculaires (incluant les bas de pattes) et crâniens prédominent, tandis que le squelette axial apparaît largement déficitaire, livrant seulement quelques restes de côte, de sternèbre et de vertèbres lombaires (Annexe III.47). Si l'on confronte le NNISP_axial (n = 0,7) au NNISP_os longs (n = 113,5), ce résultat est encore plus frappant. L'examen des restes indéterminés classés par type de tissu confirme une nette sous-représentation des tissus axiaux au sein de la PES n°2 (5,7%, contre 78,6% pour le tissu cortical, toutes espèces confondues ; Annexe III.49). L'intégration des données de la PES indéterminée, qui contient sans doute une part importante de Chevreuil rattachable à la PES n°2 – le Chevreuil étant par ailleurs plus fréquemment retrouvé dans les refus de tamis – ne change que peu le résultat. Certains os des membres (scapula, humérus, coxal) apparaissent légèrement moins bien représentés par rapport aux autres os longs et restes crâniens.

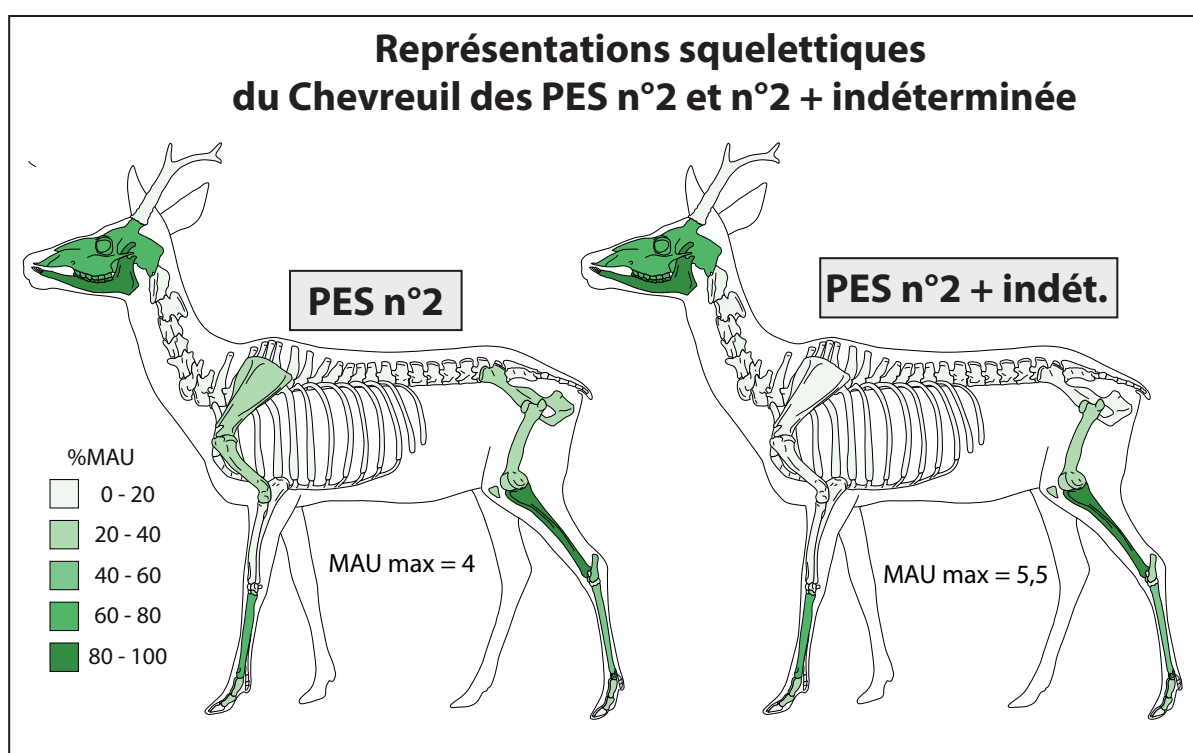


Figure III.35 : Profils squelettiques du Chevreuil pour la PES n°2 et la PES n°2 + indéterminée (combinaison).

Pour toutes les espèces dont nous venons d'établir les profils squelettiques (Renne, Bovinés, Équidés, Cerf, Chevreuil), nous avons noté que le squelette axial était largement déficitaire, aussi bien dans la PES n°1 que la PES n°2. Une telle sous-

représentation pourrait résulter de plusieurs facteurs non-exclusifs (e.g. non-introduction de ces éléments sur le site, destruction post-dépositionnelle ou d'origine anthropique) qui seront discutés, ci-après, à la lumière d'autres résultats.

Bouquetin, Chamois et Sanglier

Les décomptes disponibles pour les espèces minoritaires (Bouquetin $n = 2$; Chamois $n = 1$; Sanglier $n = 7$) sont trop faibles pour permettre d'établir les profils squelettiques et discuter des stratégies de transport (Annexe III.48).

Conservation différentielle et indices d'utilité nutritive

Cette analyse confronte le %MAU des principales espèces aux référentiels de densité osseuse et d'utilité nutritive. Les résultats bruts des tests de corrélation des PES n°1 et n°2 ont été compilés dans le tableau III.19, et ceux de la PES indéterminée et des PES combinées (PES n°1 + indéterminée, PES n°2 + indéterminée) sont présentés en Annexe (III.50). Les corrélations significatives ont été représentées graphiquement (Annexes III.51 à III.53 pour la densité osseuse ; Annexes III.54 à III.56 pour l'utilité nutritive).

Au sein de la PES n°1, une corrélation positive existe entre le %MAU et la densité osseuse du Renne, des Équidés et du Chevreuil ; ces corrélations sont toutefois plutôt modérées (ρ entre 0,35 pour le Chevreuil et 0,62 pour le Renne, tab. III.19). Pour ces trois espèces, la corrélation est maintenue lorsqu'on combine les résultats des PES n°1 et indéterminée (Annexe III.50). Il est probable qu'une part importante des fragments d'Équidés et surtout de Renne de la PES indéterminée soient rattachables à la PES n°1 – tandis que ceux de Chevreuil pourraient majoritairement concerner la PES n°2. Pour ces trois espèces, ces corrélations s'expliquent par une bonne représentation des diaphyses d'os longs qui présentent de fortes valeurs de densité, et une faible représentation des extrémités articulaires, des côtes et des vertèbres (Annexe III.51). Plus soumis à la fragmentation post-dépositionnelle et/ou anthropique, ces derniers peuvent s'avérer plus difficiles à déterminer ; la proportion de fragments axiaux (10,5%) reste faible au sein des vestiges indéterminés (Annexe III.49), mais ces éléments pourraient ne pas avoir été ramenés sur le site. Les fragments spongieux attenants aux os longs (extrémités articulaires) ont quant à eux nécessairement été ramenés sur le site. Ils représentent 18,2% des fragments indéterminés classés par type de tissu (Annexe III.49), et sont donc

relativement bien représentés. Par ailleurs, la présence de nombreux restes de fœtus en très bon état de conservation, suggère que la conservation différentielle a pu jouer un rôle assez mineur pour les Équidés ($n = 8$; tab. III.15) et le Renne ($n = 10$; tab. III.14). Plusieurs restes de fœtus appartenant à la classe de mammifère de taille 2 ($n = 1$), aux cervidés indéterminés ($n = 5$), ou indéterminés spécifiquement ($n = 25$) ont également été décomptés. Compte-tenu de la place prépondérante du Renne dans cette unité, il est probable qu'une partie au moins de ces derniers lui appartienne. Quant au Chevreuil, il n'a livré aucun reste de fœtus, mais la corrélation pour ce taxon est faible ($\rho = 0,35$). Au regard de ces éléments, il est probable que la conservation différentielle ait joué un rôle mineur sur les représentations squelettique observées au sein de la PES n°1, l'absence de restes axial étant vraisemblablement à rattacher à d'autres facteurs (cf. *infra*).

Au sein de la PES n°2, trois espèces pourraient être concernées par la conservation différentielle : le Renne ($\rho = 0,40$) et le Cerf ($0,36$) présentent une corrélation positive mais modérée, tandis que le Chevreuil montre une forte corrélation ($\rho = 0,69$; tab. III.19 et Annexe III.52). Ce résultat se confirme lorsque la PES indéterminée est intégrée ($\rho = 0,71$; Annexe III.50), qui contient sans doute une part importante de vestiges de Chevreuil rattachables à la PES n°2. Dans cette unité, la part de tissus spongieux (13,5%) est plus faible au sein des vestiges indéterminés classés par type de tissus, et ce constat est valable aussi pour les fragments de tissus axiaux (5,7% ; Annexe III.49). Mais comme mentionné précédemment, d'autres facteurs (e.g. non-apport sur le site, pratiques anthropiques particulières) pourraient conduire à leur sous-représentation. Plusieurs restes de fœtus appartenant au Cerf et au Chevreuil ont été identifiés (Cerf $n = 1$, Chevreuil $n = 4$), ainsi que de nombreux restes de fœtus indéterminés spécifiquement (mammifère de taille 2/3 $n = 5$; cervidé $n = 6$; indéterminé $n = 9$) pouvant leur appartenir. Par ailleurs, deux restes de sternèbres, qui sont des éléments extrêmement fragiles et rarement préservés, leur appartiennent. En revanche, les restes de fœtus sont rares pour le Renne ($n = 1$; tab. III.14), mais celui-ci ne présente que très peu de restes (NRD = 24). Ainsi, il est difficile de statuer précisément pour ce dernier taxon, mais les données suggèrent une bonne préservation globale de l'unité PES n°2. Finalement, les profils squelettiques des principales espèces du corpus semblent relativement représentatifs des choix de transport et des pratiques anthropiques postérieures.

Unité	Taxon	Conservation diff.	Cavité médullaire	UMI	Poids de viande	SFUI
PES n°1	Renne	rho = 0,6243399 p-value = 4,58e-06	rho = 0,838271 p-value = 0,001268	rho = 0,7889599 p-value = 3561e-05	?	rho = 0,0005596493 p-value = 0,9976
	Bovins	rho = 0,2941264 p-value = 0,06544	?	?	?	?
	Équidés	rho = 0,3986878 p-value = 0,006674	rho = 0,617497 p-value = 0,1395	?	rho = -0,1580129 p-value = 0,5182	?
	Cerf	rho = 0,09423282 p-value = 0,6019	rho = 0,2383656 p-value = 0,4803	rho = 0,5471029 p-value = 0,01254	?	rho = 0,1661097 p-value = 0,3636
	Chevreuril	rho = 0,3478501 p-value = 0,0473	rho = 0,7797602 p-value = 0,004651	rho = 0,7908746 p-value = 3,305e-05	?	rho = 0,2593419 p-value = 0,1518
PES n°2	Renne	rho = 0,394726 p-value = 0,00729	rho = 0,6727343 p-value = 0,02331	rho = 0,722726 p-value = 0,0003186	?	rho = 0,2345947 p-value = 0,1962
	Bovins	rho = 0,2473328 p-value = 0,1239	?	?	?	?
	Équidés	rho = 0,09964443 p-value = 0,5149	rho = 0,4330127 p-value = 0,3318	?	rho = -0,07043583 p-value = 0,7745	?
	Cerf	rho = 0,3577228 p-value = 0,04096	rho = 0,5843419 p-value = 0,05905	rho = 0,7706791 p-value = 6,995e-05	?	rho = 0,2433122 p-value = 0,1796
	Chevreuril	rho = 0,6884543 p-value = 9,483e-06	rho = 0,3264583 p-value = 0,3272	rho = 0,6386201 p-value = 0,002441	?	rho = -0,003849844 p-value = 0,9833

Tableau III. 19 : Résultats des tests de corrélation de Spearman confrontant les %MAU des espèces principales aux référentiels de densité osseuse et aux différents indices d'utilité nutritive pour les PES n°1 et n°2. Conservation diff. = conservation différentielle. Les corrélations statistiquement significatives (p-value < 0,05) sont surlignées en vert (positives) et en rouge (négatives). En vert clair : corrélation positive modérée (rho entre 0,33 et 0,66) ; En vert foncé : corrélation positive forte (rho > 0,66).

Qu'il s'agisse de la PES n°1 ou de la PES n°2, une corrélation positive et significative existe entre le %MAU et les valeurs de référence de la quantité de graisse insaturée (UMI) contenue dans les ossements, et ce pour toutes les espèces pour lesquelles ce test a pu être réalisé (Renne, Cerf et Chevreuil ; tab. III.19 et Annexe III.54). L'intégration des données de la PES indéterminée confirme systématiquement cette corrélation (Annexe III.50). Ce résultat résulte avant tout de la sous-représentation des portions axiales (vertèbres et côtes) - éléments parmi les moins riches en acides gras insaturés – parmi les vestiges déterminés (Annexe III.54). Nous ne savons pas, à ce stade de l'étude, si la sous-représentation des restes axiaux est due à leur non-introduction ou à leur disparition (e.g. préparation culinaire, combustible).

Des corrélations positives et significatives existent aussi entre les valeurs du volume de la cavité médullaire (en millilitres) et le %MAU pour le Renne (PES n°1 et n°2) et le Chevreuil (PES n°1 ; tab. III.19). Celles-ci sont confirmées à l'intégration de la PES

indéterminée pour le Renne (Annexe III.50). Les Équidés (PES n°1) et le Cerf (PES n°2) livrent par ailleurs des corrélations positives – néanmoins modérées - lorsque les données de la PES indéterminée sont cette fois intégrées. Ces résultats sont essentiellement dus à la sous-représentation des os des bas de pattes (os courts et phalanges), de la scapula et du coxal (Annexes III.54 et III.55).

d) Exploitation alimentaire et technique des ressources animales

Les stries de boucherie

Dans la PES n°1, comme dans la PES n°2, les taux de fragments (tous vestiges osseux confondus) portant au moins une strie sont élevés : respectivement, 13,6% et 9,9%, et ces taux montent à 34,6% et 38,2% lorsque les restes dont moins de 50% de la surface est lisible sont exclus.

Dans un premier temps, nous avons cherché à détecter d'éventuelles différences entre les proportions de stries des différentes espèces, ou PES, pouvant constituer un premier indice de traitement boucher différentiel en fonction des espèces et/ou des unités. Les restes dentaires et ceux dont moins de 50% de la surface est lisible ont été exclus de l'analyse quantitative fournie ci-après (fig. III.36 et tab. III.20). Au sein de la PES n°1, les pourcentages de fragments portant au moins une strie de boucherie sont élevés pour tous les ongulés (variant de 37% pour le Chevreuil à 51,1% pour les Bovinés, tab. III.20), et aucune différence significative n'existe entre les espèces (fig. III.36). La même observation peut être faite pour les ongulés de la PES n°2, excepté pour les Bovinés (NRstrie = 1 sur 5 ; tab. III.20), pour lesquels l'échantillon reste extrêmement faible. Une différence statistiquement significative existe entre les deux taxons les mieux représentés de cette unité, le Cerf (%NRstrie = 49,3) et le Chevreuil (%NRstrie = 33,2 ; fig. III.36), elle pourrait être due à des pratiques bouchères différentes entre ces deux taxons (cf. *infra*), ou à d'autres facteurs (e.g. expérience du boucher, mode de cuisson, taille et physiologie du taxon). Les fragments de Chevreuil sont un peu plus fréquemment de petite taille (Annexe III.58), réduisant leur surface visible et ainsi peut-être leur chance de porter une strie de boucherie. Si on ne retient que les fragments de Chevreuil de plus de 2 cm, ce taux monte à 44,6% (contre 52,2% pour le Cerf), ce qui reste tout de même un peu plus faible mais rend l'écart moins important. Quant à la PES indéterminée, le faible

nombre de fragments portant au moins une strie (tab. III.20) relève sans doute du même phénomène : cette unité mixte contient davantage de refus de tamis, et par conséquent, des fragments de plus petite taille en moyenne.

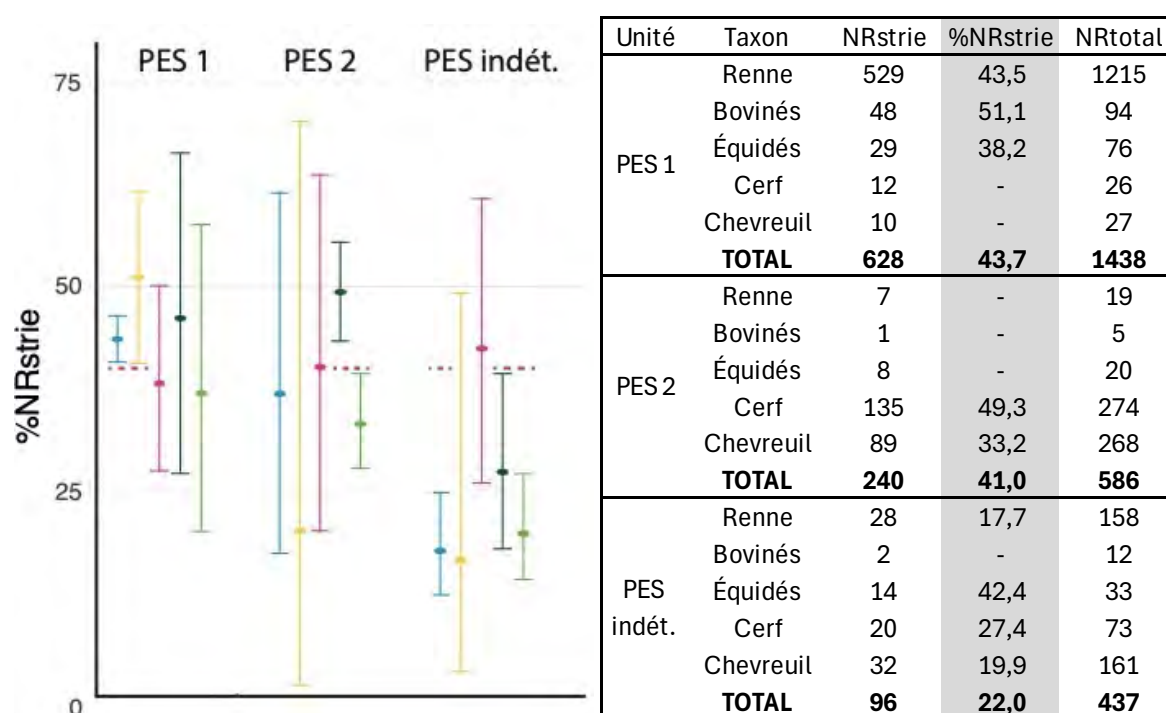


Figure III.36 et tableau III.20 : Diagramme (figure) et décomptes associés (tableau) donnant le pourcentage de fragments portant au moins une strie de boucherie pour chaque espèce au sein des unités PES n°1, n°2 et indéterminée. Les pointillés rouges matérialisent les différences significatives. Les restes dentaires, de fœtus et lisibles à moins de 50 % sont exclus. Légende des couleurs : bleu = Renne, jaune = Bovinés, rose = Équidés, vert foncé = Cerf, vert clair = Chevreuil.

L'étude de l'emplacement et de l'orientation des stries permet de documenter avec précision les nombreuses activités de boucherie réalisées par les groupes néandertaliens des PES n°1 et n°2. Dans le cas présent, nous avons décompté, pour chaque fragment, les codes enregistrés, et les avons reliés à une activité (d'après Soulier et Costamagno, 2017 ; Costamagno et al., 2019 ; Soulier et al., 2022 ; Campmas et al., 2023) : plusieurs stries localisées sur un même fragment peuvent faire référence au même code, auquel cas nous comptons 1.

Pour ce qui est de la PES n°1, le taxon ayant livré le plus gros échantillon est le Renne ; celui-ci semble concerné par toutes les activités de boucherie, à savoir : décarnisation, désarticulation, dépouillement et retrait des tendons antérieurs et

postérieurs des métapodes. La décarnisation semble avoir été intense pour ce taxon puisque cette activité a été enregistrée sur 169 des 637 fragments pouvant porter ce type de trace. Elle concerne aussi bien les os longs charnus que le squelette axial (vertèbre thoracique Nfrag_strié⁴⁰ = 5) et crânien (mandibule Nfrag_strié = 3 ; tab. III.21). Un fragment de vertèbre lombaire appartenant à ce taxon et associé à la PES indéterminée porte aussi une strie de décarnisation, il pourrait provenir de la PES n°1. Moins récurrentes cette fois malgré un échantillon important (Nfrag_strié = 11 sur 791 fragments), les stries liées aux opérations de désarticulation sont visibles à plusieurs endroits du squelette : au niveau de la mandibule (détachement du reste du crâne), des vertèbres (cervicales, thoraciques et lombaires), du proximal du fémur (détachement du coxal), ainsi qu'au niveau des carpiens (capito-trapézoïde, détachement entre les deux rangées de carpes), des tarsiens (calcanéum, détachement entre les deux rangées de tarsi) et de la deuxième phalange (séparation avec la première phalange, Annexe III.59). Une strie sur un fragment de métatarse distal attribué à la PES indéterminée pourrait peut-être s'y ajouter. Les activités de dépouillement et de retrait des tendons ont été identifiées à de nombreuses reprises sur ce taxon (PES n°1 ; tab. III.21 et Annexe III.59) ; ces traces ont fait l'objet d'une attention particulière (report de stries) et sont rediscutées ci-après.

Les échantillons disponibles pour les Bovinés et les Équidés sont plus réduits mais permettent de documenter plusieurs activités : pour ces deux taxons, des stries de décarnisation attestent du retrait des matières charnues au niveau de la mandibule, des os longs charnus (excepté l'humérus pour les Équidés) et des vertèbres thoraciques pour les Équidés (tab. III.21). Parmi les 65 restes de Bovinés, aucune trace de désarticulation n'est documentée. Chez les Équidés, deux fragments proximaux de la branche verticale de la mandibule (*ramus*) sur les trois fragments couvrant cette partie portent des stries de désarticulation, attestant du détachement entre la mandibule et le reste du crâne (Annexe III.59). Quelques stries de dépouillement documentées au niveau de la mandibule (Bovinés et Équidés) et du métatarse (Bovinés) attestent du prélèvement des peaux sur ces deux taxons (tab. III.21). Les tendons antérieurs des métapodes de Bovinés

⁴⁰ L'abréviation « Nfrag_strié » ici utilisée correspond au nombre de fragments sur lesquels un code (renvoyant ainsi à une activité) a été enregistré. Un fragment peut porter plusieurs stries se référant au même code, dans ce cas nous comptons 1.

semblent avoir été prélevés assez systématiquement, notamment sur les métatarsiens (Nfrag_strié = 16 sur 18 fragments potentiellement concernés) ; ce constat s'observe également pour la PES indéterminée (Nfrag_strié = 2/3). Pour les Équidés, seuls les métatarses ont livré des stries de retrait des tendons (antérieurs et postérieurs), mais cela est lié au faible échantillon (métacarpe n = 0 ; phalange n = 4 ; tab. III.21).

Le Cerf et le Chevreuil ont livré des échantillons extrêmement faibles qui ne permettent pas d'appréhender l'intensité des activités mais simplement de les décrire. Quelques stries de décarnisation ont été observées sur les os longs charnus de la patte (fémur et tibia) pour ces deux taxons (tab. III.21). Deux fragments de métatarse de Chevreuil portent des stries, l'un attestant de la désarticulation entre le métatarse et la première phalange, et l'autre attestant du retrait du tendon antérieur. Dans la PES n°1, aucune strie de dépouillement n'a été observée chez ces deux taxons.

Il est intéressant de noter qu'aucun des taxons de cette unité ne porte de strie liée au retrait des tendons des phalanges, malgré des échantillons parfois conséquents (e.g. Renne), pouvant attester d'une recherche de tendons de bonne dimension uniquement. Enfin, aucun des restes de Chamois, de Bouquetin et de Sanglier identifiés ne porte de strie de boucherie.

Activités	Élément	Renne		Bovins		Équidés		Cerf		Chevreuil	
		Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag
Décarnisation	Mandibule	3	41	1	10	1	6	-	-	-	-
	Vertèbre (cerv)	-	5	-	-	-	3	-	-	-	-
	Vertèbre (tho)	5	19	-	2	1	6	-	1	-	1
	Vertèbre (lom)	-	11	-	4	-	1	-	-	-	1
	Scapula	4	6	-	-	-	3	-	-	-	-
	Humérus	10	71	3	7	-	6	-	-	-	2
	Radio-ulna	30	118	2	7	2	4	-	4	-	1
	Fémur	30	82	3	9	6	9	3	3	1	5
	Tibia	87	280	8	35	5	16	8	9	2	5
	Calcaneum	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		169	637	17	74	15	54	11	17	3	15
Désarticulation	Mandibule	4	41	-	10	2	6	-	-	-	-
	Vertèbre (cerv)	1	5	-	-	-	3	-	-	-	-
	Vertèbre (tho)	1	19	-	2	-	6	-	1	-	1
	Vertèbre (lom)	1	11	-	4	-	1	-	-	-	1
	Humérus	-	71	-	7	-	6	-	-	-	2
	Radio-ulna	-	118	-	7	-	4	-	4	-	1
	Coxal	-	11	-	2	-	2	-	-	-	1
	Fémur	1	82	-	9	-	9	-	3	-	5
	Métatarse	-	331	-	18	-	6	-	9	1	4
	Carpes	1	13	-	-	-	1	-	-	-	-
	Tarses	1	12	-	1	-	4	-	-	-	-
	Phalanges	1	77	-	5	-	4	-	5	-	4
TOTAL		11	791	0	65	2	52	0	22	1	19
Dépouillement	Mandibule	5	41	1	10	3	6	-	-	-	-
	Carpes	-	13	-	-	-	1	-	-	-	-
	Métacarpe	11	121	-	8	-	-	-	3	-	2
	Tibia	-	280	-	35	-	16	-	9	-	5
	Tarses	-	12	-	1	-	4	-	-	-	-
	Métatarse	63	331	3	18	-	6	-	9	-	4
	PhalangesV	1	21	-	-	-	-	-	1	-	2
TOTAL		80	819	4	72	3	33	0	22	0	13
Tendon antérieur	Métacarpe	44	121	2	8	0	-	-	3	-	2
	Métatarse	115	331	16	18	1	6	-	9	2	4
	Phalanges	-	77	-	5	0	4	-	5	-	4
	TOTAL	159	529	18	31	1	10	0	17	2	10
Tendon postérieur	Métacarpe	3	121	-	8	0	-	-	3	-	2
	Métatarse	7	331	-	18	1	6	-	9	-	4
	Phalanges	-	77	-	5	0	4	-	5	-	4
	TOTAL	10	529	0	31	1	10	0	17	0	10

Tableau III.21 : Décomptes du nombre de fois où un code a été enregistré et relié à une activité sur chaque fragment de la PES n°1. Nfrag_strié = nombre de fragments sur lesquels le code a été enregistré (note : un fragment peut porter plusieurs stries reliées au même code, dans ce cas nous comptons 1) ; NRfrag = Nombre de restes susceptibles de porter une trace.

Au sein de la PES n°2, le Cerf et le Chevreuil ont livré les échantillons les plus importants, permettant de documenter de nombreuses activités et leur intensité. Pour ces deux taxons, la décarnisation semble avoir été intense et est attestée au niveau de la mandibule, des vertèbres (cervicales et thoraciques pour le Cerf, thoraciques pour le Chevreuil), de la scapula et des os longs charnus (tab. III.22). Comme pour le Renne de la PES n°1, les stries de désarticulation sont peu nombreuses pour ces deux taxons, ce qui équivaut aussi à la PES indéterminée (Annexes III.61 et III.62). Pour le Cerf, trois zones

de désarticulation sont identifiées : une visant à détacher le crâne du reste du squelette postcrânien, une entre l'humérus et le radio-ulna, et une entre la première et la seconde rangée de tarsi, attestées respectivement par la présence de stries sur l'atlas, l'humérus (distal) et le cubo-naviculaire (Annexe III.60). Les stries de désarticulation identifiées sur le Chevreuil ont visé à détacher la mandibule du crâne, le radio-ulna des carpiens, et le tibia des tarsiens (Annexe III.60). Une strie de désarticulation située sur un fragment distal d'humérus de la PES indéterminée et visant à séparer l'humérus du radio-ulna pourrait peut-être s'ajouter à la liste (Annexe III.62). Comme pour le Renne (PES n°1), les stries de dépouillement et de retrait des tendons sont abondantes sur ces deux taxons et font l'objet d'une étude plus approfondie ci-après.

Le Renne, les Bovinés et les Équidés ont livré des échantillons relativement faibles au sein de la PES n°2. Les matières carnées ont été recherchées pour ces trois espèces, comme en attestent les stries sur fémur de Renne, sur mandibule de Bovinés et d'Équidés et sur tibia de Bovinés (tab. III.22 et Annexe III.60). Aucune de ces trois espèces n'a livré de trace de désarticulation. En ce qui concerne les activités de dépouillement, une seule strie longitudinale située sur la branche horizontale de la mandibule d'un Boviné atteste du retrait de la peau ; les autres taxons n'ont livré aucune trace de cette activité. De même, seul le Renne a livré une preuve du retrait des tendons (tendon antérieur du métacarpe et tendon postérieur du métatarse). Quant au Sanglier, seules deux stries ont été identifiées pour ce taxon, une sur un fragment d'humérus attestant de la décarnisation de cet élément, et une sur un fragment de première phalange, ubiquiste (dépouillement ou retrait du tendon postérieur).

Activités	Élément	Renne		Bovins		Équidés		Cerf		Chevreuil	
		Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag	Nfrag_strié	NRfrag
Décarnisation	Mandibule	-	-	1	2	7	6	1	24	4	22
	Vertèbre (cerv)	-	-	-	-	-	1	1	4	-	-
	Vertèbre (tho)	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4
	Vertèbre (lom)	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
	Scapula	-	1	-	-	-	1	2	3	4	3
	Humérus	-	2	-	-	-	2	14	23	6	15
	Radio-ulna	-	-	-	-	-	2	11	21	5	11
	Fémur	2	4	-	-	-	2	31	36	10	25
	Tibia	-	3	1	3	-	3	30	53	31	67
	Calcaneum	-	-	-	-	-	-	-	5	-	4
TOTAL		2	10	2	6	7	18	91	171	62	151
Désarticulation	Mandibule	-	-	-	2	-	6	-	24	1	22
	Vertèbre (cerv)	-	-	-	-	-	1	1	4	-	-
	Vertèbre (tho)	-	-	-	-	-	1	-	1	-	4
	Vertèbre (lom)	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
	Humérus	-	2	-	-	-	2	1	23	-	15
	Radio-ulna	-	-	-	-	-	2	-	21	-	11
	Coxal	-	1	-	-	-	1	-	5	-	6
	Fémur	-	4	-	-	-	2	-	36	-	25
	Métatarse	-	5	-	1	-	-	-	96	-	74
	Carpes	-	-	-	-	-	-	-	4	1	8
	Tarses	-	-	-	-	-	1	1	9	2	12
	Phalanges	-	1	-	-	-	-	-	25	-	28
	TOTAL	0	13	0	4	0	16	3	249	4	205
Dépouillement	Mandibule	-	-	1	2	-	6	4	24	3	22
	Carpes	-	-	-	-	-	-	-	4	-	8
	Métacarpe	-	3	-	2	-	1	5	69	3	35
	Tibia	-	3	-	3	-	3	-	53	-	67
	Tarses	-	-	-	-	-	1	-	9	-	12
	Métatarse	-	5	-	1	-	-	17	96	3	74
	PhalangesV	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
TOTAL		0	12	1	8	0	11	26	255	9	221
Tendon antérieur	Métacarpe	-	3	-	3	-	1	15	69	4	35
	Métatarse	1	5	-	1	-	-	22	96	21	74
	Phalanges	-	1	-	-	-	-	-	25	1	28
	TOTAL	1	9	0	4	0	1	37	190	26	137
Tendon postérieur	Métacarpe	1	3	-	3	-	1	5	69	-	35
	Métatarse	-	5	-	1	-	-	11	96	3	74
	Phalanges	-	1	-	-	-	-	-	25	-	28
	TOTAL	1	9	0	4	0	1	16	190	3	137

Tableau III.22 : Décomptes du nombre de fois où un code a été enregistré et relié à une activité sur chaque fragment de la PES n°2. Nfrag_strié = nombre de fragments sur lesquels le code a été enregistré (note : un fragment peut porter plusieurs stries reliées au même code, dans ce cas nous comptons 1) ; NRfrag = Nombre de restes susceptibles de porter une trace.

Focus sur la recherche de peaux et de tendons

Les échantillons de Renne (PES n°1) et de Cerf et de Chevreuil (PES n°2) sont assez conséquents pour entreprendre une analyse plus approfondie des stries de dépouillement via leur report sur le logiciel QGIS. Au total, 372, 136 et 89 faces de fragments latéralisés ont pu être respectivement dessinées pour ces trois taxons ; les planches sur lesquelles sont représentés ces fragments sont accessibles en annexe (Annexes III.63, III.65 et III.67). Ils appartiennent à la mandibule, aux métapodes et à la

première phalange, auxquels il faut ajouter la troisième phalange vestigiale pour le Renne, soit tous les éléments squelettiques du corpus ayant livré au moins une strie de dépouillement (tab. III.21 et III.22). D'autres éléments squelettiques sont susceptibles de porter des stries de dépouillement (e.g. pyramidal, pisiforme, tibia, calcaneum : Soulier et Costamagno, 2017 ; Costamagno et Soulier, 2019), mais aucune strie liée strictement à cette activité n'a été identifiée sur les fragments leur appartenant.

Le Renne – PES n°1

Pour ce qui est du Renne (PES n°1), un total de 1272 stries de découpe a été dessiné sous QGIS, elles correspondent au dépouillement (n = 520), au retrait des tendons (n = 643), ou sont ubiquistes (n = 95) ou indéterminées (n = 14).

Nous avons isolé, dans un premier temps, les stries liées au dépouillement, afin d'identifier avec précision leur localisation et de les relier à un geste précis (entame circulaire, à coups de détachement, incision longitudinale : fig. III.37). Les stries de dépouillement sont présentes sur cinq éléments squelettiques : la mandibule, le métacarpe, le métatarse, la 1^{ère} phalange et la 3^{ème} phalange vestigiale. Près de 35% des fragments étudiés (tous éléments squelettiques confondus) en portent au moins une (Annexe III.70). Le métatarse est l'élément squelettique qui en a livré le plus (n = 259, soit 49,8% des stries), suivi par la mandibule (n = 131, soit 25,2%) et le métacarpe (114, soit 21,9% ; Annexe III.69). Il est aussi l'élément squelettique dont le plus de fragments portent au moins une strie de dépouillement (n = 39, soit près de 40% ; Annexe III.70). La mandibule présente quant à elle le ratio Nstrie/Nfrag le plus élevé, avec un nombre moyen de stries par fragments de 7,7 (Annexe III.69) : les fragments appartenant à cet élément portent en moyenne plus de stries. Les premières phalanges et troisièmes phalanges vestigiales ne portent en moyenne que très peu de stries de dépouillement, et très peu de fragments en portent au moins une, mais l'échantillon est particulièrement faible (Annexes III.69 et 70).

Les stries d'entame circulaire sont relativement abondantes (n = 115, soit 22,1% des stries ; Annexe III.69) et sont présentes sur tous les éléments squelettiques, excepté les phalanges vestigiales (fig. III.37). Elles sont plus fréquentes sur la mandibule, puisque 8 fragments en portent au moins une sur les 17 enregistrés (soit près de 50%, contre 7,5% pour le métacarpe, et 17,4% pour le métatarse ; Annexe III.70). Sur la mandibule, les

stries d'entame circulaire se situent principalement de part et d'autre de la dentition jugale (partie proximale et distale de la branche horizontale ; fig. III.37) et ne correspondent pas nécessairement aux zones couvertes par les plus forts échantillons (Annexe III.63). Sur le métacarpe, elles sont plutôt localisées en partie proximale (face médiale) et, dans une moindre mesure, en partie médiale (face latérale) de l'os, tandis qu'elles se déploient tout le long des métatarses. Ici encore, elles ne correspondent pas toujours aux zones de densité de fragments (e.g. partie proximale de la face médiale du métacarpe, partie distale des faces médiales et latérales du métatarse : Annexe III.63). Quant à celles sur la première phalange, elles sont toutes situées en partie distale (deux en face abaxiale et deux en face antérieure), zone qui livre par ailleurs des échantillons un peu plus importants (Annexe III.63) ; elles pourraient témoigner d'un retrait des peaux qui commence aux extrémités des carcasses (phalanges, mandibule).

Présentes sur tous les éléments squelettiques, les stries obliques sont de loin les plus nombreuses du corpus ($n = 321$, soit 61,7% ; Annexe III.69) et sont aussi celles qui touchent le plus de fragments (59 fragments en portent sur 72 fragments striés, soit 79,2% ; Annexe III.70). Elles correspondent à des à-coups pour le détachement de la peau (fig. III.37). Les éléments squelettiques sur lesquels elles sont les plus abondantes sont la mandibule (8 fragments sur 17 en portent) et les métapodes (métacarpe = 15 sur 67, métatarse = 30 sur 98 ; Annexe III.70).

Les stries longitudinales correspondent à de longues incisions visant à découper la peau le long des membres. Une incision longitudinale effectuée en face latérale ne permet pas d'accéder à une peau entière : elle implique forcément une séparation de la peau des pattes de celle du tronc, et l'aboutissement à une peau segmentée. A contrario, une strie longitudinale située en partie médiale pourrait témoigner d'une pratique visant à rejoindre l'incision ventrale (viscères) afin de détacher des peaux dans leurs dimensions maximales (Costamagno et al., 2019). D'après les données, les incisions longitudinales ont été réalisées sur les deux faces des métapodes (fig. III.37). Elles sont toutefois très peu abondantes en face latérale du métacarpe ($n = 2$, sur un seul fragment ; Annexes III.69 et III.70) - malgré un échantillon relativement important ($NR = 28$; Annexe III.63) - et sont, de manière générale, plus fréquentes en face médiale sur les deux métapodes (Annexes III.69 et III.70). Des stries longitudinales sont documentées en faces latérales des métapodes également (essentiellement des métatarses ; fig. III.37),

et pourraient témoigner d'un retrait disjoint de la peau d'une partie des pattes : cette hypothèse est rediscutée ci-après (cf. infra).

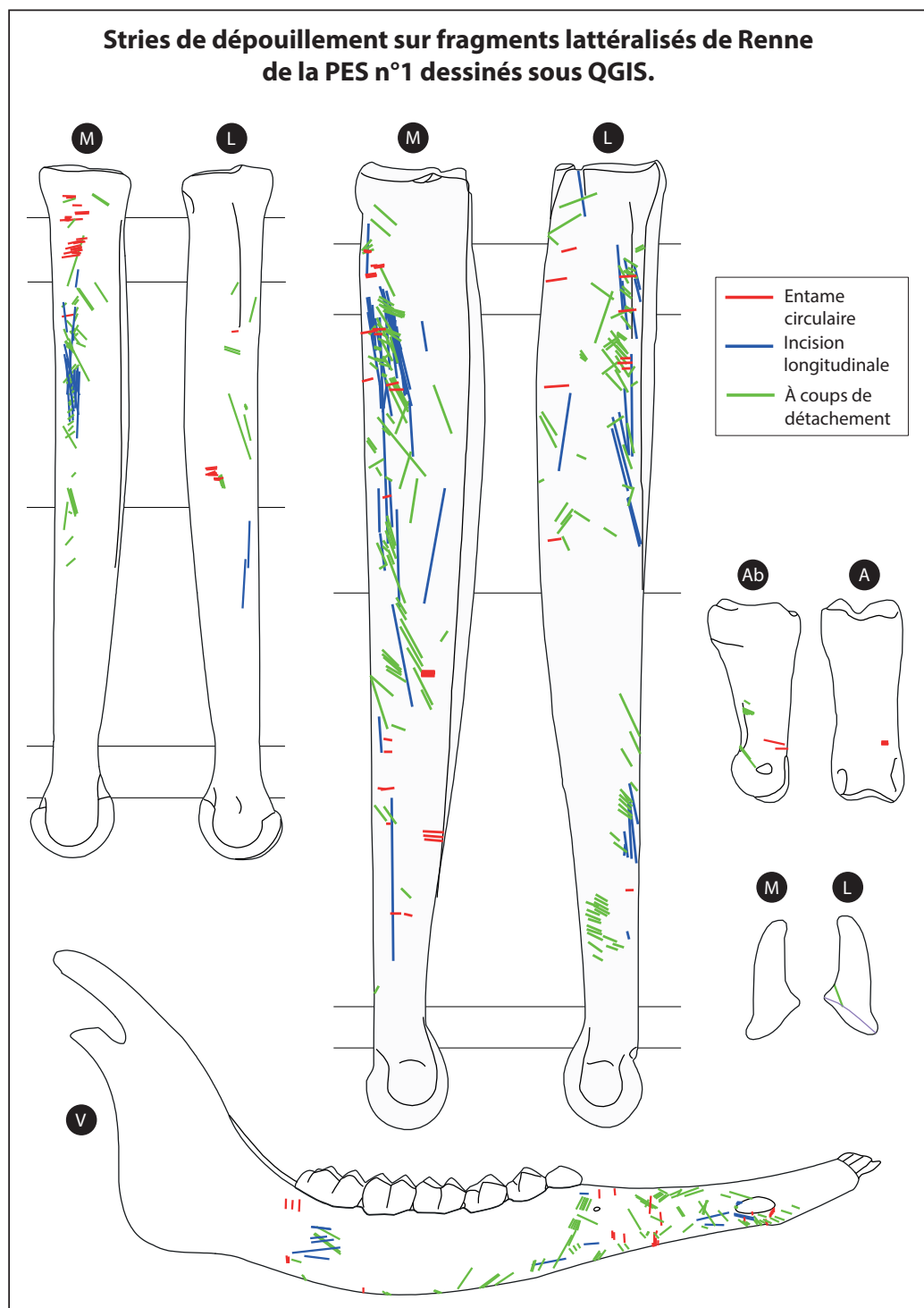


Figure III.37 : Stries de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibule, métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Renne (PES n°1).

Parallèlement, nous avons identifié plusieurs indices d'un traitement particulier de la peau des bas de pattes. Sur un même fragment de métapode, la présence de stries longitudinales ou d'à-coups sous une entame circulaire constitue un indice de retrait disjoint de la peau des bas de pattes (Soulier et Costamagno, 2017), dont l'entame circulaire matérialise ici la séparation. Plus solides et étanches, ces petites parties de peaux situées aux extrémités pourraient être convoitées à des fins particulières ou simplement retirées pour faciliter l'accès à la moelle. Un fragment de métacarpe et quatre fragments de métatarse ont livré ce type d'indice, attestant peut-être d'une récurrence de cette pratique, notamment pour les pattes arrière (fig. III.38). L'entame circulaire qui permet de séparer les deux segments de peau (bas de pattes / haut de pattes), est positionnée à des endroits variables le long de la diaphyse proximale (fig. III.38). Par ailleurs, les incisions longitudinales situées sous l'entame se trouvent tantôt en partie médiale (K16_5258 et K18_4909), tantôt en partie latérale (K18_1046) : l'emplacement de l'entame circulaire et de l'incision longitudinale ne semblent pas avoir fait l'objet d'une standardisation particulière. Les incisions longitudinales en face latérale des métapodes et discutées précédemment (cf. *supra*) pourraient, en fait, se positionner sous l'entame circulaire haute, auquel cas elles n'impliqueraient pas nécessairement de retrait disjoint de la peau des pattes de celle du tronc.

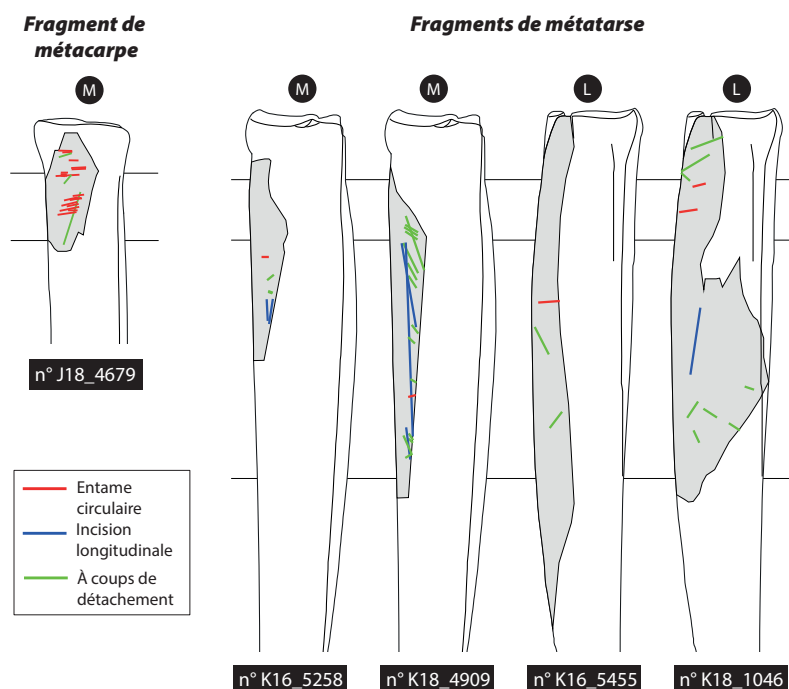
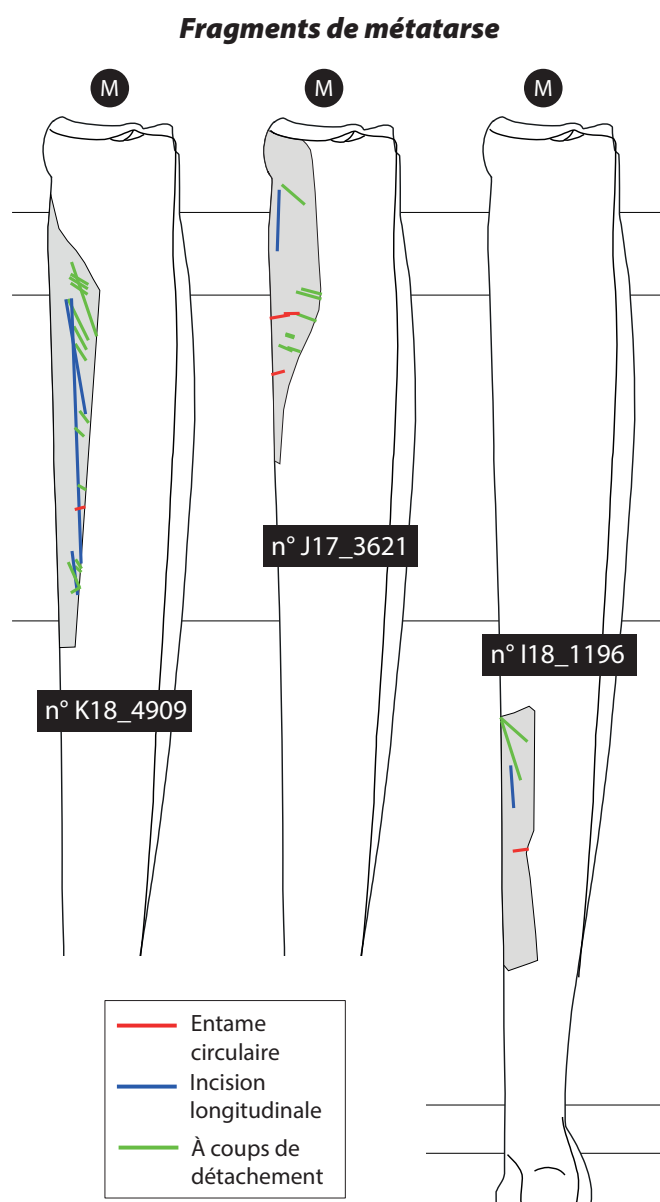


Figure III.38 : Fragments de Renne (PES n°1) témoignant du retrait disjoint de la peau des bas de pattes.

Pour tester cette dernière hypothèse (retrait en un seul tenant de la peau des hauts de pattes et du tronc), nous avons cherché à connaître, pour chaque fragment de métapode, l'emplacement des stries longitudinales situées cette fois au-dessus d'une entame circulaire haute (soit, localisées en partie proximale de métapodes). Situées en partie médiale, elles peuvent indiquer une recherche de peaux de grandes dimensions (haut de patte + tronc), associé à un retrait disjoint de la peau des bas de pattes matérialisé par l'entame circulaire haute. En partie latérale en revanche, elles impliquent une nouvelle incision circulaire plus haute, pour détacher la peau du haut des pattes de celle du tronc, et impliquent potentiellement trois segments de peaux (bas de pattes + haut de pattes + tronc). Un fait intéressant réside dans le fragment n°K18_4909 : l'entame



circulaire visant à détacher la peau des bas de pattes est surmontée par une incision longitudinale (fig. III.38). Celle-ci est située en face médiale, et rejoint probablement l'incision ventrale (viscères). Pour cet individu, nous suspectons un détachement séparé de la peau des bas de pattes, et un détachement du reste de la peau dans ses dimensions maximales (tronc + haut de patte). D'autres fragments sont concernés par des incisions longitudinales positionnées au-dessus d'une entame circulaire (fig. III.39) ; ces incisions longitudinales se situent systématiquement en face médiale, appuyant l'hypothèse, pour la peau située au-dessus des bas de pattes, d'une préférence pour les morceaux de grande dimension. Ainsi, il est probable que les peaux aient plutôt

Figure III.39 : Fragments de Renne (PES n°1) portant une incision longitudinale située au-dessus d'une entame circulaire.

été détachées entières, accompagné, à certains moments au moins, d'un retrait disjoint de la peau des extrémités des pattes.

Pour tenter d'appréhender les questions liées à la standardisation des gestes, nous avons réalisé des cartes de densité (Annexe III.64) et de récurrence (fig. III.40) des stries d'entame circulaire sur fragments de Renne (PES n°1). Les cartes de densité permettent dans un premier temps d'identifier les zones d'abondance, mais elles ne tiennent pas compte du nombre de fragments concernés. En effet, un grand nombre de stries localisées à un même endroit peut être issu d'un même fragment. Les cartes de récurrence interviennent en complément et permettent de pondérer, au sein de chaque maille, le nombre minimum de fragments portant une ou plusieurs strie(s) d'entame circulaire (NMEentame) par le nombre minimum de fragments présent dans cette maille (NMEfragment ; fig. III.40).

Sur les métacarpes, les zones de concentration sont peu nombreuses mais caractérisées par une forte densité (Annexe III.64) : l'une se trouve proche de l'extrémité proximale (face médiale) et l'autre en partie médiale de la diaphyse (face latérale). Toutefois dans ces deux secteurs, les stries d'entame circulaire proviennent d'un même fragment (respectivement, J18_4679 et H18_1896). En réalité, tout au long de la diaphyse, le nombre de fragments se chevauchant au sein des mailles est relativement élevé – même si toutefois variable –, mais peu d'entre eux ne porte ce type de strie (fig. III.40). Ce constat est également valable pour les métatarses, pour lesquels les échantillons sont parfois assez importants – notamment en parties proximales et distales de diaphyse – mais le pourcentage de fragments portant au moins une strie transverse (NMEentame) y est systématiquement très faible (toujours inférieur à 25% ; fig. III.40). De même, les zones de densité observées en partie distale de la première phalange (faces abaxiales et antérieures) correspondent à quatre stries transverses, toutes localisées sur le même fragment (n°K16_4269), ne permettant pas d'identifier de récurrence particulière. Finalement, seule la partie distale de la branche horizontale de la mandibule, dont les échantillons sont toutefois relativement faibles, présente une véritable récurrence avec un secteur où trois fragments sur six portent ce type de traces, soit 50% (fig. III.40). Cela appuie l'hypothèse d'un retrait de la peau qui commence fréquemment aux extrémités,

et peut-être d'une recherche de peaux de grandes dimensions mais sans véritable standardisation.

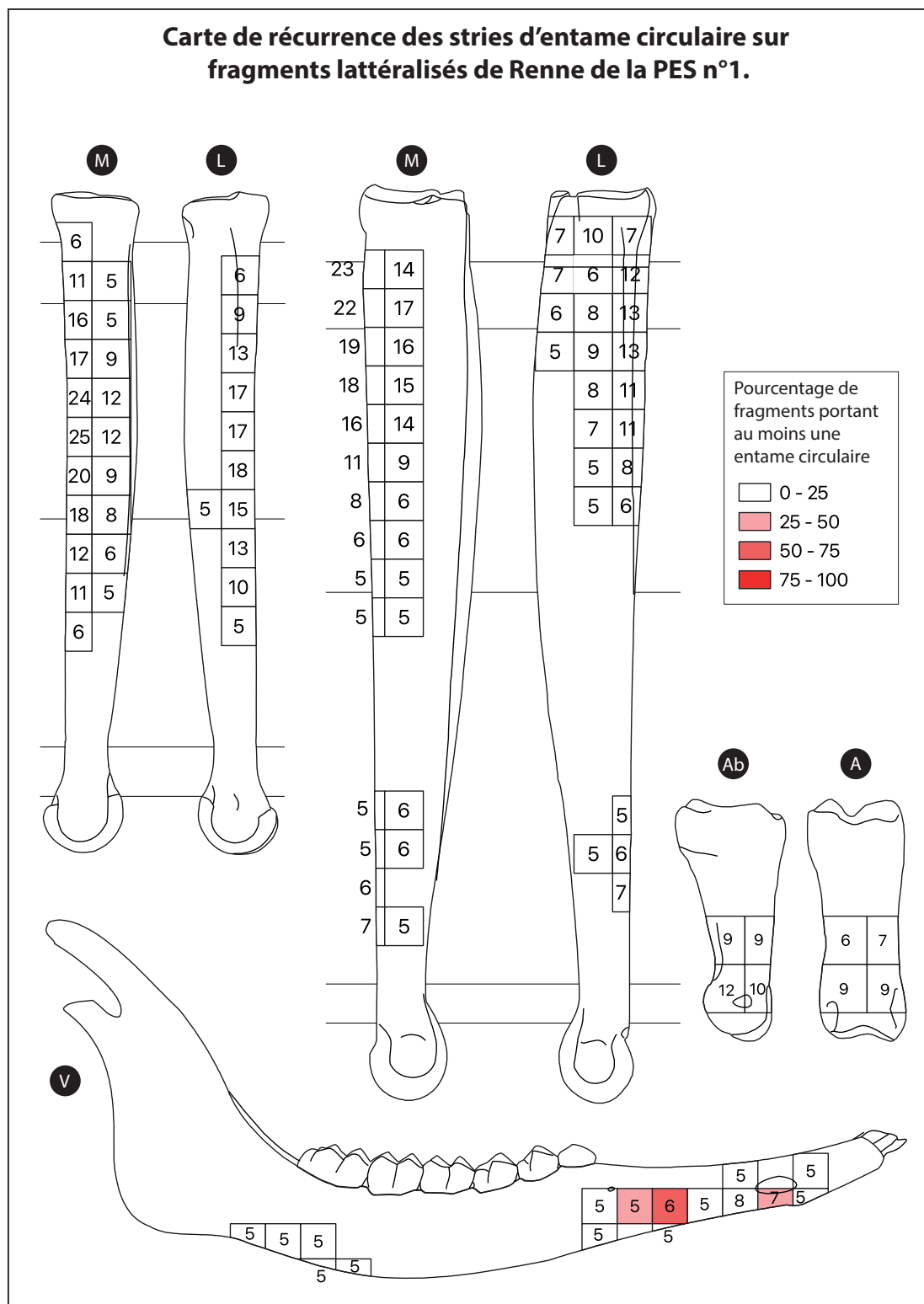


Figure III.40 : Analyse de la récurrence des stries d'entame circulaire de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibules, métapodes, et premières phalanges de Renne (PES n°1).

Le report de stries sur fragments latéralisés de mandibule, de métapodes et de phalanges nous a permis, en parallèle de l'étude détaillée des modalités de dépouillement, de documenter le retrait des tendons sur ces éléments. Au total, 643 stries de retrait des tendons ont été identifiées et dessinées sous QGIS pour le Renne de la PES n°1 ; l'essentiel d'entre elles se trouve tout le long des faces antérieures des métapodes ($n = 607$, soit 94,4% des stries ; Annexe III.71), puis, dans une moindre mesure, sur leurs faces postérieures (principalement du métatarse) et sur la face antérieure de la première phalange (fig. III.41 et Annexe III.71). Ces faces sont aussi celles qui présentent les plus forts échantillons (Annexe III.63) ; par exemple, la face postérieure du métacarpe est très mal documentée. Le métacarpe a livré le plus de fragments portant au moins une strie de retrait des tendons (38 fragments striés sur 57, soit près de 67%), suivi du métatarse (49 fragments striés sur 88, soit près de 56%). Les faces antérieures des métapodes présentent les plus forts taux de fragments striés (Annexe III.72) et les ratio N_{strie}/N_{frag} les plus élevés (Annexe III.71). Les phalanges n'ont, quant à elles, livré que peu de traces de retrait des tendons, pourtant elles présentent des échantillons corrects couvrant les deux faces. De taille particulièrement réduite, les tendons des phalanges semblent avoir fait l'objet d'une exploitation plus occasionnelle, voire anecdotique. Nous avons pu estimer, à partir du NME, le nombre minimum de tendons extraits. Au total, 50 tendons ont été retirés, dont 48 sur les métapodes et 43 sur leurs faces antérieures (Annexe III.72). À ces stries de retrait des tendons s'ajoutent quelques stries ubiquistes (diaphyse distale du métacarpe $n = 72$; diaphyse postérieure de la première phalange $n = 23$) et indéterminées ($n = 14$; fig. III.41). Les référentiels expérimentaux les plus récents, sur lesquels nous nous appuyons, n'ont pas permis d'interpréter ces traces avec certitude (Soulier et Costamagno, 2017 ; Costamagno et al., 2019 ; Soulier et al., 2022 ; Campmas et al., 2023). Quoi qu'il en soit, le nombre moyen de stries de retrait des tendons par fragments ($n = 3,7$) et le pourcentage de fragments portant au moins une strie de retrait des tendons (51,4%) sont élevés (Annexes III.71 et III.72), témoignant d'une activité très intense qui se serait particulièrement focalisée sur les tendons antérieurs des métapodes.

Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de Renne de la PES n°1 dessinés sous QGIS.

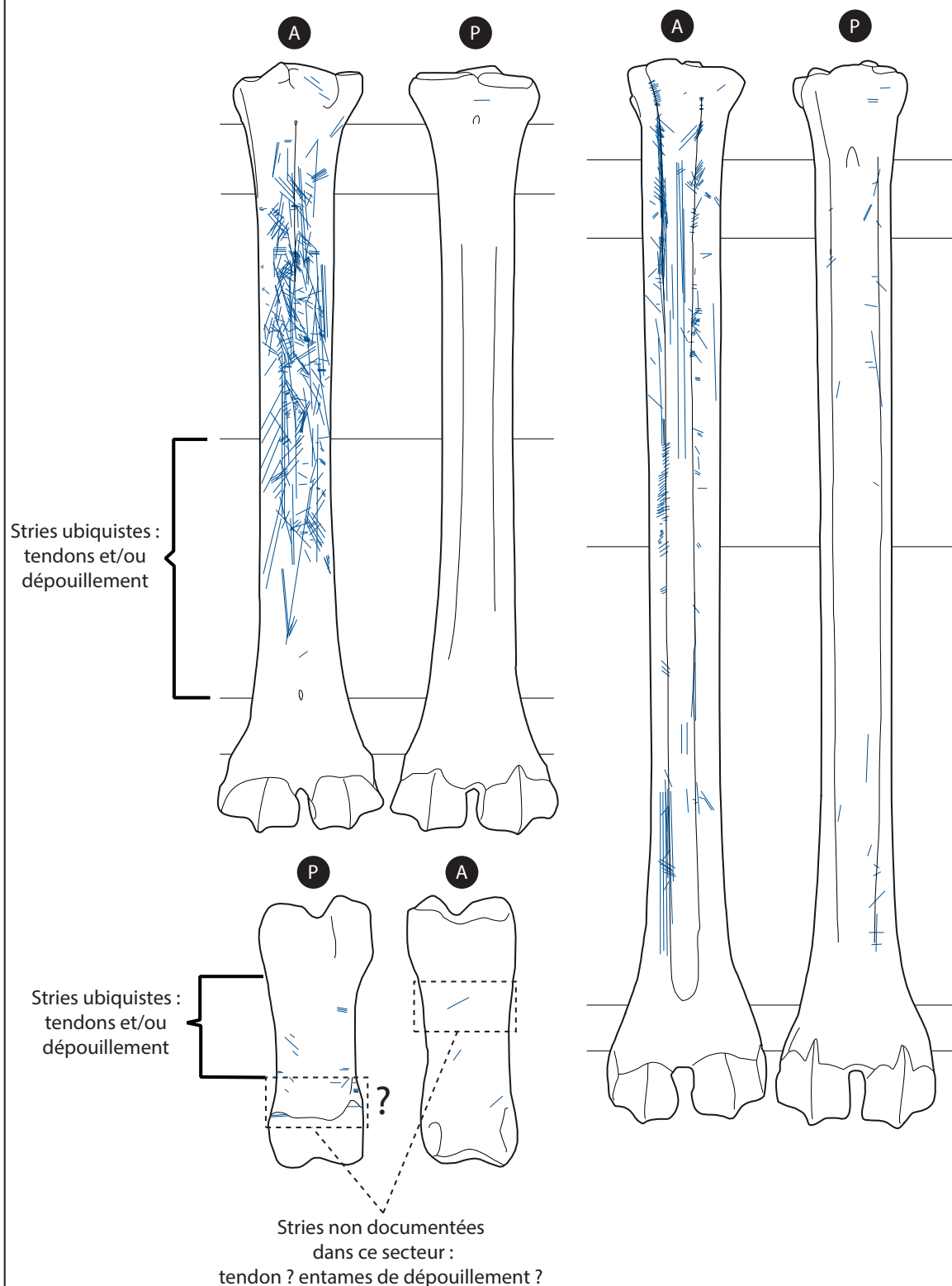


Figure III.41 : Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Renne (PES n°1).

Le Cerf – PES n°2

Au total, 485 stries de découpe et 136 faces de fragments latéralisés ont été dessinés sous QGIS pour ce taxon. L'essentiel de ces stries correspond à des activités de dépouillement (n = 178) ou de retrait des tendons (n = 261), et certaines d'entre elles sont ubiquistes (n = 44) ou indéterminées (n = 2).

En ce qui concerne les stries de dépouillement, elles se situent essentiellement sur les métapodes (n = 154, soit 86,5% des stries de dépouillement) – qui présentent les plus forts échantillons (Annexes III.65 et III.69) –, et dans une moindre mesure sur la mandibule (n = 24, soit 13,5% ; Annexe III.65). Peu nombreux, les fragments de mandibule portent un taux moyen de stries très élevé (ratio = 8), et tous les fragments susceptibles de porter une strie de dépouillement en portent au moins une ; comme pour le Renne, la mandibule présente les valeurs N_{strie}/N_{frag} les plus fortes. En parallèle, deux stries obliques ont été identifiées sur un fragment de première phalange (face abaxiale ; fig. III.42) : dans ce secteur, les stries documentées lors d'expérimentations de boucherie (Soulie et Costamagno, 2017 ; Costamagno et al., 2019 ; Soulie et al., 2022 ; Campmas et al., 2023) correspondent au dépouillement (voire à la désarticulation : Campmas et al., 2023), mais celles-ci sont toujours transverses, ce qui les rend difficiles à interpréter avec certitude.

Quoi qu'il en soit, les stries d'entame circulaire sont plutôt abondantes (n = 39, soit 21,9% ; Annexe III.69) ; elles ne concernent que les métacarpes (face médiale) et les métatarses (faces médiale et latérale ; fig. III.42). Sur le métacarpe, les entames circulaires se déploient principalement en partie proximale et distale de diaphyse (face médiale). Quant au métatarse, elles semblent plus éparées, se situant tantôt en partie médiale et distale de la diaphyse (face médiale), tantôt en partie proximale (face latérale). Comme pour le Renne, les zones de plus forte densité ne correspondent pas toujours aux plus forts échantillons (e.g. partie distale du métacarpe face médiale, partie proximale du métatarse face latérale ; Annexe III.65).

Les stries d'à-coups pour le détachement sont, ici encore, les plus abondantes (n = 100, soit 56,2% ; Annexe III.69) et sont présentes sur tous les éléments squelettiques – excepté peut-être la première phalange (cf. *supra*) – et sur 23 des 72 fragments étudiés (Annexe III.70). Elles se déploient tout au long des métapodes et de la mandibule (fig. III.42), attestant là encore d'un retrait des peaux qui commence aux extrémités.

Les stries longitudinales, quant à elles, sont relativement abondantes ($n = 39$, soit 21,9% ; Annexe III.69) et se retrouvent aussi bien sur les faces médiales ($n = 20$, sur 7 fragments) que latérales ($n = 18$, sur 6 fragments) des métapodes (fig. III.42 et Annexes 69 et 70).

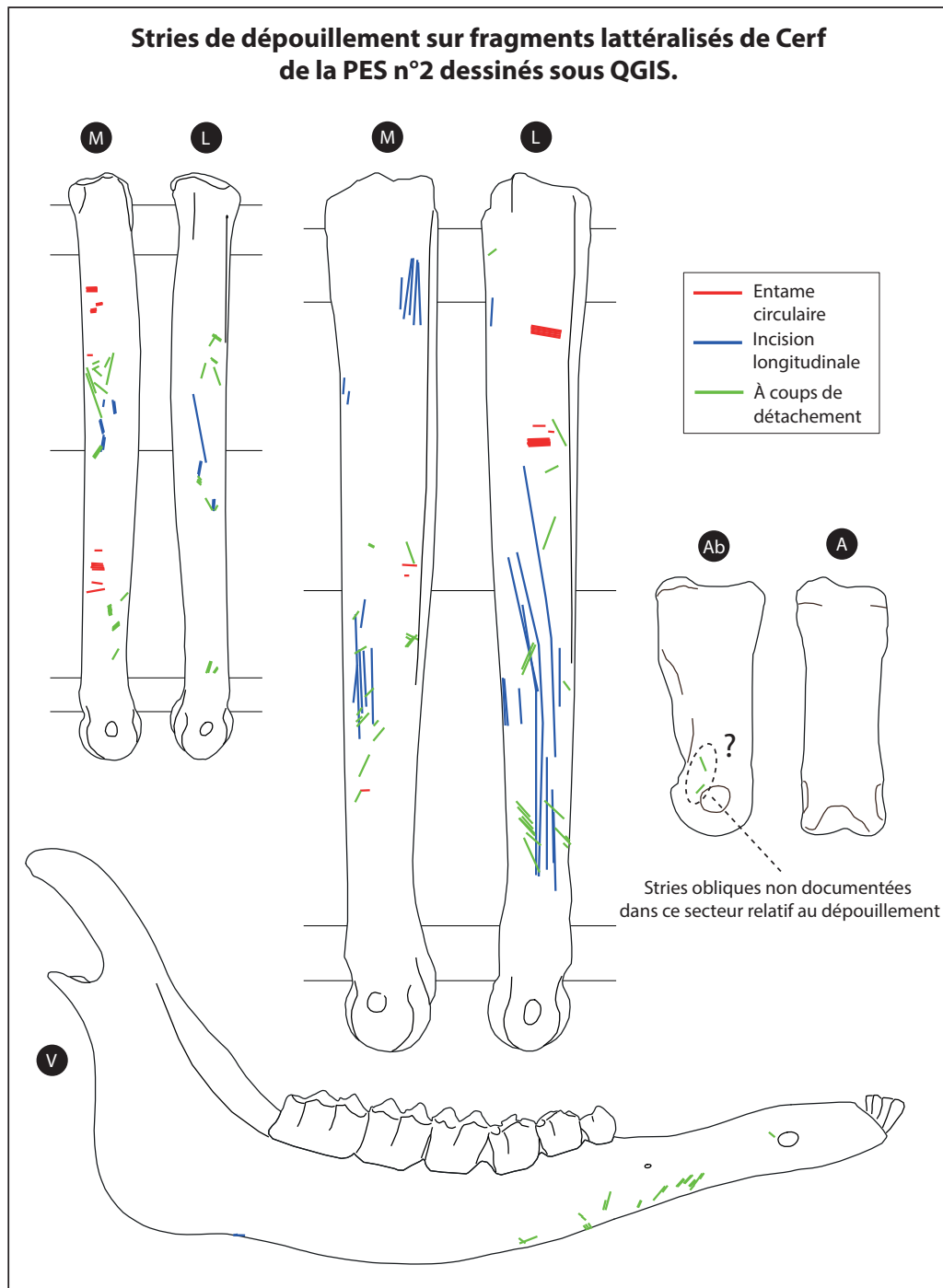


Figure III.42 : Stries de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibule, métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Cerf (PES n°2).

En parallèle, six fragments de métapodes portent des stries obliques et/ou longitudinales positionnées au-dessous de stries transverses par rapport à l'axe d'allongement de l'os ; ils pourraient attester d'une pratique plus ou moins récurrente de retrait disjoint de la peau des bas de pattes, en vue d'une utilisation particulière ou pour accéder à la moelle (fig. III.43). Le fragment n° H17_1803, qui couvre la quasi-totalité de la longueur de diaphyse sur ses deux faces, relève d'un intérêt particulier : celui-ci présente une première entame circulaire en partie distale, quelques stries obliques d'écoups pour le détachement en partie médiale, suivie par une entame circulaire en partie proximale (fig. III.43) ; il témoigne du retrait d'un petit segment de peau sur le métacarpe. Nous ne savons pas en revanche s'il a été retiré afin d'être utilisé ou pour accéder à la moelle.

Une unique strie longitudinale présente sous une entame circulaire (fragment n° I17_3670) permet d'attester d'une incision en partie latérale pour détacher le segment des bas de pattes (fig. III.43). Aucune strie longitudinale n'a en revanche été observée au-dessus d'une strie d'entame circulaire, nous ne pouvons donc pas formuler d'hypothèse sur les modalités de retrait de la peau située au-dessus des bas de pattes (en un seul ou en plusieurs tenants). La seule information dont nous disposons pour y répondre concerne les incisions longitudinales : celles-ci semblent avoir été réalisées aussi bien en partie médiale que latérale, ce qui pourrait attester soit d'un retrait de peaux de tailles variables (e.g. au fil des besoins), soit du détachement de peaux de grande dimension (haut de patte + tronc) accompagnées d'un retrait disjoint pour les bas de pattes (dont l'entame haute se situerait, comme pour le Renne, au-dessus des incisions longitudinales observées en face latérale).

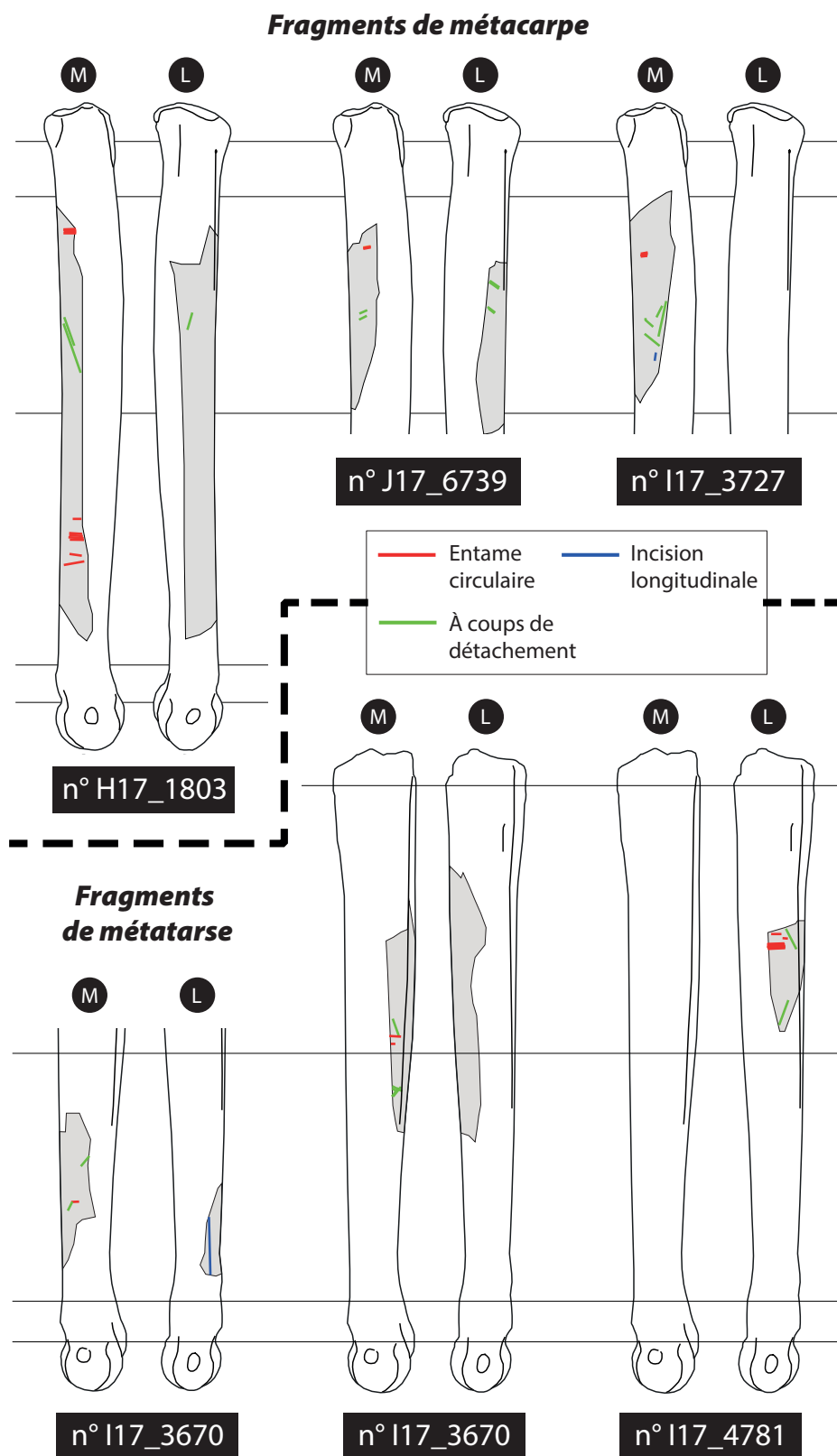


Figure III.43 : Fragments de Cerf (PES n°2) témoignant possiblement du retrait disjoint de la peau des bas de pattes.

Les échantillons disponibles pour le Cerf de la PES n°2 sont plus petits que ceux du Renne de la PES n°1 et permettent plus difficilement d’aborder les questions de densité et de récurrence. Les stries d’entame circulaire sont les plus abondantes au niveau des diaphyses proximales des métapodes (Annexe III.66). Toutefois pour ce qui est du métatarse (face latérale), les deux zones de densité existante correspondent chacune à un seul fragment. Seule la partie proximale du métacarpe présente une véritable récurrence avec trois fragments sur six portant une entame circulaire dans cette zone (fig. III.44). Ces trois fragments de métacarpe sont aussi ceux pour lesquels nous suspectons un retrait disjoint de la peau des bas de pattes : le positionnement de l’entame haute permettant de séparer les hauts et bas de pattes pourrait avoir fait l’objet d’une certaine standardisation.

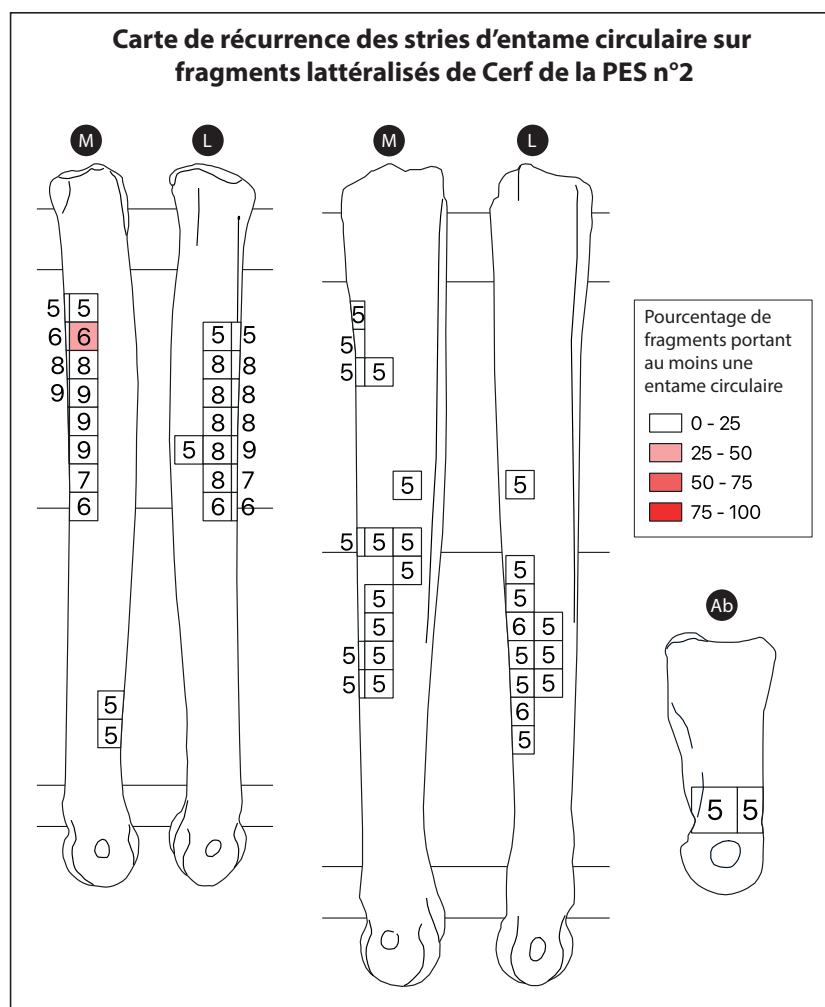


Figure III.44 : Analyse de la récurrence des stries d’entame circulaire de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibules, métapodes, et premières phalanges de Cerf (PES n°2).

Comme pour le Renne de la PES n°1, un nombre important de stries de retrait des tendons a été identifié (n = 261) sur les fragments de métapode et éventuellement de phalange de Cerf (fig. III.45). Celles-ci se situent essentiellement sur les faces antérieures et postérieures des métapodes (n = 257, soit 98,5% ; Annexe III.71), et un seul fragment de phalange porte une strie de retrait des tendons sur sa face antérieure (Annexe III.72). La face postérieure du métacarpe ne porte que peu de stries (n = 25) et toutes se situent en partie distale, mais cela est probablement dû à l'échantillon (Annexe III.65). Contrairement aux phalanges, toutes les faces des métapodes semblent avoir été exploitées plus ou moins intensément. De manière générale, le taux de fragments portant au moins une strie relative à cette activité reste très élevé – même si toutefois un peu moins que chez le Renne de la PES n°1 (44,8% contre 51,4% pour le Renne ; Annexe III.72), ce qui pourrait être dû à l'échantillon plus réduit. Cette activité semble avoir été intense et essentiellement focalisée sur les métapodes ; elle a permis de récupérer un minimum de 23 tendons, dont 22 sur les métapodes (Annexe III.72). Des stries ubiquistes (n = 44) et indéterminées (n = 2) ont également été reportées (fig. III.45).

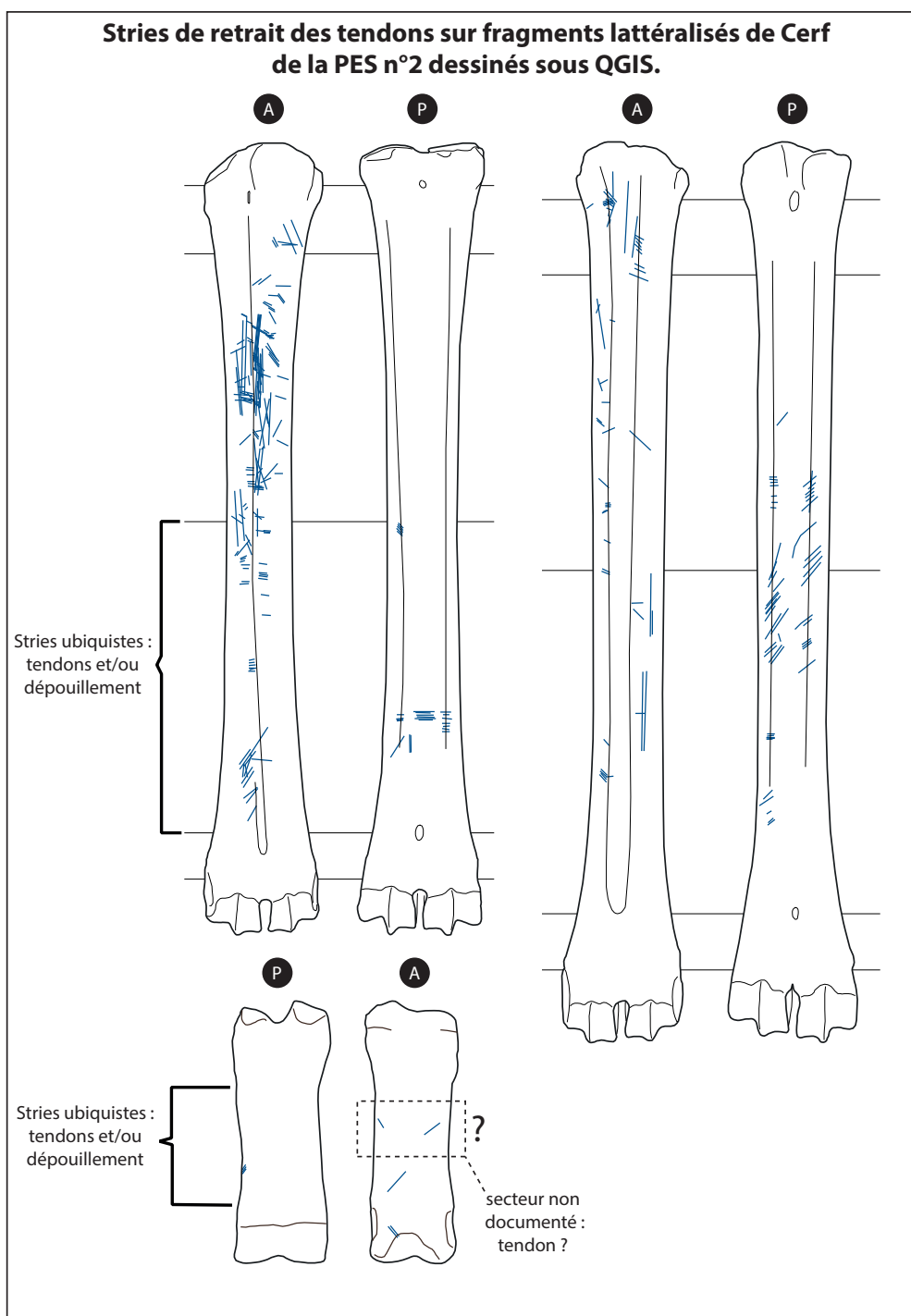


Figure III.45 : Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Cerf (PES n°2).

Le Chevreuil – PES n°2

L'échantillon du Chevreuil est le plus faible avec un total de 134 stries dessinées sur 89 faces de fragments sous QGIS. De manière générale, les stries de dépouillement (n = 69 pour un ratio de 1,3 ; Annexe III.69) comme les stries de retrait des tendons (n = 65

pour un ratio de 1,5 ; Annexe III.71) sont moins abondantes que pour le Renne et le Cerf. Les taux moyens de fragments portant au moins une strie de dépouillement (26,9%, contre 34% pour le Renne et 45,8% pour le Cerf) et de retrait des tendons (22,7% contre 51,4% et 44,8%) sont plus faibles également (Annexes III.70 et III.72).

Comme pour le Cerf, l'essentiel des stries de dépouillement se situe sur les deux faces des métapodes (n = 57, soit 82,6% des stries ; Annexe III.69). Les stries d'à-coups pour le détachement de la peau sont encore une fois les plus nombreuses (n = 37, 9 fragments sur 52 en portent), suivies de près par les stries d'entame circulaire (n = 27, seuls 5 fragments en portent), tandis que les stries longitudinales sont cette fois très rares (n = 5, toutes sur le même fragment ; Annexes III.69 et III.70).

Les entames circulaires se situent uniquement sur les métapodes et la première phalange. Encore une fois, elles ne se situent pas nécessairement dans les zones de plus forte densité de fragments (Annexe III.67), mais les échantillons sont très faibles. Sur les métapodes, elles se déploient tout le long de la diaphyse (en face médiale), tandis que, sur la première phalange, elles sont localisées sur la partie distale de la diaphyse (fig. III.46). Les stries d'à-coups pour le détachement sont surtout visibles sur les métapodes, et une seule strie oblique figure sur la mandibule, attestant là encore d'un retrait des peaux qui commence aux extrémités de l'animal. Les incisions longitudinales n'ont laissé que peu de traces, et toutes se situent sur deux fragments de métatarse : l'un en face médiale et l'autre en face latérale. Ces données sont trop lacunaires pour déceler des tendances dans les dimensions de peaux recherchées, mais il est probable que les stries longitudinales aient parfois été réalisées en faces antérieures et/ou postérieures, où elles ne laissent pas de traces (Costamagno et al., 2019). Cette pratique ne permet pas le détachement de peaux de grande dimension associant le tronc et les pattes (Costamagno, 2012), et indique sans doute un détachement en deux tronçons au moins. Parallèlement, aucune strie oblique ou longitudinale située au-dessous d'une entame circulaire n'a été identifiée pour ce taxon, ainsi nous ne disposons pas non plus d'information au sujet d'un éventuel retrait disjoint de la peau des bas de pattes.

Les études de densité et de récurrence des entames circulaires sont ici fortement compromises en raison de la taille réduite de nos échantillons. Le NMEfragment est trop faible dans toutes les mailles (inférieur à 5) pour permettre la représentation de la mandibule et des métapodes sous forme de carte de récurrence. D'après la simple

visualisation des stries d'entame circulaire, leur distribution est plutôt éparse tout le long des métapodes (faces médiales ; fig. III.46). Quelques regroupements de stries existent en partie proximale et distale de la diaphyse du métatarse (face médiale ; Annexe III.68), mais ils sont systématiquement reliés à un seul fragment. Seule la face antérieure de la première phalange présente deux fragments portant des stries d'entame circulaire dans la même zone (fig. III.46), ce qui n'est pas assez pour parler de récurrence. Quoiqu'il en soit, le choix de la position de l'entame circulaire ne semble pas avoir été particulièrement normalisé.

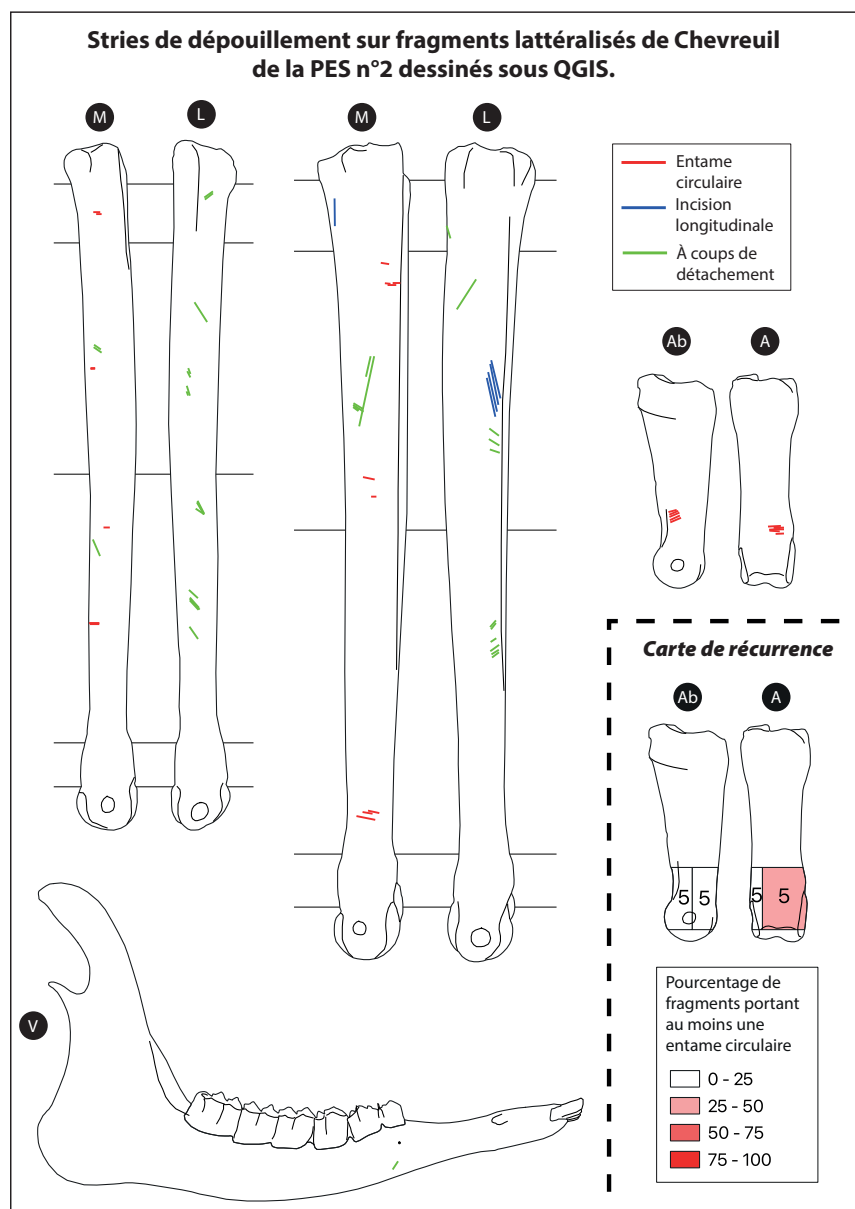


Figure III.46 : Stries de dépouillement et analyse de récurrence des stries d'entame circulaire sur fragments latéralisés de mandibule, métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Chevreuil (PES n°2).

Parallèlement, un total de 65 stries de retrait des tendons a été reporté pour ce taxon (fig. III.47). Elles se situent essentiellement sur le métatarse (n = 52, soit 80%), et dans une moindre mesure sur la face antérieure du métacarpe (n = 12, soit 18,5%) et de la première phalange (n = 1, soit 1,5% ; Annexe III.71). Le nombre moyen de strie de retrait des tendons par fragment est très faible (ratio = 1,5) et peu de fragments en portent (22,7%, contre 44,8% chez le Cerf et 51,4% chez le Renne ; Annexe III.72). Le métatarse est aussi l'élément squelettique qui a livré le plus de fragments portant au moins une strie (n = 7 sur 18 fragments susceptibles d'en porter, soit 38,9%). Au total, le calcul du NME a permis de décompter un minimum de 9 tendons extraits, dont 6 pour le métatarse (Annexe III.72). Cela pourrait indiquer une recherche moins intense de cette ressource sur ce taxon de plus petite taille ; par ailleurs, celle-ci semble avoir concerné davantage les tendons de plus grande dimension (métatarse).

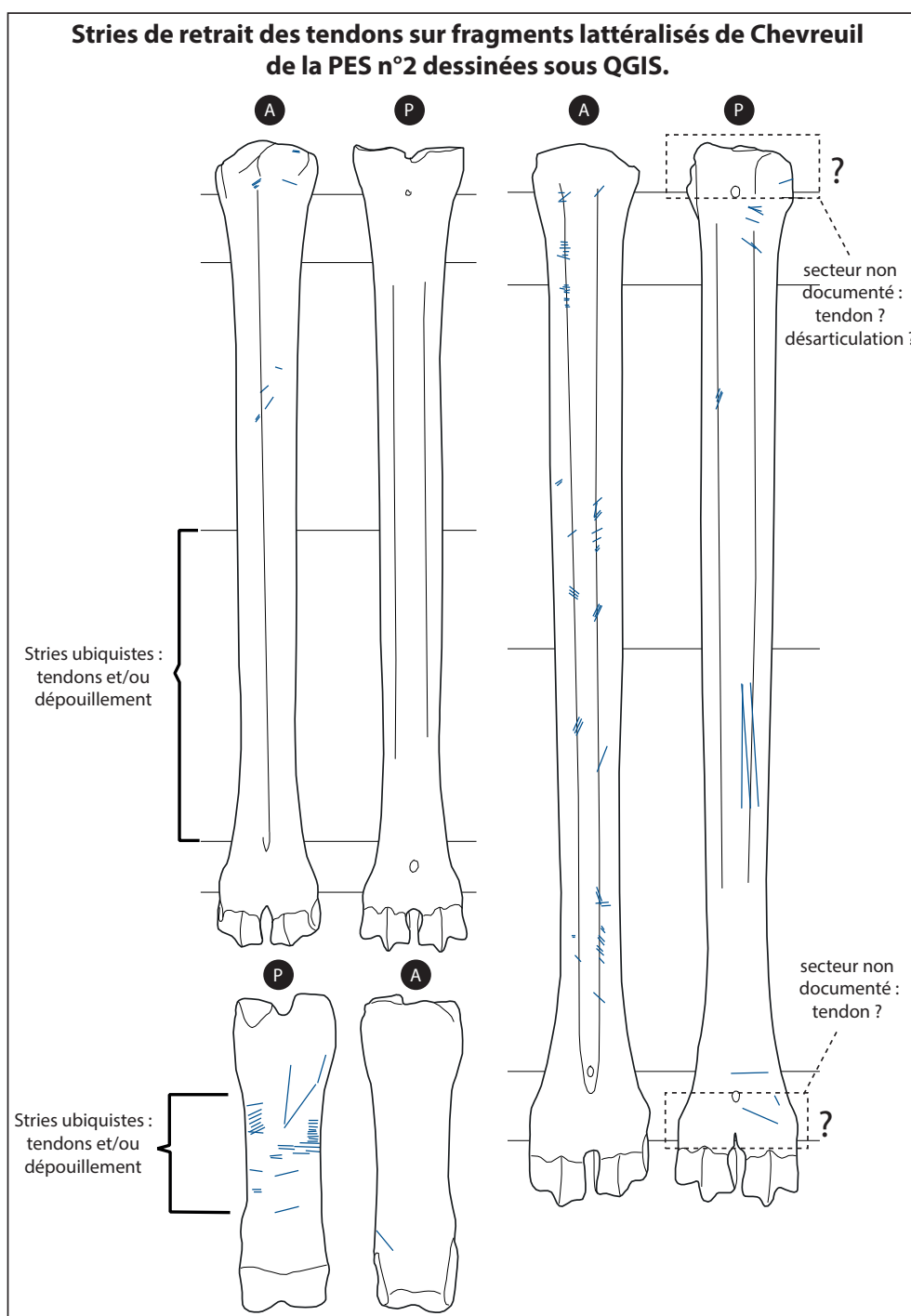


Figure III.47 : Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Cerf (PES n°2).

Les indices de stockage de la viande

Des travaux récents (Soulier et Morin 2016 ; Soulier, 2021) ont montré que le filetage de la viande en vue d'être séchée ou fumée pouvait laisser des stries longues et longitudinales sur les os longs charnus, désormais décelable par le simple calcul du %CutL (cf. *Partie II Méthodologie, Chapitre II, « d) Indices de stockage alimentaire »*).

Comme mis en évidence par M.-C. Soulier (2021) à partir de l'analyse de plusieurs campements Nunamiut : « [...] *autumn campsites where carcasses were processed for the production of dried-meat have significant numbers (more than 20%) of longitudinal cut marks. Conversely, this pattern of cut marks is not observed (less than 3% of the cut marks are longitudinally oriented) on bones recovered from sites where carcasses were processed using techniques commonly linked with the immediate consumption of meat on summer campsites* ». Par ailleurs, des travaux en boucherie expérimentale menés sur 9 cerfs ont permis d'observer un taux de stries longitudinales n'excédant jamais 15% sur les os longs charnus décarnisés sans but de filetage (précisément : 12,7% pour l'humérus, 13,2% pour le radio-ulna, 10,8% pour le fémur et 10% pour le tibia) ; ceci à l'exception près d'un tibia sur lequel l'un des expérimentateurs a laissé 25,6% de stries longitudinales en découpant à l'aide de denticulés (Costamagno et al., 2019).

Au Roc-de-Marsal, les %CutL de la PES n°1 sont très variables d'une espèce à l'autre (tab. III.23). Le Chevreuil présente les valeurs les plus élevées (50% des stries sont longitudinales), mais l'échantillon est extrêmement réduit. En effet pour ce taxon, seuls le fémur (n = 1) et le tibia (n = 3) portent des stries de boucherie, et les intervalles de confiance sont trop larges pour pouvoir réellement discuter du filetage de la viande (fig. III.48). De même, les Bovinés atteignent le seuil fixé (> 20% CutL) pour pouvoir suspecter cette pratique, avec un pourcentage de stries longitudinales de 23,5% (tab. III.23), mais ici encore, l'échantillon est faible (n = 17) et les intervalles de confiance trop larges (fig. III.48). Parallèlement, le seuil n'est pas atteint pour le Renne, les Équidés et le Cerf, mais ces derniers présentent tout de même des valeurs élevées, toujours situées au-dessus de 15% (respectivement, 17,6%, 16,7% et 15,4%). Finalement, parmi tous ces taxons, le Renne est le seul à avoir livré un échantillon assez robuste (n = 159) pour discuter d'éventuelles pratiques de stockage. Pour ce taxon, l'humérus et le fémur, qui sont les os les plus charnus, présentent les valeurs les plus élevées (28,6% et 20%, respectivement), suivis par le tibia (17,9%), mais les intervalles de confiance sont trop larges lorsque les os longs charnus sont observés individuellement. Lorsqu'ils sont pris tous ensemble, le taux de stries longitudinales ne dépasse certes pas le seuil fixé de 20%, mais il dépasse systématiquement les taux observés lors d'expérimentations dans le cas de viande non-séchée (Costamagno et al., 2019). A noter qu'une partie au moins des stries de la PES indéterminée pourrait appartenir aux taxons de la PES n°1,

particulièrement pour le Renne. Toutefois pour ce dernier, l'échantillon de la PES indéterminée est extrêmement faible. Si l'on cumule les données de la PES n°1 et de la PES indéterminée, le %CutL du Renne baisse légèrement mais reste assez élevé (17%). Des pratiques conduisant au filetage de la viande de Renne peuvent être suspectées au sein de la PES n°1, mais les pourcentages ne sont pas assez élevés pour en avoir la certitude. Peut-être qu'elles n'ont pas été systématiques. Ces données seront remobilisées, ci-après (cf. *Partie IV Discussion, Chapitre 2 « Exploitation du gibier, mobilité et gestion du territoire à la transition MIS 5 – 4 »*), à la lumière d'autres résultats (e.g. saisonnalités, profils d'abattage).

Taxon	Element squelettique	PES n°1			PES n°2			PES indéterminée		
		Nlong	Ntot	%CutL	Nlong	Ntot	%CutL	Nlong	Ntot	%CutL
Renne	Humérus	2	7	-	0	0	-	0	1	-
	Radio-ulna	3	27	-	0	0	-	0	1	-
	Fémur	6	30	20	0	2	-	0	1	-
	Tibia	17	95	17,9	0	0	-	0	3	-
	TOTAL	28	159	17,6	0	2	-	0	6	-
Bovins	Humérus	0	3	-	0	0	-	0	0	-
	Radio-ulna	0	1	-	0	0	-	0	0	-
	Fémur	1	3	-	0	0	-	0	0	-
	Tibia	3	10	-	0	1	-	0	0	-
	TOTAL	4	17	-	0	1	-	0	0	-
Équidés	Humérus	0	0	-	0	0	-	1	2	-
	Radio-ulna	1	1	-	0	0	-	1	2	-
	Fémur	1	6	-	0	0	-	0	1	-
	Tibia	0	5	-	0	0	-	0	3	-
	TOTAL	2	12	-	0	0	-	2	8	-
Cerf	Humérus	0	0	-	3	13	-	0	1	-
	Radio-ulna	0	0	-	1	7	-	0	1	-
	Fémur	1	3	-	10	31	32,3	0	4	-
	Tibia	1	10	-	7	30	23,3	2	8	-
	TOTAL	2	13	-	21	81	25,9	2	14	-
Chevreuil	Humérus	0	0	-	1	5	-	0	1	-
	Radio-ulna	0	0	-	0	5	-	0	1	-
	Fémur	0	1	-	4	10	-	1	3	-
	Tibia	2	3	-	10	31	32,3	0	0	-
	TOTAL	2	4	-	15	51	29,4	1	5	-

Tableau III.23 : Tableau de décomptes des stries longitudinales et %CutL des os longs charnus par espèces et par unités PES.

Au sein de la PES n°2, le Cerf et le Chevreuil sont les seuls taxons à avoir livré des échantillons de stries suffisants pour discuter de cette pratique (n = 81 et 51, respectivement). Le seuil est dépassé pour ces deux taxons (25,9 et 29,4%, respectivement ; tableau III.23). Si les intervalles de confiance restent relativement larges, leurs limites inférieures sont toujours situées au-dessus de 15% (fig. III.48). Pour ces deux taxons – incluant le Chevreuil pourtant de petite taille – l'hypothèse d'un filetage

plus ou moins occasionnel de la viande ne peut être écartée, mais comme pour le Renne (PES n°1), les valeurs obtenues et l'amplitude des intervalles de confiance ne permettent pas de statuer avec certitude à partir de ces seuls résultats.

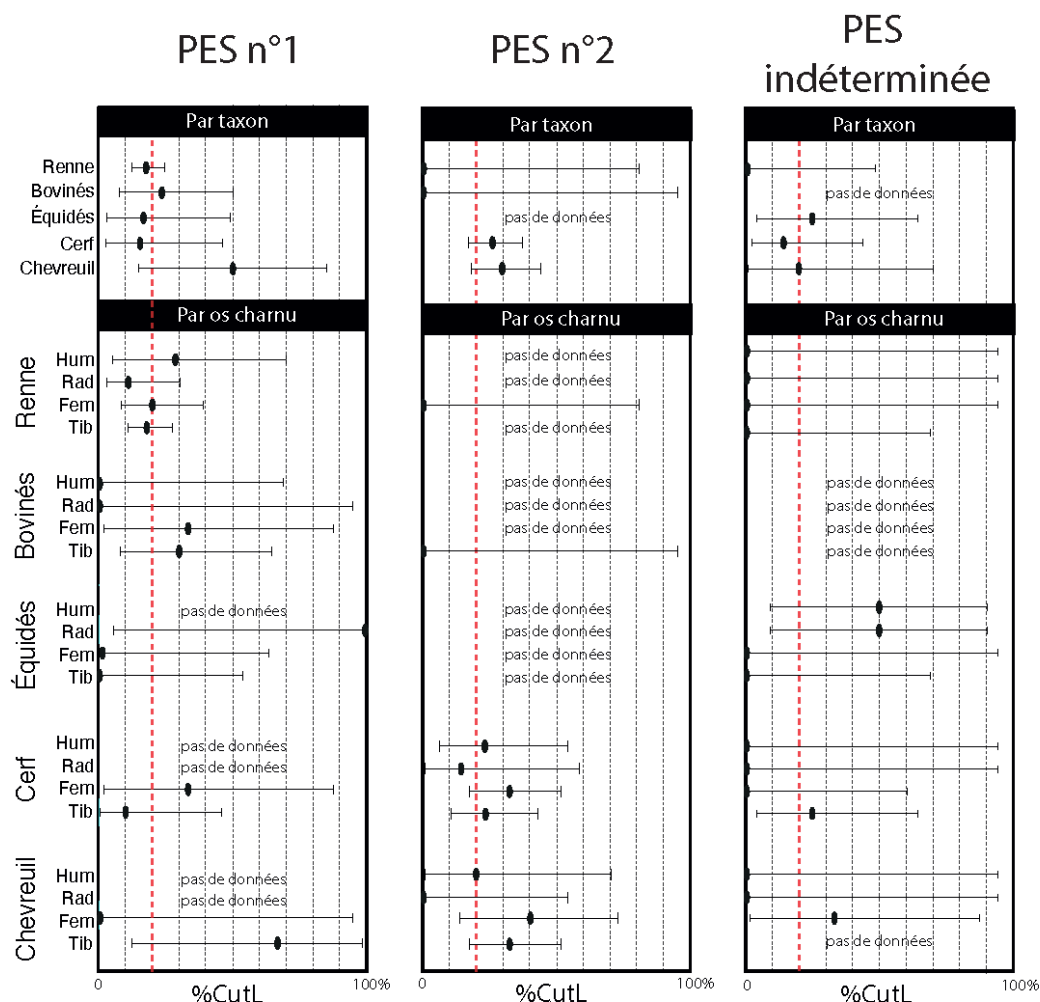


Figure III.48 : Diagramme du pourcentage de fragments portant au moins une strie longitudinale (%CutL) pour chaque espèce des PES n°1, n°2 et indéterminée. Ligne pointillée rouge : seuil fixé à 20%.

La recherche de moelle

De manière générale, les indices de fracturation sur os frais sont extrêmement abondants, qu'il s'agisse de la PES n°1, n°2 ou indéterminée. Pour ces trois unités, aucun os long n'a été retrouvé complet. Le taux de fracture sur os frais est systématiquement supérieur à 75%, pour tous les os longs et pour tous les taxons ayant livré un échantillon important (tab. III.24). Il existe très peu de variations dans les taux observés d'un élément squelettique à l'autre, et celles-ci pourraient être dues à l'échantillonnage.

Unité	Élément squelettique	Renne			Bovins			Équidés			Cerf			Chevreuil		
		Nfrais	%frais	Ntot.	Nfrais	%frais	Ntot.	Nfrais	%frais	Ntot.	Nfrais	%frais	Ntot.	Nfrais	%frais	Ntot.
PES 1	Humérus	60	91%	66	4	-	4	2	-	2	-	-	-	1	-	1
	radio-ulna	65	76%	86	3	-	4	2	-	2	3	-	3	1	-	1
	Métacarpe	140	93%	150	8	-	12	-	-	-	1	-	2	1	-	1
	Fémur	64	96%	67	6	-	7	4	-	4	4	-	4	4	-	4
	Tibia	255	92%	277	26	76%	34	10	-	11	10	-	11	5	-	6
	Métatarse	268	85%	316	22	100%	22	10	-	10	3	-	4	4	-	4
	Phalange 1	6	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phalange 2	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TOTAL	858	88%	971	69	83%	83	28	97%	29	21	-	24	16	-	17
PES 2	Humérus	2	-	2	-	-	-	-	-	-	23	100%	23	13	-	14
	radio-ulna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	11	9	-	9
	Métacarpe	5	-	5	-	-	-	-	-	-	53	93%	57	21	88%	24
	Fémur	4	-	4	-	-	-	2	-	2	39	91%	43	26	100%	26
	Tibia	3	-	3	2	-	2	3	-	3	29	91%	32	50	94%	53
	Métatarse	2	-	2	2	-	2	-	-	-	63	93%	68	36	88%	41
	Phalange 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	5	1	-	3
	Phalange 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	2
	TOTAL	16	-	16	4	-	4	5	-	5	221	92%	239	156	92%	170
PES indét.	Humérus	7	-	7	-	-	-	1	-	2	2	-	2	1	-	1
	radio-ulna	6	-	7	-	-	-	2	-	2	2	-	2	3	-	4
	Métacarpe	8	-	8	3	-	3	1	-	1	10	-	11	7	-	7
	Fémur	2	-	7	-	-	-	3	-	3	10	-	10	4	-	5
	Tibia	6	-	8	1	-	1	3	-	3	18	-	18	6	-	6
	Métatarse	40	95%	42	1	-	1	2	-	2	11	-	12	25	78%	32
	Phalange 1	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
	Phalange 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3
	TOTAL	71	92%	77	5	-	5	12	-	13	53	95%	56	51	84%	61

Tableau III.24 : Décomptes des fractures sur os frais au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée. Nfrais = nombre de fractures sur os frais ; %frais = pourcentage de fractures sur os frais ; Ntot. = nombre de fractures sur os frais et sec.

De nombreuses encoches de percussion ont été observées : celles-ci concernent tous les taxons de toutes les unités, excepté sur les Équidés de la PES n°2 dont l'échantillon est vraiment très faible (NR = 10 ; tab. III.25). Les espèces ayant livré les plus gros échantillons (Renne de la PES n°1, Cerf et Chevreuil de la PES n°2) montrent des %enc⁴¹ relativement similaires (%NR = 12 pour le Renne et le Cerf) mais légèrement moins élevés pour le Chevreuil (%NR = 9 ; tab. III.25). Les taux sont plus élevés pour les Bovidés et les Équidés, mais les échantillons sont un peu plus faibles.

À l'exception des phalanges, qui seront rediscutées ci-après (cf. infra), tous les éléments squelettiques ayant livré des échantillons représentatifs portent des encoches de percussion. Les taux sont toutefois relativement variables d'un élément squelettique à l'autre, mais excèdent rarement 25% (e.g. PES n°2 : radio-ulna de Cerf et humérus de

⁴¹ L'abréviation %enc ici utilisée correspond au nombre de fragments portant au moins une encoche de percussion.

Chevreuil ; tab. III.25). Au sein de la PES n°1, le Renne est le seul taxon à avoir livré des échantillons permettant de comparer les éléments squelettiques entre eux : pour ce taxon, l'humérus (n = 16, soit 23% des fragments) et le métacarpe (n = 26, soit 21%) sont les éléments les plus touchés, tandis que le métatarse ne porte que peu d'encoches (n = 31, soit 9%). Au sein de la PES n°2, c'est le Cerf et le Chevreuil qui ont livré les meilleurs échantillons. Pour ces deux taxons, l'humérus (22% et 33%, respectivement) et le radio-ulna (29% et 18%) présentent les taux les plus élevées, tandis que le métatarse (Cerf : n = 5, soit 9%) et le métacarpe (Chevreuil : n = 1, soit 3%) n'ont livré que peu de fragments portant des encoches de percussion (tab. III.25). Au vu du nombre élevé de fractures sur os frais (tab. III.24), il est peu probable que ces derniers éléments aient fait l'objet d'une fracturation moins intensive. Les plus faibles taux de fragments portant des encoches sont sans doute à rattacher à d'autres facteurs (e.g. mode de percussion, type de consommation).

Unité	Élément squelettique	Renne			Bovins			Équidés			Cerf			Chevreuil		
		NRenc	%enc	NRtot	NRenc	%enc	NRtot	NRenc	%enc	NRtot	NRenc	%enc	NRtot	NRenc	%enc	NRtot
PES 1	Humérus	16	23%	71	2	-	7	1	-	6	0	-	0	0	-	2
	radio-ulna	8	7%	118	1	-	7	0	-	4	0	-	4	0	-	1
	Métacarpe	26	21%	121	3	-	8	0	-	0	0	-	3	0	-	2
	Fémur	13	16%	82	2	-	9	3	-	9	1	-	3	1	-	5
	Tibia	32	11%	280	8	23%	35	4	25%	16	2	-	9	1	-	5
	Métatarse	31	9%	331	4	22%	18	3	-	6	1	-	9	2	-	4
	Phalange 1	0	0%	24	0	-	1	0	-	2	0	-	2	0	-	1
	Phalange 2	0	0%	18	0	-	0	0	-	1	0	-	1	0	-	0
	TOTAL	126	12%	1045	20	24%	85	11	25%	44	4	13%	31	4	20%	20
PES 2	Humérus	0	-	2	0	-	0	0	-	2	5	22%	23	5	33%	15
	radio-ulna	0	-	0	0	-	0	0	-	2	6	29%	21	2	18%	11
	Métacarpe	1	-	3	1	-	2	0	-	1	10	14%	69	1	3%	35
	Fémur	0	-	4	0	-	0	0	-	2	5	14%	36	4	16%	25
	Tibia	0	-	3	0	-	3	0	-	3	5	9%	53	5	7%	67
	Métatarse	0	-	5	0	-	1	0	-	0	7	7%	96	6	9%	74
	Phalange 1	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0%	14	0	-	9
	Phalange 2	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	7	0	0%	13
	TOTAL	1	6%	17	1	-	6	0	0%	10	38	12%	319	23	9%	249
PES indé.	Humérus	0	-	4	0	-	1	0	-	3	0	-	2	1	-	2
	radio-ulna	0	0%	13	0	-	1	0	-	1	1	-	3	1	-	7
	Métacarpe	2	-	8	0	-	2	1	-	4	3	20%	12	0	-	9
	Fémur	0	0%	11	0	-	1	1	-	3	3	-	6	0	-	5
	Tibia	2	13%	15	0	-	7	0	-	2	3	23%	13	0	-	7
	Métatarse	3	6%	49	1	-	3	0	-	1	2	7%	19	2	4%	57
	Phalange 1	1	10%	10	0	-	0	0	-	0	0	-	1	0	0%	19
	Phalange 2	0	-	4	0	-	0	0	-	0	0	-	4	0	0%	15
	TOTAL	8	7%	114	1	7%	15	2	7%	14	12	20%	60	4	3%	121

Tableau III.25 : Décomptes des fragments portant au moins une encoche de percussion au sein de la PES n°1. NRenc = nombre de fragments portant au moins une encoche ; %enc = pourcentage de fragments portant au moins une encoche ; Ntot. = nombre de total de fragments.

Les phalanges, qui ne contiennent que très peu de moelle mais de bonne qualité en saison estivale (en termes de teneur en acides oléiques : Speth, 1989 ; Morin, 2007), semblent avoir été exploitées de manière plus variable.

Au sein de la PES n°1, seul le Renne a livré des fragments de phalange dont les pans de fractures ont pu être diagnostiqués. Six pans sur huit témoignent d'une fracturation sur os frais pour la 1^{ère} phalange, contre zéro sur un pour la 2^{ème} phalange (tab. III.24). Plusieurs phalanges ont été retrouvées complètes, essentiellement des fragments de 2^{ème} phalange (1^{ère} phalange n = 1/24 ; 2^{ème} phalange n = 6/18 ; tab. III.26). Parallèlement, aucun des quarante-deux fragments de phalange de Renne ne porte d'encoche de percussion (tab. III.25). Des travaux expérimentaux (Jin et Mills, 2011) ont montré que les 1^{ères} phalanges ne se brisaient pas de la même manière selon qu'elles étaient préalablement désarticulées ou non : la désarticulation induit une rupture longitudinale de l'os, tandis que l'absence de cette pratique entraîne une fracture localisée autour du point de percussion et nécessite plus de coups (et ainsi, plus de temps et d'énergie). Ainsi, la présence de pans de fractures longitudinaux avec cassure « nette » de la partie spongieuse et l'absence d'encoches de percussion pourraient indiquer une fracturation post-désarticulation. Au sein de l'échantillon, un fragment de 1^{ère} phalange de Renne a livré les stigmates d'une cassure « nette » du tissu spongieux, témoignant probablement d'une désarticulation pré-fracturation.

Les données dont nous disposons pour les autres de taxons de la PES n°1 sont très limitées et permettent difficilement d'aborder ces questions : aucun pan de fracture ni aucune encoche de percussion n'a été enregistré, mais les échantillons sont extrêmement faibles voire nuls (tab. III.25 et III.25). Le Cerf (2^{ème} phalange n = 1/1) et les Équidés (1^{ère} phalange n = 1/2, 2^{ème} phalange n = 1/1) ont livré quelques phalanges complètes (tab. III.26). Dans cette unité, les 1^{ères} phalanges semblent avoir été fracturées de manière quasi-systématique – au moins pour le Renne –, ce qui ne semble pas être le cas des 2^{èmes} phalanges qui sont souvent complètes et n'ont livré aucun indice de récupération de la moelle.

Au sein de la PES n°2, le Cerf et le Chevreuil sont les seuls taxons à avoir livré des pans de fracture de phalanges diagnostiques, mais les échantillons restent très faibles. Aucune phalange de Cerf n'a été retrouvée complète (1^{ère} phalange n = 13 ; 2^{ème} phalange n = 7 ; tab. III.26). Quatre pans de fractures sur les cinq diagnostiqués pour la 1^{ère}

phalange témoignent d'une fracturation sur os frais (soit 80% ; tab. III.24) – ce qui est élevé. Parmi les quatorze fragments de première phalange de Cerf identifiés, aucun ne porte d'encoche de percussion (tab. III.25) et trois portent les stigmates d'une cassure « nette » du tissu spongieux. La moelle des 1^{ères} phalanges de Cerf semble avoir été systématiquement récupérée, et ce sur des éléments déjà désarticulés. Les fragments de deuxième phalange (n = 7) sont tous incomplets également mais ne portent aucune trace de percussion ni de fracture sur os frais, ne permettant ni d'attester ni de réfuter leur exploitation.

En ce qui concerne le Chevreuil, la première phalange est le seul élément portant la trace d'une fracturation anthropique (fracture sur os frais n = 1/3 ; tab. III.24). Aucune 1^{ère} phalange n'a été retrouvée complète parmi les 9 restes appartenant à cet élément squelettique. Nous n'avons identifié aucune encoche de percussion (tab. III.25) ni aucune cassure « nette » du tissu spongieux pour cet élément ; nous ne savons donc pas s'il a été préalablement désarticulé ou non. Parallèlement, aucun des 13 restes de 2^{ème} phalange n'a livré d'encoche de percussion ni de fracture caractéristique d'une fracturation sur os frais (tab. III.24 et III.25), et deux d'entre elles ont été retrouvées complètes (tab. III.26). La fracturation des phalanges pour en extraire la moelle pourrait s'être exclusivement focalisée sur les 1^{ères} phalanges.

Parmi les autres taxons représentés dans cette unité, seul le Sanglier a livré des restes de phalange (1^{ère} phalange n = 3), dont aucun n'a été retrouvé complet et le seul pan de fracture enregistré témoigne d'une fracture sur os frais. Les fragments de phalange appartenant à ce taxon n'ont pas livré d'encoche de percussion ni de cassure « nette » du tissu spongieux.

Ainsi, dans cette unité aussi, les 1^{ères} phalanges semblent avoir été fracturées quasi-systématiquement, pour tous les taxons y compris ceux de petite taille (e.g. Chevreuil). La désarticulation avant fracturation semble avoir été réalisée au moins pour le Cerf. Les 2^{èmes} phalanges en revanche ont parfois été retrouvées complètes (e.g. Chevreuil) et ne montrent aucun indice de récupération de la moelle.

Unité	Élément squelettique	Renne			Bovins			Équidés			Cerf			Chevreuil			Total		
		Nco.	Ntot.	%	Nco.	Ntot.	%	Nco.	Ntot.	%	Nco.	Ntot.	%	Nco.	Ntot.	%	Nco.	Ntot.	%
PES 1	Phalange 1	1	24	4,2	0	1	-	1	2	-	0	2	-	0	1	-	2	30	6,7
	Phalange 2	6	18	-	0	0	-	1	1	-	1	1	-	0	0	-	8	20	40
PES 2	Phalange 1	-			-			-			0	13	-	0	9	-	0	22	0
	Phalange 2										0	7	-	2	13	-	2	20	10
PES indéterminée	Phalange 1	0	10	-	-			-			0	1	-	1	19	-	1	30	3,3
	Phalange 2	1	4	-							0	4	-	0	15	-	1	23	4,3

Tableau III.26 : Décomptes des phalanges retrouvées complètes. Nco. = Nombre de phalanges complètes. Ntot. = Nombre total de restes de phalange.

L'exploitation de la graisse des os spongieux

Au Roc-de-Marsal, les os longs – incluant les extrémités articulaires riches en graisse - ont régulièrement été transportés sur le site, et ce pour tous les taxons bien représentés dans le corpus des unités PES n°1, n°2 et indéterminée. La graisse contenue dans ces portions spongieuses est une ressource intéressante pouvant servir aussi bien à des fins alimentaires (e.g. préparations de bouillons gras, pemmican ou de farine d'os) que techniques (e.g. combustible, travail des peaux). Nous tenterons, dans cette section, d'identifier certaines de ces pratiques en interrogeant les données disponibles sur les os spongieux.

Dans un premier temps, nous cherchons à aborder la représentativité des extrémités spongieuses. Le tableau III.27 donne, pour chaque os long, les valeurs du MAU⁴² de l'extrémité articulaire proximale (tissus spongieux), de la diaphyse (tissus cortical), et de l'extrémité articulaire distale (tissus spongieux). Les métapodes ne sont pas inclus ici, seules leurs extrémités distales étant réellement spongieuses. Les résultats montrent que de manière générale, les extrémités articulaires des os longs de la PES n°1 sont très largement sous-représentées par rapport aux diaphyses, et ce constat est applicable à tous les taxons, échantillons élevés (Renne) comme faibles (Bovins, Équidés, Cerf et Chevreuil). La même observation peut être faite pour la PES n°2, excepté pour les Équidés (humérus et radius) dont les faibles échantillons ne sont pas considérés comme représentatifs, et la PES indéterminée.

⁴² Calcul réalisé à partir des landmarks et du NDE (cf. Partie II Méthodologie).

	Taxon	Humérus			Radius			Fémur			Tibia			TOTAL		
		prox.	diap.	dist.	prox.	diap.	dist.	prox.	diap.	dist.	prox.	diap.	dist.	prox.	diap.	dist.
PES 1	Renne	0	7,5	0	0	4,8	3,5	0,5	5	0	0	12,5	0	0,5	29,8	3,5
	Bovins	0	0,5	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	3	0	0	4,1	0
	Équidés	0	0	1	0	1	0	0	0,5	0	0	1	0	0	2,5	1
	Cerf	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	1	0
	Chevreuril	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	1,5	0,5
	TOTAL	0	8,5	1	0,5	6,1	4	0,5	6,8	0	0	17,5	0	1	38,9	5
PES 2	Renne	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	1	0
	Bovins	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0
	Équidés	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1
	Cerf	0	3	0,5	0	0,5	0,5	0	2	0	0	3	0	0	8,5	1
	Chevreuril	0	1	0	0,5	0,5	0	0,5	1,5	0	0,5	4	1	1,5	7	1
	TOTAL	0	4	1	0,5	1	1	0,5	4,5	0	0,5	8	1	1,5	17,5	3
PES indé.	Renne	0	0	0	0	0,6	0	0,5	0,5	0	0	1	0	0,5	2,1	0
	Bovins	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	1	0	0,5	1	0
	Équidés	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0
	Cerf	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	1	0	0	0,5	0	0,5	2,5	0
	Chevreuril	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1
	TOTAL	0	0,5	0	0	1,1	0,5	2,5	2	0	0	3,5	0,5	2,5	7,1	1

Tableau III.27 : MAU par portions d'os (extrémité proximale, diaphyse, extrémité distale) pour les cinq espèces principales des PES n°1, n°2 et indéterminée. prox. = extrémité proximale ; diap. = diaphyse ; dist. = distale.

Les extrémités articulaires complètes – ou du moins, dans un état de préservation assez bon pour pouvoir identifier des landmarks – sont donc extrêmement déficitaires dans toutes les unités. Plus fragiles, ces éléments pourraient se retrouver davantage dans les refus de tamis, qui pour rappel n'ont été étudié dans leur intégralité que sur deux carrés : J17 et H18 (coordonnées + tamis maille 6 et 2 mm). Dans ces deux carrés pris ensemble, les taux de fragments spongieux au sein des vestiges coordonnés et des refus de tamis (6 et 4 mm) – incluant ici le spongieux de type axial – sont relativement élevés : 21,4%, 16,3% et 19,1% des restes, respectivement pour les unités PES n°1, n°2 et indéterminée. Les portions spongieuses (brûlées et non-brûlées) sont plus abondantes dans les refus de tamis. Afin de limiter les biais de représentativité, l'essentiel des données qui seront discutées ci-après reposent sur les échantillons des carrés J17 et H18.

Utilisation de la graisse à des fins techniques (combustion)

Déceler une éventuelle pratique anthropique ayant conduit à la combustion des ossements nécessite, dans un premier temps, de quantifier les restes osseux brûlés, notamment par type de tissus. Au total, 18,3% (n = 1189/6512), 23,6% (n = 1076/4523) et 22,4% (n = 2129 / 9519) des fragments ont été soumis à la combustion dans les unités

PES n°1, n°2 et indéterminée, respectivement. Pour rappel, nous ne considérons ici que les données des carrés J17 et H18. Ces valeurs sont élevées - surtout en ce qui concerne la PES n°2 – d’autant qu’une part non quantifiable de ces restes a probablement disparu en raison de leur extrême fragilité. En ne retenant que les fragments spongieux, les taux montent à 30,1%, 35,4% et 28,3%, respectivement (tab. III.28). Les fragments spongieux brûlés apparaissent légèrement moins abondants au sein de la PES indéterminée, qui contient pourtant une part plus importante de refus de tamis. De nature plus fragile, ils pourraient avoir partiellement disparu dans ce secteur *a priori* plus perturbé (e.g. ruissellement, carnivores). Par comparaison, les taux de fragments corticaux brûlés apparaissent plus faibles (n = 594 soit 16,6% pour la PES n°1 ; n = 668 / 2554 soit 26,2% pour la PES n°2 ; n = 1174 / 5397 soit 21,8% pour la PES indéterminée). Dans toutes les unités, les éléments spongieux semblent avoir été davantage soumis à la combustion que les autres types de restes.

Classe de taille	PES n°1			PES n°2			PES indéterminée		
	Sp brûlé	Sp non brûlé	%Sp brûlé	Sp brûlé	Sp non brûlé	%Sp brûlé	Sp brûlé	Sp non brûlé	%Sp brûlé
< 1 cm	154	174	47	83	108	43,5	222	377	37,1
1 - 2 cm	220	458	32,4	149	250	37,3	270	744	26,6
2 - 3 cm	14	121	10,4	16	53	23,2	5	110	4,3
3 - 4 cm	0	66	0	4	23	14,8	1	14	-
4 - 5 cm	0	42	0	0	14	-	0	11	-
> 5 cm	0	41	0	0	11	-	0	8	-
Total	388	902	30,1	252	459	35,4	498	1264	28,3

Tableau III.28 : Décomptes du nombre de fragments spongieux brûlés et non-brûlés au sein des carrés J17 et H18 (vestiges coordonnés + refus de tamis maille 6 et 2 mm) pour les PES n°1, n°2 et indéterminée. Sp = fragments spongieux.

Plusieurs foyers avaient été identifiés lors des fouilles, dans la PES n°1 et surtout dans la PES n°2 (Annexe I.7). Du point de vue de la répartition spatiale des vestiges brûlés, il n'existe aucune zone de concentration assez nette pour permettre de délimiter une éventuelle structure de combustion, qu'il s'agisse des PES n°1 ou n°2 (fig. III.49). Les données spatiales présentées ici reposent exclusivement sur les vestiges coordonnés et les refus de tamis déterminables issus de la maille 6 millimètres. Des zones de concentration importantes existent au sein de la PES n°2 - une en secteur grotte (carrés J17/J18) et deux en secteur terrasse (carré H17 et carrés H18/G18) - mais elles ne permettent pas de circonscrire des foyers qui puissent être traités individuellement dans

le cadre d'une analyse discriminante⁴³. Les refus de tamis, dont la localisation est peu précise, seraient par ailleurs difficilement associables à ces structures. Il n'est pas possible non plus de délimiter leur emprise à partir des relevés disponibles dans les rapports d'opération (Annexe I.8).

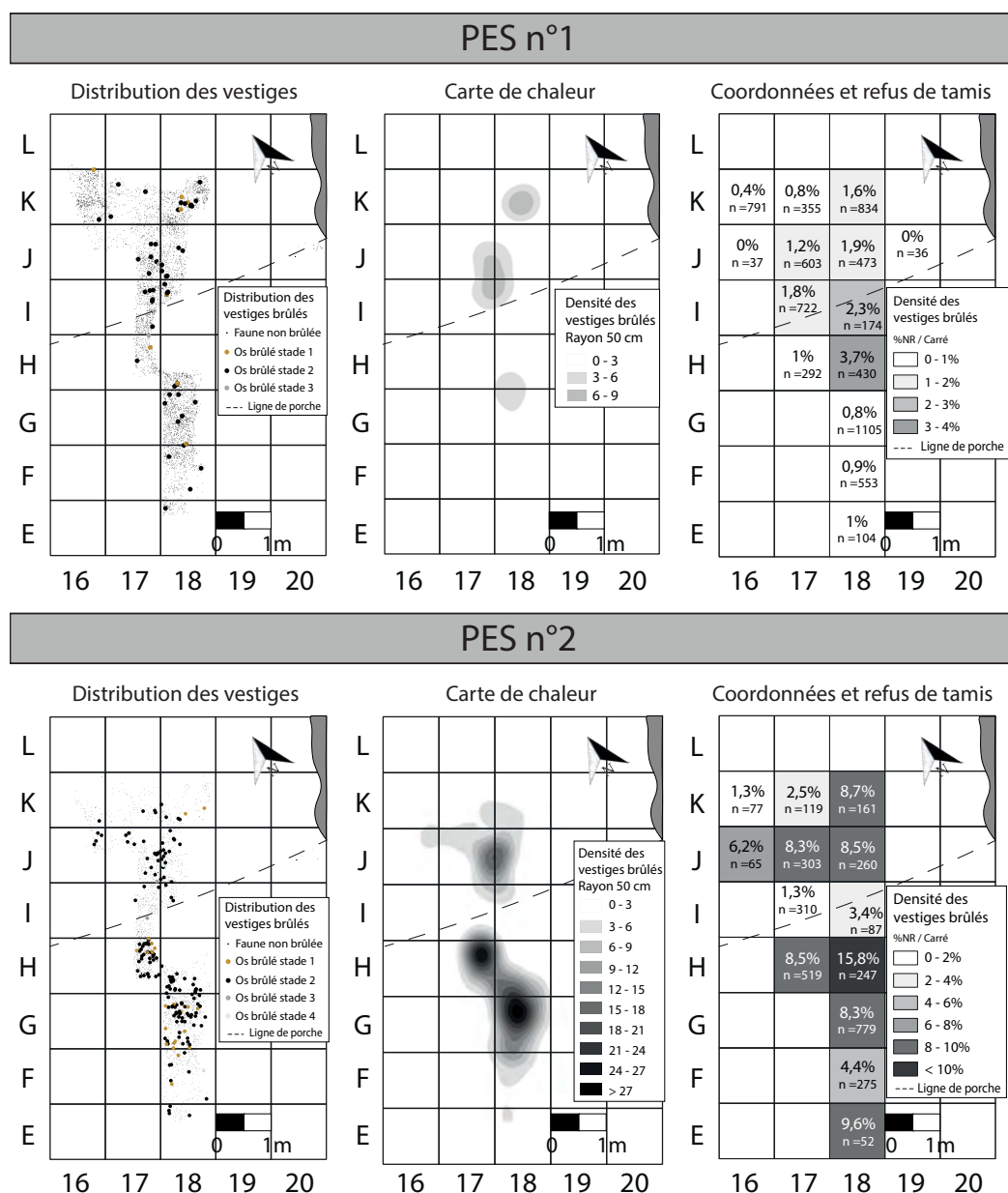


Figure III.49 : Distribution zénithale des vestiges brûlés des PES n°1, n°2 et indéterminée. Les valeurs exprimées sur les figures de droite correspondent au nombre et au pourcentage de fragments brûlés par rapport au nombre total de restes. Ces données reposent uniquement sur les vestiges coordonnés et les refus de tamis déterminables issus de la maille 6 millimètres.

⁴³ Selon la méthode préconisée par S. Costamagno et al., (2009).

Les carrés J17 et H18 figurent parmi les carrés à avoir livré le plus de restes osseux brûlés lorsque la maille 2 mm est exclue (fig. III.49). Toutefois, ces échantillons sont très localisés (deux carrés seulement) et ne sont pas nécessairement représentatifs du reste du site. Pour pouvoir intégrer cette fraction fine tout en intégrant les données du reste du site, nous avons réalisé, pour chacune des PES n°1 et n°2, quatre analyses discriminantes (AFD) distinctes, l'objectif étant d'avoir une vision la plus complète possible et de discuter d'éventuelles différences de résultats en fonction de l'échantillonnage (avec et sans petite fraction), ou du secteur (grotte ou terrasse). Les quatre tests réalisés sont les suivants :

- Test n°1 : sur tout le site (coordonnées et tamis 6 mm). Les refus de tamis de la maille 2 mm sont ici exclus ;
- Test n°2 : carré J17 uniquement (secteur grotte), inclut tous les vestiges (coordonnés et tamis 6 et 2 mm) ;
- Test n°3 : carré H18 uniquement (secteur terrasse), inclut tous les vestiges (coordonnés et tamis 6 et 2 mm) ;
- Test n°4 : carrés J17 et H18 (secteur grotte et terrasse), inclut tous les vestiges (coordonnés et tamis 6 et 2 mm) ;

Les résultats obtenus pour les quatre tests sont relativement homogènes puisque la classe prédite est « combustible » pour tous les tests, excepté le test n°3 de la PES 2 (carré H18, incluant tous les vestiges) qui conduit à une interprétation comme « non-combustible » (fig. III.50 et tab. III.29). Pour les tests ayant conduit à une interprétation comme « combustible », cela s'explique essentiellement par les forts taux de restes brûlés et d'os spongieux au moins carbonisés. En effet, les données expérimentales suggèrent une combustion intense des ossements dans le cas d'une utilisation de l'os comme combustible (Costamagno et al., 2009). Au sein de la PES n°1, le pourcentage de restes brûlés au moins carbonisés (par rapport aux restes brûlés total) est systématiquement supérieur à 80%, témoignant d'une combustion intense. De même pour la PES n°2, où elles ne descendent jamais au-dessous de 70% (tab. III.29). Les taux de fragments spongieux brûlés au moins carbonisés sont plus variables – surtout en ce qui concerne la PES n°1 – mais toujours relativement élevés.

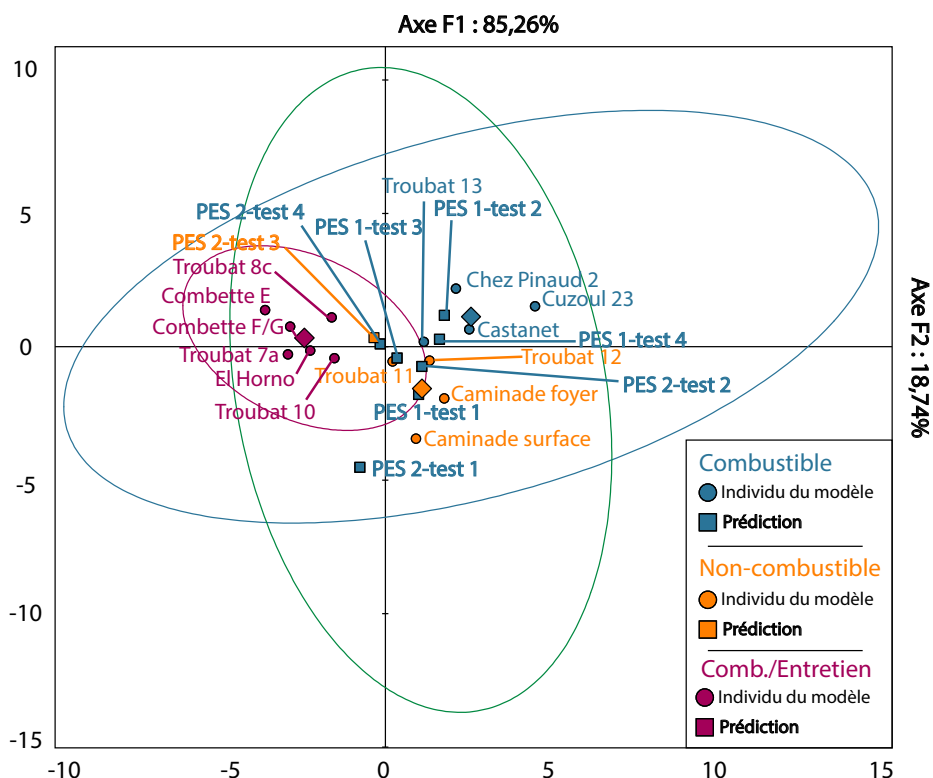


Tableau III.50 : Analyse Factorielle Discriminante réalisée sur nos quatre échantillons. Les individus construisant le modèle sont ceux préconisés par Costamagno et al. (2009). Les échantillons de nos huit tests sont intégrés en tant que variable supplémentaire (variable à prédire).

Unité	N° test	% spongieux brûlé	% os brûlé < 2 cm	% Carbonisés	Classe prédite	Pr(Combustible)	Pr(Nettoyage camp et/ou combustible)	Pr(Non combustible)
PES 1	1	19,5	77,6	91,1	Combustible	1,000	0,000	0,000
	2	45,6	91,8	80,8	Combustible	1,000	0,000	0,000
	3	18,2	96,9	87,2	Combustible	0,870	0,129	0,001
	4	33,2	95,6	85,3	Combustible	1,000	0,000	0,000
PES 2	1	19,7	13,9	87,8	Combustible	1,000	0,000	0,000
	2	19,7	90,2	78,7	Combustible	0,987	0,002	0,011
	3	24,9	85,3	68,1	Non combustible	0,356	0,011	0,633
	4	23,3	86,6	71,1	Combustible	0,755	0,005	0,241

Tableau III.29 : Résultats des AFD réalisées sur nos huit échantillons (voir tests n°1 à 4) provenant des PES n°1 et n°2.

L'échantillon du test n°3 (« non-combustible ») provient du secteur terrasse, dans un secteur où le pourcentage de restes brûlés est élevé et coïncide avec plusieurs structures de combustion observées au cours des fouilles (foyers n°2 et n°3 : Annexes I.7 et I.8). Il pourrait révéler un fonctionnement différent d'un ou de plusieurs des foyers de

ce secteur, ou être lié à d'autres facteurs (cf. *infra*). Le pourcentage de restes au moins carbonisés, plus faible dans cet échantillon intégrant la petite fraction (68,1 % contre 87,8% pour le test n°1 incluant tout le site ; tab. III.29), semble être la cause de la classe prédite. Il est intéressant de noter à quel point les pourcentages de restes au moins carbonisés diminuent à l'intégration des refus de tamis (Annexe III.73). En effet, si l'on exclut la petite fraction (tamis indéterminés 6 et 2 mm), les taux de restes brûlés au moins carbonisés du carré H18 – pour lequel le test n°3 avait donné une prédiction « non-combustible » - augmentent considérablement (96,2%, soit respectivement 100% et 75% pour les pièces coordonnées et issues de la maille 6mm ; Annexe III.73). Ce constat est également valable pour les autres carrés du site, pour lesquels les taux de fragments au moins carbonisés dépassent quasi-systématiquement les 80%, ce qui n'est pas le cas lorsque la maille 2 mm est incluse (cf. échantillons des carrés J17 et H18). Pourtant, la combustion induit une plus forte fragmentation, et ces derniers devraient être plus abondants dans les refus de tamis. Alors comment expliquer une telle sous-représentation des restes au moins carbonisés dans la maille fine ? Cette caractéristique inhérente à la PES n°2 et particulièrement marquée pour le secteur terrasse pourrait, d'après nos observations, tenir de deux facteurs non-exclusifs :

- L'effet du ruissellement ?

Des expérimentations récentes sur le ruissellement (Thomas et al., 2003) ont montré que la plus forte mobilité des restes osseux brûlés – et particulièrement du spongieux brûlé – pouvait avoir un impact majeur sur les résultats d'analyses discriminantes du modèle développé par Costamagno et al., (2009). Lors d'écoulements forts, le tri osseux opéré peut conduire à de plus faibles concentrations d'os brûlé et d'os spongieux brûlé en amont, et de plus fortes concentrations en aval de la zone d'écoulement, biaisant ainsi les résultats de l'AFD. D'après les informations disponibles sur les processus de formation du site (Couchud, 2003 ; Turq et al., 2009), les niveaux du Roc-de-Marsal ici étudiés (5, 6 et 7) se seraient formés sous l'action du ruissellement. Si l'impact de ces phénomènes apparaît mineur pour les niveaux 5 et 6 (= PES n°1, en majorité) – leurs objets archéologiques ne montrant pas d'orientation particulière – il pourrait avoir affecté la distribution du mobilier d'une partie au moins du niveau 7 (= PES n°2, majoritairement). En effet, l'analyse des mesures de fabrique (Turq et al., 2009) a

révélé une orientation particulière des vestiges dans le secteur terrasse, qui serait liée à un ruissellement diffus. Pour rappel, ce secteur a livré une interprétation différente des autres tests (non-combustible). Si le ruissellement a effectivement eu un impact sur la distribution du mobilier – au point par exemple de masquer un résultat « combustible » dans le secteur terrasse –, alors les restes brûlés au moins carbonisés et les restes spongieux brûlés, notamment ceux de petite taille, devraient être déficitaires. Les restes osseux brûlés au moins carbonisés présentent effectivement des valeurs basses, mais le taux de restes spongieux brûlés au moins carbonisés est élevé (24,9% ; tab. III.29) et dépasse même les valeurs des autres tests de cette unité. D’après ces observations, il n’est pas exclu que le ruissellement ait eu un impact sur le résultat obtenu, mais celui-ci a sans doute été de faible ampleur.

- La coloration de l’os ?

L’enregistrement des restes brûlés de la PES n°2 a constitué une étape particulièrement difficile. Dans cette PES, les fragments osseux sont souvent bruns à brun foncé, contrairement à la PES n°1 où ils sont en moyenne bien plus clairs (fig. III.15) ; dans le secteur terrasse, les vestiges sont quasi-systématiquement brun ou brun foncé (e.g. tranchées 18a à 18c), ce qui est moins souvent le cas du secteur grotte (e.g. 18a à 18d). Ce type de coloration, plus foncé, augmente la confusion possible entre un reste « brun foncé » et un reste « partiellement brûlé » (de couleur marron également). Si les vestiges pour lesquels nous avons un doute sur une éventuelle combustion ont été classés en « indéterminés » lors de l’enregistrement, il n’en reste pas moins que ceux qui ont pu être interprétés sont soumis à un risque d’erreur accru, pouvant faire augmenter artificiellement la part de restes « partiellement brûlés » (stade 1 de combustion). Ceci est d’autant plus vrai pour la fraction fine, comme celle de la maille 2 mm, plus difficile à observer. Ce facteur est à privilégier et est sans doute celui qui a eu le plus d’impact sur les résultats obtenus.

Quoi qu’il en soit, la part des restes brûlés au moins carbonisés est sous-évaluée au sein du carré H18 – et probablement J17 –, biaisant les résultats des tests de la PES n°2 intégrant la maille fine (tests n°2, n°3 et n°4) et faisant augmenter la probabilité « non-combustible » (cf. valeurs de prédiction du tableau III.29). Ne pouvant exclure ce biais, il

n'est pas possible de connaître la classe qui aurait été prédite pour le carré H18 (combustible ou non-combustible). Le résultat du test n°1 de la PES n°2, moins soumis à ce problème mais intégrant cette fois tout le site, prédit une utilisation de l'os comme combustible. Ce résultat ne permet cependant pas d'appréhender d'éventuelles variations locales dans les fonctionnements des foyers de cette unité. Quoi qu'il en soit, cette pratique pourrait avoir été plus récurrente et/ou plus intense dans la PES n°2, comme en témoignent les pourcentages d'os brûlés et de spongieux brûlés, plus élevés pour cette unité (tab. III.29).

Utilisation de la graisse à des fins alimentaires

Plusieurs travaux archéologiques, ethnographiques et expérimentaux (Costamagno, 2013 ; Daujeard, 2008 ; Costamagno et Rigaud, 2013 ; Soulier et Morin, 2017 ; Morin, 2020) ont montré que le type de préparation alimentaire pouvait avoir une incidence sur la taille des fragments délaissés. Par exemple, la confection de poudre ou de farine d'os nécessite un concassage très intense des portions spongieuses conduisant généralement à leur (quasi-)disparition (Costamagno, 2013 ; Soulier et Morin, 2017). Les taux élevés de fragments spongieux obtenus dans les unités PES n°1, n°2 et indéterminée ne soutiennent pas l'hypothèse d'une récurrence de cette pratique. En revanche, la réalisation de bouillons (e.g. ragoûts, beurre d'os, pemmican) ne nécessite pas un tel investissement ; cette pratique peut induire des fragments de taille relativement variable, en fonction notamment du met culinaire qui sera recherché (Soulier et Morin, 2017 ; Morin, 2020). Pour tenter d'identifier quelle(s) activité(s) culinaires ont pu être réalisées, nous avons quantifié les fragments spongieux non-brûlés au sein des carrés J17 et H18 (incluant les vestiges coordonnés et les refus de tamis issus des mailles 6 et 2 mm). Afin de pouvoir intégrer les données de la PES indéterminée – qui contient davantage de refus de tamis –, le [tableau III.30](#) fournit les données par classe de taille pour les trois unités combinées (PES n°1 + PES n°2 + PES indéterminée), leurs résultats étant très similaires en termes de représentativité des extrémités articulaires (tab. III.27). Les données par classe de taille pour chaque unité PES prise individuellement sont fournies en annexe ([Annexe III.74](#)). Les décomptes pour les tissus compacts permettent de contrôler qu'il n'y a pas de biais d'échantillonnage (e.g. sous-représentation des plus petits éléments liée au ruissellement ou aux méthodes de

tamissage). Les vestiges de tissu compact et spongieux apparaissent moins bien représentés dans la plus petite classe de taille de fragments (17,4% et 29,1%, contre 52,3% et 49,9% dans la classe 1 – 2 cm, respectivement ; tab. III.27). Le biais d'échantillonnage lié aux méthodes de tamissage est peu probable, compte-tenu de la finesse des techniques de fouille employées (relevés systématiques des pièces supérieures à 2,5 cm, tamissage intégral aux mailles 6 et 2 mm). De même, la meilleure représentation des fragments spongieux – qui sont pourtant plus mobiles par rapport aux restes de tissu compact (Thomas et al., 2023) - rend peu plausible l'hypothèse d'une disparition liée au ruissellement. Les décomptes observés au sein des différentes classes de taille (tab. III.30) sont *a priori* plutôt représentatifs des vestiges abandonnés sur le site.

Les restes spongieux sont particulièrement abondants dans les classes de taille inférieures à 2 cm (n = 1630, soit près de 80% des restes spongieux), mais c'est aussi le cas, dans des proportions toutefois moindres, des restes de tissu compact (n = 4406, soit 69,8%). Le « ratio_sp », qui donne le pourcentage de restes spongieux par rapport au nombre total de restes (compact + spongieux) au sein de chaque classe de taille, montre que les restes spongieux tendent à être un peu plus abondants dans la plus petite classe de taille (< 1 cm ratio_sp = 35,3, contre 24,6% pour toutes les classes réunies ; tab. III.30 et fig. III.51). Les restes spongieux ont donc été légèrement plus soumis à la fragmentation. D'autres classes de taille sont représentées également, et les valeurs ne diffèrent que peu de celles obtenues pour les restes compacts (fig. III.51). Parmi les 1128 restes spongieux dont le pan de cassure a été enregistré, seuls 45 portent la trace d'une cassure « nette » du spongieux (soit environ 4%) indiquant peut-être une fracturation volontaire. Aucune marque de percussion directement localisée sur la partie spongieuse n'a été identifiée. Il n'y a pas eu, semble-t-il, de fragmentation vraiment intense des éléments spongieux relativement aux fragments de tissus compacts. La fabrication de pemmican et de beurre d'os nécessite un concassage assez important des éléments spongieux afin de produire des petits fragments (souvent inférieurs à 2 cm : Soulier et Morin, 2017) qui libéreront un maximum de graisses. Au vu de la haute valeur nutritive de ces éléments, une consommation alimentaire reste envisageable, comme la production de soupes ou de ragoûts, mais aucun élément ne permet véritablement de l'attester.

Classes de taille	Toutes PES combinées - Carrés J17 et H18				
	compact	%compact	spongieux	%spongieux	ratio_sp
< 1 cm	1101	17,4	600	29,1	35,3
1 - 2 cm	3305	52,3	1030	49,9	23,8
2 - 3 cm	909	14,4	185	9,0	16,9
3 - 4 cm	411	6,5	105	5,1	20,3
4 - 5 cm	253	4,0	67	3,2	20,9
> 5 cm	335	5,3	76	3,7	18,5
Total	6314	100	2063	100	24,6

Tableau. III.30 : Décomptes des restes compacts et des restes spongieux par classes de taille de fragment pour les carrés J17 et H18 (coordonnés + refus de tamis mailles 6 et 2 mm) des PES n°1, n°2 et indéterminée cumulées. Ratio_sp = pourcentage de restes de tissu spongieux par rapport au nombre de restes total (tissu compact + spongieux).

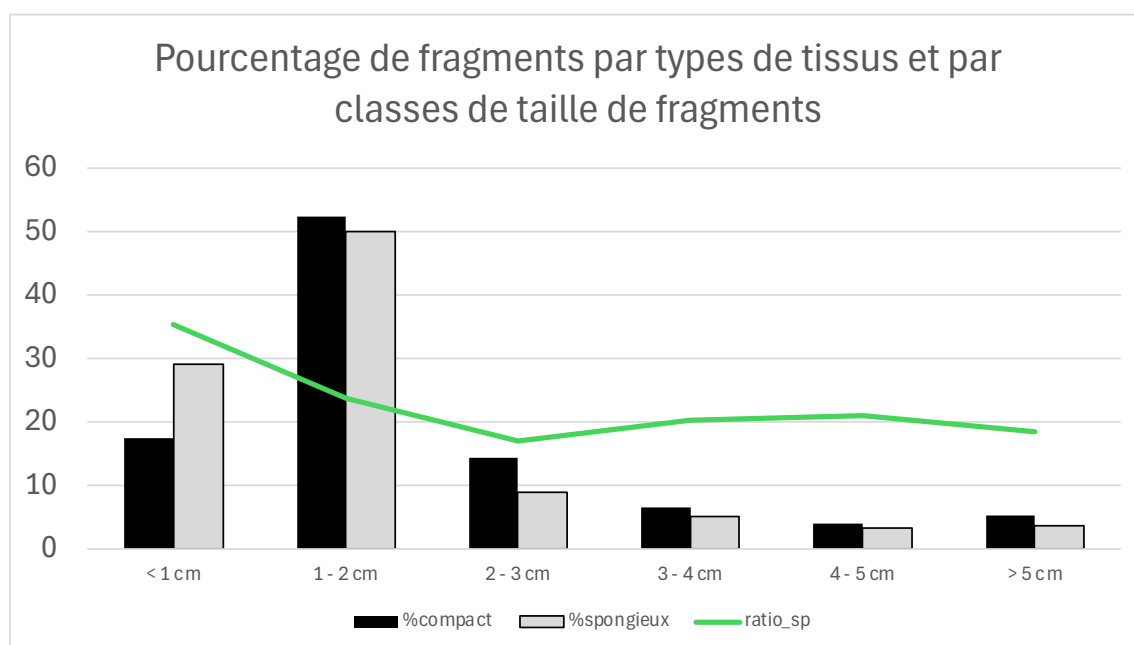


Figure III.51 : Histogramme des pourcentages de fragments de tissu compact et spongieux par classe de taille de fragments pour les PES n°1, n°2 et indéterminée combinées. Le ratio_sp évalue la représentativité des restes spongieux par rapport aux restes corticaux (en pourcentage).

Les retouchoirs

Un total de 70, 2 et 4 retouchoirs ont été identifiés au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée, respectivement. Une partie d'entre eux concerne des fragments indéterminés anatomiquement ou spécifiquement. Possédant une valeur informative

plus limitée, ils ont été exclus de l'analyse. Le tableau III.31 donne, pour les taxons principaux, les décomptes du nombre de retouchoirs identifiés pour chaque élément squelettique en ayant livré au moins un. La figure III.52 évalue la représentativité des retouchoirs pour chaque taxon des unités PES n°1 et n°2.

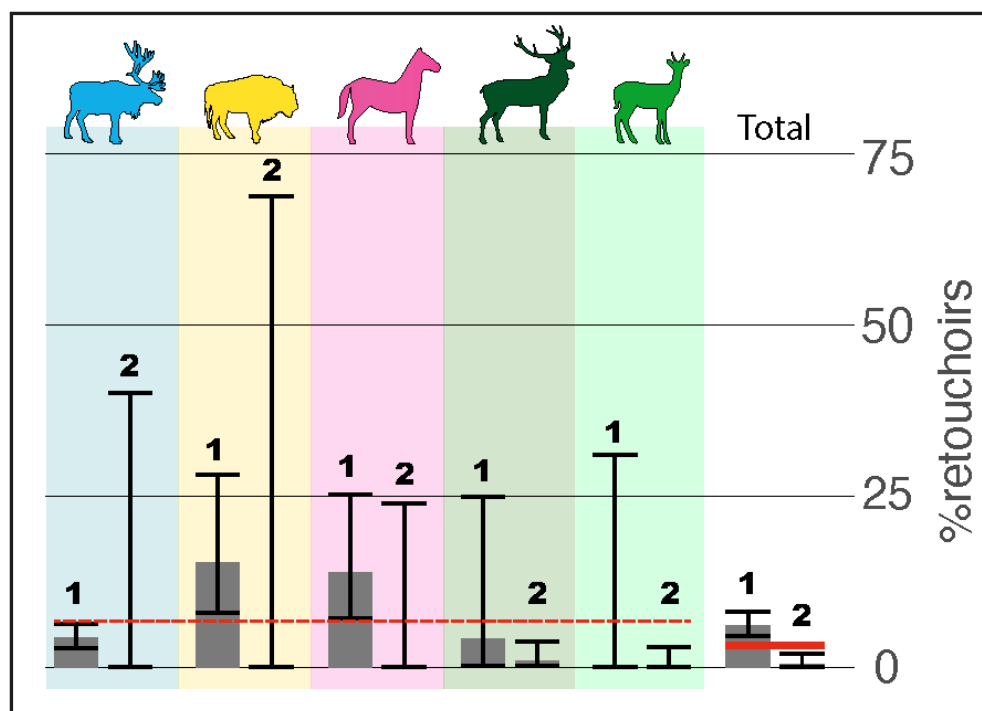


Figure III.52 : Histogramme du pourcentage de retouchoirs par taxon au sein des PES n°1 et n°2. Les chiffres « 1 » et « 2 » indiquent l'unité PES. Les lignes rouges marquent les différences significatives.

Des plages de retouche ont été identifiées sur 3% (n = 46) des restes de la PES n°1, contre seulement 0,2% (n = 2) dans la PES n°2 ; la différence entre ces deux unités est significative. La PES n°1 a livré un nombre important de retouchoirs, et ces derniers concernent tous les taxons excepté le Chevreuil, dont l'échantillon est toutefois faible. Le Renne a livré le plus grand nombre de retouchoirs (n = 25), mais il est aussi celui qui présente les plus forts échantillons. Ces derniers se situent essentiellement sur les os longs, et dans une moindre mesure la mandibule et la scapula. Le fémur est l'élément qui en porte le plus (n = 9, soit 11%), tandis que le radio-ulna semble avoir été délaissé (tab. III.31). Les Bovinés et les Équidés présentent les plus forts pourcentages : 7,7% et 6,9%, de leurs fragments portant des plages de retouche, respectivement, contre seulement 2,1% pour le Cerf et le Renne (tab. III.31). Des différences significatives

existent entre les mammifères de grande taille et les autres taxons (le Renne de la PES n°1, le Cerf et le Chevreuil de la PES n°2 ; fig. III.52). L'essentiel des retouchoirs identifiés pour les Bovinés et les Équidés se situe sur les os longs, auxquels il faut ajouter deux plages de retouches sur fragments de dents d'Équidés. Le Cerf n'a livré qu'un seul retouchoir (fragment de radio-ulna). La PES n°2, qui se compose très majoritairement de Cerf et de Chevreuil, n'a livré quant à elle que deux retouchoirs, tous deux situés sur des fragments de fémur de Cerf. Malgré de forts échantillons, le Chevreuil n'a livré aucun retouchoir. Au sein de la PES indéterminée, quatre retouchoirs ont été identifiés, deux sur fragments d'Équidés (radio-ulna et tibia) et deux sur fragments de Cerf (tibia) ; ils appartiennent plus probablement à la PES n°1, au moins en ce qui concerne les Équidés.

Unité	Élément squelettique	Renne			Bovinés			Équidés			Cerf			Chevreuil			Total		
		Nret	Ntot	%Nret	Nret	Ntot	%Nret	Nret	Ntot	%Nret	Nret	Ntot	%Nret	Nret	Ntot	%Nret	Nret	Ntot	%Nret
PES n°1	Mandibule	1	41	2,4	0	10	-	0	6	-	0	0	-	0	0	-	1	57	1,8
	Dents	0	92	0	0	36	0	2	94	2,1	0	18	-	0	7	-	2	247	0,8
	Scapula	1	6	-	0	0	-	0	3	-	0	0	-	0	0	-	1	9	-
	Humérus	1	71	1,4	1	7	-	0	3	-	0	0	-	0	2	-	2	83	2,4
	Radio-ulna	0	118	0	1	7	-	0	4	-	1	4	-	0	1	-	2	134	1,5
	Fémur	9	82	11	2	9	-	1	9	-	0	4	-	0	5	-	12	109	11
	Tibia	8	280	2,9	3	35	8,6	2	16	-	0	9	-	0	5	-	13	345	3,8
	Métacarpe	3	121	2,5	3	8	-	0	0	-	0	3	-	0	2	-	6	134	4,5
	Métatarse	2	331	0,6	0	18	-	4	6	-	0	9	-	0	4	-	6	368	1,6
	Métapode	0	29	0	0	0	-	1	4	-	0	1	-	0	1	-	1	35	2,9
Total		25	1171	2,1	10	130	7,7	10	145	6,897	1	48	2,1	0	27	-	46	1521	3
PES n°2	Mandibule	0	0	-	0	2	-	0	6	-	0	24	-	0	22	-	0	54	0
	Dents	0	2	-	0	1	-	0	18	-	0	112	0	0	69	0	0	202	0
	Scapula	0	1	-	0	0	-	0	1	-	0	2	-	0	3	-	0	7	-
	Humérus	0	2	-	0	0	-	0	2	-	0	14	-	0	15	-	0	33	0
	Radio-ulna	0	0	-	0	0	-	0	2	-	0	11	-	0	11	-	0	24	-
	Fémur	0	4	-	0	0	-	0	2	-	2	31	6,5	0	25	-	2	62	3,2
	Tibia	0	3	-	0	3	-	0	3	-	0	53	0	0	67	0	0	129	0
	Métacarpe	0	3	-	0	3	-	0	1	-	0	69	0	0	35	0	0	111	0
	Métatarse	0	5	-	0	1	-	0	0	-	0	96	0	0	74	0	0	176	0
	Métapode	0	0	-	0	0	-	0	1	-	0	15	0	0	7	-	0	23	-
Total		0	20	-	0	10	-	0	36	0	2	427	0,5	0	328	0	2	821	0,2
PES indéterminée	Mandibule	0	1	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	2	-	0	3	-
	Dents	0	47	0	0	25	-	0	76	0	0	81	0	0	72	0	0	301	0
	Scapula	0	0	-	0	0	-	0	2	-	0	0	-	0	0	-	0	2	-
	Humérus	0	2	-	0	1	-	0	3	-	0	2	-	0	2	-	0	10	-
	Radio-ulna	0	1	-	0	1	-	1	1	-	0	3	-	0	7	-	1	13	-
	Fémur	0	1	-	0	1	-	0	3	-	0	6	-	0	5	-	0	16	-
	Tibia	0	3	-	0	1	-	1	2	-	2	12	-	0	7	-	3	25	-
	Métacarpe	0	8	-	0	2	-	0	4	-	0	12	-	0	9	-	0	35	0
	Métatarse	0	49	0	0	3	-	0	1	-	0	19	-	0	57	0	0	129	0
	Métapode	0	7	-	0	2	-	0	0	-	0	7	-	0	12	-	0	28	-
Total		0	119	0	0	36	0	2	92	2,2	2	142	1,4	0	173	0	4	562	1

Tableau III.31 : Décompte du nombre de retouchoirs par éléments squelettiques et par taxons pour les PES n°1, n°2 et indéterminée. Seuls les éléments squelettiques ayant livré au moins une plage de retouche sont présentés. Nret = Nombre de retouchoirs ; Ntot = Nombre de restes total.

Partie IV – Discussion

Chapitre 1 - Les associations d'Ongulés de la transition MIS 5 – 4

a) Sur la question des faunes composites

L'un des objectifs majeurs de cette étude était d'examiner les assemblages composites et d'en comprendre les implications pour les environnements néandertaliens passés. Pour rappel, le concept de « faunes composites », ou « faunes non-analogues », désigne des associations d'espèces dont les préférences écologiques actuelles ne se recouvrent pas et qui ne sont pas ou peu sympatriques aujourd'hui. Bien que certaines espèces comme le Renne et le Cerf-Chevreuril illustrent ce phénomène, leur plasticité écologique respective suggère qu'elles ont pu coexister par le passé dans des environnements différents, offrant peut-être aux néandertaliens un éventail de proies aux comportements diversifiés. Les modélisations écologiques indiquent que ces espèces peuvent vivre en sympatrie sur de très vastes territoires en l'absence de pressions limitantes telles que l'activité humaine (e.g. réseaux linéaires, industries ; Polly et Eronnen, 2011). De nos jours, malgré une anthropisation des terres sans précédent, elles cohabitent à l'état sauvage dans certaines zones boréales et montagneuses de Fennoscandie (i.e. *Rangifer tarandus*, *Capreolus capreolus* et *Cervus elaphus*) ou du Canada (i.e. *Rangifer tarandus* et *Cervus canadensis*), mais restent, en grande partie, rarement associées (cf. Partie I, Chapitre 2, b) *Renne vs. Cerf-Chevreuril : des espèces peu compatibles ?*).

Au Roc-de-Marsal

L'archéoséquence du Roc-de-Marsal, dont plusieurs niveaux pourraient dater de la transition MIS 5 – 4 (Guérin et al., 2011 ; 2017), fait partie des sites du Nord du Bassin aquitain à avoir livré de telles associations. Souvent observées lors de phases de transition climatique, elles suscitent des questions intéressantes sur les modalités de

transformation des paysages et sur la disponibilité des proies au cours de ces périodes charnières. Quatre hypothèses principales et non-exclusives avaient été envisagées pour expliquer leur origine :

- H1 : Elles seraient une conséquence de perturbations post-dépositionnelles ayant mélangé des couches dominées par le Renne à des couches dominées par le Cerf-Chevreuril.
- H2 : La résolution des découpages stratigraphiques serait insuffisante, entraînant l'attribution de certains vestiges à la mauvaise couche (e.g. des restes de Renne provenant d'une unité supérieure attribués, par erreur, à une couche à Cerf-Chevreuril sous-jacente).
- H3 : Elles résulteraient de chasses saisonnières différentes (e.g. Cerf-Chevreuril disponibles toute l'année, Renne chassé sur des fenêtres restreintes lors de migrations).
- H4 : Elles reflètent l'existence de paysages en mosaïque ou d'écotones favorables à leur cohabitation annuelle potentiellement favorisée par des niches écologiques réalisées plus étendues dans le passé.

Ces niveaux de transition sont généralement complexes à interpréter. En termes de « réalité de terrain », ils correspondent aussi à des zones d'interface entre des niveaux à faunes « tempérés » et des niveaux à faunes plus « froides ». Ces zones d'interface sont particulièrement délicates, tant de simples mélanges de niveaux liés à des phénomènes post-dépositionnels (e.g. ruissellement, cryoturbations ; H1), ou à des biais de fouille (e.g. mauvais découpage stratigraphique, problèmes de résolution, erreurs de saisie ou de conditionnement ; H2) peuvent conduire, de manière erronée, à ces niveaux « de transition ». En règle générale, les découpages stratigraphiques reposent sur des changements sédimentaires – et moins souvent, de matériel archéologique – qui sont rarement « nets », ce qui peut très facilement conduire à l'intégration de fragments à la limite entre deux couches dans la mauvaise. Avant de conclure à une réalité

paléoécologique, il était donc essentiel de vérifier l'intégrité et l'homogénéité des niveaux étudiés. Pour cela, nous avons combiné les analyses taphonomiques et les statistiques spatiales, afin d'obtenir la meilleure résolution stratigraphique et, si possible, de dépasser la lecture de terrain.

Toutefois, et contrairement à ce qui était attendu, ce n'est pas seulement l'application de ces méthodes (analyses spatiales selon les *Post-Excavation Stratigraphies*) qui a fourni les premiers résultats. En effet, la quantification des restes osseux déterminés spécifiquement, avant même que nous n'ayons entrepris toute analyse spatiale sur ces vestiges, a révélé des divergences notables avec les travaux antérieurs de J.-C. Castel (rapports d'opérations 2004 à 2009 ; Castel et al., 2017). L'examen des assemblages osseux des niveaux 5 à 7 entrepris dans le cadre de notre étude, réalisé avec un protocole moins contraint temporellement et intégrant la totalité de la surface de fouille, a permis d'affiner la lecture de la séquence : la part du Renne avait probablement été surévaluée dans les niveaux 5 et 7 (fig. IV.1). Toutefois, si ce résultat diminue la nature composite du niveau 7 (le plus composite), il ne change pas l'interprétation finale. En effet, le niveau 6, dont les collections fauniques récentes n'avaient jamais été documentées, livre à son tour un spectre très hétérogène, tandis que les niveaux 5 et 7 adjacents, pour lesquels la part du Cerf fut revue à la hausse, s'inscrivent tous deux en parfaite continuité dans le cadre d'une « transition graduelle » (fig. IV.1), telle qu'elle est communément proposée.

L'application de la méthode des *Post-Excavation Stratigraphies* (Discamps et al., 2023) a permis de changer cette vision par le redécoupage de la séquence en deux ensembles cohérents à partir de critères robustes (distribution des espèces et des clusters taphonomiques) appuyés par les statistiques spatiales : un ensemble inférieur (PES n°2) dominé par l'association Cerf-Chevreuil, et un ensemble supérieur (PES n°1) dominé par le Renne (fig. IV.1). Certains secteurs, plus difficiles à démêler, en raison probablement de mélanges, ont été traités séparément (PES indéterminée). Ces ensembles (PES n°1 et n°2) ne sont pas totalement homogènes. Par exemple, quelques restes de Renne dans la PES n°2 pourraient être issus d'intrusions (cf. partie III, Chapitre 1 – *Réévaluation stratigraphique et constitution de nouvelles unités*) et/ou refléter une réalité écologique (e.g. existence de zones refuges, sélection ciblée dans des paysages à proies multiples). En l'état des connaissances, et sans possibilité de comparaison avec

d'autres séquences réévaluées avec les mêmes méthodes, il n'est pas possible de discuter davantage cette dernière hypothèse.

Avant notre étude, l'une des particularités du Roc-de-Marsal était l'augmentation très progressive du Renne, depuis les couches 8-9, jusqu'à la couche 4 (fig. IV.1), sur une puissante séquence de près d'un mètre (couches 9 et 4 incluses). Il était alors difficile d'imaginer que toutes ces unités puissent être perturbées post-dépositionnellement (H1) ou aient pu être « mal délimitées » lors des fouilles (H2), engendrant artificiellement cette transition graduelle sur une telle séquence de six niveaux distincts. De plus, le très bon degré de préservation des assemblages (e.g. quasi-absence de traces de carnivores, présence de restes de fœtus en parfait état, fragments osseux très bien conservés) suggérait *a priori* une bonne intégrité des niveaux, et la rigueur des fouilles menées par l'équipe franco-américaine ne permettaient pas de penser que les *Post-Excavation Stratigraphies* auraient pu changer les interprétations stratigraphiques, ni les associations fauniques qui en résultaient. Contre toute attente, l'application des *Post-Excavation Stratigraphies* n'a pas permis de confirmer l'intégrité d'assemblages que nous suspicions pourtant très bien préservés, mais a, au contraire, bouleversé notre vision de la séquence en invalidant complètement l'existence de faunes composite au Roc-de-Marsal. Finalement, l'application combinée de nos méthodes n'identifie pas seulement des mélanges de niveaux ou des faiblesses de découpage stratigraphique, mais va plus loin encore, en diminuant la nature composite de certains assemblages avant même qu'ils n'aient fait l'objet d'une réévaluation stratigraphique.

Quoi qu'il en soit, ce travail et la nouvelle lecture stratigraphique qu'il propose réfute totalement l'hypothèse d'associations de faunes composites au Roc-de-Marsal et attribue leur existence à la combinaison de plusieurs biais, incluant des déterminations initiales partiellement erronées/incomplètes, des mélanges post-dépositionnels (notamment, dans le secteur grotte) et une faiblesse de résolution du découpage de terrain (zones d'interfaces difficiles à délimiter ?).

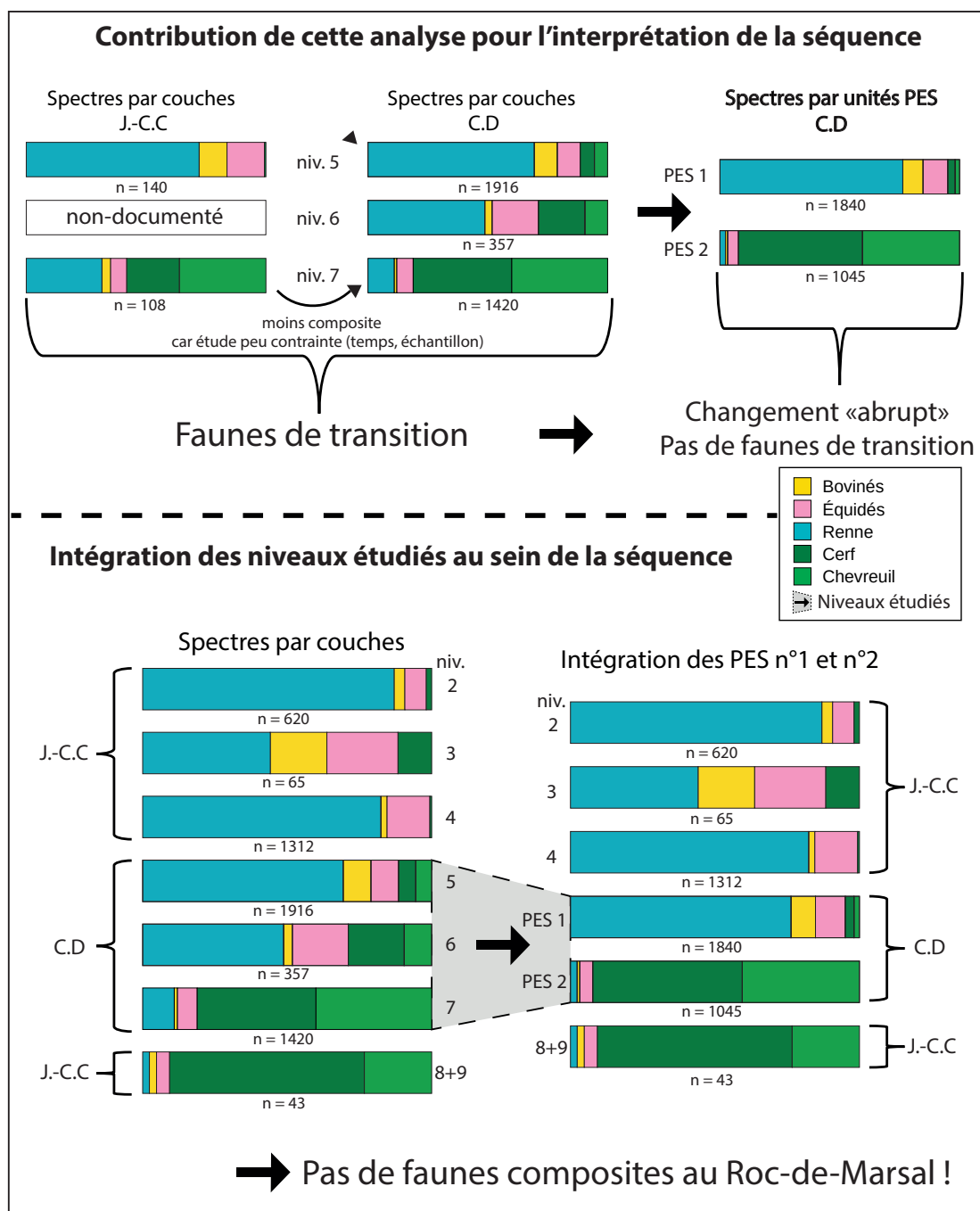


Figure IV.1 : Synthèse des résultats obtenus sur la question des faunes composites au Roc-de-Marsal (niveaux 5 à 7) et réintégration des niveaux étudiés au sein de la séquence.

Sur d'autres séquences à faunes composites

Pour cette étude, nous avons sélectionné une quinzaine de sites de comparaison (cf. Partie I, Chapitre 1, a) *Fenêtre géographique et chronologique*), dont neuf présentent des séquences datées de l'Ante-Quina susceptibles de couvrir la transition climatique

du MIS 5 – 4 et disposent de décomptes fauniques publiés (fig. IV.2). Avant cette analyse, cinq de ces séquences livraient des assemblages fauniques composites (soit, plus de la moitié) ; ce nombre est désormais de quatre. Ces séquences composites se situent exclusivement en Périgord, où les dynamiques de remplacement fauniques au sein des séquences diffèrent des régions charentaises. En effet, dans les régions charentaises, les Bovinés-Chevaux, qui dominaient les spectres de la fin de l'AnteQuina, sont remplacés de manière « abrupte » par le Renne dès l'entrée dans le Quina au sein des séquences stratigraphiques⁴⁴ (e.g. Bourgeois-Delaunay, Bois-Roche, Pradelles, Jonzac), tandis qu'en Dordogne, le Renne augmente graduellement au sein des séquences avant la mise en place du Quina, au détriment du Cerf-Chevreuril (voir : Discamps et Royer, 2017 ; cf. Partie I, Chapitre 1, b) *Cadre paléoclimatique et environnemental*). Nous présenterons, dans les paragraphes qui suivent, un examen de la fiabilité que l'on peut accorder à ces séquences « de transition graduelle » périgourdines et discuterons de la pertinence de mener des recherches futures sur ces questionnements.

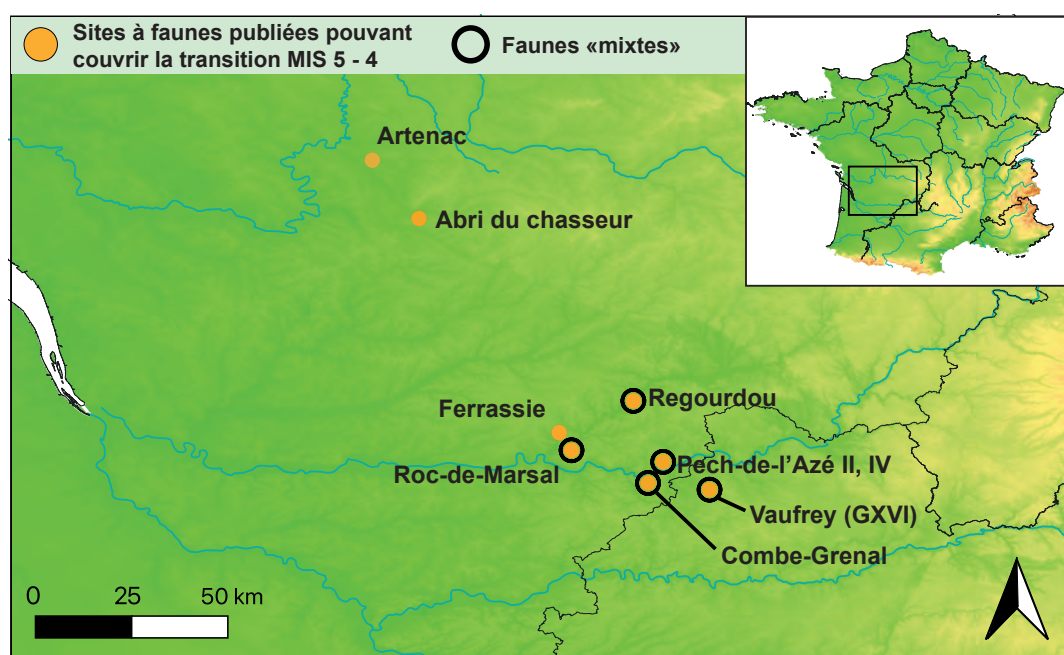


Figure IV.2 : Carte de répartition des sites susceptibles de couvrir la transition climatique du MIS 5 – 4 et dont les décomptes fauniques sont disponibles.

⁴⁴ À ce jour, il n'existe aucune séquence charentaise documentée qui ne couvre à la fois la fin de l'AnteQuina et l'entrée dans le Quina. Certaines séquences couvrent la fin de l'AnteQuina (e.g. Bourgeois-Delaunay, Bois-Roche), quand d'autres couvrent exclusivement le Quina (e.g. Jonzac, Pradelles). Ainsi, si cette transition « abrupte » pourrait tout à fait refléter une réalité paléoenvironnementale, elle peut également être induite par une lacune de documentation ou d'enregistrement inerrante à la transition AnteQuina – Quina dans les régions charentaises.

Le Regourdou (Montignac-Lascaux)

La faune des niveaux 5 à 1 du Regourdou illustre bien cette problématique, avec un remplacement graduel du Cerf par le Renne (fig. IV.3). Initialement fouillé de manière illégale et peu rigoureuse (R. Constans, 1954 - 1957), ce site a fait l'objet de nouvelles investigations entre 1961 et 1964 sous la direction d'E. Bonifay, avec des méthodes de collecte affinées mais non-systématisées (voir Pelletier et al., 2015 sur la collecte des restes de mésofaune). La reprise des fouilles en 2013-2014 a rapidement été abandonnée en raison des coûts élevés de sécurisation des parois (Maureille et Holliday, 2024). Le site n'aurait été que peu fréquenté des néandertaliens, les restes d'Ongulés provenant essentiellement de son fonctionnement comme aven-piège. Cette situation est particulièrement intéressante pour évaluer la question des assemblages « composites » et de la transition environnementale, car peu influencée par les choix cynégétiques. Toutefois, les décomptes fauniques disponibles (Delpech, 1996) reposent sur des collections d'E. Bonifay (1961 – 1964) et sont donc potentiellement affectés par des biais de représentativité taxinomique. De plus, l'histoire du remplissage est particulièrement complexe et touchée par des problèmes d'intégrité majeurs : fréquentations par le Lion des Cavernes (niveaux 2 et 3), usage comme tanière d'Ours (toute la séquence : Cavanhié 2011), et transformation en garenne à lapins (toute la séquence ? : Pelletier et al., 2015 ; 2017). Bien qu'aucune analyse spatiale tentant de démêler ces palimpsestes perturbés n'ait à ce jour été publiée, il est certain que les remaniements successifs ont significativement altéré la distribution des vestiges, contribuant ainsi sans doute à la formation d'assemblages « mixtes ».

La grotte Vaufray (Cénac-et-Saint-Julien)

La grotte Vaufray a été fouillée une première fois entre 1930 et 1965 par R. Vaufray, puis de 1969 à 1982, sous la direction de J.-P. Rigaud (Guadelli et Rigaud, 1995). Les méthodes fines employées peu de temps après par J.-P. Rigaud à la Grotte XVI (1983 – 2002), ainsi que la présence abondante de restes de mésofaune, de poissons et d'oiseaux dans les collections de la grotte Vaufray (Cochard 2007) suggèrent une collecte rigoureuse limitant *a priori* l'impact sur la représentativité des Ongulés. Les niveaux IV à I, qui livreraient des « spectres de transition », s'insèrent entre des niveaux inférieurs à faunes « tempérées » (Moustérien typique), et un niveau supérieur dominé par le Renne

(Quina ; Delpech 1989 *in* Guadelli et Rigaud, 1995 ; fig. IV.3). Certaines datations, cependant, varient largement à l'intérieur d'une même unité. Par exemple, la couche II a livré des âges allant de 74 ± 18 Ka BP à 109 ± 7 Ka BP (Guadelli et Rigaud, 1995 ; Hernandez et al., 2014), tandis que les analyses sédimentologiques la situent à la transition MIS 5 - 4 (Texier et al., 2006), ce qui interroge quant à l'intégrité de certains niveaux (cf. *infra*). L'épaisseur stratigraphique (environ 1 mètre) de cette séquence de « transition », marquée par six subdivisions internes (couches IV à I, voir Kervazo et Laville, 1988), suggère de véritables niveaux de transition sur le temps long, mais divers processus post-dépositionnels ont modérément affecté le gisement (e.g. passages carnivores, terriers, cryoturbations, phénomènes de soutirage), y compris les niveaux IV à I (Kervazo et Laville, 1988 ; Guadelli et Rigaud, 1995 ; Delpech, 1996). L'hypothèse de biais méthodologiques (e.g. découpage inopérant) ne peut être écartée. Comme démontré dans cette étude, même les méthodes les plus modernes ne sont pas exemptes de ces problèmes. En l'absence d'analyses complémentaires, ces questions restent en suspens pour la grotte Vaufrey. La rigueur supposée des fouilles menées par J.-P. Rigaud, malgré leur ancienneté, en fait un site éventuel pour de futures recherches.

Combe-Grenal (Domme)

D'abord fouillé brièvement par D. Peyrony et E. Peyrony en 1929 et 1937, le site de Combe-Grenal a fait l'objet de fouilles extensives entre 1953 et 1965 sous la direction de F. Bordes. Avec une tranchée d'environ 30 x 5 m sur 13 m de profondeur (jusqu'au substrat rocheux), ces derniers travaux ont révélé une séquence stratigraphique exceptionnelle composée de 65 niveaux. Les niveaux 35 à 27, attribués à la fin de l'Ante-Quina (alternance de niveaux Moustériens typiques et de type Ferrassie), montrent une faune assez diversifiée marquée par un remplacement progressif des Cerfs-Bovins par le Renne (Delpech, 1996 ; fig. IV.3). Cependant, l'absence de tamisage et la sélection des grandes pièces déterminables introduisent des biais majeurs (e.g. sous-représentation des petites espèces, telles que le Renne et probablement le Chevreuil : Discamps et Faivre, 2017) et empêchent toute interprétation fiable des faunes chassées à la transition MIS 5 – 4 pour ce site. La prise de données spatiales, bien que progressivement améliorée, est restée très partielle. Une analyse exploratoire a néanmoins été réalisée sur ces niveaux : en juin 2023, un enregistrement complet des vestiges coordonnés de

ces niveaux a été mené au Musée National de Préhistoire (Eyzies-de-Tayac) en collaboration avec E. Discamps. Ces données inédites ne révèlent aucune structuration claire des assemblages fauniques : le Cerf et le Renne apparaissent dispersés, avec une augmentation progressive du Renne dans les niveaux supérieurs. De plus, des problèmes dans les coordonnées et les correspondances de couches semblent subsister, confirmant les observations d'H. Dibble et ses collaborateurs (2009), et suggérant que les projections réalisées ne sont pas fiables. Encore une fois, les spectres fauniques sont fortement biaisés rendant l'hypothèse d'assemblages composites sur ce site très questionnable à ce stade. Depuis 2014, de nouvelles fouilles (dir. J.-P. Faivre et E. Discamps) appliquent des méthodes rigoureuses et systématisées (géoréférencement des objets > 2 cm, tamisage aux mailles 4 et 1.6 mm). Bien qu'elles n'aient pas encore atteint les niveaux concernés, elles offrent des perspectives prometteuses pour affiner notre compréhension des dynamiques de remplacement faunique sur cette période *a priori* particulièrement bien enregistrée à Combe-Grenal.

Pech-de-l'Azé IV (Carsac)

La grotte effondrée de Pech-de-l'Azé IV a été fouillée extensivement par F. Bordes entre 1970 et 1977. Les biais de collecte associés à ces premières investigations (voir par exemple : Dibble et al., 2005) ont motivé une reprise des fouilles entre 2000 et 2003 par l'équipe interdisciplinaire franco-américaine qui fouillera plus tard le site du Roc-de-Marsal (A. Turq, A.L. Dibble, S.P. McPherron, P. Goldberg et D. Sangdathe). Cette seconde intervention s'est dotée d'un protocole rigoureux, comparable à celui du Roc-de-Marsal (géoréférencement des objets > 2,5 cm, tamisage systématique aux mailles 7 et 3 mm). Les niveaux 5A et 5B (Levallois) ont livré une faune relativement abondante (respectivement, $n = 2619$ et $n = 1024$) dominée par le Renne et le Cerf-Chevreuril. Ils s'insèrent entre des niveaux inférieurs Levallois à « faunes tempérées » (Cerf-Chevreuril) et des niveaux supérieurs Quina à dominance de Renne, suggérant une « transition climatique » (Niven et Martin, 2017 ; fig. IV.3). Toutefois, la nature « mixte » des assemblages a complexifié les déterminations taxinomiques, entraînant un regroupement de la plupart des restes sous la dénomination générique de « grands cervidés », limitant ainsi la portée des spectres fauniques publiés. La puissance stratigraphique des niveaux 5A et 5B est assez importante (environ 50 cm), et aucun signe

de perturbation majeur n'a été rapporté pour ces deux niveaux. Cette situation rappelle fortement la séquence du Roc-de-Marsal, qui serait globalement contemporaine (MIS 5 – 3), et avec laquelle elle fut régulièrement comparée (e.g. Goldberg et al., 2012 ; Sandgathe et al., 2011a ; Hodgkins, 2012 ; Niven et al., 2013 ; Hodgkins et al., 2016). L'analyse des « niveaux de transition » du Roc-de-Marsal a démontré l'influence du découpage stratigraphique sur les spectres fauniques, même lors de modifications mineures. Ainsi, sans analyses complémentaires comparables à celles menées sur le Roc-de-Marsal, il demeure impossible de statuer précisément sur les dynamiques de remplacement fauniques de Pech-de-l'Azé IV, et ce site pourrait constituer un candidat idéal pour des recherches futures.

Pour conclure, deux séquences (Régourdou et Combe-Grenal) sur quatre présentent des biais majeurs (biais de collecte, remaniements, spectres erronés) compromettant fortement l'hypothèse de « faunes composites » liées à une réalité paléoenvironnementale, et aucune des quatre séquences n'a, à ce jour, fait l'objet d'une vérification post-fouille de la stratigraphie (*Post-Excavation Stratigraphies*). Les fouilles minutieuses réalisées à Pech-de-l'Azé IV (Dibble et al., 2005), et celles menées actuellement à Combe-Grenal avec des méthodes de pointe (Discamps et al., 2024) – bien que ces niveaux « de transition » n'aient pas encore été atteints – font de ces sites des candidats idéals pour des recherches ultérieures sur ces questions et pourront peut-être permettre de mieux comprendre les modalités de changements de proies à la transition MIS 5 – 4 et ses liens avec l'émergence du Quina.

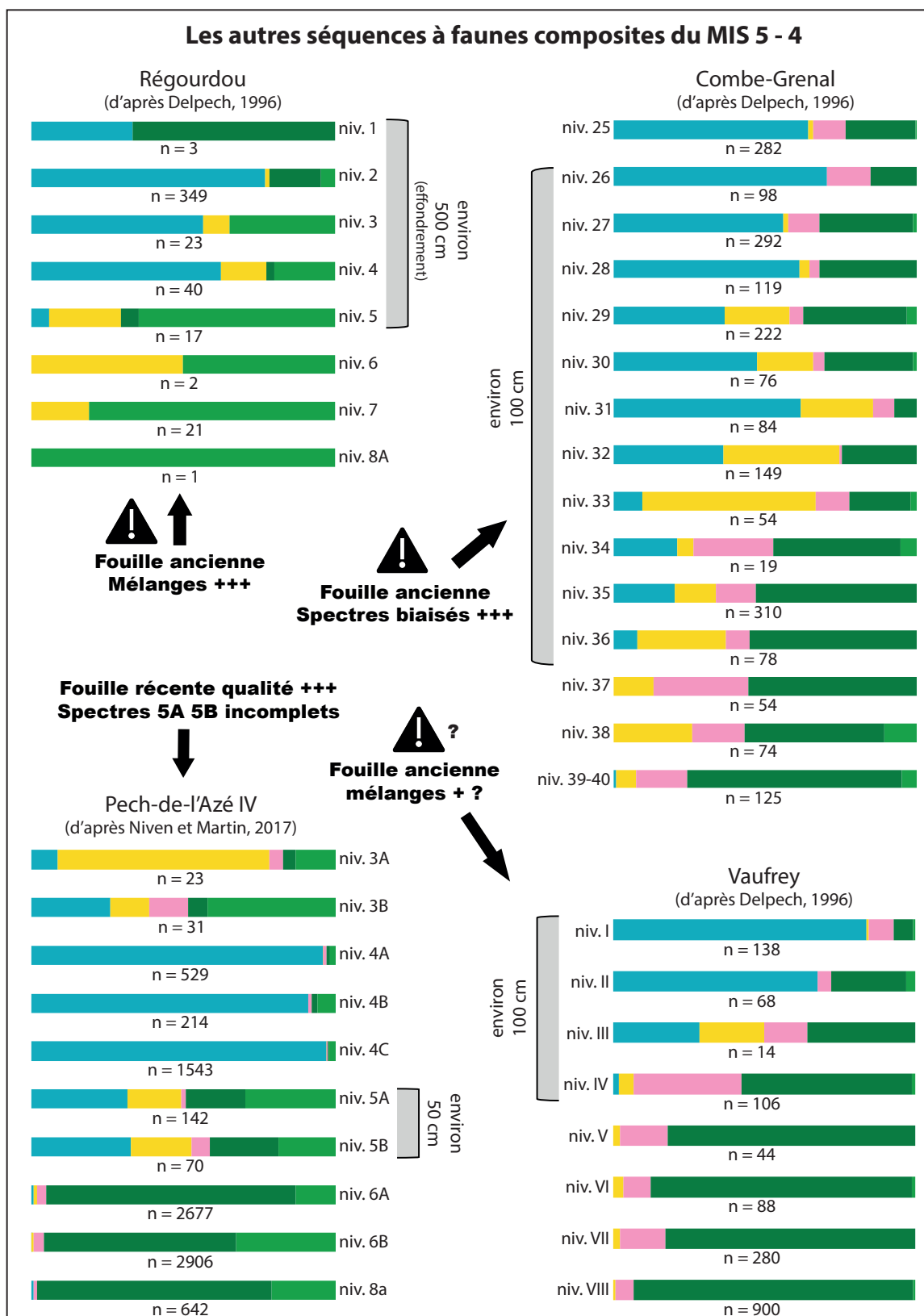


Figure IV.3 : Les séquences à faunes composites du Nord du Bassin aquitain de la transition MIS 5 – 4. En bleu = Renne ; jaune = Bovinés ; rose = Équidés ; vert foncé = Cerf ; vert clair = Chevreuil.

b) Signal environnemental, disponibilité et comportement des proies au Roc-de-Marsal

Cette étude a permis de revoir l'organisation stratigraphique de la faune des anciens niveaux 7 à 5 en distinguant deux nouveaux ensembles (PES n°1 et n°2). D'un point de vue environnemental, ces nouvelles unités présentent des associations fauniques relativement cohérentes avec les connaissances actuelles sur leur écologie respective et leur capacité à cohabiter.

PES n°2 : un signal environnemental tempéré relativement ouvert, abritant des proies aux comportements diversifiés ?

Le spectre faunique de l'unité PES n°2 est largement dominé par le Cerf (NR = 540, soit 50,5% des restes) et le Chevreuil (NR = 424, soit 39,7%), deux espèces connues pour leur affinité avec les environnements tempérés – bien que relativement eurythermes - et qui se retrouvent aujourd'hui en sympatrie dans de nombreux espaces d'Eurasie de l'Ouest (cf. Partie I, Chapitre 2 : fig. I.3). Les données de saisonnalité acquises au sein de cette unité indiquent que les chasses au Cerf se déroulaient plutôt pendant la mauvaise saison (automne et hiver/printemps), tandis que les analyses isotopiques du strontium menées sur plusieurs spécimens du Roc-de-Marsal (couches 4, 8 et 9) et de Pech-de-l'Azé IV (niveaux I2 et YZ) suggèrent que le Cerf des MIS 5 et 4 était relativement mobile, effectuant des déplacements saisonniers entre le Bassin aquitain et les régions plus montagneuses (e.g. Massif Central, Pyrénées) et/ou côtières (e.g. Golfe de Gascogne ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024). Il est possible que le Cerf ait vécu dans des régions éloignées une partie de l'année, avant de rejoindre les basses vallées (e.g. Vallée de la Dordogne) à la mauvaise saison, peut-être pour éviter les rigueurs de l'hiver. Quant au Chevreuil, les données de saisonnalité sont très limitées : nous savons qu'un épisode de chasse au moins s'est déroulé au cours de l'hiver ou du printemps. À l'heure actuelle, le Chevreuil est une espèce plutôt sédentaire et solitaire en contextes forestiers (Sempéré et al., 1996), qui peut former des regroupements (quelques dizaines d'individus) opérant des déplacements saisonniers opportunistes (généralement < 20 km), notamment dans les biotopes plus ouverts ou montagneux (e.g. Mysterud, 1999 ; Ramanzin et al., 2007). Les valeurs isotopiques du strontium suggèrent une relative

sédentarité pour cette espèce au cours du MIS 5 (Hodgkins et al., 2024), mais comme le soulignent ces derniers auteurs, cette hypothèse reste hautement spéculative, ne reposant que sur deux mesures isotopiques prises sur un seul spécimen du Roc-de-Marsal (couche 8), seul gisement à ce jour échantillonné pour le Chevreuil. Ces données apparaissent néanmoins assez cohérentes avec les profils de mortalité obtenus dans le cadre de notre étude (« Prime »), qui suggèrent plutôt une capture d'individus isolés.

Au sein de cette unité (PES n°2), le Cerf et le Chevreuil sont associés à une composante très minoritaire de Cheval (4,4%), de Renne (2,2%), de Sanglier (1,8%) et de Bovinés (0,9%). Si à l'heure actuelle le Sanglier fréquente plutôt les paysages tempérés eurasiatiques similaires à ceux privilégiés par le Cerf et le Chevreuil, le Renne, les Bovinés et le Cheval pourraient renvoyer un signal légèrement différent, potentiellement plus frais et/ou plus ouvert (cf. Partie I, Chapitre 2 : Écoéthologie et signal environnemental des principales espèces). Leur écologie actuelle est cependant mal connue en raison notamment d'une forte fragmentation de leurs habitats, mais nous savons que leur plasticité respective peut leur permettre d'occuper une large gamme d'environnements. Par exemple, les Bovinés et le Cheval sont régulièrement associés au Cerf-Chevreuil dans les assemblages moustériens (voir par exemple : Discamps et Royer, 2017) - y compris ceux de l'Antequina tardif (fig. IV.3) - et ils sont actuellement sympatriques sur certains territoires (e.g. forêt de Bialowesia : Kamler et al., 2007). La présence du Renne, en revanche, soulève des interrogations : elle pourrait témoigner de l'existence de paysages steppiques dans la région et/ou résulter d'une contraction de cette espèce dans des zones refuges plus favorables (e.g. zones montagneuses, boréales). Sur le site voisin de Combe-Grenal, le Cerf, le Renne et les Bovinés chassés à l'Antequina tardif (niveaux 36 à 27) seraient principalement « *grazers* », s'alimentant plutôt dans des paysages ouverts (Berlioz et al., 2023). Ce constat pourrait refléter les préférences néandertaliennes en matière de territoires de chasse, mais atteste surtout de la présence de paysages semi-ouverts à ouverts autour du site sur toute la période. Les analyses isotopiques menées sur les séquences de Pech-de-l'Azé IV (couches I2 et YZ) et de Roc-de-Marsal (couches 4, 8 et 9), ainsi que sur l'unité 22 de Jonzac, suggèrent que le Renne pourrait avoir opéré des mouvements saisonniers entre les bassins sédimentaires français (Bassin aquitain et Bassin parisien) tout au long des MIS 5 et 4, contrairement aux Bovinés et au Cheval qui seraient restés relativement sédentaires,

disponibles aux abords du site durant toute la période (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024). Néanmoins, il est nécessaire de rappeler que l'origine de ces trois taxons (Renne, Bovinés, Cheval) au sein de l'assemblage de la PES n°2 est encore sujette à interrogations et pourrait être en partie intrusive (cf. Partie III, c) *Redéfinir une méthode de redécoupage fiable*). De plus, ces interprétations sont à prendre avec prudence, car les Ongulés ne constituent pas des indicateurs environnementaux très précis en raison de leur forte plasticité écologique, notamment chez les cervidés. Il est donc important de garder à l'idée que leur présence dans les assemblages ne renvoie pas strictement à leurs habitats préférentiels mais pourrait refléter aussi leurs niches péri-optimales. Malgré ces nuances, le signal environnemental de cette unité présente de fortes similitudes avec celui des niveaux 8 et 9 sous-jacents (fig. IV.1), suggérant une certaine continuité écologique avec la période précédente.

À ce titre, l'analyse préliminaire des restes de petits mammifères par niveaux (5 à 7) et par unités PES (PES n°1, n°2 et indéterminée) – conduite par A. Royer sur la séquence du Roc-de-Marsal et à ce jour inédite (Annexe. IV.1) – apporte un nouvel éclairage. La microfaune constitue un marqueur particulièrement précis et local, tant les petits vertébrés sont sensibles aux fluctuations climatiques. Parmi les 21 vestiges de microfaune déterminés par A. Royer au sein de l'unité PES n°2, 16 appartiennent aux espèces *Arvicola amphibius* (n = 5) et *Microtus arvalis/agrestis* (n = 11), donnant un caractère relativement humide et tempéré à cette unité. Dans une moindre mesure, l'on note la présence de *Chionomys nivalis* (n = 1), des *Murinae* (n = 2) et *Talpa sp.* (n = 2), des espèces aujourd'hui plutôt inféodées aux environnements montagnards, et aux forêts mixtes et prairies tempérées eurasiatiques. Ainsi, comme le souligne A. Royer (Annexe. IV.1), la communauté de rongeurs fossiles identifiée au sein de la PES n°2 est relativement homogène et reflète un milieu plutôt humide et tempéré. En dépit de la taille restreinte des échantillons de microfaune analysés, ces données s'accordent plutôt bien avec le signal tempéré donné par la grande faune.

PES n°1 : un environnement plus froid, abritant des proies aux comportements contrastés ?

En termes de signal écologique, le spectre de faunes chassées de l'unité PES n°1 marque une rupture profonde avec la période précédente et les niveaux à caractère plus

« tempérés » sous-jacents (niveaux 8, 9 et unité PES n°2). Cette unité est nettement dominée par le Renne (plus de 75% de l'assemblage faunique), un taxon aujourd'hui associé à des environnements froids et ouverts, bien qu'il puisse occuper des milieux plus forestiers (e.g. taïga) ou montagnards (toundra et taïga alpine ; cf. Partie I, Chapitre 2, a) Principales espèces du corpus, « Le Renne »). À l'heure actuelle, les comportements migratoires du Renne sont très variables, celui-ci pouvant parcourir plusieurs milliers de kilomètres dans les environnements les plus contrastés (e.g. jusqu'à 5 000 km par an en Alaska : Fancy et al., 1989), contre seulement quelques dizaines dans certaines régions boréales (e.g. République de Carélie : Panchenko et al., 2025), montagnardes (e.g. Alpes norvégiennes : Panzacchi et al., 2013) ou insulaires (e.g. Renne du Svalbard : Tyler et Øritsland, 1989). Comme mentionné précédemment (cf. *supra*), les analyses isotopiques menées sur plusieurs spécimens du Roc-de-Marsal (couches 4, 8 et 9), de Pech-de-l'Azé IV (couches I2 et YZ) et de Jonzac (US 22), suggèrent que le Renne Nord-Aquitain migrait sur de longues distances de la fin du MIS 5 au début du MIS 3, se déplaçant probablement entre les bassins sédimentaires (Bassin aquitain et parisien), et n'étant que de passage en Dordogne (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024). Les nombreux indices de saisonnalité obtenus pour ce taxon au cours de notre étude indiquent des saisons de chasse restreintes, exclusivement concentrées sur le printemps (mars – avril) et l'automne, ce qui apparaît cohérent avec les données isotopiques et les possibles migrations biannuelles du Renne.

Ce taxon est associé aux Bovinés-Cheval en proportions plus réduites (8,4% et 10,2% des restes, respectivement), et à de faibles occurrences de Cerf-Chevreuril (3% et 1,9%). Contrairement à la PES n°2, nous n'avons pas identifié d'indices suggérant des intrusions ou des mélanges de niveaux significatifs dans cette unité. Il est donc plausible que le Cerf et le Chevreuril aient persisté dans la région après la dégradation climatique – comme l'atteste leur présence dans d'autres séquences de Dordogne tout au long du MIS 4 (e.g. Pech-de-l'Azé IV, Combe-Grenal : Delpech, 1996 ; Niven et Martin, 2017). Les données actuellement disponibles sur l'écologie alimentaire ou migratoire du Chevreuril Nord-Aquitain au cours du MIS 4 sont très limitées. Les analyses de texture de micro-usure dentaire indiquent que le Cerf chassé à Combe-Grenal aurait maintenu sa diète dans des paysages relativement ouverts (« *grazer* ») tout au long du MIS 4 jusqu'au MIS 3, tandis que le Renne aurait eu tendance à complexifier son alimentation au cours du MIS

4, témoignant de l'existence continue d'une végétation ligneuse aux côtés des plantes herbacées (Berlioz et al., 2023). Les données isotopiques apparaissent, quant à elles, beaucoup plus limitées pour le Cerf, puisque les seules informations dont nous disposons proviennent de la couche 4 sus-jacente du Roc-de-Marsal, et ne documentent aucun déplacement vers des régions plus éloignées (voir Hodgkins et al., 2024). Toutefois, ces données se réfèrent au Moustérien Quina (couche 4), sous des environnements potentiellement différents, peut-être corrélables au pic de froid du stadiaire d'Heinrich 6 (Sánchez-Góñi et al., 2008 ; 2013 ; Fletcher et al., 2010), ayant éventuellement pu conduire à des changements de comportements chez certaines proies. Par ailleurs, elles ne reposent que sur trois mesures d'un même spécimen (M1), ce qui les rend, à ce stade, trop limitées pour permettre de discuter du domaine vital et de la disponibilité du Cerf dans les contextes rigoureux du MIS 4. Quant aux Bovinés et au Cheval, ils seraient restés, d'après les analyses isotopiques (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024) relativement sédentaires et disponibles aux abords du site tout au long du MIS 4 (cf. *supra*).

Au total, 114 restes de micromammifères ont été déterminés par A. Royer au sein de cette unité, dont l'essentiel appartient aux taxons *Microtus arvalis/agrestis* (n = 77), *Arvicola amphibius* (n = 13), et *Talpa sp.* (n = 11), également identifiées dans l'unité PES n°2 (cf. *supra*). L'une des particularités de cette unité, par rapport à la période précédente (PES n°2), tient de l'apparition d'une nouvelle espèce particulièrement inféodées aux paysages rigoureux de la taïga et de la toundra sibérienne : *Lasiopodomys gregalis* (Campagnol des hauteurs, n = 7), qui étaient totalement absentes de l'unité PES n°2. Comme le souligne A. Royer (Annexe IV.1), la présence du Campagnol des hauteurs dans cette unité est particulièrement intéressante, ce taxon étant bien représenté en Charentes – où le climat serait plus sec (Discamps et Royer 2017) – mais quasiment absent de la région Périgord au cours des MIS 4 – 3. Quoi qu'il en soit, le signal renvoyé par cette communauté de rongeurs reflèterait des milieux plutôt ouverts et steppiques et s'accorde plutôt bien avec les données disponibles pour les Ongulés.

Transition entre ces deux « pôles » fauniques : quelles dynamiques ?

Les enregistrements polliniques fournis par la carotte MD04-2845 prélevée au large du Golfe de Gascogne (bassins versants Adour, Garonne et Loire) permettent de

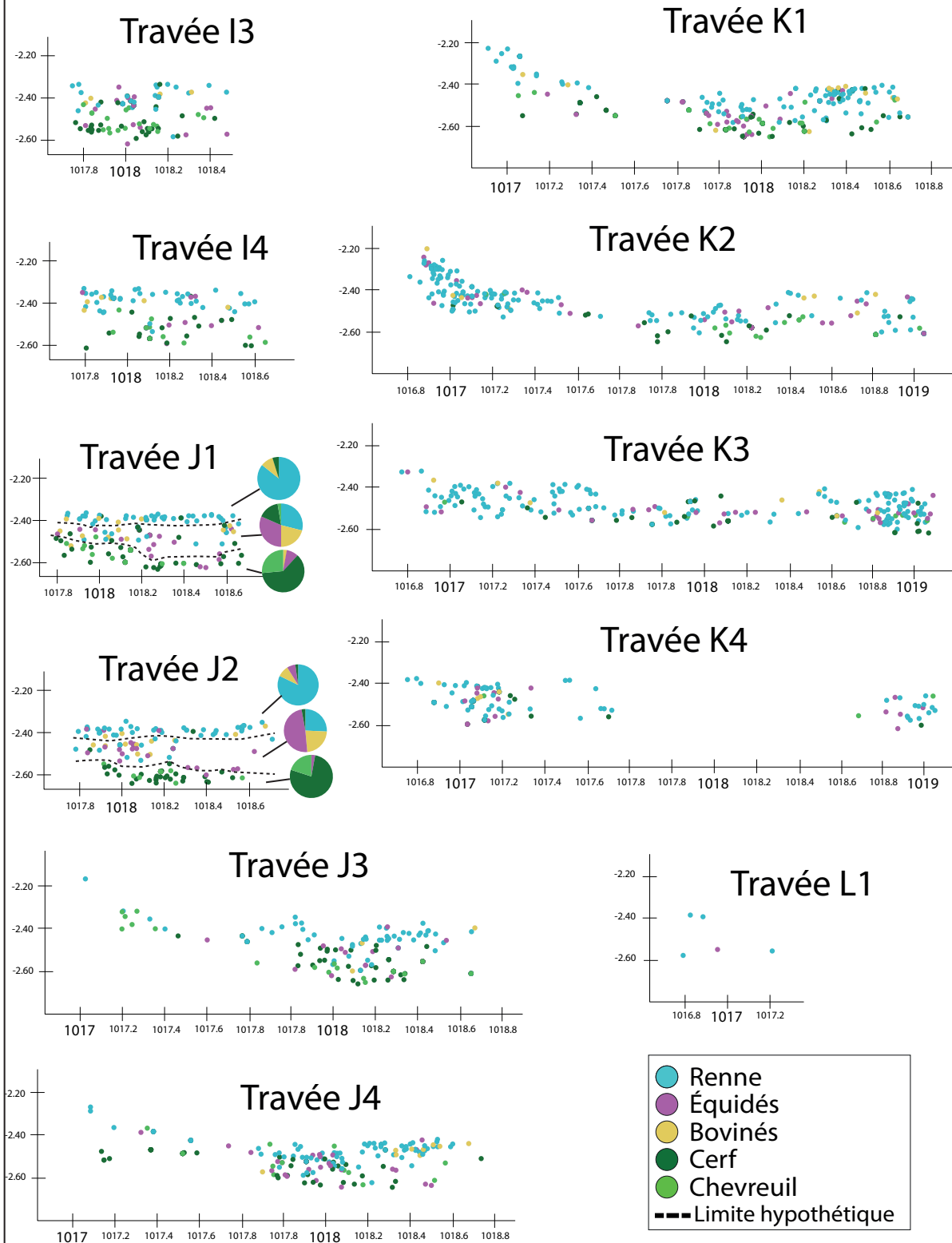
dresser un panorama général de l'évolution du couvert végétal du Sud-Ouest de la France au cours des MIS 5 à 3 (Sánchez-Goñi et al., 2008 ; 2013 ; Fletcher et al., 2010). D'après cette séquence, la première moitié du MIS 4 verrait l'expansion des forêts boréales (jusqu'à 50 % du spectre pollinique) et des steppes, au détriment de la forêt atlantique qui dominait jusqu'alors les paysages du MIS 5. Cette période coïncide, en Dordogne, avec les enregistrements fauniques complexes dominés par l'association Renne-Cerf-Chevreuil, qui étaient au cœur de notre étude. À l'heure actuelle, le Renne et le Cerf-Chevreuil ne sont sympatriques que dans certains biotopes bien spécifiques, notamment ceux de taïga (cf. Partie I, Chapitre 1, b) Renne vs. Cerf-Chevreuil : des espèces peu compatibles ?). Cette situation a conduit plusieurs auteurs (Guérin et al., 2012 ; 2017 ; Hodgkins, 2012 ; Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017) à proposer l'hypothèse d'une sympatrie passée entre ces trois espèces, permise par l'augmentation des essences boréales, propices à leur cohabitation dans les paysages de la première moitié du MIS 4. Une telle situation pourrait avoir des implications profondes pour les chasseurs néandertaliens : quels comportements cynégétiques auraient-ils adoptés dans des paysages offrant une diversité de proies aux comportements et à la disponibilité potentiellement très différent(e)s ? C'est dans cette optique que nous avons entrepris cette étude, et nous avons pu démontrer qu'au Roc-de-Marsal, aucun enregistrement ne livrait en réalité de telles associations fauniques.

La question demeure néanmoins encore incertaine pour d'autres séquences régionales (e.g. Pech-de-l'Azé IV, Combe-Grenal), qu'il sera nécessaire d'interroger *via* l'application de méthodes similaires. Si les recherches futures menées sur d'autres séquences venaient à prouver l'existence passée de ces faunes « composites », cela voudrait dire qu'elles n'ont pas fait l'objet d'un enregistrement au Roc-de-Marsal. Dans ce cas, soit le gisement n'aurait pas été occupé lors de la transition climatique (i.e. hiatus d'enregistrement), soit le spectre de faunes de l'unité PES n°1 et/ou de l'unité PES n°2 reflète une sélection ciblée dans des environnements où les trois espèces étaient disponibles. Le signal donné par les communautés de rongeurs des PES n°1 et n°2 (étude A. Royer) tend à appuyer la première hypothèse (i.e. hiatus d'enregistrement), mais cette analyse repose sur des échantillons restreints. Pour y répondre, il sera sans doute nécessaire d'analyser d'autres séquences, mais aussi d'affiner la chronologie absolue du Roc-de-Marsal par la réalisation de nouvelles séries de datations.

Un dernier élément laissé en suspens lors de l'analyse des résultats peut néanmoins être discuté ici. L'analyse spatiale menée dans le cadre de cette étude avait révélé des zones de concentration de Bovinés-Chevaux, parfois situées à l'interface entre les PES n°2 et n°1 (cf. Partie III, Chapitre 1, c) Définir une méthode de redécoupage PES fiable). Pour rappel, leur distribution sous forme tantôt de points isolés tantôt de grappes plus ou moins éparées, n'a pas permis de définir une PES supplémentaire. Pour approfondir cette question, des projections en coupes frontales de 25 cm d'épaisseur sont présentées (fig. IV.5), en complément des projections sagittales précédemment fournies (fig. III.22). Elles confirment qu'aucune zone intermédiaire distincte de Bovinés-Chevaux ne se dégage clairement. Toutefois, dans certaines travées (J1, J2, I2), une augmentation de la proportion de ces deux taxons est observée en milieu de séquence, entre un ensemble inférieur à Cerf-Chevreuril (attribuable à la PES n°2) et un ensemble supérieur à Renne (attribuable à la PES n°1 ; fig. IV.5). Cette observation soulève une hypothèse alternative quant aux modalités de remplacement faunique. Dans ce scénario, la succession stratigraphique ne suivrait pas un passage direct du Cerf-Chevreuril au Renne, mais s'organiserait en trois étapes : un premier niveau essentiellement dominé par le Cerf-Chevreuril, une phase transitoire marquée par une augmentation relative des Bovinés-Chevaux et du Renne dans certains secteurs seulement (occupation plus brève ?), un niveau supérieur caractérisé par une nette prédominance du Renne. Ce schéma trouve un écho dans plusieurs séquences régionales, où la part des Bovinés-Chevaux semble augmenter à la transition, associée à ces faunes « composites » précédemment discutées (e.g. Pech-de-l'Azé IV, niveaux 5A et 5B : fig. IV.3). Des études corrélant différents proxies environnementaux au cours du temps ont mis en évidence plusieurs épisodes d'augmentation relative des Bovinés et/ou du Cheval aux dépens du Cerf-Chevreuril au sein de certaines séquences Ante-Quina de la région (e.g. Bourgeois-Delaunay, Pech de l'Azé II : Discamps et al., 2011). Cette situation serait systématiquement corrélée à des changements dans les signaux polliniques, marqués notamment par une diminution des forêts atlantiques, au bénéfice de la forêt boréale et/ou des essences steppiques (*ibid.*). Au Roc-de-Marsal, l'augmentation des Bovinés et du Cheval à l'interface entre les unités PES n°1 et n°2, une période qui pourrait peut-être coïncider avec la première moitié du MIS 4, apparaît cohérente avec l'expansion des forêts boréales et de la steppe qui caractérise cette

période (Sánchez-Góñi et al., 2008 ; 2013 ; Fletcher et al., 2010), attestant peut-être de conditions plus fraîches mais pas aussi rigoureuses que celles de la seconde moitié du MIS 4 (stadiaire H6 ?). Ces interprétations restent délicates et hautement spéculatives, car aucune de ces séquences n'a encore été étudiée avec les mêmes méthodes, et toutes présentent actuellement des biais majeurs (Pech-de-l'Azé IV et Combe-Grenal : spectres biaisés sous-estimant les cervidés, Vaufrey et Regourdou : mélanges stratigraphiques fortement suspectés). Des recherches futures menées sur ces sites avec des méthodologies plus fines pourraient apporter des éléments de réponse pour mieux comprendre cette transition faunique.

Distribution spatiale des espèces des PES n°1 et n°2 - secteur grotte (Projections frontales de 25 cm d'épaisseur)



Distribution spatiale des espèces des PES n°1 et n°2 - Secteur terrasse (Projections frontales de 25 cm d'épaisseur)

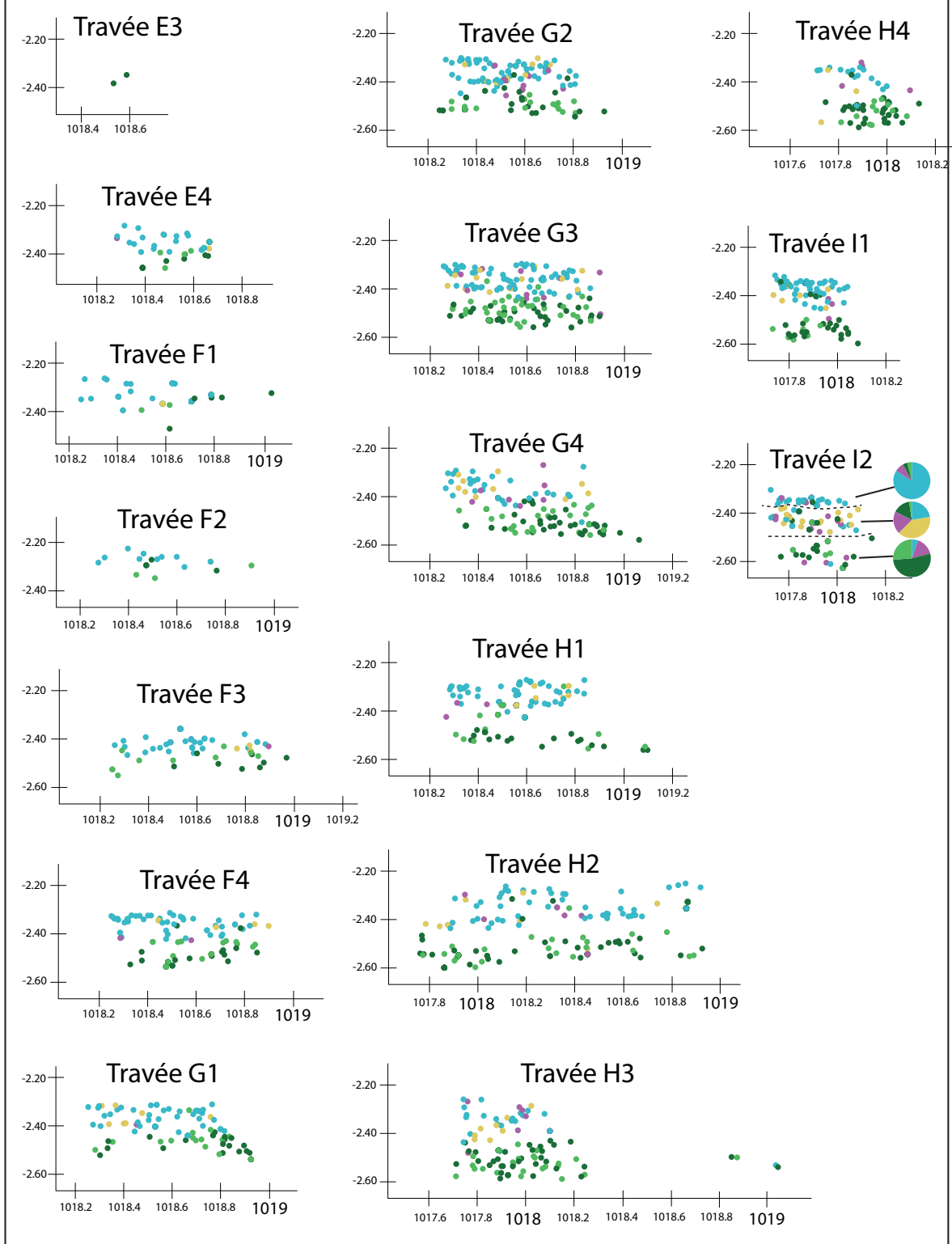


Figure IV.4 : Projections en coupe frontale des vestiges coordonnés déterminés taxinomiquement appartenant aux 5 espèces principales du corpus (Renne, Bovinés, Cheval, Cerf, Chevreuil).

c) Intégration de la séquence du Roc-de-Marsal dans le cadre chrono-environnemental régional

La redéfinition stratigraphique des couches 5, 6 et 7 du Roc-de-Marsal en deux ensembles seulement (PES n°1 et n°2) complique fortement l'interprétation des datations précédemment réalisées sur ces niveaux (Guérin et al., 2012 ; 2017), lesquelles seront rediscutées plus en détail ci-après (cf. *infra*). Dans ce contexte, les analyses de matériel osseux (C.D. sur la grande faune, A.R. sur la microfaune) pourraient constituer des indicateurs pertinents pour tenter de replacer cette séquence au sein du cadre chrono-environnemental régional.

Des travaux de synthèse régionale ont montré qu'il existait une forte corrélation entre l'évolution des spectres de faunes chassées par les néandertaliens du Nord du Bassin aquitain et les fluctuations climatiques enregistrées au cours des MIS 5 et 4 (Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017). Ces études suggèrent, d'une part, que les transformations climatiques du MIS 4 ont profondément modifié les écosystèmes animaux, et d'autre part, que les néandertaliens adaptaient leurs stratégies de subsistance à la disponibilité des ressources animales, conduisant à la formation d'assemblages fossiles relativement peu affectés par des choix sélectifs.

Au Roc-de-Marsal, cette dernière hypothèse semble confortée par la convergence des signaux fournis par les registres fauniques : le signal environnemental reflété par les associations de micromammifères, en dépit d'échantillons restreints, fait écho à celui observé pour la grande faune, et ce quelle que soit l'unité (PES n°1 et n°2). En croisant plusieurs proxies environnementaux indépendants (macrofaune, microfaune, données palynologiques, températures de surface océanique) et des repères chronologiques relativement robustes (datations absolues et modélisations bayésiennes), ces auteurs (Discamps et al., 2011 ; Discamps et Royer, 2017) ont proposé des modèles de reconstruction paléoenvironnementale pour le Sud-Ouest de la France. En Dordogne, la séquence suivante a été proposée :

- Les assemblages à faunes dites « tempérées » (essentiellement composées de Cerf-Chevreuril) seraient corrélables au MIS 5.

- Les assemblages « composites » (fortes proportions de Renne-Cerf-Chevreuil, avec augmentation graduelle de la part de Renne) seraient attribuables à la transition MIS 5 – 4, voire au début du MIS 4.
- Les assemblages dominés par le Renne et associés au Moustérien Quina se situeraient plutôt dans la seconde moitié du MIS 4 (voir fig. I.2).

Au Roc-de-Marsal, les données issues du matériel faunique suggèrent que les PES n°1 et n°2 furent enregistrées dans des contextes climatiques distincts : au regard des modèles paléoenvironnementaux proposés (cf. *supra*), la PES n°2 serait attribuable à une période antérieure à la dégradation climatique du MIS 4, possiblement à la fin du MIS 5, tandis que la PES n°1 reflèterait des conditions plus rigoureuses, sans doute au cours du MIS 4. Néanmoins, cette hypothèse reste encore provisoire à ce stade.

Elle s'écarte partiellement du modèle proposé par G. Guérin et ses collaborateurs (2012 ; 2017) au Roc-de-Marsal, qui situent les niveaux 9, 8 et 7 à Cerf-Chevreuil dominant dans la première moitié du MIS 4, associés aux environnements de taïga-steppe caractérisant la période (Sánchez-Goñi et al., 2008 ; 2013 ; Fletcher et al., 2010), les niveaux 6 et 5 à la toute fin du MIS 4 ou à la transition MIS 4 – 3, et les niveaux Quina sus-jacents (couches 4, 3 et 2) au cours du MIS 3 (autour de 49 ka, corrélable au stadaire d'H5). S'il s'avérait que la PES n°2 était effectivement rattachable au MIS 5, comme tendent à le suggérer nos données (signal plutôt tempéré), alors les niveaux 8 et 9 sous-jacents ne pourraient dater du MIS 4.

À ce titre, le niveau 7 avait fait l'objet de trois mesures (deux par la méthode OSL sur quartz non chauffé et une TL sur silex chauffé), dont seule la datation TL sur silex chauffé fut retenue : 74.8 ± 6.2 ka (Guérin et al., 2012). Or prise individuellement, cette date tend davantage à rapprocher le niveau 7 de la fin du MIS 5. Pour rappel, une part importante des vestiges de la couche 7 a été réattribuée à la PES n°2 (environ 80% ; tab. III.4), ce qui renforce la probabilité que cette datation soit représentative de l'unité PES n°2. Toutefois, il est important, à ce stade, de rester prudent : ne disposant pas de l'ID (carré, n° d'objet), les coordonnées spatiales de ce vestige lithique nous sont inconnues et il ne peut être replacé précisément au sein d'une unité PES. De plus, les unités PES nouvellement définies dans ce travail ne peuvent, à ce jour, être considérées comme

opérantes que pour la faune. Quoi qu'il en soit, cette datation soutient une attribution du niveau 7 – et peut-être par extension de la PES n°2 – à la fin du MIS 5, ce qui reste cohérent avec les hypothèses avancées ici.

En ce qui concerne l'unité PES n°1, nos données suggèrent un enregistrement après la dégradation climatique, probablement au cours du MIS 4. Cette hypothèse ne contredit pas les interprétations de G. Guérin et ses collaborateurs (2012 ; 2017), qui proposent de replacer les niveaux Quina sus-jacents au cours du MIS 3, autour de 49 ka. Toutefois, il est important de rappeler que les âges obtenus pour les niveaux 6, 5, 4, 3 et 2 (voir fig. IV.5) apparaissent particulièrement jeunes au regard de certaines séquences régionales, qui placent les assemblages Quina plutôt dans la seconde moitié du MIS 4 voire jusqu'au début du MIS 3, autour de 65 – 60 ka (e.g. Pech de l'Azé IV : McPherron et al., 2012 ; Richter et al., 2013a ; Jankowski, 2017 ; Jonzac : Maureille et al., 2010 ; Richter et al., 2013b ; La Quina : Frouin et al., 2017 ; voir également : Discamps et al., 2011 ; Morin et al., 2014 ; Discamps et Royer, 2017). Toutefois, si ces datations venaient à être confirmées par la suite, elles ne feraient pas nécessairement figure d'exception (e.g. faciès 4a et 4b des Pradelles : Frouin et al., 2017).

Dans tous les cas, notre étude remet sérieusement en question les analyses de matériel par « niveaux de terrain » pour ce site. Dans cette optique, l'obtention de nouvelles séries de datations s'avèrerait prometteuse, mais nous recommandons en priorité une réévaluation d'autres registres, notamment le matériel lithique, en s'appuyant sur les méthodes des *Post-Excavation Stratigraphies*. Cette approche permettrait sans doute d'affiner encore davantage notre compréhension de la séquence et d'obtenir des repères chronologiques plus robustes.

Proposition d'intégration de la séquence du Roc-de-Marsal dans le cadre chrono-environnemental régional

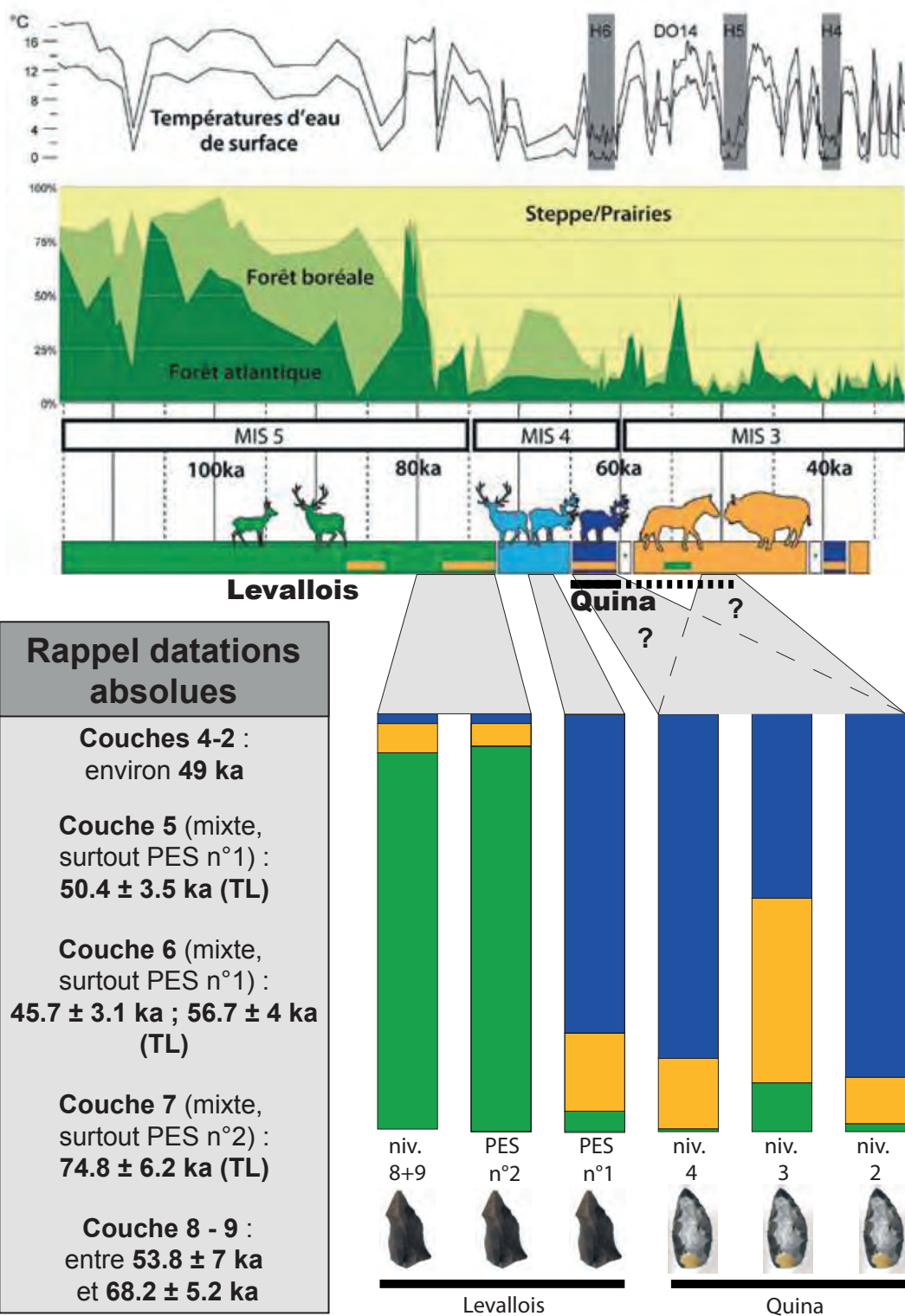


Figure IV.5 : Intégration hypothétique de la séquence du Roc-de-Marsal dans le cadre chrono-environnemental régional. D'après Soulier et Costamagno (2018), modifié.

Chapitre 2 – Exploitation du gibier, mobilité et gestion du territoire à la transition MIS 5-4

a) Sélection des proies

Des différences notables apparaissent entre les unités PES n°1 et n°2, à la fois en termes de spectres de faunes chassées (cf. *supra*) et de stratégies de sélection des individus. Ces disparités pourraient refléter des tactiques de chasse et des dynamiques territoriales distinctes.

Au sein de la PES n°1, le Renne apparaît, de loin, comme la proie principale, avec plus de 75% des restes identifiés lui appartenant. Ce taux rappelle certains assemblages Quina nord-aquitains, où le Renne dépasse quasi-systématiquement les 80 % des restes (e.g. 89,7% et 78,1% aux Pradelles, couches 9 et 10 : Costamagno et al., 2006 ; 80,7% à Jonzac, US-22 : Niven et al., 2012 ; 94,3%, 83,3% et 90,8% à Pech-de-l’Azé IV, couches 4C, 4B et 4A : Niven et al., 2013 ; 82,4% au Roc-de-Marsal, couche 4 : Castel et al., 2017 ; voir aussi Discamps et Royer, 2017 ; Rendu et al., 2023), excepté à Combe-Grenal, probablement en raison des biais de collecte déjà évoqués pour ce site (voir : Discamps et Faivre, 2017). Le nombre minimum d’individus (NMI) dentaire est de 7, mais en intégrant le matériel osseux, il grimpe à 17 (NMI donné par le métatarse à partir du NDE). Ce chiffre est probablement sous-évalué, les collections étudiées ne couvrant qu’un tiers du site ; il peut être estimé, par extrapolation, à 51 pour l’ensemble du gisement⁴⁵ (contre un NMI extrapolé de 230 pour la couche 4 sus-jacente : Castel et al., 2017). Le profil de mortalité suit un schéma catastrophique (« JPO »), caractéristique d’abattages ciblant des populations entières (e.g. troupeaux de rennes), ou de chasses non-sélectives répétées. Les analyses isotopiques menées au Roc-de-Marsal (couches 4, 8 et 9 : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024), à Pech-de-l’Azé IV (couches I2 et YZ : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024) et à Jonzac (US-22 : Britton et al., 2011) suggèrent que la disponibilité du Renne Nord-aquain était marquée par de fortes saisonnalités au cours des MIS 5 et 4, celui-ci migrant probablement sur de longues distances entre les bassins sédimentaires français, un comportement qui se rapproche de l’écotype actuel

⁴⁵ 17 (NMI) x 3 (ensemble du gisement) = 51

de toundra (Britton et al., 2011). Notre étude a identifié deux saisons de chasse pour ce taxon (PES n°1) : l'une à l'automne (cémento-chronologie) et l'autre au printemps (mars-avril, mesures sur restes de fœtus), ce qui pourrait concorder avec les migrations biannuelles du Renne. Ce schéma de mortalité catastrophique du Renne associé à des saisons de chasse restreintes rappelle étroitement celui observé sur plusieurs sites Quina Nord-aquitains – même si les saisons documentées ne sont pas toujours les mêmes (e.g. automne et printemps-été au Roc-de-Marsal : Castel et al., 2017 ; automne et printemps aux Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012 ; Soulier, 2008 ; automne à Jonzac : Niven et al., 2012) –, mais aussi dans d'autres régions, au sein d'assemblages moustériens à Renne dominant qui ne sont pas forcément associés à la technologie Quina (e.g. automne à l'Abri du Maras : Daujeard et al., 2019 ; automne à Salzgitter-Lebenstedt : Gaudzinski et Roebroeks, 2000).

En complément du Renne, les Bovinés et le Cheval, et dans une moindre mesure le Cerf-Chevreuril, ont été exploités. Toutefois, leurs échantillons sont trop restreints pour permettre une analyse précise du mode de prélèvement de ces ressources animales. Les données isotopiques (Pech-de-l'Azé IV : couches I2 et YZ ; Roc-de-Marsal : couches 4, 8 et 9) indiquent que les Bovinés et le Cheval pouvaient être disponibles annuellement aux alentours du site au cours des MIS 5 et 4 (Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024). Leur acquisition a peut-être nécessité une anticipation moins rigoureuse, ces deux taxons ayant pu constituer une ressource complémentaire lorsque le Renne n'était plus disponible. W. Rendu et ses collaborateurs (2023) ont montré que la contribution réelle de grands Ongulés à l'alimentation pouvait être sous-estimée si l'on ne prend en compte que le nombre de restes (%NR). La figure IV.6 met en évidence une différence notable de la représentativité du Renne, des Bovinés, du Cheval et du Cerf de la PES n°1, selon que l'on s'appuie sur le %NR de ces taxons (à gauche) ou sur l'estimation de leur poids de viande (à droite). Ainsi au Roc-de-Marsal, comme à Jonzac (US-22 : Rendu et al., 2023), les grands Ongulés (Bovinés et Cheval) ont pu constituer une ressource de premier ordre, surpassant même à eux deux le Renne en termes de quantité de viande consommable.

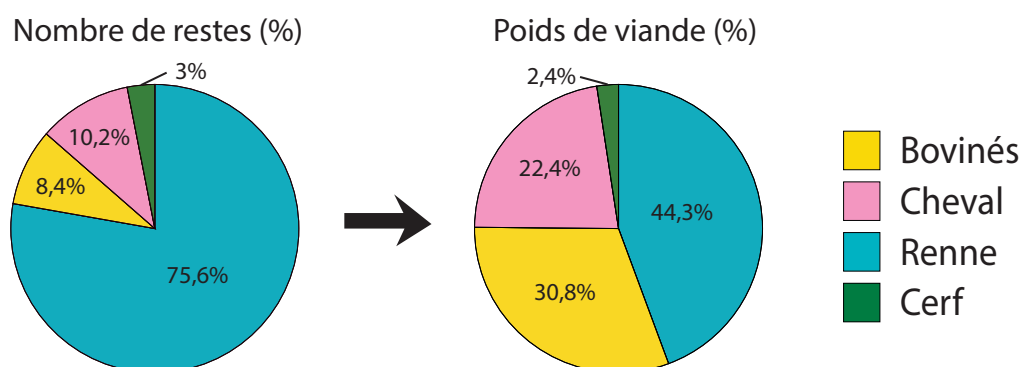


Figure IV.6 : Spectre faunique de l'unité PES n°1 exprimé en %NR (à gauche) et en % de poids de viande (à droite).

Au sein de la PES n°2, le Cerf et le Chevreuil dominent le spectre à plus de 90% (respectivement, 50,5 % et 39,7 % des restes). Les NMI dentaires respectifs sont de 8 et 7, sans réévaluation après intégration du matériel osseux. Lorsqu'ils sont extrapolés à l'ensemble du site (multiplié par 3), ces effectifs atteignent respectivement 24 et 21. Les données de saisonnalité obtenues sur ces deux taxons sont relativement minces : deux épisodes de chasse au moins ont été identifiés pour le Cerf (automne et hiver/printemps : cémentochronologie et présence de fœtus), et un seul pour le Chevreuil (hiver/printemps : présence de fœtus). Les analyses isotopiques menées au Roc-de-Marsal (couches 9, 8 et 4) et à Pech-de-l'Azé IV (couche YZ) suggèrent que le Cerf des MIS 5 et 4 effectuait des mouvements saisonniers (altitudinaux, ou en direction des zones côtières), ce qui aurait pu limiter la disponibilité de cette ressource dans le temps, tandis que le Chevreuil du MIS 5 serait resté plus sédentaire (Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024). Mais pour rappel, et comme le soulignent ces derniers auteurs, les échantillons sur lesquels reposent ces interprétations restent relativement faibles pour le Cerf (Pech-de-l'Azé IV, couche YZ : n = 2 ; Roc-de-Marsal, couche 9 : n = 2 ; couche 8 : n = 2 ; couche 4 : n = 1), et surtout le Chevreuil (n = 1, Roc-de-Marsal, couche 8). Les indices de saisonnalité obtenus pour le Cerf (automne et hiver/printemps) de la PES n°2 pourraient éventuellement concorder avec une exploitation saisonnière de ce taxon. À l'heure actuelle, le Cerf vit essentiellement en petits groupes, voire parfois de manière solitaire, mais peut parfois s'agréger en groupes plus importants, voire en troupeaux de plusieurs dizaines d'individus, notamment en fonction des conditions environnementales et climatiques (e.g. Hebblewhite et Pletscher, 2002 ; Creel et Winnie, 2005). À ce stade, nos

données ne permettent pas de statuer avec certitude sur les modes de prélèvement du Cerf : la mortalité catastrophique observée pour ce taxon au sein de la PES n°2 (NMI juvéniles = 4 ; NMI adultes = 3 ; NMI séniles = 1) pourrait aussi bien traduire des abattages sur des groupes constitués, que des chasses répétées sur des individus isolés reflétant à terme des structures de population vivantes.

Le profil d'abattage du Chevreuil livre un résultat particulièrement intéressant, puisque tous les individus décomptés dans la PES n°2 (NMI = 7) et dans la PES indéterminée (NMI = 3) sont des adultes dans la force de l'âge. Seuls 6,2 % des 355 restes osseux non-dentaires attribués à ce taxon présentent une texture caractéristique des juvéniles / subadultes, ce qui est très faible. Ces données suggèrent des stratégies d'acquisition particulièrement sélectives chez ce taxon, focalisées sur l'acquisition d'individus à haut rendement. À l'heure actuelle, le Chevreuil est une espèce assez sédentaire et solitaire, qui peut toutefois procéder à de plus grands rassemblements – notamment en milieux ouverts - et effectuer des migrations de quelques kilomètres en fonction, notamment, de la rigueur du climat (e.g. Cederlund, 1983 ; Myserud, 1999). Malheureusement, les informations sur l'écologie de ce taxon au cours du MIS 5 restent encore très limitées (cf. *supra*), mais l'acquisition ciblée d'individus dans la force de l'âge tend plutôt à indiquer des chasses sur des individus isolés, probablement non-collectives.

Le Cerf et le Chevreuil sont faiblement associés aux Chevaux, au Renne, et dans une moindre mesure aux Bovinés et au Sanglier, d'autant que l'origine de certains taxons (notamment le Renne, et possiblement les Bovinés-Chevaux) pourrait être intrusive (cf. *Partie III, Chapitre 1, c - Définir une méthode de redécoupage PES fiable*). Néanmoins, il est intéressant de noter que tous les individus identifiés pour le Sanglier, les Bovinés et les Chevaux (NMI respectifs = 1) sont des adultes dans la force de l'âge, ce qui pourrait éventuellement traduire une sélection similaire à celle observée pour le Chevreuil. Il est également notable que le Roc-de-Marsal (PES n°2 : notre étude) et Pech-de-l'Azé IV (niveaux 5A à 8 : Niven et Martin, 2017), qui sont à notre connaissance les seules séquences Ante-Quina pour lesquelles nous disposons de données sur le recrutement des individus, livrent des résultats extrêmement similaires, avec une acquisition ciblée sur les adultes dans la force de l'âge.

b) Dépeçage et transport des parties

Les stratégies de transport apparaissent relativement proches dans les deux unités, avec une tendance majeure qui se dégage : la forte sous-représentation des éléments axiaux, indépendamment du taxon. La présence significative de restes spongieux au sein des deux assemblages laisse penser que ces éléments n'ont pas été particulièrement détruits. Si le squelette axial avait été ramené sur le site, il aurait sans doute été identifié aux côtés des fragments d'extrémités articulaires, au moins sous forme d'esquilles indéterminables taxinomiquement dans les refus de tamis. Or, les fragments axiaux ne représentent que 10,5 % (PES n°1) et 5,7 % (PES n°2) des restes indéterminés. Ces faibles proportions indiquent vraisemblablement, dans la majeure partie des cas mais pas toujours, un abandon du squelette axial en amont, par exemple sur le site d'abattage.

Les crânes et mandibules sont présents, mais leur représentation varie selon les taxons et les unités. Dans la PES n°1, la mandibule est bien représentée chez le Renne et le Cheval (PES n°1), tandis que pour les Bovinés, ce sont les crânes qui ont été le plus souvent transportés. Dans la PES n°2, le crâne et la mandibule pourraient avoir été régulièrement ramenés pour le Cerf et le Chevreuil. L'introduction des crânes et des mandibules indique que les abats (langue, cerveau) ont pu aussi influencer certains choix de transport, à moins qu'il ne faille chercher des considérations non-alimentaires (e.g. trophées, comportements symboliques ; voir Baquedano et al., 2022 au sujet des accumulations de crânes de grands Ongulés).

Les membres, incluant des parties non-charnues mais riches en moelle comme les métapodes, semblent avoir été systématiquement transportés. En revanche, les extrémités inférieures des pâtes (os courts, phalanges) sont souvent déficitaires, excepté pour le Cerf et le Chevreuil (PES n°2) où elles sont mieux représentées. Ces portions, résistantes et facilement identifiables, ont probablement été abandonnées sur le site d'abattage ou emportées (e.g. attachées aux peaux) plutôt que détruites ou sous-évaluées. Les traces de désarticulation sont rares, notamment en raison d'une sous-représentation des extrémités articulaires déterminées, ce qui limite les discussions sur les différentes étapes de désarticulation et de la segmentation éventuelle de cette activité dans le temps et dans l'espace.

De manière générale pour ces deux unités (PES n°1 et n°2), les choix de transport effectués semblent avoir été largement influencés par l'exploitation de la moelle (en termes de quantité, mL) et des acides gras insaturés (UMI : voir Morin, 2007). Cette sélection rigoureuse et répétée des parties ramenées sur le site, en faveur des graisses animales de bonne qualité et d'éléments à haut rendement, fait écho aux stratégies documentées chez certaines populations subactuelles dont l'économie de subsistance repose essentiellement sur l'exploitation du Renne (e.g. Nunamiut, voir Morin, 2007). Ces schémas apparaissent particulièrement bien adaptés à des conditions rigoureuses et à des chasses de grande envergure, contraintes que nous suspectons au Roc-de-Marsal (PES n°1), bien qu'il soit important de rappeler qu'ils sont aussi observés lors de périodes paléolithiques plus clémentes (voir par exemple : Chevallier, 2015 pour l'Azilien), comme l'illustre d'ailleurs l'enregistrement de la PES n°2.

Les données de comparaison sont relativement limitées pour la période AnteQuina du Nord du Bassin aquitain. Les seuls assemblages ayant fait l'objet de publications détaillées sur les stratégies de transport suggèrent des comportements relativement flexibles : stratégie de type *bulk* au Roc-de-Marsal (couche 9) et stratégie *unconstrained* au Pech-de-l'Azé IV (couche YZ ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016). Dans ces niveaux, les choix de transport ne seraient pas influencés par la recherche de moelle ou d'acides gras insaturés (Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016), mais l'absence de données brutes – en particulier les valeurs de *rho* et de *p-value* – limitent la portée des comparaisons. À l'inverse, le niveau 6A (AnteQuina) du Pech-de-l'Azé IV reflète des choix largement influencés par la quantité de viande et de moelle (SFUI, $\rho = 0,84$; $p\text{-value} = 0,01$) et par la teneur en acides oléiques (UMI, $\rho = 0,88$; $p\text{-value} = 0,05$: Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017).

Le transport préférentiel des éléments les plus riches en moelle et acides gras insaturés semble, en revanche, constituer une pratique plus récurrente au Moustérien Quina. Ce comportement est attesté par les corrélations positives entre le %MAU et l'UMI observées au Roc-de-Marsal (couche 4, $\rho = 0,96$; $p\text{-value} < 0,001$: Castel et al., 2017), à Pech-de-l'Azé IV (couche 4C, $\rho = 0,84$; $p\text{-value} = 0,05$: Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017), ou encore, entre le %MAU et la quantité de moelle aux Pradelles (niveaux 9 et 10 : $\rho = 0,88$; $p\text{-value} < 0,01$: Costamagno et al., 2006). En fait, dans les assemblages Quina Nord-aquitains, le squelette axial (vertèbres, côtes) – de faible

teneur en moelle et acides oléiques – apparaît souvent déficitaire (*op. cit.*). L'US-22 du site de Jonzac pourrait ici faire figure d'exception (Niven et al., 2012), ce qui s'explique par la fonction de ce site, interprété comme un lieu de boucherie situé à proximité immédiate du *kill site*. Ces données seront réexaminées, ci-après, dans le cadre de la discussion sur la fonction du site du Roc-de-Marsal.

c) Consommation alimentaire des carcasses

En raison de l'absence quasi-systématique des parties axiales, certains gestes n'ont pu être documentés avec précision (e.g. éviscération, décharnement du tronc). Toutefois, les nombreuses traces anthropiques présentes sur les restes fauniques apportés au Roc-de-Marsal permettent de documenter une partie des gestes bouchers néandertaliens des PES n°1 et n°2. Dans ces deux unités, la consommation de viande est très bien attestée et concerne tous les éléments squelettiques livrant un échantillon suffisant (essentiellement, les os longs charnus, la scapula et la mandibule). Les stries de boucherie présentes sur les os longs charnus, majoritairement liées à la décarnisation, sont particulièrement abondantes (PES n°1 = 45,4 % des 1346 fragments, PES n°2 = 40,3 % des 600 fragments). Ces taux dépassent ceux observés pour les os longs charnus de Renne de la couche 4 (Quina) du Roc-de-Marsal (20,3 % des fragments en portent : Castel et al., 2017 ; Annexe IV.2), mais cet écart pourrait éventuellement provenir des contraintes d'étude déjà évoquées. De manière générale, les taux d'os longs portant au moins une strie de boucherie semblent plus élevés dans les assemblages du Moustérien Quina que dans ceux couvrant la période antérieure (Annexe IV.2). Ce qui ressort ici de manière notable, c'est que les taux observés dans les PES n°1 et n°2 (AnteQuina) se rapprochent parfois davantage de ceux du Moustérien Quina (e.g. couches 4A et 4B du Pech-de-l'Azé IV, couches 9 et 10 des Pradelles ; Annexe IV.2). Il convient toutefois de rester prudente à ce stade, l'impact du biais inter-observateurs restant difficile à évaluer.

Certaines vertèbres cervicales et thoraciques portent également des stries de décarnisation, en dépit de la rareté des fragments de squelette axial, indiquant le prélèvement de filets et faux-filets sur le tronc également (PES n°1 : Renne et Équidés ; PES n°2 : Cerf et Chevreuil). De même, des stries présentes sur les faces vestibulaires et

linguales des mandibules (PES n°1 : Renne, Bovinés, Équidés ; PES n°2 : Bovinés, Équidés, Cerf, Chevreuil) attestent du prélèvement de la langue et des joues. Enfin, la présence parfois abondante de fragments crâniens (PES n°1 : Bovinés, PES n°2 : Cerf et Chevreuil) pourrait indiquer une récupération alimentaire et/ou technique de la cervelle ; cette extraction n'a toutefois laissé aucune marque de boucherie. De nombreux restes de fœtus ont également été identifiés dans ces deux unités (PES n°1 n = 50 ; PES n°2 n = 28). Dans les registres ethnographiques, les fœtus seraient généralement donnés aux personnes qui rencontrent des difficultés à mâcher (enfants, personnes malades ou âgées), leur viande étant particulièrement tendre (e.g. Hungry Wolf, 1980 et Ingstad, 1992 *in* Soulier, 2013). En définitive, bien que la viande et les abats n'aient pas été le principal critère de sélection des portions de carcasses transportées (absence de corrélation significative avec le SFUI), leur exploitation une fois ramenées sur le site a été systématique et particulièrement intense.

En revanche, la moelle des os longs et leur teneur en acides gras insaturés a largement influencé les choix de transport dans ces deux unités. Tous les os longs riches en moelle ont été systématiquement fracturés, malgré des pourcentages de fragments portant au moins une encoche de percussion relativement plus faibles comparativement à d'autres assemblages, notamment du Moustérien Quina (e.g. Roc-de-Marsal, couche 4 ; les Pradelles, couche 9 ; *Annexe. IV.2*). Les premières phalanges, de faible teneur en moelle, montrent également des signes d'exploitation fréquente, voire systématique, pour les deux unités. Une exploitation légèrement différente se dessine toutefois pour le Chevreuil (PES n°2), avec une corrélation légèrement plus faible avec l'indice UMI, bien que positive et significative ($\rho = 0,64$; $p\text{-value} < 0,05$), et une fréquence plus réduite de stries de boucherie (33,2 % des fragments de Chevreuil portent au moins une strie, contre 49,3 % pour le Cerf). Cette différence est en partie due à la plus petite taille de fragments pour ce taxon, mais sans doute aussi à d'autres facteurs non-exclusifs, comme le mode de cuisson (e.g. viande bouillie : Abe, 2005 ; Costamagno et David, 2009), l'état de fraîcheur de la viande lors de la décarnisation (e.g. la viande séchée par le vent est plus facile à arracher : Costamagno et al., 2019), ou encore, la minutie apportée au décharnement (Binford, 1988), qui auraient réduit la fréquence des stries (pour une synthèse à ce sujet, voir : Costamagno et al., 2019). L'hypothèse d'une consommation fréquente et répétée de viande bouillie reste néanmoins peu probable au regard du taux

de fragments d'os longs charnus portant des stries de décarnisation (64,5 %), ce mode de cuisson étant généralement associé à des occurrences de stries très faibles (Abe, 2005).

En dépit de cela, la recherche active de viande et de lipides à fort rendement nutritif semble être une constante à ces deux unités (PES n°1 et n°2). L'acquisition de la moelle contenue dans les os longs semble avoir joué un rôle important dans l'organisation et l'économie de subsistance des groupes néandertaliens associés à ces niveaux. Aucun élément en revanche ne permet de dire si la graisse des extrémités articulaires a été consommée ou non. Au Roc-de-Marsal (PES n°1 et n°2), les fragments spongieux sont relativement abondants et ne semblent pas avoir été réduits en taille. Ainsi, il est peu probable que ces éléments aient subi un concassage ou un mâchonnement intense, comme cela a été suggéré sur plusieurs sites Quina à faibles indices de combustion (Pradelles : Costamagno, 2013 ; Costamagno et Rigaud, 2014 ; Roc-de-Marsal, couche 4 : Castel et al., 2017). Au-delà d'un usage technique lié à son utilisation comme combustible (cf. *infra*), il est toujours possible que cette ressource ait été consommée bouillie, par exemple sous forme de fraction grossière lors de la production de soupes ou de ragoûts (voir : Morin et Soulier, 2017), mais les données sont trop limitées pour véritablement l'attester. Par ailleurs, aucun galet de grande taille susceptible d'avoir été utilisé à cette fin n'a, à notre connaissance, été retrouvé sur le site.

Parallèlement, l'hypothèse du filetage occasionnel de la viande en vue de son stockage peut être suspectée pour le Renne (PES n°1), et éventuellement pour le Cerf (PES n°2), mais les incertitudes restent importantes. En revanche, le filetage de la viande de Chevreuil (PES n°2) peut, *a priori*, être exclu au regard des profils de mortalité obtenus pour ce taxon de petite taille (« P »), qui suggèrent plutôt l'acquisition d'individus isolés. Dans des environnements marqués par une disponibilité saisonnière des ressources, cette pratique aurait pu constituer un avantage stratégique (voir : Soulier et Costamagno, 2018). Au Roc-de-Marsal (PES n°1), nous avons identifié deux saisons d'acquisition du Renne (automne et printemps). Les chasses automnales, intervenant à un moment où l'animal était probablement en bonne condition physique (e.g. avant et au début du rut), pourraient être particulièrement propices au stockage de ces denrées de bonne qualité en vue de passer l'hiver. Cette saisonnalité (automne), associée à un profil de mortalité

catastrophique (« JPO ») et à des indices éventuels de stockage, pourrait appuyer l'hypothèse de chasses collectives visant à acquérir une pluralité d'individus en vue de générer un surplus de viande conservable. En revanche, l'acquisition printanière du Renne (mars-avril), à un moment où la condition physique de l'animal est dégradée, laisse penser à d'autres types de chasses (e.g. plus opportunistes ?), impliquant peut-être une consommation immédiate d'un nombre plus réduit de proies et des stratégies de transport différentes (e.g. apport de squelettes complets ?) qui pourraient expliquer la présence, certes plus rare, de fragments axiaux. Si ces hypothèses pourraient expliquer les taux modérés de stries longitudinales observés sur les os longs charnus de Renne (%CutL = 17,6%), elles doivent être considérées avec beaucoup de prudence, car la nature palimpsestuelle de l'enregistrement de la PES n°1 empêche toute reconstruction fine des différentes périodes d'occupation du site, et des différents épisodes de chasse pris individuellement.

Quant au Cerf (PES n°2), une disponibilité saisonnière comme suggérée par les données isotopiques (migrations altitudinales et/ou côtières : Hodgkins et al., 2016) et éventuellement les indices de saisonnalité (automne et hiver/printemps : notre étude) pourrait justifier une stratégie de stockage visant à limiter les pénuries et/ou maximiser le rendement lors d'abattages saisonniers, garantissant un approvisionnement régulier en viande. Si ces hypothèses se confirmaient, pour la PES n°1 comme pour la PES n°2, alors elles constitueraient l'une des plus anciennes preuves de stockage de la viande documentées à ce jour pour les néandertaliens, pratique jusqu'alors attestée seulement à partir du Moustérien Quina (e.g. Les Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; Jonzac : Niven et al., 2012), bien qu'elle soit indirectement suspectée dès l'Éémien (Sorensen, 2009), et peut-être même avant pour ce qui est de la moelle (dès 400 ka : Blasco et al., 2019). L'usage du feu dans les PES n°1 et n°2 pourrait avoir favorisé cette activité (e.g. fumage, séchage de la viande au feu : Costamagno et David, 2009).

Ce scénario est séduisant et semble compatible avec ce qui est actuellement proposé de l'écologie passée de certains de ces taxons (mobilité du Renne et du Cerf : Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024), mais encore une fois, il doit à ce stade être considéré avec beaucoup de prudence car les données sont très limitées. Il devra faire l'objet d'investigations plus poussées et plus systématiques à l'échelle diachronique et intersites, *via* notamment la mise en place d'approches intégratives

incluant les données de saisonnalité, les indices de stockage et les reconstructions écologiques (isotopes, usure dentaire).

d) Exploitation technique

L'exploitation des matières animales au Roc-de-Marsal témoigne également d'une gestion technique approfondie des carcasses, avec de multiples activités identifiées telles que le prélèvement des peaux et des tendons, l'utilisation des diaphyses comme retouchoirs, et l'utilisation des os spongieux comme combustible.

Les données issues des unités PES n°1 (Renne) et PES n°2 (Cerf) révèlent un schéma plus ou moins récurrent de prélèvement des peaux en plusieurs segments, avec une séparation de la peau des bas de pattes de celle du reste du corps (tronc et haut de patte ; fig. IV.7). Les échantillons disponibles ne permettent toutefois pas de dire si ce schéma a été systématique ou s'il fut parfois associé à d'autres modalités de découpe (e.g. peaux en un seul tenant). De nature plus résistante, la peau des bas de pattes a pu être recherchée dans des buts bien spécifiques, probablement pour la fabrication d'éléments nécessitant robustesse et souplesse (e.g. fabrication de bottes, de semelles, de cuir de protection pour la taille ; e.g. Binford, 1981 ; Abe, 2005). L'absence de standardisation des entames circulaires indique une variété de segments prélevés, qui fut sans doute ajustée au fil des besoins et selon les saisons. En automne, les peaux, débarrassées des parasites et relativement épaisses, sont idéales pour des couvertures chaudes et des vêtements d'hiver, tandis qu'au printemps elles sont plus adaptées à des usages estivaux (e.g. Binford, 1978 ; Grønnow et al., 1983). Ce mode de découpe en plusieurs segments de tailles variables, observé aussi aux Pradelles (faciès 2B : Soulier et al., 2022) et au Roc-de-Marsal (couche 4 : Castel et al., 2017⁴⁶), atteste sûrement d'une bonne connaissance des propriétés des peaux et d'une certaine anticipation des usages, peut-être en fonction des saisons. Ce comportement s'éloigne fortement du modèle proposé par M. Collard et ses collaborateurs (2016), selon lequel les néandertaliens

⁴⁶ Bien que cela ne soit pas directement discuté dans l'article (Castel et al., 2017), l'absence d'entames circulaires sur les phalanges ou les métapodes, alors que des stries longitudinales sont situées en face latérale de métapodes, suggère un détachement de la peau en deux segments au moins. L'entame circulaire basse se situerait au niveau des sabots et celle haute à une position inconnue située en région charnue au-dessus des métapodes.

auraient porté des vêtements simples (de type cape), qui auraient été moins bien adaptés aux conditions rigoureuses que ceux portés par Sapiens.

Quoi qu'il en soit, aucune étude tracéologique n'a, à ce jour, été publiée sur le matériel lithique du Roc-de-Marsal (PES n°1 et n°2), mais l'absence fréquente du squelette axial suggère que le dépouillement était parfois réalisé ailleurs, peut-être directement sur le *kill-site*, avant un transport ciblé des morceaux sélectionnés, incluant les peaux.

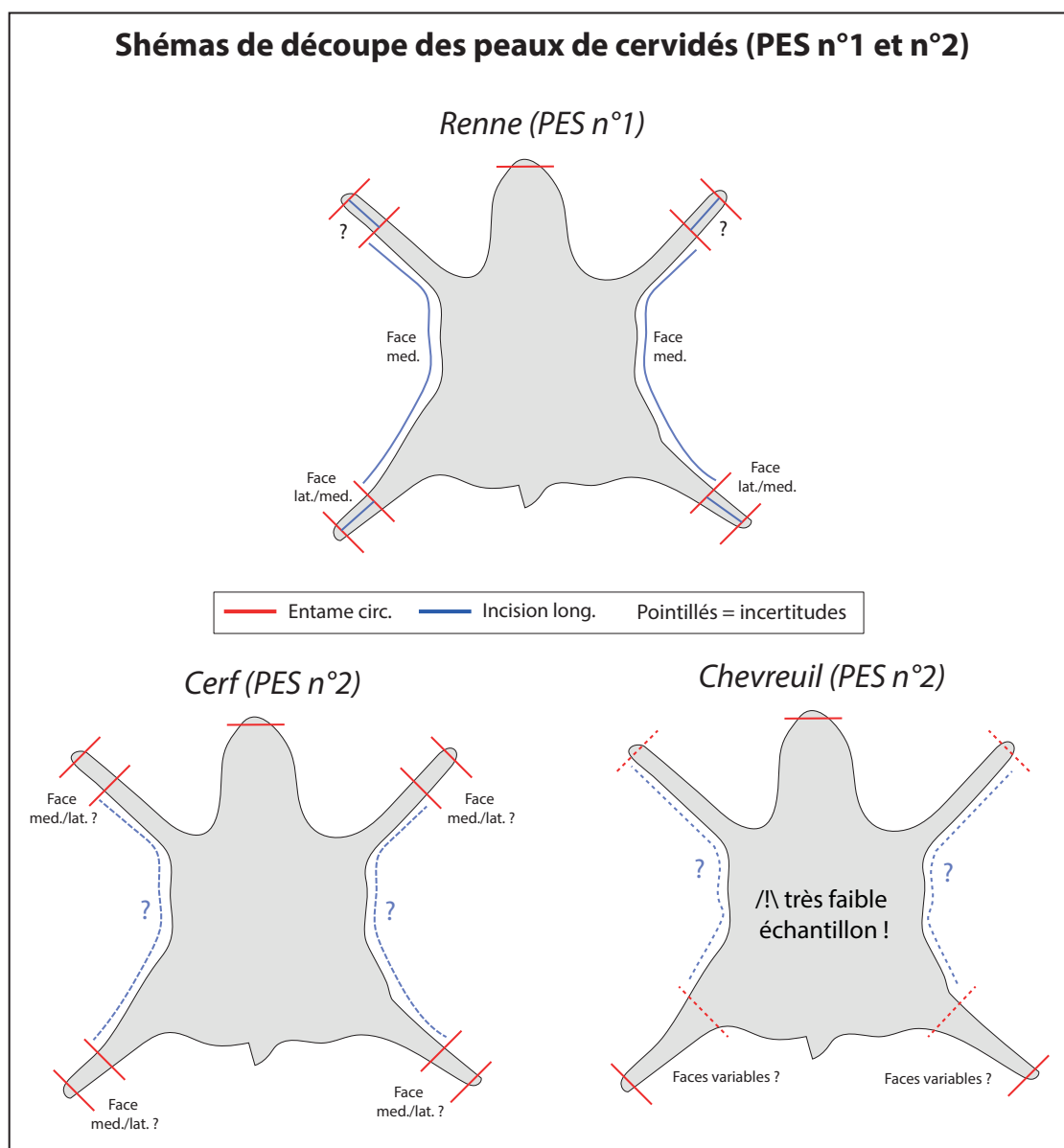


Figure IV.7 : Schémas de découpe des peaux de cervidés observées pour les unités PES n°1 et n°2. Lat. = latérale ; med. = médiale. Patrons vierges réalisés d'après Soulier et al., 2022.

En parallèle, l'exploitation des tendons au Roc-de-Marsal semble avoir été intense, mais montre des différences marquées entre les unités PES n°1 et n°2. Par exemple, les tendons de Chevreuil (PES n°2), peut-être parce qu'ils étaient de plus petite taille, ne semblent pas avoir fait l'objet d'une exploitation systématique. Par ailleurs, dans la PES n°1, les tendons antérieurs (extenseurs) sont systématiquement prélevés, avec une fréquence de stries par fragment beaucoup plus élevée que pour les faces postérieures (4,9 stries en moyenne contre 0,7 sur les faces postérieures). Au sein de la PES n°2, cette répartition est plus équilibrée (Cerf : 4,2 vs. 3,3 ; Chevreuil : 1,6 vs. 1,2). Contrairement à d'autres taxons (e.g. Cheval), le prélèvement du tendon postérieur chez les Cervidés, inséré dans une gouttière, impliquera nécessairement un contact entre l'outil et l'os, et par conséquent, la formation de stries de boucherie (Costamagno et al., 2019). Ainsi, les tendons postérieurs de Renne semblent avoir été volontairement délaissés. Cette pratique d'une extraction préférentielle des tendons extenseurs a parfois été considérée comme une des caractéristiques du Moustérien Quina (Castel et al., 2017), mais elle a également été rapportée pour d'autres périodes (e.g. Grotte du Noisetier, MIS 3 : Soulier et al., 2019). Au Roc-de-Marsal, nos données suggèrent que cette pratique pourrait être plus ancienne et potentiellement liée à l'exploitation du Renne ou à la dégradation climatique du MIS 4. Dans ce contexte plus rigoureux, peut-être que les besoins accrus en vêtements chauds - et potentiellement, en cordage ou en fils - auraient intensifié l'exploitation de ces tendons s'ils s'avéraient plus adaptés à la couture ? À ce jour, nous n'avons pas trouvé de littérature permettant de documenter avec précision les propriétés techniques de ces tendons. Des études expérimentales et physico-chimiques seraient sans doute nécessaires pour mieux évaluer leur potentiel fonctionnel.

Parallèlement, l'exploitation des diaphyses d'os longs comme retouchoirs montre des différences marquées entre les PES n°1 et n°2. Dans la PES n°1, 3,6% des 1486 fragments de diaphyse montrent des traces d'utilisation, un chiffre qui grimpe à 16,1% lorsque seuls les fragments de plus de 7 cm sont pris en compte. En comparaison, cette utilisation est quasi-inexistante dans la PES n°2, avec seulement 0,2% des fragments présentant des plages de retouche. Il est intéressant de noter que les valeurs de la PES

n°1 se rapprochent de celles de la couche 4 sus-jacente (Castel et al., 2017), où près de 4,5% des os longs d'Ongulés portent des traces d'utilisation, et environ 20% lorsque seuls les fragments supérieurs à 7 cm sont retenus. Si les retouchoirs sont bien attestés tout au long du Paléolithique moyen, ils sont connus pour être particulièrement abondants dans les assemblages Quina (e.g. Pradelles : Costamagno et al., 2015 ; Oulad el Kaïd, 2018 ; Jonzac : Baumann et al., 2023). Les études fonctionnelles (e.g. Armand et Delagnes, 1998 ; Karavanic et Sokec, 2003) soutiennent l'hypothèse selon laquelle ils étaient utilisés pour la retouche de tranchants lithiques, ce qui est particulièrement cohérent avec les industries hautement réaffûtées et recyclées du TCL Quina.

Leur abondance au sein de la PES n°1, un niveau AnteQuina caractérisé par une industrie à technologie Levallois, est donc particulièrement intéressante. Pour rappel, l'essentiel des vestiges osseux des niveaux 6 et 5 a été réattribué à la PES n°1, mais les unités PES ne sont *a priori* valables que pour la faune tant qu'une réévaluation du matériel lithique (selon les méthodes des PES) n'aura pas été entreprise. Cela rend les comparaisons inter-registres particulièrement délicates, d'autant que les données disponibles pour le lithique sont très limitées. Quelques informations sont fournies dans les rapports d'opération : la part d'outils retouchés par rapport aux éclats bruts apparaît faible dans les niveaux 9 à 7 (AnteQuina ; ratio approximatif⁴⁷ situé entre 0,04 et 0,08), augmenterait une première fois dans les niveaux 6 et 5 (AnteQuina ; ratio approximatif respectif 0,13 et 0,16), et deviendrait plus élevée encore dans les niveaux 4 à 2 (Quina ; ratio approximatif situé entre 0,25 et 0,31). Ces données pourraient suggérer une intensification de la retouche lithique dans les niveaux 6 et 5 – et par extension, dans la PES n°1 – en cohérence avec l'augmentation de la proportion de retouchoirs observée au sein de l'unité PES n°1. Toutefois, ce lien éventuel entre l'augmentation des retouchoirs et de la retouche lithique doit être considéré, à ce stade, avec une grande prudence en raison des biais évoqués (cf. *supra*).

L'utilisation comme combustible de la graisse contenue dans les extrémités articulaires, observée tant dans la PES n°1 que dans la PES n°2, constitue une part relativement importante de l'exploitation non-alimentaire des ressources animales.

⁴⁷ Les données brutes associées à ces ratios n'étant pas fournies dans les rapports d'opération, nous nous appuyons ici sur une estimation de ces valeurs, déduites à partir de la lecture d'un histogramme (fig. 33 : Turq et al., 2009).

Selon certains auteurs, la dégradation climatique du MIS 4 aurait pu entraîner une baisse de disponibilité du bois de chauffage (Sorensen, 2017) et une utilisation accrue des graisses des os spongieux à des fins alimentaires, devenues essentielles en période de stress alimentaire (Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 ; Sorensen, 2017), ce qui aurait conduit les néandertaliens Quina à réduire leur usage du feu. S'il est très probable qu'une dégradation climatique importante se soit déjà produite entre les enregistrements des PES n°2 et n°1, elle ne semble pas avoir affecté les modes d'exploitation de la graisse des os spongieux. En effet, dans ces deux unités, l'intensité de son utilisation en tant que combustible est relativement constante (%NR spongieux brûlé = 30,1% pour la PES n°1 et 35,4% pour la PES n°2). Cette pratique, suspectée dès le niveau 9 sous-jacent (Gallo, 2021), se démarque de ce qui est observé dans le niveau 4 (Castel et al., 2017), et plus généralement, des assemblages associés au Moustérien Quina (Annexe IV.2), où les traces de feu deviennent quasiment absentes (e.g. Combe-Capelle Bas : Dibble et Lenoir, 1995 ; les Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012 ; Pech-de-l'Azé IV : Turq et al., 2011 ; Jonzac : Niven et al., 2012 ; Reeves et al., 2019). L'absence de feu au Quina a fait l'objet d'importants débats, notamment autour des savoir-faire pyrotechniques néandertaliens (Sandgathe et al., 2011a ; 2011b ; Sorensen, 2017). Les résultats de notre analyse apportent de nouveaux éclairages sur ces questionnements. Ils suggèrent le maintien des savoir-faire pyrotechniques postérieurement à la dégradation climatique, et donc possiblement, après une diminution déjà effective des incendies naturels envisagés comme seul moteur de la production de feu chez Neandertal (Sandgathe et al., 2011a ; 2011b). La présence de foyers dans le niveau 5 (PES n°1 ?), largement dominé par le Renne dans un contexte climatique vraisemblablement proche de celui du Moustérien Quina, suggère en effet une bonne maîtrise et des capacités de production et de maintenance du feu dans des conditions climatiques rigoureuses. Par ailleurs, l'utilisation de la graisse des os spongieux comme combustible n'a, semble-t-il, pas mis en péril leur nutrition malgré un contexte climatique probablement très rigoureux, d'autant qu'aucun indice ne laisse penser que ces portions aient pu être consommées à des fins alimentaires au sein de la PES n°1. Ces données seront remobilisées ci-après (cf. Chapitre 3 – Concomitances et déconnexions).

e) Fonction du site, mobilité, gestion du territoire

L'un des premiers éléments qui peut être mobilisé pour tenter d'évaluer la fonction du site concerne les indices de saisonnalité. Nos données suggèrent au moins deux périodes distinctes d'acquisition, sur des fenêtres situées à l'automne et à l'hiver-printemps pour le Cerf (sur la base de la cémentochronologie, des âges dentaires et des restes de fœtus), et l'hiver-printemps pour les Bovinés et le Chevreuil (fœtus). Ces données sont trop limitées pour soutenir l'hypothèse éventuelle de chasses saisonnières, ou pour discuter des durées d'occupations. Les saisons obtenues pour le Renne (PES n°1) pourraient en revanche indiquer des chasses à l'automne et au printemps, éventuellement planifiées en fonction des migrations du Renne (cf. *supra*). Toutefois, en l'absence de données de saisonnalité suffisamment précises pour d'autres taxons potentiellement plus stables (e.g. Bovinés-Chevaux), il est impossible de dire si le site fut occupé à d'autres périodes de l'année.

Dans le niveau 4 sus-jacent (Quina) du Roc-de-Marsal, J.-C. Castel et ses collaborateurs (2017) avaient identifié plusieurs saisons : fin hiver-milieu printemps (restes de fœtus), été, et automne (âges dentaires). Grâce aux mesures des restes de fœtus issus de leur publication, nous avons tenté d'affiner légèrement leurs résultats via l'interface *foetusmeteR* (Discamps et Soulier, 2024) : les femelles gravides du Roc-de-Marsal (couche 4) ont été chassées sur une fenêtre comprise entre janvier et mars (fig. IV.8). Comme le soulignent J.-C. Castel et ses collaborateurs (2017), ces données ne semblent pas refléter de chasses saisonnièrement marquées pour le Renne. Ce niveau a été interprété soit comme lieu de consommation (*base camp*), soit comme lieu de boucherie secondaire (Castel et al., 2017). Cette double hypothèse repose, d'une part, sur l'apport et la destruction intense des portions à haute valeur nutritive (notamment, riches en acides gras insaturés) sur le gisement combinée à l'absence de Carnivores – en faveur d'une fonction résidentielle – et d'autre part, sur le profil de mortalité catastrophique, le faible ratio silex/faune et l'absence de traces de combustion, qui suggèrent des occupations plus courtes spécialisées sur les activités de boucherie (« *task-specific location* »), telles qu'identifiées aux Pradelles (Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012).

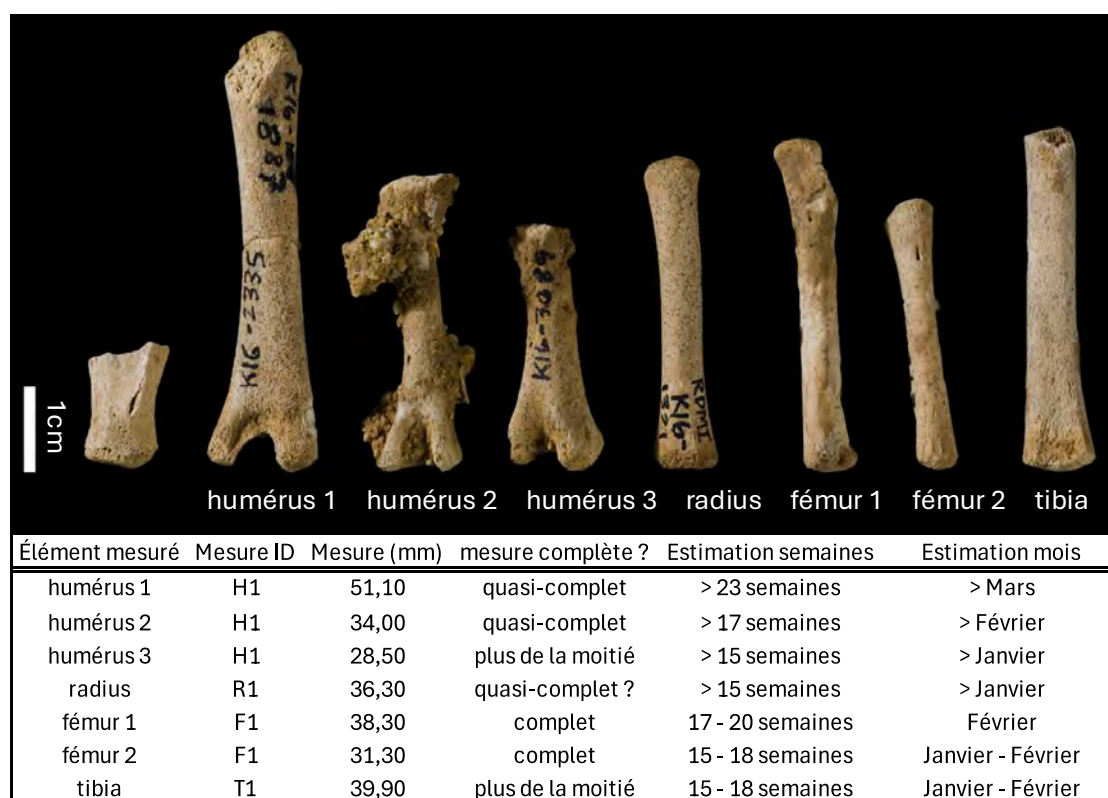


Figure IV.8 : Indices de saisonnalité obtenus à partir des mesures sur fœtus de Renne au sein de la couche 4, attribuée au Moustérien Quina (d'après la photographie de J.-C. Castel et ses collaborateurs, 2017).

Les données issues des PES n°1 et n°2, synthétisées dans la figure IV.9, apportent de nouveaux éléments pour tenter d'aborder la fonction de ces occupations. Pour ces deux unités (PES n°1 et n°2), l'introduction préférentielle des éléments les plus riches en viande, et surtout en moelle et en acides gras insaturés, associé à de forts taux de stries de boucherie et une fracturation intense des os longs, suggère que les carcasses ont été intensément réduites sur le site, et probablement en partie consommées sur place. À titre de comparaison, le site de Jonzac, interprété comme site de boucherie primaire à proximité immédiate du *kill-site*, livre une quantité plus faible de stries de boucherie (Annexe IV.2). Les indices de feu, *a priori* relativement bien attestés pour ces deux unités (PES n°1 et n°2), suggèrent un certain degré d'investissement dans les occupations du site. Par ailleurs, l'exploitation des portions spongieuses à des fins combustible, associée à la présence de charbons de bois (Goldberg et al., 2010), suggère une maintenance relativement élevée des foyers, qui ont pu constituer une aide précieuse lors du traitement des carcasses (e.g. fumage occasionnel de la viande de Renne-Cerf en

vue de son stockage ? travail des peaux, cuisson des aliments). Ces éléments laissent penser que le Roc-de-Marsal aurait plutôt été utilisé comme site de consommation au cours des enregistrements des PES n°1 et la PES n°2.

Parallèlement, quelques changements semblent s'opérer entre les PES n°2 et n°1 et méritent une discussion plus approfondie. L'usage du feu est un peu mieux attesté pour la couche 7, dont l'essentiel des vestiges a été réattribué à la PES n°2, et pour laquelle de nombreux foyers ont été identifiés ($n = 7$), parfois polyphasés, indiquant un réemploi de ces structures sur le temps long, avec peut-être des phases d'abandon (Goldberg et al., 2010). Ce phénomène n'a pas été décrit pour la couche 5, dont la plupart des vestiges ont été réattribués à la PES n°1, où un seul foyer a été identifié et où les taux de fragments osseux brûlés diminuent légèrement (18,3% des restes dans la PES n°1, contre 23,6% dans la PES n°2 ; Annexe IV.2). Cette situation pourrait refléter un changement dans le degré d'investissement sur le site entre ces deux unités. Par ailleurs, la PES n°1 voit l'augmentation de la proportion de fragments osseux par rapport aux restes lithiques (ratio silex faune = 45,9 %, contre 130% dans la PES n°2), comparativement à la période précédente (PES n°2 ; Annexe IV.2). Les assemblages du Moustérien Quina sont connus pour être particulièrement riches en faune par rapport aux vestiges lithiques (e.g. Costamagno et al., 2006 ; Meignen et al., 2007 ; Rendu et al., 2012), ce qui est généralement interprété comme résultant de courts séjours, spécialisés sur des activités de boucherie. Le site des Pradelles, interprété comme halte de chasse de courte durée, illustre bien ce phénomène : le ratio silex / faune y est très bas (16,6%), associé à de nombreux outils retouchés « prêts à l'emploi », souvent exogènes, et une quasi-absence de nucléus (Costamagno et al., 2006 ; Meignen et al., 2007). Comme mentionné précédemment (cf. *supra*), au Roc-de-Marsal, la proportion d'outils retouchés par rapport aux éclats bruts croît progressivement depuis le niveau 9 (AnteQuina) jusqu'au niveau 2 (Quina), passant d'un ratio d'environ 0,04 à 0,31 (voir : Turq et al., 2009). Une étude spatiale du matériel permettrait de tester si cette augmentation graduelle reflète une réalité, ou des problèmes de découpage stratigraphiques tels qu'identifiés pour la faune. Plus précisément, il est possible que les taux d'outillages retouchés soient, en réalité, actuellement sous-évalués au sein des niveaux 5 et 6 (essentiellement réattribués à la PES n°1), soit au sein des derniers enregistrements Ante-Quina.

Cette situation au Roc-de-Marsal (diminution des indices de combustion et du ratio silex / faune, augmentation de la part d'outils *a priori* retouchés sur place) laisse penser qu'un changement a pu s'opérer dans la nature et/ou l'intensité de certaines activités menées sur le site, et peut-être dans les durées d'occupation entre les unités PES n°2 et n°1. Mais à ce stade, il est difficile d'aller plus loin tant que les collections lithiques n'auront pas été réévaluées en intégrant une approche spatiale telle que celle permise par les *Post-Excavation Stratigraphies*. Quoi qu'il en soit, il est particulièrement intéressant de voir que certains changements au Roc-de-Marsal pourraient être plus étroitement associés à l'exploitation du Renne qu'à la mise en place du TCL Quina (cf. Chapitre 3 – Concomitances et déconnexions).

Synthèse sur la subsistance des groupes néandertaliens du Roc-de-Marsal

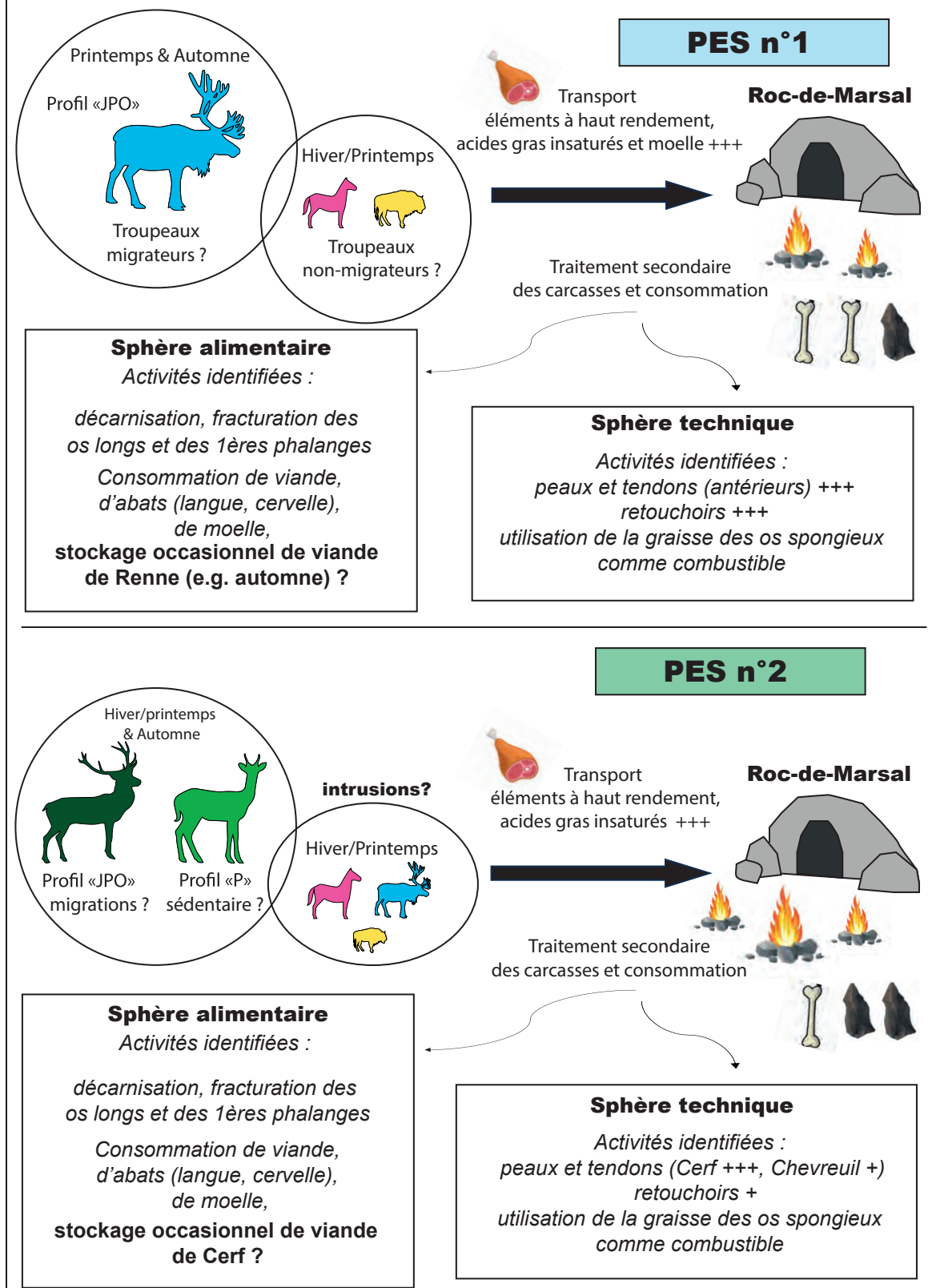


Figure IV.9 : Essai de synthèse des comportements de subsistance des néandertaliens du Roc-de-Marsal (PES n°1 et n°2).

Chapitre 3 – Concomitances et déconnexions

L'un des objectifs majeurs de cette étude était d'examiner les liens éventuels entre les changements environnementaux et l'émergence du techno-complexe Quina, notamment en relation avec l'exploitation du Renne. Dans un modèle proposé par A. Delagnes et W. Rendu (2011) pour le Sud-Ouest de la France, les différentes technologies lithiques exprimeraient des stratégies de mobilité distinctes en réponse à des pratiques de chasse différentes. Selon ce modèle, le système Levallois serait plutôt associé à une mobilité de type résidentielle, adaptée à l'exploitation d'espèces sédentaires non-migratrices, telles que le Cerf et le Chevreuil. Le système Quina serait, quant à lui, plutôt associé à une mobilité de type logistique, incluant une segmentation des tâches et une augmentation de la fréquence des déplacements de groupes, en réponse à l'acquisition planifiée de proies grégaires et migratrices, comme le Renne.

Si cette vision d'une économie fortement basée sur la consommation du Renne pour le Quina nord-aquitain a récemment été nuancée (Rendu et al., 2023), l'examen haute résolution des spectres de faunes chassées avant le Quina au Roc-de-Marsal apporte un nouvel éclairage sur la période qui le précède : le Cerf-Chevreuil ne font déjà plus vraiment partie des tableaux de chasse avant l'apparition du TCL Quina. Ainsi, certaines des mutations socio-économiques observées plus tard, au Moustérien Quina, ne sont semble-t-il pas strictement corrélés à des changements dans la disponibilité des taxons, du moins dans cette région (Dordogne), mais tiendraient plutôt d'autres facteurs (e.g. facteurs culturels, diffusion des savoirs-faires, changement de comportement des proies).

Cette situation trouve un écho relatif avec certains assemblages de la région, cette fois datés du MIS 3 (Post-Quina), également dominés par le Renne et associés à une industrie Levallois (e.g. Le Moustier : Gravina et Discamps, 2015). C. Daujeard et ses collaborateurs (2019) ont par ailleurs souligné que ce modèle ne s'applique pas forcément à d'autres régions : à l'Abri du Maras (niveau 4.1) des évidences de chasses collectives et planifiées du Renne – qui représente 88% des restes – ont été mises en évidence, là aussi associées à une industrie Levallois. De même, il est intéressant de rappeler que les régions périphériques du Nord du Bassin aquitain livrent des spectres de faunes différents, non-dominés par le Renne (e.g. Cheval à Espagnac, Lot : Jaubert et

al., 2001 ; Bouquetin et Mégacéros à Fumane, Italie : Fiore et al., 2004 ; Cerf et Mégacéros à De Nadale, Italie : Livraghi et al., 2021 ; Bouquetin et Chamois à Esquilleu, Espagne : De los Terreros et al., 2014). Ces questionnements s'inscrivent dans le débat plus large sur le déterminisme environnemental et la variabilité moustérienne (pour une synthèse à ce sujet, voir : Faivre, 2008).

La figure IV.10 synthétise, de manière diachronique, les connaissances sur l'environnement, l'économie de subsistance, et d'autres critères-clés non-documentés par cette étude (e.g. indices de feu, technologie lithique), depuis l'AnteQuina jusqu'au Quina. Notre étude a apporté des données inédites sur la subsistance AnteQuina, jusque-là mal documentée, notamment sur les niveaux Levallois à Renne dominant. Les deux colonnes centrales de cette synthèse (« Ante-Quina tardif à Cerf-Chevreuil » et « Ante-Quina tardif à Renne » ; fig. IV.10) sont exclusivement basées sur notre recherche (PES n°2 et n°1, respectivement), tandis que les colonnes adjacentes s'appuient sur la littérature existante pour nos sites de comparaison (cf. *Partie I, Chapitre 3 – Cadre géo-chrono-culturel de la transition entre la fin du MIS 5 et du MIS 4*). La séquence du Roc-de-Marsal, et notamment les PES n°1 et n°2, restent difficiles à replacer précisément dans la chronologie régionale, notamment en raison du manque de datations absolues. La PES n°2 est ici considérée comme appartenant à l'Ante-Quina tardif (deuxième colonne ; fig. IV.10) compte-tenu de sa position stratigraphique (sus-jacente à des niveaux Ante-Quina à Cerf-Chevreuil). Toutefois, certains niveaux de comparaison (e.g. Pech-de-l'Azé IV niveaux 5 et 6 : Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2016 ; Niven et al., 2013 ; Niven et Martin, 2017) utilisés pour documenter la première colonne (« Ante-Quina », fig. IV.10), pourraient être sub-contemporains de la PES n°2 du Roc-de-Marsal. Pour cette raison, cette étude ne discute pas les transitions internes aux deux premières colonnes de l'Ante-Quina (« Ante-Quina » vers « Ante-Quina tardif à Cerf-Chevreuil », fig. IV.10), mais se concentre sur les changements postérieurs observés (« Ante-Quina tardif » vers Quina).

		Ante-Quina	Ante-Quina tardif à Cerf-Chevreuril	Ante-Quina tardif à Renne	Quina
Environnement animal	Technologie lithique	Levallois			Quina
	Ratio faune/silex	Silex +++		Faune ++	Faune +++
	Faunes chassées	Cerf-Chevreuril, Bovinés-Cheval		Renne largement dominant, Bovinés-Cheval	
	Comportement des proies	Migrations partielles + sédentarité ?		Migrations importantes + sédentarité ?	
Sélection/ transport	Recrutement des individus	Adultes «P» ?	Adultes «P» (Chevreuil) Catastrophique «JPO» (Cerf)	Catastrophique «JPO»	
	Transport des carcasses	Flexible ?	Haut rendement : acides gras insaturés, moelle		
Exploitation des carcasses	Exploitation des portions ramenées	?	Optimale		
	stockage de la viande	?	Oui ? occasionnellement (Cerf)	Oui ? occasionnellement (Renne)	Oui
	Recherche de peaux	?	Oui, bonne connaissance des propriétés techniques ?		
	Recherche de tendons	?	Oui, longues dimensions recherchées	Oui, focus sur l'extenseur (+ de vêtements) ?	
	Retouchoirs	Rares		Abondants	
	Consommation des extrémités articulaires	?	Absence d'indice		Oui, intense machonnement ?
Feu	Os combustible	Oui			Non
	Indices de feu	+++		++	-
Déductions	Investissement dans les occupations des sites	+++		++	+
	Économie programmée	?	+	++	+++

Figure IV.10 : Synthèse des ruptures et des continuités de l'Ante-Quina au Quina dans le Nord du Bassin aquitain.

Déconnexions avant le Quina : quid des chasses au Renne ?

L'étude conduite au Roc-de-Marsal suggère que plusieurs variables évoluent avant la mise en place du techno-complexe lithique (TCL) Quina, entre l'AnteQuina tardif à Cerf-Chevreuil (PES n°2) et l'AnteQuina tardif à Renne (PES n°1 ; fig. VI.10).

L'un des changements les plus évidents concerne le passage de spectres de faunes dites « tempérées » à des spectres dominés par le Renne, comme en attestent les PES n°2 et n°1 du Roc-de-Marsal, et sans doute d'autres sites périgourdiens dont les spectres fauniques devront être réévalués (e.g. Pech-de-l'Azé IV, Combe-Grenal). Ces changements de proies reflètent probablement une transformation environnementale significative et renvoient aussi potentiellement à des comportements de proies différents. L'augmentation du Renne dans les assemblages fauniques, une espèce aux migrations saisonnières possiblement marquées (Britton et al., 2011 ; Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024), n'aurait toutefois pas nécessairement impliqué de contraintes fortes, dans la mesure où cette proie pouvait être complétée par des gibiers locaux plus stables et à grand poids de viande (Bovins-Cheval), et que les pratiques de stockage de la viande étaient peut-être déjà maîtrisées (e.g. PES n°2, filetage occasionnel de la viande de Cerf ?). En fait, même si les données sur les comportements du Cerf (PES n°2) sont à ce jour limitées, certains auteurs suggèrent qu'il pouvait être relativement mobile tout au long des MIS 5 et 4 (Hodgkins, 2012 ; Hodgkins et al., 2024), et donc, peut-être déjà disponible sur des saisons restreintes. Cette situation pourrait expliquer pourquoi certains comportements de subsistance, particulièrement adaptés à ces disponibilités saisonnières, tels que le stockage de la viande, pourraient précéder le Moustérien Quina, et peut-être même les chasses au Renne. Finalement, une hypothèse intéressante pourrait émerger de cette étude : la planification des activités de chasse pourrait ne pas découler uniquement des changements de faunes exploitées, mais peut-être d'une mobilité marquée des proies antérieures (e.g. Cerf), qui aurait pu, peut-être, imposer une certaine anticipation des besoins, bien avant l'émergence du Moustérien Quina en Dordogne. Si cette idée ouvre la voie à des scénarios plus complexes, elle doit néanmoins être abordée avec beaucoup de prudence, notamment en raison du nombre encore limité d'assemblages AnteQuina ayant fait l'objet d'études détaillées. Nous espérons que les recherches futures permettront d'apporter de nouveaux éclairages sur ces questionnements.

Quoi qu'il en soit, certains comportements techniques semblent émerger avec les premières chasses au Renne (« AnteQuina tardif à Renne »), c'est-à-dire avant la mise en place du TCL Quina. Notamment, l'extraction préférentielle des tendons extenseurs, pratique considérée jusqu'alors comme caractéristique du Quina (Castel et al., 2017), est attestée dès l'AnteQuina. Leur fonction technique est à ce jour mal connue, mais pourrait être liée à des besoins spécifiques sous des conditions plus rigoureuses (e.g. fils de couture pour la fabrication de vêtements chauds ?).

On note également l'augmentation des retouchoirs, rares jusqu'alors et qui deviennent abondants dès l'Ante-Quina tardif à Renne (PES n°1) pour se rapprocher des taux élevés du Moustérien Quina (e.g. Castel et al., 2017). Ce phénomène, en lien avec la retouche des tranchants lithiques, pourrait révéler une maintenance plus élevée des outils. Les données sur l'industrie lithique Ante-Quina du Roc-de-Marsal sont encore limitées mais attestent néanmoins que les niveaux 5 et 6, dont l'essentiel des vestiges a été réattribué à la PES n°1 (à Renne), seraient caractérisés par un plus fort taux d'outils retouchés par rapport aux unités 7 à 9 sous-jacentes (Turq et al., 2009). Toutefois, ces outils seraient relativement fins et légers par rapport aux niveaux sus-jacents 4 à 2 (Quina), ce qui les rend probablement peu propices aux recyclages répétés tels que ceux documentés dans le TCL Quina. La retouche Quina serait par ailleurs totalement absente de ce niveau à fort Indice Levallois (IL = 14,6, contre 4,4 pour le niveau 4 sus-jacent ; Turq et al., 2009).

De même, et comme mentionné précédemment (cf. *supra*), un changement notable des proportions silex / faune est visible dès l'AnteQuina tardif à Renne (Annexe IV.2), ce qui suggère que ce phénomène n'est pas intrinsèquement lié au Quina, mais peut-être plutôt à l'exploitation du Renne qui le précède, marquant peut-être un changement dans les modalités d'occupation du site (cf. *supra*).

Ces observations indiquent que certaines mutations ont pu s'opérer avant, indépendamment de l'apparition du TCL Quina, du moins en Dordogne, peut-être en réponse à la dégradation climatique du MIS 4, aux comportements migratoires de certaines espèces comme le Renne (PES n°1), ou à d'autres facteurs. Certaines de ces transformations pourraient refléter des changements dans la nature et/ou l'intensité des activités menées sur le site, voire éventuellement, dans les durées d'occupations, mais elles restent difficilement interprétables en termes de stratégies de mobilité et de gestion

du territoire. À ce jour, aucun assemblage périgourdin de cette période (AnteQuina tardif - Quina) n'a, à notre connaissance, été interprété comme résultant d'occupations brèves spécialisées sur des activités de boucherie, tels que ceux connus au Moustérien Quina dans les régions charentaises (e.g. les Pradelles : Costamagno et al., 2006 ; Rendu et al., 2012 ; Jonzac : Niven et al., 2012 ; Rendu et al., 2023). Par ailleurs, il est intéressant de noter qu'en Charentes, l'évolution des cortèges fauniques apparaît différente, avec un remplacement « abrupt » des Bovinés et du Cheval par le Renne, qui semble plus étroitement corrélé à la technologie Quina au sein des assemblages (voir : Discamps et Royer, 2017). Mais encore une fois, nous ne savons pas si ce phénomène reflète une réalité ou une lacune de documentation empêchant toute reconstitution fine de cette transition en Charentes.

Concomitances au Quina : Feu, Mobilité et Industrie lithique

Du point de vue de la technologie lithique, le TCL Quina marquerait une rupture profonde avec la période précédente, qui se traduit par une gestion maximisée des matières premières visible à travers la ramification des productions, le débitage d'éclats épais servant à la fois de supports et de nucléus, et le haut degré de maintenance et de recyclage des outils, suggérant une augmentation de leur durabilité (e.g. Turq, 1989 ; Bourguignon et al., 2004 ; 2006 ; Hiscock et al., 2009 ; Faivre, 2008 ; Faivre et al., 2017). Certains auteurs ont émis l'hypothèse que le TCL Quina pourrait constituer une solution technique adaptée à une plus forte mobilité des groupes (e.g. Bourguignon et al., 2006 ; Hiscock et al., 2009 ; Delagnes et Rendu, 2011), peut-être liée à l'acquisition de proies migratrices et grégaires telles que le Renne et les Bovinés (Delagnes et Rendu, 2011).

Les données de notre étude suggèrent que le Renne était déjà prépondérant dans certains assemblages AnteQuina (PES n°1) de Dordogne, et que l'acquisition de cette proie nécessitait peut-être déjà un certain degré de planification des activités (e.g. chasses saisonnières, profil de mortalité catastrophique, et éventuellement, stockage de la viande à certaines saisons). En dépit d'informations encore limitées pour cette période (AnteQuina tardif à Renne), cette déconnexion apparente entre l'exploitation (parfois planifiée ?) du Renne et l'apparition du TCL Quina dans la région pourrait ouvrir la voie à de nouveaux questionnements. Le haut degré de résolution permis par notre

étude constitue un cadre idéal pour tenter d'explorer si d'autres variables pourraient s'avérer étroitement liées à ce techno-complexe (fig. IV.10).

Un phénomène intéressant accompagne l'émergence du TCL Quina : la raréfaction, voire la disparition des structures de combustion et des restes brûlés (fig. IV.10 et Annexe IV.2). Au Roc-de-Marsal, les indices de feu déclinent légèrement dans l'Ante-Quina tardif à Renne (PES n°1), mais il deviennent quasi-inexistant dans les niveaux Quina (couche 4 : Castel et al., 2017). Cette observation s'étend à d'autres assemblages, où l'absence de foyers coïncide peut-être avec de nouveaux modes d'extraction des graisses contenues dans les os spongieux, peut-être par le concassage extrême ou le mâchonnement, conduisant à leur quasi-disparition (e.g. Les Pradelles : Costamagno, 2013 ; Costamagno et Rigaud, 2014 ; Roc-de-Marsal : Castel et al., 2017). Cette possible concomitance entre disparition du feu et apparition du TCL Quina soulève une question intéressante : les changements de mobilité qui caractériseraient cette période pourraient-ils être une conséquence de la raréfaction du bois de chauffage, comme a pu le proposer A. C. Sorensen (2017) ? Cette hypothèse est séduisante, et aurait conduit les néandertaliens à adopter des occupations plus brèves pour éviter un prélèvement excessif de la ressource en bois dont la disponibilité locale deviendrait de plus en plus faible. Dans ce scénario, les occupations plus brèves seraient une réponse adaptative à cette contrainte environnementale, et l'industrie Quina une solution face à des besoins de plus en plus exigeants en matière de mobilité.

Bien sûr, d'autres facteurs que la disponibilité du bois de chauffage ont pu limiter la durée des occupations, comme des facteurs culturels ou des contraintes liées à la disponibilité d'autres ressources, et ainsi conduire à un plus faible investissement dans les foyers. Ce modèle reste à l'heure actuelle très spéculatif – la vérité étant probablement plus complexe – mais il constitue une ouverture intéressante qui mérite, selon nous, d'être testé par des études plus approfondies, notamment sur l'évolution de la disponibilité des ressources végétales locales, mais qui doit aussi être complété en explorant plus finement cette transition dans des régions où les remplacements fauniques ont pris une tournure différente (e.g. Charentes, régions périphériques)

Conclusions générales

Ce travail de recherche a été entrepris avec le double objectif 1) de mieux comprendre le sens paléoécologique que l'on pouvait donner aux associations fossiles « composites », notamment celles de la transition entre les MIS 5 et 4, et 2) d'appréhender comment les néandertaliens se sont adaptés aux changements environnementaux qui caractérisent cette période et les liens éventuels entre ces changements et l'émergence du Moustérien Quina.

L'originalité et la robustesse de notre recherche réside dans la combinaison de trois méthodes de pointe – les statistiques spatiales, l'étude multiproxies des saisonnalités, et l'archéozoologie classique – intégrant les dernières avancées de ces disciplines. Ces méthodes se sont révélées particulièrement efficaces pour affiner notre compréhension des dynamiques de formation des assemblages fauniques, tout en offrant une résolution d'étude optimale. Ce travail apporte par ailleurs des jalons méthodologiques innovants (e.g. projections spatiales de clusters taphonomiques), contribuant ainsi à la genèse d'une discipline encore sous-exploitée dans la recherche préhistorique : les *Post-Excavation Stratigraphies*.

L'étude de la grotte du Roc-de-Marsal (Campagne, Dordogne), a fourni un cadre idéal pour tester nos hypothèses. La qualité des données issues de fouilles récentes et minutieuses associée à des collections riches et bien préservées ont permis une approche rigoureuse et représentative du matériel archéologique (à l'exception des refus de tamis pour lesquels des problèmes méthodologiques ont été soulevés), et furent particulièrement favorables à l'entreprise d'analyses spatiales. Le fait que cette association soit visible sur trois niveaux distincts (couches 7 à 5), au sein desquels le Cerf et le Chevreuil étaient, d'après les précédentes études, graduellement remplacés par le Renne sur une puissance stratigraphique d'environ 50 cm, suggérait un enregistrement particulièrement fin de la transition climatique du MIS 5 – 4, idéal pour investiguer une période encore peu connue.

Avant de démarrer cette étude, nous envisagions quatre hypothèses principales et non-exclusives pouvant permettre d'expliquer ces associations fauniques étonnantes (H1 : mélanges de niveaux, H2 : problèmes de découpage stratigraphique, H3 : saisons

de chasse différentes, H4 : véritable sympatrie annuelle). L'application de nos méthodes a permis de déconstruire certaines interprétations antérieures, en montrant qu'au Roc-de-Marsal, les associations « composites » résultaient principalement de biais méthodologiques, incluant des déterminations princeps erronées et/ou incomplètes, des perturbations post-dépositionnelles non-décelées à la fouille (essentiellement dans le fond de la grotte), et, principalement, des problèmes de résolution des découpages stratigraphiques de terrain. En conséquence, l'un des apports majeurs de ce travail est la démonstration que ces associations « composites » fossiles ne sont pas nécessairement le reflet de conditions paléoécologiques particulières. Nos travaux nous mettent par ailleurs en garde sur un point important : ni la qualité des fouilles, ni les processus de formation des sites, ne peuvent à eux seuls constituer des critères suffisants pour justifier d'une bonne intégrité des assemblages.

En préhistoire, les découpages de terrain reposent essentiellement sur l'observation des changements de faciès sédimentaires, et plus rarement sur d'autres marqueurs (e.g. industrie lithique), mais *a priori* il n'y a aucune raison pour que ces changements soient strictement corrélés aux comportements humains (e.g. subsistance, activités pyrotechniques ou symboliques). Cette étude met en lumière l'importance des analyses spatiales et des *Post-Excavation Stratigraphies*, qui doivent selon nous être réalisées indépendamment sur chaque type de matériel (e.g. faune, lithique, charbons, matières colorantes), pour affiner notre compréhension des séquences archéologiques. En dépit d'une collecte de données spatiales devenue désormais systématique dans les protocoles de fouille – notamment facilitée par l'utilisation de stations totales (Dibble, 1987) – ces informations restent sous-mobilisées dans l'analyse des ensembles fossiles (Discamps et al., 2023). Pourtant, leur potentiel informatif sur les sites pluristratifiés n'est plus à prouver. À notre connaissance, lorsque cette approche a été menée, elle a quasi-systématiquement conduit à une réévaluation des séquences étudiées, modifiant ainsi de manière tangible les interprétations paléoenvironnementales et des comportements humains (e.g. Mallye, 2011 ; Gravina et al., 2018 ; Discamps et Dancette, 2022 ; voir : Michel, 2010). Nous recommandons l'utilisation systématique des *Post-Excavation Stratigraphies* dans les protocoles d'étude de matériel préhistorique afin d'assurer une lecture plus fine et plus robuste des assemblages archéologiques et de mieux comprendre les interactions entre

environnements et sociétés humaines au cours du Pléistocène. Ce type d'analyse sera désormais nécessaire pour appréhender le sens que l'on peut donner aux faunes composites documentées sur d'autres sites (e.g. Pech-de-l'Azé IV, Combe-Grenal), pour lesquels la question des faunes composites reste encore en suspens.

Au-delà des enjeux méthodologiques, cette recherche contribue à renouveler notre compréhension des comportements de subsistance des néandertaliens à la veille de l'émergence du TCL Quina. Nos résultats suggèrent que le Cerf et le Chevreuil ne font déjà plus véritablement partie des tableaux de chasse avant l'émergence du TCL Quina, et que certains comportements de subsistance étaient peut-être déjà adaptés à l'acquisition de ressources grégaires et migratrices. Cela ouvre l'idée qu'il peut exister des continuités, du moins, en termes de technologie lithique (Levallois), quand des mutations importantes s'opèrent au sein de la sphère environnementale et cynégétique. À contrario, les ruptures au sein de la sphère lithique (apparition du TCL Quina) ne semblent pas toujours corrélées à des changements de proies, ni même peut-être, à de nouvelles stratégies de subsistance. Nos données restent toutefois limitées et les hypothèses formulées sont encore incertaines, mais nous espérons que les recherches futures via notamment l'examen détaillé du matériel lithique du Roc-de-Marsal et la mise en œuvre d'approches intégratives et inter-sites, permettront, à terme, de mieux comprendre ces phénomènes de déconnexion.

Quoi qu'il en soit, cette étude ouvre de nouvelles interrogations sur les facteurs ayant pu influencer les transformations observées au Moustérien Quina, qui méritent d'être approfondies par la recherche future. Si l'économie de subsistance basée sur l'exploitation de ressources migratrices telles que le Renne précède l'émergence du Quina, du moins en Dordogne, alors peut-être que d'autres facteurs auraient pu pousser les néandertaliens à modifier en profondeur leurs équipements cynégétiques et domestiques à cette période, et peut-être même leurs schémas de mobilité et de gestion du territoire dans cette région. Des facteurs culturels indépendants ont-ils joué un rôle déterminant ? Une diffusion des savoir-faire depuis une autre région peut-elle être envisagée, ce qui expliquerait cette apparente déconnexion ? D'autres variables environnementales, telles que l'épuisement des ressources en bois de chauffage (Sorensen et al., 2017), ont-elles pu contribuer à ces évolutions ? Ces interrogations

appellent à une poursuite des investigations, notamment dans d'autres régions (e.g. Charentes, régions périphériques) où les dynamiques environnementales ne sont pas les mêmes.

Références bibliographiques

Abe, Y. Hunting and Butchering Patterns of the Evenki in the Northern Transbaikalia, Russia. PhD diss., Stony Brook University, New York (2005).

Achilli, Alessandro, Anna Olivieri, Marco Pellecchia, Cristina Ubaldi, Licia Colli, Nadia Al-Zahery, Matteo Accetturo et al. "Mitochondrial genomes of extinct aurochs survive in domestic cattle." *Current Biology* 18, no. 4 (2008) : R157-R158.

Aitken, R. John. "Delayed Implantation in Roe Deer (*Capreolus capreolus*). " *Reproduction* 39, no. 1 (1974) : 225–233.

Aitken, R. John. "Cementum layers and tooth wear as criteria for ageing Roe deer (*Capreolus capreolus*). " *Journal of Zoology* 175, no. 1 (1975) : 15-28.

Aldeias, Vera, Paul Goldberg, Dennis Sandgathe, Francesco Berna, Harold L. Dibble, Shannon P. McPherron, Alain Turq, and Zeljko Rezek. "Evidence for Neandertal use of fire at Roc de Marsal (France)." *Journal of Archaeological Science* 39, no. 7 (2012) : 2414-2423.

Antti, Paasivaara, and Hyvarinen Marja. "The wild forest reindeer, Rangifer tarandus fennicus, in the Metsola Biosphere Reserve, Northwest Russia." *Nature Conservation Research. Заповедная наука* 6, no. Приложение 1 (2021) : 116-126.

Argunov, Andrey V., and Vladimir M. Safronov. "Demographic Structure of Siberian Roe Deer (*Capreolus pygargus* Pall.) Population in Central Yakutia." *Russian Journal of Ecology* 44 (2013) : 402–407.

Arilla, Maite, Jordi Rosell, and Ruth Blasco. "A neo-taphonomic approach to human campsites modified by carnivores." *Scientific Reports* 10, no. 1 (2020) : 6659.

Armand, Dominique, and Anne Delagnes. "Les retouchoirs en os d'Artenac (couche 6c) : perspectives archéozoologiques." *J.-Ph. Brugal, L. Meignen, M. Patou-Mathis (Ed.), Economie préhistorique : les comportements de subsistance au Paléolithique, XVe Rencontres internationales d'archéologie et d'Histoire d'Antibes, Editions APDCA, Sophia Antipolis* (1998) : 205-214.

Attua, Emmanuel M., and Opoku Pabi. "Tree species composition, richness and diversity in the northern forest-savanna ecotone of Ghana." *Journal of Applied Biosciences* 69 (2013) : 5437-5448.

Auguste, Patrick. "Évolution des peuplements mammaliens en Europe du Nord-Ouest durant le Pléistocène moyen et supérieur. Le cas de la France septentrionale." *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 20, no. 4 (2009) : 527-550.

Azorit, Concepción, Joaquín Muñoz-Cobo, José Hervés, and Mohamed Analla. "Aging through growth marks in teeth of Spanish red deer." *Wildlife Society Bulletin* 32, no. 3 (2004) : 702-710.

Azorit, Concepción, Antonio J. López-Montoya, Beatriz P. Mateo-Calahorro, and Mohamed Analla. "Seasonal investigation of fallow deer cellular cementum from Mediterranean ecosystems and its implications for reliable cementochronology applications." *Quaternary International* 610 (2022) : 133-143.

Baca, Mateusz, Danijela Popović, Alexander K. Agadzhanyan, Katarzyna Baca, Nicholas J. Conard, Helen Fewlass, Thomas Filek et al. "Ancient DNA of narrow-headed vole reveal common features of the Late Pleistocene population dynamics in cold-adapted small mammals." *Proceedings of the Royal Society B* 290, no. 1993 (2023) : 20222238.

Baker, Andy, Rob Wilson, Ian J. Fairchild, Joerg Franke, Christoph Spötl, Dave Matthey, Valerie Trouet, and Lisa Fuller. "High resolution $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records from an annually laminated Scottish stalagmite and relationship with last millennium climate." *Global and Planetary Change* 79, no. 3-4 (2011) : 303-311.

Banks, William E., Francesco d'Errico, A. Townsend Peterson, Masa Kageyama, and Guillaume Colombeau. "Reconstructing ecological niches and geographic distributions of caribou (*Rangifer tarandus*) and red deer (*Cervus elaphus*) during the Last Glacial Maximum." *Quaternary Science Reviews* 27, no. 27-28 (2008) : 2568-2575.

Barge, Olivier, Xavier Rodier, Gourguen Davtian, and Laure Saligny. "L'utilisation des systèmes d'information géographique appliquée à l'archéologie française." *Archeosciences, revue d'Archéométrie* 28, no. 1 (2004) : 15-24.

Barone, Robert. *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques. Tome 1 : Ostéologie*. 3^e éd. Paris : Vigot (1966).

Barredo, José I., Achille Mauri, and Giovanni Caudullo. "Alpine tundra contraction under future warming scenarios in Europe." *Atmosphere* 11, no. 7 (2020a) : 698.

Barredo, J. I., Achille Mauri, and Giovanni Caudullo. "Impacts of climate change in European mountains Alpine tundra habitat loss and treeline shifts under future global warming." *Luxembourg : Publications Office of the European Union* (2020b) : 653658.

Bartram, Laurence E., Ellen M. Kroll, and Henry T. Bunn. "Variability in camp structure and bone food refuse patterning at Kua San hunter-gatherer camps." In *The interpretation of archaeological spatial patterning*, pp. 77-148. Boston, MA : Springer US (1991).

Baskin, Leonid M. "Differences in the ecology and behaviour of reindeer populations in the USSR." *Rangifer* (1986) : 333-340.

Baumann, Malvina, Hugues Plisson, Serge Maury, Sylvain Renou, Hélène Coqueugniot, Nicolas Vanderesse, Ksenyia Kolobova et al. "On the Quina side : A Neanderthal bone industry at Chez-Pinaud site, France." *Plos one* 18, no. 6 (2023) : e0284081.

Bayle, Priscillia. "Proportions des tissus des dents déciduales chez deux individus de Dordogne (France) : l'enfant néanderthalien du Roc de Marsal et le spécimen du Paléolithique supérieur final de La Madeleine." *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris. BMSAP* 20, no. 20 (3-4) (2008).

Bayle, Priscilla, José Braga, Arnaud Mazurier, and Roberto Macchiarelli. "Dental developmental pattern of the Neanderthal child from Roc de Marsal : a high-resolution 3D analysis." *Journal of Human Evolution* 56, no. 1 (2009) : 66-75.

Bee, Jennie N., David M. Wright, Andrew J. Tanentzap, William G. Lee, Roger B. Lavers, James A. Mills, Alan F. Mark, and David A. Coomes. "Spatio-temporal feeding selection of red deer in a mountainous landscape." *Austral Ecology* 35, no. 7 (2010) : 752-764.

Bender, Louis C. "Harem sizes and adult sex ratios in elk (*Cervus elaphus*)." *American Midland Naturalist* (1996) : 199-202.

Benkobi, Lakhdar, Mark A. Rumble, Cynthia H. Stubblefield, R. Scott Gamo, and Joshua J. Millspaugh. "Seasonal migration and home ranges of female elk in the Black Hills of South Dakota and Wyoming." (2005).

Berger, Joel. "The last mile : how to sustain long-distance migration in mammals." *Conservation biology* 18, no. 2 (2004) : 320-331.

Bergmann, Gaddy T., Joseph M. Craine, Michael S. Robeson, and Noah Fierer. "Seasonal shifts in diet and gut microbiota of the American bison (*Bison bison*)." *PloS one* 10, no. 11 (2015) : e0142409.

Berlitz, Émilie, Eugénie Capdepon, and Emmanuel Discamps. "A long-term perspective on Neanderthal environment and subsistence : insights from the dental microwear texture analysis of hunted ungulates at Combe-Grenal (Dordogne, France)." *PLoS One* 18, no. 1 (2023) : e0278395.

Berner, Logan T., Pieter SA Beck, Andrew G. Bunn, and Scott J. Goetz. "Plant response to climate change along the forest-tundra ecotone in northeastern Siberia." *Global Change Biology* 19, no. 11 (2013) : 3449-3462.

Berteaux, Dominique, Gilles Gauthier, Florent Domine, Rolf A. Ims, Scott F. Lamoureux, Esther Lévesque, and Nigel Yoccoz. "Effects of changing permafrost and snow conditions on tundra wildlife : critical places and times." *Arctic Science* 3, no. 2 (2016) : 65-90.

Bertran, Pascal, and Jean-Pierre Texier. "Sedimentation processes and facies on a semi-vegetated talus, Lousteau, southwestern France." *Earth Surface Processes and Landforms : The Journal of the British Geomorphological Group* 24, no. 2 (1999) : 177-187.

Bertrand, Benoit. "Cémentochronologie : précision et exactitude de l'estimation de l'âge au décès : influence de la taphonomie." PhD diss., Université du Droit et de la Santé-Lille II (2017).

Bertrand, Benoit, Eugenia Cunha, Anne Bécart, Didier Gosset, and Valéry Hédouin. "Age at death estimation by cementochronology : Too precise to be true or too precise to be accurate ?" *American journal of physical anthropology* 169, no. 3 (2019) : 464-481.

Besag, Julian, and Peter J. Diggle. "Simple Monte Carlo tests for spatial pattern." *Journal of the Royal Statistical Society Series C : Applied Statistics* 26, no. 3 (1977) : 327-333.

Beschta, Robert L., and W. J. Ripple. "Wolves, elk, and aspen in the winter range of Jasper National Park, Canada." *Canadian Journal of Forest Research* 37, no. 10 (2007) : 1873-1885.

Beyries, Sylvie. "Functional variability of lithic sets in the Middle Paleolithic." *Upper Pleistocene prehistory of western Eurasia* 1 (1988) : 213-223.

Binford, Lewis R. *Nunamiut Ethnoarchaeology*. New York : Academic Press (1978).

Binford, Lewis R. "Willow Smoke and Dog's Tails : Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation." *American Antiquity* 45 (1980) : 4-20.

Binford, Lewis R. *Bones : ancient men and modern myths*. Academic press (1981).

Bjerke, Jarle W. "Winter climate change : ice encapsulation at mild subfreezing temperatures kills freeze-tolerant lichens." *Environmental and Experimental Botany* 72, no. 3 (2011) : 404-408.

Blasco, Ruth, Jordi Rosell, Maite Arilla, Antoni Margalida, Daniel Villalba, Avi Gopher, and Ran Barkai. "Bone marrow storage and delayed consumption at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel (420 to 200 ka)." *Science Advances* 5, no. 10 (2019).

Blasco, Ruth, David Cochard, Andre C. Colonese, Véronique Laroulandie, Jacqueline Meier, Eugène Morin, Anna Rufà, Laura Tassoni, and Jessica C. Thompson. "Small animal use by Neanderthals." In *Updating Neanderthals*, pp. 123-143. Academic Press (2022).

Blumenschine, Robert J. "An experimental model of the timing of hominid and carnivore influence on archaeological bone assemblages." *Journal of archaeological science* 15, no. 5 (1988) : 483-502.

Bocherens, Hervé, Emilia Hofman-Kamińska, Dorothée G. Drucker, Ulrich Schmölcke, and Rafat Kowalczyk. "European bison as a refugee species ? Evidence from isotopic data on Early Holocene bison and other large herbivores in northern Europe." *PloS one* 10, no. 2 (2015) : e0115090.

Bondioli, Luca, Priscilla Bayle, Christopher Dean, Arnaud Mazurier, Laurent Puymeraul, Christopher Ruff, Jay T. Stock, Virginie Volpato, Clement Zanolli, and Roberto Macchiarelli. "Morphometric maps of long bone shafts and dental roots for imaging topographic thickness variation." *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists* 142, no. 2 (2010) : 328-334.

Bonnichsen, Robson. "Millie's Camp : an experiment in archaeology." *World Archaeology* 4, no. 3 (1973) : 277-291.

Bordes, François, and Jean Lafille. "Découverte d'un Squelette d'Enfant Moustérien dans le Gisement du Roc de Marsal, Commune de Campagne-du-Bugue (Dordogne)." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 254 (1962) : 714-715.

Bordes, François. "Sur la notion de sol d'habitat en préhistoire paléolithique." *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles* 72, no. 5 (1975) : 139-144.

Borkowski, J., and J. Ukalska. "Winter habitat use by red and roe deer in pine-dominated forest." *Forest ecology and management* 255, no. 3-4 (2008) : 468-475.

Borodin, Aleksandr V., Evgenia A. Markova, Sergey E. Korkin, Svetlana S. Trofimova, Evgeniy V. Zinovyev, Vladimir A. Isypov, Lidia E. Yalkovskaya, and Redzhep N. Kurbanov. "Late Middle Pleistocene sequences in the lower Ob' and Irtysh (West Siberia) and new multi-proxy records of terrestrial environmental change." *Quaternary International* 671 (2023) : 15-32.

Bouman, Jan. "Particulars about the Przewalski horse." *Foundation for the Preservation and Protection of the Przewalski Horse* (1986).

Bourguignon, Laurence. *La conception de débitage Quina*. In *Reduction Process (« Chaînes opératoires ») for the European Mousterian*, Proceeding of the international Round Table, Rome may 26-28 1995, Bietti, A. and Grimaldi, S. Editors, *Quaternaria Nova* VI, (1996), p. 149-166.

Bourguignon, Laurence, Jean-Philippe Faivre, and Alain Turq. "Ramification des chaînes opératoires : une spécificité du Moustérien." *Paléo* 16 (2004) : 37-48.

Bourguignon, Laurence, Jean-Philippe Faivre, and Alain Turq. "Ramification des chaînes opératoires : une spécificité du Moustérien." *Paléo* 16 (2004) : 37-48.

Bourguignon, Laurence, Anne Delagnes, and Liliane Meignen. "Systèmes de production lithique, gestion des outillages et territoires au Paléolithique moyen : où se trouve la complexité." *Normes techniques et pratiques sociales. De la simplicité des outillages pré-et protohistoriques* (2006) : 75-86.

Bourjade, Marie, Bernard Thierry, Myriam Maumy, and Odile Petit. "Decision-making in Przewalski horses (*Equus ferus przewalskii*) is driven by the ecological contexts of collective movements." *Ethology* 115, no. 4 (2009) : 321-330.

Bowman, S. G. E., and G. de G. Sieveking. "Thermoluminescence dating of burnt flint from Combe Grenal." In 3rd specialist seminar on TL and ESR dating (1983).

Boyce, Mark S. "Migratory behavior and management of elk (*Cervus elaphus*)." *Applied Animal Behaviour Science* 29, no. 1-4 (1991) : 239-250.

Boëda, Eric, Jean-Michel Geneste, and Liliane Meignen. "Identification de chaînes opératoires lithiques du Paléolithique ancien et moyen." *Paléo, Revue d'archéologie préhistorique* 2, no. 1 (1990) : 43-80.

Boëda, Éric. "Approche de la variabilité des systèmes de production lithique des industries du Paléolithique inférieur et moyen : chronique d'une variabilité attendue." *Techniques et culture* 17, no. 18 (1991) : 37-79.

Boëda, Eric. "Le débitage discoïde et le débitage Levallois récurrent centripède." *Bulletin de la Société préhistorique française* 90, no. 6 (1993) : 392-404.

Bradfield, Justin. "Some thoughts on bone artefact discolouration at archaeological sites." *Journal of Archaeological Science : Reports* 17 (2018) : 500-509.

Brenet, Michel, and Mila Folgado. "Le débitage discoïde du gisement des Forêts à Saint-Martin-de-Gurçon (Dordogne)." *BAR International Series* 1120 (2003) : 153-178.

Britton, Kate, Vaughan Grimes, Laura Niven, Teresa E. Steele, Shannon McPherron, Marie Soressi, Tegan E. Kelly, Jacques Jaubert, Jean-Jacques Hublin, and Michael P. Richards. "Strontium isotope evidence for migration in late Pleistocene Rangifer: Implications for Neanderthal hunting strategies at the Middle Palaeolithic site of Jonzac, France." *Journal of human evolution* 61, no. 2 (2011) : 176-185.

Bruggeman, Jason Edward. *Spatio-temporal dynamics of the central bison herd in Yellowstone National Park*. Montana State University, 2006.

Burke, Ariane, and J. Castanet. "Histological observations of cementum growth in horse teeth and their application to archaeology." *Journal of Archaeological Science* 22, no. 4 (1995) : 479-493.

Burke, Ariane, Vera Eisenmann, and Graeme K. Ambler. "The systematic position of *Equus hydruntinus*, an extinct species of Pleistocene equid." *Quaternary Research* 59, no. 3 (2003) : 459-469.

Cabanes, Dan, Carolina Mallol, Isabel Expósito, and Javier Baena. "Phytolith evidence for hearths and beds in the late Mousterian occupations of Esquilieu cave (Cantabria, Spain)." *Journal of Archaeological Science* 37, no. 11 (2010) : 2947-2957.

Camarós, Edgard, Marián Cueto, Luis C. Teira, Jesus Tapia, Miriam Cubas, Ruth Blasco, Jordi Rosell, and Florent Rivals. "Large carnivores as taphonomic agents of space modification : an experimental approach with archaeological implications." *Journal of Archaeological Science* 40, no. 2 (2013) : 1361-1368.

Campmas, Émilie, Sandrine Costamagno, Antoine Souron, Vittorio Facincani, Martina Arbosti, Marine Gardeur, Thomas Lavidalie et al. "Des coquillages comme outils de boucherie ? Approche expérimentale et amorce de réflexion sur la question des pratiques de boucherie au Paléolithique moyen en contexte littoral de l'Afrique du Nord." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique Hors-série* (2023) : 376-395.

Canadian Wildlife Service, and Frank L. Miller. *Biology of the Kaminuriak population of barren-ground caribou, Part 2 : Dentition as an indicator of age and sex ; composition and socialization of the population*. Canadian Wildlife Service, 1974.

Castel, Jean-Christophe. "Comportements de subsistance au Solutréen et au Badegoulien d'après les faunes de Combe Saunière (Dordogne) et du Cuzoul de Vers (Lot)." PhD diss., Bordeaux 1 (1999).

Castel, Jean-Christophe, Emmanuel Discamps, Marie-Cécile Soulier, Dennis Sandgathe, Harold L. Dibble, Shannon JP McPherron, Paul Goldberg, and Alain Turq. "Neandertal subsistence strategies during the Quina Mousterian at Roc de Marsal (France)." *Quaternary International* 433 (2017) : 140-156.

Catalano, Giulio, Alessandra Modi, Gabriella Mangano, Luca Sineo, Martina Lari, and Laura Bonfiglio. "A mitogenome sequence of an *Equus hydruntinus* specimen from Late Quaternary site of San Teodoro Cave (Sicily, Italy)." *Quaternary Science Reviews* 236 (2020) : 106280.

Cavanhié, Nadia. "L'ours qui a vu l'homme ? Étude archéozoologique et taphonomique du site paléolithique moyen de Regourdou (Montignac, Dordogne, France)." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 21 (2011) : 39-63.

Cederlund, Göran. "Mobility response of roe deer (*Capreolus capreolus*) to snow depth in a boreal habitat." (1982).

Cederlund, Goran. "Home range dynamics and habitat selection by roe deer in a boreal area in central Sweden." *Acta Theriologica* 28, no. 30 (1983) : 443-460.

Chase, Philip G. "Relationships between Mousterian lithic and faunal assemblages at Combe Grenal." *Current Anthropology* 27, no. 1 (1986) : 69-71.

Cheddadi, Rachid, Jacques-Louis de Beaulieu, Jean Jouzel, Valérie Andrieu-Ponel, Jeanne-Marine Laurent, Maurice Reille, Dominique Raynaud, and Avner Bar-Hen. "Similarity of vegetation dynamics during interglacial periods." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, no. 39 (2005) : 13939-13943.

Cherney, David N. "Securing the free movement of wildlife : lessons from the American west's longest land mammal migration." *Envtl. L.* 41 (2011) : 599.

Cherry, Seth G., Jerod A. Merkle, Marie Sigaud, Daniel Fortin, and Greg A. Wilson. "Managing genetic diversity and extinction risk for a rare plains bison (*Bison bison bison*) population." *Environmental Management* 64, no. 5 (2019) : 553-563.

Chong, Sébastien. Étude des Stries de Boucherie Expérimentale : Approche Méthodologique par SIG. Mémoire de Master 2 en Préhistoire, Université Bordeaux I / Université Toulouse Jean Jaurès (2011).

Chong, Sébastien, Sandrine Costamagno, and Marie-Cécile Soulier. "Analyse de la Récurrence des Stries de Boucherie : L'Apport des Systèmes d'Informations Géographiques." In *Le Référentiel de Stries de Boucherie*, edited by Sandrine Costamagno, Marie-Cécile Soulier, Aurore Val, and Sébastien Chong. In *L'Acquisition et le Traitement des Matières Végétales et Animales par les Néandertaliens : Quelles Modalités et Quelles Stratégies ?* Edited by Céline Thiébaud, Élodie Claud, and Sandrine Costamagno, *Palethnologie* 10 (2019).

Claud, Émilie, Marie Soressi, Jacques Jaubert, and Jean-Jacques Hublin. "Étude tracéologique de l'outillage moustérien de type Quina de bonebed de Chez-Pinaud à Jonzac (Charente-Maritime)." *Gallia Préhistoire-Préhistoire de la France dans son contexte européen* 54 (2012) : 3-32.

Claud, Émilie, Céline Thiébaud, Sandrine Costamagno, Marianne Deschamps, Marie-Cécile Soulier, Michel Brenet, Maria Gema Chacón-Navarro et al. "The practices used by the Neanderthals in the acquisition and exploitation of plant and animal resources and the function of the sites studied : summary and discussion." *Palethnologie. Archéologie et sciences humaines* 10 (2019).

Cochard, David. "Caractérisation des apports de Léporidés dans les sites paléolithiques et application méthodologique à la couche VIII de la grotte Vaufray." *XXVI Congrès Préhistorique de France. Centenaire de la Société Préhistorique Française* 3 (2007) : 467-480.

Cochard, David, Jean-Philippe Brugal, Eugène Morin, and Liliane Meignen. "Evidence of small fast game exploitation in the Middle Paleolithic of Les Canalettes Aveyron, France." *Quaternary International* 264 (2012) : 32-51.

Cook, John G., Bruce K. Johnson, Rachel C. Cook, Robert A. Riggs, T. I. M. Delcurto, Larry D. Bryant, and Larry L. Irwin. "Effects of summer-autumn nutrition and parturition date on reproduction and survival of elk." *Wildlife monographs* 155, no. 1 (2004) : 1-61.

Cooney, Matthew D. Understanding the Long-Term Spatiotemporal Dynamics of the Taimyr Reindeer Herd During the Summer Concentration Period. Master's thesis, University of Northern Iowa (2014).

Cornelis, Johnny, Jim Casaer, and Martin Hermy. "Impact of season, habitat and research techniques on diet composition of roe deer (*Capreolus capreolus*) : a review." *Journal of Zoology* 248, no. 2 (1999) : 195-207.

Costamagno, Sandrine, Isabelle Théry-Parisot, Jean-Philip Brugal, and Raphaele Guibert. "Taphonomic consequences of the use of bones as fuel. Experimental data and archaeological applications." *Biosphere to lithosphere : new studies in vertebrate taphonomy* (2005) : 51-62.

Costamagno, Sandrine, Meignen Liliane, Beauval Cédric, Vandermeersch Bernard, and Maureille Bruno. "Les Pradelles (Marillac-le-Franc, France) : A mousterian reindeer hunting camp ?" *Journal of Anthropological Archaeology* 25, no. 4 (2006) : 466-484.

Costamagno, Sandrine, Isabelle Théry-Parisot, Jean-Christophe Castel, and Jean-Philippe Brugal. "Combustible ou non ? Analyse multifactorielle et modèles explicatifs sur des ossements brûlés paléolithiques." In *Gestion des Combustibles au Paléolithique et au Mésolithique. Nouveaux Outils, Nouvelles Interprétations*, edited by Isabelle Théry-Parisot, Sandrine Costamagno, and Auréade Henry, 63–84. Proceedings of the XV World Congress UISPP, Lisbon, 4–9 September 2006. Oxford : Archaeopress (2009).

Costamagno, Sandrine, Delphine Kuntz, François Bon, Romain Mensan, and Isabelle Théry-Parisot. "Impact taphonomique d'une combustion prolongée sur des ossements utilisés comme combustible." *Palethnologie. Archéologie et sciences humaines* 2 (2010).

Costamagno, Sandrine, and Jean-Philippe Rigaud. "L'exploitation de la graisse au Paléolithique." In *138e Congrès national des sociétés historiques et scientifiques*, p. 134-152. CTHS-, Édition électronique du CTHS (Actes des congrès des sociétés historiques et scientifiques) (2013).

Costamagno, Sandrine. "Bone grease rendering in mousterian contexts : The case of Noisetier cave (Fréchet-Aure, Hautes-Pyrénées, France)." *Zooarchaeology and modern human origins : Human hunting behavior during the Later Pleistocene* (2013) : 209-225.

Costamagno, Sandrine, Laurence Bourguignon, Marie-Cécile Soulier, Liliane Meignen, Cédric Beauval, William Rendu, Célimene Mussini, Alan Mann, and Bruno Maureille. "Bone Retouchers and site function in the Quina Mousterian : the case of Les Pradelles (Marillac-le-Franc, France)." In *Retouching the Palaeolithic : Becoming Human and the Origins of Bone Tool Technology, International Workshop*, pp. 165-195. RGZM press, (2015).

Costamagno, Sandrine, Marie-Cécile Soulier, Aurore Val, and Sébastien Chong. "Le référentiel de stries de boucherie." *Palethnologie. Archéologie et sciences humaines* 10 (2019).

Costamagno, Sandrine, and Camille Nôus. "Ressources alimentaires et inégalités sociales au Paléolithique : la question du stockage à large échelle." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* Hors-série (2021) : 80-94.

Couchoud, Isabelle. "Processus géologiques de formation du site moustérien du Roc de Marsal (Dordogne, France)." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 15 (2003) : 51-68.

Craine, Joseph M. "Seasonal patterns of bison diet across climate gradients in North America." *Scientific Reports* 11, no. 1 (2021) : 6829.

Creel, Scott, and John A. Winnie Jr. "Responses of elk herd size to fine-scale spatial and temporal variation in the risk of predation by wolves." *Animal Behaviour* 69, no. 5 (2005) : 1181-1189.

Crees, Jennifer J., and Samuel T. Turvey. "Holocene extinction dynamics of *Equus hydruntinus*, a late-surviving European megafaunal mammal." *Quaternary Science Reviews* 91 (2014) : 16-29.

Crezzini, Jacopo, Paolo Boscato, Annamaria Ronchitelli, and Francesco Boschini. "A peculiar exploitation of ungulates at Grotta di Santa Croce : bone grease rendering and nutritional patterns among Neanderthals in southern Italy." *Historical Biology* 36, no. 10 (2024) : 2133-2145.

Croitor, Roman. "A new form of wapiti *Cervus canadensis* Erxleben, 1777 (Cervidae, Mammalia) from the Late Pleistocene of France." *Palaeoworld* 29, no. 4 (2020) : 789-806.

Daniau, Anne-Laure, Maria Fernanda Sánchez Goñi, and Josette Duprat. "Last glacial fire regime variability in western France inferred from microcharcoal preserved in core MD04-2845, Bay of Biscay." *Quaternary Research* 71, no. 3 (2009) : 385-396.

Danilkin, Alexey Alexeevich, Yu A. Darman, and A. N. Minayev. "The seasonal migrations of a Siberian roe deer population." *Revue d'écologie* 47, no. 3 (1992) : 231-243.

Danilkin, Aleksey A. "*Capreolus pygargus*." *Mammalian Species* 512 (1995) : 1-7.

Danilov, Piotr I., Dmitry V. Panchenko, and Konstantin F. Tirronen. "The European Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.) at the Northern Boundary of Its Range in Eastern Fennoscandia." *Russian Journal of Ecology* 48 (2017) : 459-465.

Dansgaard, Willi, Sigfus J. Johnsen, Henrik B. Clausen, Dorte Dahl-Jensen, Nils S. Gundestrup, Claus U. Hammer, Christine S. Hvidberg et al. "Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record." *nature* 364, no. 6434 (1993) : 218-220.

Daujeard, Camille. *Exploitation du Milieu Animal par les Néandertaliens dans le Sud-Est de la France*. Thèse de doctorat, Université de Perpignan (2008). Mémoire n° 1867.

Daujeard, Camille, D. Vettese, Kate Britton, P. Béarez, N. Boulbes, E. Crégut-Bonnoure, E. Desclaux et al. "Neanderthal selective hunting of reindeer ? The case study of Abri du Maras (south-eastern France)." *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 (2019) : 985-1011.

Dauphin, Yannick, Roland Nespoulet, Emilie Stoetzel, Mohamed Abdessadak El Hajraoui, and Christiane Denys. "Can Colour Be Used as a Proxy for Paleoenvironmental Reconstructions Based on Archaeological Bones ? El Harhoura 2 (Morocco) Case Study." *Journal of Taphonomy* 10 (2012) : 69–84.

Dayet, Laure, Jean-Philippe Faivre, François-Xavier Le Bourdonnec, Emmanuel Discamps, Aurélien Royer, Émilie Claud, Christelle Lahaye et al. "Manganese and iron oxide use at Combe-Grenal (Dordogne, France) : A proxy for cultural change in Neanderthal communities." *Journal of Archaeological Science : Reports* 25 (2019) : 239-256.

Dayet, Laure, Francesco d'Errico, William E. Banks, and Pierre-Jean Texier. "Manganese and Iron Oxide Use at Combe-Grenal (Dordogne, France) : A Proxy for Cultural Change in Neanderthal Communities." *Journal of Archaeological Science : Reports* 23 (2019) : 577–586.

de los Terreros, José Yravedra Sáinz, Alberto Gómez-Castanedo, Julia Aramendi Picado, and Javier Baena Preysler. "Specialised hunting of Iberian ibex during Neanderthal occupation at El Esquilleu Cave, northern Spain." *Antiquity* 88, no. 342 (2014) : 1035-1049.

Delagnes, Anne, Jean-François Tournepiche, Dominique Armand, Emmanuel Desclaux, Marie-Françoise Diot, Catherine Ferrier, Virginie Le Fillâtre, Bernard Vandermeersch, and Marie-France DIOT. "Le gisement Pléistocène moyen et supérieur d'Artenac (Saint-Mary, Charente) : premier bilan interdisciplinaire." *Bulletin de la Société préhistorique française* (1999) : 469-496.

Delagnes, Anne, Jacques Jaubert, and Liliane Meignen. "Les technocomplexes du Paléolithique moyen en Europe occidentale dans leur cadre diachronique et géographique." *Les neandertaliens. Biologie et cultures* (2007) : 213-229.

Delagnes, Anne. "Du rôle structurant de la mobilité dans les systèmes techniques du Paléolithique moyen." *Settlement Dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age, vol. III* (2008).

Delagnes, Anne, and William Rendu. "Shifts in Neandertal mobility, technology and subsistence strategies in western France." *Journal of Archaeological Science* 38, no. 8 (2011) : 1771-1783.

Delpech, Françoise. "Biomasse d'Ongulés au Paléolithique et inférences sur la démographie/Ungulate biomass during the Paleolithic period and inferences concerning human demography." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 11, no. 1 (1999) : 19-42.

Denton, George H., Samuel Toucanne, Aaron E. Putnam, David JA Barrell, and Joellen L. Russell. "Heinrich summers." *Quaternary Science Reviews* 295 (2022) : 107750.

D'Errico, Francesco, and Marie Soressi. "Appendix A : Manganese-Rich Lumps from Pech de l'Azé IV : A Preliminary Analysis." In *The Middle Paleolithic Site of Pech de l'Azé IV*, 229–236. Cham : Springer International Publishing (2017).

Der Sarkissian, Clio, Luca Ermini, Mikkel Schubert, Melinda A. Yang, Pablo Librado, Matteo Fumagalli, Hákon Jónsson et al. "Evolutionary genomics and conservation of the endangered Przewalski's horse." *Current Biology* 25, no. 19 (2015) : 2577-2583.

Desprat, Stéphanie, MF Sánchez Goñi, Filipa Naughton, J-L. Turon, Josette Duprat, Bruno Malaizé, Elsa Cortijo, and J-P. Peypouquet. "25. Climate variability of the last five isotopic interglacials : Direct land-sea-ice correlation from the multiproxy analysis of North-Western Iberian margin deep-sea cores." In *Developments in Quaternary Sciences*, vol. 7, pp. 375-386. Elsevier, 2007.

Desprat, Stéphanie, Dulce Oliveira, Filipa Naughton, and Maria Fernanda Sánchez Goñi. "L'étude du pollen des séquences sédimentaires marines pour la compréhension du climat : l'exemple des périodes chaudes passées." *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 28, no. 2 (2017) : 259-269.

Di Castri, Francesco, Andrew J. Hansen, and Margaret M. Holland. "A New Look at Ecotones." *Biology International*, special issue 17 (1988).

Dial, Roman J., Edward E. Berg, Katriina Timm, Alissa McMahon, and Jason Geck. "Changes in the alpine forest-tundra ecotone commensurate with recent warming in southcentral Alaska : Evidence from orthophotos and field plots." *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 112, no. G4 (2007).

Dibble, Harold L. "Measurement of Artifact Provenience with an Electronic Theodolite." *Journal of Field Archaeology* 14 (1987) : 249–254.

Dibble, Harold L., and Shannon P. McPherron. "On the computerization of archaeological projects." *Journal of Field Archaeology* 15, no. 4 (1988) : 431-440.

Dibble, Harold L., and Michel Lenoir, eds. *The Middle Paleolithic Site of Combe-Capelle Bas (France)*. Vol. 91. UPenn Museum of Archaeology (1995).

Dibble, Harold L., Teresa P. Raczek, and Shannon P. McPherron. "Excavator bias at the site of Pech de l'Aze IV, France." *Journal of Field Archaeology* 30, no. 3 (2005) : 317-328.

Dibble, HaroldL, and ShannonP McPherron. "The missing mousterian." *Current Anthropology* 47, no. 5 (2006) : 777-803.

Dibble, Harold L., Shannon P. McPherron, Dennis Sandgathe, Paul Goldberg, Alain Turq, and Michel Lenoir. "Context, curation, and bias : an evaluation of the Middle Paleolithic collections of Combe-Grenal (France)." *Journal of Archaeological Science* 36, no. 11 (2009) : 2540-2550.

Dibble, Harold L., Aylar Abodolazadeh, Vera Aldeias, Paul Goldberg, Shannon P. McPherron, and Dennis M. Bondioli. "How did hominins adapt to ice age Europe without fire ?" *Current Anthropology* 58, no. S16 (2017) : S278-S287.

Discamps, Emmanuel, Jacques Jaubert, and François Bachellerie. "Human choices and environmental constraints : deciphering the variability of large game procurement from Mousterian to Aurignacian times (MIS 5-3) in southwestern France." *Quaternary Science Reviews* 30, no. 19-20 (2011) : 2755-2775.

Discamps, Emmanuel "Hommes et hyènes face aux recompositions des communautés d'ongulés (MIS 5-3)." *Unpublished Ph. D. dissertation. Université Bordeaux I, Bordeaux* (2011).

Discamps, Emmanuel, and Sandrine Costamagno. "Improving mortality profile analysis in zooarchaeology : a revised zoning for ternary diagrams." *Journal of Archaeological Science* 58 (2015) : 62-76.

Discamps, Emmanuel, and Aurélien Royer. "Reconstructing palaeoenvironmental conditions faced by Mousterian hunters during MIS 5 to 3 in southwestern France : A multi-scale approach using data from large and small mammal communities." *Quaternary International* 433 (2017) : 64-87.

Discamps, Emmanuel, and Jean-Philippe Faivre. "Substantial biases affecting Combe-Grenal faunal record cast doubts on previous models of Neanderthal subsistence and environmental context." *Journal of Archaeological Science* 81 (2017) : 128-132.

Discamps, Emmanuel. "TIPZOO : a Touchscreen Interface for Palaeolithic Zooarchaeology. Towards making data entry and analysis easier, faster, and more reliable." *Peer Community Journal* 1 (2021).

Discamps, Emmanuel, and Christelle Dancette. "Étude taphonomique et spatiale des associations de grands mammifères non analogues du Pléistocène supérieur de la Grotte XVI (Dordogne, France)." *Comptes Rendus. Palevol* 21, no. 27 (2022) : 551-594.

Discamps, Emmanuel, Marc Thomas, Christelle Dancette, Brad Gravina, Sébastien Plutniak, Aurélien Royer, Alexandre Angelin et al. "Breaking free from field layers : The interest of post-excavation stratigraphies (PES) for producing reliable archaeological interpretations and increasing chronological resolution." *Journal of Paleolithic Archaeology* 6, no. 1 (2023) : 29.

Discamps, Emmanuel, and Marie-Cécile Soulier. "Expanding the use of reindeer foetal bone measurements for zooarchaeological applications." *bioRxiv* (2024) : 2024-03.

Djindjian, François. "Nouvelles méthodes pour l'analyse spatiale des sites archéologiques." *Histoire & Mesure* (1990) : 11-34.

Doan, Karolina, Magdalena Niedziałkowska, Krzysztof Stefaniak, Maciej Sykut, Bogumiła Jędrzejewska, Urszula Ratajczak-Skrzatek, Natalia Piotrowska et al. "Phylogenetics and phylogeography of red deer mtDNA lineages during the last 50 000 years in Eurasia." *Zoological Journal of the Linnean Society* 194, no. 2 (2022) : 431-456.

Dorber, Martin, Manuela Panzacchi, Olav Strand, and Bram Van Moorter. "New indicator of habitat functionality reveals high risk of underestimating trade-offs among sustainable development goals : The case of wild reindeer and hydropower." *Ambio* 52, no. 4 (2023) : 757-768.

Dorber, Martin, Manuela Panzacchi, Olav Strand, and Bram Van Moorter. "New indicator of habitat functionality reveals high risk of underestimating trade-offs among sustainable development goals : The case of wild reindeer and hydropower." *Ambio* 52, no. 4 (2023) : 757-768.

Dupras, Tosha L., and John J. Schultz. "Taphonomic bone staining and color changes in forensic contexts." *Manual of forensic taphonomy* (2013) : 315-340.

Dzięciółowski, R. "Food of the red deer in an annual cycle." *Acta Theriologica* 12, no. 36 (1967) : 503-520.

Elmhagen, Bodil, Jonas Kindberg, Peter Hellström, and Anders Angerbjörn. "A boreal invasion in response to climate change ? Range shifts and community effects in the borderland between forest and tundra." *Ambio* 44 (2015) : 39-50.

Environnement Canada. Examen scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*), population boréale, au Canada. Ottawa : Environnement Canada, Direction générale du Service canadien de la faune (2008).

Epp, Henry T. "Way of the migrant herds : Dual dispersion strategy among bison." *Plains Anthropologist* 33, no. 121 (1988) : 309-320.

Faith, J. Tyler, John Rowan, and Andrew Du. "Early hominins evolved within non-analog ecosystems." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, no. 43 (2019) : 21478-21483.

Faith, J. Tyler, John Rowan, Kaedan O'Brien, Nick Blegen, and Daniel J. Peppe. "Late Pleistocene mammals from Kibogo, Kenya : systematic paleontology, paleoenvironments, and non-analog associations." *Journal of Vertebrate Paleontology* 40, no. 5 (2020) : e1841781.

Faivre, Jean-Philippe. "Organisation techno-économique des systèmes de production dans le Paléolithique moyen récent du Nord-est Aquitain : Combe-Grenal et les Fieux." PhD diss., Bordeaux 1, (2008).

Faivre, Jean-Philippe. "Le « Moustérien à denticulés » de la couche 20 de Combe-Grenal : implications techniques, économiques et fonctionnelles au sein du système de production Quina en Périgord." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 21 (2011) : 135-162.

Faivre, Jean-Philippe. Combe-Grenal (Domme, Dordogne) : Rapport d'opération 2014, Projet de recherche 2015 (2014). 79 pp.

Faivre, Jean-Philippe, Brad Gravina, Laurence Bourguignon, Emmanuel Discamps, and Alain Turq. "Late Middle Palaeolithic lithic technocomplexes (MIS 5–3) in the northeastern Aquitaine Basin : Advances and challenges." *Quaternary International* 433 (2017) : 116-131.

Fancy, Steven G., Larry F. Pank, Kenneth R. Whitten, and William L. Regelin. "Seasonal Movements of Caribou in Arctic Alaska as Determined by Satellite." *Canadian Journal of Zoology* 67, no. 3 (1989) : 644–650.

Fennessy, Peter F., M. L. Tatf, and Peter D. Johnstone. "Hybridisation between Red Deer (*Cervus elaphus*) and Other Deer Species." In *The Biology of Deer*, edited by Raymond D. Brown, 469–472. New York : Springer (1991).

Ferguson, Steven H., and Philip C. Elkie. "Habitat requirements of boreal forest caribou during the travel seasons." *Basic and Applied Ecology* 5, no. 5 (2004) : 465-474.

Fernández-Jalvo, Yolanda, and Peter Andrews. *Atlas of taphonomic identifications : 1001+ images of fossil and recent mammal bone modification*. Springer (2016).

Figgins, Guil, and Peter Holland. "Red deer in New Zealand : Game animal, economic resource or environmental pest ?" *New Zealand Geographer* 68, no. 1 (2012) : 36-48.

Fiore, Ivana, Monica Gala, and Antonio Tagliacozzo. "Ecology and subsistence strategies in the Eastern Italian Alps during the Middle Palaeolithic." *International Journal of Osteoarchaeology* 14, no. 3-4 (2004) : 273-286.

Fiorenza, Luca, Stefano Benazzi, Amanda G. Henry, Domingo C. Salazar-García, Ruth Blasco, Andrea Picin, Stephen Wroe, and Ottmar Kullmer. "To meat or not to meat ? New perspectives on Neanderthal ecology." *American Journal of Physical Anthropology* 156 (2015) : 43-71.

Flagstad, Øystein, and Knut H. Røed. "Refugial origins of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences." *Evolution* 57, no. 3 (2003) : 658-670.

Fletcher, William J., Maria Fernanda Sanchez Goni, Judy RM Allen, Rachid Cheddadi, Nathalie Combourieu-Nebout, Brian Huntley, Ian Lawson et al. "Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe." *Quaternary Science Reviews* 29, no. 21-22 (2010) : 2839-2864.

Floch, Jean-Michel, Éric Marcon, and Florence Puech. "4. Les configurations de points." *Loonis éd. Manuel d'analyse spatiale. Théorie et mise en œuvre pratique avec R, Insee-Eurostat, Montrouge* (2018) : 73-114.

Florkiewicz, Robert F. "Nutritional ecology of wapiti and carrying capacity of late winter and spring range in the Yukon." (1994).

Forsyth, David M., Campbell Thomson, Laura J. Hartley, Donovan I. MacKenzie, Richard Price, Edward F. Wright, James A. J. Mortimer, Graham Nugent, Louise Wilson, and Paul Livingstone. "Long-Term Changes in the Relative Abundances of Introduced Deer in New Zealand Estimated from Faecal Pellet Frequencies." *New Zealand Journal of Zoology* 38, no. 3 (2011) : 237-249.

Fosse, Philippe, Nuria Selva, Adam Wajrak, Jean-Baptiste Fourvel, Stéphane Madelaine, Montserrat Esteban-Nadal, José Yravedra, Jean-Philip Brugal, Audrey Prucca, and Gary Haynes. "Bone modification by modern wolf (*Canis lupus*) : a taphonomic study from their natural feeding places." *Journal of taphonomy* 10, no. 3-4 (2012) : 197-217.

Fourment, Nathalie. "La question des sols et niveaux d'habitat du Paléolithique supérieur au Mésolithique : développement d'approches méthodologiques pour l'analyse spatiale de quatre sites entre Massif central et Pyrénées." PhD diss., Université Toulouse Jean Jaurès (2002).

Fourvel, Jean-Baptiste. "Hyénidés modernes et fossiles d'Europe et d'Afrique : taphonomie comparée de leurs assemblages osseux." PhD diss., Université Toulouse Jean Jaurès (2012).

Francis, Emily T. "Analyzing winter migration fidelity and movement of the wild Taimyr reindeer herd, *Rangifer T. tarandus*." (2016).

Franklin, W. L., A. S. Mossman, and M. Dole. "Social organization and home range of Roosevelt elk." *Journal of Mammalogy* 56, no. 1 (1975) : 102-118.

Frison, George C., and Charles A. Reher. "Appendix I : age determination of buffalo by teeth eruption and wear." *Plains Anthropologist* 15, no. 50 (1970) : 46-66.

Frøslie, Arne, Gunnar Norheim, Jan P. Rambaek, and Eiliv Steinnes. "Levels of Trace Elements in Liver from Norwegian Moose, Reindeer and Red Deer in Relation to Atmospheric Deposition." *Acta Veterinaria Scandinavica* 25, no. 3 (1984) : 333.

Gallo, Giulia Theresa. *Pyrotechnology through a zooarchaeological perspective : experimental data on burned bone and their application to Neanderthal fire use at Roc de Marsal (France)*. PhD Diss. University of California, Davis (2022).

Garralda, Maria-Dolorès, and Bernard Vandermeersch. "Les Néandertaliens de la grotte de Combe-Grenal (Domme, Dordogne, France)" *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 12, no. 1 (2000) : 213-259.

Garralda, Maria-Dolorès, Giacomo Giacobini, and Bernard Vandermeersch. "Neanderthal cutmarks : Combe-grenal and Marillac (France). A SEM analysis." *Anthropologie* (1962-) 43, no. 2/3 (2005) : 189-198.

Gates, C. Curtis, and R. J. Hudson. "Weight Dynamics of Wapiti in the Boreal Forest." *Acta Theriologica* 26, no. 27 (1981) : 407–418.

Gaudzinski, Sabine, and Wil Roebroeks. "Adults only. Reindeer hunting at the middle palaeolithic site salzgitter lebenstedt, northern Germany." *Journal of human evolution* 38, no. 4 (2000) : 497-521.

Gaunitz, Charleen, Antoine Fages, Kristian Hanghøj, Anders Albrechtsen, Naveed Khan, Mikkel Schubert, Andaine Seguin-Orlando et al. "Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and Przewalski's horses." *Science* 360, no. 6384 (2018) : 111-114.

Gebert, Claudia, and Hélène Verheyden-Tixier. "Variations of diet composition of red deer (*Cervus elaphus* L.) in Europe." *Mammal Review* 31, no. 3-4 (2001) : 189-201.

Geist, Valerius. "The relation of social evolution and dispersal in ungulates during the Pleistocene, with emphasis on the Old World deer and the genus Bison." *Quaternary Research* 1, no. 3 (1971) : 285-315.

Geist, Valerius, and William J. McShea. "Deer of the world : their evolution, behavior & ecology." *Arctic* 52, no. 4 (1999) : 416.

Geneste, Jean-Michel, Jacques Jaubert, Michel Lenoir, Liliane Meignen, and Alain Turq. "Approche technologique des Moustériens charentiens du sud-ouest de la France et du Languedoc oriental." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 9, no. 1 (1997) : 101-142.

Genty, Dominique, D. Blamart, R. Ouahdi, M. Gilmour, A. Baker, J. Jouzel, and Sandra Van-Exter. "Precise dating of Dansgaard–Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data." *Nature* 421, no. 6925 (2003) : 833-837.

Genty, Dominique. "Palaeoclimate research in Villars Cave (Dordogne, SW-France)." *International Journal of Speleology* 37, no. 3 (2008) : 173-191.

Genty, Dominique, Nathalie Combourieu-Nebout, Odile Peyron, Dominique Blamart, Karine Wainer, Fatima Mansuri, Bassam Ghaleb et al. "Isotopic characterization of rapid climatic events during OIS3 and OIS4 in Villars Cave stalagmites (SW-France) and

correlation with Atlantic and Mediterranean pollen records." *Quaternary Science Reviews* 29, no. 19-20 (2010) : 2799-2820.

Geremia, Chris, Patrick James White, Rick L. Wallen, Fred GR Watson, John J. Treanor, John Borkowski, Christopher S. Potter, and Robert L. Crabtree. "Predicting bison migration out of Yellowstone National Park using Bayesian models." *PLoS one* 6, no. 2 (2011).

Geremia, Chris, Jerod A. Merkle, Daniel R. Eacker, Rick L. Wallen, P. J. White, Mark Hebblewhite, and Matthew J. Kauffman. "Migrating bison engineer the green wave." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, no. 51 (2019).

Gernat, Tim, Shannon. J. P. McPherron, Harold L. Dibble, and J-J. Hublin. "An application of structured light scanning to documenting excavated surfaces and in situ finds : examples from the Middle Paleolithic sites of Jonzac and Roc de Marsal, France." (2008).

Getzin, Stephan, Charmaine Dean, Fangliang He, John A. Trofymow, Kerstin Wiegand, and Thorsten Wiegand. "Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island." *Ecography* 29, no. 5 (2006) : 671-682.

Gill, R. Mark A., Andrew L. Johnson, Andrew Francis, Kevin Hiscocks, and Anthony J. Peace. "Changes in Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.) Population Density in Response to Forest Habitat Succession." *Forest Ecology and Management* 88, no. 1-2 (1996) : 31-41.

Gill, Jacquelyn L., John W. Williams, Stephen T. Jackson, Jeffrey P. Donnelly, and Grace C. Schellinger. "Climatic and megaherbivory controls on late-glacial vegetation dynamics : a new, high-resolution, multi-proxy record from Silver Lake, Ohio." *Quaternary Science Reviews* 34 (2012) : 66-80.

Gillot, Nathan, Radu S. Stoica, and Didier Gemmerlé. "Study the galaxy distribution characterisation via Bayesian statistical learning of spatial marked point processes." In *RING Meeting* (2023).

Goldberg, Paul, Harold Dibble, Francesco Berna, Dennis Sandgathe, Shannon JP McPherron, and Alain Turq. "New evidence on Neandertal use of fire : examples from Roc de Marsal and Pech de l'Azé IV." *Quaternary International* 247 (2012) : 325-340.

Goldberg, Paul, Vera Aldeias, Harold Dibble, Shannon McPherron, Dennis Sandgathe, and Alain Turq. "Testing the Roc de Marsal Neandertal "burial" with geoarchaeology." *Archaeological and Anthropological Sciences* 9 (2017) : 1005-1015.

Goldberg, Paul, Christopher E. Miller, and Susan M. Mentzer. "Recognizing fire in the Paleolithic archaeological record." *Current Anthropology* 58, no. S16 (2017) : S175-S190.

Goodwin, Enid A., and Warren B. Ballard. "Use of tooth cementum for age determination of gray wolves." *The Journal of wildlife management* 49, no. 2 (1985) : 313-316.

Goreaud, François. "Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes." PhD diss., ENGREF (AgroParisTech) (2000).

Gourichon, Lionel, and Vanesa Parmigiani. "Preliminary analysis of dental cementum of *Lama guanicoe* for the estimation of age and season at death : studies of modern specimens and further archaeological applications." *Journal of Archaeological Science : Reports* 6 (2016) : 856-861.

Grange, Thierry, Jean-Philip Brugal, Laurence Flori, Mathieu Gautier, Antigone Uzunidis, and Eva-Maria Geigl. "The evolution and population diversity of Bison in Pleistocene and Holocene Eurasia : Sex matters." *Diversity* 10, no. 3 (2018) : 65.

Gravina, Brad, François Bachellerie, Solène Caux, Emmanuel Discamps, Jean-Philippe Faivre, Aline Galland, Alexandre Michel, Nicolas Teyssandier, and Jean-Guillaume Bordes. "No reliable evidence for a Neanderthal-Châtelperronian association at La Roche-à-Pierrot, Saint-Césaire." *Scientific Reports* 8, no. 1 (2018) : 15134.

Grayson, Donald K. "Bone transport, bone destruction, and reverse utility curves." *Journal of Archaeological Science* 16, no. 6 (1989) : 643-652.

Grayson, Donald K., Françoise Delpech, Jean-Philippe Rigaud, and Jan F. Simek. "Explaining the development of dietary dominance by a single ungulate taxon at Grotte XVI, Dordogne, France." *Journal of Archaeological Science* 28, no. 2 (2001) : 115-125.

Grayson, Donald K., and Françoise Delpech. "Ungulates and the middle-to-upper Paleolithic transition at Grotte XVI (Dordogne, France)." *Journal of Archaeological Science* 30, no. 12 (2003) : 1633-1648.

Groenen, Marc. *Pour une Histoire de la Préhistoire : Le Paléolithique*. Grenoble : Jérôme Million (1994).

Grønnow, Bjarne, Morten Meldgaard, and Jørn Berglund Nielsen. "Aasivissuit-the Great Summer Camp. Archaeological, ethnographical and zoo-archaeological studies of a caribou-hunting site in west Greenland." *Meddelelser om Grønland. Man & Society* 5 (1983) : 96 p.

Guadelli, Jean-Luc, and Jean-Philippe Rigaud. "Les sites du Massif du Conte (Dordogne)." *Les Cahiers de la Vallée de la Couze* 6 (1995) : 1-17.

Guibert, Pierre, Christelle Lahaye, and Françoise Bechtel. "The importance of U-series disequilibrium of sediments in luminescence dating : a case study at the Roc de Marsal cave (Dordogne, France)." *Radiation Measurements* 44, no. 3 (2009) : 223-231.

Guillemot, Pierre, Stéphane Jaillet, M. Gema Chacón, Véronique Pois, and Marie-Hélène Moncel. "Spatial patterning of Middle Palaeolithic lithic assemblages at the Abri du

Maras, Southeast France : Combining GIS analysis and 3D palaeotopographic reconstructions." *Journal of Archaeological Science : Reports* 49 (2023) : 103999.

Guyon, Xavier. "Statistique spatiale." *Statistique Appliquée pour le développement en Afrique* (2007).

Guérin, Guillaume, Emmanuel Discamps, Christelle Lahaye, Norbert Mercier, Pierre Guibert, Alain Turq, Harold L. Dibble et al. "Multi-method (TL and OSL), multi-material (quartz and flint) dating of the Mousterian site of Roc de Marsal (Dordogne, France) : correlating Neanderthal occupations with the climatic variability of MIS 5–3." *Journal of Archaeological Science* 39, no. 10 (2012) : 3071-3084.

Guérin, Guillaume, Marine Frouin, Joséphine Tuquoi, Kristina J. Thomsen, Paul Goldberg, Vera Aldeias, Christelle Lahaye et al. "The complementarity of luminescence dating methods illustrated on the Mousterian sequence of the Roc de Marsal : A series of reindeer-dominated, Quina Mousterian layers dated to MIS 3." *Quaternary International* 433 (2017) : 102-115.

Gómez-Olivencia, Asier, and Daniel García-Martínez. "New postcranial remains from the Roc de Marsal Neandertal child." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 30-1 (2019) : 164-169.

Habermehl, Karl-Heinz. *Altersbestimmung bei Wild-und Pelztieren. Moeglichkeiten und Methoden. Ein praktischer Leitfaden fuer Jaeger, Biologen und Tieraerzte* (1985).

Hampson, B. A., M. A. De Laat, P. C. Mills, and C. C. Pollitt. "Distances travelled by feral horses in 'outback' Australia." *Equine Veterinary Journal* 42 (2010) : 582-586.

Harding, Lee E. " Available names for Rangifer (*Mammalia*, *Artiodactyla*, *Cervidae*) species and subspecies." *ZooKeys* 1119 (2022) : 117.

Hardy, Bruce L. "Neanderthal behaviour and stone tool function at the Middle Palaeolithic site of La Quina, France." *Antiquity* 78, no. 301 (2004) : 547-565.

Harrison, Sandy P., and Maria Fernanda Sanchez-Goñi. "Global patterns of vegetation response to millennial-scale variability and rapid climate change during the last glacial period." *Quaternary Science Reviews* 29, no. 21-22 (2010) : 2957-2980.

Hartvig, Ida, Andy G. Howe, Emilie NB Schmidt, Cino Pertoldi, Jeppe Lund Nielsen, and Rita M. Buttenschøn. "Diet of the European bison (*Bison bonasus*) in a forest habitat estimated by DNA barcoding." *Mammal Research* 66, no. 1 (2021) : 123-136.

Hebblewhite, Mark, Daniel H. Pletscher, and Paul C. Paquet. "Elk population dynamics in areas with and without predation by recolonizing wolves in Banff National Park, Alberta." *Canadian journal of zoology* 80, no. 5 (2002) : 789-799.

Hebblewhite, Mark, Evelyn H. Merrill, Luigi E. Morgantini, Clifford A. White, James R. Allen, Eldon Bruns, Linda Thurston, and Tomas E. Hurd. "Is the migratory behavior of montane elk herds in peril ? The case of Alberta's Ya Ha Tinda elk herd." *Wildlife Society Bulletin* 34, no. 5 (2006) : 1280-1294.

Heck, Heinz. "The breeding-back of the aurochs." *Oryx* 1, no. 3 (1951) : 117-122.

Hecker, Lee J., Sean CP Coogan, Scott E. Nielsen, and Mark A. Edwards. "Latitudinal and seasonal plasticity in American bison *Bison bison* diets." *Mammal Review* 51, no. 2 (2021) : 193-206.

Heggberget, Thrine Moen, Eldar Gaare, and John P. Ball. "Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change : importance of winter forage." *Rangifer* 22, no. 1 (2002) : 13-31.

Heijmans, Monique MPD, Rúna Í. Magnússon, Mark J. Lara, Gerald V. Frost, Isla H. Myers-Smith, Jacobus van Huissteden, M. Torre Jorgenson et al. "Tundra vegetation change and impacts on permafrost." *Nature Reviews Earth & Environment* 3, no. 1 (2022) : 68-84.

Helle, Timo, and V. Sääntti. "Winter-catastrophies in the reindeer husbandry of Finland : Losses and their prevention." *Rangifer* 2, no. 1 (1982) : 2-8.

Henry, Amanda G., Alison S. Brooks, and Dolores R. Piperno. "Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq ; Spy I and II, Belgium)." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, no. 2 (2011) : 486-491.

Henry, Amanda G., Alison S. Brooks, and Dolores R. Piperno. "Plant foods and the dietary ecology of Neanderthals and early modern humans." *Journal of human evolution* 69 (2014) : 44-54.

Henry, Amanda G., Alison S. Brooks, and Dolores R. Piperno. "Plant foods and the dietary ecology of Neanderthals and early modern humans." *Journal of human evolution* 69 (2014) : 44-54.

Hernandez, Marion, Norbert Mercier, Jean-Philippe Rigaud, Jean-Pierre Texier, and Françoise Delpech. "A revised chronology for the Grotte Vaufray (Dordogne, France) based on TT-OSL dating of sedimentary quartz." *Journal of human evolution* 75 (2014) : 53-63.

Heyes, Peter J., Konstantinos Anastasakis, Wiebren De Jong, Annelies Van Hoesel, Wil Roebroeks, and Marie Soressi. "Selection and use of manganese dioxide by Neanderthals." *Scientific reports* 6, no. 1 (2016) : 22159.

Hillis, Tracy L., and Frank F. Mallory. "Sexual dimorphism in wolves (*Canis lupus*) of the Keewatin District, Northwest territories, Canada." *Canadian Journal of Zoology* 74, no. 4 (1996) : 721-725.

Hillson, Simon. *Teeth*. Cambridge university press (2005).

Hirotsu, Akira. "Social organization of reindeer (*Rangifer tarandus*), with special reference to relationships among females." *Canadian Journal of Zoology* 68, no. 4 (1990) : 743-749.

Hirsch, Rebecca. *Bison : A Winter Journey*. Weigl Publishers, 2016.

Hiscock, Peter, Alain Turq, Jean-Philippe Faivre, and Laurence Bourguignon. "Quina procurement and tool production." *Lithic materials and Paleolithic societies* 232 (2009) : 246.

Hodgkins, Jamie Melichar. "Tracking Climate-driven Changes in Neandertal Subsistence Behaviors and Prey Mobility Patterns." PhD diss., Arizona State University (2012).

Hodgkins, Jamie, Curtis W. Marean, Alain Turq, Dennis Sandgathe, Shannon JP McPherron, and Harold Dibble. "Climate-mediated shifts in Neandertal subsistence behaviors at Pech de l'Azé IV and Roc de Marsal (Dordogne Valley, France)." *Journal of Human Evolution* 96 (2016) : 1-18.

Hodgkins, Jamie, Alex Bertacchi, Kelly J. Knudson, Troy Rasbury, Julia I. Giblin, Gwyneth Gordon, Ariel Anbar et al. "Late Pleistocene prey mobility in southwestern France and its implications for reconstructing Neandertal ranging behaviors." *Quaternary Science Reviews* 331 (2024) : 108610.

Hoegh-Guldberg, Ove, and John F. Bruno. "The impact of climate change on the world's marine ecosystems." *Science* 328, no. 5985 (2010) : 1523-1528.

Hoem, Stein Arild, Claudia Melis, John DC Linnell, and Reidar Andersen. "Fighting behaviour in territorial male roe deer *Capreolus capreolus* : the effects of antler size and residence." *European Journal of Wildlife Research* 53 (2007) : 1-8.

Horstkotte, Tim, Jouko Kumpula, Per Sandström, Hans Tømmervik, Sonja Kivinen, Anna Skarin, Jon Moen, and Stefan Sandström. "Pastures under pressure : Effects of other land users and the environment." In *Reindeer Husbandry and Global Environmental Change*, pp. 76-98. Routledge (2022).

Hu, Feng Sheng, Philip E. Higuera, John E. Walsh, William L. Chapman, Paul A. Duffy, Linda B. Brubaker, and Melissa L. Chipman. "Tundra burning in Alaska : linkages to climatic change and sea ice retreat." *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 115, no. G4 (2010).

Hu, Feng Sheng, Philip E. Higuera, Paul Duffy, Melissa L. Chipman, Adrian V. Rocha, Adam M. Young, Ryan Kelly, and Michael C. Dietze. "Arctic tundra fires : natural variability and responses to climate change." *Frontiers in Ecology and the Environment* 13, no. 7 (2015) : 369-377.

Hudson, R. J., and Fred L. Bunnell. "Grazing in Tundra and Northern Boreal Environments." In *World Animal Science. B1 : Grazing Animals*, edited by F. H. W. Morley, 203–223. Amsterdam : Elsevier (1981).

Hudson, Robert J., and Mark T. Nietfeld. "Effect of Forage Depletion on the Feeding Rate of Wapiti." *Rangeland Ecology & Management / Journal of Range Management Archives* 38, no. 1 (1985) : 80–82.

Hudson, Robert J., and William G. Watkins. "Foraging Rates of Wapiti on Green and Cured Pastures." *Canadian Journal of Zoology* 64, no. 8 (1986) : 1705–1708.

Hutchinson, George Evelyn. "Concluding Remarks." *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22 (1957) : 415–427.

Iacolina, Laura, Luca Corlatti, Elena Buzan, Toni Safner, and Nikica Šprem. "Hybridisation in European ungulates : an overview of the current status, causes, and consequences." *Mammal Review* 49, no. 1 (2019) : 45-59.

IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org>.

Jaubert, Jacques, Jean-Philip Brugal, Pierre Chalard, Marie-Françoise Diot, Christophe Falguères, Marc Jarry, Bertrand Kervazo, Stéphane Konik, and Vincent Mourre. "Un site moustérien de type Quina dans la vallée du Célé : Pailhès à Espagnac-Sainte-Eulalie (Lot)." *Gallia Préhistoire–Archéologie de la France préhistorique* 43 (2001) : 1-99.

Jaulin, Lucile. *Processus Ponctuels Markoviens*. Master's thesis, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI (2008).

Jepsen, Juha U., and Christopher J. Topping. "Modelling Roe Deer (*Capreolus capreolus*) in a Gradient of Forest Fragmentation : Behavioural Plasticity and Choice of Cover." *Canadian Journal of Zoology* 82, no. 9 (2004) : 1528–1541.

Jiang, Zhigang, and Robert J. Hudson. "Seasonal Energy Requirements of Wapiti (*Cervus elaphus*) for Maintenance and Growth." *Canadian Journal of Animal Science* 74, no. 1 (1994) : 97–102.

Jiang, Zhigang, and He Zong. "Reintroduction of the Przewalski's Horse in China : Status Quo and Outlook." *Nature Conservation Research* 4 (Suppl. 2) (2019) : 15–22.

Jiménez-Manchón, Sergio, Florent Rivals, Lionel Gourichon, Gabriel De Prado, Ferran Codina, Pere Castanyer, Joaquim Tremoleda, Marta Santos, and Armelle Gardeisen. "A combined approach to reconstructing livestock management in Iron Age north-eastern Iberia : estimating the season of death and palaeodiet using cementochronology and dental micro-and mesowear analyses." *Archaeofauna, International Journal of archaeozoology* 32, no. 1 (2023).

Jones, Kevin T., and Duncan Metcalfe. "Bare bones archaeology : bone marrow indices and efficiency." *Journal of archaeological science* 15, no. 4 (1988) : 415-423.

Jones, Jennifer D., John J. Treanor, Rick L. Wallen, and Patrick J. White. "Timing of parturition events in Yellowstone bison *Bison bison*: implications for bison conservation and brucellosis transmission risk to cattle." *Wildlife Biology* 16, no. 3 (2010) : 333-339.

Jung, Thomas S., Shannon A. Stotyn, and Sophie M. Czetwertynski. "Dietary overlap and potential competition in a dynamic ungulate community in northwestern Canada." *The Journal of wildlife management* 79, no. 8 (2015a) : 1277-1285.

Jung, Thomas S., Troy M. Hegel, Shannon A. Stotyn, and Sophie M. Czetwertynski. "Co-occurrence of reintroduced and resident ungulates on a shared winter range in northwestern Canada." *Écoscience* 22, no. 1 (2015b) : 7-16.

Kaczensky, Petra, Martina Burnik Šturm, Mikhail V. Sablin, Christian C. Voigt, Steve Smith, Oyunsaikhan Ganbaatar, Boglarka Balint, Chris Walzer, and Natalia N. Spasskaya. "Stable isotopes reveal diet shift from pre-extinction to reintroduced Przewalski's horses." *Scientific reports* 7, no. 1 (2017) : 5950.

Karavanić, Ivor, and Tomislav Šokec. "The Middle Paleolithic percussion or pressure flaking tools ? The comparison of experimental and archaeological material from Croatia." *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu* 20 (2003) : 13-14.

Kay, R. Norman B., and Brian W. Staines. "The Nutrition of the Red Deer (*Cervus elaphus*)." In *Nutrition of Herbivores*, edited by F. W. H. Beamish and E. M. C. Telford, 601–622. London : Academic Press (1981).

Kervazo, Bertrand, and Henri Laville. "Caractéristiques physico-chimiques d'une séquence sédimentaire en milieu karstique et signification : exemple de la Grotte Vaufrey." *Annales de la Société géologique de Belgique* (1988).

Kindler, Philippe, M. Guillevic, M. Baumgartner, Jakob Schwander, A. Landais, and Markus Leuenberger. "Temperature reconstruction from 10 to 120 kyr b2k from the NGRIP ice core." *Climate of the Past* 10, no. 2 (2014) : 887-902.

King, Sarah Rachel Buckley. "Behavioural ecology of Przewalski horses (*Equus przewalskii*) reintroduced to Hustai National Park, Mongolia." PhD diss., Queen Mary University of London (2012).

Klein, Richard G. "Age (mortality) profiles as a means of distinguishing hunted species from scavenged ones in Stone Age archeological sites." *Paleobiology* 8, no. 2 (1982) : 151-158.

Klein, Richard G., and Kathryn Cruz-Uribe. "The computation of ungulate age (mortality) profiles from dental crown heights." *Paleobiology* 9, no. 1 (1983) : 70-78.

Klevezal, Galina A., and Zdzisław Pucek. "Bisoniana XCIII. Growth layers in tooth cement and dentine of European bison and its hybrids with domestic cattle." *Acta Theriologica* 32, no. 9 (1987) : 115-128.

Kojola, Ilpo. "Rutting behaviour in an enclosed group of wild forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus* Lönbn.)." *Rangifer* (1986) : 173-179.

Kolipinski, Mietek, Steven Borish, Arthur Scott, Kristen Kozlowski, and Sibdas Ghosh. "Bison : yesterday, today, and tomorrow." *Natural Areas Journal* 34, no. 3 (2014) : 365-375.

Komers, Petr E., and Zoran Stanojevic. "Rates of Disturbance Vary by Data Resolution : Implications for Conservation Schedules Using the Alberta Boreal Forest as a Case Study." *Global Change Biology* 19, no. 9 (2013) : 2916–2928.

Kowalczyk, Rafał, Małgorzata Krasińska, Tomasz Kamiński, Marcin Górny, Paweł Struś, Emilia Hofman-Kamińska, and Zbigniew A. Krasiński. "Movements of European bison (*Bison bonasus*) beyond the Białowieża Forest (NE Poland) : range expansion or partial migrations ?" *Acta theriologica* 58 (2013) : 391-401.

Kowalczyk, Rafał, Jan M. Wójcik, Pierre Taberlet, Tomasz Kamiński, Christian Miquel, Alice Valentini, Joseph M. Craine, and Eric Coissac. "Foraging plasticity allows a large herbivore to persist in a sheltering forest habitat : DNA metabarcoding diet analysis of the European bison." *Forest Ecology and Management* 449 (2019) : 117474.

Krasińska, Małgorzata, Zbigniew A. Krasiński, Małgorzata Krasińska, and Zbigniew A. Krasiński. "Social Organisation of the Population." *European Bison : The Nature Monograph* (2013) : 181-198.

Kreutzer, Lee Ann. "Bison and deer bone mineral densities: comparisons and implications for the interpretation of archaeological faunas." *Journal of Archaeological Science* 19, no. 3 (1992) : 271-294.

Kuemerle, Tobias, Kajetan Perzanowski, Oleh Chaskovskyy, Katarzyna Ostapowicz, Lubos Halada, Andriy-Taras Bashta, Ivan Kruhlov, Patrick Hostert, Donald M. Waller, and Volker C. Radeloff. "European bison habitat in the Carpathian Mountains." *Biological conservation* 143, no. 4 (2010) : 908-916.

Kuwayama, Ryu, and Tomowo Ozawa. "Phylogenetic relationships among European red deer, wapiti, and sika deer inferred from mitochondrial DNA sequences." *Molecular phylogenetics and evolution* 15, no. 1 (2000) : 115-123.

Laaksonen, Sauli, Antti Oksanen, and Eric Hoberg. "A lymphatic dwelling filarioid nematode, *Rumenfilaria andersoni* (*Filarioidea ; Splendidofilariinae*), is an emerging parasite in Finnish cervids." *Parasites & Vectors* 8 (2015) : 1-13.

Lam, Yin M., Xingbin Chen, and Osbjorn M. Pearson. "Intertaxonomic variability in patterns of bone density and the differential representation of bovid, cervid, and equid elements in the archaeological record." *American Antiquity* 64, no. 2 (1999) : 343-362.

Lam, Yin M., and Osborne M. Pearson. "Bone density studies and the interpretation of the faunal record." *Evolutionary Anthropology : Issues, News, and Reviews : Issues, News, and Reviews* 14, no. 3 (2005) : 99-108.

Lanteri, Laëtitia. "Recrutement, paléodémographie et cémento-chronologie : application à un contexte d'inhumation paroissial d'Ancien Régime : Notre-Dame du Bourg à Digne (04)." PhD diss., Aix-Marseille (2016).

Lara, Mark J., Ingmar Nitze, Guido Grosse, Philip Martin, and A. David McGuire. "Reduced arctic tundra productivity linked with landform and climate change interactions." *Scientific reports* 8, no. 1 (2018) : 2345.

Larter, Nicholas C., and Cormack C. Gates. "Diet and habitat selection of wood bison in relation to seasonal changes in forage quantity and quality." *Canadian Journal of Zoology* 69, no. 10 (1991) : 2677-2685.

Le Mort, Françoise. "Traces de décharnement sur les ossements néandertaliens de Combe-Grenal (Dordogne)." *Bulletin de la Société préhistorique française* (1989) : 79-87.
Le Moullec, Mathilde, Ketil Isaksen, Matteo Petit Bon, Ingibjörg Svala Jónsdóttir, Øystein Varpe, Anna-Lena Hendel, Larissa Teresa Beumer, and Brage Bremset Hansen. "Towards rainy Arctic winters : effects of experimental icing on tundra plants and their soil conditions." *MET report* (2019).

Leblond, Mathieu, Martin-Hugues St-Laurent, and Steeve D. Côté. "Caribou, water, and ice—fine-scale movements of a migratory arctic ungulate in the context of climate change." *Movement Ecology* 4 (2016) : 1-12.

Lejay, Mathieu. "Approche archéologique et expérimentale des structures de combustion au Paléolithique supérieur ancien. Analyse multiscalaire (micromorphologie et géochimie organique) appliquée aux sites de Régismont-le-Haut et des Bossats." PhD diss., (2018) : 606-608.

Lemessa, Debissa, Befkadu Mewded, and Sisay Alemu. "Vegetation ecotones are rich in unique and endemic woody species and can be a focus of community-based conservation areas." *Botany Letters* 170, no. 4 (2023) : 507-517.

Lemoine, Ximena, Melinda A. Zeder, Katelyn J. Bishop, and Scott J. Rufolo. "A new system for computing dentition-based age profiles in *Sus scrofa*." *Journal of Archaeological Science* 47 (2014) : 179-193.

Lenoble, Arnaud, and Jean-Guillaume Bordes. "Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement." *Préhistoire et approche expérimentale* (2001) : 295-311.

Leroi-Gourhan, André, and Michel Brézillon. *Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)*. Vol. 7, no. 1. Persée-Portail des revues scientifiques en SHS, 1972.

Leroi-Gourhan, Arlette, and Michel Brézillon. "L'habitation magdalénienne n 1 de Pincevent près Monterau (Seine-et-Marne)." *Gallia préhistoire* 9, no. 2 (1966) : 263-385.

Leroi-Gourhan, André, and Michel Brézillon. *Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)*. Vol. 7, no. 1. Persée-Portail des revues scientifiques en SHS (1972).

Lieberman, Daniel E., and Richard H. Meadow. "The biology of cementum increments (with an archaeological application)." *Mammal review* 22, no. 2 (1992) : 57-77.

Lincoln, Gerald A. "The Seasonal Reproductive Changes in the Red Deer Stag (*Cervus elaphus*)." *Journal of Zoology* 163, no. 1 (1971) : 105–123.

Linnell, John DC, Benjamin Cretois, Erlend B. Nilsen, Christer M. Rolandsen, Erling J. Solberg, Vebjørn Veiberg, Petra Kaczensky et al. "The challenges and opportunities of coexisting with wild ungulates in the human-dominated landscapes of Europe's Anthropocene." *Biological Conservation* 244 (2020) : 108500.

Livraghi, Alessandra, Giulia Fanfarillo, Matteo Dal Colle, Marco Romandini, and Marco Peresani. "Neanderthal Ecology and the Exploitation of Cervids and Bovids at the Onset of MIS 4 : A Study on De Nadale Cave, Italy." *Quaternary International* 586 (2021) : 24–41.

Livraghi, Alessandra, Florent Rivals, William Rendu, and Marco Peresani. "Neanderthals' hunting seasonality inferred from combined cementochronology, mesowear, and microwear analysis: case studies from the Alpine foreland in Italy." *Archaeological and Anthropological Sciences* 14, no. 3 (2022) : 51.

Loe, Leif Egil, Camille Bonenfant, Atle Mysterud, Jean-Michel Gaillard, Rolf Langvatn, François Klein, Clément Calenge, Torbjørn Ergon, Nathalie Pettorelli, and Nils Christian Stenseth. "Climate Predictability and Breeding Phenology in Red Deer : Timing and Synchrony of Rutting and Calving in Norway and France." *Journal of Animal Ecology* 74, no. 4 (2005) : 579–588.

Luccarini, Siriano Lorenza. Mauri, S. Ciuti, P. Lamberti, and M. Apollonio. "Red deer (*Cervus elaphus*) spatial use in the Italian Alps: home range patterns, seasonal migrations, and effects of snow and winter feeding." *Ethology Ecology & Evolution* 18, no. 2 (2006) : 127-145.

Lyman, R. Lee. "Bone density and differential survivorship of fossil classes." *Journal of Anthropological archaeology* 3, no. 4 (1984) : 259-299.

Lyman, R. Lee. *Quantitative Paleozoology*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge : Cambridge University Press (2008).

Mader, Hans-Joachim. "Animal Habitat Isolation by Roads and Agricultural Fields." *Biological Conservation* 29, no. 1 (1984) : 81–96.

Madre-Dupouy, Marylène. *L'Enfant du Roc de Marsal*. Paris : Éditions du CNRS, 1992.

Mallye, Jean-Baptiste. "Les restes de blaireau en contexte archéologique : taphonomie, archéozoologie et éléments de discussion des séquences préhistoriques." PhD diss., Bordeaux 1 (2007).

Mallye, Jean-Baptiste. "Badger (*Meles meles*) remains within caves as an analytical tool to test the integrity of stratified sites : the contribution of." *Journal of Taphonomy* 9, no. 1 (2011) : 15-36.

Mallye, Jean-Baptiste, M. C. Soulier, and V. Laroulandie. "Grands carnivores et mésofaune à l'Aurignacien ancien de la Quina, station aval, fouilles V. Dujardin." *Paléo* 24 (2013) : 235-248.

Mann, Alan, Bernard Vandermeersch, Anne Delagnes, and Jean-François Tournepiche. "Human fossil remains from the Mousterian levels of Artenac (Charente)." *Comptes Rendus Palevol* 6, no. 8 (2007) : 581-589.

Manne, Tiina. "Early Upper Paleolithic bone processing and insights into small-scale storage of fats at Vale Boi, southern Iberia." *Journal of Archaeological Science* 43 (2014) : 111-123.

Marcon, Eric. "Statistiques spatiales avec applications à l'écologie et à l'économie." PhD diss., AgroParisTech (2010).

Markova, Anastasia K., Andrei Yu Puzachenko, and Thijs van Kolfschoten. "The north Eurasian mammal assemblages during the end of MIS 3 (Brianskian–Late Karginian–Denekamp Interstadial)." *Quaternary International* 212, no. 2 (2010) : 149-158.

Marquet, Jean-Claude. "Paléoenvironnement et chronologie des sites du domaine atlantique français d'âge Pléistocène moyen et supérieur d'après l'étude des rongeurs." PhD diss., Université de Dijon, (1989).

Massilani, Diyendo, Silvia Guimaraes, Jean-Philip Brugal, E. Andrew Bennett, Malgorzata Tokarska, Rose-Marie Arbogast, Gennady Baryshnikov et al. "Past climate changes, population dynamics and the origin of Bison in Europe." *BMC biology* 14 (2016) : 1-17.

Mateos-Quesada, Patricio, and Juan Carranza. "Reproductive patterns of roe deer in central Spain." *Etología* 8 (2000) : 17-20.

Matosiuk, Maciej, Anetta Borkowska, Magdalena Świśtocka, Paweł Mirski, Zbigniew Borowski, Kamil Krysiuk, Aleksey A. Danilkin, Elena Y. Zvychnaynaya, Alexander P. Saveljev, and Mirosław Ratkiewicz. "Unexpected population genetic structure of European roe deer in Poland : an invasion of the mt DNA genome from Siberian roe deer." *Molecular ecology* 23, no. 10 (2014) : 2559-2572.

Maublanc, Marie-Line, Catherine Cibien, J. M. Gaillard, Christian Maizeret, Eric Bideau, and Jean-Paul Vincent. "Le chevreuil." *Revue d'écologie* (1991) : 155-183.

Maureille, Bruno. "Marillac-le-Franc–Les Pradelles." *ADLFI. Archéologie de la France- Informations. Gallia* (2008).

Maureille, Bruno, and Trenton Holliday. "Regourdou (Montignac-Lascaux, Dordogne), un site paléolithique très particulier en Périgord noir." *Aquitaine Historique* 157 (2024) : 3-9.
McPherron, Shannon P., Tim Gernat, and Jean-Jacques Hublin. "Structured light scanning for high-resolution documentation of in situ archaeological finds." *Journal of Archaeological Science* 36, no. 1 (2009) : 19-24.

Meignen, Liliane, Ofer Bar-Yosef, Paul Goldberg, and Steve Weiner. "Le feu au Paléolithique moyen : recherches sur les structures de combustion et le statut des foyers. L'exemple du Proche-Orient." *Paléorient* (2000) : 9-22.

Meignen, Liliane, Sandrine Costamagno, Cédric Beauval, Laurence Bourguignon, Bernard Vandermeersch, and Bruno Maureille. "Gestion des ressources lithiques au Paléolithique moyen dans une halte de chasse spécialisée sur le renne : Les Pradelles (Marillac-le-Franc, Charente)." *BAR INTERNATIONAL SERIES* 1725 (2007) : 127.

Meisingset, Erling L., Leif E. Loe, Øystein Brekkum, Bram Van Moorter, and Atle Mysterud. "Red deer habitat selection and movements in relation to roads." *The Journal of wildlife management* 77, no. 1 (2013) : 181-191.

Mekonnen, Zelalem A., William J. Riley, Logan T. Berner, Nicholas J. Bouskill, Margaret S. Torn, Go Iwahana, Amy L. Breen et al. "Arctic tundra shrubification : a review of mechanisms and impacts on ecosystem carbon balance." *Environmental Research Letters* 16, no. 5 (2021) : 053001.

Merrill, Evelyn H. "Summer foraging ecology of wapiti (*Cervus elaphus roosevelti*) in the Mount St. Helens blast zone." *Canadian Journal of Zoology* 72, no. 2 (1994) : 303-311.

Metcalfe, Duncan, and Kevin T. Jones. "A reconsideration of animal body-part utility indices." *American Antiquity* 53, no. 3 (1988) : 486-504.

Michel, Véronique, Hervé Bocherens, Isabelle Théry-Parisot, Karel Valoch, and Patricia Valensi. "Coloring and preservation state of faunal remains from the neanderthal levels of Kůlna Cave, Czech republic." *Geoarchaeology* 21, no. 5 (2006) : 479-501.

Michel, Alexandre. L'Aurignacien Récent (Post-Ancien) dans le Sud-Ouest de la France : Variabilité des Productions Lithiques. Révision Taphonomique et Techno-Économique des Sites de Caminade-Est, l'Abri Pataud, Roc-de-Combe, Le Flageolet I, La Ferrassie et Combeménue. PhD diss., Université Bordeaux 1 (2010).

Miller, Frank L. "Age determination of caribou by annulations in dental cementum." *The Journal of Wildlife Management* (1974) : 47-53.

Minder, Isabelle. "Local and seasonal variations of roe deer diet in relation to food resource availability in a Mediterranean environment." *European journal of wildlife research* 58 (2012) : 215-225.

Mizin, Ivan A., Taras P. Sipko, Andrey V. Davydov, and Alexander R. Gruzdev. "The wild reindeer (*Rangifer tarandus*: *Cervidae*, *Mammalia*) on the arctic islands of Russia : a review." *Nature Conservation Research. Заповедная наука* 3, no. 3 (2018) : 1-14.

Moclán, Abel, Lucía Cobo-Sánchez, Manuel Domínguez-Rodrigo, Eduardo Méndez-Quintas, Susana Rubio-Jara, Joaquín Panera, Alfredo Pérez-González, and Manuel Santonja. "Spatial analysis of an Early Middle Palaeolithic kill/butchering site : the case of the Cuesta de la Bajada (Teruel, Spain)." *Archaeological and Anthropological Sciences* 15, no. 7 (2023) : 91.

Mona, Stefano, Giulio Catalano, Martina Lari, Greger Larson, Paolo Boscato, Antonella Casoli, Luca Sineo et al. "Population dynamic of the extinct European aurochs : genetic evidence of a north-south differentiation pattern and no evidence of post-glacial expansion." *BMC Evolutionary Biology* 10 (2010) : 1-13.

Morgantini, Luigi E., and Robert J. Hudson. "Nutritional significance of wapiti (*Cervus elaphus*) migrations to alpine ranges in western Alberta, Canada." *Arctic and Alpine Research* 21, no. 3 (1989) : 288-295.

Morin, Eugène. Revisiting bone grease rendering in highly fragmented assemblages. *Am. Antiq* in press. (2000).

Morin, Eugène. "Fat composition and Nunamiut decision-making : a new look at the marrow and bone grease indices." *Journal of Archaeological Science* 34, no. 1 (2007) : 69-82.

Morin, Eugène, Anne Delagnes, Dominique Armand, Jean-Christophe Castel, and Jamie Hodgkins. "Millennial-scale change in archaeofaunas and their implications for Mousterian lithic variability in southwest France." *Journal of Anthropological Archaeology* 36 (2014) : 158-180.

Morin, Eugène, Elspeth Ready, Arianne Boileau, Cédric Beauval, and Marie-Pierre Coumont. "Problems of identification and quantification in archaeozoological analysis, part I : insights from a blind test." *Journal of Archaeological Method and Theory* 24 (2017a) : 886-937.

Morin, Eugène, Elspeth Ready, Arianne Boileau, Cédric Beauval, and Marie-Pierre Coumont. "Problems of identification and quantification in archaeozoological analysis, part II : presentation of an alternative counting method." *Journal of Archaeological Method and Theory* 24 (2017b) : 938-973.

Morin, Eugène, and Marie-Cécile Soulier. "New criteria for the archaeological identification of bone grease processing." *American Antiquity* 82, no. 1 (2017) : 96-122.

Morin, Eugène, Cédric Beauval, Arianne Boileau, Elspeth Ready, and Véronique Laroulandie. "The Number of Distinct Elements : Extending a landmark-based counting unit to other taxa." *Journal of Archaeological Science : Reports* 24 (2019) : 773-784.

Moser, Barbara, Martin Schütz, and Karin E. Hindenlang. "Importance of alternative food resources for browsing by roe deer on deciduous trees : The role of food availability and species quality." *Forest Ecology and Management* 226, no. 1-3 (2006) : 248-255.

Munro, Natalie D., and Guy Bar-Oz. "Gazelle bone fat processing in the Levantine Epipalaeolithic." *Journal of Archaeological Science* 32, no. 2 (2005) : 223-239.

Murie, Olaus J. *The Elk of North America*. 1951. Reprint, Mechanicsburg, PA : Stackpole Books, 2017.

Mussa, Pier Paolo, P. Aceto, C. Abba, L. Sterpone, and Giorgia Meineri. "Preliminary study on the feeding habits of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the western Alps." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 87, no. 3-4 (2003) : 105-108.

Mysterud, Atle, Bjørn Helge Bjørnsen, and Eivind Østbye. "Effects of snow depth on food and habitat selection by roe deer *Capreolus capreolus* along an altitudinal gradient in south-central Norway." *Wildlife Biology* 3, no. 1 (1997) : 27-33.

Mysterud, Atle. "Seasonal migration pattern and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an altitudinal gradient in southern Norway." *Journal of zoology* 247, no. 4 (1999) : 479-486.

Mysterud, Atle. "Diet overlap among ruminants in Fennoscandia." *Oecologia* 124 (2000) : 130-137.

Mysterud, Atle, Nigel G. Yoccoz, Nils CHR Stenseth, and Rolf Langvatn. "Relationships between sex ratio, climate and density in red deer : the importance of spatial scale." *Journal of Animal ecology* 69, no. 6 (2000) : 959-974.

Mysterud, Atle, Erling L. Meisingset, Vebjørn Veiberg, Rolf Langvatn, Erling J. Solberg, Leif Egil Loe, and Nils Chr Stenseth. "Monitoring population size of red deer *Cervus elaphus* : an evaluation of two types of census data from Norway." *Wildlife Biology* 13, no. 3 (2007) : 285-298.

Mysterud, Atle, Brit Karen Vike, Erling L. Meisingset, and Inger Maren Rivrud. "The role of landscape characteristics for forage maturation and nutritional benefits of migration in red deer." *Ecology and Evolution* 7, no. 12 (2017) : 4448-4455.

Méroc, Louis., and Georges. Laplace-Jauretche. "Application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement." *Bulletin de la Société préhistorique de France* 51, no. 1 (1954) : 58-66.

Naji, Stephan, Lionel Gourichon, and William Rendu. "La cémentochronologie." *Messages d'os : archéométrie du squelette animal et humain* (2015) : 217-240.

Naji, Stephan, Thomas Colard, Joël Blondiaux, Benoit Bertrand, Emmanuel d'Incau, and Jean-Pierre Bocquet-Appel. "Cementochronology, to cut or not to cut ?" *International Journal of Paleopathology* 15 (2016) : 113-119.

Naughton, Filipa, Jean-François Bourillet, Maria Fernanda Sánchez Goñi, Jean-Louis Turon, and Jean-Marie Jouanneau. "Long-term and millennial-scale climate variability in northwestern France during the last 8850 years." *The Holocene* 17, no. 7 (2007) : 939-953.

Nellemann, Christian, Ingunn Vistnes, Per Jordhøy, and Olav Strand. "Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and resorts." *Biological conservation* 101, no. 3 (2001) : 351-360.

Nellemann, Christian, Ingunn Vistnes, Per Jordhøy, Olav Strand, and Adrian Newton. "Progressive impact of piecemeal infrastructure development on wild reindeer." *Biological conservation* 113, no. 2 (2003) : 307-317.

Neruda, Petr. "GIS analysis of the spatial distribution of Middle Palaeolithic artefacts in Kůlna Cave (Czech Republic)." *Quaternary International* 435 (2017) : 58-76.

Nicholson, Kerry L., Stephen M. Arthur, Jon S. Horne, Edward O. Garton, and Patricia A. Del Vecchio. "Modeling caribou movements : seasonal ranges and migration routes of the Central Arctic Herd." *PloS one* 11, no. 4 (2016) : e0150333.

Nielsen, Axel E. "Trampling the archaeological record : an experimental study." *American Antiquity* 56, no. 3 (1991) : 483-503.

Nieminen, Mauri, and Timo Helle. "Variations in body measurements of wild and semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus*) in Fennoscandia." In *Annales Zoologici Fennici*, pp. 275-283. Finnish Academy of Sciences, Societas Scientiarum Fennica, Societas pro Fauna et Flora Fennica and Societas Biologica Fennica Vanamo (1980).

Nilssen, Peter J. An Actualistic Butchery Study in South Africa and Its Implications for Reconstructing Hominid Strategies of Carcass Acquisition and Butchery in the Upper Pleistocene and Plio-Pleistocene. PhD diss., University of Cape Town (2000).

Niven, Laura, Teresa E. Steele, William Rendu, Jean-Baptiste Mallye, Shannon P. McPherron, Marie Soressi, Jacques Jaubert, and Jean-Jacques Hublin. "Neandertal mobility and large-game hunting: the exploitation of reindeer during the Quina Mousterian at Chez-Pinaud Jonzac (Charente-Maritime, France)." *Journal of human evolution* 63, no. 4 (2012) : 624-635.

Niven, Laura. "A diachronic evaluation of Neanderthal cervid exploitation and site use at Pech de l'Azé IV, France." In *Zooarchaeology and modern human origins : human hunting behavior during the later Pleistocene*, pp. 151-161. Dordrecht : Springer Netherlands, (2013).

Niven, Laura, and Hélène Martin. "Zooarcheological Analysis of the Assemblage." *The Middle Paleolithic Site of Pech de l'Azé IV* (2017) : 95.

Noe-Nygaard, Nanna, T. Douglas Price, and Signe Ulfeldt Hede. "Diet of aurochs and early cattle in southern Scandinavia : evidence from 15N and 13C stable isotopes." *Journal of Archaeological Science* 32, no. 6 (2005) : 855-871.

Nyamkhuu, Myanganbuu, Gansukh Sukhchuluun, Galsandorj Naranbaatar, and Yansanjav Adiya. "Movement and home range of Wapiti in Hustai National Park." *Proceedings of the Institute of Biology* 38, no. 1 (2022) : 29-42.

Orlando, Ludovic, Marjan Mashkour, Ariane Burke, Christophe J. Douady, Véra Eisenmann, and Catherine Hänni. "Geographic distribution of an extinct equid (*Equus hydruntinus* : Mammalia, Equidae) revealed by morphological and genetical analyses of fossils." *Molecular ecology* 15, no. 8 (2006) : 2083-2093.

Orlando, Ludovic. "The evolutionary and historical foundation of the modern horse : Lessons from ancient genomics." *Annual Review of Genetics* 54, no. 1 (2020) : 563-581.
Ossi, Federico, Jean-Michel Gaillard, Mark Hebblewhite, and Francesca Cagnacci. "Snow sinking depth and forest canopy drive winter resource selection more than supplemental feeding in an alpine population of roe deer." *European journal of wildlife research* 61 (2015) : 111-124.

Oulad El Kaïd, Célia. Étude Préliminaire des Retouchoirs du Faciès 2b du Site Moustérien Quina des Pradelles (Marillac-le-Franc, Charente). Mémoire de Master 2, Université Toulouse Jean Jaurès (2018).

Outram, Alan, and Peter Rowley-Conwy. "Meat and marrow utility indices for horse (*Equus*)." *Journal of Archaeological Science* 25, no. 9 (1998) : 839-849.

Özkan, Mustafa, Kanat Gürün, Eren Yüncü, Kılıncım Başak Vural, Gözde Atağ, Ali Akbaba, Fatma Rabia Fidan et al. "The first complete genome of the extinct European wild ass (*Equus hemionus hydruntinus*)." *Molecular Ecology* 33, no. 14 (2024) : e17440.

Palacio, Pauline, Véronique Berthoud, Claude Guérin, Josie Lambourdière, Frédéric Maksud, Michel Philippe, Delphine Plaire, Thomas Stafford, Marie-Claude Marsolier-

Kergoat, and Jean-Marc Elalouf. "Genome data on the extinct *Bison schoetensacki* establish it as a sister species of the extant European bison (*Bison bonasus*)." *BMC Evolutionary Biology* 17 (2017) : 1-11.

Pales, Léon. *Atlas Ostéologique Pour Servir À L'identification Des Mammifères Du Quaternaire*, Par Léon Pales Et Charles Lambert. Paris : Éditions du Centre national de la recherche scientifique (1971).

Palomares, Francisco, Héctor Ruiz-Villar, A. Morales-González, Javier Calzada, Jacinto Román, Juan Carlos Rivilla, Eloy Revilla, A. Fernández-Gil, and M. Delibes. "Hyaenids, felids and canids as bone accumulators : Does the natural history of extant species support zooarchaeological inferences ?" *Quaternary Science Reviews* 284 (2022) : 107459.

Panchenko, D. V., K. F. Tirronen, and P. I. Danilov. "Space Use and Seasonal Movements of Wild Forest Reindeer (*Rangifer tarandus fennicus* (Lönnb. 1909)) in the Republic of Karelia." *Biology Bulletin* 51, no. 8 (2024) : 2553-2566.

Panzacchi, Manuela, Bram FA Van Moorter, and Olav Strand. "A road in the middle of one of the last wild reindeer migration routes in Norway : crossing behaviour and threats to conservation." (2013).

Panzacchi, Manuela, Bram Van Moorter, Olav Strand, Leif Egil Loe, and Egil Reimers. "Searching for the fundamental niche using individual-based habitat selection modelling across populations." *Ecography* 38, no. 7 (2015) : 659-669.

Pedersen, Åshild Ønvik, Ingrid MG Paulsen, Steven Albon, Gustav Busch Arntsen, Brage B. Hansen, Rolf Langvatn, Leif Egil Loe et al. *Svalbard reindeer (Rangifer tarandus platyrhynchus) : a status report*. Norsk Polarinstitutt, 2019.

Pedersen, Åshild Ønvik, Larissa T. Beumer, Ronny Aanes, and Brage B. Hansen. "Sea or summit ? Wild reindeer spatial responses to changing high-arctic winters." *Ecosphere* 12, no. 12 (2021) : e03883.

Pederzani, Sarah, Vera Aldeias, Harold L. Dibble, Paul Goldberg, Jean-Jacques Hublin, Stéphane Madelaine, Shannon P. McPherron et al. "Reconstructing Late Pleistocene paleoclimate at the scale of human behavior : an example from the Neandertal occupation of La Ferrassie (France)." *Scientific Reports* 11, no. 1 (2021) : 1419.

Pedro, Joel Benjamin, Markus Jochum, Christo Buizert, Feng He, Stephen Barker, et Sune Olander Rasmussen. "Beyond the Bipolar Seesaw : Toward a Process Understanding of Interhemispheric Coupling." *Quaternary Science Reviews* 192 (2018) : 27–46.

Pelletier, Maxime, Aurélien Royer, Trenton Holliday, and Bruno Maureille. "Lièvre et lapin à Regourdou (Montignac-sur-Vézère, Dordogne, France) : Études paléontologique et taphonomique de deux accumulations osseuses d'origine naturelle." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 26 (2015) : 161-183.

Pelletier, Maxime, Aurélien Royer, Trenton W. Holliday, Emmanuel Discamps, Stéphane Madelaine, and Bruno Maureille. "Rabbits in the Grave ! Consequences of Bioturbation on the Neandertal 'Burial' at Regourdou (Montignac-sur-Vézère, Dordogne)." *Journal of Human Evolution* 110 (2017) : 1–17.

Pelletier, Maxime, Emmanuel Desclaux, Jean-Philip Brugal, and Pierre-Jean Texier. "The exploitation of rabbits for food and pelts by last interglacial Neandertals." *Quaternary Science Reviews* 224 (2019) : 105972.

Pereladova, O. B., A. J. Sempéeré, N. V. Soldatova, V. U. Dutov, G. Fisenko, and V. E. Flint. "Przewalski's horse adaptation to semi-wild life in desert conditions." *Oryx* 33, no. 1 (1999) : 47-58.

Perzanowski, Kajetan, Aleksandra Wołoszyn-Gałęza, and Maciej Januszczak. "Habitat parameters within seasonal migration trails of Bieszczady wisents." *European Bison Conservation Newsletter* 12 (2019) : 17-24.

Phillips, Gregory E., and A. William Alldredge. "Reproductive success of elk following disturbance by humans during calving season." *The Journal of Wildlife Management* (2000) : 521-530.

Pickering, Travis Rayne, Ron J. Clarke, and Jacopo Moggi-Cecchi. "Role of carnivores in the accumulation of the Sterkfontein Member 4 hominid assemblage : a taphonomic reassessment of the complete hominid fossil sample (1936–1999)." *American Journal of Physical Anthropology : The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists* 125, no. 1 (2004) : 1-15.

Pietikäinen, Aino. "Nutrition of captive and wild forest reindeer *Rangifer tarandus fennicus*." (2021).

Pike-Tay, Anne. "L'analyse du ciment dentaire chez les cerfs : l'application en préhistoire." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 3, no. 1 (1991) : 149-166.

Pike-Tay, Anne. "Variability and synchrony of seasonal indicators in dental cementum microstructure of the Kaminiriak caribou population." *Archaeofauna* 4 (1995) : 273-284.

Pirot, Françoise, and Anne Varet-Vitu. "Système d'Information Géographique, archéologie et histoire." *Histoire & mesure (Paris)* 19, no. 3-4 (2004).

Plakhina, Daria A., Elena Yu. Zvychnaynaya, Marina V. Kholodova, and Alexei A. Danilkin. "Identification of European (*Capreolus capreolus* L.) and Siberian (*C. pygargus* Pall.) Roe Deer Hybrids by Microsatellite Marker Analysis." *Russian Journal of Genetics* 50 (2014) : 757–762.

Plumb, Glenn E., and Jerrold L. Dodd. "Foraging ecology of bison and cattle on a mixed prairie : implications for natural area management." *Ecological Applications* 3, no. 4 (1993) : 631-643.

Plumb, G., R. Kowalczyk, and J. A. Hernandez-Blanco. *Bison bonasus. The IUCN red list of threatened species* (2020).

Plutniak, Sébastien. "Abstraction in Archaeological Stratigraphy : a Pyrenean Lineage of Innovation (late 19th-early 21st century)." *New Advances in the History of Archaeology, Archaeopress* (2021) : 78-92.

Polly, P. David, and Jussi T. Eronen. "Mammal associations in the Pleistocene of Britain : implications of ecological niche modelling and a method for reconstructing palaeoclimate." In *Developments in Quaternary Sciences*, vol. 14, pp. 279-304. Elsevier (2011).

Polziehn, R. O., and C. Strobeck. "Phylogeny of wapiti, red deer, sika deer, and other North American cervids as determined from mitochondrial DNA." *Molecular phylogenetics and evolution* 10, no. 2 (1998) : 249-258.

Polziehn, Renee. O., and C. Strobeck. "Phylogeny of wapiti, red deer, sika deer, and other North American cervids as determined from mitochondrial DNA." *Molecular phylogenetics and evolution* 10, no. 2 (1998) : 249-258.

Polziehn, Renee O., and Curtis Strobeck. "A phylogenetic comparison of red deer and wapiti using mitochondrial DNA." *Molecular Phylogenetics and Evolution* 22, no. 3 (2002) : 342-356.

Poole, Kim G., Clayton T. Lamb, Sam Medcalf, and Lanny Amos. "Migration, movements, and survival in a partially migratory elk (*Cervus canadensis*) population." *Conservation Science and Practice* 6, no. 5 (2024) : e13128.

Popp, Jesse N., Tom Toman, Frank F. Mallory, and Josef Hamr. "A century of elk restoration in eastern North America." *Restoration Ecology* 22, no. 6 (2014) : 723-730.

Procopio, Noemi, and Valentina Perrone. "Cementochronology. Pathologies, Lifestyle and the Estimation of Age in Adult Individuals." (2022).

Procopio, Noemi, and Valentina Perrone. "Cementochronology. Pathologies, Lifestyle and the Estimation of Age in Adult Individuals." (2022).

Pubert, Eric, Stephan Naji, Lionel Gourichon, Frédéric Santos, and William Rendu. "Cementochronology for archaeologists : experiments and testing for an optimized thin-section preparation protocol." In *Dental Cementum in Anthropology*, pp. 173-188. Cambridge University Press (2022).

Pucek, Zdzisław, ed. *European bison : status survey and conservation action plan*. Gland, Switzerland and Cambridge : IUCN, 2004.

Pélissier, Amélie, Benoit Bertrand, Matthieu Le Bailly, and Michaël Landolt. "La fouille du Kilianstollen à Carspach (Haut-Rhin) : réflexions méthodologiques pluridisciplinaires au service de l'identification de soldats de la Première Guerre mondiale." *actes des 8* (2019).

Pérez-Mejías, Carlos, Ana Moreno, Carlos Sancho, Rebeca Martín-García, Christoph Spötl, Isabel Cacho, Hai Cheng, and R. Lawrence Edwards. "Orbital-to-millennial scale climate variability during Marine Isotope Stages 5 to 3 in northeast Iberia." *Quaternary Science Reviews* 224 (2019) : 105946.

Pösö, A. Reeta. "Seasonal changes in reindeer physiology." *Rangifer* 25, no. 1 (2005) : 31-38.

Ramade, François. *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale-4e édition*. Dunod, (2009).

Ramanzin, Maurizio, Enrico Sturaro, and D. Zanon. "Seasonal migration and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the Italian eastern Alps." *Canadian journal of zoology* 85, no. 2 (2007) : 280-289.

Randi, Ettore, Massimo Pierpaoli, and Aleksey Danilkin. "Mitochondrial DNA polymorphism in populations of Siberian and European roe deer (*Capreolus pygargus* and *C. capreolus*)." *Heredity* 80, no. 4 (1998) : 429-437.

Ranglack, Dustin H., Glenn E. Plumb, and Luke R. Rogers. "American bison (*Bison bison*) : a rangeland wildlife continuum." In *Rangeland Wildlife Ecology and Conservation*, pp. 791-827. Cham : Springer International Publishing (2023).

Ratkiewicz, Mirosław, Eric Coissac, Magdalena Świśtocka, Magdalena Czajkowska, Rafat Kowalczyk, Marta Czernik, and Pierre Taberlet. "Winter diet overlap among moose, roe deer and red deer in coniferous and mixed forests depends on snow cover depth." *Forest Ecology and Management* 556 (2024) : 121710.

Reby, David, Mark Hewison, Marta Izquierdo, and Dominique Pépin. "Red deer (*Cervus elaphus*) hinds discriminate between the roars of their current harem-holder stag and those of neighbouring stags." *Ethology* 107, no. 10 (2001) : 951-959.

Reeves, Jonathan S., Shannon P. McPherron, Vera Aldeias, Harold L. Dibble, Paul Goldberg, Dennis Sandgathe, and Alain Turq. "Measuring spatial structure in time-averaged deposits insights from Roc de Marsal, France." *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 (2019) : 5743-5762.

Regis, Enya. "L'exploitation de la peau par Néandertal ? Analyse des stries de dépouillement du faciès 2b des Pradelles (Charente) ". Mémoire de master 2, Université Toulouse Jean-Jaurès (2020).

Reimers, Eigil, Sindre Eftestøl, and Jonathan E. Colman. "Behavior responses of wild reindeer to direct provocation by a snowmobile or skier." *The Journal of wildlife management* (2003) : 747-754.

Rendu, William. "Planification des activités de subsistance au sein du territoire des derniers Moustériens Cémento-chronologie et approche archéozoologique de gisements du Paléolithique moyen (Pech-de-l'Azé I, La Quina, Mauran) et Paléolithique supérieur ancien (Isturitz)." PhD diss., Université Bordeaux 1 (2007).

Rendu, William, Dominique Armand, Éric Pubert, and Marie Soressi. "Approche taphonomique en Cémento-chronologie : réexamen du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne, France)." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 21 (2011) : 223-236.

Rendu, William, Sandrine Costamagno, Liliane Meignen, and Marie-Cécile Soulier. "Monospecific faunal spectra in Mousterian contexts : Implications for social behavior." *Quaternary International* 247 (2012) : 50-58.

Rendu, William, Stephan Naji, Éric Pubert, Carlos Sánchez-Hernández, Manon Vuillien, Hala Alarashi, Emmanuel Discamps, Elodie-Laure Jimenez, Solange Rigaud, and Lionel Gourichon. "Cemento-chronology Protocol for Selecting a Region of Interest in Zooarchaeology." *Dental Cementum in Anthropology* (2022) : 201-214.

Rendu, William, Sylvain Renou, Anastasiia Koliassnikova, Malvina Baumann, Hugues Plisson, Emmanuel Discamps, Marie-Cécile Soulier et al. "Neanderthal subsistence at Chez-Pinaud Jonzac (Charente-Maritime, France) : A kill site dominated by reindeer remains, but with a horse-laden diet ?" *Frontiers in Ecology and Evolution* 10 (2023) : 1085699.

Renecker, Teresa A., Lyle A. Renecker, and Frank F. Mallory. "Relationships between carcass characteristics, meat quality, age and sex of free-ranging Alaskan reindeer : a pilot study." *Rangifer* 25, no. 2 (2005) : 107-121.

Rhodes, Sara E., and Nicholas J. Conard. "A quantitative paleoclimatic reconstruction of the non-analogue environment of oxygen isotope stage 3 : new data from small mammal records of southwestern Germany." *Archaeological and Anthropological Sciences* 13, no. 12 (2021) : 216.

Richards, Michael P., Maria Pellegrini, Laura Niven, Olaf Nehlich, Harold Dibble, Alain Turq, et Shannon J. P. McPherron. "Temporal Variations in Equus Tooth Isotope Values (C, N, O) from the Middle Paleolithic Site of Combe Grenal, France (ca. 150,000 to 50,000 BP)." *Journal of Archaeological Science : Reports* 14 (2017) : 189–198.

Riga, Francesco, Luciano Mandas, Nicola Putzu, and Andrea Murgia. "Reintroductions of the corsican red deer (*Cervus elaphus corsicanus*) : Conservation projects and sanitary risk." *Animals* 12, no. 8 (2022) : 980.

Ripley, Brian D. "The second-order analysis of stationary point processes." *Journal of applied probability* 13, no. 2 (1976) : 255-266.

Ripley, Brian D. "Modelling spatial patterns." *Journal of the Royal Statistical Society : Series B (Methodological)* 39, no. 2 (1977) : 172-192.

Ripley, Brian D. *Statistical inference for spatial processes*. Cambridge university press, (1988).

Rivals, Florent, Antigone Uzunidis, Montserrat Sanz, and Joan Daura. "Faunal dietary response to the Heinrich Event 4 in southwestern Europe." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 473 (2017) : 123-130.

Rivieccio, Eleonora, Claudia Troiano, Simona Petrelli, Valeria Maselli, Gabriele de Filippo, Domenico Fulgione, and Maria Buglione. "Population development and landscape preference of reintroduced wild ungulates: successful rewilding in Southern Italy." *PeerJ* 10 (2022) : e14492.

Roine, K., M. Nieminen, and J. Timisjärvi. "Foetal growth in the reindeer." *Acta Veterinaria Scandinavica* 23, no. 1 (1982) : 107.

Romtveit, Lena, Olav Strand, Anders Mossing, Leif Kastdalen, Arne W. Hjeltne, Dag K. Bjerketvedt, Arvid Odland, and Jan Heggenes. "Optimal foraging by a large ungulate in an extreme environment : Wild mountain reindeer select snow-free feeding habitats in winter." *Ecology and Evolution* 11, no. 15 (2021).

Rosatte, Rick, Joe Hamr, Jim Young, Ivan Filion, and Howard Smith. "The restoration of elk (*Cervus elaphus*) in Ontario, Canada : 1998–2005." *Restoration Ecology* 15, no. 1 (2007) : 34-43.

Roussel, Audrey. "Stratégies de subsistance et mobilité, au Paléolithique moyen, dans le Midi de la France : Approches archéozoologique et cémentochronologique » Thèse de doctorat *Université Côte d’Azur, Nice* (2023).

Royer, Aurélien, Christophe Lécuyer, Sophie Montuire, Gilles Escarguel, François Fourel, Alan Mann, and Bruno Maureille. "Late Pleistocene (MIS 3–4) climate inferred from micromammal communities and $\delta^{18}\text{O}$ of rodents from Les Pradelles, France." *Quaternary Research* 80, no. 1 (2013) : 113-124.

Rozenfeld, Sergey B., Alexander R. Gruzdev, Tatiana P. Sipko, and Andrey N. Tikhonov. "Trophic Relationships of Muskoxen (*Ovibos moschatus*) and Reindeer (*Rangifer tarandus*) on Wrangel Island." *Biology Bulletin* 39 (2012) : 779–787.

Ruebens, Karen, Emmanuel Discamps, Geoff M. Smith, and Jean-Jacques Hublin. "Integrating ZooMS and zooarchaeology to assess the Châtelperronian and carnivore occupations at Cassenade (Dordogne, France)." *PaleoAnthropology* (2024).

Rufà, Anna, Ruth Blasco, Florent Rivals, and Jordi Rosell. "Leporids as a potential resource for predators (hominins, mammalian carnivores, raptors) : an example of mixed contribution from level III of Teixoneres Cave (MIS 3, Barcelona, Spain)." *Comptes Rendus Palevol* 13, no. 8 (2014) : 665-680.

Russell, Don E., Anne Gunn, and Susan Kutz. "Migratory Tundra Caribou and Wild Reindeer." *Arctic Report Card 2018* (2018) : 67–73.

Regis, Enya. "Exploitation de la peau par Néandertal." *Analyse des stries de dépouillement du faciès 2b des Pradelles (Charente)*. Mémoire de Master 1, Université Toulouse Jean Jaurès. (2020).

Sacristán, Carlos, Knut Madslien, Irene Sacristán, Siv Klevar, and Carlos G. Das Neves. "Seroprevalence of hepatitis E virus in moose (*Alces alces*), reindeer (*Rangifer tarandus*), red deer (*Cervus elaphus*), roe deer (*Capreolus capreolus*), and muskoxen (*Ovibos moschatus*) from Norway." *Viruses* 13, no. 2 (2021) : 224.

Saher, D. Joanne, and Fiona KA Schmiegelow. "Movement pathways and habitat selection by woodland caribou during spring migration." *Rangifer* (2005) : 143-154.

Salvesen, Sigvald. "The moose and red deer in Norway." *Journal of Mammalogy* 10, no. 1 (1929) : 59-62.

Sambare, Oumarou, Salfo Savadogo, Issaka Ouédraogo, and Adjima Thiombiano. "Ecologie et diversité des forêts galeries et des savanes adjacentes du secteur sud-soudanien du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)." *Journal of Animal and Plant Sciences* 45, no. 3 (2020) : 7992-8009.

Sánchez-Goñi, María Fernanda, Frédérique Eynaud, Jean-Louis Turon, and N. J. Shackleton. "High resolution palynological record off the Iberian margin : direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex." *Earth and Planetary Science Letters* 171, no. 1 (1999) : 123-137.

Sánchez-Goñi, María Fernanda, Jean-Louis Turon, Frédérique Eynaud, and Sandra Gendreau. "European climatic response to millennial-scale changes in the atmosphere–ocean system during the Last Glacial period." *Quaternary Research* 54, no. 3 (2000) : 394-403.

Sánchez Goñi, María Fernanda., I. Cacho, J-L. Turon, Joel Guiot, F. J. Sierro, J. P. Peypouquet, J. O. Grimalt, and N. J. Shackleton. "Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region." *Climate dynamics* 19 (2002) : 95-105.

Sánchez-Goñi, María Fernanda Sánchez, Amaelle Landais, William J. Fletcher, Filipa Naughton, Stéphanie Desprat, and Josette Duprat. "Contrasting impacts of Dansgaard–Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters." *Quaternary Science Reviews* 27, no. 11-12 (2008) : 1136-1151.

Sánchez-Goñi, Maria Fernanda Sanchez, and Sandy P. Harrison. "Millennial-scale climate variability and vegetation changes during the Last Glacial : Concepts and terminology." *Quaternary Science Reviews* 29, no. 21-22 (2010) : 2823-2827.

Sánchez Goñi, María Fernanda, Edouard Bard, Amaelle Landais, Linda Rossignol, and Francesco d'Errico. "Air-sea temperature decoupling in western Europe during the last interglacial-glacial transition." *Nature Geoscience* 6, no. 10 (2013) : 837-841.

Sandgathe, Dennis, Alain Turq, Shannon P. McPherron, et Harold L. Dibble. Roc de Marsal (Campagne-de-Bugue, Dordogne) : rapport d'opération pour l'année 2004 (2004). Rapport déposé au Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.

Sandgathe, Dennis, Alain Turq, Shannon P. McPherron, et Harold L. Dibble. Roc de Marsal (Campagne-de-Bugue, Dordogne) : rapport d'opération pour l'année 2005 (2005). Rapport déposé au Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.

Sandgathe, Dennis, Alain Turq, Shannon P. McPherron, et Harold L. Dibble. Roc de Marsal (Campagne-de-Bugue, Dordogne) : rapport d'opération pour l'année 2006 (2006). Rapport déposé au Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.

Sandgathe, Dennis, Alain Turq, Harold L. Dibble, Shannon P. McPherron, et Paul Goldberg. 2007. Roc de Marsal (Campagne-du-Bugue, Dordogne) : rapport de fouille programmée triennale 2005-2007 (2007). Rapport déposé au Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.

Sandgathe, Dennis, Alain Turq, Shannon P. McPherron, et Harold L. Dibble. Roc de Marsal (Campagne-de-Bugue, Dordogne) : rapport d'opération pour l'année 2008 (2008). Rapport déposé au Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.

Sandgathe, Dennis, Alain Turq, Shannon P. McPherron, et Harold L. Dibble. Roc de Marsal (Campagne-de-Bugue, Dordogne) : rapport d'opération pour l'année 2009 (2009). Rapport déposé au Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.

Sandgathe, Dennis M., Harold L. Dibble, Paul Goldberg, Shannon P. McPherron, Alain Turq, Laura Niven, and Jamie Hodgkins. "On the Role of Fire in Neandertal Adaptations in Western Europe : Evidence from Pech de l'Azé and Roc de Marsal, France." *PaleoAnthropology* 2011 (2011a) : 216-242.

Sandgathe, Dennis M., Harold L. Dibble, Paul Goldberg, Shannon P. McPherron, Alain Turq, Laura Niven, and Jamie Hodgkins. "Timing of the appearance of habitual fire use." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, no. 29 (2011b).

Sandgathe, Dennis M., Harold L. Dibble, Paul Goldberg, and Shannon P. McPherron. "The Roc de Marsal Neandertal child: A reassessment of its status as a deliberate burial." *Journal of human evolution* 61, no. 3 (2011c) : 243-253.

Santos, João PV, Joaquin Vicente, Joao Carvalho, Joao Queiros, Miriam Villamuelas, Elena Albanell, Pelayo Acevedo, Christian Gortazar, Jorge Ramón López-Olvera, and Carlos Fonseca. "Determining changes in the nutritional condition of red deer in Mediterranean ecosystems : Effects of environmental, management and demographic factors." *Ecological Indicators* 87 (2018) : 261-271.

Schmidt, Karoline. "Winter ecology of nonmigratory Alpine red deer." *Oecologia* 95 (1993) : 226-233.

Schultz, John J., and Tosha L. Dupras. "Identifying the origin of taphonomic bone staining and color changes in forensic contexts." In *Manual of forensic taphonomy*, pp. 443-472. CRC Press, 2021.

Seierstad, Inger K., Peter M. Abbott, Matthias Bigler, Thomas Blunier, Anna J. Bourne, Edward Brook, Susanne L. Buchardt et al. "Consistently dated records from the Greenland GRIP, GISP2 and NGRIP ice cores for the past 104 ka reveal regional millennial-scale $\delta^{18}\text{O}$ gradients with possible Heinrich event imprint." *Quaternary Science Reviews* 106 (2014) : 29-46.

Semken Jr, Holmes A., Russell W. Graham, and Thomas W. Stafford Jr. "AMS 14C analysis of Late Pleistocene non-analog faunal components from 21 cave deposits in southeastern North America." *Quaternary International* 217, no. 1-2 (2010) : 240-255.

Sempéré, Antoine J., Vladimir E. Sokolov, and Aleksey A. Danilkin. "Capreolus capreolus." *Mammalian species* 538 (1996) : 1-9.

Shchelkunova, R. P. "The effect of industry and transport on reindeer pastures : the example of Taymyr." *Polar Geography* 17, no. 4 (1993) : 251-258.

Sheftel, B. I., and V. D. Yakushov. "Impacts of climate warming on terrestrial species in the Middle Yenisei taiga." *Contemporary Problems of Ecology* 15, no. 1 (2022) : 1-10.

Simmons, Wilson. "Using Cementochronology to Estimate Age-at-Death in Individuals With Pathological Dentition." Master's thesis, Idaho State University (2020).

Skogland, Terje. "Characteristics of the snow cover and its relationship to wild mountain reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.) feeding strategies." *Arctic and Alpine Research* 10, no. 3 (1978) : 569-579.

Skogland, Terje. "The effects of density-dependent resource limitations on the demography of wild reindeer." *The Journal of Animal Ecology* (1985) : 359-374.

Skogland, Terje. "Natural selection of wild reindeer life history traits by food limitation and predation." *Oikos* (1989) : 101-110.

Skre, Oddvar, Robert Baxter, Robert MM Crawford, Terry V. Callaghan, and Alexey Fedorkov. "How will the tundra-taiga interface respond to climate change?" *Ambio* (2002) : 37-46.

Smith, Kirby Gordon. "Woodland caribou demography and persistence relative to landscape change in west-central Alberta." (2004).

Smith, Stephanie Lindsay. "Hybridisation and introgression of exotic *Cervus (nippon* and *canadensis*) with red deer (*Cervus elaphus*) in the British Isles." (2013).

Smith, Stephanie L., Helen V. Senn, Sílvia Pérez-Espona, Megan T. Wyman, Elizabeth Heap, and Josephine M. Pemberton. "Introgression of exotic *Cervus (nippon* and *canadensis*) into red deer (*Cervus elaphus*) populations in Scotland and the English Lake District." *Ecology and Evolution* 8, no. 4 (2018).

Sorensen, Andrew C. "On the relationship between climate and Neandertal fire use during the Last Glacial in south-west France." *Quaternary International* 436 (2017) : 114-128.

Sorensen, Andrew C., Erika Claud, and Marie Soressi. "Neandertal fire-making technology inferred from microwear analysis." *Scientific reports* 8, no. 1 (2018) : 10065.
Soressi, M. "L'industrie lithique des niveaux moustériens (fouilles 1998-1999). Aspects taphonomiques, économiques et technologiques." *Le Site Paleolithique de Chez-Pinaud à Jonzac, Charente-Maritime : Premiers Resultats : Etudes sur la Coupe Gauche. Prehistoire du Sud-Ouest, Supplement* 8 (2004).

Sørensen, Bent. "Energy use by Eem Neanderthals." *Journal of Archaeological Science* 36, no. 10 (2009) : 2201-2205.

Soressi, Marie, and Francesco d'Errico. "Pigments, Gravures, Parures : Les Comportements Symboliques Controversés des Néandertaliens." In *Les Néandertaliens : Biologie et Cultures*, edited by Bernard Vandermeersch and Bruno Maureille, 297–309. Paris : Éditions du CTHS (2007). (Documents préhistoriques, no. 23).

Soressi, Marie, William Rendu, Pierre-Jean Texier, Émilie Claud, Francesco d'Errico, Véronique Laroulandie, Bruno Maureille, Marion Niclot, Steve Schwartz, and Anne-Marie Tillier. "Pech-de-l'Azé I (Dordogne, France) : nouveau regard sur un gisement moustérien de tradition acheuléenne connu depuis le XIXe siècle." *Les sociétés Paléolithiques d'un grand Sud-Ouest : nouveaux gisements, nouvelles méthodes, nouveaux résultats. Actes des journées décentralisées de la SPF des 24-25 novembre 2006* (2008) : 95-132.

Soubrier, Julien, Graham Gower, Kefei Chen, Stephen M. Richards, Bastien Llamas, Kieren J. Mitchell, Simon YW Ho et al. "Early cave art and ancient DNA record the origin of European bison." *Nature communications* 7, no. 1 (2016).

Soulier, Marie-Cécile. "Étude des dents de Renne du gisement des Pradelles (Charente, France) : revue critique des méthodes d'estimation d'âge dentaire, saisonnalité et profils de mortalité." Mémoire de Master 2, Université Toulouse Jean-Jaurès (2008).

Soulier, Marie-Cécile. "Entre alimentaire et technique : l'exploitation animale aux débuts du paléolithique supérieur : stratégies de subsistance et chaînes opératoires de traitement du gibier à Isturitz, La Quina aval, Roc-de-Combe et Les Abeilles." PhD diss., Université Toulouse Jean Jaurès (2013).

Soulier, Marie-Cécile, and Eugène Morin. "Cutmark data and their implications for the planning depth of Late Pleistocene societies." *Journal of Human Evolution* 97 (2016) : 37-57.

Soulier, Marie-Cécile, and Sandrine Costamagno. "Let the cutmarks speak ! Experimental butchery to reconstruct carcass processing." *Journal of Archaeological Science : Reports* 11 (2017) : 782-802.

Soulier, Marie-Cécile, and Sandrine Costamagno. "Le stockage alimentaire chez les chasseurs-cueilleurs paléolithiques." *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques* 69 (2018) : 88-103.

Soulier, Marie-Cécile, Sandrine Costamagno, Clémentine Lemeur, and Aurore Val. "L'étude des restes fauniques : résultats." *Palethnologie. Archéologie et sciences humaines* 10 (2019).

Soulier, Marie-Cécile. "Exploring meat processing in the past : Insights from the Nunamiut people." *Plos one* 16, no. 1 (2021) : e0245213.

Soulier, Marie-Cécile, Enya Regis-Franzke, Bruno Maureille, and Sandrine Costamagno. "Pas de peau pour Néandertal ? Modes de dépouillement du renne dans le faciès 2b des Pradelles (Charente)." In *29ème Congrès préhistorique de France* (2022).

Spiess, Arthur. *Reindeer and Caribou Hunters : An Archaeological Study*. New York : Academic Press (1979).

Staaland, Hans, and Robert G. White. "Influence of foraging ecology on alimentary tract size and function of Svalbard reindeer." *Canadian Journal of Zoology* 69, no. 5 (1991) : 1326-1334.

Staaland, Hans, and Robert G. White. "Regional variation in mineral contents of plants and its significance for migration by arctic reindeer and caribou." *Alces : A Journal Devoted to the Biology and Management of Moose* 37, no. 2 (2001) : 497-509.

Stafford Jr, Thomas W., Holmes A. Semken Jr, Russell W. Graham, Walter F. Klippel, Anastasia Markova, Nikolai G. Smirnov, and John Southon. "First accelerator mass spectrometry ¹⁴C dates documenting contemporaneity of nonanalog species in late Pleistocene mammal communities." *Geology* 27, no. 10 (1999) : 903-906.

Steele, Teresa E., and Timothy D. Weaver. "The modified triangular graph : a refined method for comparing mortality profiles in archaeological samples." *Journal of Archaeological Science* 29, no. 3 (2002) : 317-322.

Steele, Teresa E. "Using mortality profiles to infer behavior in the fossil record." *Journal of Mammalogy* 84, no. 2 (2003) : 418-430.

Steig, Eric J., and Richard B. Alley. "Phase relationships between Antarctic and Greenland climate records." *Annals of Glaciology* 35 (2002) : 451-456.

Stevenson, Suzanne. "Resource use of mountain caribou (*Rangifer tarandus caribou*), white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*), and other sympatric ungulates, in west-central Alberta, Canada." PhD diss., University of Northern British Columbia (2023).

Stewart, D. R. M., and D. R. P. Zaphiro. "Biomass and density of wild herbivores in different East African habitats." (1963) : 483-496.

Stimmelmayer, Raphaela. *Ecology of reindeer on Hagemeister Island, Alaska*. University of Alaska Fairbanks, 1994.

Stiner, Mary C. "The use of mortality patterns in archaeological studies of hominid predatory adaptations." *Journal of anthropological archaeology* 9, no. 4 (1990) : 305-351.

Strani, Flavia, and Daniel DeMiguel. "The role of climate change in the extinction of the last wild equids of Europe : Palaeoecology of *Equus ferus* and *Equus hydruntinus* during the Last Glacial Period." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 620 (2023) : 111564.

Strong, Wayne L., Jesse HS Chambers, and Thomas S. Jung. "Range constraints for introduced elk in southwest Yukon, Canada." *Arctic* (2013) : 470-482.

Stutz, Aaron Jonas. *Pursuing past seasons: A re-evaluation of cementum increment analysis of Paleolithic archaeology*. University of Michigan (2002).

Swearingner, Mary C. "Application of Dental Cementochronology in Unidentified Migrants in South Texas." (2018).

Telfer, Edmund S., and Anna L. Cairns. "Resource use by moose versus sympatric deer, wapiti and bison." *Alces* 22 (1986) : 113-137.

Texier, Jean. "A propos des processus de formation des sites préhistoriques/About prehistoric site formation processes." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 12, no. 1 (2000) : 379-386.

Texier, Jean-Pierre, Safia Agsous, Bertrand Kervazo, Arnaud Lenoble, and Roland Nespoulet. "Sédimentogenèse de sites préhistoriques classiques du Périgord." *Pôle International de la Préhistoire, Edition numérique* (2006).

Theoret, Jessica L. "Specifying Caribou Migratory Behaviours to Identify and Preserve Intraspecies Diversity." (2020).

Theoret, Jessica, Maria Cavedon, Troy Hegel, Dave Hervieux, Helen Schwantje, Robin Steenweg, Megan Watters, and Marco Musiani. "Seasonal movements in caribou ecotypes of Western Canada." *Movement Ecology* 10, no. 1 (2022) : 12.

Thiebaut, Céline. "L'industrie lithique de la couche III du Roc de Marsal (Dordogne) : le problème de l'attribution d'une série lithique au Moustérien à denticulés." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 15 (2003) : 141-168.

Thiébaud, Céline, Sandrine Costamagno, Marie-Pierre Coumont, Vincent Mourre, Noëlle Provenzano, and Isabelle Théry-Parisot. "Approche expérimentale des conséquences du piétinement des grands herbivores sur les vestiges lithiques et osseux." *Paléo, Supplément* 3 (2010) : 109-129.

Thomas, Marc, Emmanuel Discamps, Mathieu Lejay, Xavier Muth, and Jean-Guillaume Bordes. "Os qui roule n'amasse pas mousse. Une expérimentation sur le tri différentiel des vestiges lithiques et osseux dans un écoulement turbulent." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 33 (2023) : 146-163.

Théry-Parisot, Isabelle, and Sandrine Costamagno. "Propriétés combustibles des ossements : données expérimentales et réflexions archéologiques sur leur emploi dans les sites paléolithiques." *Gallia Préhistoire–Archéologie de la France préhistorique* 47 (2005) : 235-254.

Théry-Parisot, Isabelle, Sandrine Costamagno, Jean Philip Brugal, Jean-Christophe Castel, Magali Gerbe, Laurent Bouby, and Raphaële Guilbert. "La question des os brûlés dans les sites du Paléolithique. Un programme d'archéologie expérimentale en taphonomie." *Les Nouvelles de l'archéologie* 118 (2009) : 31-36.

Tillier, A. M. "The Pech de l'Azé and Roc de Marsal children (Middle Paleolithic, France) : skeletal evidence for variation in Neanderthal ontogeny." *Human Evolution* 11 (1996) : 113-119.

Tixier, Hélène, and Patrick Duncan. "Are European roe deer browsers ? A review of variations in the composition of their diets." *Revue D'écologie* 51, no. 1 (1996) : 3-17.

Tokarska, Małgorzata, Cino Pertoldi, Rafał Kowalczyk, and Kajetan Perzanowski. "Genetic status of the European bison *Bison bonasus* after extinction in the wild and subsequent recovery." *Mammal Review* 41, no. 2 (2011) : 151-162.

Tomé, Carine. *Mise en place de référentiels d'âge squelettique et dentaire chez le chevreuil (Capreolus capreolus) : applications archéozoologiques* (1999).

Tomé, Carine, and J-D. Vigne. "Roe deer (*Capreolus capreolus*) age at death estimates : New methods and modern reference data for tooth eruption and wear, and for epiphyseal fusion." *Archaeofauna, International Journal of archaeozoology* 12 (2003) : 157-173.

Turghan, Mardan Aghabey, Zhigang Jiang, and Zhongze Niu. "An update on status and conservation of the Przewalski's horse (*Equus ferus przewalskii*) : captive breeding and reintroduction projects." *Animals* 12, no. 22 (2022) : 3158.

Turq, Alain. L'évolution du Moustérien de Type Quina au Roc de Marsal et en Périgord : Modification de l'Équilibre Technique et Typologique. Mémoire de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, Toulouse (1979).

Turq, Alain. "Le Moustérien de type Quina du roc de Marsal (Dordogne)." *Bulletin de la Société préhistorique française* (1985) : 46-51.

Turq, Alain. "Le Moustérien de Type Quina du Roc de Marsal à Campagne (Dordogne) : Contexte Stratigraphique, Analyse Lithologique et Technologique." *Documents d'Archéologie Périgourdine* 3 (1988) : 5–30.

Turq, Alain. "Approche technologique et économique du faciès Moustérien de type Quina : étude préliminaire." *Bulletin de la Société préhistorique française* (1989) : 244-256.

Turq, Alain. "Raw material and technological studies of the Quina Mousterian in Perigord." *The middle Paleolithic : Adaptation, behavior, and variability* (1992) : 75-85.

Turq, Alain. "Le Moustérien Typique." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 2, no. 1 (2000a) : 274-291.

Turq, Alain. "Le Moustérien de type Ferrassie." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 2, no. 1 (2000b) : 304-309.

Turq, Alain. "Le moustérien de type Quina." *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 2, no. 1 (2000c) : 310-343.

Turq, Alain, Harold Lewis Dibble, Paul Goldberg, Shannon Mc Pherron, Dennis Sandgathe, Heather Jones, Kerry Maddison et al. "Les fouilles récentes du Pech de l'Azé IV (Dordogne)." *Gallia Préhistoire–Préhistoire de la France dans son contexte européen* 53 (2011) : 1-58.

Turq, Alain, Wil Roebroeks, Laurence Bourguignon, and Jean-Philippe Faivre. "The fragmented character of Middle Palaeolithic stone tool technology." *Journal of human evolution* 65, no. 5 (2013) : 641-655.

Turq, Alain, Jean-Philippe Faivre, Brad Gravina, and Laurence Bourguignon. "Building models of Neanderthal territories from raw material transports in the Aquitaine Basin (southwestern France)." *Quaternary international* 433 (2017) : 88-101.

Tusznio, Joanna, Luis Santillan Gutierrez, Marianna Strzelecka, Krzysztof Niedziałkowski, and Małgorzata Grodzińska-Jurczak. "Traditional and emerging visions of European bison (*Bison bonasus*) conservation and management : Implication for the IUCN conservation planning." *Environmental Science & Policy* 158 (2024) : 103783.

Tyler, Norman J. C., and Nils A. Øritsland. "Why Don't Svalbard Reindeer Migrate?" *Ecography* 12, no. 4 (1989): 369–376.

Tzedakis, P. Chronis, Konrad. A. Huguen, Isabel, Cacho, and Katerina Harvati. "Placing late Neanderthals in a climatic context." *Nature* 449, no. 7159 (2007) : 206-208.

Underhill, Jackie E., and Penny G. Angold. "Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape." *Environmental Reviews* 8, no. 1 (1999) : 21-39.

Vaissié, Erwan. "Géographie culturelle du Paléolithique moyen récent dans le Massif central et ses marges : territoires, mobilités et systèmes techniques lithiques." PhD diss., Université de Bordeaux (2021).

Vaissié, Erwan, and Jean-Philippe Faivre. "Envisager les territoires et les réseaux au Paléolithique moyen : quelles données, quelles possibilités ?" *Hiatus, lacunes et absences : identifier et interpréter les vides archéologiques, Actes du 29e Congrès préhistorique de France, 31 mai-4 juin 2021, Toulouse* (2023) : 5-34.

Van Moorter, Bram, Ilkka Kivimäki, Manuela Panzacchi, Santiago Saura, Bernardo Brandão Niebuhr, Olav Strand, and Marco Saerens. "Habitat functionality : Integrating environmental and geographic space in niche modeling for conservation planning." *Ecology* 104, no. 7 (2023) : e4105.

Van Vuure, T. "History, morphology and ecology of the aurochs." *Lutra* 45 (2002).

Vandenberghe, Jef. "Cryoturbation Structures." In *Encyclopedia of Quaternary Science*, vol. 3, 430–435. Amsterdam : Elsevier, 2013.

Varela, Sergio, and Jorge Rodríguez. *Atlas Osteológico : Carnívoros Ibéricos*. Madrid : Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) (2004).

Vieilleigne, Emmanuelle, Laurence Bourguignon, Illuminada Ortega, and Pierre Guibert. "Analyse croisée des données chronologiques et des industries lithiques dans le grand sud-ouest de la France (OIS 10 à 3)." *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique* 20 (2008) : 145-166.

Vikøren, Turid, Jorun Tharaldsen, Bente Fredriksen, and Kjell Handeland. "Prevalence of *Toxoplasma gondii* antibodies in wild red deer, roe deer, moose, and reindeer from Norway." *Veterinary Parasitology* 120, no. 3 (2004) : 159-169.

Vikøren, Turid, Anja Bråthen Kristoffersen, Syverin Lierhagen, and Kjell Handeland. "A comparative study of hepatic trace element levels in wild moose, roe deer, and reindeer from Norway." *Journal of Wildlife Diseases* 47, no. 3 (2011) : 661-672.

Villa, Paola, and Jean Courtin. "The interpretation of stratified sites : a view from underground." *Journal of Archaeological Science* 10, no. 3 (1983) : 267-281.

Villa, Paola, and Eric Mahieu. "Breakage patterns of human long bones." *Journal of human evolution* 21, no. 1 (1991) : 27-48.

Vistnes, Ingunn, Christian Nellemann, Per Jordhøy, and Olav Strand. "Effects of infrastructure on migration and range use of wild reindeer." *The Journal of Wildlife Management* 68, no. 1 (2004) : 101-108.

Wainer, Karine, Dominique, Genty, Dominique, Blamart, Mathieu, Daëron, Mira, Bar-Matthews, Hubert, Vonhof, Yuri, Dublyansky et al. "Speleothem record of the last 180 ka in Villars cave (SW France) : Investigation of a large $\delta^{18}\text{O}$ shift between MIS6 and MIS5." *Quaternary Science Reviews* 30, no. 1-2 (2011) : 130-146.

Wang, Genxu, Wei Bai, Na Li, and Hongchang Hu. "Climate changes and its impact on tundra ecosystem in Qinghai-Tibet Plateau, China." *Climatic Change* 106, no. 3 (2011) : 463-482.

Weaver, Timothy D., Ryan H. Boyko, and Teresa E. Steele. "Cross-platform program for likelihood-based statistical comparisons of mortality profiles on a triangular graph." *Journal of archaeological science* 38, no. 9 (2011) : 2420-2423.

Weldenegodguad, Melak, Milla Niemi, Sakari Mykrä-Pohja, Kisun Pokharel, Tuula-Marjatta Hamama, Antti Paasivaara, and Juha Kantanen. "Pure wild forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus*) or hybrids ? A whole-genome sequencing approach to solve the taxonomical status." *Conservation Genetics Resources* 16, no. 4 (2024) : 283-292.

White, Craig G., Peter Zager, and Michael W. Gratson. "Influence of predator harvest, biological factors, and landscape on elk calf survival in Idaho." *The Journal of Wildlife Management* 74, no. 3 (2010) : 355-369.

White, Cliff A., Canadian Rockies Bison Initiative, and Alberta Canmore. "Historical ecology of bison movement corridors, Western Cordillera, North America : a cross watershed comparison." (2018) : 10-05.

Williams, Frank L'Engle, Christopher W. Schmidt, Amanda G. Henry, Emmanuel Discamps, Jessica L. Droke, Gaël Becam, and Marie-Antoinette de Lumley. "The Ice Age

diet of the La Quina 5 Neandertal of southwest France." *L'anthropologie* 126, no. 4 (2022) : 103056.

Witmer, Gary. "Re-introduction of elk in the United States." *Journal of the Pennsylvania Academy of Science* (1990) : 131-135.

Wright, Elizabeth. "The history of the European aurochs (*Bos primigenius*) from the Middle Pleistocene to its extinction : an archaeological investigation of its evolution, morphological variability and response to human exploitation." PhD diss., University of Sheffield (2013).

Wroth, Kristen, Dan Cabanes, John M. Marston, Vera Aldeias, Dennis Sandgathe, Alain Turq, Paul Goldberg, and Harold L. Dibble. "Neanderthal plant use and pyrotechnology : phytolith analysis from Roc de Marsal, France." *Archaeological and anthropological sciences* 11 (2019) : 4325-4346.

Xiao, Chao-Ting, Ming-Hai Zhang, Yan Fu, and Hung-Son Koh. "Mitochondrial DNA distinction of northeastern China roe deer, Siberian roe deer, and European roe deer, to clarify the taxonomic status of northeastern China roe deer." *Biochemical Genetics* 45 (2007) : 93-102.

Yar, Bérengère, and Philippe Dubois. "Les structures d'habitat au Paléolithique inférieur et moyen en France : entre réalité et imaginaire." *Bulletin de la Société préhistorique française* (1996) : 149-163.

Yustos, Marta, and José Yravedra Sainz de los Terreros. "Cannibalism in the Neanderthal world : An exhaustive revision." *J. Taphon* 13 (2015) : 33-52.

Zhigang, Jiang, and Zong Hao. "Reintroduction of the Przewalski's horse in China : status quo and outlook." *Nature Conservation Research. Заповедная наука* 4, no. Приложение 2 (2019) : 15-22.

Zielke, Luisa, Nicole Wrage-Mönnig, and Jürgen Müller. "Seasonal preferences in diet selection of semi-free ranging European bison (*Bison bonasus*)." *European Bison Conservation Newsletter* 10 (2017) : 61-70.

Liste des figures

Figure introductive : Schéma synthétique des problématiques et des méthodes mobilisées dans ce travail.

Figure I.1 : Carte de répartition des principaux sites de comparaison couvrant la transition MIS 5 – 4. AQ = AnteQuina ; Q = Quina.

Figure I.2 : Synthèse des données paléoenvironnementales disponibles pour la fin du Paléolithique moyen dans le Nord du Bassin aquitain. D'après Discamps et Royer (2017).

Figure I.3 : Carte des potentielles aires de chevauchement du Renne, du Cerf et du Chevreuil sauvage actuel, réalisée d'après les données cartographiques de l'IUCN (2024). NB : cette carte de répartition correspond à une simplification de leur distribution actuelle.

Figure I.4 : Carte des potentielles aires de chevauchement du Wapiti et du Renne/Caribou actuel, réalisée d'après les données cartographiques de l'IUCN (2024). NB : cette carte de répartition correspond à une simplification de leur distribution actuelle.

Figure I.5 : Carte des aires de chevauchement hypothétiques du Renne et du Cerf d'après les modélisations de niches fondamentales réalisées par P.D. Polly et J.T. Eronen (2011). NB : cette carte de répartition correspond à une simplification de leur distribution potentielle.

Figure I.6 : Localisation du gisement du Roc-de-Marsal.

Figure I.7 : Photographie de la grotte du Roc-de-Marsal prise au cours des fouilles récentes (2004 – 2009). © D. Sandgathe et ses collaborateurs (2005).

Figure I.8 : Plan du gisement montrant le carroyage, l'emprise des fouilles anciennes (J. Lafille) et récentes (équipe franco-américaine), et les tests dépourvus de matériel réalisés dans la cavité attachée. D'après K. Wroth et al., 2019 (modifié).

Figure II.1 : Planche photographique de référence illustrant les différentes classes de couleurs osseuses retenues pour l'enregistrement.

Figure II.2 : Exemple théorique de l'impact des stratigraphies post-fouilles (Post-Excavation Stratigraphies – PES) sur les interprétations des ensembles archéologiques, pour l'homogénéité des ensembles (a) et la résolution stratigraphique (b) ; in Discamps et al., 2023.

Figure II.3 : Présentation des deux fenêtres d'observation (w1 et w2) sélectionnées sur le gisement pour les analyses basées sur les processus ponctuels (fonction K).

Figure II.4 : Illustration de la fonction K de Ripley ; in Abousamra et al., 2023

Figure II.5 : Exemple d'effet de bord. Les points situés en bord de fenêtre se voient compter moins de voisins que les points situés au centre.

Figure II.6 : Tirage de 50 points en distribution aléatoire, agrégée et régulière et application de la fonction K de Ripley sur les trois configurations-type, réalisé sur le logiciel R.

Figure II.7 : (à droite) Coupe schématique d'une dent d'Ongulé, in Rendu et al., 2011 (modifié) ; (à gauche) grossissement x20 du ciment acellulaire de la lame DP149.2 du Roc-de-Marsal sous trois lumières (naturelle, polarisée, polarisée avec insertion de la lame ¼ d'ondes). CHS = Couche hyaline de Hopewell-Smith. CGT = Couche Granulaire de Tomes.

Figure III.1 : Confrontation des spectres fauniques obtenus par J.-C. Castel à ceux de la présente étude.

Figure III.2 : Proportion de vestiges coordonnés versus issus des refus de tamis pour les cinq espèces principales des couches 5 à 7 confondues. BB = Bovinés ; CAB = Équidés ; CAPREO = Chevreuil ; CEL = Cerf ; RANG = Renne.

Figure III.3 : Comparaison du spectre faunique de J.-C.C. et C.D. obtenu à partir des pièces déterminées par les deux auteurs.

Figure III.4 : Projections zénithales et cartes de densité des vestiges (tous registres confondus : faune, silex, autres) des niveaux 5, 6 et 7. La ligne pointillée indique la limite du porche actuel.

Figure III.5 : Projections frontales du fond de la grotte des vestiges coordonnés par couches pour les niveaux 4 à 8.

Figure III.6 : Projections en coupe sagittales des vestiges coordonnés (tous registres confondus : faune, silex, autres) par couches pour les niveaux 5 à 7.

Fig. III.7 : Projections en coupe sagittales des vestiges coordonnés par type de matériaux (faune et silex) pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.8 : Projections en coupe sagittales des vestiges coordonnés déterminés taxinomiquement appartenant aux 5 espèces principales du corpus (Renne, Bovinés, Cheval, Cerf, Chevreuil) pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.9 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés en fonction de leur taux de concrétionnement pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.10 : Projections en coupes sagittales des restes coordonnés en fonction de leur taux de couvrement par les dépôts noirs pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.11 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés en fonction de leur taux d'abrasion pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.12 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés touchés par les craquelures longitudinales pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.13 : Projections en coupes sagittales des vestiges touchés par les attaques dendritiques pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.14 : Projections en coupes sagittales des vestiges coordonnés en fonction de leur coloration pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.15 : Histogrammes en série représentant le pourcentage de fragments par espèces touché par les altérations osseuses, pour chaque couche. Seules les atteintes ayant livré un résultat significatif sont présentées ici. Les intervalles de confiance sont fixés à 95%.

Figure III.16 : Proportion de fragments concernés par chaque catégorie de couleur en fonction des espèces auxquelles ils appartiennent, pour chaque couche.

Figure III. 17 : Analyse factorielle des correspondances croisant la variable coloration de l'os à la variable espèce, pour les cinq espèces principales du corpus des couches 5 et 7.

Figure III. 18 : Analyse des Correspondances Multiples croisant les variables taphonomiques ayant livré un résultat significatif en fonction des espèces (cf. fig. III.15).

Figure III. 19 : Classification Ascendante Hiérarchique à partir de tous les vestiges osseux du corpus, en ne retenant que les variables ayant livré un résultat statistiquement significatif (cf. fig. III.15).

Figure III.20 : Projections en coupe sagittale des vestiges coordonnés en fonction du cluster auquel ils appartiennent pour les niveaux 5 à 7.

Figure III.21: Méthode de redécoupage en nouvelles entités stratigraphiques employée dans ce travail, sur la base des PES, combinant limites de terrain, superposition d'espèces et superposition des clusters taphonomiques.

Figure III.22 : Projections en coupe sagittale (25 cm d'épaisseur) des cinq espèces principales du corpus et délimitation PES proposée dans ce travail.

Figure III.23 : Projections en coupe sagittale (25 cm d'épaisseur) des clusters 1 et 2 et délimitation PES proposée dans ce travail.

Figure III.24 : Confrontation des spectres fauniques lorsque les unités archéologiques sont considérées par couches versus par PES. Seules les pièces coordonnées appartenant aux cinq espèces principales du corpus sont représentées.

Figure III.25 : Projection sagittale de la tranchée 18c montrant la localisation du fragment de Renne présent dans la PES 2 et dont la patine est de cluster 2.

Figure III.26 : Test Kintertypes de contrôle confrontant les vestiges de Cerf et de Renne de toutes les unités PES confondues (n° 1, n°2, indéterminée).

Figure III.27 : Projections en coupes sagittales des refus de tamis et de leur composition taxinomique (représentée par des diagrammes en camembert).

Figure III.28 : Histogramme représentant le nombre d'individus abattus par tranches saisonnières d'après les lectures de lames cémento-chronologiques. DBS = Début de Bonne Saison ; MBS = Milieu de Bonne saison ; FBS = Fin de Bonne saison ; MS = Mauvaise Saison.

Figure III.29 : Synthèse des indices de saisonnalité obtenus dans ce chapitre. Le découpage saisonnier (DBS/MBS/FBS/MS) a été réalisé d'après les travaux d'A. Pike-Tay (1991 pour le Cerf ; 1995 pour le Renne). Inconnue = qui n'ont pu être rattachés à une unité PES (fouilles J. Lafille).*

Figure III.30 : Profils de mortalité et premières interprétations des taxons ayant livré un minimum de trois individus au sein des PES n°1 et n°2.

Figure III.31 : Profils squelettiques du Renne pour la PES n°1 et la PES n°1 + indéterminée (combinées).

Figure III.32 : Profils squelettiques des Bovinés pour la PES n°1 et la PES n°1 + indéterminée (combinées).

Figure III.33 : Profils squelettiques des Équidés pour la PES n°1 et la PES n°1 + indéterminée (combinées).

Figure III.34 : Profils squelettiques du Cerf pour la PES n°2 et la PES n°2 + indéterminée (combinées).

Figure III.35 : Profils squelettiques du Chevreuil pour la PES n°2 et la PES n°2 + indéterminée (combinées).

Figure III.36: Diagramme donnant le pourcentage de fragments portant au moins une strie de boucherie pour chaque espèce au sein des unités PES n°1, n°2 et indéterminée. Les pointillés rouges matérialisent les différences significatives. Les restes dentaires, de fœtus et lisibles à moins de 50 % sont exclus. Légende des couleurs : bleu = Renne, jaune = Bovinés, rose = Équidés, vert foncé = Cerf, vert clair = Chevreuil.

Figure III.37 : Stries de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibule, métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Renne (PES n°1).

Figure III.38 : Fragments de Renne (PES n°1) témoignant du retrait disjoint de la peau des bas de pattes.

Figure III.39 : Fragments de Renne (PES n°1) portant une incision longitudinale située au-dessus d'une entame circulaire.

Figure III.40 : Analyse de la récurrence des stries d'entame circulaire de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibules, métapodes, et premières phalanges de Renne (PES n°1).

Figure III.41 : Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Renne (PES n°1).

Figure III.42 : Stries de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibule, métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Cerf (PES n°2).

Figure III.43 : Fragments de Cerf (PES n°2) témoignant possiblement du retrait disjoint de la peau des bas de pattes.

Figure III.44 : Analyse de la récurrence des stries d'entame circulaire de dépouillement sur fragments latéralisés de mandibules, métapodes, et premières phalanges de Cerf (PES n°2).

Figure III.45 : Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Cerf (PES n°2).

Figure III.46 : Stries de dépouillement et analyse de récurrence des stries d'entame circulaire sur fragments latéralisés de mandibule, métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Chevreuil (PES n°2).

Figure III.47 : Stries de retrait des tendons sur fragments latéralisés de métapodes et phalanges reportées sous QGIS pour le Cerf (PES n°2).

Figure III.48 : Diagramme du pourcentage de fragments portant au moins une strie longitudinale (%CutL) pour chaque espèce des PES n°1, n°2 et indéterminée. Ligne pointillée rouge : seuil fixé à 20%.

Figure III.49 : Distribution zénithale des vestiges brûlés des PES n°1, n°2 et indéterminée. Les valeurs exprimées sur les figures de droite correspondent au nombre et au pourcentage de fragments brûlés par rapport au nombre total de restes. Ces données reposent uniquement sur les vestiges coordonnés et les refus de tamis déterminables issus de la maille 6 millimètres.

Figure III.50 : Analyse Factorielle Discriminante réalisée sur nos quatre échantillons. Les individus construisant le modèle sont ceux préconisés par Costamagno et al. (2009). Les échantillons de nos huit tests sont intégrés en tant que variable supplémentaire (variable à prédire).

Figure III.51 : Histogramme des pourcentages de fragments de tissu compact et spongieux par classe de taille de fragments pour les PES n°1, n°2 et indéterminée combinées. Le ratio_sp évalue la représentativité des restes spongieux par rapport aux restes corticaux (en pourcentage).

Figure III.52 : Histogramme du pourcentage de retouchoirs par taxon au sein des PES n°1 et n°2. Les chiffres « 1 » et « 2 » indiquent l'unité PES. Les lignes rouges marquent les différences significatives.

Figure IV.1 : Synthèse des résultats obtenus sur la question des faunes composites au Roc-de-Marsal (niveaux 5 à 7) et réintégration des niveaux étudiés au sein de la séquence.

Figure IV.2 : Carte de répartition des sites susceptibles de couvrir la transition climatique du MIS 5 – 4 et dont les décomptes fauniques sont disponibles.

Figure IV.3 : Les séquences à faunes composites du Nord du Bassin aquitain de la transition MIS 5 – 4. En bleu = Renne ; jaune = Bovinés ; rose = Équidés ; vert foncé = Cerf ; vert clair = Chevreuil.

Figure IV.4 : Projections en coupe frontale des vestiges coordonnés déterminés taxinomiquement appartenant aux 5 espèces principales du corpus (Renne, Bovinés, Cheval, Cerf, Chevreuil).

Figure IV.5 : Intégration hypothétique de la séquence du Roc-de-Marsal dans le cadre chrono-environnemental régional. D'après Soulier et Costamagno (2018), modifié.

Figure IV.6 : Spectre faunique de l'unité PES n°1 exprimé en %NR (à gauche) et en % de poids de viande (à droite).

Figure IV.7 : Schémas de découpe des peaux de cervidés observées pour les unités PES n°1 et n°2. Lat. = latérale ; med. = médiale. Patrons vierges réalisés d'après Soulier et al., 2022.

Figure IV.8 : Indices de saisonnalité obtenus à partir des mesures sur fœtus de Renne au sein de la couche 4, attribuée au Moustérien Quina (d'après la photographie de J.-C. Castel et ses collaborateurs, 2017).

Figure IV.9 : Essai de synthèse des comportements de subsistance des néandertaliens du Roc-de-Marsal (PES n°1 et n°2).

Figure IV.10 : Synthèse des ruptures et des continuités de l'Ante-Quina au Quina dans le Nord du Bassin aquitain.

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Variabilité comportementale du Renne sauvage actuel en fonction de ses préférences en termes d'habitats (écotypes).

Tableau I.2 : Correspondances stratigraphiques entre les unités lithostratigraphiques, les unités archéologiques, l'industrie lithique, la faune et les stades isotopiques. D'après A. Turq et al., 2009 (modifié).

Tableau I.3 : Compilation des datations réalisées sur la séquence du Roc-de-Marsal d'après la littérature disponible. TL = ThermoLuminescence ; OSL = Optical Stimulated Luminescence ; ESR = Electron Spin Resonance. Les dates avec la mention « indicatif » sont approximatives.

Tableau II.1 : Décompte des restes issus des niveaux 5, 6 et 7. Les valeurs () correspondent aux refus de tamis des colonnes J17 et H18 (maille 6 mm).*

Tableau II.2 : Exemple de la manière dont sont modifiées les données spatiales en Z dans le fichier .csv en vue d'obtenir des travées et des tranchées de 10 cm d'épaisseur sous QGIS.

Tableau II.3 : Décompte des fragments osseux retenus pour les reports sous SIG et les analyses de récurrence et de densité. Sont exclus les éléments squelettiques ne portant aucune strie de dépouillement, et les fragments lisibles à moins de 50%.

Tableau III.1 : Composition taxinomique de l'assemblage osseux des niveaux 5, 6 et 7 du Roc-de-Marsal. NR = Nombre de Restes. NRT = Nombre de Restes Total. NRDt = Nombre de Restes Déterminés taxinomiquement. NRDa = Nombre de Restes Déterminés anatomiquement. MAM = Mammifère

Tableau III.2 : Décomptes par couches des ossements touchés par les différentes altérations osseuses. NR = Nombre de Restes ; NRaltéré = Nombre de restes touchés par l'altération ; NRtot = Nombre de Restes total (touchés et non touchés par l'altération).

Tableau III.3 : Description des principales tendances spatiales observées sur les projections en coupes sagittales des différentes altérations

osseuses. « PES possible ? » = l'agencement spatial des vestiges en fonction des critères établis (ici, les altérations) montre-t-elle des subdivisions spatiales assez nettes pour entreprendre un nouveau découpage stratigraphique sur cette base ?

Tableau III.4 : Croisement du nombre et du pourcentage de vestiges par couches présent dans les nouvelles entités PES.

Tableau III.5 : Tableau de contingence croisant, pour la PES n°1, la variable « espèce » à la variable « cluster ». Sont inclus tous les restes déterminés spécifiquement pour lesquels nous disposons d'informations sur les clusters.

Tableau III.6 : Tableau de contingence croisant, pour la PES n°2, la variable « espèce » à la variable « cluster ». Sont inclus tous les restes déterminés spécifiquement pour lesquels nous disposons d'informations sur les clusters.

Tableau III.7 : Synthèse des relations entre les points marqués (par espèces) sur les deux fenêtres d'observation retenues, à l'aide de la fonction Kintertype.

Tableau III.8 : Tableau contenant les valeurs nécessaires (pour chaque espèce : part moyenne dans les refus de tamis, dans les pièces coordonnées, et NR par PES) pour réaliser le calcul en croix et spectres théoriques de référence.

Tableau III.9 : Composition taxinomique de l'assemblage osseux des nouvelles entités PES retenues dans ce travail. NR = Nombre de Restes. NRT = Nombre de Restes Total. NRDt = Nombre de Restes Déterminés taxinomiquement. NRDa = Nombre de Restes Déterminés anatomiquement. MAM = Mammifère.

Tableau III.10 : Décomptes par PES et par carrés échantillonnés (J17 et H18) du nombre de refus de tamis indéterminables enregistrés selon quelques critères (type de tissus, taille de fragment, degré de combustion).

Tableau III.11 : Nombre minimum d'individus décomptés pour chacune des méthodes utilisées dans l'étude des saisonnalités.

Tableau III.12 : Liste des huit lames cémento-chronologiques lisibles et leurs interprétations saisonnières respectives pour le Renne et le Cerf.

Tableau III.13 : Liste des fragments dentaires de Renne et de Cerf ayant livré des indices de saisonnalité au sein des PES 1, 2 et indéterminée. Les fragments donnant le NMI sont signalés par un astérisque (ID).*

Tableau III.14 : Indices de saisonnalité obtenus à partir des mesures sur fœtus de Renne au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée. Les fragments donnant le NMI sont signalés par un astérisque (ID).*

Tableau III.15 : Détail et interprétation saisonnière des restes de fœtus-mort-nés décomptés au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée.

Tableau III.16 : Décomptes par unités PES (en NR et %NR) des restes osseux touchés par les différents types d'altérations dues aux Carnivores.

Tableau III.17 : Décomptes par unités PES (en NR et %NR) des restes osseux touchés par les différents types d'altérations d'origine anthropique.

Tableau III.18 : Nombre Minimum d'Individus (NMI) décomptés par taxon et par classe d'âge pour les PES n°1, n°2 et indéterminée.

Tableau III.19 : Résultats des tests de corrélation de Spearman confrontant les %MAU des espèces principales aux référentiels de densité osseuse et aux différents indices d'utilité nutritive pour les PES n°1 et n°2. Conservation diff. = conservation différentielle. Les corrélations statistiquement significatives (p -value $< 0,05$) sont surlignées en vert (positives) et en rouge (négatives). En vert clair : corrélation positive modérée (ρ entre 0,33 et 0,66) ; En vert foncé : corrélation positive forte ($\rho > 0,66$).

Tableau III.20 : Décomptes et pourcentage de fragments portant au moins une strie de boucherie pour chaque espèce au sein des unités PES n°1, n°2 et indéterminée. Les restes dentaires, de fœtus et lisibles à moins de 50 % sont exclus.

Tableau III.21 : Décomptes du nombre de fois où un code a été enregistré et relié à une activité sur chaque fragment de la PES n°1. Nfrag_strié = nombre de fragments sur lesquels le code a été enregistré (note : un fragment peut porter plusieurs stries reliées au même code, dans ce cas nous comptons 1) ; NRfrag = Nombre de restes susceptibles de porter une trace.

Tableau III.22 : Décomptes du nombre de fois où un code a été enregistré et relié à une activité sur chaque fragment de la PES n°2. Nfrag_strié = nombre de fragments sur lesquels le code a été enregistré (note : un fragment peut porter plusieurs stries reliées au même code, dans ce cas nous comptons 1) ; NRfrag = Nombre de restes susceptibles de porter une trace.

Tableau III.23 : Tableau de décomptes des stries longitudinales et %CutL des os longs charnus par espèces et par unités PES.

Tableau III.24 : Décomptes des fractures sur os frais au sein des PES n°1, n°2 et indéterminée. Nfrais = nombre de fractures sur os frais ; %frais = pourcentage de fractures sur os frais ; Ntot. = nombre de fractures sur os frais et sec.

Tableau III.25 : Décomptes des fragments portant au moins une encoche de percussion au sein de la PES n°1. NRenc = nombre de fragments portant au moins une encoche ; %enc = pourcentage de fragments portant au moins une encoche ; Ntot. = nombre de total de fragments.

Tableau III.26 : Décomptes des phalanges retrouvées complètes. Nco. = Nombre de phalanges complètes. Ntot. = Nombre total de restes de phalange.

Tableau III.27 : MAU par portions d'os (extrémité proximale, diaphyse, extrémité distale) pour les cinq espèces principales des PES n°1, n°2 et indéterminée. prox. = extrémité proximale ; diap. = diaphyse ; dist. = distale.

Tableau III.28 : Décomptes du nombre de fragments spongieux brûlés et non-brûlés au sein des carrés J17 et H18 (vestiges coordonnés + refus de tamis maille 6 et 2 mm) pour les PES n°1, n°2 et indéterminée. Sp = fragments spongieux.

Tableau III.29 : Résultats des AFD réalisées sur nos huit échantillons (voir tests n°1 à 4) provenant des PES n°1 et n°2.

Tableau. III.30 : Décomptes des restes compacts et des restes spongieux par classes de taille de fragment pour les carrés J17 et H18 (coordonnés + refus de tamis mailles 6 et 2 mm) des PES n°1, n°2 et indéterminée cumulées. Ratio_sp = pourcentage de restes de tissu spongieux par rapport au nombre de restes total (tissu compact + spongieux).

Tableau III.31 : Décompte du nombre de retouches par éléments squelettiques et par taxons pour les PES n°1, n°2 et indéterminée. Seuls les éléments squelettiques ayant livré au moins une plage de retouche sont présentés. Nret = Nombre de retouches ; Ntot = Nombre de restes total.

Titre : Les néandertaliens face aux bouleversements climatiques du MIS 4 : entre choix cynégétiques et contraintes environnementales.

Mots clés : Neandertal, Statistiques spatiales, Taphonomie, Cémento-chronologie, Archeozoologie, Ecologie des cervidés

Résumé : Le Marine Isotopic Stage 4 (MIS 4) marque, dans le Sud-Ouest de la France et ses marges, le début d'une péjoration climatique importante au cours de laquelle les forêts atlantiques ont été remplacées par des paysages plus froids et steppiques. Les assemblages nord-aquitains qui couvrent cette transition environnementale voient le remplacement progressif du Cerf-Chevreuril par le Renne, un taxon potentiellement très migrateur qui serait désormais devenu l'une des principales proies chassées par les néandertaliens de la région. Ces bouleversements environnementaux s'accompagnent de mutations socio-économiques majeures (recomposition des équipements, nouvelle technologie lithique, nouvelles stratégies de mobilité) au sein de la sphère néandertalienne, avec le développement du techno-complexe Quina. Ce nouveau système pourrait être plus adapté à l'acquisition planifiée de proies grégaires et migratrices, comme le Renne.

Dans ce travail doctoral, nous nous attachons aux assemblages fauniques qui couvrent la période située juste avant le Quina, qui présentent selon nous un double intérêt :

- ils présentent un profil atypique, puisqu'ils associent en abondance le Renne au Cerf-Chevreuril. Cette situation ne connaît peu d'équivalents dans nos écosystèmes actuels et pourrait résulter de plusieurs causes non-exclusives (mélanges de niveaux, problèmes de résolution des découpages stratigraphiques, saisons de chasse différentes, véritables environnements non-analogues).

- ils sont toujours associés à la technologie Levallois (AnteQuina). Pourtant, le Renne est déjà largement présent au sein de ces assemblages. Ils constituent en ce sens l'opportunité potentielle de mieux comprendre comment se comportent les néandertaliens dans des paysages à proies multiples, et de mieux comprendre les liens éventuels entre l'apparition du Renne au sein des assemblages et l'émergence du système Quina.

Pour étudier ces questionnements, les restes fauniques de trois niveaux (7, 6 et 5) du gisement du Roc-de-Marsal (Dordogne) sont analysés en combinant trois approches méthodologiques complémentaires : les analyses taphonomiques et spatiales, les données de saisonnalité, et l'archéozoologie classique.

Au-delà des développements méthodologiques initiés dans le domaine des analyses spatiales, les données obtenues dans ce travail permettent d'actualiser notre regard sur les environnements de la transition entre le MIS 5 et 4 dans le Nord du Bassin aquitain, et de confronter ces modèles environnementaux aux comportements cynégétiques humains juste avant l'apparition du modèle Quina.

Title: Neandertal facing climate changes : between hunting choices and environmental constraints.

Key words: Neanderthal, Spatial statistics, Taphonomy, Cementochronology, Zooarchaeology, Deer ecology

Abstract: Marine Isotopic Stage 4 (MIS 4) marks, in southwestern France and its margins, the beginning of a significant climatic deterioration during which Atlantic forests were replaced by colder, more steppe-like landscapes. The north-Aquitainian assemblages covering this environmental transition show the gradual replacement of Red Deer and Roe Deer by Reindeer—a potentially highly migratory species that appears to have become one of the main prey hunted by Neanderthals in the region. These environmental upheavals are accompanied by major socio-economic changes (reorganization of toolkits, new lithic technology, new mobility strategies) within the Neanderthal sphere, notably with the development of the Quina techno-complex. This new system may have been better suited to the planned acquisition of gregarious and migratory prey, such as Reindeer.

In this doctoral research, we focus on faunal assemblages that cover the period just prior to the Quina phase, which we believe hold a dual interest:

- they show an atypical profile, with an abundant association of Reindeer and Red/Roe Deer. This situation has few parallels in current ecosystems and could result from several non-exclusive causes (mixed layers, issues with stratigraphic resolution, different hunting seasons, or truly non-analogous environments).

- they are still associated with Levallois (AnteQuina) technology. Yet, Reindeer are already widely present in these assemblages. As such, they provide a potential opportunity to better understand how Neanderthals behaved in multi-prey landscapes, and to explore possible links between the emergence of Reindeer in the faunal record and the development of the Quina system.

To investigate these questions, faunal remains from three levels (7, 6, and 5) of the Roc-de-Marsal site (Dordogne) are analyzed using a combination of three complementary methodological approaches: taphonomic and spatial analyses, seasonality data, and classical archaeozoology.

Beyond methodological advancements in spatial analysis, the data obtained in this study allow us to update our understanding of the environments during the transition from MIS 5 to 4 in the northern Aquitaine Basin, and to confront these environmental models with human hunting behaviors just before the appearance of the Quina model.