

Crâne de loup ou de chien ? Recherche des caractères biométriques et morphologiques les plus discriminants

Wolf or dog skull ? Search for the more biometric and morphologic discriminant characters

Eric Fabre¹ et Philippe Orsini²

¹IUT d'Aix-Marseille Université
bd. Saint-Jean-Chrysostome
04000 Digne-les-Bains
eric.fabre@univ-amu.fr

²Muséum d'Histoire Naturelle
de Toulon et du Var
607 Chemin du Jonquet
83200 Toulon
museumtoulonvar@var.fr

RÉSUMÉ

Dans le contexte actuel de conquête de nouveaux territoires par le Loup gris *Canis lupus italicus*, cet article propose une méthode de discrimination des crânes de loups et de chiens. La proximité phylogénétique des deux espèces est telle que la plupart des caractères crâniens ne permettent pas de les distinguer de façon certaine par l'examen d'un seul crâne. Cet article, basé sur l'analyse de 42 variables (34 biométriques et 8 morphologiques) sur 67 crânes (34 chiens et 33 loups) recherche les caractères les plus discriminants.

Cette étude montre que l'utilisation combinée de la capacité crânienne, de la longueur de la canine inférieure, de la longueur de la première molaire inférieure et de la position des canines et incisives inférieures permet d'attribuer, de façon certaine, un crâne à un loup ou à un chien. Cet article, destiné aux naturalistes et aux agents de terrain, propose donc un outil simple et efficace pour discriminer rapidement les crânes des deux espèces.

MOTS-CLÉS:

Loup, chien, crâne, biométrie.

SUMMARY

Because of wolf (*Canis lupus italicus*) population increases (size and extent) a method to distinguish wolf and dog skulls is proposed. These species are so closely related that inspection of a single skull is source of misidentification even when considering most of skulls biometrics. This paper, based on the examination of 42 parameters (34 biometrical and 8 morphological) on 67 skulls (34 dogs and 33 wolves), aims to identify the more efficient variables to discriminate wolves and dogs.

Results show that consider simultaneously skull volume, length of lower canine, length of the first lower molar and relative position of lower canines and incisors, allows identifying without uncertainty dog and wolf skulls. Those four simple parameters offer an effective tool for naturalist and field workers to quickly distinguish skulls of the two species.

KEYWORDS:

Wolf, dog, skull, biometry.



Revue éditée par le
Conservatoire d'espaces naturels
de Provence-Alpes-Côte d'Azur
Immeuble Atrium Bât. B
4, avenue Marcel Pagnol
13 100 Aix-en-Provence

Équipe éditoriale:
François Bavouzet, Gisèle
Beaudoin, André Cerdan, Julie
Delauge, Sonia Richaud, Cédric
Roy, Claude Tardieu, Laurent Tatin,
Yannick Tranchant

Relecteurs: Cédric Roy et Laurent
Tatin

Coordination: Julie Delauge
N°ISSN: 2264-6000

INTRODUCTION

Il est peu fréquent de trouver des crânes de mammifères intacts dans la nature. Les crânes de chiens, de chats et de renards figurent parmi ceux qui sont le plus souvent découverts. Cela est dû, pour les chiens et les chats, au grand nombre de ces animaux domestiques et au fait que leurs propriétaires se sont débarrassés de leur cadavre, dans les décennies passées, soit en les jetant dans des avens soit en les enterrant sommairement. En ce qui concerne les renards, il s'agit souvent d'animaux tués à la chasse et qui sont laissés sur place, après avoir été parfois amputés de leur queue pour toucher une prime. Depuis que le Loup gris est revenu en France, et dans un contexte d'extension territoriale de l'espèce, on est confronté de plus en plus régulièrement, face à un crâne trouvé dans la nature, à la question : et si c'était un loup ? La distinction des crânes de loup et de renard ne pose aucune difficulté car, pour une taille identique à celle d'un crâne de renard (140 à 150 mm de longueur totale), celui d'un loup possède encore des dents de lait. Il n'en va pas de même avec ceux de chiens : le nombre de races de chiens étant important et leur morphologie très variable, la détermination loup/chien s'avère délicate. Plusieurs auteurs, et en particulier Suminski (1975a, 1975b) ont déjà réalisé une telle approche, mais en sélectionnant quelques caractères observés sur un échantillon de loups d'origines variées (Pologne, Caucase, Alaska, Canada) où la sous-espèce *Canis lupus italicus* est absente. Leurs conclusions ne permettent pas avec un minimum de mesures de distinguer facilement et sûrement un crâne de chien de celui d'un loup dans nos contrées. Il est proposé, dans cet article, de mettre à la disposition des naturalistes et des agents de terrain, un outil simple et efficace pour discriminer rapidement et aisément les crânes de ces deux espèces. En effet, la procédure actuelle consiste, outre l'analyse d'ADN qui prend de plusieurs jours à plusieurs mois avec un coût non négligeable, à se référer à l'avis d'experts. La mise en évidence des critères biométriques et morphologiques crâniens les plus discriminants évitera un examen approfondi de plusieurs caractères, plus ou moins difficiles à mesurer sur le terrain. Le lot de données utilisées sera décrit dans un premier temps, puis l'analyse portera respectivement sur les caractères biométriques et morphologiques.

Tableau 1 : Origine des fiches biométriques.
Table 1: Origin of the biometrics characters.

| 74 fiches de biométrie et morphologie crânienne (7 crânes trop abîmés ou incomplets + 67 attribués à un chien ou à un loup) | | | |
|--|---|-------------------------------------|---|
| 34 chiens | | 33 loups | |
| Chiens certains | Chiens déduits | Loups certains | Loups déduits |
| 15 chiens d'origine connue (autopsie) | 4 crânes de muséums 15 crânes trouvés récemment dans la nature | 2 loups de zoo 18 loups modernes | 13 crânes de muséums dont 3 provenant de battues du XIXe siècle |

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Origine des données

La collection est formée de 74 crânes dont sept se sont avérés trop abîmés ou trop incomplets de telle sorte qu'ils n'ont pu finalement être intégrés à l'étude. Ce sont donc 67 crânes qui sont utilisés (tableau 1). Sur cet ensemble, 34 crânes ont été attribués à des chiens. Quinze d'entre eux ont une origine absolument certaine (autopsie) en dehors de toute considération biométrique. Il convient de préciser que seuls des animaux de grande taille, comparable à celle de loups ont été retenus : danois, beauceron, berger allemand, husky, patou, etc. Les 19 autres crânes attribués à des chiens par l'analyse classique ont des provenances diverses. Parmi ceux-ci, quatre proviennent de collections publiques ou privées, ce sont souvent des crânes anciens pour lesquels l'origine exacte n'est pas connue, et 15 correspondent à des crânes prélevés sur des cadavres de chiens trouvés récemment dans la nature : les informations sont plus complètes à leur sujet. Par exemple, deux ont été récoltés dans la forêt primaire de Bialowieza en Pologne (en 1995 et 1996), cinq dans le Parc National du Mercantour entre 1997 et 2006 (Tinée, Vésubie, Vallée des Merveilles), un dans celui des Écrins (en 2000), un dans les Abruzzes (Italie) en 2001, un en Savoie (2002), un en Diois (2000), et un dans le camp militaire de Canjuers (Var) en 2004. Les 33 autres crânes ont été attribués à des loups. Vingt sont des loups dont l'origine est connue : deux proviennent de parcs zoologiques, les 18 autres étant des loups « modernes », liés à l'extension de l'espèce sur le territoire français depuis l'Italie, accidentés ou abattus légalement ou illégalement. Tous ont fait l'objet d'une analyse d'ADN confirmant la sous-espèce *Canis lupus italicus*. Enfin, 13 crânes provenant d'anciennes collections de muséums ont été utilisés. L'origine de certains est parfois indiquée (battues administratives aux loups de la fin du XIXe siècle), et l'animal a été naturalisé. L'un d'entre eux, du Muséum d'Avignon, trouvé à l'état de squelette, était incorrectement attribué à un chien de race « setter » ; c'est en réalité un crâne de loup (Crégut-Bonnoure et Orsini, 2008). Un autre crâne, trouvé dans un aven, provenant du Muséum de Grenoble et attribué à un loup, présente toutes les caractéristiques d'un chien.

Variables utilisées

Un ensemble de 48 caractères quantitatifs (biométriques) et qualitatifs (morphologiques) habituellement utilisés a été pris en compte sur les 67 fiches. Il s'agit des mesures corporelles (6 variables), crâniennes (16 variables), dentaires (18 variables) et de caractères morphologiques crâniens (8 variables). Compte tenu du fait que la plupart des mesures n'ont pu être réalisées que sur des crânes issus de collections, les mesures corporelles (tête+corps/queue/oreille/pied/hauteur garrot/poids) sont très peu informatives. Dans l'attente de compléter ce lot de données avec des informations sur de nouveaux animaux, ces variables ne seront pas utilisées, le travail présenté ici se concentrant donc sur les 42 variables crâniennes (tableau 2).

Tableau 2 : Liste des variables utilisées.
Table 2: List of the used variables.

| Mensurations dentaires | Mensurations crâniennes | Caractères morphologiques |
|---|--------------------------------------|---|
| Longueur rangée dentaire inférieure | Capacité crânienne | Forme du parasphénoïde |
| Longueur rangée dentaire supérieure | Longueur maximale | Forme de la base du vomer |
| Longueur rangée molaires et prémolaires inférieures | Hauteur maximale | Forme de la fissure pétrosbasalis |
| Longueur rangée molaires et prémolaires supérieures | Largeur maximale (bizygomatique) | Forme du foramen supramastoïdeum |
| Longueur prémolaires inférieures | Longueur du nasal | Emplacement du canalis incisivus |
| Longueur prémolaires supérieures | Longueur de la bulle tympanique | Forme du processus pterygoïdeus maxillae |
| Longueur rangée molaire inférieure | Largeur de la bulle tympanique | Forme de la fossa nuchalis mediana |
| Longueur PM4 supérieure droite | Angle orbital droit | Position des canines et incisives inférieures |
| Longueur PM4 supérieure gauche | Angle orbital gauche | |
| Longueur M1 inférieure droite | Longueur condylobasale | |
| Longueur M1 inférieure gauche | Distance inter-orbitaire antérieure | |
| Longueur M2 inférieure | Distance inter-orbitaire postérieure | |
| Longueur M1 supérieure | Longueur rostrale | |
| Longueur M2 supérieure | Longueur du palais | |
| Longueur canine inférieure droite | Longueur mandibulaire | |
| Longueur canine inférieure gauche | Hauteur mandibulaire | |
| Longueur canine supérieure droite | | |
| Longueur canine supérieure gauche | | |

Le lot de variables concernant les mensurations crâniennes est riche avec 16 variables décrites pour une cinquantaine d'individus (tableau 2). Dix-huit variables de mensurations dentaires sont retenues : elles sont renseignées pour une quarantaine d'individus (tableau 2). Les mensurations ont été réalisées selon les méthodes standard (par exemple : Suminski et Kobryn, 1980 ; Stubbe

et Krapp, 1993 ; De Beaufort, 1988), alors que la mesure de l'angle orbital est celle utilisée par Boscagli (1985) (figure 1).

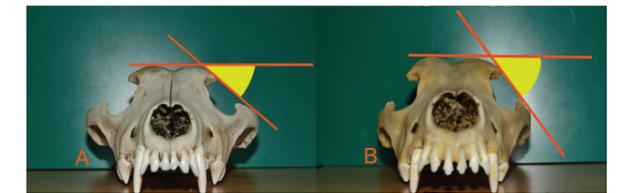


Figure 1 : Technique de mesure de l'angle orbital, A: loup, B: chien (d'après Boscagli, 1985) (photo: Philippe Orsini).
Figure 1: Orbital corner measurement technique (A: wolf; B: dog) (according to Boscagli, 1985) (picture: Philippe Orsini).

Les caractéristiques morphologiques crâniennes utilisées (tableau 2) sont celles de Suminski (1975b). En raison des parties cassées ou manquantes, la totalité des mesures n'a pu être réalisée sur l'ensemble des crânes étudiés. Toutes les mesures et observations morphologiques ont été effectuées par Philippe Orsini. Les fausses déterminations ont été individualisées car elles sortaient du nuage de point de l'espèce. Précisons qu'aucun crâne de Saarlos ni de Chien-loup tchèque n'a été analysé.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Analyse des caractères biométriques

Une analyse élémentaire de statistiques descriptives est conduite pour chaque variable quantitative pour le loup (tableau 3) et le chien (tableau 4). Ces résultats bruts décrivant les données pour chaque variable et chaque espèce donnent une idée de la valeur moyenne des paramètres et de leur variabilité (écart-type et amplitude avec les valeurs minimales et maximales). En dépit de la présence de données concernant des loups d'autres sous-espèces, c'est, à notre connaissance, la première fois que des valeurs de biométrie sont données pour un ensemble aussi important de paramètres crâniens et dentaires sur *Canis lupus italicus* depuis le retour de l'espèce en France. On peut toutefois observer que la plupart des paramètres indiquent chez *italicus* un crâne plus petit et plus compact que ceux des autres sous-espèces décrites, en particulier celles d'Europe Centrale (Andersone et Ozolins, 2000), à l'exception des loups du Japon (Endo et al., 1997). Selon Klatt (1913), cité par Mesh (1970) et par Boscagli (1985), la capacité crânienne moyenne des loups serait de 170 cm³. Mais nos mesures révèlent une valeur nettement inférieure avec seulement 150 cm³. Boscagli (1985) utilise la valeur donnée par Klatt (1913) sans préciser l'origine géographique des loups, certainement d'Europe Centrale. Or, des différences de taille non négligeables peuvent apparaître selon les éventuelles sous-espèces ou même entre populations proches mais géographiquement isolées par de fortes densités d'habitat humain (Andersone et Ozolins, 2000).

Tableau 3 : Statistiques descriptives des variables quantitatives pour le loup (toutes les mesures sont en mm sauf pour la capacité crânienne en cm³ et l'angle orbital en degré) : moyenne (Moy), écart-type (s), effectif (Nb), minimum (Min) et maximum (Max).
 Table 3: Wolf quantitative characters description (in mm except skull capacity in cm³ and orbital corner in degree): mean (Moy), standard deviation (s), number (Nb), minimum (Min) and maximum (Max.).

| Paramètre | Moy. | s | Nb | Min | Max |
|---|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|
| Capacité crânienne | 149,59 | 14,43 | 29 | 111,00 | 183,00 |
| Longueur maximale | 233,27 | 16,56 | 31 | 172,00 | 260,00 |
| Hauteur maximale | 81,83 | 4,73 | 30 | 71,00 | 91,00 |
| Largeur maximale (bizygomatique) | 131,69 | 9,73 | 32 | 94,50 | 141,90 |
| Longueur du nasal | 77,89 | 7,41 | 28 | 63,00 | 89,50 |
| Longueur de la bulle tympanique | 27,31 | 2,30 | 29 | 23,20 | 31,90 |
| Largeur de la bulle tympanique | 18,98 | 1,37 | 29 | 16,50 | 22,20 |
| Angle orbital droit | 44,74 | 3,54 | 29 | 38,00 | 51,00 |
| Angle orbital gauche | 45,06 | 3,34 | 31 | 40,00 | 52,00 |
| Longueur condylobasale | 218,65 | 13,81 | 31 | 167,00 | 237,00 |
| Distance inter-orbitaire antérieure | 45,38 | 4,27 | 30 | 33,40 | 51,90 |
| Distance inter-orbitaire postérieure | 43,54 | 2,47 | 31 | 37,70 | 49,30 |
| Longueur rostrale | 42,86 | 3,27 | 31 | 32,70 | 48,90 |
| Longueur du palais | 111,89 | 6,75 | 31 | 86,70 | 120,30 |
| Longueur mandibulaire | 172,12 | 13,06 | 30 | 125,60 | 188,00 |
| Hauteur mandibulaire | 70,27 | 7,10 | 31 | 46,20 | 80,50 |
| Longueur rangée dentaire inférieure | 120,01 | 6,13 | 31 | 101,17 | 129,00 |
| Longueur rangée dentaire supérieure | 117,85 | 7,99 | 31 | 91,78 | 128,00 |
| Longueur rangée molaires et prémolaires inférieures | 89,33 | 3,75 | 31 | 79,80 | 95,80 |
| Longueur rangée molaires et prémolaires supérieures | 80,81 | 4,00 | 31 | 72,20 | 86,76 |
| Longueur prémolaires inférieures | 48,57 | 2,69 | 29 | 42,10 | 54,20 |
| Longueur prémolaires supérieures | 62,16 | 5,64 | 30 | 39,60 | 68,80 |
| Longueur rangée molaire inférieure | 41,69 | 5,70 | 28 | 16,80 | 45,90 |
| Longueur PM4 supérieure droite | 23,90 | 1,67 | 32 | 19,80 | 26,40 |
| Longueur PM4 supérieure gauche | 23,92 | 1,60 | 32 | 19,20 | 26,19 |
| Longueur M1 inférieure droite | 26,99 | 1,51 | 31 | 23,50 | 29,60 |
| Longueur M1 inférieure gauche | 27,15 | 1,57 | 30 | 23,80 | 29,30 |
| Longueur M2 inférieure | 10,93 | 0,82 | 27 | 8,90 | 12,30 |
| Longueur M1 supérieure | 15,22 | 1,17 | 31 | 11,40 | 16,70 |
| Longueur M2 supérieure | 10,51 | 13,20 | 31 | 6,70 | 81,50 |
| Longueur canine inférieure droite | 28,12 | 3,17 | 28 | 22,00 | 36,09 |
| Longueur canine inférieure gauche | 27,57 | 2,47 | 26 | 22,00 | 31,58 |
| Longueur canine supérieure droite | 30,39 | 3,16 | 27 | 24,20 | 35,90 |
| Longueur canine supérieure gauche | 29,93 | 2,50 | 24 | 24,50 | 34,70 |

Tableau 4 : Statistiques descriptives des variables quantitatives pour le chien (toutes les mesures sont en mm sauf la capacité crânienne en cm³ et l'angle orbital en degré) : moyenne (Moy), écart-type (s), effectif (Nb), minimum (Min) et maximum (Max).
 Table 4: Dog quantitative characters description (in mm except skull capacity in cm³ and orbital corner in degree): mean (Moy), standard deviation (s), number (Nb), minimum (Min) and maximum (Max.).

| Paramètre | Moy. | s | Nb | Min | Max |
|---|---------------|--------------|-----------|--------------|---------------|
| Capacité crânienne | 111,39 | 13,90 | 33 | 92,00 | 144,00 |
| Longueur maximale | 224,18 | 17,46 | 33 | 181,00 | 257,00 |
| Hauteur maximale | 78,31 | 5,35 | 31 | 66,50 | 90,90 |
| Largeur maximale (bizygomatique) | 115,11 | 9,22 | 30 | 100,60 | 139,40 |
| Longueur du nasal | 73,84 | 6,81 | 25 | 62,50 | 85,60 |
| Longueur de la bulle tympanique | 23,14 | 2,57 | 31 | 17,60 | 30,00 |
| Largeur de la bulle tympanique | 16,88 | 1,78 | 31 | 13,40 | 20,80 |
| Angle orbital droit | 52,77 | 4,04 | 32 | 42,00 | 60,00 |
| Angle orbital gauche | 52,82 | 4,04 | 30 | 40,00 | 59,50 |
| Longueur condylobasale | 212,88 | 15,05 | 32 | 177,00 | 240,00 |
| Distance inter-orbitaire antérieure | 44,25 | 4,96 | 32 | 31,40 | 53,20 |
| Distance inter-orbitaire postérieure | 38,81 | 3,73 | 32 | 30,10 | 46,10 |
| Longueur rostrale | 43,73 | 4,27 | 33 | 35,70 | 55,90 |
| Longueur du palais | 112,18 | 8,55 | 33 | 89,50 | 128,00 |
| Longueur mandibulaire | 165,41 | 12,75 | 31 | 141,70 | 195,00 |
| Hauteur mandibulaire | 68,16 | 6,25 | 24 | 55,00 | 79,60 |
| Longueur rangée dentaire inférieure | 114,42 | 7,33 | 23 | 100,30 | 129,40 |
| Longueur rangée dentaire supérieure | 113,50 | 7,65 | 32 | 95,50 | 131,10 |
| Longueur rangée molaires et prémolaires inférieures | 82,13 | 6,11 | 24 | 64,50 | 90,50 |
| Longueur rangée molaires et prémolaires supérieures | 73,34 | 6,20 | 32 | 53,10 | 87,00 |
| Longueur prémolaires inférieures | 45,47 | 2,86 | 22 | 38,30 | 50,70 |
| Longueur prémolaires supérieures | 56,97 | 4,08 | 31 | 46,20 | 68,80 |
| Longueur rangée molaire inférieure | 38,85 | 3,22 | 23 | 32,90 | 46,80 |
| Longueur PM4 supérieure droite | 20,52 | 1,38 | 31 | 17,80 | 22,60 |
| Longueur PM4 supérieure gauche | 20,50 | 1,23 | 31 | 18,90 | 22,30 |
| Longueur M1 inférieure droite | 23,25 | 1,60 | 24 | 20,60 | 28,30 |
| Longueur M1 inférieure gauche | 23,21 | 1,42 | 23 | 20,80 | 26,80 |
| Longueur M2 inférieure | 9,88 | 1,07 | 22 | 7,60 | 12,00 |
| Longueur M1 supérieure | 13,84 | 1,10 | 31 | 11,50 | 16,00 |
| Longueur M2 supérieure | 8,21 | 1,37 | 31 | 5,70 | 14,10 |
| Longueur canine inférieure droite | 22,03 | 2,25 | 20 | 17,90 | 27,35 |
| Longueur canine inférieure gauche | 22,11 | 2,08 | 18 | 18,00 | 26,15 |
| Longueur canine supérieure droite | 24,60 | 2,81 | 27 | 19,90 | 31,90 |
| Longueur canine supérieure gauche | 24,55 | 2,88 | 23 | 20,10 | 33,40 |

Le volume crânien du chien est inférieur à celui du loup et cela est lié à la domestication. En effet, la relation phylétique entre les deux espèces, bien que complexe (Vila *et al.*, 1997 ; Boussarie, 1997) ne fait pas de doute (Morey, 1996 ; Postel-Vinay, 2004 ; Skoglund *et al.*, 2015). Gautier (1990), analysant les effets de la domestication sur le poids du cerveau chez divers animaux domestiques par rapport à leurs ancêtres sauvages, cite, en compilant plusieurs auteurs, une diminution de 30 à 34 % entre loup et chien. Selon cet auteur, cette récession affecte essentiellement les centres d'évaluation et d'intégration de tous les sens (néocortex) : c'est une évolution régressive liée, chez le chien, à la stabilisation de l'environnement et à la moindre nécessité d'y être en permanence attentif. Les mesures de longueur et de la largeur de la bulle tympanique des deux espèces vont exactement dans le même sens (tableau 5).

Les différences d'angle orbital entre le loup et le chien sont également en rapport avec le phénomène de domestication. L'augmentation de l'angle orbital chez le chien est corrélée à la diminution de la masse musculaire nécessaire aux mouvements et à la puissance de la mandibule ; muscles passant en partie sous l'arcade zygomatique. En raison de cette diminution de la masse musculaire située entre la boîte crânienne et l'arcade zygomatique, celle-ci se trouve être plus proche de la boîte crânienne et par conséquent l'angle orbital se trouve plus ouvert (figure 2). On peut donc considérer que l'augmentation de l'angle orbital chez le chien est liée à une différence d'alimentation, ayant pour conséquence une diminution de la masse musculaire.



Figure 2 : Crânes de loup (A) et de chien (B), vus par dessus, montrant que l'arcade zygomatique du chien est beaucoup plus proche du crâne que celle du loup (photo: Philippe Orsini).
Figure 2: Wolf and dog skulls: dog zygomatic arch is closer to the skull than in wolf case (picture: Philippe Orsini).

Une comparaison directe des caractères par leurs valeurs moyennes n'est pas scientifiquement rigoureuse : il faut avoir recours à un test statistique de comparaison de moyennes non appariées établies sur de petits échantillons, par exemple avec un t de Student. Anderson et Ozolins (2000) procèdent de la sorte pour comparer les mensurations crâniennes de mâles et de femelles.

L'analyse montre que les paramètres étudiés ne sont pas tous significativement différents entre les deux espèces. Parmi les paramètres crâniens, la longueur mandibulaire, la distance inter-orbitaire antérieure, la longueur rostrale, la longueur du palais et la hauteur mandibulaire ne permettent pas de différencier les loups et les chiens mesurés (tableau 5).

Tableau 5 : Comparaison des caractères du loup et du chien par test t de Student (ns : p>0.05 ; * : 0.01<p<0.05 ; ** : 0.001<p<0.01 ; *** : p<0.001) sur les 16 variables de mensurations crâniennes retenues dans l'analyse.
Table 5: Wolf and dog characters comparison with Student t test (ns : p>0.05 ; * : 0.01<p<0.05 ; ** : 0.001<p<0.01 ; *** : p<0.001) on the 16 skull characters used for analysis.

| Mensurations crâniennes | Nombre d'individus (loup / chien) | Significativité |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Capacité crânienne | 29 / 33 | *** |
| Longueur maximale | 31 / 33 | * |
| Hauteur maximale | 30 / 31 | ** |
| Largeur maximale (bizygomatique) | 32 / 30 | *** |
| Longueur du nasal | 28 / 25 | * |
| Longueur de la bulle tympanique | 29 / 31 | *** |
| Largeur de la bulle tympanique | 29 / 31 | *** |
| Angle orbital droit | 29 / 32 | *** |
| Angle orbital gauche | 31 / 30 | *** |
| Longueur condylobasale | 31 / 32 | ns |
| Distance inter-orbitaire antérieure | 30 / 32 | ns |
| Distance inter-orbitaire postérieure | 31 / 32 | *** |
| Longueur rostrale | 31 / 33 | ns |
| Longueur du palais | 31 / 33 | ns |
| Longueur mandibulaire | 30 / 23 | ns |
| Hauteur mandibulaire | 31 / 24 | ns |

En revanche, seul un paramètre dentaire (la longueur de la deuxième molaire supérieure) n'est pas différent au seuil choisi de 5 % entre l'ensemble des loups et des chiens de notre échantillon (tableau 6).

Tableau 6 : Comparaison des caractères du loup et du chien par test t de Student (ns : p>0.05 ; * : 0.01<p<0.05 ; ** : 0.001<p<0.01 ; *** : p<0.001) sur les 18 variables de mensurations dentaires retenues dans l'analyse.
Table 6: Wolf and dog characters comparison with Student t test (ns : p>0.05 ; * : 0.01<p<0.05 ; ** : 0.001<p<0.01 ; *** : p<0.001) on the 18 teeth characters used for analysis.

| Mensurations dentaires | Nombre d'individus (loup / chien) | Significativité |
|---|-----------------------------------|-----------------|
| Longueur rangée dentaire inférieure | 31 / 23 | ** |
| Longueur rangée dentaire supérieure | 31 / 32 | * |
| Longueur rangée molaires et prémolaires inférieures | 31 / 24 | *** |

| Mensurations dentaires | Nombre d'individus (loup / chien) | Significativité |
|---|-----------------------------------|-----------------|
| Longueur rangée molaires et prémolaires supérieures | 31 / 32 | *** |
| Longueur prémolaires inférieures | 29 / 22 | ** |
| Longueur prémolaires supérieures | 30 / 31 | *** |
| Longueur rangée molaire inférieure | 28 / 23 | * |
| Longueur PM4 supérieure droite | 32 / 31 | *** |
| Longueur PM4 supérieure gauche | 32 / 31 | *** |
| Longueur M1 inférieure droite | 31 / 24 | *** |
| Longueur M1 inférieure gauche | 30 / 23 | *** |
| Longueur M2 inférieure | 27 / 22 | *** |
| Longueur M1 supérieure | 31 / 31 | *** |
| Longueur M2 supérieure | 31 / 31 | ns |
| Longueur canine inférieure droite | 28 / 20 | *** |
| Longueur canine inférieure gauche | 26 / 18 | *** |
| Longueur canine supérieure droite | 27 / 27 | *** |
| Longueur canine supérieure gauche | 24 / 23 | *** |

Cette approche statistique est réalisée, par définition, sur un échantillon comportant un nombre élevé de spécimens. Toutefois, elle ne permet pas la détermination concrète d'un seul crâne de façon absolue car les paramètres pris en compte sont directement liés à la taille des individus. De plus, bien que l'échantillon de chiens ne contienne que des animaux de taille comparable à celle des loups, ces chiens montrent une variabilité souvent supérieure à celle des loups (tableau 3 ; tableau 4). Le but de notre travail étant la distinction au niveau spécifique à partir d'un seul spécimen, nous avons été contraints de mettre en relation les différents paramètres mesurés avec la taille de l'animal. En effet, un énorme chien peut présenter des mesures supérieures à celles d'un petit loup. Une bonne idée de la taille de l'animal nous a été donnée par la longueur condylobasale et par la longueur de la mandibule. Sur l'ensemble des paramètres statistiquement discriminants, aucun ne permet, pris séparément, la détermination spécifique d'un spécimen unique.

En revanche, trois caractères pris simultanément le permettent à condition d'être mis en rapport avec la taille du spécimen. Ces trois paramètres discriminants sont : la capacité crânienne, la longueur de la canine inférieure et la longueur de première molaire inférieure.

- **La capacité crânienne mise en relation avec la longueur condylobasale** permet la discrimination de tous les spécimens à l'exception des crânes de deux louveteaux et d'une louve d'environ deux ans (spécimen 979 du Muséum de Grenoble, originaire d'un zoo, dont la pureté génétique n'est pas certaine) (figure 3).

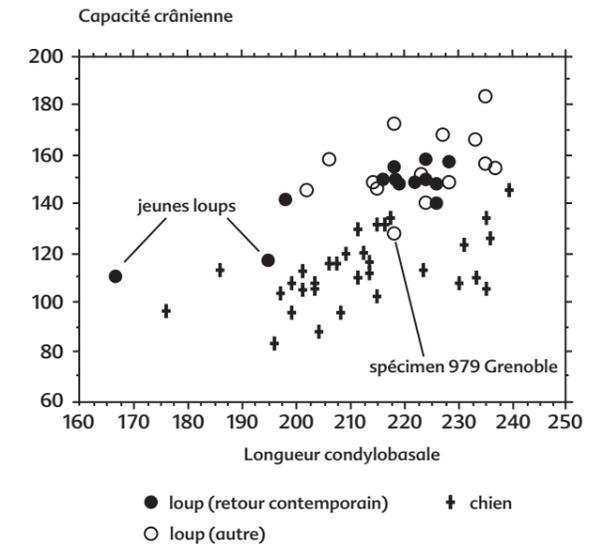


Figure 3 : Capacité crânienne (cm³) des loups et chiens analysés en fonction de la longueur condylobasale.
Figure 3: Wolf and dog skull capacity (cm³) according to the basal condyle length.

- **La longueur de la canine inférieure** sépare parfaitement les deux espèces à l'exception de ce même spécimen 979 (figure 4).

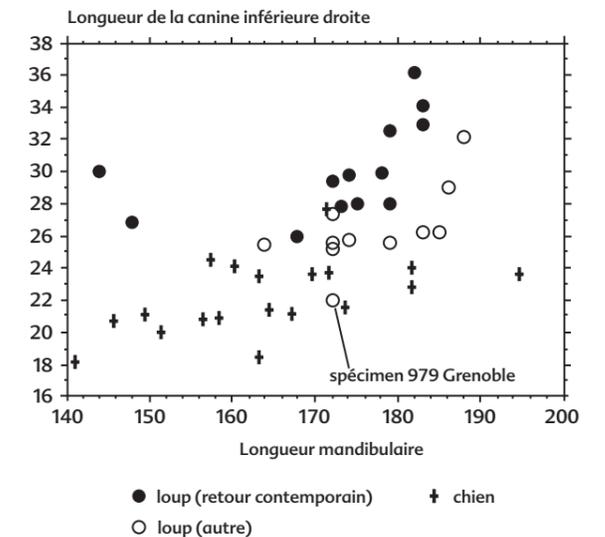


Figure 4 : Longueur de la canine inférieure (mm) des loups et chiens analysés en fonction de la longueur mandibulaire.
Figure 4: Wolf and dog lower canine length (mm) according to mandibular length.

- **La longueur de la première molaire inférieure (figure 5) mise en relation avec la longueur mandibulaire** permet de séparer tous les crânes des deux espèces à l'exception d'un chien de taille exceptionnelle (danois de 60 kg) et de trois loups. Un premier animal étiqueté loup du Muséum de Grenoble. Le squelette de cet animal, trouvé dans un aven à Méaudre (Isère), a été identifié comme loup par Lavauden mais il s'agit très certainement d'un chien. En effet, son crâne présente un angle orbital intermédiaire (49°), et la longueur de la quatrième prémolaire supérieure est typique d'un chien (19,8 mm). Les deux autres loups sont originaires de parcs zoologiques.

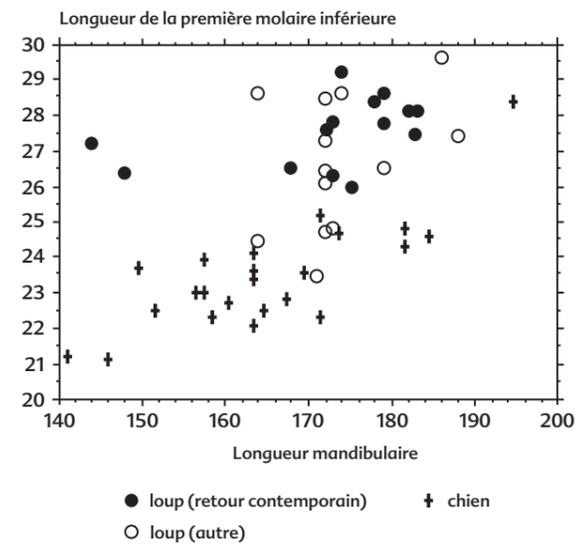


Figure 5 : Longueur de la première molaire inférieure (mm) des loups et chiens analysés en fonction de la longueur mandibulaire.
Figure 5: Wolf and dog first lower molar (mm) according to mandibular length.

Il faut noter que tous les loups de retour contemporain (espèce confirmée par ADN), d'origine italienne, sont discriminés des chiens en utilisant les trois paramètres ci-dessus.

Le cas de l'angle orbital

Alors que la majorité des auteurs (Mech, 1970 ; Boscagli, 1985 ; Igel, 2002), suivant l'article de Ijlin (1941), considère ce caractère comme l'un des meilleurs pour séparer les deux espèces, nos résultats sont beaucoup plus nuancés.

En effet, la bibliographie indique des valeurs d'angle orbital qui ne se chevauchent pas : entre 40 et 45° chez les loups et de 53 à 60° chez les chiens. Bien que, d'après nos mesures, ce critère soit statistiquement significatif (tableau 5), il ne permet pas d'attribuer de façon certaine un crâne à l'une ou l'autre espèce (figure 6).

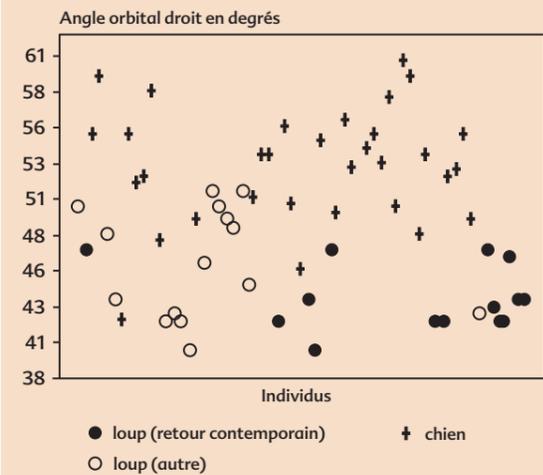


Figure 6 : Angle orbital droit (°) des loups et chiens analysés.
Figure 6: Wolves and dogs right orbital corner.

En effet, nos valeurs mesurées chez le loup (38 à 52°) et chez le chien (42 à 60°) débordent amplement les limites habituellement retenues par les auteurs cités plus haut et se chevauchent largement.

Analyse des caractères morphologiques

Un tableau de contingence a été créé pour chaque caractère morphologique défini par Suminski (1975b) afin d'être analysé par des tests de khi-deux (tableau 7).

Tableau 7 : Les huit caractères morphologiques retenus dans l'analyse.
Table 7: The eight morphological characters used in the analysis.

| Caractères morphologiques | Nombre d'individus (loup / chien) |
|---|-----------------------------------|
| Forme du parasphénoïde | 31 / 33 |
| Forme de la base du vomer | 16 / 23 |
| Forme de la fissure <i>pétrebasialis</i> | 31 / 34 |
| Forme du <i>foramen supramastoïdeum</i> | 31 / 33 |
| Emplacement du <i>canalis incisivus</i> | 31 / 34 |
| Forme du <i>processus pterygoïdeus maxillae</i> | 31 / 34 |
| Forme de la <i>fossa nuchalis mediana</i> | 31 / 34 |
| Position des canines et incisives inférieures | 31 / 32 |

Un caractère isolé est d'autant plus performant que l'attribution d'un crâne à une espèce, attribution établie sur ce seul caractère, correspond à l'attribution réelle définie par l'analyse de tous les autres caractères, morphologiques, biométriques et bien sûr la génétique. Prenons l'exemple de l'observation de la fosse nucale médiane réalisée sur 65 crânes. Certains de ces crânes ont été mal classés par la seule utilisation de ce caractère : trois ont été attribués à des chiens alors que c'étaient des loups (tableau 8). Inversement, 18 ont été attribués à des loups alors qu'il s'agissait de chiens. Au seuil de risque de 5 %, on ne peut accepter de différencier loup et chien par ce seul paramètre.

Tableau 8 : Tableau de contingence et probabilité associée au khi-deux entre attribution réelle et attribution selon la morphologie de la fosse nucale médiane.
Table 8: Contingency tab and khi-two probability between reality and species indication according to medial nuchal pit.

| Attribution selon le caractère fosse nucale médiane | Attribution réelle | |
|---|--------------------|-------|
| | Loup | Chien |
| Chien | 3 | 8 |
| Intermédiaire | 1 | 6 |
| Loup | 26 | 18 |
| Total | 30 | 32 |
| Probabilité liée au khi-deux | 0,0573 | |

La caractéristique conduisant à la meilleure discrimination, relativement à l'analyse globale, est la position des canines et incisives inférieures, avec une probabilité d'erreur liée au khi-deux inférieure à 0.0001, pour un ensemble de 48 crânes (tableau 9).

Tableau 9 : Tableau de contingence et probabilité associée au khi-deux entre attribution réelle et attribution selon la position des canines et incisives inférieures.
Table 9: Contingency tab and khi-two probability between reality and species indication according to lower canines and incisors position.

| Attribution selon la position des canines et incisives inférieures | Attribution réelle | |
|--|--------------------|-------|
| | Loup | Chien |
| Chien | 0 | 17 |
| Intermédiaire | 0 | 2 |
| Loup | 28 | 1 |
| Total | 28 | 20 |
| Probabilité liée au khi-deux | < 0,0001 | |

CONCLUSION : DISCRIMINATION DES CRÂNES DE CHIENS ET DE LOUPS

Il est possible d'arriver à discriminer des loups de souche italienne (*Canis lupus italicus*) et des chiens de taille comparable à partir de leurs crânes, si on se base à la fois sur la capacité crânienne, la longueur de la canine inférieure, la longueur de la première molaire inférieure et la position des canines et incisives inférieures (figure 7). Chacun de ces paramètres, utilisés isolément, étant efficace à l'exception d'aberrations reconnues et interprétées, leur combinaison conduit à une conclusion dont le risque d'erreur est absolument infime. Insistons sur le fait que la prise en compte de la seule capacité crânienne selon la position des canines et des incisives inférieures permet, déjà, de discriminer loups et chiens avec une très faible probabilité d'erreur (figure 8).

A fortiori, la combinaison d'une forte capacité crânienne (supérieure à 130 ou 140 cm³), d'une canine inférieure de plus de 24,5 mm et d'une première molaire inférieure de plus de 25,0 mm associés à une implantation des canines et incisives inférieures de type loup, désigne sans risque d'erreur un loup.

La réalisation d'une base de données plus conséquente, dont tous les spécimens auraient été en amont identifiés de manière certaine par leur ADN, permettrait certainement de tenter une analyse factorielle discriminante donnant la fonction qui sépare au mieux, pour l'ensemble des variables, le groupe loup et le groupe chien. Notons cependant que si cette démarche est prévue, elle ne correspond pas aux objectifs de simplicité fixés dans la démarche présente.

En attendant la constitution d'un tel ensemble de données, le présent travail permet au naturaliste et au technicien, par l'analyse facile et rapide de quelques caractères, de déterminer avec une grande certitude l'appartenance

spécifique d'un crâne trouvé sur le terrain.

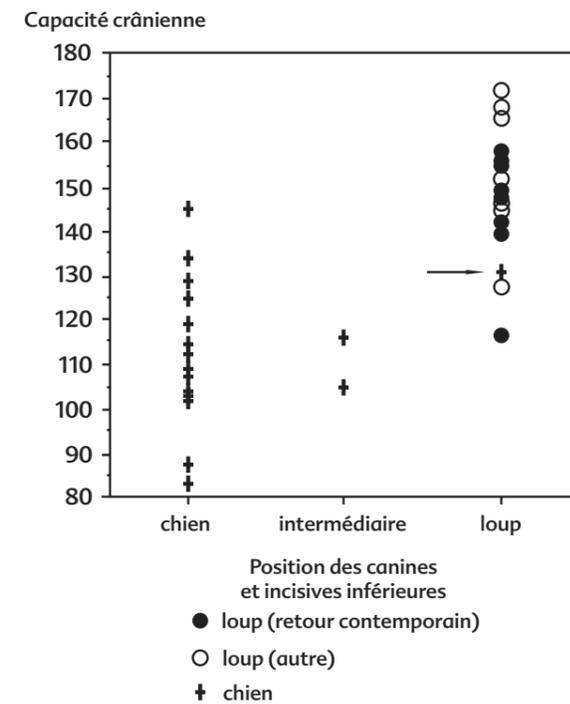
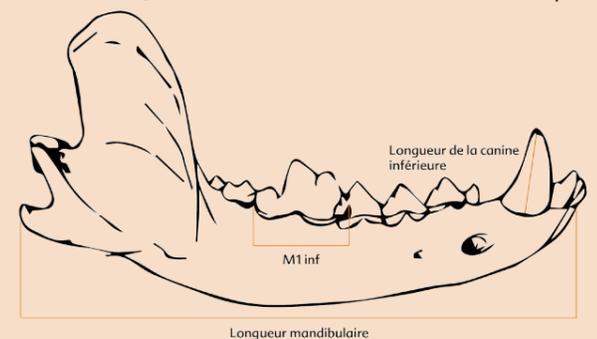


Figure 8 : Combinaison de la capacité crânienne et de la position des canines et incisives inférieures comme facteurs discriminants des loups et des chiens. Un seul animal est mal discriminé; femelle âgée tuée sur une décharge en Iran en 1969; cadavre attribué à un loup, les critères biométriques en font un chien. L'ADN permettrait de statuer, cet animal pouvant être un hybride.
 Figure 8: Combination of skull capacity and lower canines and incisors position as wolves and dogs discriminants factors. Only one animal is incorrectly distinguished, an animal killed in a Iranian dump (1969); the corpse seems to be a wolf's, but biometrical analysis indicates a dog. DNA should allow the true identification.

Technique de mesure de la capacité crânienne : après avoir obtenu avec de la pâte à modeler les différents orifices du crâne par lesquels elles pourraient s'échapper, la cavité crânienne est remplie de lentilles. Secouer légèrement le crâne au cours du remplissage afin qu'elles occupent bien tout l'espace interne. Les lentilles contenues dans la cavité crânienne sont ensuite versées dans une éprouvette (graduée en cm³) sur laquelle le volume est lu. Les lentilles ont été choisies à cause de leurs dimensions régulières (environ 4.5 mm de diamètre pour 2 mm d'épaisseur), de leur petite taille et de la facilité à s'en procurer.

Technique de mesure de la première molaire inférieure, de la canine inférieure et de la mandibule.
 Fist lower molar, lower canine and mandibula measurement technique.



Position des canines et incisives inférieures chez le loup et chez le chien d'après Suminski (1975 b) (photo: Philippe Orsini).
 Wolf and dog lower canine and incisor position according to Suminski (1975 b) (picture: Philippe Orsini).

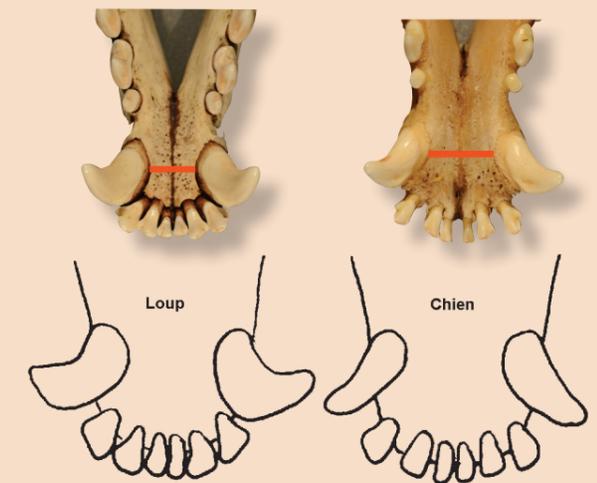


Figure 7 : Mesure des caractères biométriques et morphologiques les plus discriminants.
 Figure 7: Measure the most discriminating biometric and morphological characters.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier le Muséum National d'Histoire Naturelle, les Muséums d'Histoire Naturelle de Nice, Marseille, Aix-en-Provence, Avignon et bien sûr Toulon ainsi que l'ONCFS de Gap qui nous ont permis de mesurer leurs collections de crânes (de loups et de chiens), dans leurs locaux. Nos remerciements vont également aux nombreux naturalistes qui nous ont envoyé

les crânes qu'ils avaient découverts sur le terrain: tous étaient des crânes de chiens. Le seul crâne de loup trouvé chez un particulier était un individu tué lors d'une battue au loup, à la fin du 19^e siècle dans la région de Fayence (Var) et conservé précieusement dans la famille au fil des générations.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson Z., Ozolins J., 2000. Craniometrical characteristics and dental anomalies in wolves *Canis lupus* from Latvia. *Acta Theriologica* 45, 549-558.
- Boscagli G., 1985. *Il lupo*. Carlo Lorenzini editore, 264 p.
- Boussarie B., 1997. De l'origine du *Canis familiaris*. *Pratique médicale et chirurgicale de l'animal de compagnie* 1, 7-11.
- Crégut-Bonnoure E. et Orsini Ph., 2008. Sur la présence du loup en Provence aux environs de 1920. *Faune de Provence* 24/25, 137-141.
- De Beaufort F.G., 1988. *Ecologie historique du loup, Canis lupus L. 1758 en France*. Thèse de Doctorat, Université Rennes I, Rennes, 1105 p.
- Endo H., Obara I., Yoshida T., Kurohmaru M., Hayashi Y., Suzuki N., 1997. Osteometrical and CT examination of the Japanese wolf skull. *Journal of Veterinary Medical Science* 59, 531-538.
- Gautier A., 1990. *La domestication*. Editions Errance, Paris, 277 p.
- Igel R., 2002. *Quand on parle du loup*. Editions Serpenoise, Woippy, 276 p.
- Iljin, N.A., 1941. Wolf-dog genetic. *Journal of Genetics* 42, 359-414.
- Klatt K., 1913. Über den Einfluss der gesamtgröße auf das Schadelbild nebst Bemerkungen über die Vorgeschichte der Haustiere, *Arch. Entw. Mec. Org.*, 36.

- Mesh, L.D., 1970. *The wolf. The ecology and behaviour of an endangered species*. University of Minnesota Press, 384 pages.
- Morey D., 1996. L'origine du plus vieil ami de l'homme. *La Recherche* 288, 72-77.
- Postel-Vinay O., 2004. Le chien, une énigme biologique. *La Recherche* 375, 30-37.
- Skoglund P., Ersmark E., Palkopoulou E., Dalén L., 2015. Ancient wolf genome reveals an early divergence of domestic dog ancestors and admixture into high latitude breeds. *Current Biology* 25, 1-5.
- Stubbe M., Krapp, F., 1993. *Handbuch der Säugetiere Europas*. Verlag GmbH, Wiesbaden, 500 p.
- Suminski P., 1975a. Vergleichende Untersuchungen zwischen dem Wolfsschädel (*Canis lupus* L.) und dem Hundeschädel (*Canis familiaris* L.). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 21, 129-133.
- Suminski P., 1975b. Morphologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Wolfs (*Canis lupus* L.) und Hundeschädel (*Canis familiaris* L.). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 21, 227-232.
- Suminski P., Kobryn K., 1980. Auswertung der Brauchbarkeit einer Diskriminationsanalysemethode zur Geschlechtsbestimmung der Wolfsschädel (*Canis lupus* L. 1758). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 26, 121-126.
- Vila C., Maldonado J.E., Amorim I.R., Rice J.E., Honeycutt R.L., Crandall K.A., Lundeberg J., Wayne R.K., 1997. Multiple and ancient origins of the domestic dog. *Science* 276, 1687-1689.