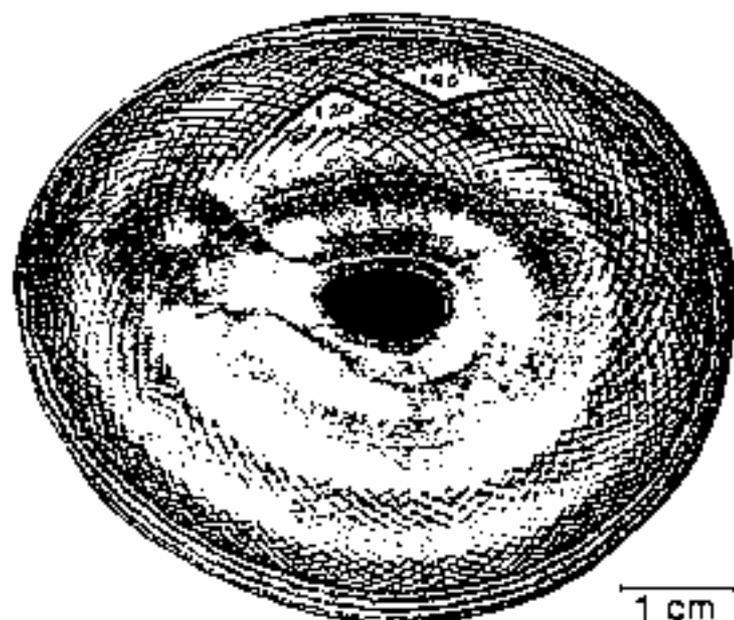


GUIDE D'IDENTIFICATION DE L'IVOIRE ET DE SES SUBSTITUTS

Edgard O. Espinoza
Mary-Jacque Mann



TRAFFIC



en coopération avec le
Secrétariat CITES

Identification de l'ivoire: Introduction

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

QU'EST- CE QUE L'IVOIRE?

LES IVOIRES

Eléphant et mammouth

Morse

Cachalot et orque

Narval

Hippopotame

Phacochère

SUBSTITUTS DE L'IVOIRE

SUBSTITUTS NATURELS

Os

Coquillage

Calao de Malaisie

Ivoire végétal

SUBSTITUTS MANUFACTURES

ANNEXE 1

Marche à suivre pour une identification préliminaire de l'ivoire et de ses substituts

ANNEXE 2

Liste des fournitures et de l'équipement nécessaires pour l'identification préliminaire de l'ivoire et de ses substituts

GLOSSAIRE

REFERENCES SELECTIONNEES

COUVERTURE: Photographie rectifiée des stries de Schreger en coupe dans de l'ivoire d'éléphant. Un angle concave et un angle convexe ont été marqués et la mesure des angles indiquée. Les stries de Schreger et la méthode utilisée pour les mesurer et les interpréter sont expliquées aux pages 10 – 12.

INTRODUCTION

Les méthodes, données et informations de base sur l'identification de l'ivoire compilées dans le présent manuel résultent des recherches conduites par le National Fish and Wildlife Forensics Laboratory américain, d'Ashland, Oregon.

La recherche entreprise avait pour but de mettre au point des moyens visuels et non-destructifs permettant de distinguer, aux points d'entrée, l'ivoire clairement légal de l'ivoire suspecté d'être illégal. Pour cela, il faut que les méthodes soient 1) d'une utilisation simple, et 2) qu'elles ne nécessitent pas d'appareillage scientifique complexe. A cet égard, nous avons réussi.

Vous constaterez à la lecture du texte que nous n'avons pas inclus les données morphologiques classiques et détaillées sur les défenses ou les dents entières essentiellement parce que les structures entières sont assez faciles à identifier, mais aussi parce qu'il est impossible de prévoir quelle partie de la défense ou de la dent sera sculptée. Nous avons donc pris le parti de nous concentrer sur les caractéristiques de l'ivoire lui même qui permettent de déterminer l'espèce.

Le manuel a été conçu de manière à proposer au personnel de lutte contre la fraude, aux scientifiques et aux gestionnaires, un moyen de distinguer visuellement l'ivoire légal de l'ivoire illégal, et de justifier sur la base d'une "cause probable", la saisie d'ivoire suspecté d'être illégal.

Il convient de souligner que si les méthodes décrites dans le présent manuel sont sûres aux fins énoncées ci-dessus (identification visuelle et "cause probable" justifiant la saisie), l'examen par un scientifique compétent des objets d'ivoire sculpté est nécessaire pour identifier formellement l'espèce dont ils proviennent.

Nous espérons que ce manuel pourra vous être utile dans votre activité en faveur de la protection des espèces à ivoire.

Ken Goddard, Directeur du
National Fish & Wildlife
Forensics Laboratory

Pour de plus amples informations, veuillez écrire à:

National Fish & Wildlife
Forensics Laboratory
1490 East Main Street
Ashland, Oregon 97520 USA
Tel. (503) 482-4191
FAX: (503) 482-4989

Le "Guide d'identification de l'ivoire et de ses substituts" été publié en 1991 par le Fond mondial pour la nature et *The Conservation Foundation* sous forme de fascicule. Il a paru dans les trois langues de travail de la Convention.

La fascicule étant épuisé, le Secrétariat a décidé d'en réimprimer le texte et les illustrations pour le manuel d'identification CITES.

Le Secrétariat remercie le Fond mondial pour la nature et *The Conservation Foundation*, qui ont autorisé la réimpression, et les auteurs, qui ont vérifié le texte original; celui-ci n'a pas à être modifié.

QU'EST. CE QUE L'IVOIRE?

Le mot "ivoire" s'applique traditionnellement aux seules défenses d'éléphants. Toutefois, la structure chimique des dents et des défenses des mammifères est la même, quelle que soit l'espèce; le commerce de certaines

dents et défenses autres que celles de l'éléphant est bien établi et largement répandu. L'utilisation du terme "ivoire" est donc correcte dans de cas d'une dent ou d'une défense de mammifère présentant un intérêt commercial et de taille suffisante pour être sculptée ou transformée en petits objets gravés ou légèrement sculptés.

Les dents et les défenses ont les mêmes origines. Les dents sont des structures spécialisées adaptées à la mastication. Les défenses sont des dents de très grande taille faisant saillie hors des lèvres; elles se sont modifiées au cours de l'évolution, et confèrent un avantage à certaines espèces. Les dents de la plupart des mammifères consistent en la racine, le collet et la couronne. La défense se compose de la racine et de la défense proprement dite.

Les défenses et les dents (fig. 8) ont les mêmes structures physiques: cavité pulpaire, dentine, ciment, et émail. La partie centrale est la cavité pulpaire, espace vide dans la dent délimité par la pulpe.

Les odontoblastes tapissent la cavité pulpaire; ce sont les cellules productrices de dentine. La dentine, dont sont essentiellement constitués les objets d'ivoire sculptés, forme une couche d'une épaisseur égale autour de la cavité pulpaire et constitue le gros de la dent ou de la défense. C'est un tissu conjonctif minéralisé dont la trame organique est composée de protéines collagènes. L'élément inorganique de la dentine se compose d'hydroxyapatite $Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)H_2O$. La dentine contient des structures microscopiques, les canalicules; ce sont des micro-canaux qui rayonnent vers l'extérieur à travers la dentine, de la cavité pulpaire au bord externe du ciment. Ces canaux présentent différentes configurations selon les ivoires, et leur diamètre va de 0,8 à 2,2 microns. Leur longueur dépend du rayon de la défense. La configuration tridi-mensionnelle des canalicules de dentine est déterminée génétiquement; c'est donc une des caractéristiques de l'ordre.

A l'extérieur de la dentine se trouve la couche de ciment. Elle enrobe la dentine de la racine des dents et des défenses. Le ciment a pour principale fonction de faire adhérer la racine aux mâchoires supérieure. Des stries d'accroissement sont fréquentes au niveau du ciment.

L'émail – le tissu animal le plus dur – couvre la surface de la dent et de la défense qui a l'usure la plus forte: la couronne. Les adamantoblastes produisent l'émail et disparaissent à la fin du processus. L'émail présente une structure prismatique, les prismes étant disposés perpendiculairement à la couronne. La configuration prismatique de l'émail peut avoir une importance tant sur le plan de la taxonomie que de l'évolution.

Les dents et les défenses peuvent être sculptées en une variété quasiment infinie de formes et d'objets. On peut citer l'exemple de statuettes et autres objets, de bijoux, de manches de couverts, de pièces de marqueterie, de touches de pianos. En outre, les défenses de phacochères, et les dents de cachalots, d'orques la forme originale, comme objets morphologiquement reconnaissables.

L'ivoire et ses substituts peuvent être identifiés sur la base de leurs caractéristiques de classification physiques et chimiques. La démarche adoptée ici pour l'identification de l'ivoire se fonde sur les caractéristiques physiques macroscopiques et microscopiques et sur des tests chimiques simples utilisant la lumière ultraviolette. Le tableau 1, à utiliser conjointement au texte du manuel, est un schéma proposé pour l'identification préliminaire de l'ivoire et de ses substituts. Le tableau 2 résume les caractéristiques d'ivoires commerciaux sélectionnés. L'Annexe 1 est un guide pas à pas permettant l'identification un utilisant le texte du manuel. L'Annexe 2 donne la liste des fournitures et de l'équipement utilisés dans l'identification préliminaire de l'ivoire et de ses substituts.

PLANCHE 1
IVOIRE NATUREL NON TRAVAILLE



1. Défense d'éléphant d'Afrique (incisive supérieure); 2. Défense de morse (canine supérieure); 3. Dent de morse

PLANCHE 2

IVOIRE NATUREL NON TRAVAILLÉ



4. Dents de cétacés (cachalot/orque) ; 5. Narval (incisive supérieure) Remarque: cette défense est partiellement travaillée;
6. Dents d'hippopotame (dans le sens des aiguilles d'une montre: incisive supérieure, canine supérieure, canine inférieure);
7. Défense de phacochère (canine supérieure).

Identification de l'ivoire: Qu'est ce que l'ivoire?_7

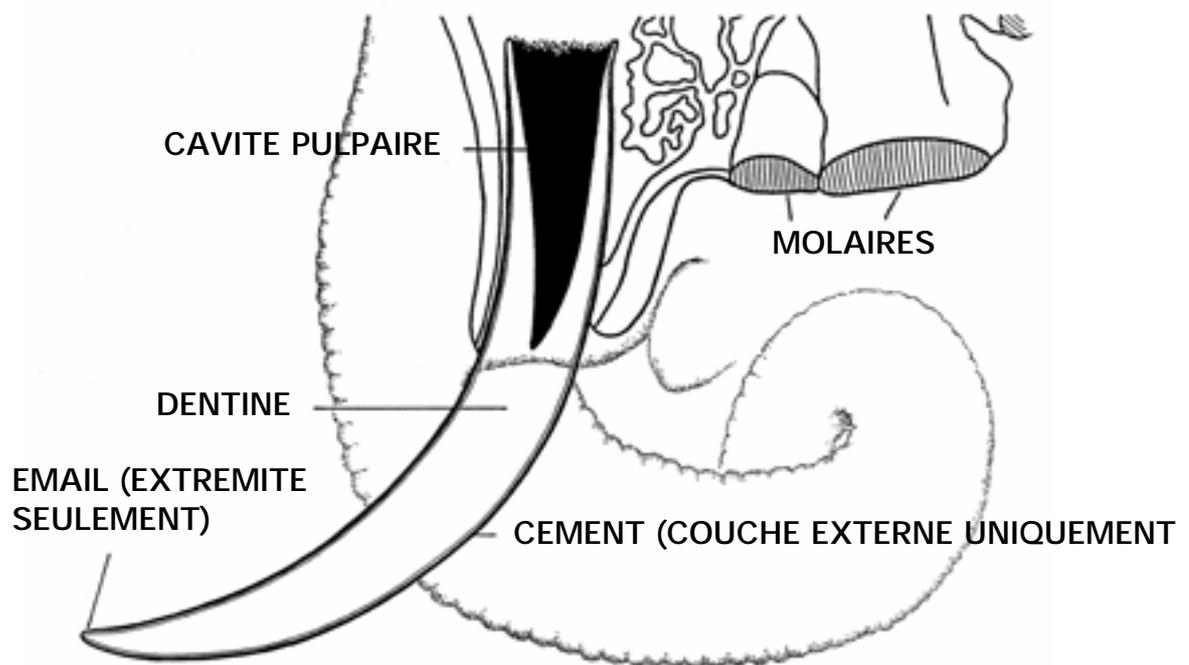
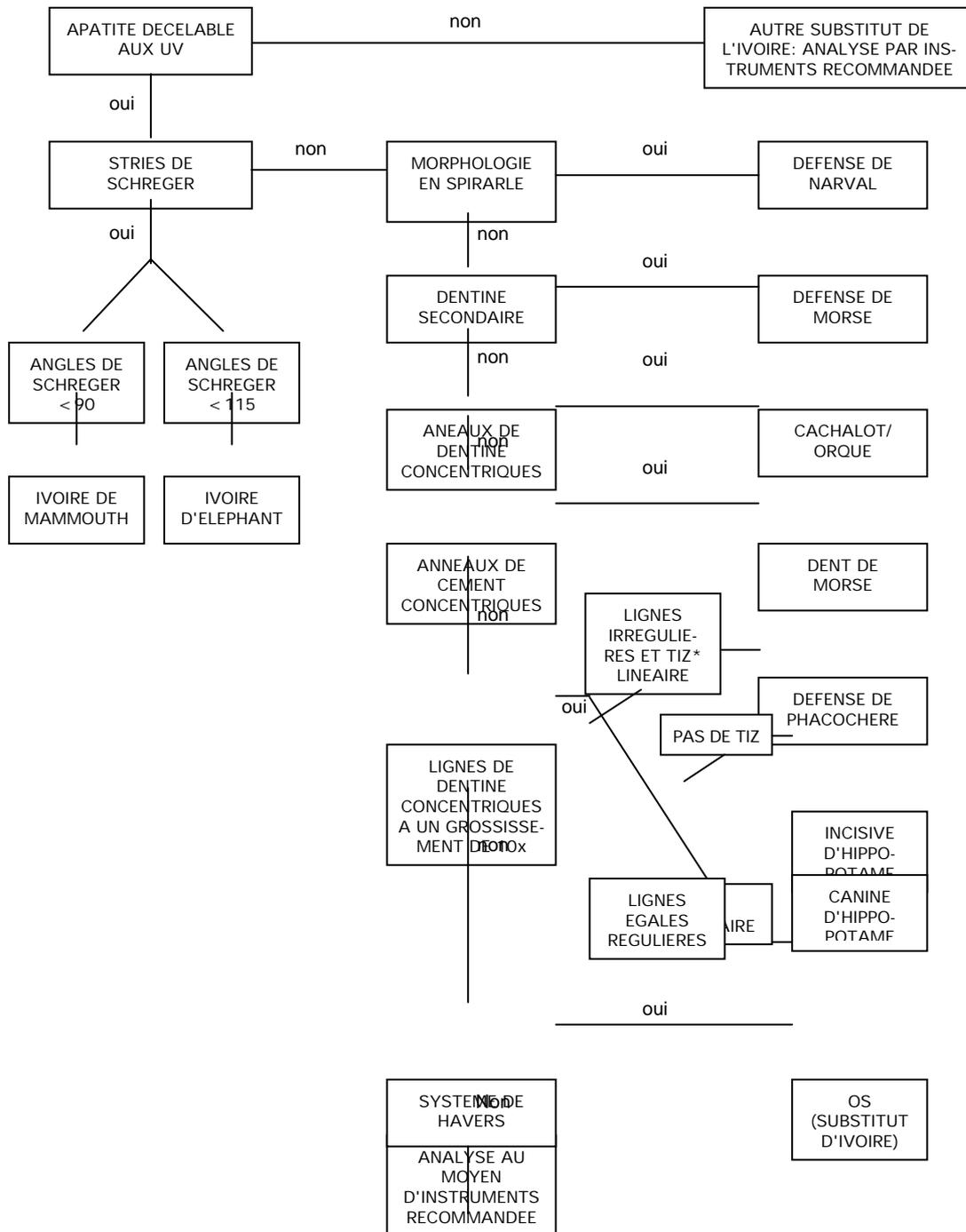


Figure 8. Morphologie d'une défense.

**TABEAU 1. PLAN DE DETERMINATION
PRELIMINAIRE DE L'IVOIRE ET DE SES SUBSTITUTS
EN COUPE TRANSVERSALE**



Identification de l'ivoire: Qu'est ce que l'ivoire? 9

TABLEAU 2. CARACTERISTIQUES D'IVOIRES COMMERCIAUX SELECTIONNES

SOURCE	DENT MODIFIEE	CARACTERISTIQUES MACROSCOPIQUES	CARACTERISTIQUES MICROSCOPIQUES	EMAIL	CARACTERISTIQUES UV
Eléphant (d'Asie et d'Afrique)	incisives supérieures	angles de Schreger > 115 en coupe transversal		extrémité, usé	
Mammoth	incisives supérieures	angles de Schreger > 90 en coupe transversal			présence possible de vivianite
Défense de morse	canines supérieures	dentine secondaire en coupe transversale		extrémité, usé	
Dent de morse	toutes les dents	anneaux de ciment en coupe transversal; hypercémentose		extrémité peut être usé	
Orque/ cachalot	toutes les dents	anneaux de dentine en coupe transversale		extrémité	
Narval	incisives supérieures	spirale; centre creux en coupe transversale		extrémité, usé	
Hippopotame	canines supérieures	coupe transversale; TIZ angulaire	fines lignes concentriques en coupe transversale	bande longitudinale	
Hippopotame	canines inférieures	coupe transversale triangulaire; TIZ angulaire	fines lignes concentriques en coupe transversale	bande longitudinale	
Hippopotame	incisives inférieures	en forme de bâtonnet; pas de TIZ (un point)	fines lignes concentriques en coupe transversale	extrémité	
Phacochère	canines supérieures et inférieures	coupe transversale; TIZ linéaire	fines lignes concentriques en coupe transversale	bande longitudinale	

ELEPHANT ET MAMMOUTH (*Loxodonta africana*, *Elephas maximus*, *Mammuthus primigenus*)

L'ivoire des défenses d'éléphants et de mammouths provient des deux incisives supérieures modifiées d'espèces actuelles ou éteintes du même ordre (proboscidiens). L'éléphant d'Afrique comme celui d'Asie sont des espèces actuelles alors que le mammouth est éteint depuis 10000 ans. L'aire de répartition de *Mammuthus primigenus* se situant en Alaska et en Sibérie, les défenses des animaux de cette espèce ont été bien préservées. *Mammuthus primigenus* est donc le seul proboscidien éteint dont on tire régulièrement de l'ivoire de qualité, susceptible d'être sculpté.

Une défense d'éléphant d'Afrique peut atteindre 3,5 m de long. L'émail n'est présent que sur l'extrémité des défenses des jeunes animaux. Il s'use rapidement et n'est pas remplacé. Les coupes transversales entières de défenses de proboscidiens sont rondes ou ovales. La dentine compose 95% de la défense et présente parfois de larges rubans concentriques. Le ciment, qui peut former une couche épaisse chez les genres éteints, recouvre la défense. Il peut se présenter en une succession de couches, en particulier chez le mammouth

Les coupes transversales polies de dentine d'éléphant ou de mammouth présentent une caractéristique unique – les stries de Schreger¹ les lignes à peine visibles qu'on peut discerner autour du nerf de la défense ou des cavités pulpaires sont les stries intérieures de Schreger. Leurs intersections forment des angles concaves ont des côtés légèrement concaves et s'ouvrent vers la zone médiale (intérieure) de la défense. Les angles convexes ont des côtes quelque peu convexes et s'ouvrent vers la zone (extérieure) de la défense. Les angles de Schreger extérieure, concaves ou convexes, sont aigus chez les proboscidiens éteints et obtus chez les proboscidiens actuels (fig. 9).

On utilise une photocopieuse pour déceler les angles de Schreger dans les coupes transversales d'ivoire d'éléphant ou mammouth. La coupe est placée sur la plaque de verre de la photocopieuse. Une feuille de photocopie transparente bleue peut être intercalée entre l'objet et la plaque pour améliorer les détails de la photocopie. L'agrandissement peut également améliorer l'image et faciliter les mesures.

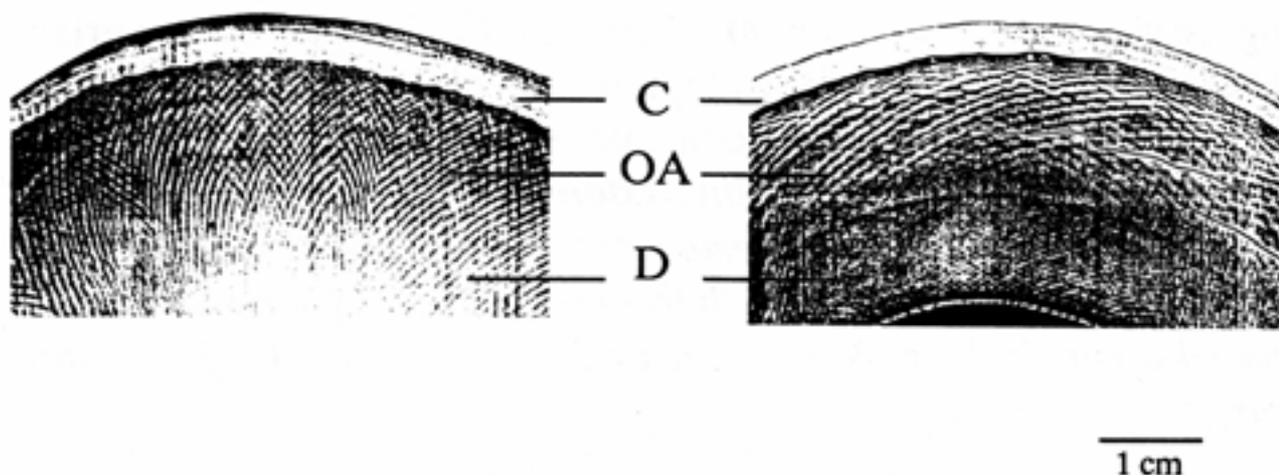


Figure 9. Photocopies de coupes transversales dans l'ivoire de proboscidiens éteints (à gauche) et actuels (à droite). Les angles de Schreger extérieurs (OA) sont ceux qui se trouvent dans la dentine (D) le plus près du ciment (C).

Quand la photocopie de la coupe transversale de l'ivoire est faite, on marque et on mesure les angles de Schreger. On marque et on prolonge les côtés des angles de Schreger au stylo ou au crayon.

¹ Les stries de Schreger, dans la dentine des proboscidiens, ont été décrites en 1800 (Obermayer 1881) par l'anatomiste allemand Benhard Gottlob Schreger. Il ne faut pas les confondre avec les rubans d'Hunter Schreger présentes dans l'émail.

Remarque: Seuls les angles extérieurs devraient être utilisés dans ce test. Quand les angles ont été marqués et prolongés, on mesure les angles avec un compas. Plusieurs angles - concaves et convexes – devraient être marqués et mesurés, après quoi on calcule la moyenne des angles, qu'on peut ensuite comparer à la base de données des figures 10 et 11.

Les figures 10 et 11 indiquent les données obtenues sur les angles dans l'étude des stries extérieures de Schreger de 26 coupes transversales d'ivoire d'éléphant (*Loxodonta africana* et *Elephas maximus*) et 26 coupes transversales d'ivoire de mammoth (*Mammuthus primigenus*). Cinq angles concaves et cinq angles convexes ont été mesurés sur chacun de ces 52 échantillons. La répartition des 520 angles est indiquée à la figure 10. Cette figure montre que les angles de 90 et les angles de 115 se chevauchent dans l'ex- trémité inférieure de la zone d'angles concaves chez l'éléphant, et dans l'extrémité supérieure de la zone d'angles concaves/convexes chez le mammoth. ***Etant donné que les angles spécimens de sources éteintes comme ceux de sources actuelles peuvent présenter des angles de 90 à 115 dans la partie externe de la zone présentant des stries de Schreger, la distinction entre l'ivoire de mammoth et d'éléphant ne devrait jamais reposer sur la seule mesure des angles quand les angles sont mesurés dans cette zone.***

La répartition des moyennes des angles extérieurs concaves et convexes des 52 échantillons d'ivoire d'éléphants et de probosci-diens éteints est présentée à la figure 11. Quand les moyennes sont utilisées pour représenter les angles dans des échantillons individuels, on observe une nette distinction entre les probosci-diens actuels et éteints. Tous les échantillons provenant d'éléphants avaient des moyennes supérieures à 100E et tous ceux des mammoths, inférieures à 100E.

Un autre élément peut être utilisé pour identifier l'ivoire de mammoth. L'ivoire de mammoth présente parfois des inclusions colorées brunes ou bleu-vert dues à la présence d'un phosphate de fer, la vivianite. A l'état naturel, l'ivoire d'éléphant ne présente pas de telles inclusions. Il est intéressant de noter que quand la tache est à peine perceptible, une source de lumière ultraviolette tenue à la main la fait ressortir de façon spectaculaire: elle prend une couleur violette et un aspect velouté. Même décoloré, l'ivoire d'éléphant ne présente pas la fluorescence caractéristique de la vivianite.

Figure 10. Histogramme de tous les angles de Schreger extérieurs d'échantillons d'ivoire de proboscidiens actuels et éteints (N = 260 pour chacun).

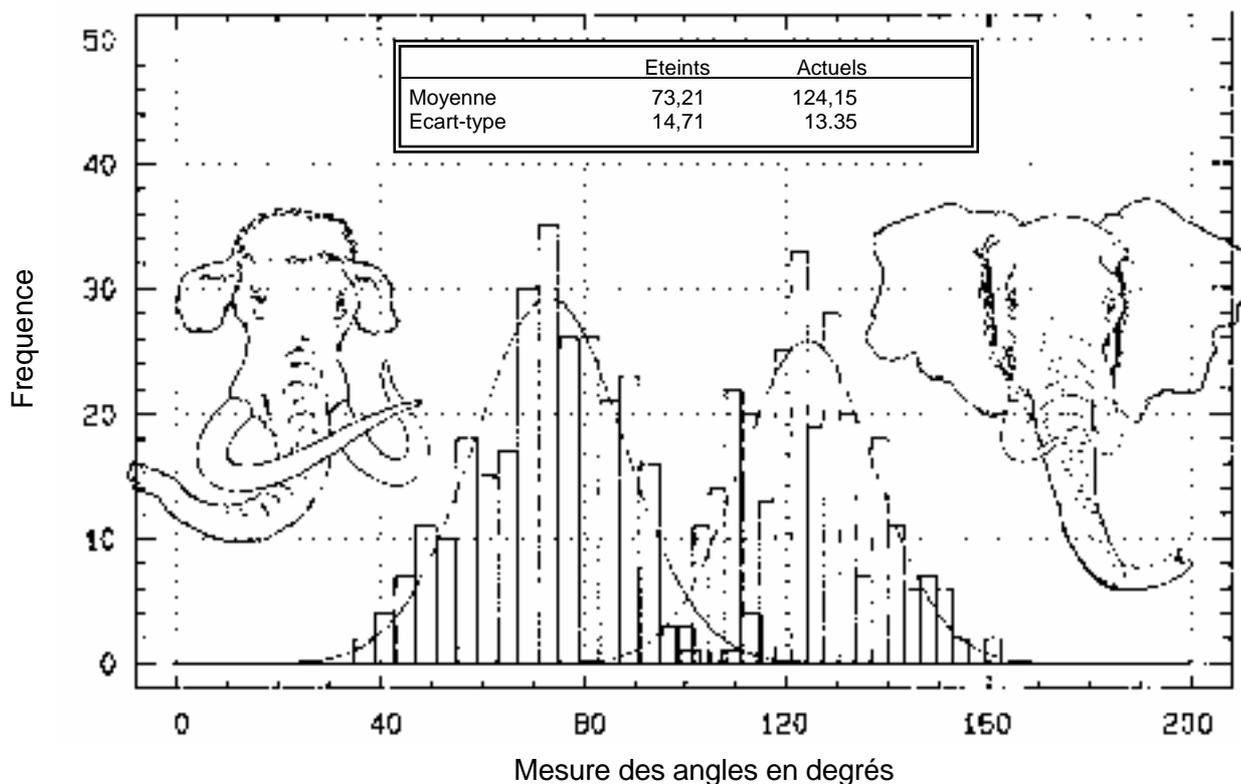
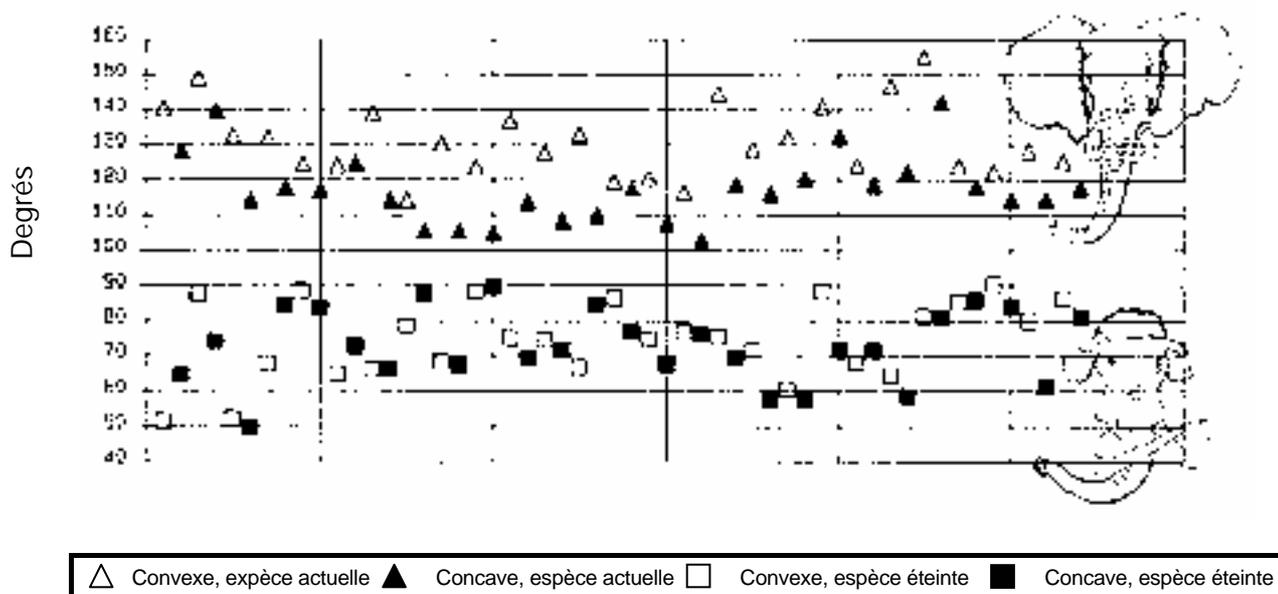


Figure 11. Diagramme des angles de Schreger extérieurs concaves et convexes moyens d'échantillons d'ivoire de proboscidiens éteints (N = 26 pour chacun).



MORSE (*Odobenus rosmarus*)

L'ivoire des défenses de morses provient de deux canines supérieures modifiées. Les défenses d'un morse de Pacifique peuvent atteindre un mètre de long. Les dents de morses sont également sculptées et commercialisées. Les dents ordinaires ont la forme d'une pointe irrégulière, arrondie, d'environ 5 cm de long.

Dans la dent de morse, la dentine est essentiellement de la dentine primaire. Le centre de la dent peut contenir un petit noyau de dentine secondaire apparente. La dentine est complètement enrobée d'une couche de ciment. L'émail est présent ou non, selon la profondeur de la sculpture ou de l'usure. En coupe transversale, la dent de morse présente un ciment très épais avec des anneaux proéminents (fig. 12). Les anneaux concentriques des dents de morse sont dus à une hypercémentose. La dentine est séparée du ciment par un anneau de transition étroit et bien défini.

L'extrémité de la défense de morse a un revêtement d'émail qui s'use durant la jeunesse de l'animal. De fines fissures longitudinales, qui apparaissent comme des fissures radiales dans les coupes transversales, partent du ciment et pénètrent dans la dentine. On peut les observer sur toute la longueur de la défense. Les coupes transversales entières de défenses de morse sont généralement ovales avec des échancrures largement espacées. On trouve deux types de dentine, la dentine primaire et la dentine secondaire (souvent appelée ostéodentine) (fig. 13). La dentine primaire a l'aspect classique de l'ivoire. La dentine secondaire a un aspect marbré ou granuleux. C'est la dentine secondaire qui permet d'établir qu'un ivoire provient d'une défense de morse.

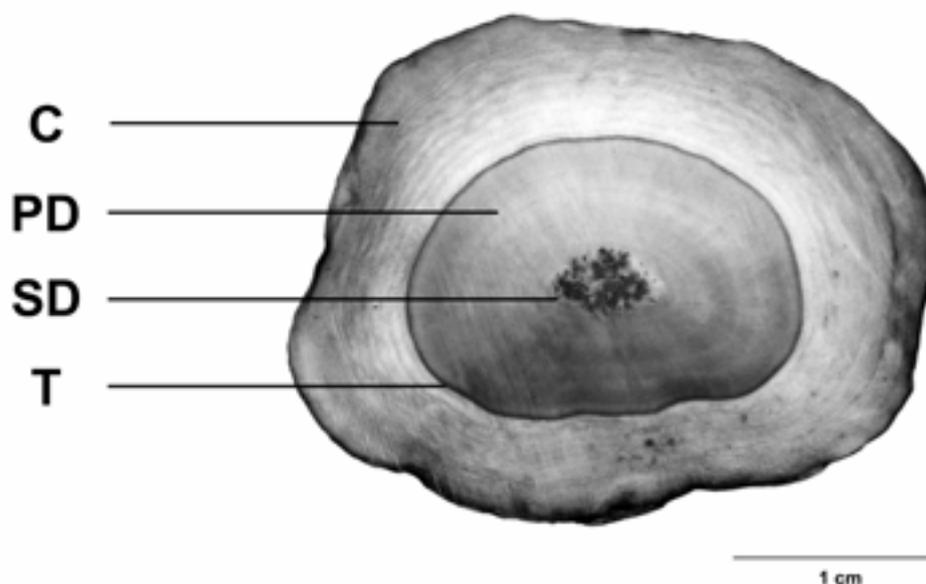


Figure 12. Photo agrandie et améliorée d'une coupe transversale de dent de morse montrant le ciment (C), l'anneau de transition (T) et la dentine primaire (PD). Cette dent présente une petite zone de dentine secondaire apparente (SD). Notez la présence d'anneaux concentriques dans le ciment exceptionnellement épais.

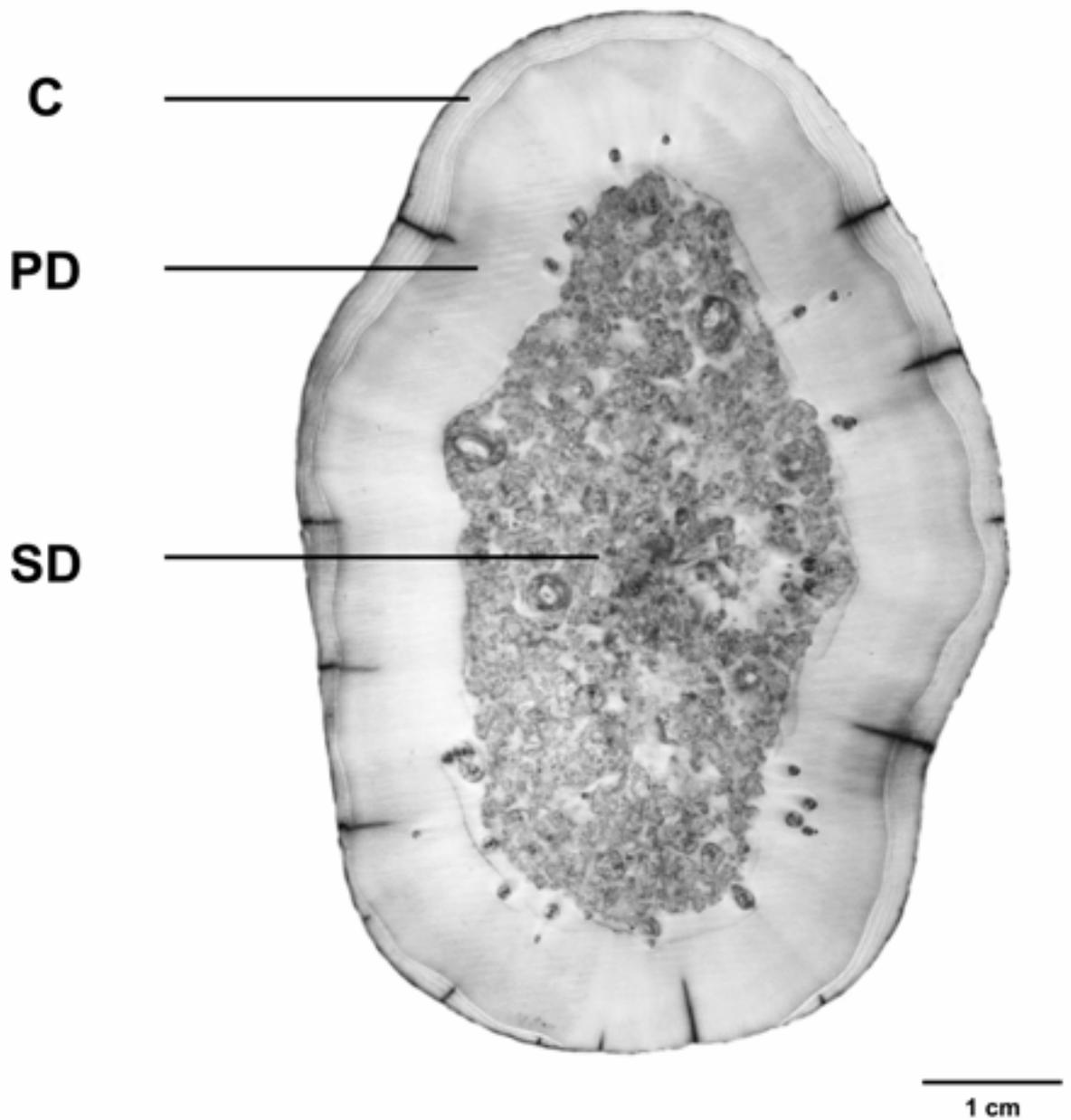


Figure 13. Photo agrandie et améliorée d'une coupe transversale de dent de morse montrant le ciment (C), la dentine primaire (PD) et la dentine secondaire (SD).

CACHALOT ET ORQUE (*Physter catodon* et *Orcinus orca*)

Les dents de cachalot peuvent atteindre une taille respectable. La longueur moyenne est d'environ 20 cm. Les dents d'orque sont plus petites. Les deux espèces ont des dents coniques recouvertes d'une petite quantité d'émail à l'extrémité. Le reste de la dent est recouvert de cément. Les coupes transversales entières de dents de cachalot et d'orque sont rondes ou ovales (fig. 14). En outre, les dents d'orque ont deux indentations périphériques à peine perceptible. La dentine se dépose en un processus laminaire progressif. Il en résulte que les dents de ces espèces présentent en coupe transversale des anneaux concentriques de dentine. Les dents d'orque peuvent aussi présenter en coupe transversale de dentine un dessin de rosette à peine perceptible. La dentine est séparée du cément par un anneau de transition clairement marqué.

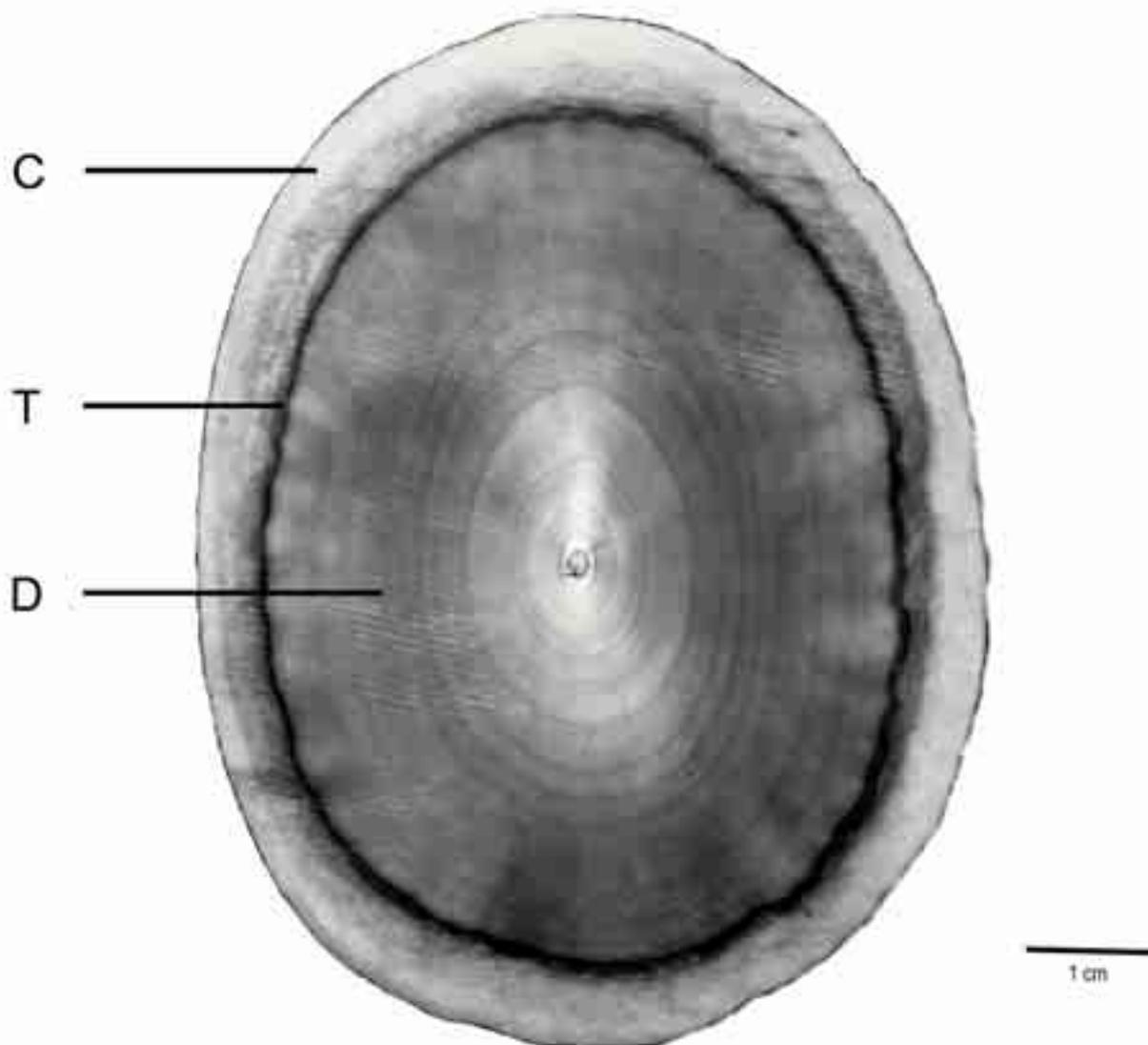


Figure 14. Photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale de dent de cachalot montrant le cément (C), l'anneau de transition (T) et la dentine (D). Notez la présence d'anneaux concentriques dans la dentine.

NARVAL (*Monodon monoceros*)

Le narval est un cétacé de l'Arctique rarement observable. Le mâle de l'espèce a une seule défense à gauche qui est une incisive supérieure modifiée. La défense décrit une spirale tournant à gauche. Chez l'adulte, elle est de deux à sept mètres de long. Il peut y avoir de l'émail à l'extrémité de la défense. Le cément présente souvent des fissures longitudinales qui suivent les zones déprimées de la spirale. Il en résulte une coupe transversale ronde avec des échancrures périphériques. Le cément est séparé de la dentine par un anneau de transition de clairement marqué. La dentine, comme dans le cas du cachalot et de l'orque, présente des anneaux concentriques proéminents. La cavité pulpaire s'étend sur la plus grande partie de la longueur de la défense, ce qui donne un noyau creux en coupe transversale (fig. 15).

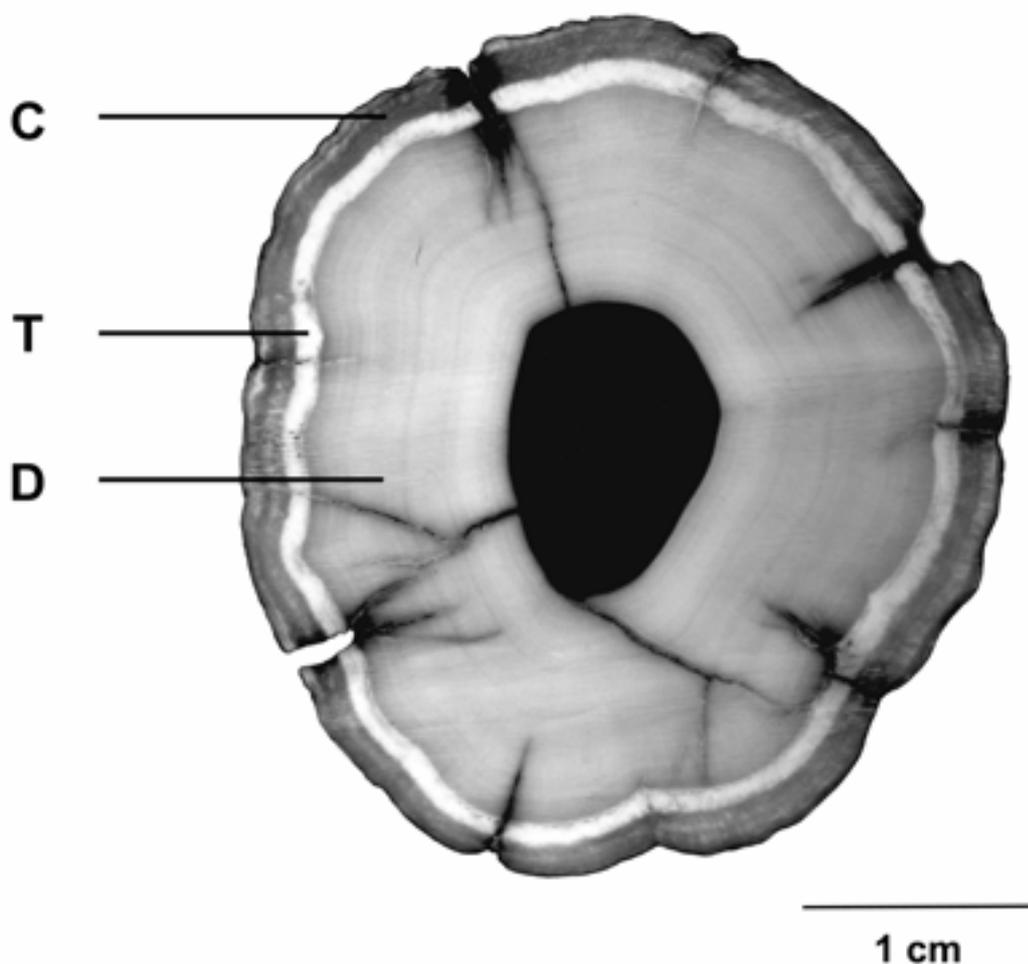


Figure 15. Photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale de dent de narval montrant le cément (C), l'anneau de transition (T) et la dentine (D).

HIPPOPOTAME (*Hippopotamus amphibius*)

Les canines et les incisives supérieures et inférieures sont les principales sources d'ivoire d'hippopotame. Chaque type de dent a une morphologie générale distinctive. En examinant à la loupe une coupe transversale de dentine d'hippopotame grossie 10X, on observe une série très serrée de fines lignes concentriques. Ces lignes peuvent avoir un espacement régulier ou irrégulier. Leur orientation suit la forme générale de la dent. Le centre de la dent peut présenter une zone interstitielle (TIZ). Cette zone représente la convergence de croissance de la dentine en développement.

Les canines supérieures incurvées de l'hippopotame ont une coupe transversale ovale à arrondie. Quand la dent n'est pas travaillée, une découpe longitudinale profonde entaille la longueur de la dent sur sa face interne. Cette bande d'émail disparaît souvent quand la dent est sculptée. La surface non recouverte d'émail présente une très fine couche de ciment qui peut elle aussi disparaître quand la dent est gravée. La zone interstitielle de la canine supérieure forme une ligne incurvée ou plus ou moins arquée (fig. 16).

Les canines inférieures sont les dents de plus grande taille chez l'hippopotame. Elles sont fortement incurvées. La coupe transversale d'une canine inférieure est triangulaire. Les canines inférieures brutes présentent de faibles échancrures longitudinales; elles sont ridées en surface et recouvertes d'émail aux deux-tiers environ. Comme dans le cas de la canine supérieure, les zones non recouvertes d'émail présentent une fine couche de ciment. Et comme pour les canines supérieures, ces caractéristiques de surface ont souvent disparu quand l'ivoire a été travaillé. La zone interstitielle de la canine inférieure forme une ligne plus ou moins arquée (fig. 17).

Les incisives de l'hippopotame sont en pointe. L'émail recouvre la couronne. En coupe transversale, le centre de la dent présente un petit rond (fig. 18).

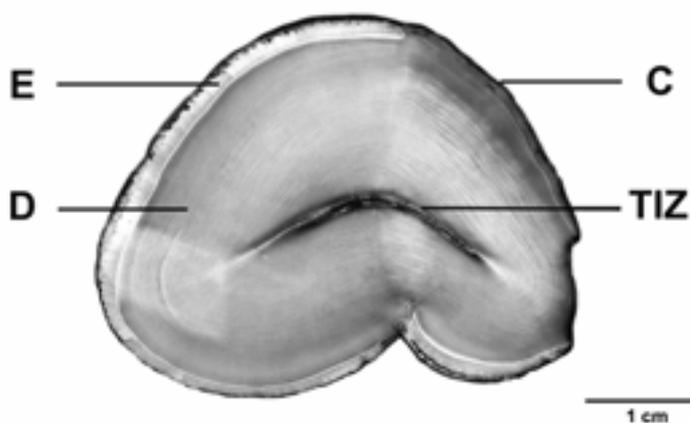


Figure 16. Photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale de canine supérieure d'hippopotame montrant le ciment (C), l'émail (E) et la dentine (D). Notez la zone interstitielle (TIZ) angulaire de la dent et les fines lignes présente dans la dentine.

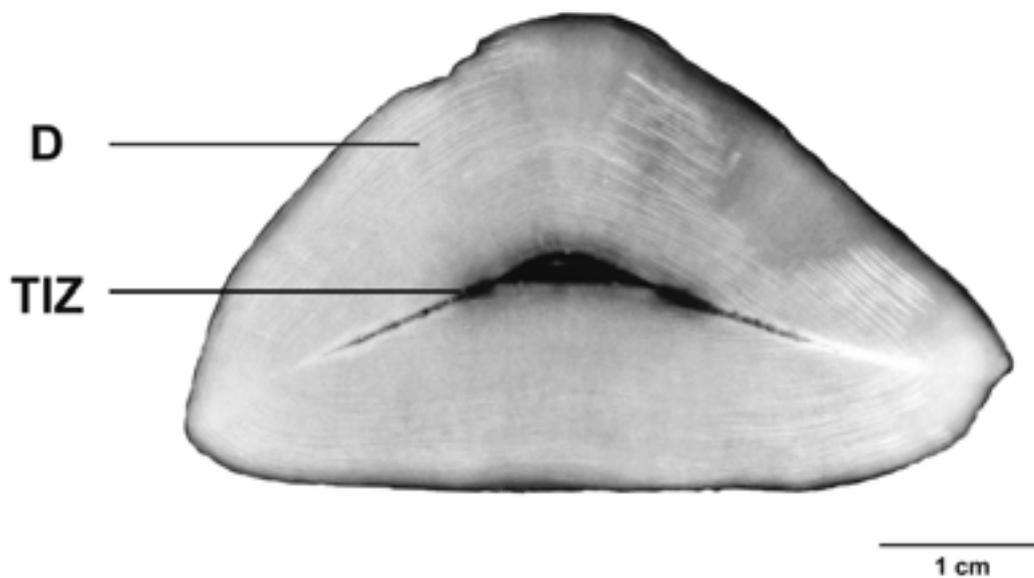
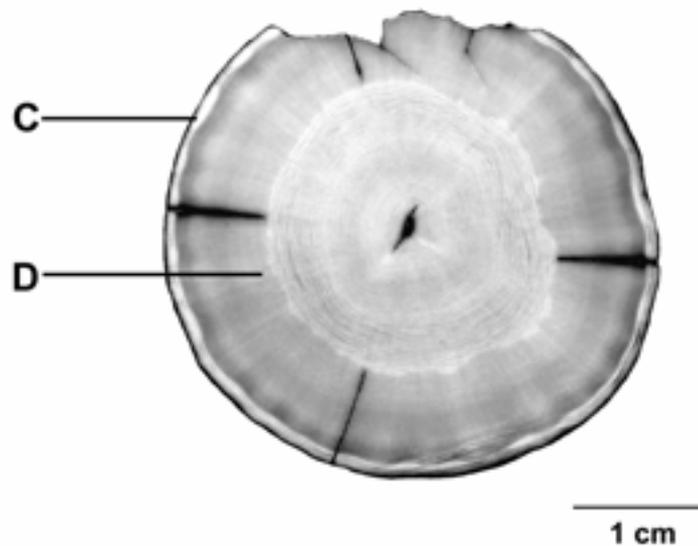


Figure 17. Photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale de canine inférieure d'hippopotame montrant la dentine (D). Ici, le ciment a été enlevé au moyen d'un outil. Notez la zone interstitielle (TIZ) arquée et les fines lignes dans la dentine.

Figure 18. Photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale d'incisive d'hippopotame montrant le



cément (C) et la dentine (D). Notez les fines lignes dans la dentine.

PHACOCHERE (*Phacochoerus aethiopicus*)

L'ivoire de phacochère provient des canines supérieures et inférieures de l'animal. Les défenses sont fortement incurvées et présentent généralement une coupe transversale carrée. Des sillons sur toute, ou presque toute, la longueur, et une bande d'émail longitudinale couvrant environ la moitié à deux-tiers de la surface, s'observent sur les dents non travaillées. La zone interstitielle forme une ligne étroite. L'ivoire de phacochère a plutôt un aspect moucheté. L'examen à la loupe d'une coupe transversale grossie 10X permet d'observer dans la dentine des lignes concentriques à espacement irrégulier d'une épaisseur variable (fig. 19).

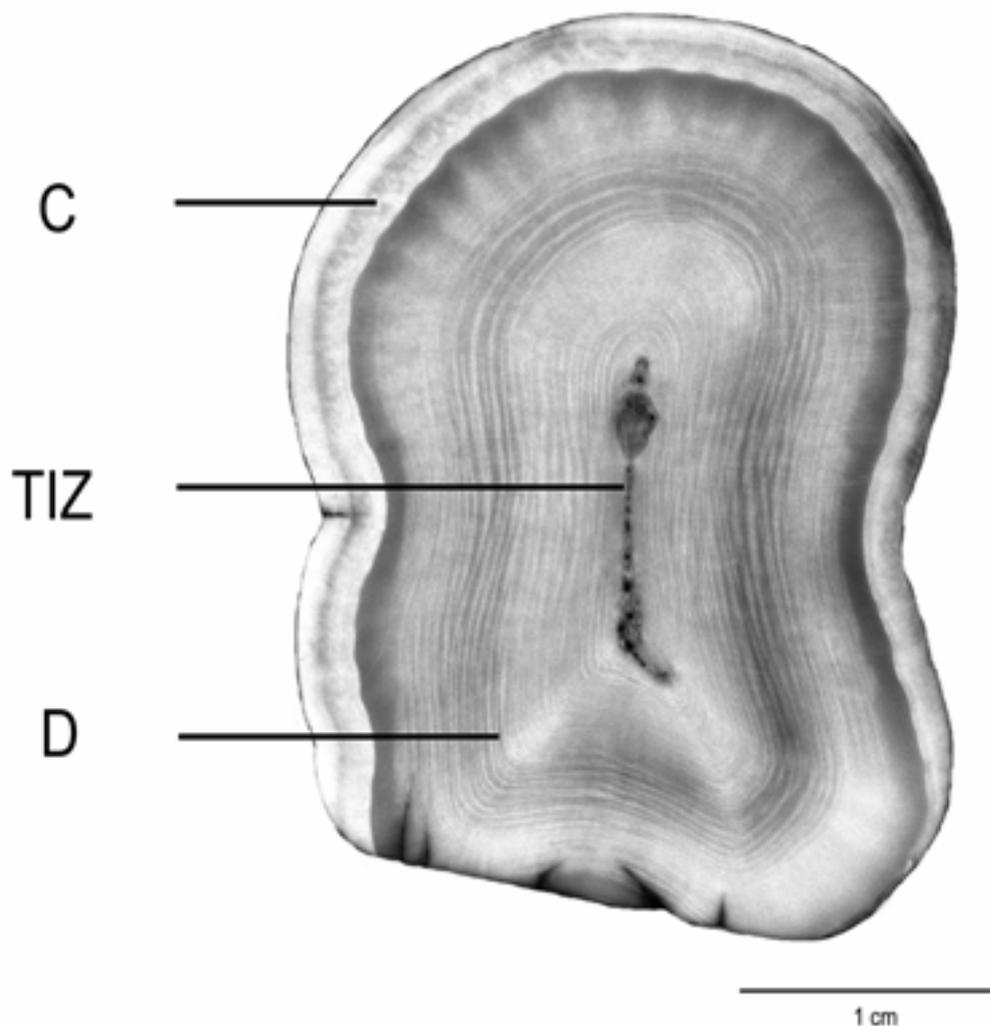


Figure 19. Photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale de défense de phacochère montrant le ciment (C) et la dentine (D). Notez la zone interstitielle (TIZ) et les fines lignes dans la dentine.

SUBSTITUTS DE L'IVOIRE

Il y a deux catégories de substituts de l'ivoire: naturels et manufacturés. Parmi les substituts naturels on peut citer l'os, le coquillage, l'ivoire de calao et l'ivoire végétal. Le plastique est un type de substitut manufacturé de l'ivoire. Les substituts de l'ivoire se distinguent facilement de l'ivoire véritable par leur réactivité à lumière ultraviolette combinée à leurs caractéristiques physiques. Des examens complexes en laboratoire, utilisant une technique non destructive, la spectroscopie infrarouge de transformation de Fourier (FT-IR), compléteront l'identification par l'analyse des composantes chimiques des substituts de l'ivoire. Le tableau 3 résume les caractéristiques des substituts de l'ivoire.

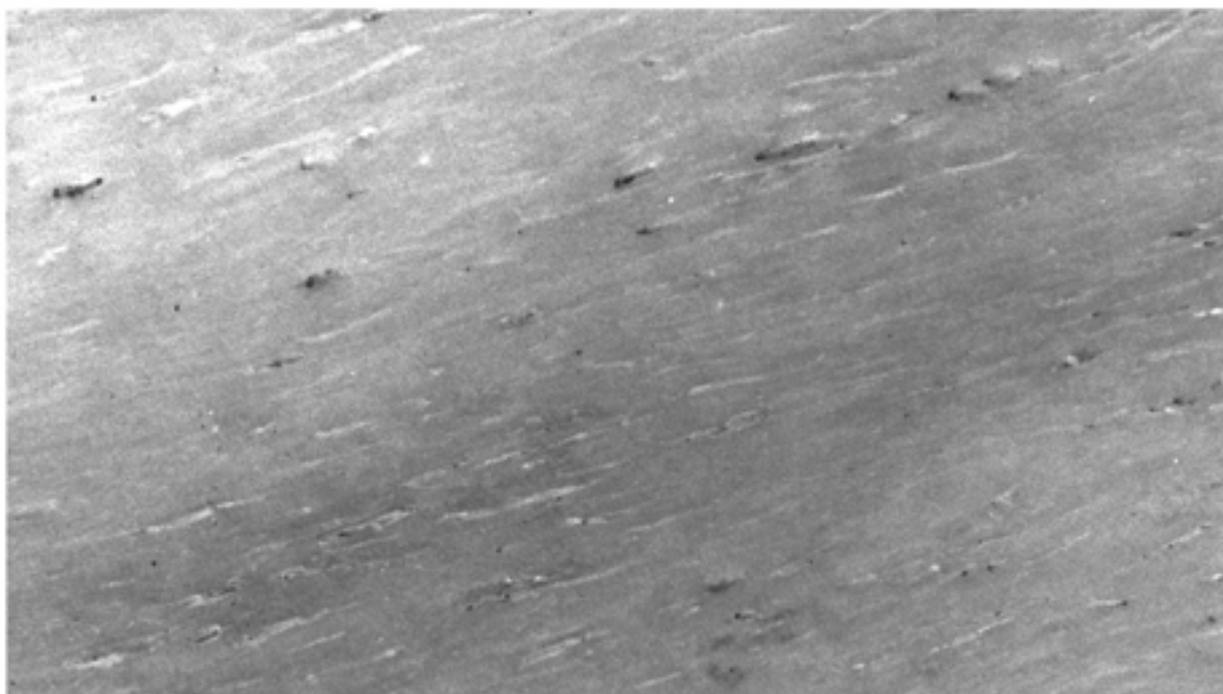
TABLEAU 3. CARACTERISTIQUES DE CLASSIFICATION DE SUBSTITUTS SELECTIONNES DE L'IVOIRE

SOURCE	MATIERE	CARACTER-ISTIQUE MACROSCOPIQUE	CARACTER-ISTIQUE MICROSCOPIQUE	CARACTER-ISTIQUE UV
Os	hydroxyapatite	système de Havers		fluorescent comme l'ivoire
Coquillage	carbonate de calcium	présence possible de marbrures		marbrures bleu terne fluorescentes
Bec de calao de Malaisie	kératine	coloration rouge à la périphérie		la couleur rouge paraît bleue; la coloration ivoire ne change pas
Ivoire végétal	cellulose	présence possible d'une enveloppe brun foncé	fines lignes concentriques	fluorescent comme l'ivoire
Substituts manufacturés de l'ivoire	caséine et résine			absorbent les UV; aspect bleu terne; celluloïd couleur "moka"
Substituts manufacturés de l'ivoire	poudre d'ivoire et résine			absorbent les UV; aspect bleu terne
Substituts manufacturés de l'ivoire	polyester ou résines phénoliques			absorbent les UV; aspect bleu terne

SUBSTITUTS NATURELS DE L'IVOIRE

Os

L'os est un tissu conjonctif minéralisé composé de dahllite, de protéines et de lipides. L'os compact, qui est le plus souvent utilisé comme substitut de l'ivoire, est parcouru par une série de canaux par lesquels circule un fluide. C'est le système de Havers. Les canaux de Havers sont visibles à la loupe à un grossissement de 10X sur une surface osseuse polie. Les canaux forment des trous irréguliers, à l'aspect de piqûres de matière organique décolorée adhérant aux parois des trous.



1 cm

Figure 20. Microphotographie de l'os. Notez les trous de Havers et les irrégularités à la surface.

Coquillage

La substance dont sont formés les coquillages est constituée de carbonate de calcium; elle forme la couverture protectrice du corps mou des mollusques. Les coquillages peuvent être polis pour obtenir une surface dure très lisse. Ils peuvent présenter un mouchetage coloré également présent à l'examen aux ultraviolets. En l'absence de caractères morphologiques évidents, le meilleur moyen d'identifier un coquillage est la spectroscopie FT-IR.

Calao de Malaisie (*Rhinoplax vigil*)

Le casque du Calao de Malaisie (fig. 21), espèce menacée de Bornéo, peut être sculpté et poli. Le casque est une protubérance creuse, de forme grossièrement cylindrique, fixée sur la partie supérieure du bec de l'oiseau. C'est un trait distinctif par sa taille, qui peut atteindre 8 x 2,5 cm, et sa couleur rouge vif à la périphérie. "ivoire" du casque de calao est encore appelé "ho-ting" ou "jade doré"

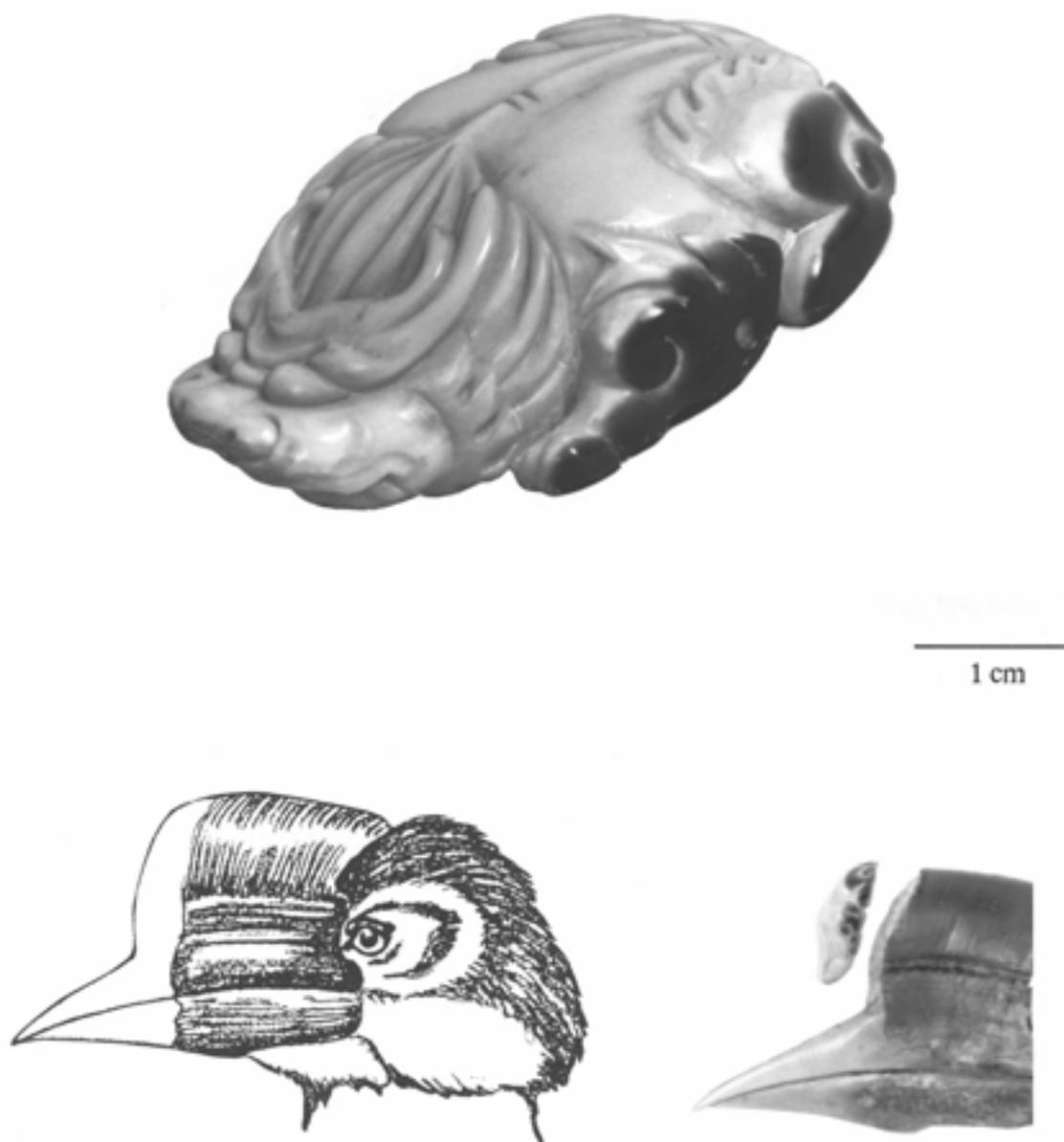


Figure 21. Photo d'un casque sculpté de calao de Malaisie. En bas, à gauche, dessin d'une tête intacte de calao; à droite, photo d'un casque sculpté en position anatomique normale. Notez la coloration à la périphérie

Ivoire végétal (*Phytelephas macrocarpa*)

L'ivoire végétal provient essentiellement des noix contenues dans les fruits d'un palmier, le tagua ou arbre à ivoire (*Phytelephas macrocarpa*); d'autres palmiers de la même sous-famille produisent également des noix d'ivoire. L'arbre à ivoire pousse principalement dans des régions humides du nord de l'Amérique du Sud. La noix mûre, qui peut atteindre la taille d'une pomme, a un albumen cellulosique très blanc, extrêmement dur, qui se travaille comme l'ivoire. L'enveloppe de noix (fig. 22) est noirâtre et est fréquemment intégrée dans la sculpture.

L'examen de la cellulose de l'ivoire végétal sculpté révèle une série de fines lignes concentriques régulièrement espacées (fig. 23) similaires à celles qu'on peut observer dans l'ivoire d'hippopotame. Un examen attentif au microscope à faible grossissement permet de déceler un aspect granuleux ou ridé. Ces caractères ne sont pas toujours apparents sur les surfaces très incurvées. La fluorescence aux UV de l'ivoire végétal est très proche de celle de l'ivoire. En l'absence de caractéristiques morphologiques claires, la meilleure manière d'identifier l'ivoire végétal est donc l'utilisation de la spectroscopie FT-IR. L'un des plus anciens tests permettant de distinguer sur le terrain l'ivoire végétal de l'ivoire véritable est le dépôt d'une goutte d'acide sulphurique à la pièce à examiner. L'acide appliqué à l'ivoire végétal provoque une coloration rose irréversible en environ 12 minutes. Sur l'ivoire véritable, la couleur ne devrait pas prendre. **ATTENTION: Compte tenu du caractère irréversible du test, seule une quantité infime d'acide devrait être appliquée à l'objet en question.**

Figure 22 A gauche, photo agrandie d'ivoire partiellement travaillé de noix de tagua ou l'on voit le tégument de cellulose et l'enveloppe.

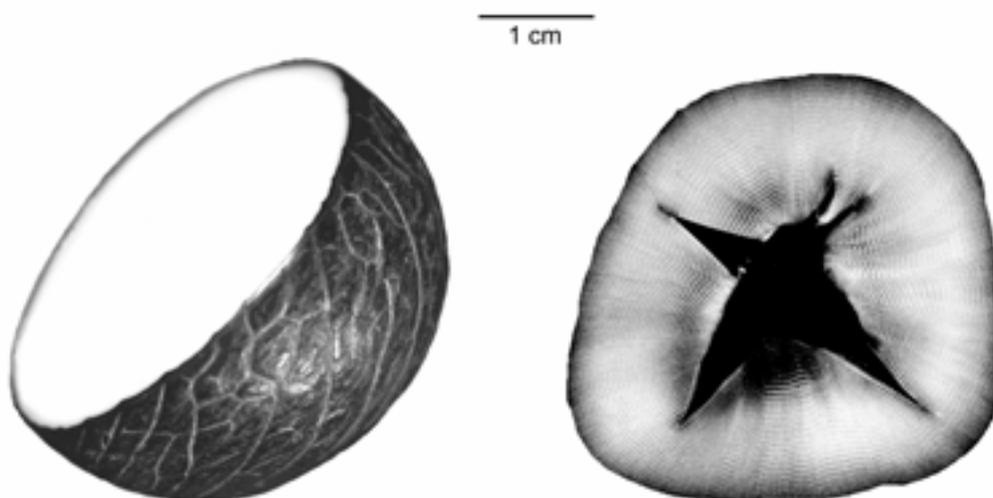


Figure 23. A droite, photo agrandie et rectifiée d'une coupe transversale de noix de tagua. Notez la présence de fines lignes.

Identification de l'ivoire: Substituts Manufactures³⁰

SUBSTITUTS MANUFACTURES DE L'IVOIRE

Il y a trois catégories de substituts manufacturés de l'ivoire: 1) les composés d'une résine organique et d'un matériau inorganique; 2) les composés de la caséine² et d'une résine et 3) les composés de poudre d'ivoire³ avec un liant ou une résine. Les appellations dans le commerce de quelques substituts manufacturés de l'ivoire sont indiquées ci-dessous (tableau 4).

TABLEAU 4. EXEMPLES DE SUBSTITUTS MANUFACTURES DE L'IVOIRE

NOM COMMERCIAL	COMPOSITION	FABRICANT ET/OU DIFFUSEUR
Vigopas P71A	résine de polyester	Raschig Corp., Richmond, Virginie, Etats-Unis
Dekorit 203 Dekorit V384	résine phénolique	Raschig Corp., Richmond, Virginie, Etats-Unis
Galolith	caséine + polyester	Fedra Design Ltd., Providence, Rhode Island, E.-U.
Celluloïd	nitrate de cellulose + camphre; peut contenir de la caséine	production arrêtée
Composites polymères	poudre d'ivoire + résine de styrène	
Ivorite	caséine durcisseur	Yamaha Corporation, Japon
Alabrite	carbonate de calcium + liant adhésif	production arrêtée

Les figures 24 et 25 sont des exemples de substituts manufacturés de l'ivoire. La figure est un celluloïd du début du siècle et la figure 25 une résine polyester moderne. Notez la tentative d'imitation de l'aspect de l'ivoire proboscidién.

² La caséine pure présente une fluorescence UV similaire à celle de l'ivoire. Par contre, les structures chimiques peuvent être facilement distinguées par la spectroscopie FT-IR.

³ Les composés à base de poudre d'ivoire ne sont pas à proprement parler des substituts de l'ivoire. Ils sont soumis aux mêmes mesures de contrôle du commerce international et à l'obtention des mêmes permis que les produits d'ivoire massif.

Quel que soit l'aspect ou la composition chimiques des substituts manufacturés de l'ivoire, ils ont en commun des caractéristiques permettant de les identifier. Quand on projette une lumière ultra-violette sur un objet d'ivoire manufacturé, elle est absorbée et l'objet prend un aspect bleu terne. L'ivoire, quant à lui, a un aspect fluorescence blanc/bleu.

L'identification des substituts manufacturés de l'ivoire est facilitée si les normes des ivoires manufacturés sont disponibles pour pouvoir faire la comparaison quand on utilise la lumière ultraviolette.

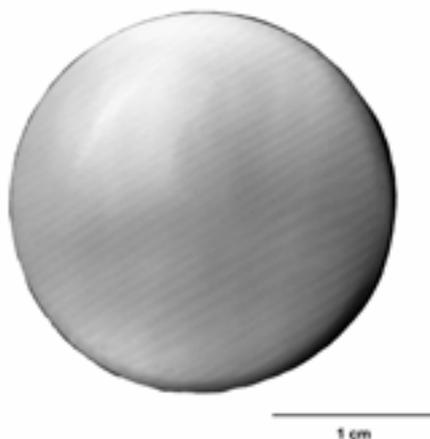


Figure 24. Photo agrandie et rectifiée d'un celluloïd du début du vingtième siècle utilisé comme substitut de l'ivoire. Notez l'aspect qui tente d'imiter celui de l'ivoire proboscidien.

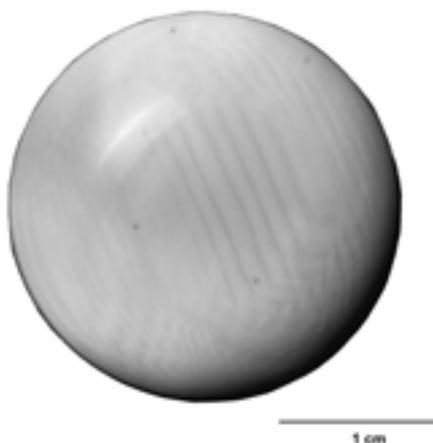


Figure 25. Photo agrandie et rectifiée d'un substitut de l'ivoire, une résine polyester moderne. Notez l'aspect qui tente d'imiter celui de l'ivoire proboscidien.

ANNEXE 1

MARCHE A SUIVRE POUR UNE IDENTIFICATION PRELIMINAIRE DE L'IVOIRE ET DE SES SUBSTITUTS

Nous suggérons d'adopter la marche à suivre indiquée ci-après pour procéder à une identification préliminaire de l'ivoire et de ses substituts. Cette procédure devrait être utilisée en suivant les indications du texte et des tableaux 1, 2 et 3.

1. Examiner l'objet la lumière ultraviolette à ondes longues*.
2. Examiner l'objet et repérer la présence de caractères morphologiques significatifs (voir les tableaux 1, 2, et 3).
3. Au cas où il y aurait des angles de Schreger, voir les pages 10 à 13.
4. Si l'identification a spécifique n'est pas obtenue aux étapes 1 à 3, soumettre l'objet à l'analyse en laboratoire avec contrôle par instruments.

* *Les radiations ultraviolettes à ondes longues sont dangereuses pour les yeux. Ne **JAMAIS** regarder directement une source de lumière UV.*

ANNEXE 2

LISTE DES FOURNITURES ET DE L'EQUIPEMENT NECESSAIRES POUR L'IDENTIFICATION PRELIMINAIRE DE L'IVOIRE ET DE SES SUBSTITUTS

Lumière ultraviolette à ondes longues*

(Facultatif) Échantillonnage normalisé de fragments d'ivoire, d'os, de coquillage, d'ivoire végétal et de substituts manufacturés d'ivoire, à des fins de comparaison

Loupe à grossissement de 10X

Photocopieuse à contraste variable

Règle

Compas

* *Les radiations ultraviolettes à ondes longues sont dangereuses pour les yeux. Ne **JAMAIS** regarder directement une source de lumière UV.*

GLOSSAIRE

Actuel: existant actuellement, non détruit ni perdu

Adamantoblastes: cellule productrice d'émail

Artiodactyles: ordre des mammifères incluant les hippopotames et les phacochères

Caractéristiques de classification: caractères permettant d'identifier un objet comme appartenant à un groupe d'objets similaires

Casque: protubérance sur la partie supérieure du bec de calao

Cément: tissu dentaire minéralisé recouvrant la dentine et permettant à la dent ou à la défense 'adhérer à la mâchoire

Cétacés: ordre des mammifères incluant les dauphins et les baleines

Concentrique: ayant un centre commun

Coupe transversale: coupe formant un angle droit avec l'axe de la longueur

Dahlite: minéral formé de phosphate de calcium comprenant la partie inorganique de la dentine et de l'os

Dentine: tissu dentaire minéralisé formant habituellement la plus grande partie de la dent

Email: tissu dentaire minéralisé recouvrant temporairement ou en permanence l'extérieur d'une dent ou d'une défense

Eteint: qui n'existe plus, qui a disparu

Fossilisation: remplacement des éléments naturellement présents dans la dent ou dans la défense par des composants élémentaires de son environnement

FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy): technique non destructive d'analyse chimique de matériaux fondée sur l'interaction moléculaire avec la radiation infrarouge. Le résultat analytique de cette technique s'exprime par un interférogramme

Hypercémentose: état aboutissant à des dépôts anormalement importants de ciment sur une dent

Macroscopique: de taille suffisante pour être observable à l'oeil nu

Mandíbule: mâchoire inférieure

Maxillaire: mâchoire supérieure

Microscopique: de taille nécessitant l'utilisation d'une loupe ou d'un microscope pour pouvoir être observé; non visible à l'oeil nu

Moyenne: moyenne statistique

Odontoblaste: cellule productrice de dentine

Pinnipèdes: ordre des mammifères incluant les morses

Prismatique: composé de prismes (cristaux aux faces et aux arêtes présentant une configuration spécifique)

Proboscidiens: ordre des mammifères incluant les éléphants et les mammoths

“Scrimshaw”: os ou ivoire gravé ou superficiellement sculpté

Stries de Schreger: réseau de lignes croisées propre à l'ivoire des proboscidiens

Système de Havers: série d'espaces connectés permettant le transport des fluides dans l'os

Zone interstitielle: espace entre les zones convergentes de la dentine

REFERENCES SÉLECTIONNÉES

Caractéristiques chimiques de l'ivoire

- Baer, N.S., N. Indicator, J.H. Frantz and B. Appelbaum. 1971. The effect of high temperature on ivory. Studies in Conservation 16:1-8.
- Lafontaine, R.H. and P.A. Wood. 1982 The stabilization of ivory against relative humidity fluctuations. Studies in Conservation 27:109-117.
- LeGeros, R.Z., O.R. Trautz, E. Klein and J.P. LeGeros. 1960. Two types of carbonate substitution in the apatite structure. Experientia 26:5-7.
- Matienzo, L.J. and C.E. Snow. 1986. The Chemical effects of hydrochloric acid and organic solvents on the surface of ivory. Studies in Conservation 31:133-139.
- Mc. Donnel, D. 1965. Crystal chemistry of hydroxyapatite: its relation to bone mineral. Archives of Oral Biology 10:421-431.
- Rajaram, A. 1986. Tensile properties and fracture of ivory. Journal of Materials Science Letters 5:1077-1080.
- Rorimer, J.J. 1931. Ivory and bone. Ultraviolet Rays and Their Use in the Examination of Works of Art. Metropolitan Museum of Art, New York.

Classification et morphologie de l'ivoire

- Brown, G. and A.W. Moule. 1977. The structural characteristics of elephant ivory. The Australian Gemmologist 13 (1):13-17.
- Brown, G and A.W. Moule. 1977. The structural characteristics of elephant ivory. The Australian Gemmologist 13(2):47-60.
- Espinoza, E.O., M.J. Mann, J.P. LeMay, and K.O. Oakes. 1990. A method for differentiating modern from ancient proboscidean ivory in worked objects. Current Research in the Pleistocene 7:81-83.
- Espinoza, E.O., and Mann, M.J. 1993. The History and Significance of the Schreger Pattern in Proboscidean Ivory Characterization. Journal of the American Institute for Conservation, Vol. 32. No.3:241-248.
- Fisher, D.C. 1987. Mastodont procurement by paleoindians of the Great Lakes region: hunting or scavenging. Evolution of Human Hunting, M.H. Nitecke and D.V. Nitecke (eds.) Plenum Publishing Corp.
- Hanausek, T.F. 1907. The Microscopy of Technical Products (trans. A.L. Winton). John Wiley & Sons, New York, pp.422-429.
- Hohnel, V. 1892. Beitrag zur Kenntniss der technisch verwendeten elfenbeinarten. Zeitschrift fur Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Waarenkunde 7:141-144, 9:183-188, 10:205-211.

- Kingsley, M.C.S. and M.A. Ramsay. 1988. The spiral in the tusk of the narwhal. Arctic (41(3):236-238.
- MacKinnon, J. 1981. The structure and function of the tusks of babirusa. Mammal Review 11(1):37-40.
- Martin, L.A., Boyde, F. Grine and S. Jones (eds.) 1988. Scanning Electron Microscopy of Vertebrate Mineralized Tissues. Scanning Microscopy International, Chicago.
- Miles, A.E.W. and J. W. White. 1960. Ivory. Proceedings of the Royal Society of Medicine 53:775-780.
- Miles, A.E.W. and D.F.G. Poole. 1967. History and general organizations of dentitions. Structural and Chemical Organization of Teeth, Vol. 1 (A.E.W. Miles, ed.) Academic Press, London.
- Miller, W.D. 1890. Studies on the anatomy and pathology of the tusks of the elephant, minute anatomy of the tusks of elephants. The Dental Cosmos 23:421-429.
- Mitchell, J. 1978. Incremental growth layers in the dentine of dugong incisors [Dugong dugon (Muller)] and their application to age determination. Zoological Journal of the Linnean Society 62:317-348.
- Obermayer, F. 1881. Beitrag zur kenntnis des zahnbeines vom elefanten, nilpferd, walross und narwal. Verlag des Vereines der Wiener Handels-Akademie: 102-113.
- O'Connor, T.P. 1984. On the structure, chemistry and decay of bone, antler and ivory. U.K.I.C. Archaeology Section Proceedings, United Kingdom.
- Owen, R. 1845. Odontography. London
- Owen, R. 1854. The Principle Forms of the Skeleton and of the Teeth. Blanchard and Lea. Philadelphia.
- Owen, F.R.S. 1856. Ivory and the teeth of commerce. Journal of the Society of Arts 5 (213):65-71.
- Penniman, T.K. 1952. Pictures of ivory and other animal teeth, bone and antler. Occasional Paper on Technology 5:13-18.
- Saunders, J.J. 1979. A close look at ivory. The Living Museum 41(4):56-59.
- Sanford, E.C. 1973. The Identification and Working of Ivory. Thesis, Institute of Archaeology. University of London.
- Shell, H.1983. Is it Ivory? Ahio Publishing Co. Tulsa, Oklahoma.
- Thornton, J. 1981. The structure of ivory and ivory substitutes. A.I.C. Preprints of Ninth Annual Meeting, Philadelphia.
- Thornton, J.I., K. Guenther, et.al. 1980. Forensic Identification of Ivory Species. Final Report on contract no. 14-16-0009-031, U.S. Fish & Wildlife Service.
- Vereshchagen, N.K. and A.N. Tikhonov. 1987. A study of mammoth tusks from permafrost of northeastern Siberia. Current Research in the Pleistocene 4:120-122.

Substituts de l'ivoire

- Barfod, A. 1989. Rise and fall of vegetable ivory. Principes 33:181-190.

- Cats-Kuener, C.S.W. Manger 1961. Casque and bill of *Rhinoplax vigil* (Forst.) in connection with the architecture of the skull. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Verhandelingen Afdeling Naturkunde Series 2.53(3):1-51.
- Harrisson, T. 1969. "Ho-ting": hornbill ivory. Chinese Snuff Bottles May: 82-92.
- Hunger, F.J. 1990. Tagua: the vegetable ivory substitute. Fine Woodworking 83:65-67.
- Schabillon, S. 1983. All In a Nutshell: The Story of the Vegetable Ivory Nut. Keystone Comedy, Mississippi.

Commerce de l'ivoire

- Bruemmer, F. 1989. Ancient spell of the sea unicorn. International Wildlife Nov/Dec: 38-43.
- Federal Register. 1989 Moratorium on importation of raw and worked ivory from all ivory producing and intermediary nations. Federal Register 54(110):24758-24761.
- Martin, E.B. 1990. Ivory billiard balls. BBC Wildlife 8(9): 622-623.
- O'Connell, M.A. and M. Sutton. 1990 The Effects of Trade Moratoria on International Commerce in African Elephant Ivory: A Preliminary Report. World Wildlife Fund and the Conservation Foundation [in cooperation with TRAFFIC (USA)], Washington, D.C.
- Tolmachoff, I.P. 1929. The carcasses of the mammoth and rhinoceros found in the frozen ground of Siberia. Transactions of the American Philosophical Society 23:12-14.
- Westendarp, W. 1880. Das gebiet der elephanten und der elfen bein-reichthum indiens und afrikas. Mittheilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg 1878-79: 201-213.

Divers

- Burack, B. 1984. Ivory And Its Uses. Charles E. Tuttle Co., Vermont.
- Maskell, A. Ivories. 1966, Charles E. Tuttle, Co., Vermont.
- St. Aubyn, F. (ed.) 1987. Ivory: An International History and Illustrated Survey. Harry N. Abrams, Inc. New York.