HAL
open science

Sexer les métapodes de bovins : proposition de méthodologie appliquée aux métacarpes. Exemple des sites archéologiques médiévaux d'Andone (Charente, X-XIe siècles) et de Montsoreau (Maine-et-Loire, XIe siècle)

Claude Guintard, Aurélia Borvon

To cite this version:

Claude Guintard, Aurélia Borvon. Sexer les métapodes de bovins : proposition de méthodologie appliquée aux métacarpes. Exemple des sites archéologiques médiévaux d'Andone (Charente, X-XIe siècles) et de Montsoreau (Maine-et-Loire, XIe siècle). Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France. Nouvelle série, 2009, 31, pp.123-137. hal-02336960

HAL Id: hal-02336960

https://hal.parisnanterre.fr/hal-02336960

Submitted on 29 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sexer les métapodes de bovins : proposition de méthodologie appliquée aux métacarpes. Exemple des sites archéologiques médiévaux d'Andone (Charente, X-XIe siècles) et de Montsoreau (Maine-et-Loire, XIe siècle).

Claude GUINTARD[1] et Aurélia BORVON[1,2]

RÉSUMÉ : De nombreux auteurs en archéozoologie sexent les métapodes, fréquemment retrouvés dans un bon état de conservation sur les sites archéologiques, par la méthode dite des indices de gracilité. Il n'est cependant pas toujours précisé à quoi il est fait référence, et parfois même la méthode utilisée n'est pas indiquée. Nous proposons une méthode de sexage à partir des données ostéométriques, simple et facilement utilisable, tout en exposant ses limites méthodologiques. Deux sites médiévaux, pour lesquels des séries de métacarpes ont été retrouvés, servent de modèle d'application.

MOTS-CLÉS : archéozoologie, bovin, métacarpe, métapode, ostéométrie, sexage.

ABSTRACT : **Sexing cattle metapodials : proposition of methology applied to metacarpals. Examples of the medieval archaeological sites of Andone (Charente, 10th-11th centuries) and Montsoreau (Maine-et-Loire, 11th century).** Many authors in archaeozoology sex metapodials, frequently found in a good state of conservation on archaeological sites, using the gracility index method. It is however not always made clear what is referred to and sometimes even the method is not specified. This article proposes a sex identification methodology from osteometric data which is simple and easily to use, with an account of methodological limits. Two medieval sites, on which metacarpals were found, are used as application models.

KEY WORDS : archaeozoology, cattle, metacarpal, metapodial, osteometry, sex identification.

INTRODUCTION :

En archéozoologie, de nombreux auteurs mentionnent dans leurs publications, le fait que les métapodes de bovins ont été sexés par la méthode dite des indices de gracilité, sans préciser à quoi ils font référence ; parfois même, ils n'indiquent pas la méthode utilisée pour sexer les ossements retrouvés. Dans le cadre des études archéozoologiques, la connaissance des pratiques d'élevage passe, entre autres, par le sexage des individus. Un abattage d'animaux de réforme âgés, avec une sex-ratio équilibrée, peut traduire un mode d'élevage utilisant les bovins à plusieurs fins : travail, viande, lait. Le sexage des métapodes présente également l'intérêt de permettre d'estimer la hauteur au garrot des individus, sur la base de leur grande longueur et d'indices dont la valeur varie selon le sexe (Matolcsi, 1970).

Deux grandes méthodes permettent d'avoir accès au sexe des animaux à partir des os retrouvés sur un chantier de fouille. Une première méthode, dite qualitative, repose sur des critères morphologiques de type présence / absence, pour des reliefs osseux ou des formes particulières qui signent un dimorphisme sexuel (forme du bassin, des chevilles osseuses, etc... cf. Chaix & Méniel, 2001, p. 77 et suivantes par exemple). Malheureusement, les os portant ces critères sont souvent retrouvés fragmentés et le nombre de critères réellement dimorphiques est très faible. Une seconde méthode, quantitative, repose sur l'analyse statistique de caractères ostéométriques. Elle nécessite, pour être validée, d'avoir été réalisée sur des séries représentatives d'ossements. Un os isolé, sorti de son contexte (s'il n'est pas rattaché à une époque ou à une aire géographique), ne permet pas, à partir uniquement de ses mesures, de révéler le sexe de l'animal. Il est même possible, en mélangeant des os provenant de populations différentes de trouver trois os ayant les mêmes dimensions pour l'ensemble des mesures réalisées, mais l'un est un mâle, l'autre une femelle et le dernier un bœuf (Fig. 1). Contrairement à la première

[1]. Unité d'anatomie comparée, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, BP 40706, 44307 NANTES cedex 03, France.
[2]. Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, UMR 7041 Equipe Archéologie Environnementale, 21 allée de l'Université, 92000 NANTERRE, France.

méthode qui est discontinue, dans cette seconde méthode, une des difficultés repose sur le fait qu'il existe une continuité biologique entre les mesures des mâles et des femelles au sein d'une population. Il est donc totalement illusoire, d'essayer de sexer en recherchant des plans de clivages au sein des nuages de points[3] (Fig. 2).

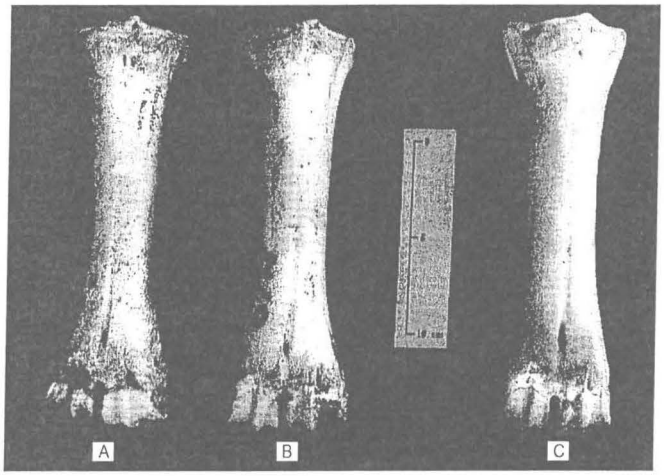


Fig. 1 – trois métacarpes gauches de bovins de format identique (**A** : Bœuf d'Andone (Moyen âge), **B** : Mâle de l'île Amsterdam, **C** : Femelle race Salers) (d'après Guintard, 1998b).

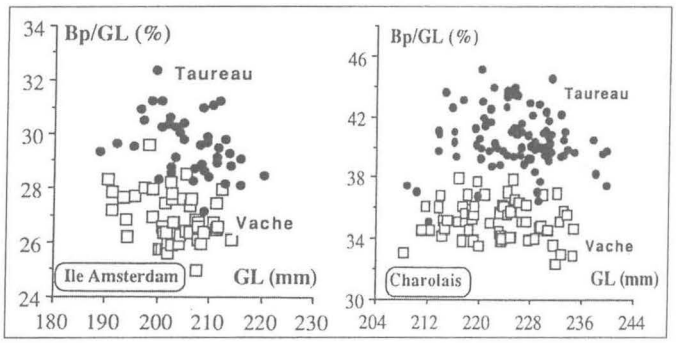


Fig. 2 – continuité biologique entre les mâles et les femelles dans deux populations bovines actuelles (d'après Guintard, 1998b)

Les os permettant de sexer de la sorte sont avant tout les os longs des membres. Le choix des os susceptibles d'être retenus dépend de plusieurs paramètres :

- l'os doit être assez solide afin d'être retrouvé entier ou peu fragmenté sur les chantiers de fouilles (de ce fait, les os du zeugopode ou du stylopode sont moins intéressants que ceux de l'autopode) ;

- l'os doit être assez grand afin que l'imprécision de la mesure ne soit pas de l'ordre de grandeur du résultat de la mesure (les phalanges sont en ce sens moins pertinentes que les métapodes) ;

- l'os doit intégrer le dimorphisme sexuel, qui chez les bovins est avant tout lié à une différence de corpulence des mâles, plus lourds, par rapport aux femelles. Un os de l'extrémité distale du membre enregistre mieux cette différence qu'un os situé plus proximalement. Le métapode, ou os canon, est de ce point de vue très intéressant, puisqu'à l'exception du poids des phalanges, il supporte l'intégralité du poids de l'animal chez un bovin. Qui plus est, il n'y

[3]. Rechercher des plans de clivage n'a aucun sens biologique, puisse les espaces entre individus sont avant tout liés à l'échantillon. Plus l'échantillon est faible, plus les plans de clivages sont nombreux, au contraire, plus l'échantillon est fourni, moins ils apparaissent. Les seuls éléments qui restent corrects au sein d'un graphique, sont des polarités, et non des plans de clivage.

a qu'un os par membre à ce niveau, dans la mesure où les métapodes III et IV se soudent chez cette espèce ;

- parmi les métapodes, les métacarpes sont encore plus à même d'enregistrer le dimorphisme sexuel, puisque le centre de gravité d'un bovin est décalé vers l'avant. Environ 55 % du poids du corps repose sur les membres thoraciques, contre 45 % sur les membres pelviens. Les métatarses restent également, toutefois, d'excellents os pour réaliser le sexage.

- enfin, le choix du métapode pour sexer une population osseuse permet de pouvoir comparer les résultats obtenus aux publications qui reposent sur cet os, même si de trop nombreuses publications ne fournissent pas les données brutes, excluant ainsi la possibilité de vérifier le sexage des individus.

Nous présenterons d'abord les limites à l'utilisation des ces méthodes ostéométriques de sexage, afin que les futurs utilisateurs puissent les aborder en toute connaissance de cause. Ensuite, nous présenterons les bases théoriques de la méthode pour terminer par une illustration pratique à partir de deux cas tirés de corpus archéologiques. L'ensemble des précautions et la méthode qui seront présentées ici, pour les métacarpes de bovins, est extrapolable aux métatarses ; seules les valeurs chiffrées seraient différentes. Dans un but de concision de l'article, et en fonction de ce qui précède, nous n'avons traité que du métacarpe. Le but de cet article n'étant pas de proposer des interprétations aux résultats trouvés, nous ne commenterons pas les structures des échantillons analysés, suite au sexage.

I - LIMITES DU SEXAGE PAR LES MÉTHODES OSTÉOMÉTRIQUES

Différents pré-requis doivent être exposés avant de détailler la méthode de sexage. En effet, certaines précautions d'utilisation doivent être mentionnées avant d'exposer la méthode proprement dite. Un postulat est posé dès le début, à savoir que les populations étudiées sont homogènes, c'est-à-dire qu'elles ne correspondent pas à des mélanges de populations[4] comme cela peut être le cas pour des sites qui sont des lieux d'échanges, ou qui appartiennent à des époques charnières dans les changements de taille des bovins.

• Les conditions « idéales » pour le sexage, à partir d'une méthode statistique :

* série de plus de 30 métacarpes entiers épiphysés, correspondant statistiquement à la loi dite des grands nombres (loi Normale).

Cette condition est très rarement atteinte sur les sites archéologiques (plutôt exceptionnel, cas de dépôts particuliers ou d'études diachroniques ou encore incluant plusieurs sites, mais pour ces deux derniers cas, le risque de mélanger des populations morphologiquement différentes est fort).

* série de plus de 13 métacarpes entiers épiphysés (utilisation du Khi2 possible)

Ce cas n'est pas non plus très fréquent. Il est atteint dans l'exemple d'Andone développé ci-dessous, mais ce site comportait un corpus extrêmement élevé rarement rencontré (plus de 50 000 restes dont plus de 20 000 identifiés ; 16 métacarpes entiers) [Guintard, 2005 ; Rodet-Belarbi, sous presse].

• L'état du matériel osseux

Généralement sur les sites archéologiques, les ossements entiers ne sont pas très fréquents, y compris pour les métapodes qui comptent pourtant parmi les os plus résistants du squelette. Ils sont peu porteurs en viande et présentent pourtant sur le plan culinaire un intérêt certain (pieds de bovins) mais sont en général peu fragmentés par les modes de préparation et de cuisson. Ils sont, en revanche, fréquemment utilisés pour l'artisanat de l'os et sont quasi systématiquement retrouvés sciés ou fragmentés dans ce cas.

Différents cas de figures se présentent alors (Guintard, 1996, 1998 a et 1998 b) :

* les os sont entiers : on aura accès aux 9 mesures conventionnelles (Von den Driesch, 1976 et Guintard, 1998a) et l'on pourra mesurer la grande longueur GL (Fig. 3) ;

---

[4]. Rechercher des mélanges de populations peut en revanche constituer un questionnement pour un archéozoologue, la méthode d'analyse de la variabilité présentée ci-dessous peut constituer un outil intéressant.

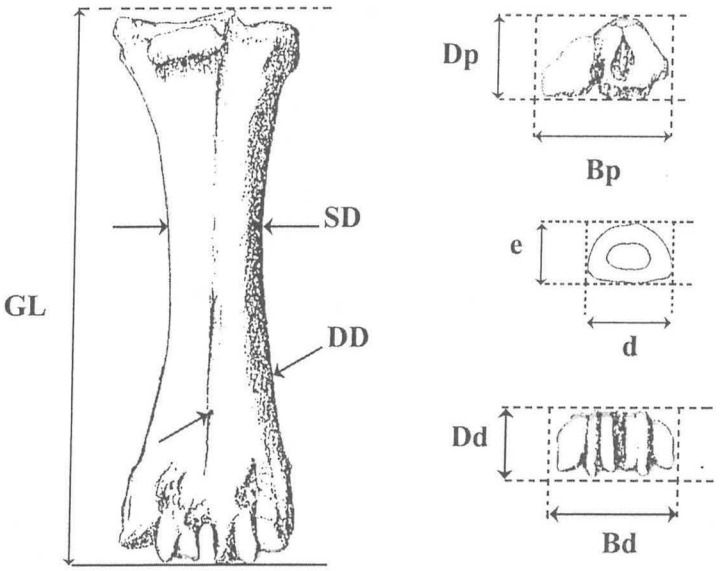


Fig. 3 – mesures simples à réaliser sur un métacarpe de bovin, permettant ensuite le sexage (d'après Von den Driesch, 1976 et Guintard, 1998a).

➪ le calcul d'indices de gracilité (ex. : d/GL, Bp/GL) est alors possible.

* les os sont cassés mais la grande longueur (GL) peut être mesurée. Il manquera cependant certaines mesures (par exemple si l'extrémité distale est endommagée, il manquera Bd...) ;

➪ Certains indices de gracilité peuvent être calculés (ex. : d/GL).

* seuls des fragments de métacarpes sont présents. La GL n'est pas mesurable, les indices de gracilité ne pourront être calculés. Cependant certaines mesures sont dimorphiques et permettent néanmoins de sexer les ossements. Il s'agit des cas suivants :

➛ l'extrémité proximale est présente : mesures de Bp et Dp ;

➛ seule la diaphyse est représentée : SD et DD mesurables (respectivement la largeur minimale de la diaphyse et son épaisseur minimale) ;

➛ l'extrémité distale : Bd, Dd mesurables.

• Les paramètres de sexage

Plusieurs paramètres sont utilisables pour le sexage et différents indices ont été utilisés dans la littérature à partir des années 1950 (Boessneck, 1956 ; Zalkin, 1960 ; Fock, 1966, Matolcsi, 1970 ; etc. ; synthèse dans Guintard 1998a, p.765, tabl. II).

* ***séparation des mâles et des femelles*** :

➛ la taille générale (paramètres de largeur, d'épaisseur, ou toute combinaison qui s'apparente à un volume) des mâles est supérieure à celle des femelles. On entendra ici le mot taille selon sa définition morphométrique (traduisant le mot anglais *size*)[5], il s'agit de paramètres assimilables à une corpulence, un volume ou une massivité de l'os :

○ facteur I d'une ACP (Analyse en Composantes Principales) sur les mesures,

○ mesures de largeur (Bp, d, SD, Bd),

○ mesures d'épaisseur (Dp, e, DD, Dd).

➛ la forme générale (*shape* en anglais) : les indices de gracilité des mâles sont supérieurs à ceux des femelles : d/GL, SD/GL, e/GL, DD/GL, Bp/GL, Bd/GL, Dp/GL, Dd/GL.

➛ la grande longueur de l'os (GL) n'est pas un paramètre dimorphique : elle ne permet pas de séparer les mâles des femelles (idem pour le facteur II de l'ACP).

* ***le cas particuliers des mâles castrés (bœufs)*** :

Les études précédemment mentionnées montrent que :

---

[5]. Il est souvent plus naturel en français de considérer que la taille est assimilable à la hauteur de l'individu, dans ce cas, ce sont les paramètres d'allongement de l'os qui répondent à cette définition. Nous ne retiendrons pas cette acception du mot taille dans l'article.

➛ la taille générale de l'os est voisine de celle des mâles (et donc supérieure à celle des femelles) ;

➛ la grande longueur GL de l'os est plus grande (en moyenne) que celle des mâles et des femelles (environ 6 à 15% de plus).

Une remarque cependant : ces faits sont valables si la castration est réalisée assez précocement, car cette castration induit un retard d'épiphysation des extrémités distales des métapodes (environ 2-2,5 ans). Réalisée passé cet âge, elle ne serra d'aucun effet sur la croissance des ossements qui seront donc « identiques » à ceux des mâles et donc indiscernables au sein des corpus.

• Vérifier que la variabilité des mesures observées est compatible avec la présence dans la population, de mâles et de femelles (voire d'animaux castrés) :

Les cas développés dans le paragraphe suivant sont des cas que l'on pourrait qualifier de « parfaits » pour lesquels la variabilité correspond à celle d'échantillons de métacarpes de bovins très vastes, reflet de la variabilité de races actuelles à grands effectifs (ex : la race charolaise [n=359] (Guintard, 1996), ou les bovins de l'île Amsterdam [n=89] (Guintard, 1991), échantillons pour lesquels le sexe des animaux était connu de façon sûre, avant abattage. Les exemples archéologiques offrent une représentativité de la population de départ bien moindre (n plus restreint), pour des morphotypes bovins qui correspondraient à des entités locorégionales et donc offrant un effectif beaucoup plus faible.

La variabilité d'un échantillon est appréciée en statistique par le coefficient de variation (CV), la variance (V) ou par l'écart-type (σ). Il existe une relation entre V et σ ($V = \sigma^2$) et ces différents paramètres dépendent de la moyenne. Il n'est donc pas envisageable d'avoir recours à ces coefficients pour des effectifs trop faibles. Il est possible en revanche d'apprécier la variabilité maximale de l'échantillon (dès n = 2, soit 2 os retrouvés et mesurables) à partir de :

La variabilité maximale : $V_{max}\ (\%) = \left(\frac{max - min}{min}\right)$

Ce paramètre est très influencé, toutefois, par les individus « marginaux ». Il est impératif de travailler sur des corpus « homogènes », c'est-à-dire provenant d'ensembles archéologiques cohérents, sans ossements provenant d'autres périodes par exemple (soit ne pas mélanger le début du Moyen Âge avec la fin du Moyen Âge, ni le Romain avec l'Âge du Fer...).

S'il y a un mélange de mâles et de femelles (et éventuellement de bœufs), la variabilité des mesures réalisées est plus forte que si l'on n'a qu'un sexe représenté. Cette vérification préalable de la présence potentielle des sexes est fondamentale, car sinon, l'indice utilisé risque de séparer des gros et des petits mâles s'il n'y a que des mâles, ou inversement des grosses et des petites femelles, et non de séparer les mâles des femelles. En considérant, par ailleurs, un mélange de populations bovines, il est possible de trouver des animaux mâles d'une race qui ont les mêmes mesures que les individus femelles d'une autre race (Guintard, 1994). Dans ce cas, la variabilité globale sera très augmentée, puisqu'elle correspond pratiquement à la superposition de trois continum : les petites femelles de la première race, le mélange des mâles de la première race et des femelles de la seconde, et les gros mâles de la seconde.

À l'inverse, si l'échantillon est trop petit, la variabilité sera tellement faible qu'il est impossible de sexer, sauf à imaginer de travailler par comparaison avec des populations connues et supposées proches morphologiquement (méthode dite par inférence). En archéozoologie, le cas de petits échantillons est assez fréquent (ex. : site d'Aigueperse - Les Cérais (63) - datation 700-1100 [Forest & Rodet-Belarbi, 2000] où la variabilité maximale des quatre métacarpes n'excède pas 1,15 % pour SD/GL).

La relation entre la variabilité maximale observée au sein du corpus et ces différents cas de figures correspond à trois situations (Fig. 4 et 5) :

* S'il n'y a qu'un seul sexe représenté (ou si la variabilité de l'échantillon est très faible)

➛ Vmax des paramètres de taille générale et de forme générale, inférieur à 20 % ;

➛ Vmax GL est voisin de 10 %.

* Si les deux sexes sont représentés (et donc la variabilité de l'échantillon est assez importante pour sexer)

➛ Vmax des paramètres de taille générale ou de forme générale supérieur à 30%. Il faut toutefois vérifier que Vmax n'excède pas 60 %, ce qui signerait un mélange de morphotypes et rendrait le sexage par la méthode proposée inopérant.

➛ Vmax GL est voisin de 15 à 20 %.

* Si les deux sexes sont représentés et qu'il y a des castrés (variabilité maximale rencontrée pour une population homogène, ce qui est plus rare en archéozoologie car les corpus sont souvent trop petits)

➛ Vmax pour la taille et la forme se situe entre 30 % et 60 % ;

➛ Vmax GL entre 20 et 30 %.

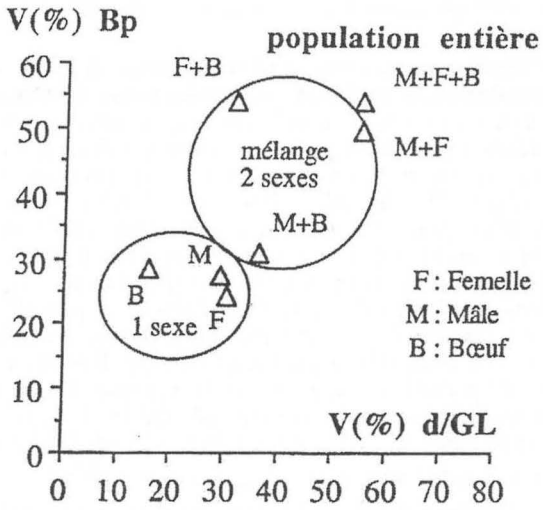


Fig. 4 – Variabilité maximale des paramètres Bp et d/GL des métacarpes de bovins de race charolaise en fonction des sexes présents dans l'échantillon (93 mâles, 61 femelles et 20 bœufs) [Guintard, 1996 et 1998a].

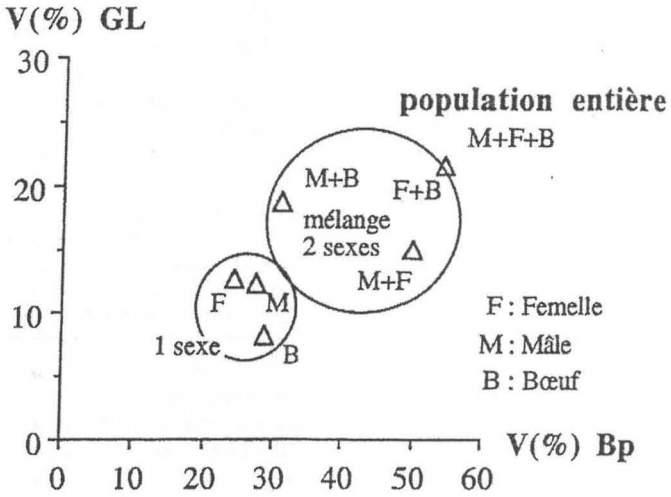


Fig. 5 – Variabilité maximale des paramètres GL et Bp des métacarpes de bovins de race charolaise en fonction des sexes présents dans l'échantillon (93 mâles, 61 femelles et 20 bœufs) [Guintard, 1996 et 1998a].

La méthode proposée ci-dessous ne sera donc utilisée que si la variabilité de l'échantillon est compatible avec la présence de mâles et de femelles. Si la variabilité est trop faible, on ne pourra utiliser que la méthode par inférence, en comparant les valeurs des mesures réalisées (pour les paramètres dimorphiques précédemment exposés), par rapport à celles de populations de référence choisies (même période et site géographiquement pas trop éloignés...). Nous proposerons donc, à la fin de l'article quelques valeurs de référence, afin que l'archéozoologue qui recueille un ou deux os, puisse proposer des hypothèses de sexage, même avec de très petits échantillons, ce qui n'est pas forcément une nécessité dans un cas aussi « extrême ».

II - MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE À L'EXEMPLE DES MÉTACARPES

1) méthode de sexage

➛ ***bases théoriques***

Si les pré-requis précédents sont réalisés, on sait que la variabilité est compatible avec la présence de mâles et de femelles. Les études préalables (Boessneck, 1956, Zalkin 1960, Fock, 1966, Matolcsi, 1970, Guintard, 1998a et b, Forest et Rodet-Belarbi, 2000) démontrent qu'une population bovine s'organise de la façon suivante :

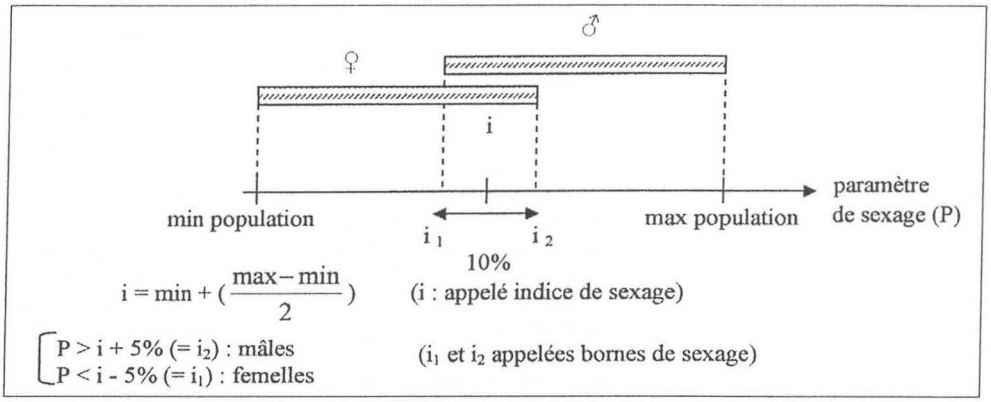


Fig. 6 – Distribution des mâles et des femelles dans une population théorique.

Si $i < P < i_2$, l'individu a plus de probabilité d'être un mâle qu'une femelle, mais l'indice de confiance accordé à ce résultat est faible.

Si $i_1 < P < i$, l'individu a plus de probabilité d'être une femelle qu'un mâle, mais l'indice de confiance accordé à ce résultat est faible.

➛ ***mise en application pratique***

1°) éliminer les animaux jeunes (os non épiphysés). Cette précaution permet d'éviter de compliquer l'étude en incluant des phénomènes d'allométrie de croissance. Les jeunes mâles ont des mesures qui recoupent celles des femelles, ce qui rend toute interprétation (simple) impossible.

2°) si l'échantillon est assez grand, ne mesurer que les os entiers (dans les exemples développés, seuls les os entiers seront abordés, mais cela n'empêche pas de mesurer le reste).

3°) choisir un paramètre de sexage. Si GL a été mesuré, d/GL ou SD/GL sont des bons paramètres. Ces deux indices de gracilité ont des valeurs absolues très voisines chez les bovins (différence de moyenne inférieure à 2 %) et sont excessivement corrélés (coefficient de corrélation de 0,99) [Guintard, 1996].

4°) vérifier que la variabilité de ce paramètre est compatible avec la présence de mâles et de femelles, en calculant : Vmax de d/GL = (max d/GL - min d/GL) / min d/GL.

5°) calculer l'indice de sexage i pour d/GL et les bornes de sexage correspondantes.

6°) positionner chaque individu de l'échantillon par rapport aux bornes de sexage et en donner le sexe. Les animaux compris entre les deux bornes ne peuvent pas être sexés de façon sûre. Cette continuité morphologique entre mâle et femelles se retrouve dans toutes les populations bovines actuelles étudiées (Fig. 4).

2) application pratique :

Les métacarpes provenant de deux sites archéologiques médiévaux sont présentés ici à titre d'exemple. Il s'agit du site d'Andone (Charente) daté des X-XIe siècles (Grenouilloux, 1989 ; Guintard, 2005 ; Rodet-Belarbi, sous presse), et du site de Montsoreau (Maine-et-Loire) daté du XIe siècle (Borvon, 2004 ; Borvon, 2006 ; étude toujours en cours).

Andone (X-XIe siècles, Charente)

Si l'on applique la méthode précédente point par point pour Andone, voici les résultats obtenus :

1) et 2) Seize métacarpes épiphysés et entiers ont été retenus pour l'étude (mesures en annexe 1).

Étant donné que les métacarpes sont entiers, le paramètre de sexage retenu est d/GL.

Vmax de d/GL = 33,3 % ce qui est compatible avec la présence de mâles et de femelles (Fig. 7). Vmax de GL = 11,4 %, ce qui traduit une variabilité peu importante en terme de grande longueur des os. Il est fort possible qu'il manque de grands et de petits individus dans notre échantillon pour représenter l'ensemble de la variabilité possible du cheptel.

L'indice de sexage vaut i = 0,168 et les bornes de sexage valent respectivement i_1 = 0,160 et i_2 = 0,176.

Le sexe de chaque individu est porté dans le tableau en annexe 1, un indice de confiance est accordé au résultat, selon que le résultat est en dehors des bornes de sexage (indice de confiance fort, noté **) ou au contraire entre les deux bornes (indice de confiance plus faible, noté *). Pour l'individu n° 7, dont l'indice de sexage se situe dans la zone de mélange, avec une valeur de 0,169 (soit très proche de i), l'indice de confiance accordé au résultat mâle est faible (*). Cet individu est particulièrement grand par rapport aux autres individus de la population (GL = 192,3 mm, soit environ 9 % de plus que la longueur moyenne des autres mâles qui est de 176,4 mm) et pourrait correspondre à un individu castré. Cette hypothèse a également été émise par Grenouilloux en 1989 pour cet individu retrouvé en connexion dans une fosse. Si l'on examine son sexage à partir des paramètres de taille (d et Bp), cet individu ressort parmi les mâles, avec un fort indice de confiance. Cela signe donc que cet individu a une taille de mâle, avec une gracilité qui se rapproche de celle des femelles et une grande longueur qui dépasse les deux sexes. Seul un examen croisé de plusieurs paramètres peut donc permettre de faire ressortir les animaux castrés.

Au total, le sexage ainsi réalisé propose la présence de 8 mâles (dont 6 sûrs [Fig. 8]), 7 femelles (dont 5 sûres [Fig. 9]) et un mâle castré possible. Afin de tester la solidité de la méthode, nous avons réalisé le sexage à partir d'autres paramètres, notamment d, Bp et Bp/GL (annexe 1). Seul un individu (n° 5) pose réellement problème, dans la mesure où sur la base de l'indice de gracilité d/GL il correspond à une femelle de façon « sûre », ce qui est également le cas avec d (donc sur la base des paramètres de la diaphyse), alors qu'il correspond à une femelle proche de la limite entre les deux sexes avec Bp/GL et ressort même comme un mâle incertain avec Bp. Cela signe une épiphyse proximale relativement large, qui peut être en relation avec une masse corporelle importante, donc pourrait correspondre à une grosse femelle. Un autre individu incertain (n° 3) oscille entre les mâles et les femelles, ce qui confirme que, pour une morphologie proche de la zone de recouvrement entre les sexes, il est très délicat de sexer. Hormis ces deux cas, tous les autres individus restent dans leur classe de sexe, quel que soit le paramètre considéré. Seul l'indice de confiance que l'on peut accorder au résultat varie. Il est donc pertinent, si les données du corpus y autorisent, d'utiliser différents paramètres de sexage, afin de confronter les résultats.

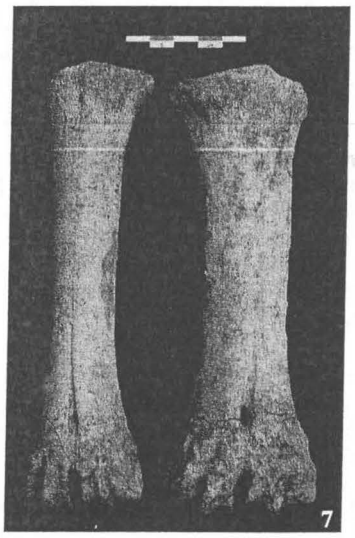
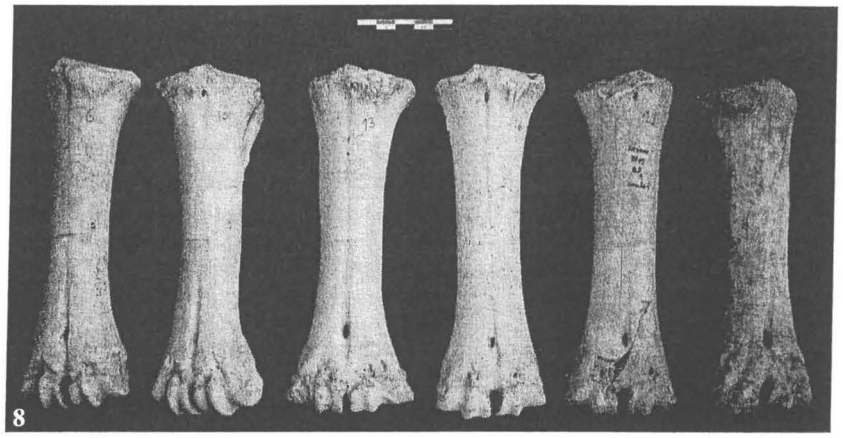


Fig. 7 – Variabilité maximale observée sur l'indice de sexage (d/GL) des métacarpes d'Andone, compatible avec la présence de mâle (à droite) et de femelle (à gauche).

Fig. 8 – Métacarpes d'Andone attribués à des mâles, classés par indice de gracilité (d/GL) croissant.



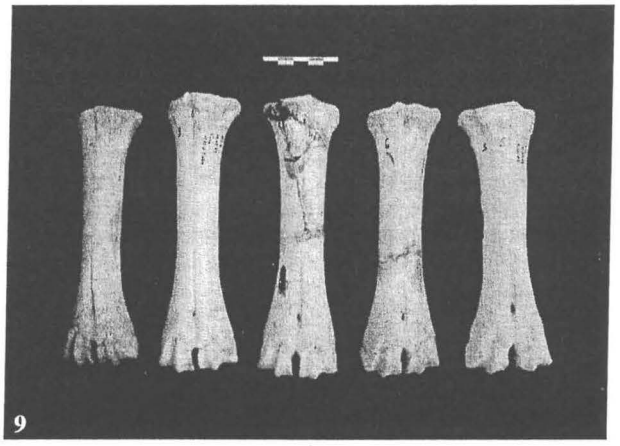


Fig. 9 – Métacarpes d'Andone attribués à des femelles, classés par indice de gracilité (d/GL) croissant.

Fig. 10 – Variabilité maximale observée sur l'indice de gracilité (d/GL) des métacarpes de Montsoreau, compatible avec la présence de mâle (à droite) et de femelle (à gauche).

Montsoreau (XIe siècle, Maine et Loire)

Appliquée point par point au site de Montsoreau, la méthode de sexage donne les résultats suivants :

Quatre métacarpes épiphysés et entiers ont été retenus pour l'étude (mesures en annexe 2).

Les métacarpes sont entiers, le paramètre de sexage retenu est d/GL.

Vmax de d/GL=46,4 % ce qui est compatible avec la présence de mâles et de femelles (Fig. 10). La Vmax de GL = 2,6 %, ce qui traduit une variabilité extrêmement faible en terme de grande longueur des os. Il est plus que probable qu'il manque les grands et les petits individus au sein de cet échantillon de taille modeste. L'ensemble de la variabilité possible du cheptel n'est très probablement pas représenté.

L'indice de sexage vaut i = 0,164 et les bornes de sexage valent respectivement i_1 = 0,156 et i_2 = 0,173.

Le sexe de chaque individu est porté dans le tableau en annexe 2, avec les indices de confiance correspondants. Ces indices de confiance sont forts pour les 4 métacarpes et aucun ne se situe entre les deux bornes de sexage pour d/GL. Si l'on teste la méthode à partir d'autres

paramètres de sexage (d, Bp/GL et Bp), on retrouve dans tous les cas, ces mêmes classes de sexe, pour tous les individus. Pour Montsoreau, le sexage ainsi réalisé présente donc, de façon assez sûre, une femelle et trois mâles.

III - NÉCESSITÉ D'AUGMENTER LA LISTE DES VALEURS NUMÉRIQUES DES INDICES DE SEXAGE, POUR UTILISER LA MÉTHODE PAR INFÉRENCE

Lorsque l'échantillon est trop petit et n'offre pas une variabilité suffisante pour pouvoir sexer (os ayant des valeurs mesurées très voisines ou os isolés), la seule façon de procéder, si l'on veut approximer le sexe de l'individu, est de rapprocher les valeurs des mesures réalisées de valeurs d'indices de sexage connus (méthode dite par inférence ; Guintard, 1993). Il va sans dire qu'il faut essayer de choisir une population de référence qui, morphologiquement, est la plus proche possible des ossements analysés. Pour ce faire, l'archéozoologue devra essayer de se rapprocher d'études correspondant à des sites archéologiques d'époques identiques ou proches et de localisation géographique pas trop éloignée. Il n'est plus question de variabilité ou de zones de recouvrement des individus, seule la valeur de la mesure ou de l'indice de gracilité est comparée à l'indice de sexage (i) : si la mesure est supérieure à i, on aura probablement un mâle (de façon d'autant plus sûre que les deux valeurs sont éloignées l'une de l'autre) ; si la mesure est inférieure à i, ce sera une femelle. Une liste, non exhaustive, de quelques indices de sexage utilisables pour différentes populations bovines de référence (actuelles ou non), est fournie en annexe 3 pour les indices de gracilité de la diaphyse (d/GL et SD/GL). Les deux populations actuelles extrêmes (bovins de l'île Amsterdam et race Charolaise) semblent borner l'ensemble de la variabilité de l'espèce bovine. Il faut cependant garder à l'esprit que déterminer le sexe sur un ou quelques spécimens sans variabilité est rarement une nécessité, car cela n'apporte pas grand-chose sur la connaissance des modes d'élevage. En revanche, un archéozoologue peut être intéressé de connaître le sexe d'un animal retrouvé en connexion, même s'il est seul. Par exemple dans le cas d'un squelette qui sera remonté et présenté dans un musée.

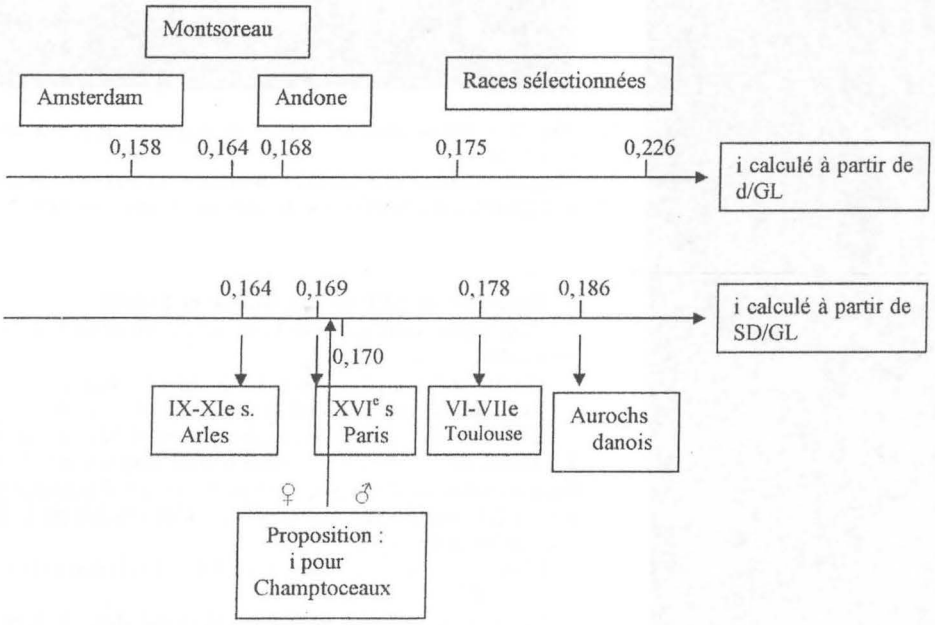


Fig. 11 – Proposition de sexage par la méthode dite « par inférence » d'un métacarpe gauche de bovin provenant du site de Champtoceaux (Maine-et-Loire). Une variation des indices de sexage calculés à partir des indices de gracilité de la diaphyse est affichée (d/GL et SD/GL).

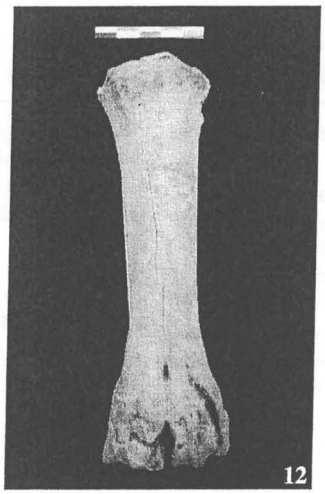


Fig. 12 – Métacarpe gauche de bovin provenant du site de Champtoceaux (Maine-et-Loire, XVe siècle), mensurations en annexe 4.

Un cas pratique est développé brièvement ci-dessous : un seul métacarpe de bovin provenant du site de Champtoceaux (XVe siècle, Maine-et-Loire) a été sorti de la fouille à ce jour (Fig. 11). Il est issu de la zone de remblais de destruction, postérieur à la seconde moitié du XVe siècle (nettoyage archéologique d'un des logis seigneuriaux du château de Champtoceaux, fin 2008).

La méthode de sexage par inférence est proposée sous forme graphique. La difficulté réside dans le choix de la population de rapprochement et donc dans le choix de la valeur de l'indice de sexage (nous n'avons retenu que les deux sites français qui couvrent la seconde moitié du XVe s., le site suédois étant considéré comme trop éloigné géographiquement ; les indices respectifs de sexage pour SD/GL étant de 0,169 et 0,170, la valeur de i est donc positionnée graphiquement entre ces deux valeurs). Etant donnée la datation du contexte archéologique abordé, nous avons repéré, dans la littérature, des sites de la fin du Moyen Âge et du début de l'Époque moderne (annexe 3).

Si le référentiel proposé ci-dessus pour Champtoceaux (qui semble correspondre aux valeurs de la littérature, cf. annexe 3) est raisonnable, on peut envisager de comparer les mesures de l'individu à sexer (Fig. 12) avec les valeurs de i. Pour le métacarpe provenant de ce site, le rapport SD/GL valant 0,167 (et d/GL = 0,172), pour un indice de sexage voisin de 0,169/0,170, nous voyons la difficulté de sexer l'ossement, dans la mesure où il possède des mensurations très voisines de i. Il se situe au niveau de la zone de mélange des mâles et des femelles, de part et d'autre de i. Ce phénomène se retrouve pour les indices de sexage des autres paramètres. Il peut s'agir d'une grosse femelle ou d'un petit mâle. Que l'on tranche vers un sexe ou vers l'autre, ce cas montre que lorsque l'on est dans les 10 % de variabilité, autour de l'indice de sexage, on ne pourra jamais être sûr du résultat.

En comparant aux valeurs de sexage d'Andone (qui pour d/GL donnent le même résultat qu'avec les sites de comparaison retenus), pour d (i=0,295), Bp (i=53,75), d/GL (i=0,168), et Bp/GL (i=0,305), l'os ressort respectivement en indéterminé (valeur de d = i), F*, M*, F*. La valeur de SD/GL donnant également F*, l'ensemble tend vers une grosse femelle, mais il est impossible de trancher définitivement.

Nous voyons toute la difficulté qui ressort de ce simple exemple, de sexer un os isolé, qui plus est lorsque cet os, rapporté à un corpus connu, se situe dans la zone intermédiaire. L'imprécision liée aux valeurs de i que l'on doit extrapoler à d'autres échantillons rend cette méthode extrêmement critiquable lorsque les résultats ne sont pas nets. L'idéal serait donc de posséder un corpus, pour ce chantier de fouille, qui permettrait d'être certain des valeurs des indices de sexage. Rien ne prouve, toutefois, que l'individu étudié ne se trouverait pas dans la zone de chevauchement des mâles et des femelles, ce qui rendrait l'interprétation aussi délicate. Mais nous n'aurions qu'un seul niveau d'incertitude, dans le cas du travail par inférence, nous en avons deux, puisque nous ne sommes pas sûrs que les bornes proposées soient les bonnes.

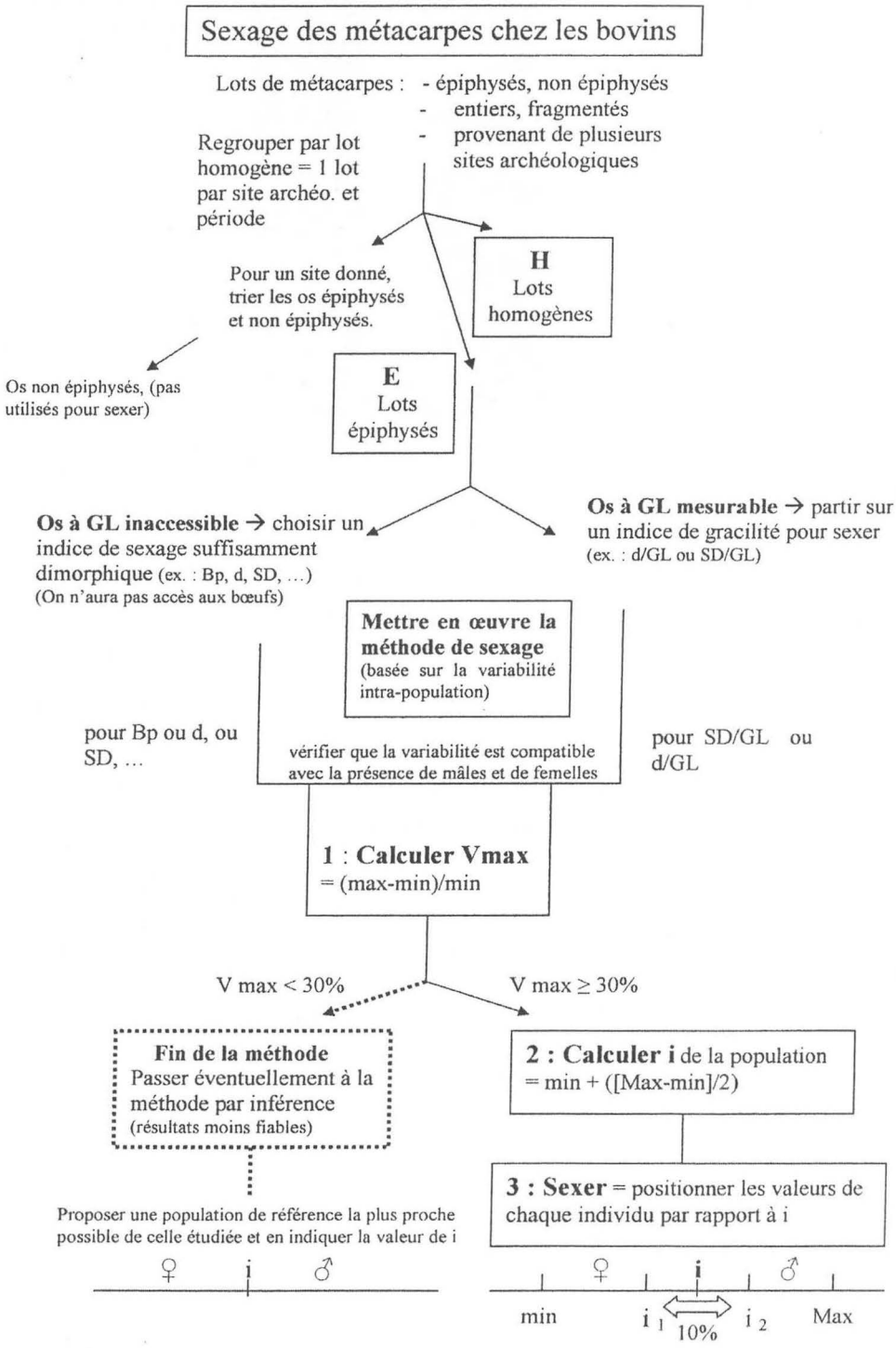


Fig. 13 – Synthèse de la méthode de sexage des métacarpes de bovins.

CONCLUSION

Cette étude permet de mettre en évidence l'intérêt de travailler, autant que faire se peut, à l'échelle d'un corpus osseux, le plus vaste possible. Il n'y a pas meilleure population de comparaison que celle d'où est issu l'os à analyser. Le travail par inférence doit être gardé pour les cas pour lesquels la variabilité est trop faible ou l'effectif trop réduit. Dans le cas d'un os isolé, il n'y a pas d'autre possibilité. Le sexage des os repose sur une méthodologie précise, dont chaque étape a son importance. Une étape est trop souvent négligée, alors qu'elle est fondamentale : celle où l'on va vérifier que la variabilité de l'échantillon étudié est compatible avec la présence conjointe de mâles et de femelles. Enfin, il semble illogique de voir encore des auteurs mentionner « le sexage a été réalisé », ou encore « de l'examen des diagrammes de dispersion,... il ressort... », sans indiquer de quelle manière, sans donner les paramètres utilisés et sans publier les données brutes relatives aux mesures effectuées. Rechercher des plans de clivage, au sein de graphiques pour sexer, comme cela est encore largement réalisé, n'a aucun sens biologique. Il reste à approfondir la connaissance des valeurs chiffrées des indices de sexage, concernant les différentes époques et les grandes aires de répartition géographiques. Afin que la méthode présentée ici puisse constituer un outil facile d'utilisation pour l'archéozoologue, nous nous proposons de terminer ce travail par un arbre décisionnel qui aidera à la réalisation du sexage des métacarpes de bovins (Fig. 13).

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier des personnes, qui, à différents niveaux de la réalisation de cet article leur ont fait confiance ou leur ont apporté leur concours. Tout d'abord, et même s'il n'est plus de ce monde, le Professeur André Debord de l'Université de Caen, qui nous a fait l'immense honneur de nous confier l'ensemble du matériel osseux provenant du site archéologique d'Andone. Pour le site de Montsoreau, Daniel Prigent, Emmanuel Litoux et Jean-Yves Hunot, archéologues départementaux de Maine-et-Loire, qui nous ont confié le matériel osseux issu des fouilles. Pour le site de Champtoceaux, Philippe Boeckler, archéologue INRAP responsable de la fouille qui nous a confié le métacarpe étudié dans ce travail. Toujours pour ce site, Christine Mazzoli-Guintard (Maître de Conférences – HDR / Université de Nantes) responsable du module archéologie médiévale, qui a encadré les étudiants de Licence3 Histoire, également remerciés pour avoir mis au jour cet os. Chantal Thorin, professeur associé de statistiques à l'ENVN, qui a eu l'amabilité de relire ce travail et nous a apporté son regard avisé ; Eric Betti et Catherine Picard, de l'unité d'anatomie comparée de l'ENVN, pour leur aide sans cesse renouvelée et pour la mise en forme de ce document ; Marc Bridou et Ian Nicholson qui, une fois de plus, ont accepté de relire et de corriger le résumé en anglais. Vianney Forest, qui non seulement a relu l'article, mais nous a fourni de nombreux commentaires pertinents qui ont amélioré la qualité du document final.

BIBLIOGRAPHIE

BOECKLER P. 2007. Champtoceaux, un bourg castral de frontière. Actes du colloque européen Medieval Europe, 3-8 septembre 2007, Paris < http://medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr/MEP2007.htm >.

BOESSNECK J. 1956. Ein Beitrag zur Errechnung der Widerristhöhe nach Metapodienmassen bei Rindern. *Z. Tierzucht. ZüchtBiol.* 68 : 75-90.

BERTEAUX D. & GUINTARD C. 1995. Osteometric study of the metapodials of Amsterdam Island feral cattle. *Acta Theriologica* 40: 97-110.

BORVON A. 2004. Les animaux en Anjou de la fin du Xe au XIIe siècle : étude archéozoologique du site de Montsoreau (Maine-et-Loire). Mémoire de DEA Environnement et Archéologie, Université Paris I, 73 p.

BORVON A. 2006. Les animaux en Anjou de la fin du Xe au début du XIIe siècle : étude archéozoologique du site de Montsoreau (Maine-et-Loire, France). *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France*, nouvelle série, tome 28 : 100-103.

CARRERE I., FOREST V. & RODET-BELARBI I. 2002. Osteometry and shifts in the bovine population in France *in* Mouvements ou déplacements de populations animales en Méditerranée au cours de l'Holocène, GARDEISEN A., 43-68, BAR International Series 1017, Oxford.

CHAIX L. & MENIEL P. 2001. Archéozoologie. Les animaux et l'archéologie. Éditions Errance, Paris, 239 p.

DEGERBØL M. & FREDSKILD B. 1970. The Urus (*Bos primigenius* Bojanus) and Neolithic Domestic Cattle (*Bos taurus domesticus* Linné) in Denmark. *Det Kongelige Danske Videnskab. Selsk. Biol. Skr.* 17:1-177.

FOCK J. 1966. Metrische Untersuchungen an Metapodien einiger europaïscher Rinderrassen. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 81 p.

FOREST V. & RODET-BELARBI I. 2000. Ostéométrie et morphologie des bovins médiévaux et modernes en France méridionale in L'homme et l'animal dans les sociétés méditerranéennes, MARANDET M.-C., 27-91, Presse Universitaire de Perpignan, Perpignan.

GRENOUILLOUX A. 1989. L'élevage bovin dans le haut Moyen Âge occidental. Thèse pour le diplôme d'État de Docteur Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Nantes, 320 p.

GUINTARD C. 1991. Les bovins de l'île Amsterdam. Étude ostéomorphométrique des métapodes. Mémoire de DEA, Paris VII-Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 73 p.

GUINTARD C. 1993. Morphologie osseuse et sélection bovine in L'homme, l'animal domestique et l'environnement du Moyen Âge au XVIIIème siècle, Enquêtes et document CRHMA, Nantes, 129-140.

GUINTARD C. 1994. Le métapode, un bon marqueur génétique *in* Aurochs, le retour. Aurochs, vaches et autres bovins de la préhistoire à nos jours, Centre Jurassien du Patrimoine, Lons-le-Saunier, 201-202.

GUINTARD C. 1996. Étude ostéométrique des métapodes de bovins : la race charolaise. Thèse de Doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle, Anatomie Comparée, Paris, 391 p.

GUINTARD C. 1998a. Ostéométrie des métapodes de bovins. *Revue de Médecine Vétérinaire* 149 : 751 - 770.

GUINTARD C. 1998b. Identifier et mesurer l'évolution de l'élevage bovin : un problème de méthode en archéozoologie (Comment appréhender la variabilité biologique ?) *in* L'innovation technique au Moyen Âge. Actes du VIe Congrès International d'Archéologie Médiévale, BECK P., 21-29, Éditions Errance, Paris.

GUINTARD C. 2005. L'apport de l'archéozoologie à la connaissance d'un castrum de l'an mil : l'exemple d'Andone (Charente - ca 950-1028). Bilan et perspectives *in* Le château et la nature. Actes des Rencontres d'Archéologie et d'Histoire en Périgord, septembre 2004, COCULA A.-M. & M. COMBET, 11-35, Ausonius Scripta Varia 11 - De Boccard, Bordeaux.

LEPIKSAAR J. 1969. Nytt om djur fran det medeltida ny Varberg, *Arsbok – Varbergs museum*, 37-68.

MATOLCSI J. 1970. Historische Erforschung der Körpergrösse des Rindes auf Grund von ungarischen Knochenmaterial. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie*, 87 : 89-137.

MENIEL P. & ARBOGAST R.-M. 1989. Les restes de mammifères de la cour Napoléon du Louvre (Paris) du XIVe au XVIIIe siècle, *Revue de Paléobiologie*, 8 (2), 405-466.

RODET-BELARBI I. sous presse. L'alimentation carnée et l'exploitation des animaux à Andone d'après les restes de mammifères et d'oiseaux *in* Une résidence des comtes d'Angoulême autour de l'an mil : Le castrum d'Andone (Villejoubert, Charente). Publication des fouilles d'André Debord (1971-1995), BOURGEOIS L., publication du CRAHM, Caen.

TEKKOUK F. & GUINTARD C. 2007. Approche ostéométrique de la variabilité des métacarpes de bovins et recherche de modèles applicables pour l'archéozoologie : cas de races rustiques françaises, algériennes et espagnoles. *Revue de Médecine Vétérinaire* 158 : 388-396.

VON DEN DRIESCH A. 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. Peabody Museum Bulletins, 136 p.

ZALKIN V. J. 1960. Metapodiala variation and its significance for the study of ancient horned cattle. *Bul. Mosk. Obsc. Isp. Prirody Otd. Biol.* 65 (1) : 109-126.

Annexe 1 – Mesures en mm des métacarpes (MC) d'Andone et proposition de sexage (F : Femelle, M : Mâle, B : Bœuf, * et ** : indices de confiance du sexage, - : Bp non mesurable).

MC	d	Bp	GL	d/GL	Bp/GL	Sexage d/GL	Sexage d	Sexage Bp/GL	Sexage Bp
1	29,1	50,1	178,9	0,163	0,280	F *	F *	F **	F **
2	29,7	54,0	175,0	0,169	0,309	M *	M *	M *	M *
3	30,2	56,2	183,6	0,165	0,306	F *	M *	M *	M *
4	28,4	51,4	187,1	0,152	0,275	F **	F *	F **	F *
5	28,3	54,1	183,9	0,154	0,294	F **	F **	F *	M *
6	32,6	56,6	180,7	0,180	0,313	M **	M **	M *	M **
7	32,6	58,6	192,3	0,169	0,305	M (B ?) *	M **	M (B ?) *	M **
8	28,1	52,3	187,2	0,150	0,280	F **	F *	F **	F *
9	28,1	49,0	183,2	0,153	0,268	F **	F *	F **	F **
10	32,4	55,0	177,7	0,182	0,310	M **	M **	M *	M *
11	32,8	-	176,8	0,186	-	M **	M **	-	-
12	25,4	48,9	176,8	0,144	0,277	F **	F **	F **	F **
13	31,8	57,1	174,9	0,182	0,327	M **	M **	M **	M **
14	30,0	54,3	172,7	0,174	0,315	M *	M **	M *	M *
15	33,5	58,0	174,2	0,192	0,333	M **	M **	M **	M **
16	32,7	57,8	178,6	0,183	0,323	M **	M **	M **	M **

Annexe 2 – Mesures en mm des métacarpes (MC) de Montsoreau et proposition de sexage (F : Femelle, M : Mâle, B : Bœuf, * et ** : indices de confiance du sexage).

MC	d	Bp	GL	d/GL	Bp/GL	Sexage d/GL	Sexage d	Sexage Bp/GL	Sexage Bp
1	23,9	48,6	179,2	0,133	0,271	F **	F **	F **	F **
2	35,7	56,3	183,8	0,194	0,306	M **	M **	M *	M **
3	32,8	54,5	167,8	0,195	0,325	M **	M **	M **	M *
4	33,0	58,0	180,9	0,182	0,321	M **	M **	M **	M **

Annexe 3 – Indices de sexage de populations bovines de référence (à partir des indices de gracilité calculés pour la largeur de la diaphyse des métacarpes).

Populations ou races bovines, sites archéologiques	**d/GL min**	**d/GL max**	**i**	**n**	**auteurs**
Race Charolaise	0,177	0,274	0,226	154	Guintard, 1996
Population de l'île Amsterdam	0,124	0,193	0,158	89	Guintard, 1991
Race Camargue	0,148	0,201	0,175	10	Tekkouk et Guintard, 2007
Race Guelmoise	0,155	0,172	0,164	8	Tekkouk et Guintard, 2007
Taureau de combat espagnol	0,132	0,196	0,164	14	Tekkouk et Guintard, 2007
Andone (X-XIe s.)	0,144	0,192	0,168	16	Cette étude
Montsoreau (XIe s.)	0,133	0,195	0,164	4	Cette étude
	SD/GL min	**SD/GL max**			
Race Fleckvieh	0,150	0,218	0,184	116	Fock, 1966
Race Schwarzbunte	0,151	0,201	0,176	44	Fock, 1966
XIV - XVIe s., Cour Napoléon du Louvre (Paris)	0,136	0,205	0,170	58	Méniel et Arbogast, 1989
XIV-XVII ^{e} s., Varberg (Suède)	0,126	0,195	0,161	61	Lepiksaar, 1969
Arles – Augéry-de-Corège (13), IX-XIes s.	0,137	0,190	0,164	15	Forest et Rodet-Belarbi, 2000
Paris (75), jardin du Carrousel, site n° 5, XVIe s.	0,147	0,190	0,169	4	Forest et Rodet-Belarbi, 2000
Toulouse (31), Donjon Capitole, site n° 28, V-VIIe s.	0,165	0,181	0,173	5	Forest et Rodet-Belarbi, 2000
Toulouse (31), extension préfecture, site n° 28, VI-VIIes s.	0,152	0,203	0,178	5	Forest et Rodet-Belarbi, 2000
Bos primigenius	0,156	0,216	0,186	35	Degerbøl et Fredskill, 1970

Annexe 4 – Mesures en mm et indices de gracilité du métacarpe gauche de Champtoceaux (XVe s.).

GL	Bp	Dp	d	e	SD	DD	Bd	Dd	d/GL	SD/GL	Bp/GL
172,0	50,3	29,7	29,5	21,1	28,7	19,8	54,5	29,2	0,172	0,167	0,292