

LES DOLINES DU PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR DE LA COMBE DE « VÂ TCHE TCHÂ » (AJOIE, SUISSE): UN PIÈGE À RESTES DE MAMMIFÈRES ET ARTEFACTS LITHIQUES

■
Damien BECKER¹, Denis AUBRY¹ & Jean DETREY^{1,2}

RÉSUMÉ

Le modelé karstique du plateau d'Ajoie (Jura, Suisse) et en particulier de la combe de « Vâ Tche Tchâ » est parsemé d'un grand nombre de dolines. Certaines d'entre elles ont fonctionné comme des pièges naturels à restes de mammoths et autres mammifères lors de la dernière glaciation. Les assemblages fossiles préservés sont principalement datés du Pléniglaciaire moyen terminal (environ de 45-40 à 30 ka BP). La plupart des éléments fossiles ont été soumis à des processus de transport biologiques (prédateurs ou charognards) ou physiques (solifluxion, soutirage), impliquant un tri, des phénomènes d'abrasion et d'altération ainsi que des concentrations d'os et de dents. L'assemblage faunique est composé essentiellement de mégaherbivores et grands herbivores brouteurs associés à une microfaune dominée par des rongeurs fouisseurs. Les espèces sylvoicoles sont minoritaires et les formes intermédiaires semblent absentes. Une activité humaine est attestée par de rares artefacts lithiques associés aux restes de mammifères. Elle semble correspondre à des passages plutôt qu'à des occupations de longue durée ou des haltes de chasse. Sur la base d'analyses paléocéologiques (biodiversité, histogrammes écologiques, cénogramme), le biotope préférentiel de l'assemblage faunique devait correspondre à un environnement en mosaïque, ouvert et humide, partiellement recouvert d'une végétation en buissons et forestière. La communauté mammalienne associée devait probablement vivre en Ajoie durant une phase interstadienne du Pléniglaciaire moyen terminal (Hengelo, Huneborg ou Denekamp de la chronostratigraphie du nord de l'Europe).

Mots-clés : mammifères, artefacts lithiques, Pléniglaciaire moyen, doline, Ajoie, taphonomie, paléocéologie.

ABSTRACT

THE LATE PLEISTOCENE DOLINES FROM THE "VÂ TCHE TCHÂ" VALLEY (AJOIE, SWITZERLAND): A TRAP FOR MAMMAL REMAINS AND LITHIC ARTEFACTS

The karstic relief of the Ajoie plateau and particularly of the "Vâ Tche Tchâ" valley is formed by many dolines. Some of these latter functioned as natural traps for skeletal remains of mammoth, woolly rhinoceros and other large terrestrial mammals during the last glaciation. Often the dolines yield a fossil assemblage of the latest middle Pleniglacial (ca. 45-40 to 30 ka BP). Most of the fossil remains have been transported by biological (predators or scavengers) or physical (solifluxion, withdrawing) processes resulting in sorting, abrasion, weathering and concentration of the bones and teeth. The fossil mammal assemblages are dominated by grazing mega- and large herbivores as well as fossorial rodents. In contrast, forest-dwelling species are only a minor component and intermediate-sized mammals seem to lack in these faunal assemblages. Rare lithic artefacts associated with the mammal fossils support at least an occasional presence of humans, but no long time settlements or hunting. Based essentially on palaeoecological analyses of the mammal community (biodiversity, ecological histograms, cenogram), the palaeoenvironmental reconstruction should correspond to a humid relatively open landscape partially covered by a bush, shrub and forest vegetation. The mammal fauna probably lived in the Ajoie during an interstadial phase of the latest middle Pleniglacial (either the Hengelo, Huneborg or Denekamp of northern Europe chronostratigraphy).

Key-words: mammals, lithic artefacts, middle Pleniglacial, dolines, Ajoie, taphonomy, palaeoecology.

1 - INTRODUCTION

Les découvertes de faune glaciaire en Ajoie (Jura, Suisse) sont très rares. La littérature fait essentiellement mention de restes de mammoths, souvent associés à d'autres mammifères (lynx, boeufs, ours, chevaux...), préservés dans des remplissages karstiques. Malheureusement, la recherche de « l'objet pour l'objet » ayant longtemps primé, l'insertion de ces découvertes dans leurs contextes stratigraphique et taphonomique est la plupart du temps déficitaire.

Greppin (1870) puis Hummel (1914) font mention de la découverte d'une défense, de quatre dents et de nombreux os post-crâniens de mammoths au tournant du Pont-d'Able, à environ 500 m en aval de Porrentruy. Erzinger (1943) récolte dans une poche karstique située au centre du village de Courchavon divers restes osseux de *Mammuthus primigenius*, de grands bovidés ainsi qu'un fragment de radius provenant probablement d'un ours des cavernes et un fragment de tibia de *Lynx pardellus*. Quelque temps plus tard, Koby (1944) trouve au même endroit un fragment de radius de lynx (proba-

¹ Section d'archéologie et paléontologie, République et Canton du Jura, Office de la culture, Hôtel des Halles, CH-2900 Porrentruy, Switzerland.
Courriel : damien.becker@palaeojura.ch

² UMR 7044 du CNRS

blement *Lynx pardellus*) ainsi qu'un grand grattoir en silex blond et une autre pièce en silex noir étranger à la région. Finalement, Koby (1955) reprend les trouvailles mentionnées ci-dessus dans un article consacré aux mammifères tertiaires et quaternaires des environs de Porrentruy. Il y ajoute la découverte d'une pointe de défense près de Bure, dans une fissure à 20 m de profondeur. Plus récemment, les divers travaux de fouilles archéologiques et paléontologiques le long de la future autoroute A16 (Transjurane) ont mis au jour de nouveaux restes de faunes glaciaires et quelques artefacts lithiques dans des remplissages de dolines et de fissures karstiques en Ajoie.

Cet article présente les premiers résultats de l'étude des mammifères et des artefacts lithiques du Pléniglaciaire moyen terminal découverts dans les remplissages lœssiques des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ ». Une synthèse stratigraphique locale, la détermination des différents taxons présents, la description des artefacts lithiques et l'identification des principaux processus taphonomiques sont exposées. Ces nouvelles données permettent de comprendre le fonctionnement d'une doline en tant que piège à ossements et artefacts lithiques et de caractériser l'écosystème local associé. Les niveaux lœssiques concernés par ces restes sont systématiquement datés de l'intervalle chronostratigraphique 45-40 à 30 ka BP (Pléniglaciaire moyen terminal).

2 - SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

L'Ajoie est située dans le NO de la Suisse, dans le canton du Jura. Cette région correspond à une zone complexe marquée par la phase d'extension E-O qui est à l'origine de l'ouverture des fossés d'effondrement du Rhin et de la Bresse durant l'Oligocène et par les phases de compressions N-S qui ont édifié le Jura plissé durant le Miocène. Elle est rattachée au Jura tabulaire et marque la transition entre les contreforts du Jura plissé au sud et les plaines du Sundgau au nord, prolongation méridionale du Fossé rhénan (fig. 1). Le plateau de Bure, situé dans la partie centrale et occidentale de l'Ajoie, est dominé par une morphologie karstique illustrée non seulement par de nombreuses dolines, mais également par un réseau de vallées sèches calqué sur les fractures qui affectent ce territoire. Les dépôts quaternaires, généralement inférieurs à 10 m, se rencontrent le plus souvent en comblement de fonds de vallées ou de dépressions karstiques, mais peuvent localement tapisser les reliefs tabulaires. Les vallées sèches sont la plupart du temps colmatées par des graviers fluviatiles du Pléistocène supérieur surmontés par des lœss (parfois caillouteux) souvent préservés en pied de pente ou dans des remplissages de dolines. Les séquences lœssiques, parfois fortement altérées et le plus souvent décarbonatées (*Lösslehm* des auteurs allemands), sont datées du Pléniglaciaire et correspondent à la terminaison SO du sillon lœssique rhénan (Brailard, 2006).

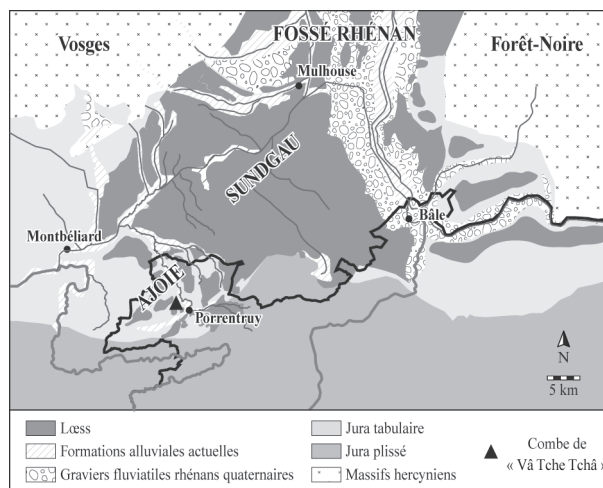


Fig. 1 : Carte géologique de la région du sud de l'Alsace et de la chaîne jurassienne suisse.

La distribution des dépôts lœssiques du Pléniglaciaire est concentrée entre les massifs hercyniens des Vosges et de la Forêt-Noire. Leur extension méridionale est marquée par les premières antiformes du Jura plissé. La région d'Ajoie, localisée sur le Jura tabulaire, se situe également à la limite du Jura plissé (modifiée d'après Aubry *et al.*, 2000).

*Fig. 1: Geological map of southern Alsace (France) and of the Swiss Jura Mountains. The Pleniglacial loess deposits are mainly located between the Vosges and Black Forest hercynian massifs. The southern extension of these deposits is characterized by the first antiforms of the folded Jura. The Ajoie region, located in the tabular Jura, is also located north of the boundary of the folded Jura (modified after Aubry *et al.*, 2000).*

Le lieu-dit « Vâ Tche Tchâ » signifie en patois ajoulot « vallon sur la chaux » probablement en référence à l'exploitation de chaux dans la région depuis la période romaine jusqu'au XVIII^e siècle. Cette combe représente la partie amont d'une vallée sèche relativement étroite, d'orientation générale NNO-SSE, de pente de 3° environ et d'une longueur totale de près de 3 km. Cette dépression entaille les calcaires et marnes kimméridgiens de la Formation de Reuchenette (Gygi, 2000). Elle prend son origine dans la bordure méridionale du plateau de Bure pour aboutir dans la vallée sèche principale de la Haute-Ajoie, à l'extrémité ouest du village de Courtedoux (Ajoie). Une quinzaine de dolines comblées se cachent sous la couverture holocène de cette combe (fig. 2). D'un diamètre allant de 5 m à plus de 50 m pour une profondeur parfois supérieure à 20 m (voir fig. 2, photos V1 et V6), ces dolines se sont formées principalement en situation de pente topographique et présentent souvent une asymétrie caractéristique avec une bordure amont en « V » et une bordure avale en « U » (voir Salomon, 2000 et Brailard, 2006).

3 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Parmi l'ensemble des dolines répertoriées le long de la combe de « Vâ Tche Tchâ », sept dolines fossilifères ont été intégralement fouillées et documentées, alors que deux dolines d'importance secondaire n'ont été que partiellement sondées à la pelle mécanique. Ces travaux de terrain se sont déroulés en deux phases, durant la

période 1998-2000 et la période 2006-2007. Le matériel se compose de 193 spécimens de méga- et de grands mammifères identifiables, dont 131 restes dentaires. De plus, environ 1,5 tonne de sédiment a été lavée et triée pour la recherche de petits mammifères. Tous les spécimens découverts se rapportent à l'intervalle chronostratigraphique 45-40 à 30 ka BP. Ils sont conservés dans les collections du Musée jurassien des sciences naturelles

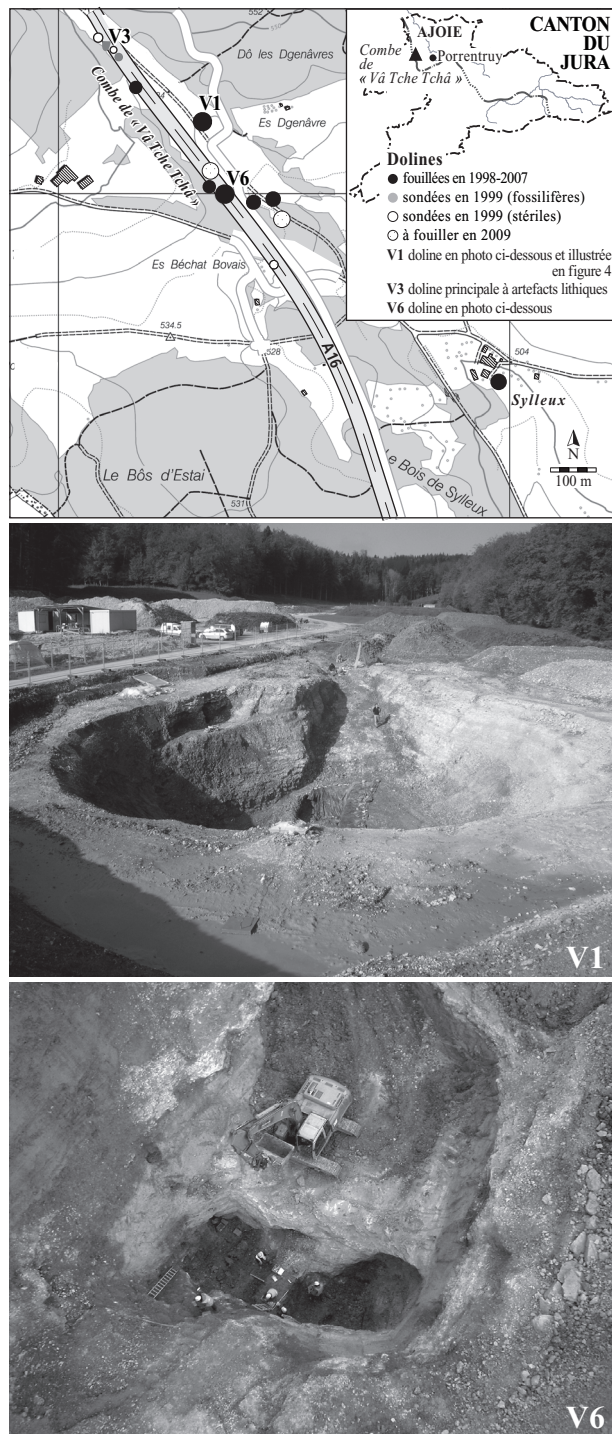


Fig. 2: Localisation des dolines du Pléistocène supérieur de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse) le long de la future autoroute A16 (Transjurane) et photos des dolines V1 et V6 en situation de fouille (© OCC-SAP).

Fig. 2: Location of the Late Pleistocene dolines in « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland), along the future course of the highway A16 (Transjurane), and photographs of the dolines V1 and V6 during excavation (© OCC-SAP).

(MJSN, Porrentruy, Suisse). Les artefacts lithiques intégrés dans cette étude n'ont été découverts que dans les remplissages de trois dolines. Ils se rapportent à un corpus de 17 pièces associés à des restes de mammifères. Les objets sont conservés dans les collections de l'Office cantonal de la culture de la République et Canton du Jura (OCC, Porrentruy, Suisse).

L'analyse de la séquence sédimentaire enregistrée dans les dolines est définie sur un découpage lithostratigraphique et chronostratigraphique basé sur des critères de terrain, ainsi que sur des données paléontologiques et analytiques. Les remplissages quaternaires des dolines sont ainsi subdivisés en plusieurs ensembles chronostratigraphiques (E), selon la nomenclature réactualisée d'Aubry *et al.* (2000), Guélat (2006) et Braillard (2006).

Les datations absolues exploitées sont soit des âges radiocarbones (^{14}C), soit des âges obtenus par OSL (*Optically Stimulated Luminescence*). Les analyses radiocarbones ont été effectuées sur des gastéropodes, sur des charbons de bois et sur des restes osseux par le laboratoire de l'Université d'Uppsala (S). Les âges obtenus ont été calibrés à partir de la courbe proposée par Bard *et al.* (2004). Les résultats des datations de sédiment par OSL ont été fournis par le Département de Géographie de l'Université de Cologne (D), selon les méthodologies exposées par Wintle (1997) et Aitken (1998).

L'analyse biométrique suit les méthodologies de Guérin (1980), Louguet-Lefebvre (2005) et Fernandez (2006). La quantification des restes de méga- et de macromammifères présents dans les gisements est définie sur la base du nombre de spécimens identifiés par taxon (« nombres de restes » ou NR) et répartie par classes anatomiques (voir Valli, 2001). L'abondance des spécimens par taxon est donnée sous forme de valeurs absolues et de pourcentages relatifs. L'analyse écologique est basée sur la méthode des histogrammes écologiques (Andrews *et al.*, 1979; Guérin & Faure, 1987) et des cénogrammes (Legendre, 1989).

4 - RÉSULTATS

4.1 - STRATIGRAPHIE

La séquence stratigraphique enregistrée dans les remplissages des dolines définit 8 ensembles sédimentaires (E1 à E8) se rapportant au Pléistocène supérieur (fig. 3). Chaque ensemble représente un segment stratigraphique, dont le calage chronologique a été basé dans un premier temps sur des datations ^{14}C ou OSL et dans un deuxième temps sur des corrélations lithostratigraphiques (Aubry *et al.*, 2000). L'ensemble E7d1, daté du Pléniglaciaire moyen terminal, est constitué de graviers locaux (anciens gélifractions de taille comprise entre 3 et 8 cm), de gravillons et de sables à matrice lœssique argileuse majoritairement décarbonatée, contenant des fragments organiques fossilisés. Il contient également des lentilles déformées de lœss argileux structurés (en polyèdres) à restes de végétaux carbonisés et minéralisés tels que des charbons et quelques fragments

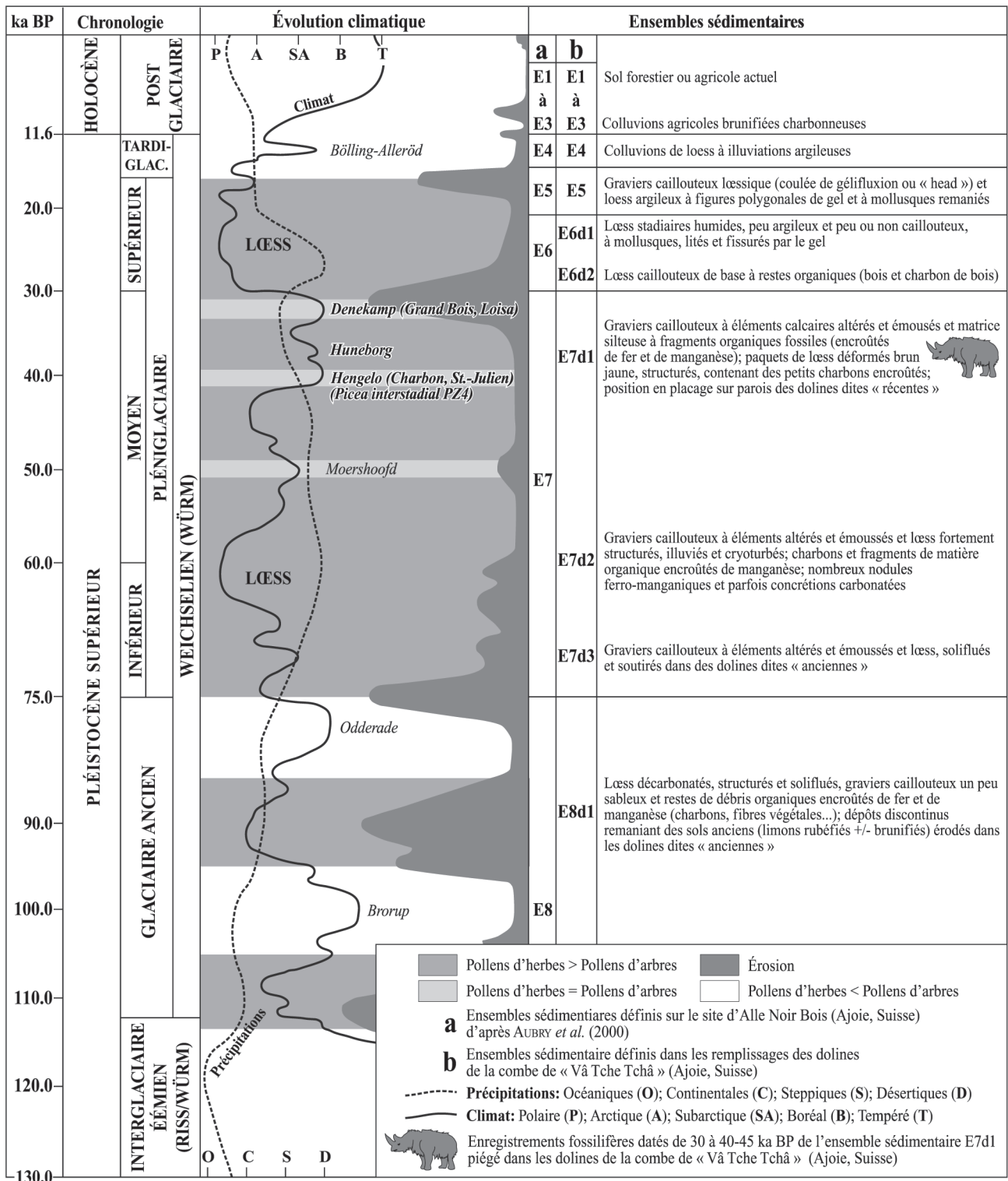


Fig. 3: Tableau stratigraphique synthétique des remplissages lœssiques du Pléistocène supérieur des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

L'évolution climatique est modifiée d'après Woillard & Mook (1982) et Vliet-Lanoë & Guillocheau (1995). Les interstades Denekamp, Huneborg et Hengelo correspondent à la chronostratigraphie du nord de l'Europe. Les interstades Charbon et Grand Bois (Grande Pile), Loisa et St.-Julien (Gigny) et *Picea* interstadial PZ4 (Gossau) sont basés sur la chronostratigraphie régionale établie par Woillard & Mook (1982), Schlüster *et al.* (1987), Campy *et al.* (1989) et Preusser *et al.* (2003). Les ensembles sédimentaires (E) ont été calés par datations ^{14}C , TL (thermoluminescence) et OSL (Optically Stimulated Luminescence) et par corrélations lithostratigraphiques locales.

*Fig. 3: Synthetic stratigraphic context of Late Pleistocene loessic fillings within the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). The climatic evolution is modified after Woillard & Mook (1982) and Vliet-Lanoë & Guillocheau (1995). The interstades Denekamp, Huneborg et Hengelo correspond to the northern Europe chronostratigraphy. The interstades Charbon and Grand Bois (Grande pile), Loisa and St.-Julien (Gigny) and *Picea* interstadial PZ4 (Gossau) are based on the regional chronostratigraphy of Woillard & Mook (1982), Schlüster *et al.* (1987), Campy *et al.* (1989) and Preusser *et al.* (2003). The sedimentary units (E) were dated by ^{14}C , TL (thermoluminescence) and OSL (Optically Stimulated Luminescence) and correlated by local lithostratigraphy.*

ligneux encroûtés de manganèse. Ces dépôts, qui renferment les restes fossiles considérés dans cette étude, ont été soumis à plusieurs phases de soutirage et se retrouvent fréquemment sous forme de lentilles, dans des positions stratigraphiques anormales. La figure 4 expose, pour l'exemple, la coupe stratigraphique synthétique du remplissage de la doline fossilifère V1 de la combe de « Vâ Tche Tchâ ».

4.2 - DATATION

Les âges absolus exploités dans les niveaux fossilifères correspondent tous à l'ensemble sédimentaire E7d1. Sept datations ^{14}C ont été effectuées sur des coquilles de gastéropodes, une datation ^{14}C sur des charbons de bois, une datation ^{14}C sur un reste osseux et une datation OSL sur un prélèvement de sédiment. Elles se rapportent toutes à l'intervalle chronostratigraphique 45-40 à 30 ka BP du Pléniglaciaire moyen terminal (tab. 1).

4.3 - FOSSILES

Les fossiles récoltés sont essentiellement représentés par des restes dentaires (> 65% des NR). La plupart des éléments osseux présentent des surfaces altérées qui ne permettent pas l'observation d'éventuelles marques de boucherie, de prédation ou de charognage. Cependant quelques rares restes, pas toujours identifiables, montrent tout de même des marques d'action de petits carnivores de la taille d'un renard. L'ensemble du matériel identifié témoigne de la présence de 7 taxons de méga- et de grands herbivores (tab. 2 & fig. 5).

La composition faunique se rapporte, avec plus de 80 % des NR, à trois taxons dominants, *Mammuthus primigenius* (36,79 %), *Equus germanicus* et *E. cf. germanicus* (30,57 %) et *Bison priscus* (18,65 %). Elle est complétée par la présence mineure du rhinocéros laineux, *Coelodonta antiquitatis* (4,66 %), d'une forme voisine du cerf élaphe, *Cervus elaphus cf. simplicidens*

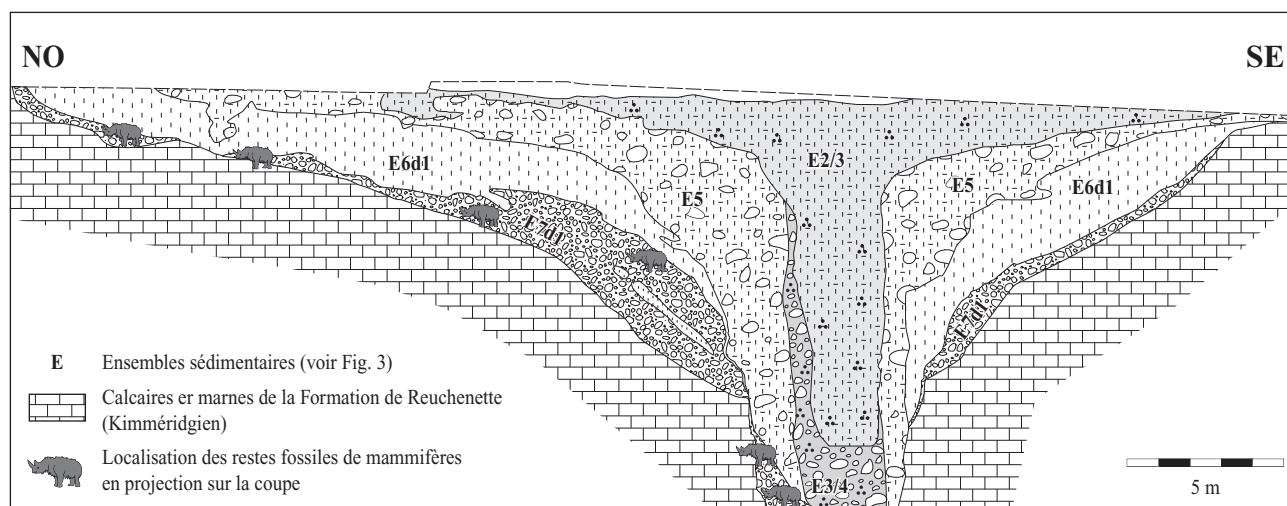


Fig. 4 : Coupe stratigraphique synthétique du remplissage lœssique du Pléistocène supérieur de la doline V1 (voir fig. 2) de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

Les positions des restes de mammifères représentent les positions en projection des fossiles sur la coupe.

Fig. 4: Synthetic stratigraphic section of the Late Pleistocene loessic filling within the doline V1 (see fig. 2) of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). The locations of the mammal remains correspond to the projection of the fossils on the section.

Sites	N° de laboratoire	Dates ^{14}C ka BP	Dates calibrées ka BP	Ensemble	Chronozone
CTD-VTA	Ua-33122 (gastéropode)	33,045 ± 0,830	37,0 – 39,5	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-33123 (gastéropode)	37,890 ± 1,515	41,0 – 44,0	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-36668 (gastéropode)	37,015 ± 1,360	40,0 – 43,0	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-36676 (gastéropode)	35,590 ± 1,290	39,0 – 42,0	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-36677 (gastéropode)	36,285 ± 1,250	40,0 – 43,0	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-36678 (gastéropode)	34,285 ± 0,975	37,5 – 40,5	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-36679 (gastéropode)	28,350 ± 0,480	31,5 – 33,0	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-VTA	Ua-36664 (charbon)	33,360 ± 1,120	36,5 – 39,0	E7d1	Pléniglaciaire moyen
CTD-SY	Ua-16438 (ossement)	31,595 ± 1,335	34,5 – 37,5	E7d1	Pléniglaciaire moyen
Dates OSL ka BP					
CTD-SY	C-L 1051		33,2 ± 5,8	E7d1	Pléniglaciaire moyen

Tab 1: Tableau des datations absolues (^{14}C et OSL) obtenues à partir de l'ensemble E7d1 (remplissage lœssique fossilifère) du Pléniglaciaire moyen terminal des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

Les datations ^{14}C sont calibrées d'après Bard et al. (2004). Les abréviations VTA et SY renvoient aux lieux-dits « Vâ Tche Tchâ » et « Sylleux » (voir fig. 2).
Tab. 1: Absolute datings (^{14}C and OSL) of the latest Middle Pleniglacial unit E7d1 (fossiliferous loessic filling) from the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). The calibration of the ^{14}C datings is based on Bard et al. (2004). The abbreviations VTA and SY correspond to the local places « Vâ Tche Tchâ » and « Sylleux » (see fig. 2).

	Mammuthus primigenius	Coelodonta antiquitatis	Bison priscus	Equus germanicus E. cf. germanicus	Cervus elaphus cf. simplicidens	Megaloceros sp.	Ursus sp.	Vulpes sp.	Mustela nivalis Mustela erminea
Crâne	2								
Hémi-mandibule			1					1	2
Dent jugale	24	9	17	37	3	1			
Dent labiale	31			8			1		
Vertèbre			10						
Omoplate	1								
Bassin			1	2				1	
Humérus			1	1				1	
Radius/Cubitus	1			1				1	
Fémur	2								
Tibia/Péroné			1					1	
Métapode			2		1	1	1	3	
Carpe/Tarse			3	7					
Autre	10			3					
Total NR	71	9	36	59	4	2	2	8	2
%	36,79	4,66	18,65	30,57	2,07	1,04	1,04	4,15	1,04

Tab. 2 : Nombre de restes (NR) des mammifères (rongeurs et eulipotyphles non inclus) du Pléniglaciaire moyen terminal des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

Tab. 2: Number of remains (NR) of the latest Middle Pleniglacial mammals (rodents and eulipotyphls unenclosed) from the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland).

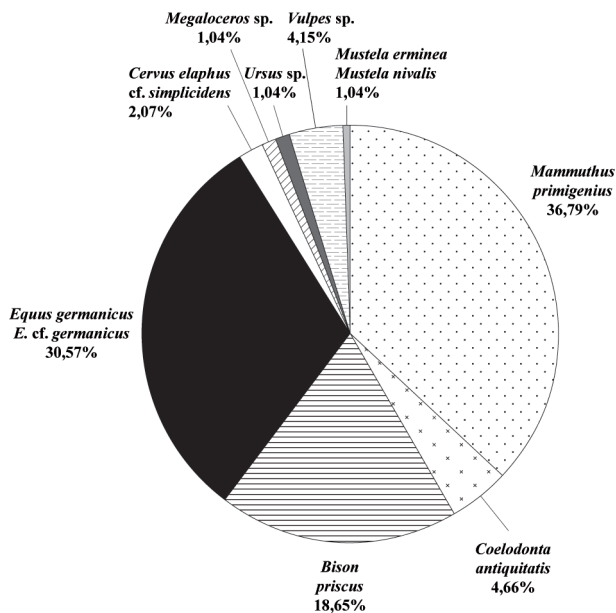


Fig. 5 : Composition faunique des mammifères (Rongeurs et Eulipotyphles non inclus) du Pléniglaciaire moyen terminal des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

Les pourcentages relatifs des taxons présents sont basés sur le nombre de restes (NR) exposés dans la figure 6.

Fig. 5: Faunal composition of the latest Middle Pleniglacial mammals (Rodents and Eulipotyphls unenclosed) from the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). The relative abundances of the identified taxa are based on the number of remains (NR) given in figure 6.

(2,07 %) et d'un *Megaloceros* sp. (1,04 %). De rares restes de Carnivores (6,23 %) de différentes tailles viennent s'additionner à cette communauté, *Ursus* sp., *Vulpes* sp., *Mustela erminea* et *Mustela nivalis*. Le traitement des sédiments prélevés a livré une quantité relativement faible de petits mammifères, représentés essentiellement par des restes dentaires isolés et quelques hémi-mandibules. Cette microfaune est composée de quatre taxons de Rongeur (*Arvicola terrestris*, *Microtus* gr. *arvalis-*

agrestis, *M. gregalis*, *Cricetus* sp.) et d'au moins deux taxons d'Eulipotyphle (*Talpa* sp., *Sorex* sp.).

4.4 - ARTEFACTS LITHIQUES

Des artefacts lithiques ont été retrouvés dans trois dolines. D'après Jehanne Affolter (comm. pers.), sauf précision, tous ces artefacts ont été aménagés dans du silex régional originaire d'Alle (Ajoie, Suisse). Quatorze pièces provenant de la doline V3 (voir fig. 2) se rapportent à 10 produits de débitage, 2 nucléus et 2 outils. Parmi les produits non retouchés, on trouve tout d'abord un éclat Levallois à talon lisse. La pièce reste très difficile à lire du fait du fort encroûtement ferro-manganique qui la caractérise. Les négatifs de la face dorsale montrent des traces d'enlèvements opposés. Vient ensuite une pointe pseudo-Levallois présentant une cassure moderne à la base. Les autres éclats ne présentent pas de caractéristiques particulières, si ce n'est que la majorité sont de petites dimensions et qu'un éclat fragmenté est débité dans une matière non déterminée. Un éclat débordant présente des négatifs dorsaux centripètes envahissant un dos et un talon concaves. Les deux nucléus qui complètent cette série présentent un niveau d'exploitation particulièrement intense. Dans les deux cas, il s'agit d'une production d'éclats passant successivement d'une face à l'autre du nucléus, chaque surface de débitage devenant le plan de frappe de la suivante. Il s'agit d'un débitage de type SSDS (Système à Surfaces de Débitage Successives selon la nomenclature de Detrey, 2000). Parmi les deux outils, on trouve un racloir oblique aménagé sur un éclat qui peut être interprété, avec quelque prudence néanmoins, comme un éclat Levallois à dos partiel à talon facetté (pl. 1h). Le deuxième outil est un grattoir. Le support est une lame certainement issue d'un débitage de concept Levallois. Le talon est facetté. La matière utilisée est originaire de Bendorf (Haut-Rhin, France). La deuxième doline à matériel lithique n'a fourni qu'un seul artefact. Il s'agit d'une pointe pseudo-Levallois débitée dans un quartzite à grains

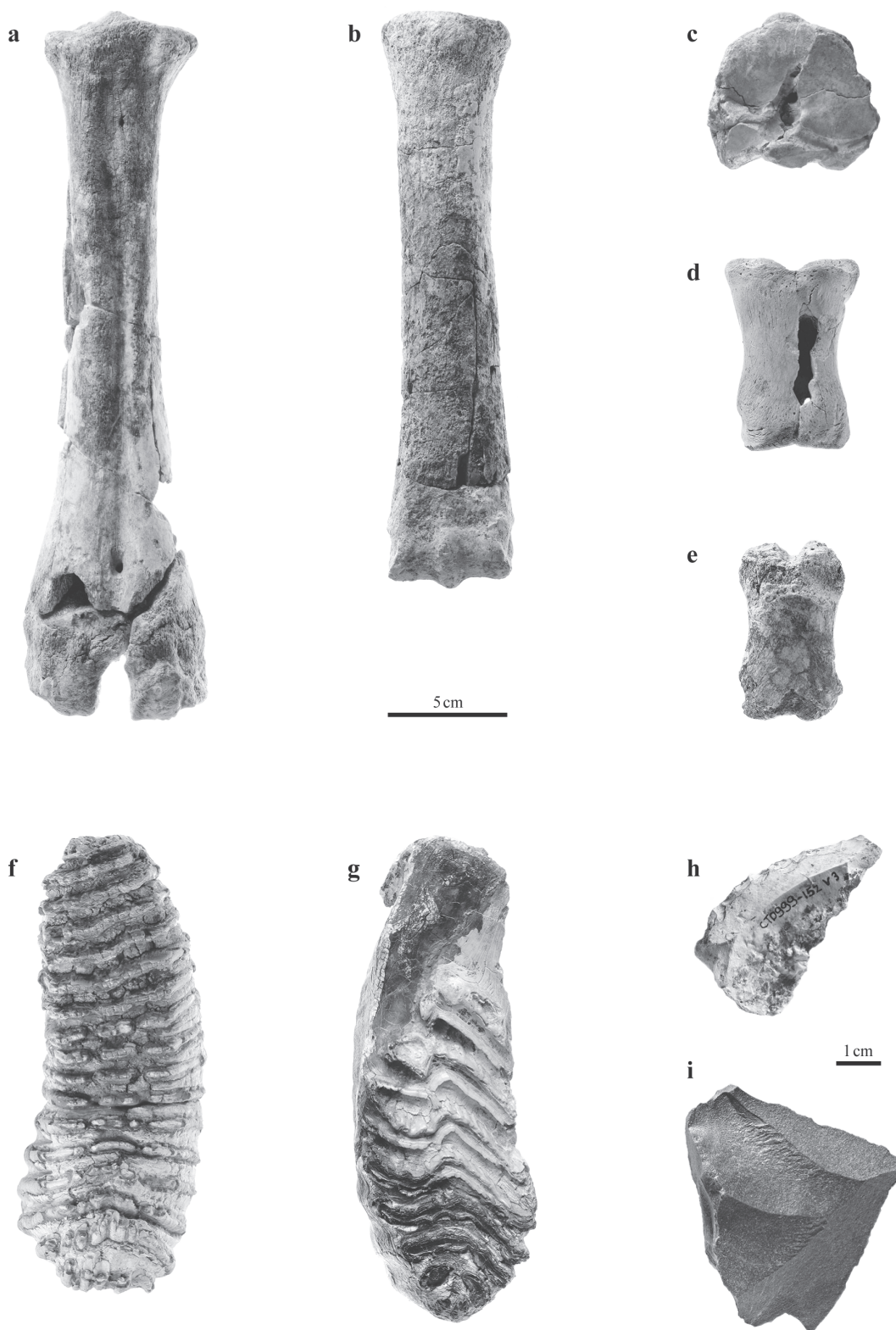


Planche 1 : Restes de mammifères et artefacts lithiques du Pléniglaciaire moyen terminal des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

Les échelles graphiques correspondent à 5 cm pour les restes osseux et à 1 cm pour les artefacts lithiques (© OCC-SAP). a) *Megaloceros* sp., os canon postérieur sin., vue dorsale (MJSN, VTA007-386); b) *Equus* cf. *germanicus*, os canon antérieur sin., vue dorsale (MJSN, VTA007-130); c) *Bison priscus*, os canon postérieur dext., vue proximale (MJSN, VTA007-328); d) *Equus* cf. *germanicus*, 1^{re} phalange antérieure (pas d'altération évidente), vue dorsale (MJSN, VTA007-107); e) *Equus* cf. *germanicus*, 1^{re} phalange antérieure (surface de l'os fortement altérée), vue dorsale (MJSN, VTA006-366); f) *Mammuthus primigenius*, m2 sin., vue occlusale (MJSN, VTA006-69); g) *Mammuthus primigenius*, m3 dext. (chicot de quelques lames abrasées), vue occlusale (MJSN, SY999-575); h) Racloir oblique; i) Pointe pseudo-Levallois.

Plate 1: Latest middle Pleniglacial mammal remains and lithic artefacts from the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). The graphic scales correspond to 5 cm for bones and 1 cm for lithic artefacts (© OCC-SAP). a) *Megaloceros* sp., metatarsal III+IV sin., dorsal view (MJSN, VTA007-386); b) *Equus* cf. *germanicus*, metacarpal III sin., dorsal view (MJSN, VTA007-130); c) *Bison priscus*, metatarsal III+IV dext., proximal view (MJSN, VTA007-328); d) *Equus* cf. *germanicus*, anterior 1st phalanx (without obvious weathering traces), dorsal view (MJSN, VTA007-107); e) *Equus* cf. *germanicus*, anterior 1st phalanx (strongly weathered bone surface), dorsal view (MJSN, VTA006-366); f) *Mammuthus primigenius*, m2 sin., occlusal view (MJSN, VTA006-69); g) *Mammuthus primigenius*, m3 dext. (stump of some abraded plates), occlusal view (MJSN, SY999-575); h) Oblique scraper; i) Pseudo-Levallois point.

fins (pl. 1i). Les enlèvements dorsaux sont centripètes. Deux produits de débitage sans caractéristiques particulières se rapportent à la dernière doline à matériel lithique.

5 - DISCUSSION

5.1 - SYSTÉMATIQUE

***Mammuthus primigenius*.** L'ensemble des spécimens rapportés au genre *Mammuthus* présente des valeurs biométriques et des morphologies très similaires à celles des formes plutôt évoluées de *M. primigenius* de la biozone MNQ 26 (0,1 à 0,01 Ma d'après Guérin, 1982). En particulier, les molaires (pl. 1f) sont typiques avec des intervalles de variations de la fréquence lamellaire (F) de 8 à 12 et de l'épaisseur de l'émail (e) de 1,4 à 1,8 (Labe & Guérin, 2005; Louguet-Lefebvre, 2005). Cependant, deux m3 très usées d'Éléphantidé appartenant probablement à un même individu présentent des caractères anormaux pour un *M. primigenius* (L = 208 mm et 199 mm; l = 73 mm et 69,5 mm; F = 5,5-6 et 7-8; e = 2,15 mm et 2,3 mm). En raison de leur usure très avancée (stade d'usure D4 selon la nomenclature de Louguet-Lefebvre, 2005), il est difficile d'apprécier la forme des sinus des lames qui ne sont plus représentées que par des chicots (pl. 1g). On observe une partie médiane de ces dernières nettement marquée par un élargissement, l'esquisse de «S» en vue occlusale et un ruban d'émail plissé plus grossièrement. En se référant à une molaire à peine entamée par l'abrasion, on peut distinguer des dernières lames plus courbes (en forme de «S»), usées selon un angle obtus par rapport à leur axe et arrangées en éventail, s'écartant légèrement au niveau du collet. Ces observations permettent de mieux apprécier les caractères particuliers de ces deux spécimens et de les rapporter avec certitude également à *M. primigenius*.

***Coelodonta antiquitatis*.** Les quelques restes dentaires de rhinocéros laineux se rapportent à un type plutôt évolué. La M3 présente notamment un contour triangulaire caractéristique des formes récentes (Guérin, 1980). La crista et le crochet sont présents et la médifossette fermée. Ces caractères se retrouvent également sur les M1 et M2. La P4 présente une longueur relativement faible (L = 42,0 mm) et un indice d'hypsodontie relativement élevé (IHy = 145). D'après Guérin (1980), le raccourcissement de la longueur de la P4 et l'accroissement de l'indice d'hypsodontie sont des caractères qui se rapportent également au type évolué. La longueur moyenne des P4 des formes primitives de la biozone MNQ24 (0,25 à 0,15 Ma d'après Guérin, 1982) correspond à 47,33 mm et l'indice d'hypsodontie moyen correspondant de l'espèce (formes primitives et évoluées) est de 145,4.

***Bison priscus*.** Tous les restes dentaires et la quasi-totalité des éléments post-crâniens de Bovidé se rapportent au genre *Bison*. Ils se différencient facilement du genre *Bos* suivant des caractères diagnostiques exposés par Slott-Moller (1990), Guérin & Valli (2000), Armand (2005) et Fernandez (2006). Les molaires supérieures

présentent toutes des bords linguaux et vestibulaires convergents à la base de la couronne, formant un «V» inversé. L'entostyle est renflé au milieu, pincé à la base et disparaît avant le collet. De plus, il est masqué par les lobes du protocône et du métaconule en vue mésiale ou distale. En vue occlusale, ces deux lobes présentent encore un décalage donnant une section trapézoïde à la dent. Les molaires inférieures, comme les molaires supérieures, ont un profil en «V» inversé. Elles présentent une gouttière linguale en forme de «U», relativement large et peu profonde à la base. La m3 est caractéristique du genre avec un troisième lobe déjeté par rapport à l'axe occlusal de la dent. Parmi les spécimens post-crâniens, un os canon postérieur bien préservé montre en vue proximale une jonction entre les facettes articulaires médiale et latérale marquée par une ligne très courte (pl. 1c). Ce caractère morphologique est diagnostique de *Bison*. On dénombre également deux cubonaviculaires identiques, l'un s'articulant avec cet os canon et l'autre avec un grand cunéiforme également présent dans le matériel. Les données biométriques de l'ensemble des spécimens de *Bison* s'intègrent dans les intervalles de variations de *B. priscus*.

***Equus germanicus* et *E. cf. germanicus*.** L'identification des restes d'*Equus* est basée sur la typologie d'Eisenmann (1991). Tous les spécimens répertoriés appartiennent au type caballin (jugales supérieures avec protocône long à gouttière linguale et jugales inférieures avec métaconide séparé du métastylide par un large sillon). La morphométrie et les indices protoconiques calculés (IP prémolaires = 45,65 et IP molaires = 50) de la plupart des jugales supérieures isolées sont assez proches des données présentées par Eisenmann (1991) et Fernandez (2006) pour *E. germanicus*. Cependant une série de jugales supérieures appartenant probablement à un même individu de grande taille présentent des protocônes des P3 et P4 (Lprot = 15,50 et IP = 49,60) relativement longs en comparaison avec ceux des M1 et M2 (Lprot = 14,69 et IP = 54,8). D'après Eisenmann (1991), ce caractère est propre aux chevaux quaternaires européens de type II (*E. chosaricus* et *E. arcelini*). Les éléments post-crâniens montrent une morphométrie assez proche de ceux d'*E. cf. germanicus* de Pair-non-Pair (Prat, 1968). Pourtant, un os canon antérieur (pl. 1b) affiche des données biométriques (L = 242 mm) correspondant à un individu de grande taille proche d'*E. chosaricus* ou de certaines espèces de chevaux de type I comme *E. achenheimensis*. Les données biométriques des spécimens d'*Equidé* considérés dans cette étude s'intègrent tout de même dans les intervalles de variations biométriques d'*E. germanicus*, qui sont très importants d'après les données exposées par Fernandez (2006). Le matériel est ainsi majoritairement rapporté à *E. germanicus*, bien qu'une partie pourrait être attribuée à une forme relativement grande, peut-être évoluée, de cette espèce. L'attribution de cette forme évoluée à *E. gallicus*, petit cheval plus robuste aux protocônes plus longs qui aurait remplacé *E. germanicus* à la fin du Pléniglaciaire moyen, n'a pas été retenue car la validité de ce taxon n'est pas sûre. Du reste Eisenmann (1991)

inclut la plupart des chevaux attribués à *E. gallicus* dans le groupe d'*E. germanicus* et applique le nom d'*E. arcelini* aux formes magdaléniennes de petite taille à protocones très longs sur les P3 et P4. Dans l'état d'avancement de cette étude, les restes de chevaux de grande taille sont considérés comme appartenant à *E. cf. germanicus*.

Cervus elaphus cf. simplicidens. Trois restes dentaires et un fragment distal de métapode d'un Cervidé de taille moyenne ont été identifiés. Du point de vue morphométrique, deux M1 et une m2 bien préservées semblent se rapporter à une petite forme du cerf commun, *Cervus elaphus* (voir Fernandez, 2006). Les M1 (L = 20,5 mm / l = 14,5 mm) présentent des styles bien marqués, avec un paracône plus dilaté à la base que le métacône, un entostyle faiblement développé, une amorce d'éperon hypoconal et un cingulum lingual sous forme d'un bourrelet basilaire à peine ébauché. Le pli protoconal est absent. La m2 (L = ? / l = 14,5 mm) ne montre pas de particularité morphologique, excepté un pli antérieur visible. Le paraconide et l'hypoconide sont fusionnés et l'ectostylide est présent, mais très peu développé. Le fragment distal de métapode, probablement associé au matériel dentaire décrit ci-dessus, présente un diamètre antéro-postérieur (DAP) de 20,5 mm. L'ensemble des spécimens attribués à la petite forme de cerf semble très proche de la variation intraspécifique du cerf commun, *Cervus elaphus simplicidens*, définie dans le Pléistocène supérieur du sud-ouest de la France (Guadelli, 1987). Étant donné la faible quantité de matériel et le problème biogéographique d'une telle attribution, les spécimens sont identifiés comme *Cervus elaphus cf. simplicidens*.

Megaloceros sp. Un os canon postérieur complet (pl. 1a) et un fragment antérieur d'une molaire inférieure brachyodonte sont les deux seuls spécimens se rapportant à une très grande forme de Cervidé. Les données biométriques et en particulier l'indice de gracilité (IGr = 12,89) du métapode permettent une attribution au genre *Megaloceros*. Cependant cet os montre une allure un peu plus robuste et une taille légèrement inférieure au *Megaloceros giganteus* de Villereversure (Martin, 1968; Guérin *et al.*, 2003). Bien que l'existence de populations de *M. giganteus* de petite taille ait déjà été signalée (Brugal, 1993), seul du matériel supplémentaire permettrait une détermination spécifique. Le fragment antérieur de molaire se rapporte à un Cervidé de la taille d'un *Megaloceros* et peut probablement être associé au métapode discuté ci-dessus. Les seuls caractères morphologiques visibles sont une très légère amorce de pli antérieur et un contour du protoconide en «V». En l'absence de matériel plus important, ces spécimens sont attribués à un *Megaloceros sp.*

Carnivores. Les spécimens de Carnivores identifiés sont relativement peu nombreux et d'une qualité de préservation assez médiocre. On dénombre une racine fortement altérée d'une canine d'un grand Carnivore rapportée à *Ursus sp.* Quelques fragments de métapodes et d'autres os post-crâniens ainsi qu'une hémimandibule sans dent d'un Carnivore de taille moyenne ont été attri-

bués à *Vulpes sp.* Les spécimens les plus complets sont deux hémimandibules de petits Mustélidés présentant des hauteurs de l'os mandibulaire sous la M1 de 4,0 mm et de 2,5 mm. D'après Delpech (1989), la zone d'incertitude de cette donnée biométrique pour la distinction belette-hermine se situe entre 3,2 et 3,7 mm. Une hauteur de 4,0 mm s'intègre exclusivement dans le domaine de variation de l'hermine (*Mustela erminea*) et une hauteur de 2,5 mm dans le domaine de variation de la belette (*Mustela nivalis*).

Micromammifères. L'étude préliminaire des nombreux restes dentaires de petits mammifères a permis d'identifier trois taxons d'Arvicolidé (*Microtus gr. arvalis-agrestis*, *M. gregalis*, *Arvicola terrestris*). *M. gr. arvalis-agrestis* (le campagnol des champs et agreste) présente des m1 très caractéristiques avec 5 angles saillants externes et 6 internes, ainsi qu'une boucle antérieure développée qui se différencie clairement de *M. gregalis* (campagnol grégaire des hauteurs). Ce dernier se caractérise par une boucle antérieure partiellement fusionnée avec le 6° angle saillant externe et complètement fusionnée avec le 5° angle saillant interne. Les m1 de *Arvicola terrestris* (rat-taupier) sont également très caractéristiques avec 4 angles saillants externes et 5 internes. Elles se différencient des m1 d'*A. cantianus* par des triangles aux bords antérieurs parfois convexes et des angles saillants plus arrondis, ainsi qu'une boucle antérieure plus développée (Ziegler, 2003). Les spécimens rapportés à *A. terrestris* montrent parfois un émail fin, qui semble être un caractère persistant de la forme intermédiaire *A. gr. cantianus-terrestris*. Ce taxon marque la transition de *A. cantianus* vers *A. terrestris* durant l'interstade Émien et le début du Weichselien en Europe occidentale et centrale (Koenigswald, 2006). Un quatrième taxon de Rongeur (*Cricetus sp.*) et au moins deux taxons d'Eulipotyphle (*Talpa sp.*, *Sorex sp.*) ont encore été identifiés au niveau générique. Une analyse morphométrique au microscope électronique devrait permettre des attributions spécifiques aux différents spécimens se rapportant à ces genres et probablement l'identification de taxons supplémentaires.

5.2 - OCCUPATION MOUSTÉRIENNE

Le matériel lithique récolté permet de reconnaître dans les quelques artefacts considérés une industrie de tradition moustérienne, se rapportant probablement à l'espèce *Homo neandertalensis*. En effet, les restes humains associés à du matériel moustérien dans des sites de l'arc jurassien (St.-Brais et Cotencher) ont toujours été rapportés à *Homo neandertalensis* (Le Tensorer, 1998). Des restes d'*Homo sapiens* porteurs d'une industrie moustérienne n'ont été signalés que dans des gisements du Moyen-Orient (Valladas *et al.*, 1988; Bar Yosef & Vandermeersch, 1991). Le faible nombre d'objets récoltés dans les dolines de la combe de «Vâ Tche Tchâ» plaide pour une occupation courte. La présence humaine dans ce secteur ne peut s'appréhender qu'à l'échelle du territoire ajoulot qui intègre notamment le gîte proche de matière première d'Alle (Ajoie, Suisse), d'où provien-

ment la majorité des artefacts. Il est toutefois à noter que les présences de groupes moustériens à Alle sont plus anciennes que celle proposée pour la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Stahl Gretsche & Detrey, 1999 ; Aubry *et al.*, 2000). L'exploitation du territoire s'organise au moins entre gîte de matière lithique pour la fabrication de l'outillage et sites dévolus à la récolte de matières carnées. La présence de l'homme dans un lieu de passage privilégié pour les animaux est donc probablement à mettre en relation avec ce deuxième aspect, même si aucune trace de chasse ou de boucherie n'est visible sur les restes osseux retrouvés.

5.3 - TAPHONOMIE

Le premier biais taphonomique ayant affecté les carcasses des grands mammifères de « Vâ Tche Tchâ » sont les agents d'altération climatique et les activités des carnivores (supportées par la présence de stries de rongement sur quelques rares restes osseux). Ces différents processus de surface, qui ont non seulement désarticulé les squelettes, mais également induit une première dispersion et une importante décomposition des restes osseux, ont progressivement entraîné une diminution du nombre d'éléments préservés. Sur la base du modèle de la savane ouverte semi-aride du bassin d'Amboseli (sud du Kenya), Behrensmeyer (1982) estime qu'un os se décompose 10 à 15 ans avant de tomber en éclats *in situ* et de ne plus être identifiable. Ce même auteur montre également qu'une carcasse de 152 éléments d'une vache ne comptera plus que 8 éléments dans son assemblage fossile enfoui, après les différents processus d'altération climatique et biologique (prédation ou charognage). Par hypothèse, nous suggérons une analogie entre ce modèle africain et le contexte périglaciaire en milieu karstique des dolines.

Le deuxième biais taphonomique important est le transport et le piégeage des fossiles dans les dolines. Les dimensions de la plupart des spécimens de « Vâ Tche Tchâ » sont compatibles avec des équivalents hydrauliques de diamètre centimétrique (voir Behrensmeyer, 1975), donc beaucoup plus important que les particules de loess (\varnothing 0,03 mm) ayant piégé les fossiles. Ceci exclut probablement un transport par ruissellement, bien que les données géomorphologiques de la combe de « Vâ Tche Tchâ » correspondent à la pente critique (3° d'après Bertran *et al.*, 2004) le permettant dans des matériaux limoneux. De nombreux restes osseux sont donc certainement restés plusieurs années soumis aux prédateurs, aux charognards, à l'oxygène, à l'eau météorologiques et aux micro-organismes des sols et ont ainsi pu disparaître totalement. Les autres restes ont sans doute été partiellement piégés par des loess ruisselés, avant d'être transportés et définitivement enfouis par solifluxion à l'intérieur des dolines. Ces processus de transport sont des mécanismes à dynamique lente qui peuvent préserver certaines formes sédimentaires et des objets comme les ossements. Certains spécimens ont même été préservés dans un cailloutis parfois grossier géliflué en profondeur.

Le troisième biais taphonomique se développe après un premier piégeage dans les dolines et s'articule selon

deux axes. Le premier axe est relatif aux phénomènes de soutirage qui sont dépendants du système karstique souterrain où se développent les circulations des eaux. Ces processus provoquent des mouvements d'enfoncement des racines des dolines (Rodet, 1993), pouvant déplacer des fossiles même de grande taille (e.g. défense de mammoth) jusqu'à plus de 15 m de profondeur. Le deuxième axe consiste en processus d'altérations et de dissolutions qui sont liés à la nature du milieu interstitiel aqueux et biologique et aux circulations d'eau dans le système écologique « sol de doline » (Duchaufour, 1995 ; Gobat *et al.*, 1998). Ainsi, on note différents états de préservation des fossiles. Certains spécimens peuvent être relativement bien conservés alors que d'autres montrent des stades avancés de dissolution (pl. 1d, e). Le ciment des dents peut être par exemple bien préservé ou complètement absent. Ces différents états sont liés à la réaction des composants minéraux des dents, du ciment et des ossements face aux agents corrosifs du milieu interstitiel sédimentaire (O_2 , CO_2 et H_2O) et du milieu organique (e.g. bactéries).

Les travaux qui font état de mesures de vitesse de solifluxion peuvent donner des valeurs comprises entre quelques millimètres et près de deux mètres par an. Les vitesses les plus typiques se situent entre de 1 et 10 cm/an (Bertran & Coutard, 2004). Dans les cas des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ », elles sont contrôlées par la forte gélivité de la matrice lœssique (Recordon, 1984). En ce qui concerne le taux de sédimentation des lœss, une valeur de l'ordre de 3 mm/an peut être considérée comme un maximum (Antoine *et al.*, 2002). Selon les données chrono- et lithostratigraphiques des remplissages des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ », un taux de sédimentation moyen de 0,2 mm/an peut être estimé pour l'ensemble E6 (fig. 3). Ce même taux de sédimentation est proposé pour l'ensemble E7d1, dont le faciès lœssique avant les processus de transport devait présenter les mêmes caractéristiques. En extrapolant par hypothèse les données sur la durée de résistance d'un os aux processus d'altération de surface du modèle africain de Behrensmeyer (1982) au contexte périglaciaire des dolines, on peut estimer un piégeage au maximum 10 à 15 ans après la mort de l'animal. Cet intervalle de temps, en rapport avec le taux de sédimentation, n'est pas suffisant pour piéger complètement la plupart des restes de grands mammifères découverts. Le piégeage ne peut donc réellement s'opérer que dans la doline. Si l'on se réfère au pourcentage de perte d'éléments d'une carcasse par les processus taphonomiques de surface (Behrensmeyer, 1982) et à la vitesse des phénomènes de transport par solifluxion, une doline n'aurait en moyenne la capacité de préserver qu'à peine plus de 5 % des composants d'un squelette, dans un intervalle de temps d'une quinzaine d'années et dans un rayon de quelques mètres. L'horloge OSL, qui date le moment où le sédiment a été soustrait à la lumière, débute en fait au moment du piégeage définitif du fossile. La datation par OSL donne par conséquent un âge permettant une bonne corrélation avec le moment de la mort des animaux dont on retrouve les restes enfouis dans les dolines.

Les restes de petits mammifères sont probablement issus du produit de chasse de rapaces qui auraient accumulé leurs pelotes de réjection dans des lieux préférentiels, vraisemblablement assez proche des dolines (perchoirs dans des zones à arbustes ou arbres). La plupart du temps, les restes de petits mammifères se retrouvent très localisés et en forte abondance, ce qui suggère un transport des pelotes avant leur désagrégation. Ils sont donc soumis principalement aux mêmes processus de transport que les grands mammifères. Quelques plus rares éléments isolés ont également été retrouvés. Vu l'équivalent hydraulique d'une dent de rongeur, ces éléments ont pu être transportés par ruissellement sur de plus grandes distances.

En regard avec le tableau 2 et la figure 5, le principal tri de l'assemblage fossile est marqué par le haut ratio dents/éléments post-crâniens (2, 11). Ceci s'explique principalement par la meilleure résistance de l'émail aux phénomènes d'altération et de dissolution. Il ne semble pas y avoir un tri marqué par la taille des taxons présents. Les pourcentages des restes de mammoths (36,79 %) et de rhinocéros (4,66 %) seraient par exemple d'avantage liés à la biodiversité, le mammoth étant grégaire et le rhinocéros plutôt solitaire ou vivant en petit groupe (Guérin & Patou-Mathis, 1996). Au niveau des os post-crâniens, il est difficile de dégager une dominance d'un

élément anatomique par rapport à un autre. D'une part, l'assemblage fossile n'est pas assez riche et d'autre part un transport par solifluxion n'a probablement que très peu d'influence sur un tri des éléments anatomiques.

Les artefacts lithiques, bien que nettement plus résistants aux agents destructeurs, ne présentent pas de patine mettant en évidence des expositions en plein air de longue durée. Leur piégeage dans les dolines est contrôlé par les mêmes processus taphonomiques liés aux restes osseux et dentaires.

5.4 - BIOCHRONOLOGIE ET CHRONOSTRATIGRAPHIE

La biozone caractéristique de l'assemblage de mammifères de la combe de « Vâ Tche Tchâ » est MNQ26. Cette période s'étend de 0,1 à 0,01 Ma d'après Guérin (1982), correspondant à la majeure partie du Weichselien (0,115 à 0,01 Ma). La présence du stade évolutif *Equus germanicus* et du nouveau taxon *Arvicola terrestris* ainsi que l'association caractéristique *Mammuthus primigenius* et *Coelodonta antiquitatis* permettent l'attribution du site à cette zone (Guérin, 1982 ; Guérin & Patou-Mathis, 1996 ; Koenigswald, 2006). De plus, un âge plus récent que le Pléniglaciaire moyen est fort improbable puisque les dernières occurrences de *E. germanicus* sont datées à

		Syst.	Poids	Alim.	Loc.
Elephantidae	<i>Mammuthus primigenius</i>	Pro	H	HH	GTc
Rhinocerotidae	<i>Coelodonta antiquitatis</i>	Per	H	HH	GTu
Bovidae	<i>Bison priscus</i>	Ar	G	HH	GTc
Equidae	<i>Equus germanicus</i> <i>E. cf. germanicus</i>	Per	G	HH	GTc
Cervidae	<i>Cervus elaphus</i> <i>cf. simplicidens</i>	Ar	G	HB	GTf
	<i>Megaloceros</i> sp.	Ar	G	HB	GTf
Carnivora	<i>Ursus</i> sp.	C	G	O	GTf
	<i>Vulpes</i> sp.	C	C	C	GTu
	<i>Mustela erminea</i>	C	AB	C	PT
	<i>Mustela nivalis</i>	C	AB	C	PT
Primate	? <i>Homo neandertalensis</i>	Pri	E	O	GTu
Rodentia	<i>Arvicola terrestris</i>	R	AB	F	Fo
	<i>Microtus</i> <i>gr. arvalis-agrestis</i>	R	AB	F	PT-Fo
	<i>Microtus gregalis</i>	R	AB	F	Fo
	<i>Cricetus</i> sp.	R	AB	F	Fo
Eulipotyphla	<i>Talpa</i> sp.	E	AB	I	Fo
	<i>Sorex</i> sp.	E	AB	I	PT

Tab. 3 : Liste faunique et caractérisation écologique des mammifères du Pléniglaciaire moyen terminal des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse).

Systématique : R = Rongeurs ; E = Eulipotyphles ; Pri = Primates ; Ar = Artiodactyles ; C = Carnivores ; Per = Périssodactyles ; Pro = Proboscidiens. Poids : AB < 1 kg ; C = 1-10 kg ; D = 10-45 kg ; E = 45-100 kg ; F = 100-200 kg ; G = 200-1000 kg ; H > 1000 kg. Alimentation : I = insectivores ; F = frugivores et granivores ; HB = herbivores brachyodontes ; HH = herbivores hypsodontes ; C = carnassiers ; O = omnivores. Locomotion : GTf, GTu, GTc = grands mammifères terrestres (forestiers, ubiquistes, coureurs) ; PT = petits mammifères terrestres ; Gr-Ar = grimpeurs et arboricoles ; Aq = aquatiques ; Ae = aériens ; Fo = fouisseurs.

Tab. 3: Faunal list and ecological characterization of the latest middle Pleniglacial mammals from the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). Systematics: R = Rodents; E = Eulipotyphls; Pri = Primates; Ar = Artiodactyls; C = Carnivores; Per = Perissodactyls; Pro = Proboscideans. Body mass: AB < 1 kg; C = 1-10 kg; D = 10-45 kg; E = 45-100 kg; F = 100-200 kg; G = 200-1000 kg; H > 1000 kg. Diet: I = insectivores; F = fruit-eaters and seed-eaters; HB = brachyodont folivores; HH = hypsodont grazers; C = carnivores; O = omnivores. Locomotion: GTf, GTu, GTc = terrestrial large mammals (forest-dwelling, ubiquitous, running); PT = terrestrial small mammals; Gr-Ar = tree-dwelling climbers; Aq = aquatic forms; Ae = aerial forms; Fo = fossorial forms.

30 ka BP (Guérin & Patou-Mathis, 1996). Ces données biochronologiques sont en accord avec les âges absolus qui se rapportent à l'intervalle chronostratigraphique 45-40 à 30 ka BP. Cet intervalle correspond à la phase terminale du Pléniglaciaire moyen, probablement aux interstades Denekamp, Huneborg ou peut-être Hengelo de la chronostratigraphie du nord de l'Europe (fig. 3).

5.5 - PALÉOÉCOLOGIE

La liste faunique (genre *Homo* inclus) ainsi que les paramètres écologiques correspondant aux taxons identifiés sont présentés dans le tableau 3. D'après l'analyse autécologique des espèces présentes, l'environnement dominant devait être une steppe herbacée. Ce paysage est, entre autres, attesté par la présence du cheval sauvage (*Equus germanicus*), du bison (*B. priscus*), du mammoth (*M. primigenius*) et de la plupart des Rongeurs (*Cricetus* sp., *A. terrestris*, *M. gregalis*). Le rhinocéros laineux (*C. antiquitatis*) peut aussi être associé à ce type d'environnement, bien qu'il soit plus ubiquiste. Toutefois, un certain nombre de petits bosquets et de forêts-galerie devaient compléter ce paysage, comme en témoignent les espèces sylvoicoles ou semi-sylvoicoles (*C. elaphus* cf. *simplicidens*, *Megaloceros* sp., *Sorex* sp.). La présence de *Megaloceros* et de *Sorex* reflète également des conditions climatiques relativement humides. Ce contexte climatique est conforté par la robustesse de l'os canon antérieur de l'*E. germanicus* identifié (IGr = 16,35), caractéristique attribuée aux chevaux vivant sous des conditions humides d'après Eisenmann & Guérin (1984). De même, la longueur (L = 244,5 mm) relativement importante de ce métapode s'apparenterait à un environnement plutôt ouvert (Eisenmann & Guérin, 1984) et l'allongement des protocônes observé sur certains spécimens témoignerait d'un climat rigoureux et non boisé (Eisenmann, 1991). L'environnement devait donc être ouvert sous un climat froid et humide, cependant des espaces arborés et broussaillieux gardaient une place dans le paysage. Cette discussion sur le paléoenvironnement est également corroborée par les histogrammes écologiques ainsi que le cénogramme de « Vâ Tche Tchâ ».

Les quatre histogrammes de « Vâ Tche Tchâ » portent sur 17 taxons identifiés. Ce nombre est relativement petit, mais les histogrammes sont tout même significatifs sur plusieurs points. Globalement ils situent l'association fossile dans une grande catégorie de communautés écologiques entre la prairie-parc et la savane arborée. La proportion importante de petits animaux (ne peuvent être utilisés ici comme indice forestier, les taxons identifiés sont essentiellement des formes fouisseuses d'environnements plutôt ouverts) et son association à un nombre élevé de très grands mammifères supportent cette première interprétation. De plus, même si la dominance des herbivores hypsodontes et des frugivores-granivores fouisseurs semble indiquer de vastes zones de prairie, les abondances des grands terrestres forestiers, ubiquistes et coureurs renforcent l'idée de juxtaposition d'habitats assez diversifiés que l'on peut trouver dans les milieux

mixtes arborés. La forte abondance des grandes espèces traduit encore un milieu plutôt humide, bien que les formes aquatiques semblent absentes (fig. 6).

Le cénogramme réalisé porte sur 13 taxons (les représentants des Carnivores ne sont pas inclus). Il se caractérise par une absence des catégories de poids entre 500 g et 10 kg, ce qui se traduit par une rupture de pente assez nette, typique des environnements ouverts. Par contre, les pentes des catégories de poids grands et petits sont relativement stables, de même inclinaison et plutôt faibles, ce qui indique un environnement de préférence humide. Finalement, la longueur peu importante du cénogramme reflète une faible richesse spécifique. Cette donnée pourrait s'apparenter à des conditions climatiques rigoureuses, probablement sous une forme saisonnière, cependant le piégeage de fossiles dans un contexte de doline est sans doute trop restrictif pour l'affirmer (fig. 7).

Les assemblages malacologique et palynologique ont également été étudiés, mais pas de manière approfondie. Pour cette raison, les résultats et les interprétations sont pour l'instant à prendre avec précaution. Cependant, ils abondent dans le sens des conclusions liées à l'étude des mammifères et mettent en évidence certains traits environnementaux probablement significatifs. D'après Olivier Moine (comm. pers), l'assemblage malacologique est typique d'une faune froide et humide (*Columella columella*, *Vertigo genesii*) en milieu ouvert (*Pupilla muscorum*, *Succinea oblonga*) partiellement buissonnant (*Clausilia parvula*, *Vitrea crystallina*, *Arianta arbustrum*). Les analyses palynologiques indiquent un couvert végétal froid (Poaceae, *Juniperus*, *Salix*) dans un contexte arboré (*Pinus*, *Juniperus*, *Salix*, *Ulmus*, *Quercus*). Les espaces ouverts peuvent montrer

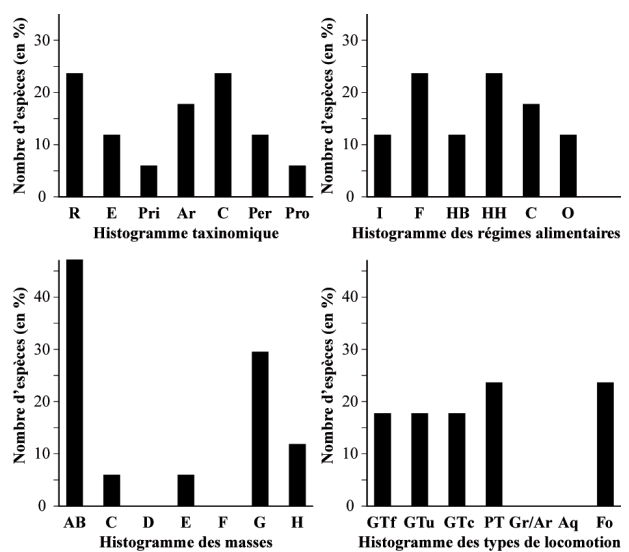


Fig. 6: Histogrammes écologiques des mammifères du Pléniglaciaire moyen des dolines de la combe de « Vâ Tche Tchâ » (Ajoie, Suisse). Les catégorisations sont détaillées en légende du tableau 3.
Fig. 6: Ecological histograms of the latest middle Pleniglacial mammals from the dolines of « Vâ Tche Tchâ » valley (Ajoie, Switzerland). For the different categories refer to table 3.

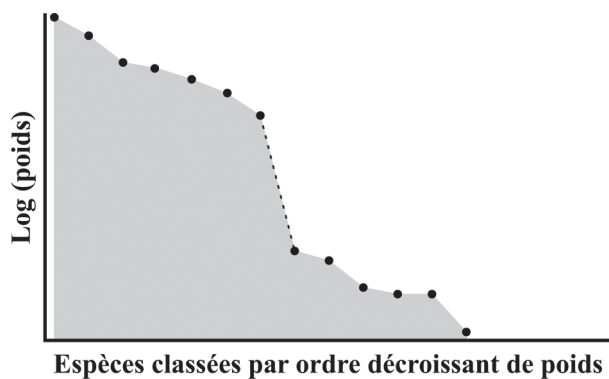


Fig. 7 : Cénogramme des mammifères (Carnivores non inclus) du Pléniglaciaire moyen des dolines de la combe de «Vâ Tche Tchâ» (Ajoie, Suisse).

Les logarithmes de poids ont été, soit repris des données de Louguet-Lefebvre (2005), soit calculés selon la méthode de Legendre (1989) dans les cas de *Cervus elaphus* cf. *simplicidens*, *Bison priscus*, *Megaloceros* sp., *Equus germanicus* et *Coelodonta antiquitatis*.

Fig. 7: Cenogram of the latest middle Pleniglacial mammals (Carnivores unenclosed) from the dolines of «Vâ Tche Tchâ» valley (Ajoie, Switzerland). The logarithms of the body mass are based on the data of Louguet-Lefebvre (2005) or estimated after the method of Legendre (1989) for the taxa *Cervus elaphus* cf. *simplicidens*, *Bison priscus*, *Megaloceros* sp., *Equus germanicus* and *Coelodonta antiquitatis*.

une dominance des laîches (Cyperaceae) sur les graminées (Poaceae), caractérisant un contexte plus humide (Hervé Richard, comm. pers.).

6 - CONCLUSION

La faune mammalienne de la combe «Vâ Tche Tchâ» met en évidence un paysage en mosaïque, froid et humide, soulignant tout de même une dominance steppe sur le forestier. Cet environnement, caractérisé par le développement localisé de zones forestières, est marqué par des tendances interstadiales. Cependant, l'intervalle chronostratigraphique déterminé (45-40 à 30 ka BP) ne permet pas l'attribution de cette faune à un interstade précis du Pléniglaciaire moyen terminal. Par comparaison, l'assemblage faunique de «Vâ Tche Tchâ» pourrait correspondre aux interstades régionaux Grand Bois (= Denekamp) ou Charbon (= Hengelo) de la Grande Pile (Woillard & Mook, 1982) ou Loisa (= Denekamp) ou St.-Julien (= Hengelo) de Gigny (Campy *et al.*, 1989). Dans la région de Zürich, la tourbière à mamouths de Niederweningen, datée par radiocarbone à 42-45 ka BP, pourrait également correspondre à la séquence interstadiale de la combe «Vâ Tche Tchâ». D'après Furrer *et al.* (2007), cette tourbière concorde avec l'interstade à *Picea* (*Picea interstadial* PZ4, 42 ka BP) défini dans le complexe interstadial de Gossau (voir Schluster *et al.*, 1987 et Preusser *et al.*, 2003).

Les processus taphonomiques liés au piégeage du matériel dans le système des dolines permettent de considérer les artefacts lithiques comme étant contemporains aux restes fauniques. Cet apport essentiel permet donc de proposer une nouvelle date pour la présence de groupes

moustériens en Ajoie, données rares pour les sites de plein air dans la région.

L'étude du site de la combe de «Vâ Tche Tchâ» doit encore bénéficier de datations absolues supplémentaires ainsi que d'une meilleure exploitation des données malacologiques et palynologiques afin d'affiner les corrélations et le calage chronostratigraphique. De même, des analyses biogéochimiques sur les restes dentaires permettront de préciser les régimes alimentaires des herbivores et fourniront des indications climatiques et environnementales supplémentaires. L'analyse systématique doit aussi être approfondie, notamment en ce qui concerne la détermination spécifique de *Megaloceros* sp., les formes *E. cf. germanicus* et *C. elaphus* cf. *simplicidens* et l'ensemble des petits mammifères.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été possible grâce à de multiples discussions ainsi qu'aux encouragements et aux collaborations de nombreux collègues. Les auteurs tiennent à remercier explicitement les personnes suivantes : Jehanne Affolter, Pierre-Alain Borgeaud, Luc Braillard, Catherine Friedli, Isabelle Groux, Michel Guélat, Andreas Iberg, Ralf Krebs, Simon Maître, Daniel Marty, Bernard Migy, Olivier Moine, Patrick Paupert, Line Pétignat Haeni, Gaëtan Rauber, Hervé Richard, Laureline Scherler, Lucette Stalder ainsi que tous les fouilleurs ayant participé aux travaux de terrain. Ils remercient également le comité d'organisation des Journées Archéologiques Frontalières de l'Arc Jurassien 2007, qui leur ont permis de présenter les premiers résultats des fouilles des dolines de la combe de «Vâ Tche Tchâ». En outre, ce travail a bénéficié du soutien financier de l'Office de la culture de la République et Canton du Jura et de l'Office fédéral des routes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDREWS P., LORD J.M., & NESBIT-EVANS E.M., 1979 - Patterns of ecological diversity in fossil and mammalian faunas. *Biology journal Linnean Society*, 11, 177-205.
- ANTOINE P., ROUSSEAU D.-D., HATTÉ C., ZÖLLER L., LANG A., FONTUGNE M., & MOINE O., 2002 - Événements éoliens rapides dans les loess du Pléniglaciaire supérieur weichselien : exemple de la séquence de Nussloch (vallée du Rhin - Allemagne). *Quaternaire*, 13 (3-4), 199-208.
- AITKEN M.J., 1998 - *An Introduction to Optical Dating - The Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon-stimulated Luminescence*. Oxford University Press, Oxford, 267 p.
- ARMAND D., 2005 - Le bison du site Moustérien de La Quina (Charente). In E. Crégut-Bonnoure (ed.), *Les Ongulés holarctiques du Pliocène et du Pléistocène*. Quaternaire, Hors-série 2, 67-74.
- AUBRY D., GUÉLAT M., DETREY J., & OTHENIN-GIRARD B., 2000 - *Dernier cycle glaciaire et occupations paléolithiques à Alle, Noir Bois (Jura, Suisse)*. Cahier d'Archéologie Jurassienne, 10, 175 p.
- BARD E., ROSTEK F., & MÉNOT-COMBES G., 2004 - A better radiocarbon clock. *Science*, 303, 178-179.
- BAR YOSEF O., & VANDERMEERSCH B., 1991 - Premiers hommes modernes et Néandertaliens au Proche-Orient : chronologie et culture. In J.J. Hublin & A.M. Tillier (eds.), *Aux origines d'Homo sapiens*. Presses Universitaires de France, Paris, 217-250.

- BEHRENSMEYER A.K., 1975** - The taphonomy and paleoecology of Plio-Pleistocene vertebrate assemblages east of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, **146**, 473-578.
- BEHRENSMEYER A.K., 1982** - Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology*, **8**, 211-227.
- BERTRAN P., & COUTARD J.-P., 2004** - Solifluxion. In P. Bertran (ed.), *Dépôts de pente continentaux. Dynamique et faciès*. Quaternaire, Hors-série **1**, 84-109.
- BERTRAN P., LE BISSONNAIS Y., & TEXIER J.P., 2004** - Ruissellement. In P. Bertran (ed.), *Dépôts de pente continentaux. Dynamique et faciès*. Quaternaire, Hors-série **1**, 176-191.
- BRAILLARD L., 2006** - Rôle de la tectonique et de la stratigraphie dans la formation des vallées sèches de l'Ajoie (JU-Suisse). Thèse de l'Université de Fribourg, *Geofocus*, **14**, 224 p.
- BRUGAL J.-P., 1993** - Apport à la chronoclimatologie du Würm récent dans les Alpes Sud: la faune à mégacéros du Pignon (Aspres-sur-Buëch, Hautes-Alpes). *Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes*, **2**, 29-42.
- CAMPY M., CHALINE J., & VUILLEMEY M., 1989** - La Baume de Gigny (Jura). *Gallia Préhistoire*, **27**, 265 p.
- DELPECH F., 1989** - L'environnement animal des Magdaléniens. In M. Otte (ed.), *Le Magdalénien en Europe «La structuration du Magdalénien*. Études et recherches archéologiques de l'Université de Liège, **38**, 5-30.
- DETREY J., 2000** - Étude technologique et typologique. *Cahier d'Archéologie Jurassienne*, **10**, 108-125.
- DUCHAUFOUR P., 1995** - *Pédologie. Sol, végétation et environnement*. Masson, Paris, 324 p.
- EISENMANN V., 1991** - Les chevaux quaternaires européens (Mammalia, Perissodactyla). Taille, typologie, biostratigraphie et taxonomie. *Geobios*, **24**, 747-759.
- EISENMANN V., & GUÉRIN C., 1984** - Morphologie fonctionnelle et environnement chez les périssodactyles. *Geobios*, Mémoire spéciale, **8**, 69-74.
- ERZINGER E., 1943** - *Die Oberflächenformen der Ajoie (Bernertjura)*. Druck und Verlag Zbinden & Hügin, Basel, 138 p.
- FERNANDEZ P., 2006** - *Étude paléontologique des ongulés du gisement moustérien du Bau de l'Aubésier: morphométrie et contexte biochronologique*. Documents des Laboratoires de Géologie de l'Université de Lyon, **161**, 217 p.
- FURRER H., GRAF H.R., & MÄDER A., 2007** - The mammoth site of Niederweningen, Switzerland. *Quaternary International*, **164-165**, 85-97.
- GOBAT J.-M., ARAGNO M., & MATTHEY W., 1998** - *Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 519 p.
- GREPPIN J.B., 1870** - Le Jura Bernois et district adjacents. *Matériaux pour la Carte Géologique de la Suisse*, 8^e livre, Berne.
- GUADELLI J.-L., 1987** - *Contribution à l'étude des zoocénoses préhistoriques en Aquitaine (Würm ancien et interstade würmien)*. Thèse 3^e cycle (inédit), Université Bordeaux, 568 p.
- GUÉLAT M., 2006** - Le Quaternaire dans le canton du Jura. *Actes de la Société jurassienne d'Émulation* 2005, 9-31.
- GUÉRIN C., 1980** - *Les rhinocéros (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène terminal au Pléistocène supérieur en Europe occidentale. Comparaison avec les espèces actuelles*. Documents des Laboratoires de Géologie de l'Université de Lyon, **79**, 1184 p.
- GUÉRIN C., 1982** - Première biozonation du Pléistocène européen, principal résultat biostratigraphique de l'étude des Rhinocerotidae (Mammalia, Perissodactyla), du Miocène terminal au Pléistocène supérieur d'Europe occidentale. *Geobios*, **15**, 593-598.
- GUÉRIN C., & FAURE M., 1987** - Grands mammifères. In J.-C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la préhistoire: méthodes, techniques, applications*. Association pour l'Étude de l'Environnement Géologique de la Préhistoire, Maison de la Géologie, Paris, 801-830.
- GUÉRIN C., & PATOU-MATHIS M., 1996** - *Les grands mammifères plio-pléistocènes d'Europe*. Masson, Paris, 291 p.
- GUÉRIN C., & VALLI A.M.F., 2000** - Le gisement pléistocène supérieur de la grotte de Jaurens à Nespouls, Corrèze, France: les Bovidae (Mammalia, Artiodactyla). *Cahiers scientifiques - Muséum de Lyon*, **1/2000**, 7-39.
- GUÉRIN C., DEOLF Y., & LAUTRIDOU J.-P., 2003** - Révision d'un site paléontologique célèbre: Saint-Prest (Chartres, France). *Geobios*, **36**, 55-82.
- GYGI R., 2000** - Integrated Stratigraphy of the Oxfordian and Kimmeridgian (Late Jurassic) in northern Switzerland and adjacent southern Germany. *Denkschriften der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften*, **104**, 151 p.
- HUMMEL K., 1914** - Die Tektonik des Elgaues (Bernertjura). *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg. i. B.*, 206-265.
- KOBY F.E., 1944** - Les cavernes du cours moyen du Doubs. *Actes de la Société jurassienne d'Émulation*, **48**, 13-15.
- KOBY F.E., 1955** - Aperçu sur les mammifères tertiaires et quaternaires des environs de Porrentruy. *Recueil d'études et de travaux scientifiques, 135^e Session de la Société Helvétique des Sciences Naturelles*, 81-112.
- KOENIGSWALD W. VON, 2006** - Climatic changes, faunal diversity, and environment of the Neanderthals in Central and Western Europe during the middle and upper Pleistocene. *Terra Nostra*, **2006/2**, 35-40.
- LABE B., & GUÉRIN C., 2005** - Réhabilitation de *Mammuthus intermedius* (Jourdan, 1861), un mammoth (Mammalia, Elephantidae) du Pléistocène moyen récent d'Europe. *Comptes Rendus Palevol*, **4**, 235-242.
- LEGENDRE S., 1989** - *Les communautés de mammifères du Paléogène (Eocène supérieur et Oligocène) d'Europe occidentale: structures, milieux et évolution*. Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, **16**, 110 p.
- LE TENSORER J.-M., 1998** - *Le Paléolithique en Suisse*. L'Homme des origines, série Préhistoire d'Europe 5, Éditions Million, Grenoble, 499 p.
- LOUGUET-LEFEBVRE S., 2005** - *Les mégaherbivores (Éléphantidés et Rhinocérotydés) au Paléolithique moyen en Europe du Nord-Ouest Paléocologie, taphonomie et aspects paléogéographiques*. British Archeological Reports International Series, **1451**, 267 p.
- MARTIN R., 1968** - Les mammifères fossiles du gisement quaternaire de Villereversure (Ain). Étude des carnivores, des cervidés et des équidés. *Documents des Laboratoires de Géologie de l'Université de Lyon*, **27**, 153 p.
- PRAT F., 1968** - *Recherche sur les Équidés pléistocènes en France*. Thèse de Doctorat d'État (inédit), Université Bordeaux, 663 p.
- PREUSSER F., GEYH M.A., & SCHLÜSTER C., 2003** - Timing of Late Pleistocene climate change in lowland Switzerland. *Quaternary Science Reviews*, **22**, 1435-1445.
- RECORDON E., 1984** - *Technologie des sols*. Laboratoire de mécanique des sols, École polytechnique fédérale de Lausanne, 205 p.
- RODET J., 1993** - Le rôle des formations quaternaires dans le drainage karstique: l'ensemble des craies du Bassin de Paris. *Quaternaire*, **4** (2-3), 97-102.
- SALOMON J.-N., 2000** - *Précis de karstologie*. Presses Universitaires de Bordeaux, Pessac, 250 p.
- SCHLÜSTER C., MAISCH M., SUTER J., FITZE P., KELLER W.A., BURGA C.A., & WINSTORF E., 1987** - Das Schieferkohlen-Profil von Gossau (Kanton Zürich) und seine stratigraphische Stellung innerhalb der letzten Eiszeit. *Vierteljahresschrift der naturforschenden Gessellschaft Zürich*, **132**, 135-174.
- SLOTT-MOLLER R., 1990** - La faune. In J. Jaubert, M. Lorblanchet, H. Laville, R. Slott-Moller, A. Turq, & J.-P. Brugal (eds.), *Les chasseurs d'Aurochs de La Borde. Un site du Paléolithique moyen (Livernon, Lot)*. Documents d'archéologie française, **27**, 33-68.
- STAHL GRETSCH L.-I., & DETREY J., 1999** - Le site moustérien d'Alle, Pré Monsieur. *Cahier d'Archéologie Jurassienne*, **9**, 312 p.
- VALLADAS H., REYSS J.L., JORON J.L., VALLADAS G., BAR YOSEF O., & VANDERMEERSCH B., 1988** - Thermoluminescence dates for the Mousterian Proto-Cro-Magnons from Qafzeh Cave (Israel). *Nature*, **331**, 614-616.
- VALLI A.M.F., 2001** - *Le gisement villafranchien moyen de Saint-Vallier (Drôme): nouvelles données paléontologiques (Cervidae, Bovinae) et taphonomiques*. Documents des Laboratoires de Géologie de l'Université de Lyon, **153**, 246 p.
- WINTLE A.G., 1997** - Luminescence dating: Laboratory procedures and protocols. *Radiation Measurements*, **27**, 769-817.
- VLIET-LANOË B. VAN, & GUILLOCHEAU F., 1995** - Évolution de l'enregistrement pédosédimentaire depuis 150 ka en France du NO et en Belgique: biorhexistasie et bilans sédimentaires. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, **320**, 419-426.
- WOILLARD G.M., & MOOK W.G., 1982** - Carbon-14 dates at Grande Pile: correlation of land and sea chronologies. *Science*, **215**, 159-161.
- ZIEGLER R., 2003** - *Mammut & Höhlenbär. Säugertiere aus dem Eiszeitalter Südwest-Deutschlands*. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie C, Heft **52**, 87 p.