

Paléontologie humaine et préhistoire (Archéozoologie)

Approche morphométrique des dents jugales déciduales d'*Equus caballus arcelini* (sensu lato, Guadelli 1991) : critères de détermination et estimation de l'âge d'abattage

Olivier Bignon¹

Laboratoire d'archéozoologie, histoire des sociétés et des peuplements animaux, UMR 5197 CNRS, Muséum national d'histoire naturelle, 55, rue Buffon, CP 56, 75005 Paris, France

Reçu le 25 novembre 2004 ; accepté après révision le 18 septembre 2006

Présenté par Philippe Taquet

Résumé

Cet article présente les principaux résultats morphométriques de l'étude des dents jugales déciduales d'*Equus caballus arcelini* (sensu lato, Guadelli 1991), le dernier petit cheval du Pléistocène d'Europe occidentale. Les données morphométriques, associées aux observations morphologiques, contribuent à la détermination, qui à son tour est en mesure de fournir une estimation de l'âge d'abattage des poulains, en fonction de la hauteur des couronnes. En contexte archéologique, l'application de cette méthode sur des séries dentaires de chevaux permet d'aborder la question de la saisonnalité des occupations humaines. **Pour citer cet article : O. Bignon, C. R. Palevol 5 (2006).**

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

Abstract

Morphometrical approach of *Equus caballus arcelini* (sensu lato, Guadelli 1991) jugal milk teeth: determination criteria and mortality age estimation. This paper presents the main morphometrical results of the study of the last western European Pleistocene horse (*Equus caballus arcelini* sensu lato, Guadelli 1991) jugal milk teeth. In association with observed morphological characters, morphometrical data helps determination. The main purpose of this discrimination between the different jugal milk teeth is the estimation of the mortality age, according to the crown-height method. In an archaeological context, the use of this method on horses' dental series enables to study the issue of human settlements' seasonality. **To cite this article: O. Bignon, C. R. Palevol 5 (2006).**

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

Mots clés : Âge d'abattage ; Cheval ; Critères de détermination ; Morphométrie ; *Equus caballus arcelini* ; Dents jugales déciduales

Keywords: Mortality age; Horse; Morphometry; Determination criteria; *Equus caballus arcelini*; Jugal milk teeth

Adresse e-mail : bignon@mnhn.fr (O. Bignon).

¹ Membre associé du laboratoire d'éthnologie préhistorique, UMR 7041, Nanterre, France.

Abridged English version

Approach and main objectives

The Last Pleistocene horse of western Europe [19], *Equus caballus arcelini* (sensu lato) was small (around 1.30–1.40 m at the withers) and possessed regional morphotype variations [4,5,7,8]. It was one of the main preys of Magdalenian or Early Azilian hunters during the Late Glacial [5,6]. In order to determine human settlements' seasonality, a new method has been developed for estimating the foals' age of death, requiring an accurate identification of the different jugal milk teeth.

Material and methods

The determination criteria of the jugal milk teeth are partly based on the findings of M. Petit [29] and V. Eisenmann [13], as well as on personal observations. As complement and support, conventional morphometric parameters based on measurements defined by V. Eisenmann [13,14] (Fig. 2) have been used. The archaeological material analysed comes from contemporaneous faunas of the Paris Basin and the Switzerland Plateau (Fig. 1; Tables 1–3): respectively, the site of Tureau des Gardes (section 10; Seine-et-Marne), the Neuchâtel sites of Champréveyres and Monruz [1,2,5,22,28].

We use, moreover, a synthetic frame of reference of the dental eruption/replacement [10,19,20,27,29] (Table 4), based on the crown height [16,23–26]. It was applied to our reference collections ('Philippe Morel' of the 'Service cantonal', Neuchâtel, and of the 'École vétérinaire', Maisons-Alfort), for building teeth wear models (Table 5). Two 'landmarks' for each jugal milk tooth are defined for assessing the crown height (Figs. 3 and 4). Regression straight lines are drawn on the reference collections for both inferior and superior Pd₂ and Pd₃. One point was systematically added at 5 mm of height, when the jugal milk teeth generally fall.

Jugal milk teeth morphometric determination

Anatomical criteria will not be developed in this summary, since many of them are detailed in the specialised literature (Figs. 3, 4, 5, 6, 7) [13,14,29].

The morphometric analysis of the upper jugal milk teeth (Fig. 8; Tables 2 and 3) leads to the following results:

- Pd² are distinguished from the Pd³ and Pd⁴, in particular according to their occlusal length (Lo = OL);
- Pd⁴ tend to have a greater occlusal length (Lo) in relation to Pd³, and have a longer protocone length (LP = PL);
- the protocone index (IP = PI) allows reliable morphometric distinctions among different upper jugal milk teeth.

On the lower jugal milk teeth (Fig. 9; Tables 2, 3):

- Pd₃ have clearly a less important occlusal length (Lo) in relation to Pd₂ and Pd₄;
- Pd₂ show a greater postflexidic length (LF = PL) than the other lower milk teeth;
- accordingly, the flexidic index (IF = FI) also distinguishes Pd₂ from Pd₃ and Pd₄;
- Pd₂ tend to have a greater double knot length (LDB = DKL) than the other lower milk teeth.

Comparisons with permanent cheek teeth have been realized (Tables 6, 7).

Estimation of foals' mortality age

According to ethologic data [3,9,11,12,17,18] and archaeological estimations [25,28,31], in Europe or North America, foals' births seemed to take place in May. Thus, the 1st of May is theoretically considered as the first day of foals in the calculation of their mortality age in an archaeological context. The following linear regressions, in relation with the horses' diet [21,30], allow an accurate calculation of mortality age, with a confidence interval of more or less one month. The linear regressions of the upper jugal milk teeth Pd₂ and Pd₃ are highly significant (Fig. 10; Table 8); similar results are observed for the lower milk teeth (Fig. 11; Table 8).

Conclusions

Morphometrical data add some quantitative criteria to determine precisely the different upper or lower jugal milk teeth. These results give additional information, which enables to use the crown-height method on different jugal milk teeth quite reliably. The statistical results show that the respective linear regressions give a highly accurate estimation of the mortality age of archaeological foals. This calculation of the mortality age has to take into account the confidence interval of more or less one month, and can also be verified with an accurate faunal comparison collection. The crown-height method developed in this paper gives new

insights in the estimation of foals' mortality age, as well as in the estimation of human settlements' seasonality. This method seems to be available for archaeological horses that exhibit a similar body size [15].

1. Démarche et objectifs

Equus caballus arcelini (Guadelli 1991) a été défini comme étant la dernière « forme » caballine du Pléistocène en Europe occidentale, plus précisément au Tardiglaciaire [19]. L'étude de la diversité biogéographique de ce taxon conclut à une fragmentation régionale des populations, d'après les analyses en morphométrie conventionnelle et/ou géométrique portant sur les éléments dentaires ou post-crâniens [5,7,8]. Ainsi, il a été proposé de regrouper les différents morphotypes régionaux sous la dénomination *E. caballus arcelini* (sensu lato) [5], dans la mesure où tous ont pour caractéristique commune une faible taille au garrot (entre 1,30 et 1,40 m) [4].

Ces équidés ayant été l'une des ressources les plus prisées au Magdalénien supérieur et à l'Azilien ancien dans le Bassin parisien et sur le Plateau suisse [5,6], il fut recherché un moyen de préciser, grâce à eux, la saisonnalité des occupations humaines. En ce sens, la méthode morphométrique permettant d'estimer l'âge d'abattage des poulains est l'objectif principal du présent article. Dans la mesure où une détermination fiable du rang des dents – Pd2, Pd3, Pd4 – est une condition préalable à l'emploi d'une telle méthode, il est apparu nécessaire de revenir sur les caractères anatomiques de chaque dent jugale déciduale. À ces derniers viennent s'ajouter les principaux résultats morphométriques obtenus sur des séries jugales déciduales d'*E. caballus arcelini* (sensu lato), dont les données seront développées finalement à titre d'illustration. Toutes ces observations morphologiques et morphométriques concourent à une optimisation des critères de discrimination en termes de rang des dents jugales déciduales supérieures et inférieures des chevaux tardiglaciaires.

2. Matériel et méthodes

Une partie des critères de détermination des dents jugales déciduales est issue des travaux de M. Petit [29] et de V. Eisenmann [13,14]. D'autres critères, fruits d'observations personnelles, ont été rajoutés. Les données en morphométrie conventionnelle sur les éléments dentaires d'*E. caballus arcelini* (sensu lato), proviennent du Bassin parisien et du Plateau suisse (Fig. 1 ; Tableau 1). Dans la région parisienne, les observations se sont concentrées sur le secteur 10 du Tureau des Gardes

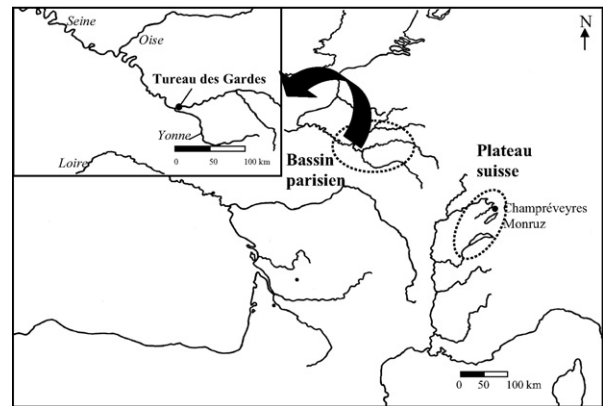


Fig. 1. Aires géographiques des sites archéologiques étudiés.
Fig. 1. Archaeological sites studied areas.

Tableau 1

Datations au radiocarbone des sites archéologiques : Tureau des Gardes (secteur 10 ; Bassin parisien, France) ; Champrévevres et Monruz (Neuchâtel, Suisse)

Table 1

Radiocarbon dates of archaeological sites: Tureau des Gardes (sector 10; Paris Basin, France) ; Champrévevres et Monruz (Neuchâtel, Switzerland).

Aires géographiques	Sites archéologiques	Code laboratoire	Datation (B.P.)
Plateau suisse	Hauterive-Champrévevres [11]	UZ-2285	13 050 ± 155
		UZ-2283	12 950 ± 155
		UZ-2282	12 825 ± 155
		UZ-2286	12 780 ± 135
		UZ-2171	12 730 ± 135
		UZ-2175	12 630 ± 130
		UZ-2172	12 620 ± 145
		UZ-2177	12 600 ± 145
		UZ-2173	12 540 ± 140
		UZ-2174	12 510 ± 130
UZ-2287	12 500 ± 145		
Plateau suisse	Monruz [11]	ETH-6413	13 330 ± 110
		ETH-6421	13 140 ± 120
		ETH-6420	13 120 ± 120
		ETH-6418	13 110 ± 120
		ETH-6416	13 070 ± 130
		ETH-6417	13 030 ± 120
		ETH-6412	12 970 ± 110
		ETH-6415	12 900 ± 120
ETH-6419	12 880 ± 120		
Bassin parisien	Tureau des Gardes – S.10 [2]	AA 44214	12 170 ± 130
		AA 44215	12 160 ± 120
		AA 44216	12 520 ± 130

(Seine-et-Marne ; Tableau 2), qui est actuellement la collection ayant livré le plus de dents déciduales et définitives de chevaux tardiglaciaires [2,5]. Pour le Plateau suisse, les sites de Champréveyres et de Monruz (Neuchâtel) [1,22,28], contemporains et distants d'environ 1 km, ont été regroupés pour former une seconde collection importante (Tableau 3).

Les mesures standard établies par V. Eisenman [13, 14] ont été prises sur les dents déciduales, comme sur les dents définitives (Fig. 2). Ces données morphométriques ont été exploitées pour toutes les dents déciduales, supérieures et inférieures, afin de quantifier les critères intuitifs se dégageant de l'observation des surfaces occlusales. L'estimation de l'âge de la mort des pou-

lains s'appuie sur un référentiel du processus d'éruption/remplacement des séries dentaires, et sur des modèles d'usure des différentes dents jugales déciduales. Le référentiel d'éruption/de remplacement est fondé sur une synthèse de plusieurs travaux fondamentaux en la matière [10,19,20,27,29], ainsi que sur l'expérience conjointe de W. Müller (Service cantonal d'archéologie, Neuchâtel) et de moi-même. Le Tableau 4 montre les valeurs issues de cette synthèse. Les modèles d'usure sont inspirés de la méthode de la hauteur de couronne mise au point par M. Levine [23–26], basée sur la régularité de l'usure des dents jugales constatée chez les chevaux [16]. Leur précision a été contrôlée à l'aide du nouveau référentiel.

Tableau 2

Données morphométriques et descripteurs statistiques des dents déciduales du Tureau des Gardes (secteur 10 ; Bassin parisien, France)

Table 2

Morphometrical data and statistical descriptors of the Tureau des Gardes milk teeth (sector 10; Paris Basin, France)

Dents	Descripteurs statistiques	Longueur occlusale (Lo)	Largeur occlusale (lo)	Longueur protocône (LP)	Indice protocônique (IP)	Longueur post-flexide (LF)	Longueur double-boucle (LDB)	Indice flexidique (IF)
Pd ²	<i>n</i>	3	7	8	3			
	<i>x</i>	38,47	21,67	7,79	20,25%			
	Minimum	37,4	20	6,9				
	Maximum	40,3	23,1	9,2				
	CV	4,15	7,09	8,77				
	<i>s</i>	1,59	1,54	9,68				
Pd ³	<i>n</i>	5	6	7	5			
	<i>x</i>	30,56	23,27	8,81	28,83%			
	Minimum	28,4	21,6	8				
	Maximum	33,7	24,6	10,2				
	CV	6,86	4,45	9,62				
	<i>s</i>	2,1	1,04	0,85				
Pd ⁴	<i>n</i>	10	9	13	10			
	<i>x</i>	33,43	23,24	11,07	36,38%			
	Minimum	28,2	21,8	9,5				
	Maximum	35,2	24,8	14,7				
	CV	6,92	3,36	12,6				
	<i>s</i>	2,11	0,78	1,39				
Pd ₂	<i>n</i>	11	13			13	12	11
	<i>x</i>	32,94	12,98			15,62	16,88	47,42%
	Minimum	31,8	11,8			12,8	15,7	
	Maximum	34,6	13,9			17,8	18,3	
	CV	2,69	4,73			9,58	5,73	
	<i>s</i>	0,89	0,61			1,5	0,97	
Pd ₃	<i>n</i>	14	17			15	14	14
	<i>x</i>	30,49	12,79			12,44	15,7	40, 8%
	Minimum	27,3	11,5			10,1	14,7	
	Maximum	32,1	13,7			14,2	17,5	
	CV	4,44	4,52			10,41	4,82	
	<i>s</i>	1,35	0,58			1,3	0,76	
Pd ₄	<i>n</i>	18	19			21	21	18
	<i>x</i>	34,68	12,5			12,59	15,4	36,30%
	Minimum	30,2	11,6			10,3	14	
	Maximum	38,4	13,9			15,1	17,5	
	CV	6,47	5,36			9,89	5,55	
	<i>s</i>	2,24	0,67			1,25	0,85	

Tableau 3

Données morphométriques et descripteurs statistiques des dents décidentales de Champréveyres–Monruz (Neuchâtel, Suisse)

Table 3

Morphometrical data and statistical descriptors of the Champréveyres–Monruz milk teeth (Neuchâtel, Switzerland)

Dents	Descripteurs statistiques	Longueur occlusale (Lo)	Largeur occlusale (lo)	Longueur protocône (LP)	Indice protocônique (IP)	Longueur post-flexide (LF)	Longueur double-boucle (LDB)	Indice flexidique (IF)
Pd ²	<i>n</i>	14	16	17	14			
	<i>x</i>	37,8	20,83	7,89	20,87%			
	Minimum	32,9	18,1	6,7				
	Maximum	40,9	22,4	9,6				
	CV	4,75	6,2	9,87				
Pd ³	<i>s</i>	1,79	1,29	0,78				
	<i>n</i>	18	17	18	18			
	<i>x</i>	29,31	22,06	9,27	31,63%			
	Minimum	27,4	20	7,9				
	Maximum	31,8	23,6	10,5				
Pd ⁴	CV	4,37	5,86	6,77				
	<i>s</i>	1,28	1,29	0,63				
	<i>n</i>	19	16	17	17			
	<i>x</i>	31,57	22,39	11,36	35,98%			
	Minimum	28	17,5	9,7				
Pd ₂	Maximum	35,5	24,5	12,9				
	CV	7,21	8,27	7,2				
	<i>s</i>	2,28	1,85	0,82				
	<i>n</i>	15	17			13	14	13
	<i>x</i>	32,43	12,51			15,62	16,66	48,17%
Pd ₃	Minimum	29,2	10,9			13,4	15,3	
	Maximum	34,9	13,9			18,2	18,4	
	CV	4,78	6,7			11,81	5,19	
	<i>s</i>	1,55	0,84			1,84	0,87	
	<i>n</i>	18	19			17	16	17
Pd ₄	<i>x</i>	29,83	12,97			11,64	15,86	39,02%
	Minimum	28,5	10,1			9,6	14,8	
	Maximum	32,9	15,3			13,6	17,3	
	CV	3,73	10,26			12,36	3,85	
	<i>s</i>	1,11	1,33			1,44	0,61	
Pd ₄	<i>n</i>	20	20			21	21	20
	<i>x</i>	31,56	13,08			11,77	15,58	37,29%
	Minimum	28,8	11,8			9,4	14,6	
	Maximum	35,5	14,6			14,7	17,7	
	CV	6,96	6,52			12,28	5,58	
	<i>s</i>	2,2	0,85			1,45	0,87	

Les séries dentaires décidentales ayant servi de référentiel à nos modèles d'usure théorique proviennent essentiellement de la collection « Philippe Morel » du laboratoire d'archéozoologie du Service cantonal d'archéologie de Neuchâtel, mais aussi du musée de Fragonard (École vétérinaire de Maisons-Alfort). Un premier travail d'extraction des séries supérieures et inférieures sur tous les individus jusqu'à 18 mois de la collection a été nécessaire afin d'effectuer les prises de mesure (Tableau 5). Celles-ci visent une simplicité maximale et une reproductibilité optimale des mesures (Fig. 3). Pour toutes ces mesures, il est fortement conseillé de veiller à ce que la dent soit parfaitement parallèle par rapport au pied à coulisse

(de préférence électronique). La hauteur des dents décidentales supérieures est mesurée exclusivement sur la face externe (vestibulaire), le long du mésostyle (Figs. 3, 4b). À l'angle de la racine postérieure externe et de la surface inter-radiculaire, une petite dépression permet de caler le pied à coulisse, celui-ci se refermant au milieu du bord occlusal du mésostyle (Figs. 3, 4b). La hauteur des dents inférieures est mesurée entre un point occlusal placé au centre de la double boucle, généralement dans une petite dépression (Figs. 2 et 3) et un point situé à l'angle de la racine antérieure et de la surface inter-radiculaire pour la Pd₂ (Figs. 3, 4a) ou le milieu du relief situé entre les racines pour la Pd₃.

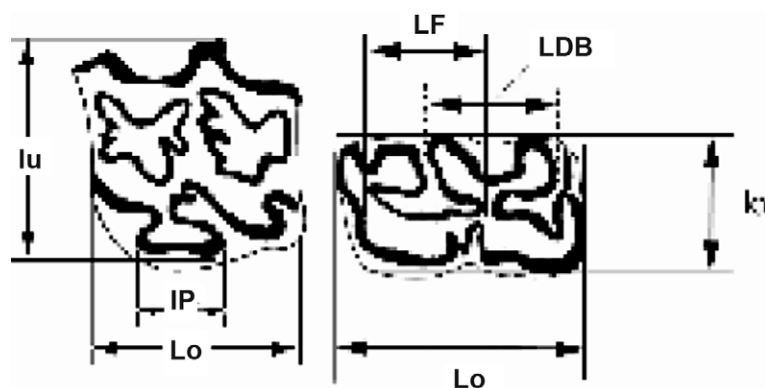


Fig. 2. Mesures morphométriques des dents jugales supérieures et inférieures (d'après V. Eisenmann [8,9], modifié) : Lo = longueur occlusale ; lo = largeur occlusale ; LP = longueur protocône ; LF = longueur du post-flexide ; LDB = longueur de la double boucle.

Fig. 2. Morphometrical measurements of the upper and lower jugal teeth (original illustration V. Eisenmann [8,9], modified): Lo = occlusal length; lo = occlusal width; LP = protocon length; LF = postflexid length; LDB = double-knot length.

Tableau 4

Référentiel des périodes d'éruption/remplacement des dents chez le cheval

Table 4

Horse eruption/replacement periods' frame of reference

Dents	Période d'éruption
Id1	1–2 semaines (jusqu'à environ 30 mois)
I1	À partir de 30 mois
Id2	3–8 semaines (jusqu'à 3–3,5 ans)
I2	À partir de 3–3,5 ans
Id3	5 mois (jusqu'à 4–4,5 ans)
I3	À partir de 4–4,5 ans
C	À partir de 3–4 ans
Pd2	Dès la naissance (jusqu'à 28–30 mois)
PM2	À partir de 28–30 mois
Pd ³	Dès la naissance (jusqu'à 30 mois)
Pd ₃	Dès la naissance (jusqu'à 28–30 mois)
PM ³	À partir de 28–30 mois
PM ₃	À partir de 30 mois
Pd4	Dès la naissance (jusqu'à 3,5 ans)
PM4	À partir de 3,5 ans
M1	Environ 12 mois
M2	22–26 mois
M3	40–50 mois

Des droites de régression ont été tracées pour chacune des dents jugales déciduales. D'après nos observations à l'École vétérinaire de Maisons-Alfort et à Neuchâtel (collection « Philippe Morel »), la chute des dents jugales déciduales intervient lorsqu'elles ont une hauteur de couronne d'environ 5 mm. Pour construire nos droites de régression, nous avons donc systématiquement ajouté un point à 5 mm, ajusté pour chaque dent à la période où cet événement doit intervenir [5] : par exemple, à 29 mois pour les Pd2, censées chuter entre 28 et 30 mois. L'ajout de ce point de chute moyen permet un meilleur ajustement des droites [5].

3. Détermination des dents jugales déciduales

3.1. Critères de détermination anatomique

Les critères de détermination présentés ci-dessous ne sont qu'une brève synthèse d'informations qui ont parfois été plus amplement détaillées dans la littérature spécialisée [13,14,29]. Par ailleurs, l'observation des racines contribue grandement à la discrimination des jugales lactéales et définitives. Généralement, les racines lactéales sont creuses et évasées, et aussi plus hautes par rapport à la hauteur des couronnes, que les racines définitives. Chez les poulains les plus jeunes, les hauteurs des racines et des couronnes sont à peu près équivalentes. Les racines lactéales sont raccourcies lors du remplacement par les dents définitives, qui tendent à occuper progressivement leurs places.

3.1.1. Dents jugales déciduales supérieures

Les jugales déciduales supérieures peuvent être assez bien discriminées quand elles sont entières et bien conservées (Fig. 5). En vue occlusale, la Pd² est triangulaire (comme la PM²), contrairement aux Pd³ et Pd⁴, subquadrangulaires ; la Pd⁴ est en général plus longue que la Pd³, mais la discrimination peut être difficile. Toutefois, en vue externe, la moitié postérieure de la Pd³ est plus haute que la moitié antérieure, et l'inverse est vrai pour la Pd⁴ [13]. En outre, en vue occlusale, les Pd⁴ apparaissent moins quadrangulaires que les Pd³, car l'hypostyle (à l'angle formé par la face interne et la face postérieure) est très souvent « en retrait » par rapport au métastyle (à l'angle formé par la face externe et la face postérieure).

Tableau 5

Poulains de la collection « Philippe Morel » (Service cantonal d'archéologie, Neuchâtel) utilisés dans la modélisation de l'usure des dents déciduales

Table 5

Foals of the 'Philippe Morel' collection (Service cantonal d'archéologie, Neuchâtel) used in the modelling of the milk teeth wear

Numéro de référence	Âge de l'individu	Séries dentaires (inférieure/supérieure)
8491	36 heures	inférieure/supérieure
8391	3 semaines	inférieure/supérieure
8291	4 semaines	inférieure/supérieure
13 091	2 mois	inférieure/supérieure
8991	10 semaines	inférieure/supérieure
12 292	4 mois	inférieure/supérieure
9091	16 semaines	inférieure/supérieure
1092	9 mois	inférieure/supérieure
14 594	12 mois	supérieure
13 191	18 mois	inférieure/supérieure
14 594	18 mois	supérieure

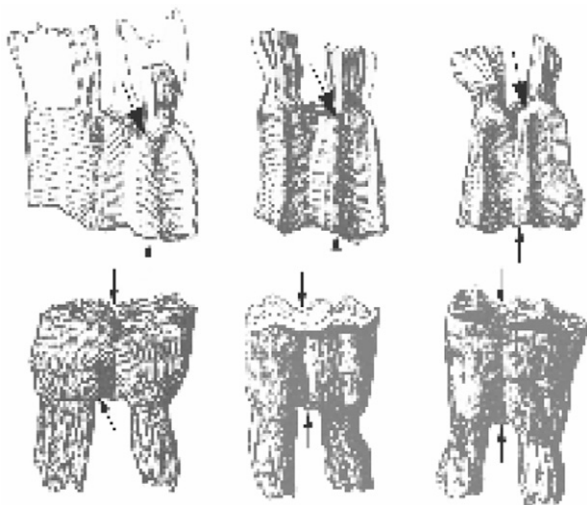


Fig. 3. Points de mesure des dents jugales déciduales pour prendre les hauteurs de couronne : Pd²³⁴ (en haut), Pd₂₃₄ (en bas).

Fig. 3. Crown height landmarks of the jugalmilkteeth: Pd²³⁴ (top), Pd₂₃₄ (bottom).

Les Pd² possèdent trois racines (une antérieure ; deux postérieures : postéro-interne et postéro-externe) et les Pd³⁻⁴ en possèdent quatre (deux internes, plus ou moins coalescentes, et deux externes, Fig. 5).

- Pd² : la racine antérieure formant un « V » ouvert vers l'arrière de la dent ; la racine postéro-interne est nettement plus développée que la postéro-externe ;
- Pd³ : la racine antéro-externe forme un angle droit caractéristique, épousant la forme de la base de la couronne (critère de détermination et de distinction par rapport à la Pd⁴) ; la racine postéro-externe est clairement moins développée. En vue antérieure, la racine antéro-interne est très oblique par rapport à la couronne ;

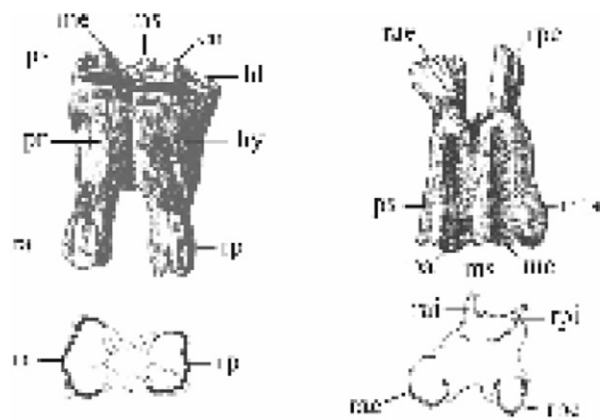


Fig. 4. Vues externes des Pd₄ gauches inférieur (à gauche) et supérieur (à droite ; dessins originaux de M. Petit [29]). (a) Pd₄ : ra = racine antérieure ; rp = racine postérieure ; pr = protoconide ; ps = parastyliide ; me = métaconide ; ms = métastyliide ; en = endoconide ; hl = hypoconulide ; hy = hypoconide. (b) Pd⁴ : rae = racine antérieure externe ; rpe = racine postérieure externe ; rai = racine antérieure interne ; rpi = racine postérieure interne ; ps = parastyle ; pa = paracône ; ms = mésostyle ; me = métacône ; mts = métastyle.

Fig. 4. External views of the left lower (left) and upper dP4 (right; original illustrations M. Petit [29]). (a) Pd₄ : ra = anterior root ; rp = posterior root ; pr = protoconid ; ps = parastyliid ; me = metaconid ; ms = metastyliid ; en = endoconid ; hl = hypoconulid ; hy = hypoconid. (b) Pd⁴ : rae = external anterior root ; rpe = external posterior root ; rai = internal anterior root ; rpi = internal posterior root ; ps = parastyle ; pa = paracone ; ms = mesostyle ; me = metacone ; mts = metastyle.

- Pd⁴ : la racine antéro-externe est moins anguleuse que sur la Pd³ ; en vue antérieure, les racines sont plus divergentes. On notera que les racines internes sont plus sensiblement incurvées vers la face interne que pour les Pd³, et que l'écartement des racines est plus prononcé pour les Pd⁴.

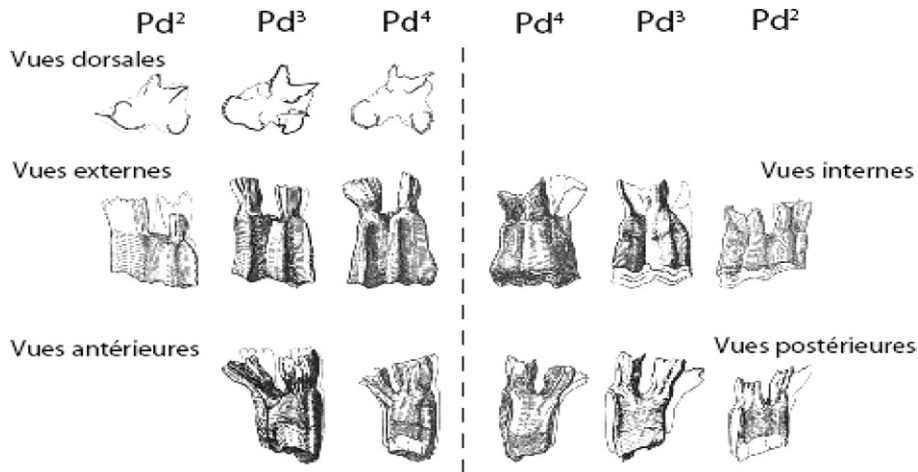


Fig. 5. Représentation des dents jugales déciduales supérieures (dessins originaux de M. Petit [29]) : face externe, face interne, face antérieure, face postérieure, face dorsale.

Fig. 5. Left upper jugal milk teeth representations (original illustrations by M. Petit [29]): external side, internal side, anterior side, posterior side, dorsal side.

3.1.2. Dents jugales déciduales inférieures

Les jugales déciduales inférieures peuvent être discriminées à la faveur d'une bonne préservation des critères détaillés ci-dessous. En vue occlusale, la Pd₂ a le même aspect triangulaire que la PM₂, ce qui la distingue des autres dents déciduales, de forme quadrangulaire. La Pd₄ est en général plus longue que la Pd₃ en vue occlusale. Son métastylide est nettement plus développé postérieurement que celui de la Pd₃, bien qu'à

partir d'environ un an celui-ci soit totalement érodé par l'éruption de la M₁ (Fig. 6).

Les racines, au nombre de deux (une antérieure et une autre postérieure), ont l'aspect de « lames foliacées incurvées » (Pd₂) ou de « folioles concaves et opposées par leurs concavités » (Pd₃₋₄) [29]. La forme des racines aide à la détermination du rang de la dent (Fig. 6) : la racine antérieure des Pd₂ est clairement plus pincée dans sa partie la plus antérieure, et forme un « V »

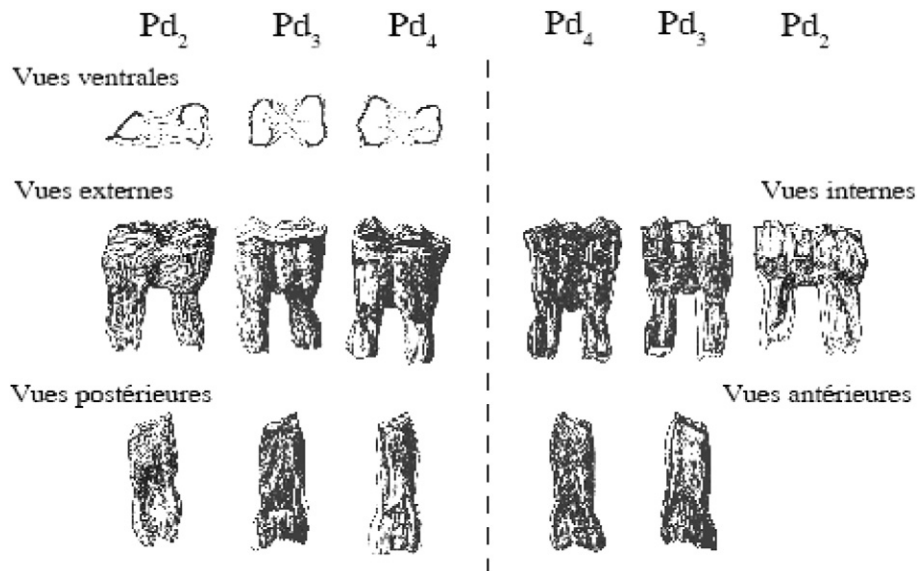


Fig. 6. Représentation des dents jugales déciduales inférieures gauches (dessins originaux de M. Petit [29]) : face externe, face interne, face antérieure, face postérieure, face ventrale.

Fig. 6. Left lower jugal milk teeth representations (original illustrations M. Petit [29]): external side, internal side, anterior side, posterior side, ventral side.

ouvert en direction postérieure. Les seules racines permettent souvent de distinguer les Pd₃ des Pd₄ :

- Pd₃ : en vue ventrale, la racine postérieure est beaucoup plus grande que celle de la Pd₄ ; en outre, les deux racines de la Pd₃ sont de tailles similaires, alors que la racine antérieure de la Pd₄ est beaucoup plus grande que la postérieure ;
- Pd₄ : en vues externe et interne, les racines sont plus écartées ; le relief situé entre elles à la base de la couronne est généralement plus développé.

3.1.3. Dents jugales déciduales et définitives

Nous n'accorderons qu'un court paragraphe à la distinction entre les dents jugales déciduales et définitives (Figs. 4–7), qui fait déjà l'objet d'études très détaillées [13,14,29]. Dans son ensemble, le dessin occlusal des déciduales et des définitives est semblable. Les principales différences se trouvent dans les hauteurs des couronnes (beaucoup plus grandes sur les définitives) et au niveau des racines.

Toutes les jugales supérieures définitives possèdent quatre racines (deux antérieures et deux postérieures), fermées et relativement courtes ; à l'exception des PM², toutes les racines sont obliques en direction postérieure. Toutes les jugales inférieures définitives ont deux raci-

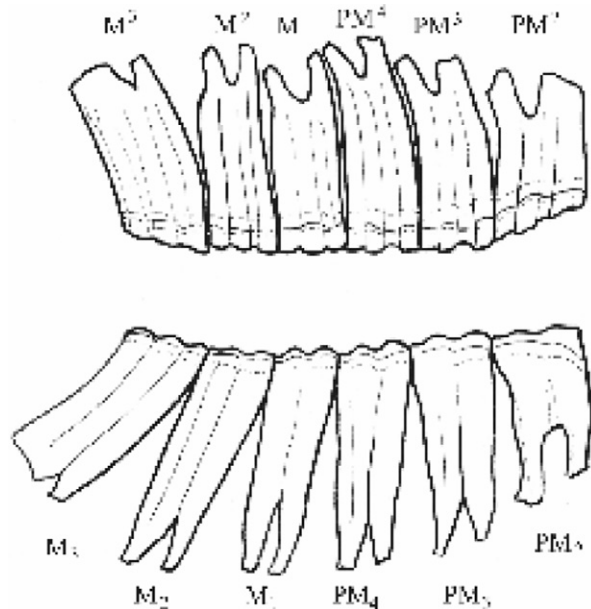


Fig. 7. Dents jugales définitives supérieures (en haut) et inférieures (en bas ; dessins originaux de M. Petit [29]) : PM = prémolaire ; M = molaire.
 Fig. 7. Upper (top) and lower permanent jugal teeth (bottom; original illustrations by M. Petit [29]): PM = premolar; M = molar.

nes fermées, simples et courtes : une antérieure, plus étroite, et une postérieure, plus large, légèrement obliques en direction postérieure.

3.2. Analyses morphométriques des dents jugales déciduales

Les résultats des analyses des séries dentaires déciduales des sites suisses de Champréveyres et Monruz (Neuchâtel) et des sites du secteur 10 du Tureau des Gardes (Seine-et-Marne, Bassin parisien) sont très similaires. Ils peuvent être utilisés pour des déterminations fiables pour *E. caballus arcelini* (sensu lato).

3.2.1. Morphométrie des dents jugales déciduales supérieures

Les données morphométriques distinguent, d'une part, les Pd² et, d'autre part, les Pd³ et Pd⁴, plus proches (Fig. 8 ; Tableaux 2 et 3). La longueur occlusale (Lo) des Pd² est nettement plus grande. Celle des Pd⁴ est légèrement plus grande que celle des Pd³. La largeur

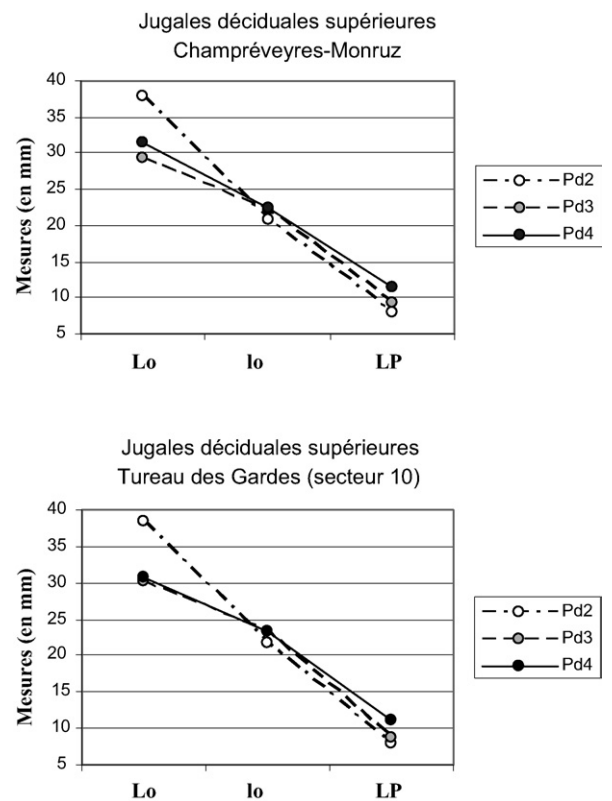


Fig. 8. Comparaison morphométrique des dents jugales déciduales supérieures : Tureau des Gardes (secteur 10) et Champréveyres-Monruz.
 Fig. 8. Morphometrical comparison of the upper jugal milk teeth: Tureau des Gardes (sector 10) and Champréveyres-Monruz.

occlusale (lo) est subégale sur toutes. Les Pd² ont toutefois des valeurs inférieures à celles des autres déciduales supérieures. La longueur du protocône (LP) va en décroissant des Pd⁴ aux Pd². Les indices protoconiques (IP), très homogènes entre les différentes collections, permettent une distinction fiable entre les dents déciduales supérieures.

3.2.2. Morphométrie des dents jugales déciduales inférieures

Les données morphométriques distinguent, d'une part, Pd₃ et, d'autre part, Pd₂ et Pd₄ (Fig. 9 ; Tableaux 2 et 3). Les longueurs occlusales (Lo) des Pd₃ sont toujours les plus petites. Les longueurs relatives des Pd₂ et des Pd₄ varient suivant les régions : les Pd₂ semblent plus courtes que les Pd₄ au Tureau des Gardes (secteur 10), et inversement pour les équidés de Champréveyles–Monruz. Il est possible que ces observations constituent une distinction morphologique supplémentaire parmi

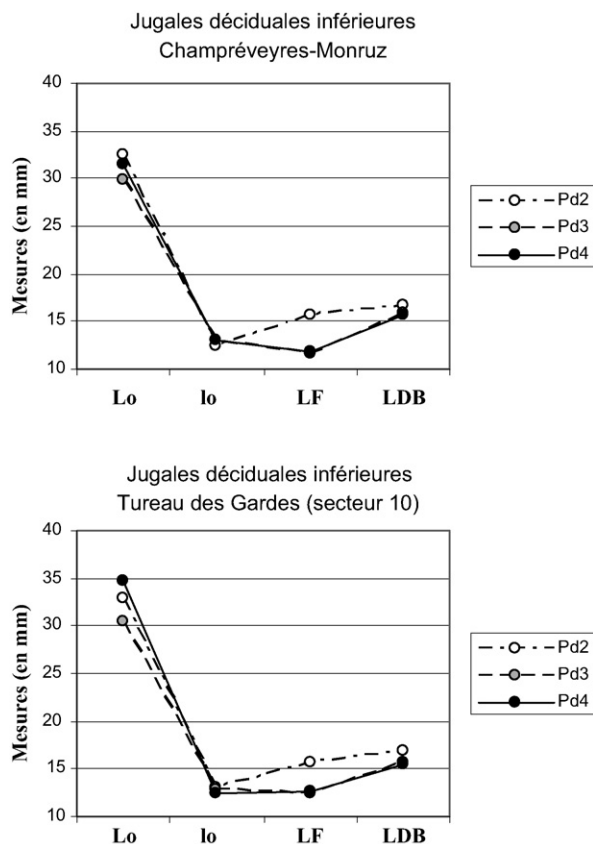


Fig. 9. Comparaison morphométrique des dents jugales déciduales inférieures : Tureau des Gardes (secteur 10) et Champréveyles–Monruz.

Fig. 9. Morphometrical comparison of the lower jugal milk teeth: Tureau des Gardes (sector 10) and Champréveyles–Monruz.

d'autres, constatées entre morphotypes chez *E. caballus arcelini* (sensu lato) [2–4], mais cette différence morphométrique pourrait également être due à la différence de taille entre nos échantillons (Tableaux 2 et 3).

Les largeurs occlusales (lo) sont encore plus proches que chez les supérieures (Fig. 9). La longueur du post-flexide (LF) fournit, au contraire, un critère très intéressant pour distinguer les Pd₂ des Pd_{3–4} : ces dernières ont des post-flexides plus courts (Tableaux 2 et 3).

Il en est de même pour la longueur de la double boucle (LDB), bien que les écarts entre Pd₂ et Pd_{3–4} soient plus faibles (Fig. 9 ; Tableaux 2 et 3).

En définitive, la morphométrie distingue bien les différentes dents jugales déciduales inférieures. Les indices flexidiques (IF) offrent à ce titre une indication intéressante (Tableaux 2 et 3), même si les Pd_{3–4} des chevaux du Plateau suisse sont plus difficiles à discriminer. Pour ces deux dernières, la longueur occlusale reste cependant le meilleur critère de discrimination.

3.3. Distinctions morphométriques entre dents jugales déciduales et définitives

Nous nous bornerons ici à résumer nos observations morphométriques (Tableaux 2,3,6,7 ; Fig. 2).

Dents jugales supérieures : à l'exception des Pd³ du Plateau suisse, les longueurs occlusales (Lo) des déciduales sont plus grandes et les largeurs (lo) plus petites. La longueur du protocône (LP) est un peu plus faible sur les Pd², nettement plus faible sur les Pd³ et Pd⁴. Les indices protoconiques (IP) sont beaucoup plus petits.

Dents jugales inférieures : les longueurs occlusales (Lo) des déciduales sont aussi plus grandes, et les largeurs (lo) plus petites. La longueur de la double boucle (LDB) des Pd₂ est plus grande. Les longueurs du post-flexide (LF) varient beaucoup, et différemment selon les aires géographiques considérées. Enfin, au Tureau des Gardes 10, l'indice flexidique (IF) ne permet pas de distinguer distinctement Pd₃ et PM₃, ni surtout Pd₂ et PM₂. En revanche, l'IF des PM₄ est clairement supérieur à celui des Pd₄, quelle que soit la région considérée.

4. Saison et âge d'abattage : prémisses

4.1. Saisonnalité et pic des naissances

Le pic des naissances chez les chevaux est en relation avec le déclenchement du rut par la lumière : l'augmentation de l'intensité du rayonnement solaire provoque l'augmentation du taux d'hormones ovariennes [17]. Les chevaux ont une durée de gestation un peu infé-

Tableau 6

Données morphométriques et descripteurs statistiques des dents définitives du Tureau des Gardes (secteur 10 ; Bassin parisien, France)

Table 6

Morphometrical data and statistical descriptors of the Tureau des Gardes permanent cheekteeth (sector 10; Paris Basin, France)

Dents	Descripteurs statistiques	Longueur occlusale (Lo)	Largeur occlusale (lo)	Longueur protocône (LP)	Indice protocônique (IP)	Longueur post-flexide (LF)	Longueur double-boucle (LDB)	Indice flexidique (IF)
PM ²	<i>n</i>	12	16	14	12			
	<i>x</i>	35,33	24,06	9,4	26,61 %			
	Minimum	24,8	21	7,3				
	Maximum	38,1	26,5	11,2				
	CV	9,79	5,93	17,82				
PM ³	<i>s</i>	3,46	1,43	1,67				
	<i>n</i>	17	15	14	14			
	<i>x</i>	27,55	26,37	12,28	44,57%			
	Minimum	22,6	24,5	10,3				
	Maximum	30,2	29,2	15,5				
PM ⁴	CV	6,67	5,26	13,24				
	<i>s</i>	1,84	1,39	1,63				
	<i>n</i>	10	8	8	8			
	<i>x</i>	29,68	27,39	14,58	49,12%			
	Minimum	26,3	24,8	11,1				
PM ₂	Maximum	29,9	28,4	14,7				
	CV	6,05	4,29	10,05				
	<i>s</i>	1,8	1,18	1,46				
	<i>n</i>	11	16			19	18	11
	<i>x</i>	30,27	14,19			14,21	14,42	46,94%
PM ₃	Minimum	28,3	13,3			6,7	12,2	
	Maximum	32,1	14,9			17	16,3	
	CV	4,67	3,85			15,02	6,98	
	<i>s</i>	1,41	0,55			2,13	1,01	
	<i>n</i>	19	19			19	17	19
PM ₄	<i>x</i>	27,32	15,95			11,9	16,97	43,56 %
	Minimum	24,9	13,5			8,8	15,4	
	Maximum	29	17,3			15,5	18,4	
	CV	3,9	5,81			15,84	4,94	
	<i>s</i>	1,06	0,93			1,88	0,84	
PM ₄	<i>n</i>	19	20			21	18	19
	<i>x</i>	26,6	16,05			11,66	15,9	43,86%
	Minimum	25,1	14			9,5	14,4	
	Maximum	28,7	17,3			12,5	17,6	
	CV	3,59	5,97			10,45	5,17	
	<i>s</i>	0,95	0,96			1,22	0,82	

rière à un an : environ 335–346 jours pour les domestiques, 333–345 jours pour les chevaux de Przewalski [11], 340–350 jours pour les mustangs du *Great Basin* [3], 335 jours en moyenne pour les chevaux de Camargue [12]. Ainsi, naissances et lactation coïncident généralement avec le début de la saison de croissance des plantes [17], cette dernière étant aussi liée à l'augmentation significative du rayonnement solaire.

D'après les données éthologiques actuelles, le pic des naissances se situe en mai (dans l'hémisphère nord). Chez les chevaux de Przewalski, C. P. Groves [18] note que les naissances se produisent à Askania Nova (Ukraine) à 48% en mai et respectivement 16% en avril et juin. Ce même auteur suppose une saisonna-

lité moins marquée pour expliquer qu'à Prague (République tchèque), les pourcentages de naissances de ce même taxon soient moins concentrés, c'est-à-dire : 37% en mai, 17,5% en avril et 20 en juin. Cependant, l'étalement des naissances dans le zoo de Prague peut aussi s'expliquer par le fait que les professionnels sollicitent à l'extrême les juments, dans le but d'aboutir à un maximum de naissances, si délicates à obtenir dans des conditions de captivité [9]. Il est donc utile de se tourner vers des observations recueillies sur des chevaux « sauvages », tels les mustangs du *Great Basin* (Nevada, États-Unis) [3] ou les chevaux de Camargue (France) [12]. Chez les mustangs, 75% des naissances ont lieu en avril et mai et 85% entre avril et juin, tandis

Tableau 7

Données morphométriques et descripteurs statistiques des dents définitives de Champréveyres–Monruz (Neuchâtel, Suisse)

Table 7

Morphometrical data and statistical descriptors of the Champréveyres–Monruz permanent cheekteeth (Neuchâtel, Switzerland)

Dents	Descripteurs statistiques	Longueur occlusale (Lo)	Largeur occlusale (lo)	Longueur protocône (LP)	Indice protocônique (IP)	Longueur post-flexide (LF)	Longueur double-boucle (LDB)	Indice flexidique (IF)
PM ²	<i>n</i>	23	24	24	23			
	<i>x</i>	36,23	24,83	9,37	25,86%			
	Minimum	31,6	20	7,7				
	Maximum	39,1	26,6	12,1				
	CV	4,45	5,64	13,55				
PM ³	<i>s</i>	1,61	1,4	1,27				
	<i>n</i>	28	27	27	27			
	<i>x</i>	30,23	26,97	13,21	43,70%			
	Minimum	27,6	25	11,1				
	Maximum	32,8	28,7	16,2				
PM ⁴	CV	4,24	3,2	9,08				
	<i>s</i>	1,28	0,86	1,2				
	<i>n</i>	24	24	24	24			
	<i>x</i>	28,81	26,61	14,2	49,29%			
	Minimum	25,7	24,9	11,7				
PM ₂	Maximum	30,8	28,7	17,1				
	CV	4,09	4,74	9,79				
	<i>s</i>	1,18	1,26	1,39				
	<i>n</i>	29	30			28	28	28
	<i>x</i>	30,46	14,3			16,38	15,71	51,62%
PM ₃	Minimum	28,3	9,2			10,4	12,8	
	Maximum	34,4	17,1			19,4	17,3	
	CV	2,66	1,92			2,56	1,47	
	<i>s</i>	1,67	1,21			1,61	0,92	
	<i>n</i>	29	25			28	26	28
PM ₄	<i>x</i>	28,01	16,83			14,49	16,66	51,52%
	Minimum	25,2	11,5			9,8	13,4	
	Maximum	30,1	17,9			16,8	18,6	
	CV	4,4	8,59			9,53	7,02	
	<i>s</i>	1,23	1,45			1,38	1,17	
PM ₄	<i>n</i>	29	25			29	29	29
	<i>x</i>	27,66	15,81			13,4	15,45	47,82%
	Minimum	25,5	10,8			10,4	11,1	
	Maximum	29,8	17,8			16,7	18,5	
	CV	4,78	10,99			9,77	11,52	
	<i>s</i>	1,32	1,74			1,31	1,78	

que les chevaux de Camargue naissent à 66% entre la dernière semaine d'avril et la fin du mois de mai. Le mois de mai semble donc bien la période pendant laquelle l'essentiel des naissances se produit. C'est pourquoi les études archéozoologiques spécialisées récentes [5,25,28,31] postulent que le pic de natalité est en mai. Notons aussi que le contraste saisonnier extrêmement marqué au Tardiglaciaire (et plus encore lors de l'interstade Bölling–Alleröd) permet de supposer des pics de naissances encore plus resserrés dans le temps par rapport aux données éthologiques actuelles.

Les 15% environ d'individus qui naissent aujourd'hui en dehors de cette fenêtre temporelle peuvent être, au

moins en partie, issus de jeunes juments sujettes à un polyœstrus [3] : les juments sont réceptives à la fécondation pendant 4–6 jours, puis non réceptives pendant 15 jours. Les poulains nés de juments subadultes (3–5 ans) ont un taux de survie de 11% à 25%, alors qu'il n'y a presque pas de mortalité infantile chez les autres [3]. En outre, en période glaciaire, les poulains nés après le pic de natalité seront vraisemblablement plus nombreux à succomber aux rigueurs hivernales, n'ayant pas eu le temps nécessaire pour stocker suffisamment de graisse et de réserves nutritionnelles. Dans le contexte paléolithique et tardiglaciaire, le risque est donc quasi nul de tomber sur un individu né hors du pic des naissances.

4.2. Alimentation et abrasion

L'activité alimentaire occupe, selon les saisons, de la moitié aux deux tiers du temps des chevaux [3,12]. Les morphologies corporelles et dentaires évoquent pour les derniers chevaux sauvages, comme pour les chevaux de Camargue et les mustangs actuels, une adaptation orientée vers les milieux de plaines ouvertes. Dans ces milieux, les ressources alimentaires exploitées sont en majeure partie composées de graminées et de cypéracées (herbes, joncs et roseaux) [12,18,30]. Ce régime alimentaire, à base de végétation rugueuse et fibreuse, possédant beaucoup de cellulose [21], peut être plus ou moins abrasif, de sorte qu'une différence de vitesse d'abrasion entre les chevaux sauvages actuels et les chevaux tardiglaciaires est théoriquement possible. Toutefois, les chevaux tardiglaciaires semblent avoir fréquenté essentiellement les plaines à graminées et les zones humides à cypéracées [4,5], peu différentes des actuelles.

5. Estimation de l'âge de mortalité des poulains

Ci-dessous (Fig. 10) sont présentées les droites de régression correspondant à la modélisation de la vitesse d'usure des dents déciduales supérieures et inférieures des chevaux. À partir des données éthologiques [3,12, 18] et de références archéologiques spécialisées [25,28, 31], il est possible d'avancer que le pic des naissances paléolithiques en Europe se situait en mai, à l'instar du cas des chevaux actuels. Il nous semble prudent d'ajouter à ces droites un « intervalle de confiance » de plus ou moins un mois. Cet intervalle devrait permettre d'intégrer les variations individuelles dans les naissances au sein d'une population, ainsi que pallier l'imprécision inhérente à toute prise de mesure. Les modèles d'usure des Pd4 supérieures et inférieures ne seront pas développés, car leurs paramètres dépendent trop de l'usure [5]. En effet, les Pd4 ne commencent à s'abuser qu'à partir d'environ 10 à 12 mois, les supérieures étant auparavant protégées par l'usure préférentielle des deux premières déciduales et les inférieures par la branche montante de la mandibule (formant une gencive cou-dée), avant l'allongement de la branche horizontale lors de la mise en place des molaires définitives.

5.1. Modèle d'usure des dents jugales déciduales supérieures

La modélisation de l'usure dentaire des séries jugales déciduales montre la régularité de l'abrasion des Pd²

et Pd³ chez les poulains (Fig. 10a,b). Les coefficients de corrélation des droites de régression sont élevés et les tests de Student significatifs pour un seuil de 0,01 (Tableau 8). Il est néanmoins prudent de leur appliquer un « intervalle de confiance » de plus ou moins un mois, et de calculer, si possible, un âge moyen sur plusieurs séries jugales sûres. L'obtention des âges dentaires chez les poulains grâce à cette méthode doit s'accompagner d'une vérification ultime sur un matériel de comparaison adéquat. Dès lors, les résultats obtenus avec cette méthode peuvent apporter des informations fiables permettant d'aborder la saisonnalité de l'abattage des poulains, et en ce sens contribuer à l'estimation de la ou des saisonnalité(s) attachées aux occupations humaines archéologiques.

5.2. Modèle d'usure des dents jugales déciduales inférieures

Les modèles d'usure des séries jugales inférieures ont montré des résultats similaires aux précédents (Figs. 11a,b ; Tableau 8). Les mêmes recommandations d'utilisation doivent être également respectées afin d'accroître la sécurité de l'interprétation des résultats.

6. Conclusions

La morphométrie des paramètres occlusaux des dents jugales déciduales a mis en lumière l'existence de différences suivant leur rang (Pd2, Pd3, Pd4) dans les séries supérieures et inférieures chez *E. caballus arcelini* (sensu lato). Ces résultats constituent un complément pour la détermination précise de ces éléments, en s'ajoutant aux critères visuels de discrimination. La comparaison morphométrique des dents jugales déciduales et définitives contribue également à une distinction fiable entre ces éléments dentaires.

Grâce aux études morphométriques, nous avons pu montrer que seules les Pd2 et Pd3 (supérieures et inférieures) peuvent être utilisées pour modéliser l'usure en fonction de la hauteur de couronne. Les droites de régression calculées pour ces dents sont bien significatives. Ces modèles d'usures des dents jugales déciduales de poulain, développés dans le cadre d'études portant sur *E. caballus arcelini* (sensu lato), sont donc aptes à proposer des estimations d'âge d'abattage fiables et peuvent être employés à ce titre pour cerner la saisonnalité des occupations humaines.

De fait, il est possible que cette méthode puisse être également appliquée dans des contextes archéologiques

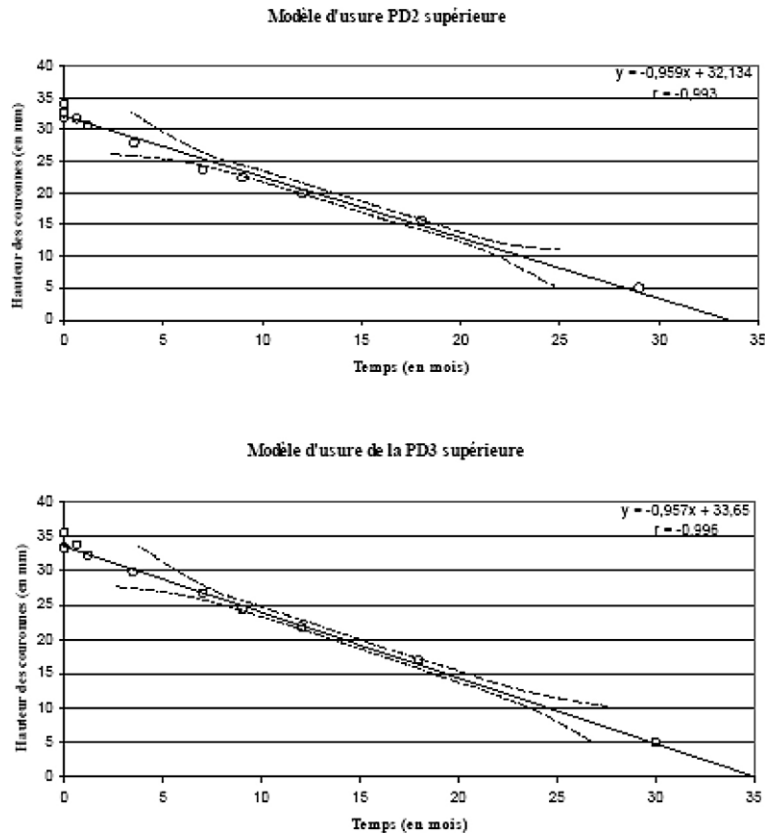


Fig. 10. Droites de régression modélisant l'usure régulière des dents jugales déciduales supérieures : (a) dP^2 ; (b) dP^3 . Les traits en pointillé représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Fig. 10. Linear regressions modelling the regular wear of the upper jugal milk teeth: (a) dP^2 ; (b) dP^3 . The dotted lines represent the standard error (95%).

divers, dans la mesure où : (1) la taille au garrot des chevaux n'exécède pas 1,50 m environ ; (2) les données paléoenvironnementales et/ou les caractères dentaires tendent à confirmer une alimentation basée essentiellement sur les graminées. En revanche, aucune indication

ne peut garantir la pertinence des résultats obtenus sur des chevaux de grande taille (comme ceux du Paléolithique inférieur ou moyen), car V. Eisenmann a montré la corrélation entre les proportions corporelles et celles des séries dentaires [15].

Tableau 8

Données statistiques des droites de régression des Pd2–Pd3 supérieures et inférieures : équation des droites de régression, coefficient de corrélation (r), degrés de liberté (ddl), niveau de signification (p)

Table 8

Linear regressions' statistical data of the upper and lower Pd2–Pd3: linear regression equations, correlation coefficient (r), degree of freedom (df), significance level (p)

Dents déciduales	Droite de régression	Coefficient de corrélation	Degré de liberté (ddl)	Niveau de signification ($p >$)
Pd^2	$y = -0,959 x + 32,134$	$r = -0,993$	10	(0,01) = 0,7079
Pd^3	$y = -0,957 x + 33,65$	$r = -0,996$	10	(0,01) = 0,7079
Pd_2	$y = -0,8194 x + 28,773$	$r = -0,993$	8	(0,01) = 0,7646
Pd_3	$y = -0,9364 x + 32,205$	$r = -0,991$	10	(0,01) = 0,7079

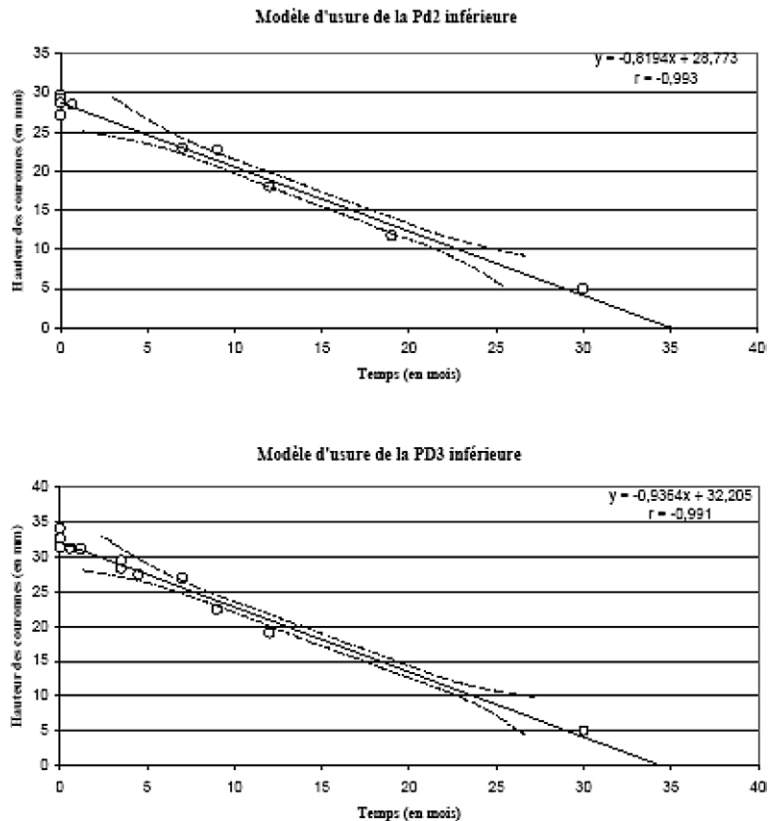


Fig. 11. Droites de régression modélisant l'usure régulière des dents jugales déciduales inférieures : (a) dP_2 ; (b) dP_3 . Les traits en pointillé représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Fig. 11. Linear regressions modelling the regular wear of the lower jugal milk teeth: (a) dP_2 ; (b) dP_3 . The dotted lines represent the standard error (95%).

Remerciements

Merci à W. Müller et D. Leesch pour m'avoir autorisé à publier les données morphométriques de Champréveyres et de Monruz. Je remercie vivement V. Eisenmann et M. Levine pour toute l'aide apportée à amélioration du manuscrit et A. Lau pour le soin apporté aux illustrations. Ces travaux ont bénéficié de l'aide financière de la Fondation des Treilles.

Références

- [1] J. Affolter, M.I. Cattin, D. Leesch, P. Morel, N. Plumettaz, N. Thew, G. Wendling, Monruz, une nouvelle station magdalénienne sur les rives du lac de Neuchâtel, *Archeol. suisse* 17 (3) (1994) 94–104.
- [2] C. Bemilli, La grande faune. Analyse préliminaire des séries des secteurs I, III, V et VI, in: L. Lang (Ed.), *Marolles-sur-Seine : Le Tureau des Gardes, Vestiges d'implantations du Paléolithique supérieur*, Document final de synthèse de diagnostic, Service régional de l'archéologie d'Île-de-France, AFAN, Saint-Denis, 1998, pp. 56–77.
- [3] J. Berger, *Wild horses of the Great Basin, Social competition and population size*, University of Chicago Press, Chicago, IL, États-Unis, 1986.
- [4] O. Bignon, Habitat préférentiel et connectivité des chevaux tardiglaciaires d'Europe occidentale *Equus caballus arcelini*, *Guedelli, Archeofauna* 14 (1991) 267–284.
- [5] O. Bignon, Diversité et exploitation des équidés au Tardiglaciaire en Europe occidentale – Implications pour les stratégies de subsistance et les modes de vie au Magdalénien et à l'Azilien ancien du Bassin parisien, thèse, université Paris-10, Nanterre, 2003.
- [6] O. Bignon, De l'exploitation des chevaux aux stratégies de subsistance des magdaléniens du Bassin parisien, *Gallia Prehist.* 48 (à paraître).
- [7] O. Bignon, V. Eisenmann, Western European Late Glacial horses diversity and its ecological implications, in: M. Mashkour, R. Meadows (Eds.), *Equids in the Ancient World*, vol. 3, Oxbow Books series, New York, 2006, pp. 161–171.
- [8] O. Bignon, M. Baylac, J.-D. Vigne, V. Eisenmann, Geometric morphometrics and the population diversity of Late Glacial horses in western Europe (*Equus caballus arcelini*): phylogeogra-

- phic and anthropological implications, *J. Archaeol. Sci.* 32 (2005) 375–391.
- [9] L. Boyd, K.A. Houpt, Przewalski's horse. The history and biology of an endangered species, University of New York Press, New York, 1994.
- [10] E. Châtelain, Dents, diagnose de l'âge des animaux domestiques, Laboratoire d'anatomie de l'École nationale vétérinaire, Lille, 1992.
- [11] J. Clutton-Brock, Horse power. A history of the horse and the donkey in human societies, Natural History Museum Publications, Londres, 1992.
- [12] P. Duncan, Horses and grasses, The nutritional ecology of equids and their impact on the Camargue, Springer-Verlag, New York, 1992.
- [13] V. Eisenmann, Les chevaux (*Equus sensu lato*) fossiles et actuels : crânes et dents jugales supérieures, CNRS Éditions, Paris, 1980.
- [14] V. Eisenmann, Étude des dents jugales inférieures des *Equus* (*Mammalia, Perissodactyla*) actuels et fossiles, *Palaeovertebrata* 10 (3–4) (1981) 127–226.
- [15] V. Eisenmann, Proportions squelettiques de chevaux quaternaires et actuels, *Geobios M.S.* 13 (1991) 25–32.
- [16] P. Fernandes, S. Legendre, Mortality curves for horses from the Middle Palaeolithic site of Bau de l'Aubener (Vaucluse, France) : methodological, palaeo-ethnological, and palaeo-ecological approaches, *J. Archaeol. Sci.* 30 (12) (2003) 1577–1598.
- [17] M.C. Garcia, J. Freedman, O.J. Ginther, Interaction of seasonal and ovarian factors in the regulation of LH and FSH secretion in the mare, *J. Reprod. Fertil.* 27 (supplement) (1979) 103–111.
- [18] C.P. Groves, Horses, asses and zebras in the wild, David & Charles, Devon, États-Unis, 1974.
- [19] J.-L. Guadelli, Les chevaux de Solutré (Saône-et-Loire, France), in: J.-P. Raynal, D. Miallier (Eds.), Datation et caractérisation des milieux pléistocènes, Actes des Symposiums 11 et 17 de la 11^e RST, Clermont-Ferrand, 1986, Cah. Quaternaire, CNRS Éditions, Paris 16, 1991, pp. 261–336.
- [20] K.H. Habermehl, Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren, Paul Parey Verlag, Berlin, 1975.
- [21] C.M. Janis, The evolutionary strategy of the Equidae and the origins of rumen and cecal digestion, *Evolution* 30 (1976) 757–774.
- [22] D. Leesch, Hauterive-Champréveyres, 10, Un campement magdalénien au bord du lac de Neuchâtel : cadre chronologique et culturel, mobilier et structures (secteur 1), Musée cantonal d'archéologie, Neuchâtel, Suisse (Archéologie neuchâteloise, 19), 1997.
- [23] M.A. Levine, Archaeo-zoological analysis of some Upper Pleistocene horse bone assemblages in western Europe, PhD thesis, University of Cambridge, 1979.
- [24] M.A. Levine, The use of crown-height measurement and eruption-wear sequences to age horse teeth, in Ageing and sexing animal bones from archaeological sites, *Br. Archaeol. Rep. Int. Ser.* 109 (1982) 223–250.
- [25] M.A. Levine, Mortality models and the interpretation of population horse structure, in: G.N. Bailey (Ed.), Hunter-gatherers economy in Prehistory, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 23–46.
- [26] M.A. Levine, The origins of horse husbandry on the eurasian steppe, in: M. Levine, Y. Rassamakin, A. Kislenco, N. Tatarintseva (Eds.), Late Prehistoric exploitation of the Eurasian Steppe, McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge, Royaume-Uni, 2003, pp. 5–58.
- [27] L. Montané, E. Bourdelle, C. Bressou, Anatomie régionale des animaux domestiques : équidés (cheval, âne, mulet), Fascicule II, Tête et encolure, Baillière Éditions, Paris, 1949.
- [28] P. Morel, W. Muller, Hauterive-Champréveyres, 11, Un campement magdalénien au bord du lac de Neuchâtel : étude archéozoologique (secteur 1), Neuchâtel, Musée cantonal d'archéologie (Archéologie neuchâteloise, 23), 1997.
- [29] M. Petit, Anatomie des molaires des équidés : cheval et âne, thèse, université de Toulouse, 1939.
- [30] G.G. Simpson, Horses, Oxford University Press, New York, 1951.
- [31] E. Turner, Solutré. An archaeological analysis of the Magdalenian horizon, Verlag des römisch-germanischen Zentralmuseums, Allemagne, Bonn, 2002.