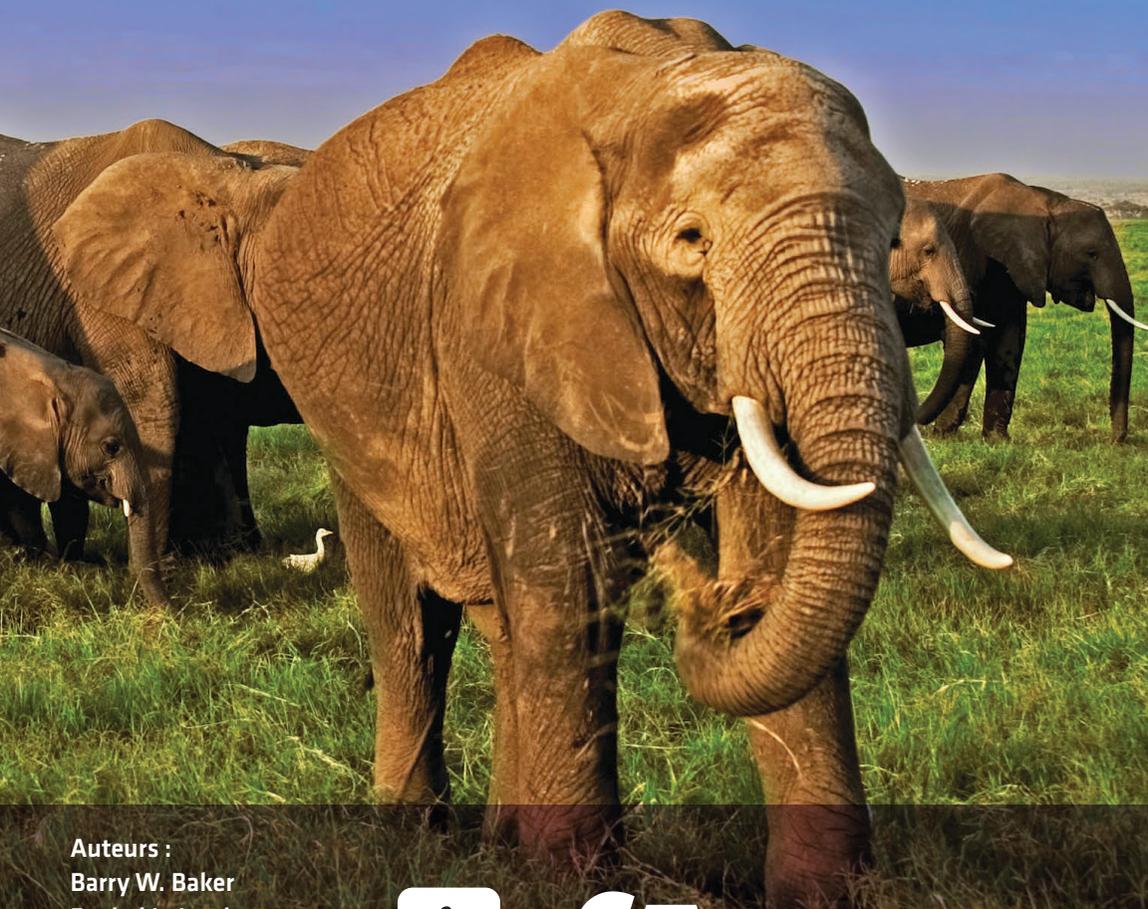


4^{ÈME} ÉDITION

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



Auteurs :

Barry W. Baker

Rachel L. Jacobs

Mary-Jacque Mann

Edgard O. Espinoza

Giavanna Grein



TRAFFIC

Éditeur : Crawford Allan

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

© 2020 Secrétariat de la CITES et World Wildlife Fund. Tous droits réservés. Aucune partie de ce document ne peut être reproduite sans la permission du Secrétariat de la CITES et du World Wildlife Fund.

IMAGE DE COUVERTURE

© Martin Harvey–WWF

Crédits photographiques: US Fish & Wildlife Service, sauf indication contraire

AVERTISSEMENT

Les appellations géographiques utilisées dans ce document n'impliquent en rien l'expression d'une quelconque opinion de la part du Secrétariat de la CITES (ou du Programme des Nations unies pour l'environnement), du World Wildlife Fund Inc. ou de TRAFFIC International concernant le statut légal des pays, territoires ou régions, ou la délimitation de leurs frontières. La responsabilité des contenus de ce document incombe entièrement à ses auteurs et à l'éditeur.

DONATEURS

Cette publication a été rendue possible grâce au soutien de l'Union européenne (dans le cadre du projet de mise en œuvre des décisions prises lors de la CdP17 de la CITES) et du World Wildlife Fund.

À PROPOS DES AUTEURS

Les auteurs de la partie de ce rapport consacrée à la morphologie sont des experts légistes et des spécialistes de l'identification d'espèces sauvages travaillant ou ayant travaillé pour le United States Fish & Wildlife Service Forensic Laboratory. Mary-Jacque Mann et Edgard O. Espinoza ont collaboré à des versions précédentes de ce guide d'identification. Giavanna Grein est l'auteure de la section consacrée au commerce en ligne d'ivoire et est experte en commerce d'espèces sauvages en ligne. Elle a coordonné la Coalition pour Mettre Fin au Trafic d'Espèces Sauvages en Ligne pour TRAFFIC et le WWF.

REMERCIEMENTS

Crawford Allan est responsable de l'édition du guide et a supervisé sa production, Giavanna Grein a rédigé la section consacrée au commerce en ligne, a mené des recherches complémentaires et a assuré la gestion du projet. Barry W. Baker, Rachel L. Jacobs, Mary-Jacque Mann et Edgard O. Espinoza sont les auteurs de la section consacrée à la morphologie.

Remerciements à Abigail Hehmeyer et Stéphane Ringuet du WWF ; Robin Sawyer, Hallie Sacks et Stephanie Pendry de TRAFFIC.

Nous remercions l'équipe du Secrétariat de la CITES, notamment Haruko Okusu, Thea Carroll et Sofie Hermann Flensburg, pour leur soutien et leur contribution. Nous adressons également nos remerciements au Consortium international de lutte contre la criminalité liée aux espèces sauvages (ICCWC en anglais), à l'Office des Nations unies contre la drogue et le crime (UNODC en anglais) et à Jorge Ríos de l'UNODC pour la reproduction de la section consacrée aux analyses de laboratoire, contenue dans leur rapport de 2014, *Guidelines on Methods and Procedures for Ivory Sampling and Laboratory Analysis*.

Conçu par Fuszion. Traduction française par Martin Collette, traduction espagnole par Lindsay Walsh.

SUGGESTION DE CITATION POUR LA VERSION FRANÇAISE

Baker, B., Jacobs, R., Mann, M., Espinoza, E., Grein, G. (2020). Guide d'identification de l'ivoire et de ses substituts de la CITES (trad. de la 4ème édition, Allan, C. (éd.)). World Wildlife Fund Inc., Washington DC, 'Etats-Unis d'Amérique. Commandé par le Secrétariat de la CITES, Genève, Suisse.

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

Auteurs :

Barry W. Baker

Rachel L. Jacobs

Mary-Jacque Mann

Edgard O. Espinoza

Giavanna Grein

Éditeur : Crawford Allan

Préambule par

Ivonne Higuero, Secrétaire générale de la CITES

4^{ème} édition



TRAFFIC

Ce guide est également disponible en anglais, en chinois et en espagnol auprès de la CITES (www.cites.org) et du WWF (www.worldwildlife.org).

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	vi
INTRODUCTION	viii
DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH	12
MORSE	28
CACHALOT ET ORQUE	34
NARVAL	38
HIPPOPOTAME	42
PHACCHÈRE	50
SUBSTITUTS NATURELS DE L'IVOIRE	56
SUBSTITUTS MANUFACTURÉS DE L'IVOIRE	60
LECTURES SUGGÉRÉES	64
MÉTHODES MODERNES POUR L'IDENTIFICATION MÉDICO-LÉGALE DE L'IVOIRE	70
DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE	87

PRÉAMBULE

Au nom des 183 Parties de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (la CITES, d'après son acronyme anglais) et du Secrétariat de la CITES, j'ai l'honneur de vous présenter cette très attendue 4^{ème} édition du Guide d'identification de l'ivoire et de ses substituts.

La CITES régleme le commerce de plus de 36.000 espèces d'animaux et de plantes. Les Parties sont tenues de mettre en œuvre la Convention pour toutes les espèces listées, ce qui signifie que les administrateurs, scientifiques et agents chargés de l'application des règlements doivent être en mesure de distinguer les nombreuses espèces et les produits issus de celles-ci. L'établissement de l'identité d'un spécimen est l'un des premiers éléments d'information dont les Parties doivent disposer pour pouvoir réglementer le commerce international en conformité avec la Convention.

L'identification des différents types d'ivoire ainsi que des objets et produits issus de matériaux qui imitent ou ressemblent à l'ivoire est la vocation première de ce guide. Il répond à la décision 17.162 adoptée lors de la dix-septième réunion de la Conférence des Parties de la CITES (Johannesburg, 2016), au cours de laquelle les Parties ont demandé au Secrétariat de préparer une version révisée et mise à jour du Guide d'identification de l'ivoire et de ses substituts, en tenant compte des méthodes modernes d'identification. Étant donné que la troisième édition remonte à 1999, nous accueillons avec plaisir les progrès significatifs qui apparaissent dans la présente édition, tant au niveau du contenu scientifique que dans la présentation visuelle de la publication.

PRÉAMBULE

J'exprime ma reconnaissance à l'égard de l'Union européenne pour le généreux soutien financier qui a été accordé à cette mise à jour, ainsi qu'aux collègues de TRAFFIC, du WWF-US et de l'U.S. Fish and Wildlife Service Forensic Laboratory, pour leur précieuse contribution.

Nous réaffirmons notre engagement à poursuivre notre collaboration avec les experts et partenaires en vue de faire progresser nos efforts collectifs de soutien aux Parties de la CITES et d'assurer la conservation et une exploitation soutenable de la vie sauvage dans le monde.

Ivonne Higuero

Secrétaire générale

Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction

Nous espérons que ce guide démontrera une nouvelle fois son utilité auprès des professionnels chargés d'identifier les espèces concernées par les échanges commerciaux d'ivoire dans le cadre de l'application des règlements internationaux de protection de la vie sauvage.

INTRODUCTION

Les informations contenues dans ce guide sont destinées initialement aux acteurs chargés de l'application des lois dans le domaine de la vie sauvage, dans le cadre de leur mission de mise en œuvre des restrictions et réglementations du commerce international d'espèces menacées. Des milliers d'exemplaires des éditions précédentes de ce guide ont été distribués, en trois langues, dans le monde entier. Comme pour les éditions précédentes, l'objectif principal de ce guide est de fournir aux agents chargés de l'application de la loi, aux scientifiques et aux gestionnaires, des moyens visuels non destructifs d'évaluer l'authenticité et l'origine spécifique des objets potentiellement en ivoire dans un but d'application de la réglementation, y compris une « cause probable » justifiant la saisie de matériel suspect aux points d'entrées. Cette fois encore, nous insistons sur l'ivoire sculpté, principalement parce que les dents entières sont facilement identifiables. Il est important de noter que les règlements internationaux afférant à la conservation de la vie sauvage définissent en général une protection basée sur les noms des espèces (ou dans certains cas des sous-espèces). Étant donné que l'ivoire provient d'un large éventail d'espèces dont le statut de protection est variable, l'identification des espèces est cruciale pour l'ambition de régulation de la CITES. Nous espérons que ce guide démontrera une nouvelle fois son utilité auprès des professionnels chargés d'identifier les espèces concernées par les échanges commerciaux d'ivoire dans le cadre de l'application des règlements internationaux de protection de la vie sauvage.

INTRODUCTION

Note concernant l'usage de vocabulaire spécifique : nous utilisons ici les noms scientifiques des animaux suivant l'accord conclu par les pays signataires de la CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction). C'est ainsi, par exemple, que la CITES reconnaît actuellement deux espèces d'éléphants vivants, l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*) et l'éléphant d'Asie (*Elephas maximus*). Bien que de nombreux scientifiques considèrent que l'éléphant de forêt d'Afrique est une espèce à part entière (*Loxodonta cyclotis*), nous suivons ici la nomenclature de la CITES. De même, alors que la plupart des publications taxonomiques récentes désignent l'hippopotame pygmée sous l'appellation *Choeropsis liberiensis*, nous utilisons le nom scientifique admis par la CITES, *Hexaprotodon liberiensis*. Il est important de savoir que la CITES peut adopter des modifications taxonomiques au cours du temps. Nous encourageons le lecteur à se tenir informé en visitant le site internet de la CITES (www.cites.org et www.speciesplus.net). Au début de chaque section consacrée à l'identification, il est précisé si l'espèce est inscrite à l'annexe I, II ou III, ou si elle n'est pas inscrite à la CITES, à dater du mois de mai 2020. Il est possible de trouver les mises à jour des annexes de la CITES en consultant la liste de contrôle CITES (<http://checklist.cites.org>).



INTRODUCTION

GLOSSAIRE

Caséine : protéine présente dans le lait des mammifères.

Cément : couche entourant la dentine des racines des dents et défenses.

Chambre pulpaire : partie la plus centrale de la dent, qui contient les tissus mous appelés pulpe.

Dentine : tissu dentaire minéralisé qui correspond généralement à la plus grande partie de la masse de la dent.

État taphonomique : état de décomposition et de fossilisation.

IRTF ou FT-IR (Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier) : technique non destructive pour l'analyse chimique des matériaux, basée sur l'interaction moléculaire avec des rayonnements infrarouges. Le résultat de ce procédé apparaît sur un interférogramme.

Lignes de Schreger : caractéristique morphologique essentielle au diagnostic, qui se présente sous la forme de hachures croisées sur une section de défense d'éléphant ou de mammoth.

Nerf (de la défense) : la partie nerveuse et le micro-canal qui courent longitudinalement au centre d'une défense.

Netsuke : petit ornement sculpté, le plus souvent en ivoire ou en bois, qui accompagne l'habit traditionnel japonais, et servant de taquet pour maintenir un objet ou un contenant attaché à la ceinture de l'habit.

Proboscidés : ordre auquel appartiennent les éléphants et leurs parents éteints (notamment mammoths et mastodontes), suivant la classification utilisée par les biologistes et les paléontologues. On appelle « proboscidien » un membre de cet ordre.

Scrimshaw : os ou ivoire gravé ou sculpté superficiellement, traditionnellement issu de dents de cachalot.

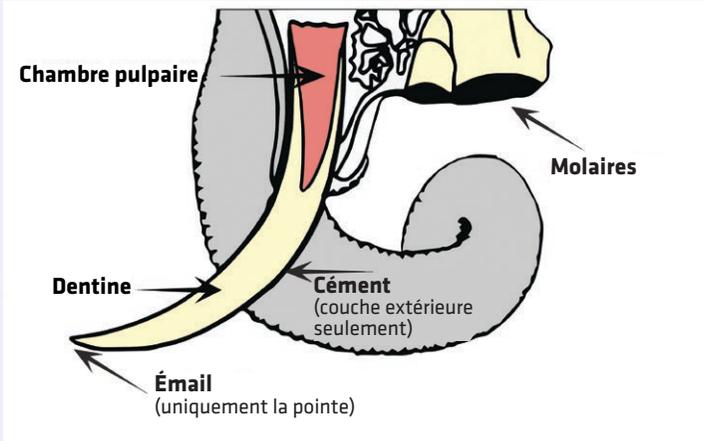
Surface linguale : surface dentaire dirigée vers la langue.

Système de Havers ou canaux haversiens : une série de petits canaux par lesquels les fluides circulent dans l'os compact.

Zone interstitielle de la défense (ZID) : région de convergence de la croissance de la dentine, située au centre d'une dent ou d'une défense.

QU'EST-CE QUE L'IVOIRE ?

FIGURE 1.1



↑ **Figure 1.1** Schéma morphologique d'une défense.

Le mot « ivoire » est traditionnellement utilisé pour désigner les défenses des éléphants. Cependant, la structure chimique des dents et défenses des mammifères est la même quelle que soit l'espèce d'origine, et le commerce de dents et de défenses provenant d'autres animaux que les éléphants est bien installé et largement répandu. Par conséquent, le mot « ivoire » s'applique légitimement à toute dent ou défense de mammifère présentant un intérêt commercial qui est suffisamment imposante pour être gravée ou sculptée.

Les dents et les défenses (qui sont un type particulier de dents) ont la même origine. Les dents sont des structures spécialisées, adaptées principalement à la mastication de nourriture. Les défenses sont des dents extrêmement grandes, projetées au-delà des lèvres de l'animal, qui ont évolué de manière à remplir diverses fonctions spécialisées. Les dents de la plupart des mam-

INTRODUCTION

mifères comportent une racine, un collet et une couronne. La défense consiste en une racine et la défense proprement dite. Dents et défenses présentent la même structure : chambre pulpaire, dentine, ciment et émail (Fig.1.1). La chambre pulpaire est une cavité située à l'intérieur de la dent, qui abrite des tissus organiques mous appelés pulpe lorsque l'animal est vivant.

Les odontoblastes tapissent la chambre pulpaire, ce sont les cellules responsables de la production de la dentine. La dentine, qui est le principal composant des objets en ivoire sculpté, forme une épaisse couche autour de la pulpe et constitue la majeure partie de la plupart des dents et défenses. La dentine est un tissu conjonctif minéralisé avec une matrice organique de protéines de collagène. La partie inorganique de la dentine est composée essentiellement d'hydroxyapatite dont la formule générale est $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)\text{H}_2\text{O}$. La dentine contient des structures microscopiques appelées tubules dentinaires. Il s'agit de minuscules canaux qui rayonnent vers l'extérieur à partir de la chambre pulpaire, jusqu'au ciment. Ces tubules présentent des configurations différentes dans les différentes dents et défenses, et ils peuvent fournir des informations taxonomiques.

À l'extérieur de la dentine se trouve une couche de ciment. Elle entoure la dentine de la racine des dents et des défenses. Sa fonction principale est d'assurer l'adhérence de la racine à la mandibule et au maxillaire.

L'émail – le tissu animal le plus dur – recouvre la surface de la dent ou de la défense la plus exposée à l'usure, comme la pointe ou la couronne. Les améloblastes, qui sont responsables de la formation de l'émail, disparaissent à la fin du processus. L'émail présente une structure prismatique dans laquelle les prismes sont orientés perpendiculairement à la couronne ou la pointe. Les

INTRODUCTION

motifs formés par les prismes d'émail peuvent avoir une signification taxonomique et fonctionnelle.

L'ivoire des dents et défenses peut être sculpté en une infinie variété de formes et d'objets. On trouve de l'ivoire sculpté sous la forme de netsukes, bijoux, manches de couverts, incrustations décoratives et touches de piano. En outre, il arrive que les défenses et dents sculptées ou gravées (p.ex. de phacochère et de cachalot) soient morphologiquement reconnaissables.

L'identification de l'ivoire et de ses substituts peut se fonder sur des techniques physiques, chimiques ou génétiques. Depuis la première publication de ce guide, les progrès de la génétique médico-légale ont révolutionné les techniques d'identification scientifique de l'ivoire dans le domaine légal. Toutefois, ces techniques requièrent un équipement onéreux et une formation approfondie dans les domaines de la génétique et de la biochimie. L'approche proposée ici se focalise sur l'identification de l'ivoire sur base de caractéristiques visuelles macroscopiques et microscopiques, ainsi que sur un test chimique simple utilisant la lumière ultraviolette. Un entraînement sommaire permet d'identifier facilement un grand nombre d'objets en ivoire et de leur attribuer une espèce d'origine en se basant sur des caractères morphologiques évidents. Pour les pièces en ivoire qui ne possèdent pas les caractères morphologiques permettant de diagnostiquer l'espèce, l'analyse génétique peut constituer un puissant outil d'identification.

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

Cette section décrit la procédure de base que nous utilisons pour l'identification morphologique de l'ivoire et des substituts de l'ivoire. Les différentes étapes décrites sont simples et les caractères morphologiques utilisés sont faciles à mémoriser. Cependant, comme toute structure biologique, les dents présentent une certaine variabilité. L'exercice, l'expérience et l'accès à une collection de référence contenant des spécimens d'ivoire brut ou sculpté diversifiés sont des facteurs importants pour l'identification de l'ivoire. Au fur et à mesure que la technologie évolue, il est important de se tenir informé des nouveaux procédés et matériaux utilisés en tant que substituts de l'ivoire. Dans de nombreux cas, les premières étapes de la procédure d'identification permettront d'exclure ces matériaux de substitution :

- 1.** Examinez l'objet sous une lumière ultraviolette à ondes longues (nous utilisons une longueur d'onde de 365 nm). La composition chimique de l'ivoire et autres dents et os (contenant de l'hydroxyapatite) rend ces tissus fluorescents sous une lumière ultraviolette à ondes longues. Au contraire, la plupart des plastiques et résines prennent une teinte sombre, pourpre terne ou bleu foncé lorsqu'ils sont examinés sous un éclairage ultraviolet à ondes longues (Fig.1.2A et 1.2B). Pour mener ce test simple, il est recommandé de disposer de matériel de référence en ivoire/os et en plastique/résine de sources confirmées. Le test permet alors de détecter rapidement des objets ayant une origine potentiellement biologique (dans ce cas: ivoire/dent/os). Note: les radiations ultraviolettes à ondes longues sont dangereuses pour les yeux. Ne regardez jamais directement une source de lumière UV.

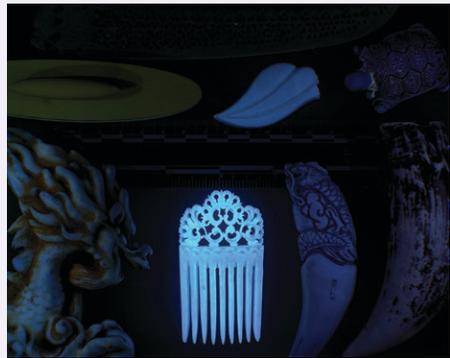
INTRODUCTION

2. Examinez l'objet pour détecter la présence de caractères morphologiques significatifs (voir l'organigramme ci-après, pp.10–11).
3. Si des angles de Schreger sont visibles (description et illustration détaillées plus bas), référez-vous à la section consacrée aux défenses d'éléphant et de mammouth dans ce guide (pp.12–27).
4. Si aucune identification spécifique ne peut être établie lors des étapes 1 à 3, envisagez de soumettre l'objet à un laboratoire pour une analyse à l'aide d'instruments appropriés.

FIGURE 1.2A



FIGURE 1.2B



↑ Collection d'objets susceptibles d'être fabriqués en ivoire. La figure 1.2B montre la réaction des différents objets à la lumière UV à ondes longues (365 nm). Seul le peigne présente la fluorescence caractéristique de l'hydroxyapatite. En haut : coupe-papier en plastique. Dans le sens des aiguilles d'une montre en partant du haut et de la gauche : polissoir à ongles en caséine ; bouton en caséine ; tortue sculptée en résine ; dent de cachalot en résine ; dent de lion sculptée en résine ; peigne en ivoire ; dragon en résine.

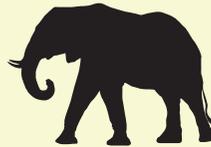
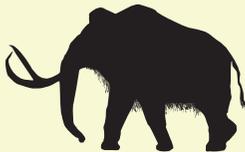
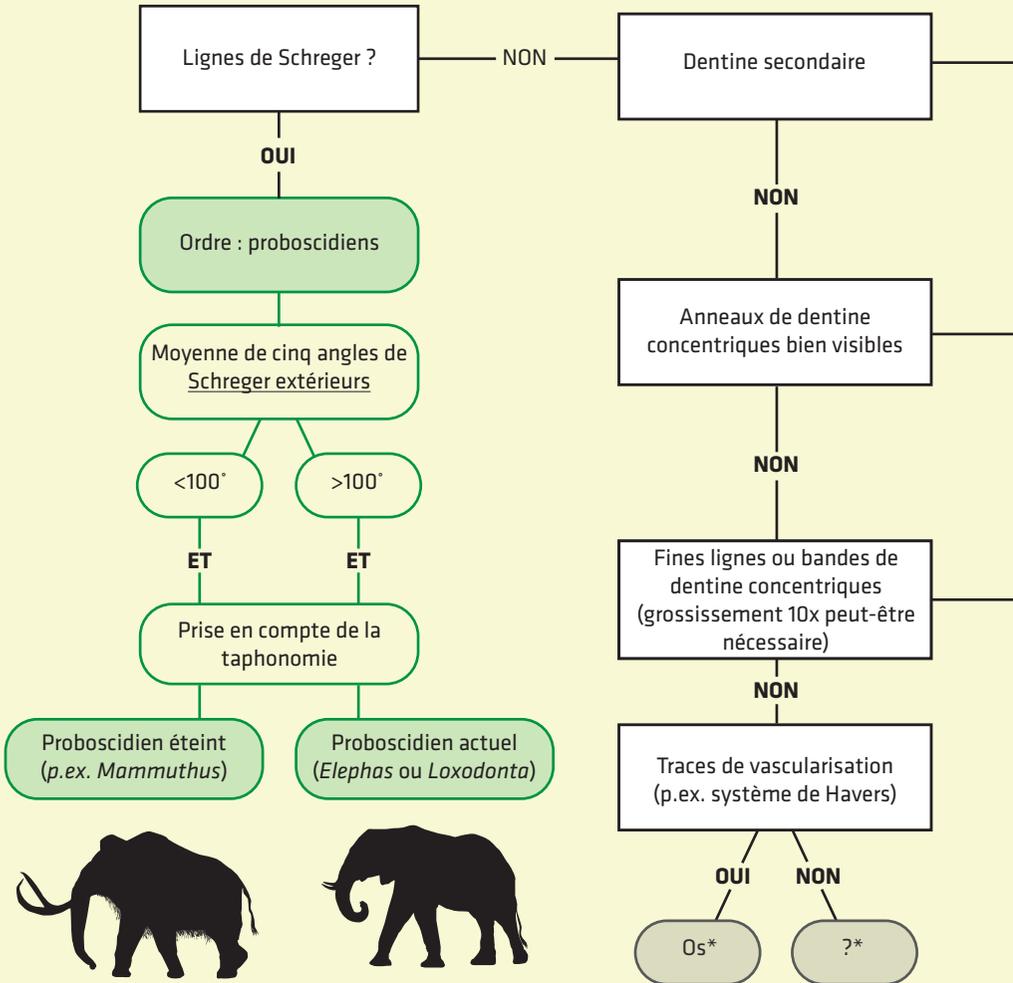
Note: les radiations ultraviolettes à ondes longues sont dangereuses pour les yeux. Ne regardez jamais directement une source de lumière UV.

CARACTÉRISTIQUES D'UNE SÉLECTION D'IVOIRES COMMERCIAUX

TABLEAU 1

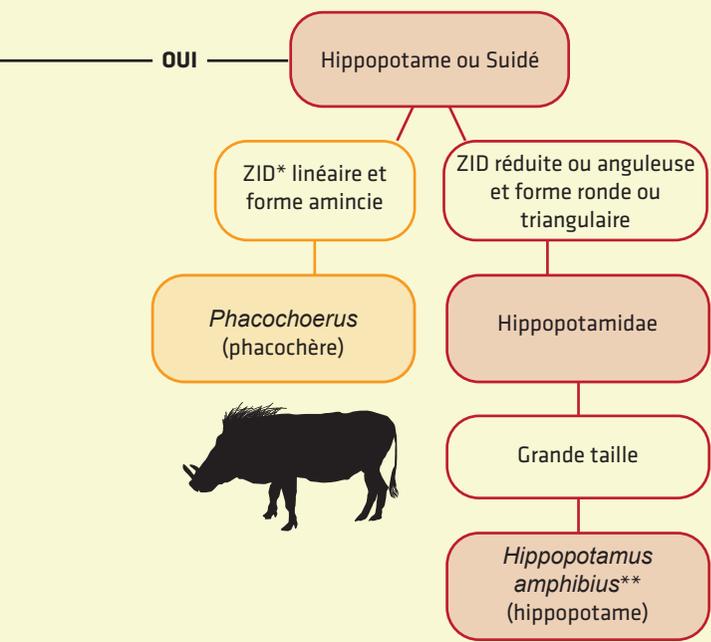
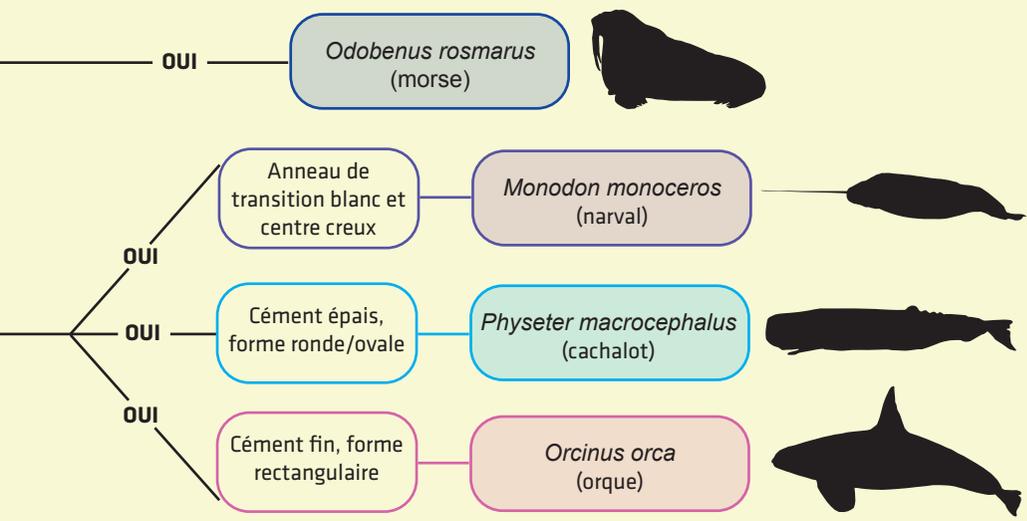
Source	Dent Modifiée	Caractéristiques Macroscopiques	Caractéristiques Microscopiques (10x)	Émail
Éléphant (d'Asie ou d'Afrique)	Incisives supérieures	Angle de Schreger moyen > 100° en section transversale		Pointe, éliminé par l'usure
Mammouth	Incisives supérieures	Angle de Schreger moyen < 90° en section transversale		
Morse (défense)	Canines supérieures	Dentine secondaire en section transversale		Pointe, éliminé par l'usure
Morse (dent)	Toutes les dents	Anneaux de céments en section transversale ; hypercémentose		Pointe, peut être usé
Cachalot/Orque	Toutes les dents	Anneaux de dentine en section transversale		Pointe
Narval	Canine supérieure	Spiralée ; centre creux en section transversale		Pointe, éliminé par l'usure
Hippopotame	Canines supérieures	Section transversale ovale ; ZID* angulaire	Fines lignes concentriques en section transversale	Bande longitudinale
Hippopotame	Canines inférieures	Section transversale triangulaire ; ZID angulaire.	Fines lignes concentriques en section transversale	Bande longitudinale
Hippopotame	Incisives inférieures	En forme de piquet ; pas de ZID (point)	Fines lignes concentriques en section transversale	Pointe
Phacochère	Canines supérieures et inférieures	Section transversale carrée ; ZID linéaire.	Fines lignes concentriques en section transversale	Bande longitudinale

PROCÉDÉ D'IDENTIFICATION DE L'IVOIRE FRÉQUEMMENT COMMERCIALISÉ SUR LA BASE DE LA MORPHOLOGIE EN COUPE TRANSVERSALE



*Une analyse instrumentale en laboratoire peut être nécessaire pour poursuivre l'identification

Le tableau suivant concerne les objets qui présentent une fluorescence compatible avec la présence d'hydroxyapatite lorsqu'ils sont exposés à une lumière UV. Si un objet émet une fluorescence qui ne correspond pas à celle de l'hydroxyapatite, il s'agit vraisemblablement d'un substitut d'ivoire et une analyse en laboratoire est recommandée.



*Zone interstitielle de la défense
 **Reportez-vous au texte pour le rare hippopotame pygmée.

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

Statut CITES (en 2020) :

<i>Loxodonta africana</i>	Annexe I ; à l'exception des populations du Botswana, d'Afrique du Sud, de Namibie et du Zimbabwe, qui sont inscrites à l'Annexe II avec l'annotation 2
<i>Elephas maximus</i>	Annexe I
<i>Mammuthus</i>	Éteint, non inscrit à la CITES





Les éléphants modernes et leurs parents éteints (notamment mammoths et mastodontes) sont classés par les biologistes et paléontologues dans l'ordre des proboscidiens. L'ivoire de proboscidien que l'on rencontre le plus communément sur le marché des espèces sauvages provient des deux incisives supérieures des éléphants actuels. Les échanges commerciaux internationaux et nationaux d'ivoire d'éléphant d'Afrique et d'Asie (respectivement *Loxodonta africana* et *Elephas maximus*) sont strictement réglementés et dans bien des cas illégaux, en raison d'interdictions basées sur les législations domestiques ou sur le statut des espèces dans la liste de la CITES.

L'ivoire de l'espèce éteinte *Mammuthus primigenus* (une des nombreuses espèces de mammoths) se rencontre fréquemment sur le marché de l'ivoire. Bruemmer (1989) a estimé qu'au cours des 350 dernières années, plus de 7.000 tonnes d'ivoire de mammoth ont été trouvées et mises sur le marché, et Vereshchagin (1974) évalue à 550.000 tonnes la quantité de défenses de mammoths encore ensevelie en Sibérie. Du fait que l'aire de répartition préhistorique du mammoth incluait l'Alaska et la Sibérie, les défenses de mammoth trouvées dans le permafrost sont susceptibles d'être

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

bien conservées, leur couleur et leur état pouvant être comparables à ceux de l'ivoire d'éléphant moderne. Toutefois, les défenses de mammouth qui ont séjourné dans le sol présentent souvent une coloration allant du bleu au brun, suivant les conditions d'enfouissement, ce qui permet de les distinguer facilement des défenses d'éléphant moderne.

De l'ivoire provenant de mastodontes a également été retrouvé sur des sites paléontologiques, mais parmi les milliers de défenses de mastodontes découvertes en Amérique du Nord, seules deux d'entre elles étaient suffisamment bien conservées pour avoir l'apparence de l'ivoire de proboscidien moderne (D. Fisher, communication personnelle, 9 juillet 2018). C'est pourquoi, lors de l'identification d'ivoire de proboscidien, on exclut généralement la possibilité qu'il puisse s'agir d'ivoire de mastodonte.

Chez les probosciens, l'émail n'est présent que sur la pointe des défenses des jeunes individus et il est rapidement éliminé par l'usure. Une coupe transversale complète de défense de proboscidien est ronde ou ovale (Fig.2.1). La dentine compose 95% de la défense et elle présente parfois de larges bandes concentriques appelées lignes d'Owen. Le ciment couvre l'extérieur de la défense et peut présenter un aspect en couches stratifiées.



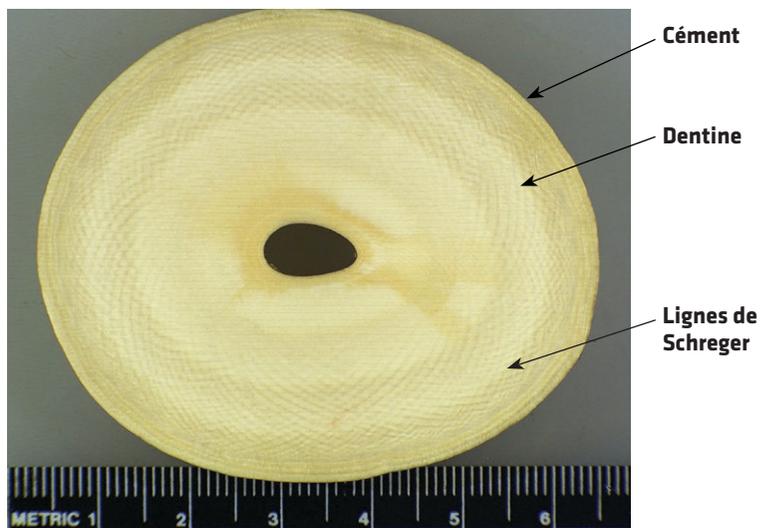
IDENTIFICATION DES DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

Les défenses d'éléphant intactes et complètes sont reconnaissables à leur forme et leur taille caractéristiques. Historiquement, les défenses d'éléphant étaient particulièrement imposantes. Cependant, en raison notamment de la collecte illégale et persistante d'ivoire, la taille moyenne des défenses des éléphants d'Afrique connaît un déclin rapide (Chiyo et al. 2015). Les défenses de mammouth entières sont grandes et présentent une courbure asymétrique. Ces défenses entières, plus rares, sont généralement dans un état taphonomique dégradé, elles ne devraient donc pas être confondues avec celles d'éléphants modernes. D'autres matériaux, comme les dents d'hippopotame, les défenses de phacochère, les os, la résine et le plastique sont souvent utilisés pour façonner des objets qui ressemblent à de l'ivoire d'éléphant. Ces imitations peuvent être aisément distinguées par un examen attentif, en suivant les méthodes décrites dans ce guide.

IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT SCULPTÉ

Pour déterminer si un objet en ivoire sculpté (Fig.2.2) est d'origine proboscidienne, le diagnostic se fonde sur la présence de caractéristiques morphologiques appelées « lignes de Schreger », visibles sur une coupe transversale de l'ivoire d'éléphant et de mammouth. Sir Richard Owen fut le premier à décrire ces lignes « curvilinéaires », « décussées » et « losangiques » (Owen 1845), mais ce sont Espinoza et Mann (1993) qui ont introduit les termes « motif de Schreger » pour décrire ces caractéristiques morphologiques dans le but de distinguer l'ivoire d'éléphants contemporains de l'ivoire de

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH



↑ **Figure 2.1** Aspect typique d'une coupe transversale de défense d'éléphant. La partie externe est composée de couches de ciment qui enveloppent la défense. Le composant le plus abondant est la dentine, qui présente sur cette photographie des lignes de Schreger. Les angles formés par ces lignes pointent vers l'extérieur, en direction des couches de ciment. La cavité ovale interne est occupée par la pulpe chez l'éléphant vivant, elle est appelée chambre pulpaire.



↑ **Figure 2.2** Trois exemples de netsukes en ivoire typiques, où l'on peut observer la finesse des détails de ces sculptures miniatures.

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

mammouths. L'histogénèse et le développement des motifs de Schreger sont décrits par Virag (2012) et Alberic et al. (2017), ils sont produits par l'expression des tubules dentinaires sinusoïdaux.

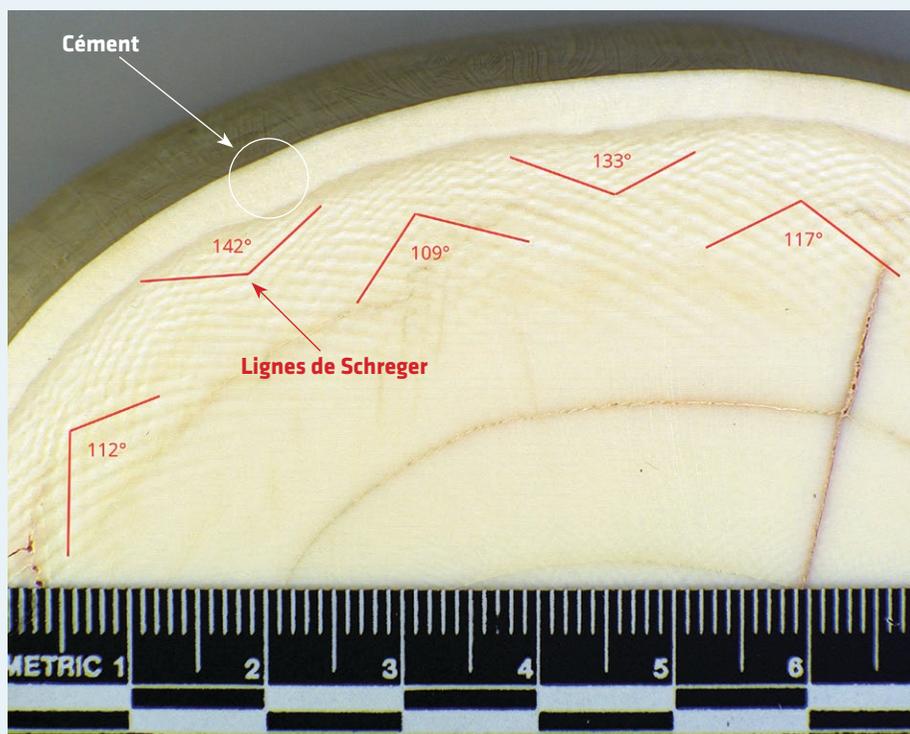
Étant donné le caractère tridimensionnel des objets en ivoire, un examen attentif de la pièce permettra souvent d'isoler une zone où la surface de la sculpture révèle une coupe transversale. Les lignes de Schreger ont été décrites comme formant des hachures croisées ou des chevrons empilés dans la dentine d'éléphant. Les lignes de Schreger peuvent être divisées en deux groupes : (1) des lignes bien visibles adjacentes au ciment, appelées ici « lignes de Schreger externes », et (2) des lignes à peine discernables à proximité du nerf de la défense (Fig.2.1). Les angles formés par les intersections des lignes de Schreger externes sont mesurés afin de différencier les proboscidiens actuels et éteints, tandis que les lignes de Schreger internes ne sont pas pertinentes pour la classification taxonomique de l'ivoire (Fig.2.1).

L'orientation des angles de Schreger est essentielle pour la détermination taxonomique. L'examen d'une coupe transversale d'ivoire proboscidien révèle une couche de ciment périphérique. Adjacentes au ciment, les lignes de Schreger externes se croisent entre elles pour former soit (1) des angles concaves (similaires à des ogives ou des arcs gothiques) dont le sommet pointe vers le ciment, soit (2) des angles convexes dont les sommets pointent vers le centre de la défense. La base de données établie par Espinoza et al. (1990) et Espinoza et Mann (1993) inclut les mesures des angles de Schreger externes tant concaves que convexes, lorsque le ciment était observable. Ces auteurs ont obtenu de l'ivoire de référence pour 27 éléphants et 27 mammouths. Pour chaque spécimen, ils ont mesuré cinq angles de Schreger concaves et cinq angles de Schreger convexes, à partir desquels ils ont calculé

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

des moyennes (Fig.2.3 et 2.4). Au total, 270 angles ont ainsi été mesurés dans chaque groupe taxonomique.

Les proboscidiens actuels présentent un angle de Schreger moyen supérieur à 100° (Fig.2.3), tandis que cet angle est en moyenne inférieur à 100° pour le mammouth (Fig.2.4 et 2.5). La moyenne des angles concaves et convexes était supérieure à 100° pour chacun des 27 éléphants et inférieure à 100°

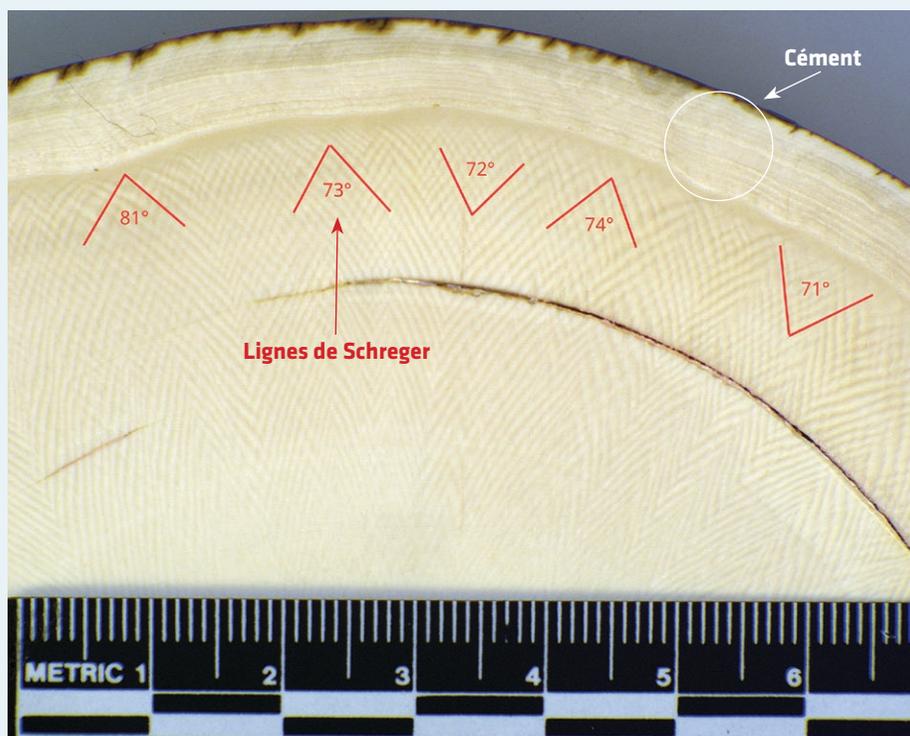


↑ **Figure 2.3** Détail de la coupe transversale d'une défense d'éléphant moderne avec indication des mesures des angles de Schreger. Les mesures s'échelonnent de 109° à 142° . La mesure moyenne de l'angle de Schreger est de $122,6^\circ$. Notez que le sommet des angles mesurés pointe soit vers le ciment, soit vers la chambre pulpaire.

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

pour chacun des 27 mammouths. Par conséquent, les mesures moyennes des angles concaves et convexes ($n \geq 5$) peuvent être utiles pour distinguer l'ivoire d'éléphant moderne de l'ivoire de mammouth.

La classification des groupes de proboscidiens sur base de la mesure de l'angle de Schreger a été corroborée par Fisher (Fisher et al. 1998), Palombo et Villa (2001) et Ábelová (2008).



↑ **Figure 2.4** Détail de la coupe transversale d'une défense d'éléphant moderne avec indication des mesures des angles de Schreger. Les mesures s'échelonnent de 71° à 81°. La mesure moyenne de l'angle de Schreger est de 74,2°. Notez que le sommet des angles mesurés pointe soit vers le cément, soit vers la chambre pulpaire.

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

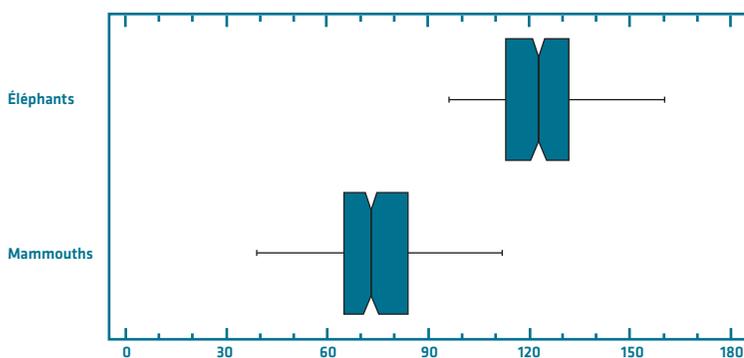
Le tableau 2.1 montre que l'orientation des angles de Schreger (concave ou convexe) n'affecte pas les résultats. Une stratégie raisonnable, lorsqu'on examine un objet en ivoire, consiste à combiner des angles concaves et convexes, en particulier si la taille de l'objet est réduite.

TABEAU 2.1

	Angles concaves (sommet vers le cément)	Angles convexes (sommet vers le centre de la défense)	Angles combinés (n=540)
Éléphants :			
Moyenne	131.0°	117.3°	124.2°
Plage de valeurs	105.0 – 162.0°	96.0 – 149.0°	96.0 – 162.0°
Mammouths :			
Moyenne	74.8°	72.7°	73.7°
Variabilité	39.0 – 115.0° ¹	42.0 – 115.0°	39.0 – 115.0°

¹Ábelová (2008) a relevé des angles de Schreger supérieurs à 120° chez des mammouths.

FIGURE 2.5



↑ **Figure 2.5** Diagramme en « boîte à moustaches » des angles de Schreger mesurés sur l'ivoire d'éléphant et de mammouth

COMMENT MESURER LES ANGLES DE SCHREGER

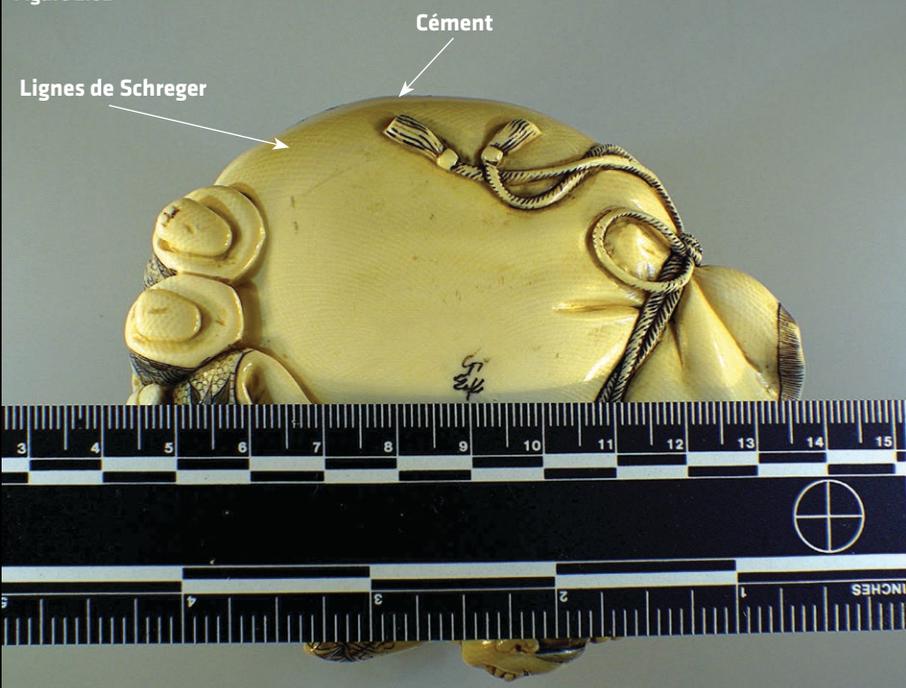
- 1) Les angles de Schreger peuvent être relevés par photographie digitale ou à l'aide d'une photocopieuse.
- 2) Orientez l'image de sorte que le ciment soit visible (voir Fig.2.6A, 2.6B et 2.7).
- 3) Effectuez au moins cinq mesures d'angles concaves ou convexes et calculez la moyenne. Si vous disposez d'une image digitale, il existe de nombreux outils logiciels disposant d'un calculateur d'angle intégré. Si l'image a été obtenue à l'aide d'une photocopieuse, utilisez un rapporteur.
- 4) Si la **moyenne** des angles mesurés est supérieure à 100° et que l'état taphonomique de la dentine ne présente pas de dégradations (voir note ci-après), il est raisonnable de conclure qu'il s'agit d'un objet en ivoire d'éléphant. Inversement, si la **moyenne** des angles mesurés est inférieure à 100° , il est raisonnable d'en conclure que l'ivoire provient d'un mammouth.

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

Figure 2.6A



Figure 2.6B



DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

← **Figure 2.6A** Figurine d'ivoire présentant des lignes de Schreger sur différentes surfaces sculptées. Ces lignes confirment que l'objet est en ivoire de proboscidien.

← **Figure 2.6B** Même figurine que sur la figure 2.6A mais sous un angle qui présente sa base. Un examen attentif permet d'observer les couches de ciment et les angles de Schreger adjacents au ciment, qui peuvent être mesurés. L'analyse a montré que l'objet est en ivoire d'éléphant moderne.



↑ **Figure 2.7** Sur cette petite figurine, la couche extérieure de ciment est visible, de même que des angles de Schreger obtus, qui indiquent que l'objet est en ivoire d'éléphant moderne.

POINTS D'ATTENTION

- 1) Si un objet en ivoire ne peut être orienté de façon à déterminer la position du cément, il y a une probabilité élevée qu'une conclusion erronée soit tirée. Ceci s'explique parce que :
 - a. L'objet peut avoir été sculpté à partir du centre de la défense, auquel cas les angles observés correspondent aux lignes de Schreger internes. Celles-ci forment des angles aigus, ce qui conduit à des mesures trompeuses.
 - b. Les angles observés sont orientés parallèlement au cément, ce qui conduit à une conclusion fautive. Les mesures correctes concernent les angles orientés **perpendiculairement** au cément.
- 2) Fisher et al. (1998) ont signalé de l'ivoire de mastodonte présentant des angles de Schreger supérieurs à 100° (125° en moyenne). Par conséquent, un diagnostic basé exclusivement sur des mesures d'angles peut mener à une confusion entre l'ivoire d'éléphant moderne et l'ivoire de mastodonte. Cependant, parmi les milliers de défenses de mastodonte découvertes en Amérique du Nord et en Europe, seules deux défenses étaient dans un état de conservation suffisant pour avoir l'apparence de l'ivoire d'éléphant moderne (D. Fisher, communication personnelle, 9 juillet 2018). Par conséquent, l'état taphonomique de l'ivoire doit être pris en considération avant de conclure que de l'ivoire a pour origine un proboscidiien actuel.

MASTODONTE D'AMÉRIQUE
(*Mammut americanum*)



ÉLÉPHANT D'AFRIQUE DE SAVANE
(*Loxodonta africana*)

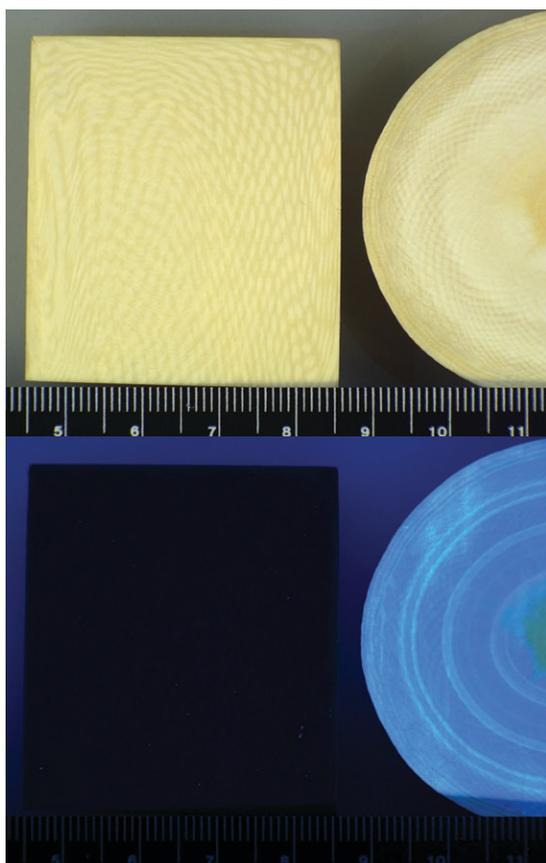


MAMMOUTH LAINEUX
(*Mammuthus primigenius*)



DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

- 3) Lorsqu'un objet ne peut être orienté de manière adéquate ou si des caractéristiques ambiguës sont observées, une analyse génétique est nécessaire pour identifier l'espèce d'origine.
- 4) La caséine et d'autres polymères sont fabriqués par dépôt de couches successives, ce qui produit des motifs similaires aux lignes et angles de Schreger (Fig.2.8A et 2.8B). Ces matériaux peuvent être distingués de l'ivoire de proboscidiens par l'examen visuel des propriétés de fluorescence ultraviolette des objets et/ou l'utilisation d'instruments d'analyse chimique, comme la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).



← **Figure 2.8A** Résine alkyde imitant les angles de Schreger (gauche) comparée avec une coupe transversale de défense d'éléphant montrant des angles de Schreger adjacents au ciment (droite).

← **Figure 2.8B** La résine alkyde (gauche) à côté de la coupe d'ivoire d'éléphant, observée sous la lumière UV (312 nm). La résine absorbe la lumière UV tandis que l'ivoire la reflète.

DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH

Enfin, l'analyse des angles de Schreger permet uniquement de déterminer si un objet provient d'un éléphant ou d'un mammouth. Elle ne permet pas de distinguer les éléphants d'Afrique et d'Asie. Ce type de distinction requiert une analyse ADN. Le rapport de l'ONUDC intitulé *Guidelines on Methods and Procedures for Ivory Sampling and Laboratory Analysis* (2014) ainsi que la page médico-légale du site internet de la CITES (cites.org/eng/prog/imp/Wildlife_forensics) contiennent des suggestions de tests plus approfondis.

**Voir page 70 pour
d'autres méthodes
médico-légales
d'identification de
l'ivoire.**



DÉFENSES D'ÉLÉPHANT ET DE MAMMOUTH



MORSE

(*ODOBENUS ROSMARUS*)

Statut CITES (en 2020) :

Odobenus rosmarus

Annexe III (Canada)



© WILD WONDERS OF EUROPE / OLE JOERGEN LIODDEN / WWF



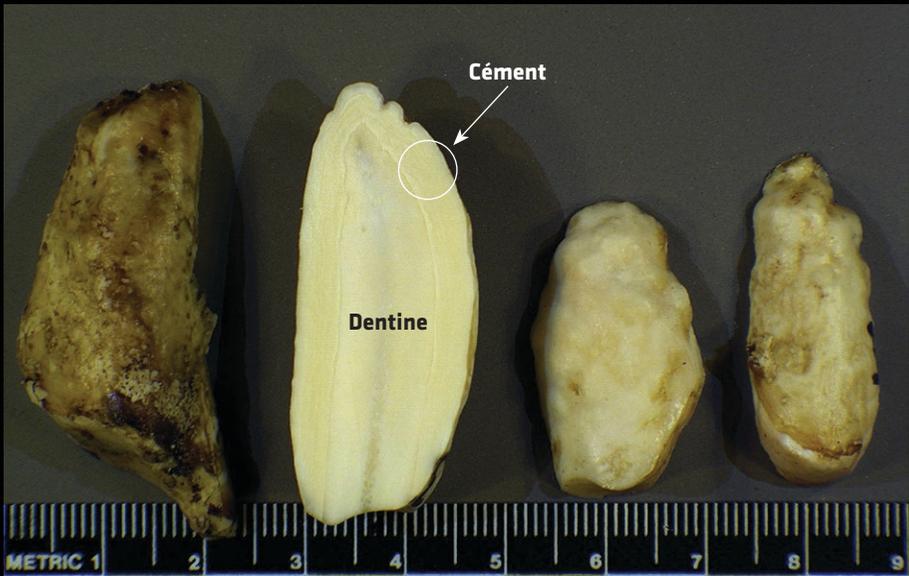
DÉFENSE

L'ivoire des défenses de morse provient de deux canines supérieures modifiées. Les défenses du morse du Pacifique peuvent atteindre 1 mètre de longueur (Fig.3.1). Les dents jugales du morse sont également sculptées et commercialisées (Fig.3.2). Les dents jugales du morse ont une forme arrondie et irrégulière. Elles atteignent environ 5 cm. La pointe des défenses contient de l'émail chez le jeune morse, mais celui-ci est éliminé chez les individus matures. Les défenses de morse sont fréquemment parcourues de craquelures longitudinales sur toute leur longueur, qui naissent dans le ciment (couche extérieure) et pénètrent dans la dentine.



↑ **Figure 3.1** Une paire de défenses de morse typiques. Notez la présence de plusieurs fissures longitudinales sur chaque défense.

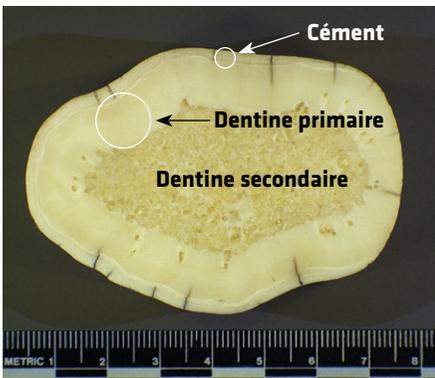
MORSE



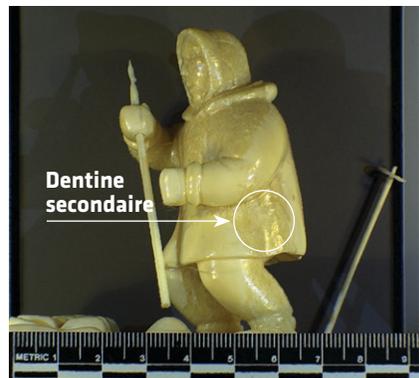
↑ **Figure 3.2** Exemples de dents de morse. L'aspect globuleux de ces dents s'explique par la surproduction de ciment, ou hypercémentose. La deuxième dent en partant de gauche a été coupée longitudinalement afin de rendre visible l'épaisse couche de ciment qui entoure la dentine primaire. Dans cet exemple, l'épaisseur du ciment est presque équivalente à celle de dentine.

OBJETS SCULPTÉS

Les sections transversales de défense de morse que l'on peut observer dans le commerce sont généralement ovales avec une couche extérieure de ciment fortement ondulée. Les sculptures et/ou coupes transversales se distinguent par une caractéristique morphologique unique appelée dentine secondaire, située au cœur (centre) de la coupe transversale et présentant un aspect marbré (Fig.3.3). À la face intérieure du ciment se trouve une épaisse couche de dentine qui ne présente pas de caractéristique morphologique remarquable. Des fissures radiales peuvent être observées à travers le ciment et la dentine, atteignant parfois la dentine secondaire interne (Fig.3.1 et 3.3). La présence de dentine secondaire indique qu'un objet provient d'une défense de morse (Fig.3.3. et 3.4).



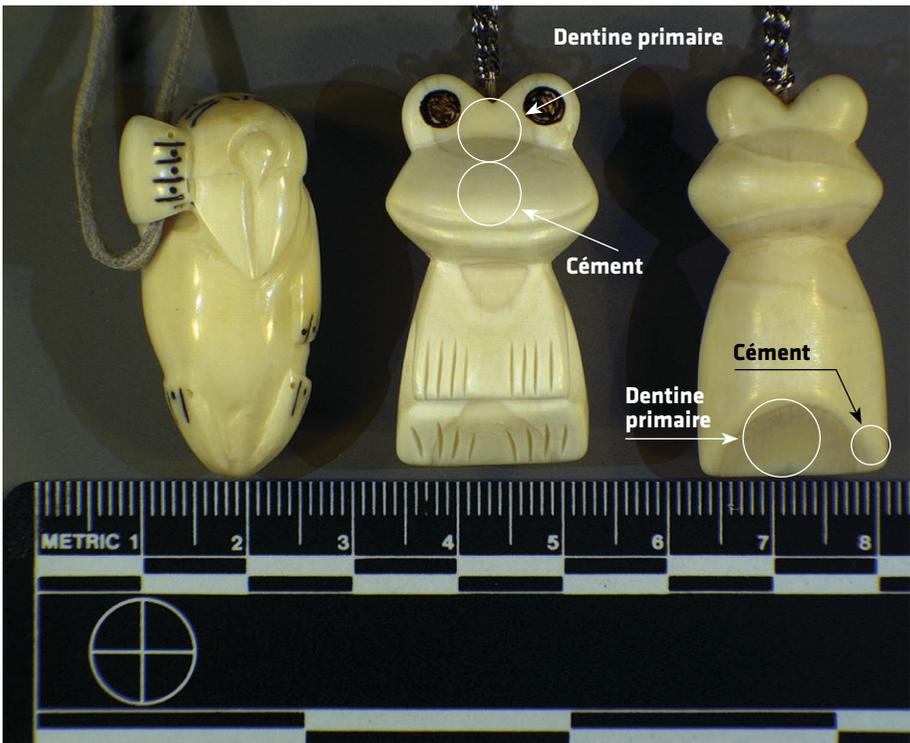
↑ **Figure 3.3** Exemple typique d'une coupe transversale de défense de morse. La partie extérieure est composée de couches de ciment qui recouvrent la défense. À l'intérieur, on observe deux types de dentine. Le tissu d'apparence marbrée est appelé dentine secondaire et occupe le centre ou le cœur de la défense. Le tissu lisse est la traditionnelle dentine primaire. Notez les fissures dans le ciment, qui se prolongent occasionnellement dans la dentine primaire ; ces fissures sont causées par les craquelures longitudinales visibles sur la figure 3.1.



↑ **Figure 3.4** Sculpture en ivoire de défense de morse. Sur cette figurine, on peut observer la dentine secondaire (marbrée) et la dentine primaire. Un examen attentif de la main gauche révèle également des traces de ciment.

DENTS JUGALES DE MORSE

Les dents jugales du maxillaire et de la mandibule d'un morse présentent une apparence anormale en raison de la quantité excessive de cément qui les recouvre, un phénomène appelé hypercémentose (Fig. 3.2). En coupe transversale et sur les sculptures, une dent jugale de morse présente un cément très épais avec des anneaux bien marqués (Fig.3.5). La dentine est séparée du cément par un étroit anneau de transition nettement défini. Le centre de la dent peut contenir un petit noyau de dentine secondaire, suivant la taille de la dent.



↑ **Figure 3.5** Trois miniatures sculptées dans des dents de morse. Sur la figurine au centre, on observe une épaisse couche de cément entourant la dentine primaire.



GRAND CACHALOT ET ORQUE

(*PHYSETER MACROCEPHALUS* ET
ORCINUS ORCA)

Liste CITES (en 2020) :

<i>Physeter macrocephalus</i>	Annexe I
<i>Orcinus orca</i>	Annexe II



© BRIAN J. SKERRY / NATIONAL GEOGRAPHIC STOCK / WWF

GRAND CACHALOT ET ORQUE



Les dents de cachalot peuvent être assez imposantes (Fig.4.1) et sont souvent ornées de motifs nautiques dans la tradition du « Scrimshaw » (Dyer 2018). Typiquement, le Scrimshaw consiste en une série de gravures à la surface extérieure de la dent entière (Fig.4.2). La longueur moyenne d'une dent de cachalot entière est d'environ vingt centimètres. Les dents d'orque sont beaucoup plus petites, bien qu'une dent de cachalot de très petite taille puisse avoir des dimensions comparables à une dent d'orque de très grande taille. Les deux espèces ont des dents coniques recouvertes d'une faible quantité d'émail à l'extrémité. Le reste de la dent est recouvert de ciment. La coupe transversale complète d'une dent de grand cachalot est arrondie ou ovale, alors qu'une dent d'orque a une section rectangulaire (Fig.4.3 et 4.4). La dentine se dépose de manière laminaire et progressive. En raison de ce processus laminaire, les dents d'orque et de cachalot présentent des anneaux de dentine concentriques bien visibles en coupe transversale. On a pu observer un spécimen de dent d'orque présentant de faibles stries de dentines qui ne doivent pas être confondues avec des lignes de Schreger (Fig.4.4). De telles structures n'ont été observées que sur un seul autre spécimen d'ivoire non proboscidien (Sims 2010) au cours de plus de 50 années d'identification de l'ivoire au United States National Fish and Wildlife Forensic Laboratory.

La dentine de l'orque et du cachalot est séparée du ciment par un anneau de transition clairement marqué. Les dents de cachalot sculptées ou gravées seront facilement distinguées des dents d'orque par l'épaisseur du ciment. Les dents de cachalot présentent un ciment comparativement plus épais que celui des dents d'orque (Fig.4.4, Yates et Sims 2010).

GRAND CACHALOT ET ORQUE

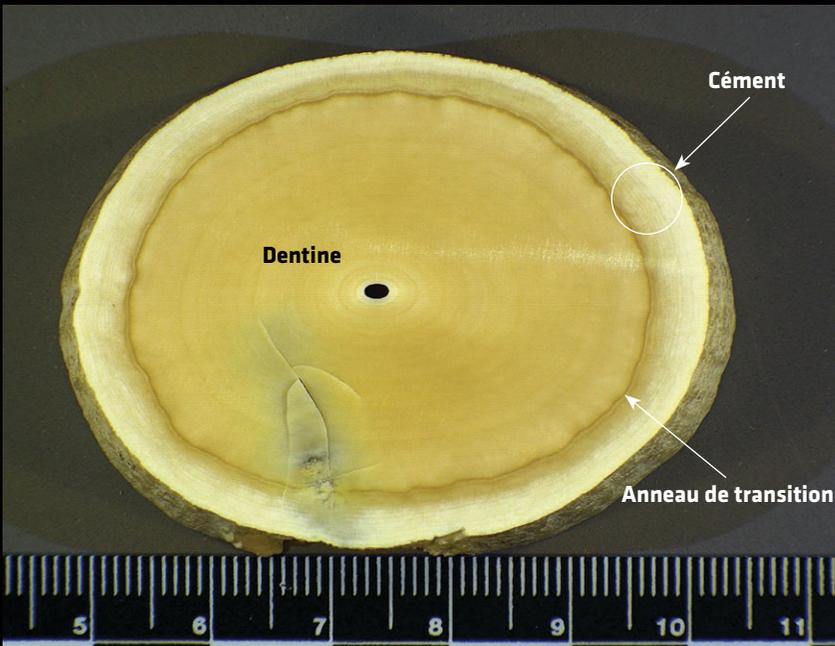


↑ **Figure 4.1** Dents de cachalot non travaillées.

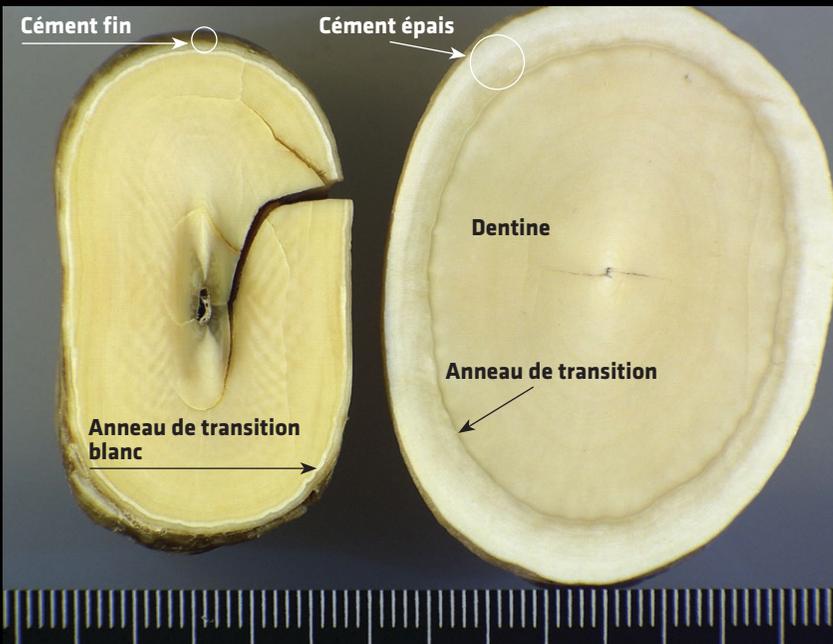


↑ **Figure 4.2** Dents de cachalot sculptées, gravées et modifiées.

GRAND CACHALOT ET ORQUE



↑ **Figure 4.3** Coupe transversale d'une dent de grand cachalot. Notez la couche épaisse de cément, l'anneau de transition sombre séparant le cément de la dentine, et les fins anneaux circulaires qui parcourent la dentine.



↑ **Figure 4.4** Coupe transversale d'une dent d'orque (à gauche) et d'une dent de grand cachalot (à droite). Notez la forme rectangulaire de la dent d'orque et la faible épaisseur caractéristique de son cément.

NARVAL

(*MONODON MONOCEROS*)

Statut CITES (en 2020) :

Monodon monoceros

Annexe II



© PAUL NICKLEN / NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE / WWF-CANADA

NARVAL

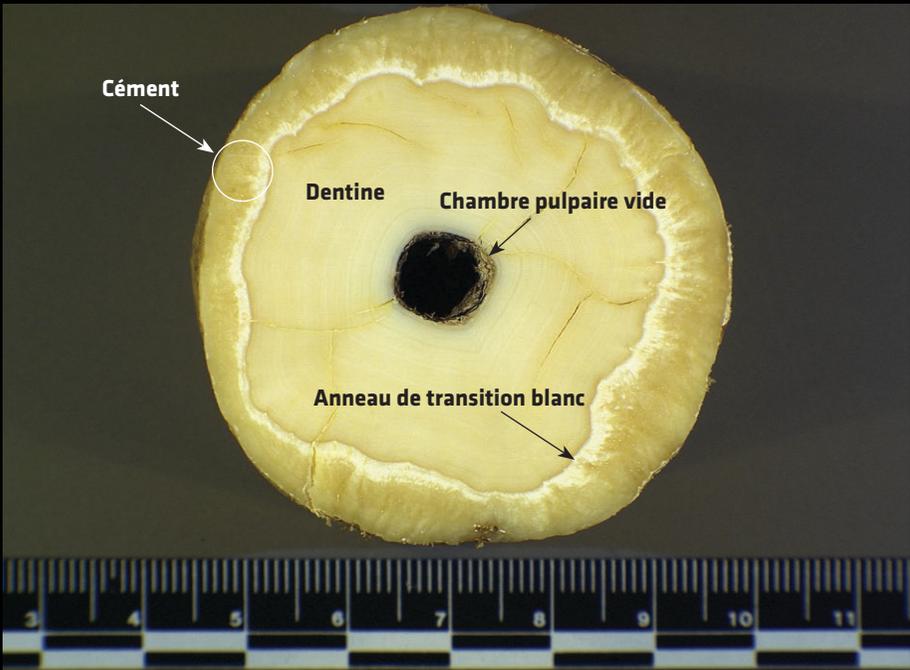


Le narval est un cétacé arctique rarement observé. Le mâle possède une seule défense, qui est une canine modifiée. La défense est spiralée, généralement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (Fig.5.1). Chez l'adulte, elle peut atteindre deux à sept mètres. De l'émail peut être présent sur la pointe de la défense. Le ciment est fréquemment parcouru de fissures qui suivent les zones déprimées du motif spiralé. En raison de la forme torsadée de la défense de narval, la coupe transversale est arrondie avec des indentations périphériques. Le ciment est séparé de la dentine par un anneau de transition blanc clairement défini. Comme chez l'orque et le cachalot, la dentine peut présenter des anneaux concentriques bien marqués, bien qu'ils soient de forme irrégulière chez le narval. La chambre pulpaire d'une défense de narval s'étend sur la plus grande partie de sa longueur, faisant apparaître un creux central en coupe transversale (Fig.5.1 et 5.2).

NARVAL



↑ **Figure 5.1** Sections de défenses de narval faisant apparaître leur structure en spirale et la chambre pulpaire creuse. À droite, la chambre pulpaire a été bouchée.



↑ **Figure 5.2** Coupe transversale d'une défense de narval. Notez l'anneau de transition blanc, de forme irrégulière, et la cavité pulpaire creuse.



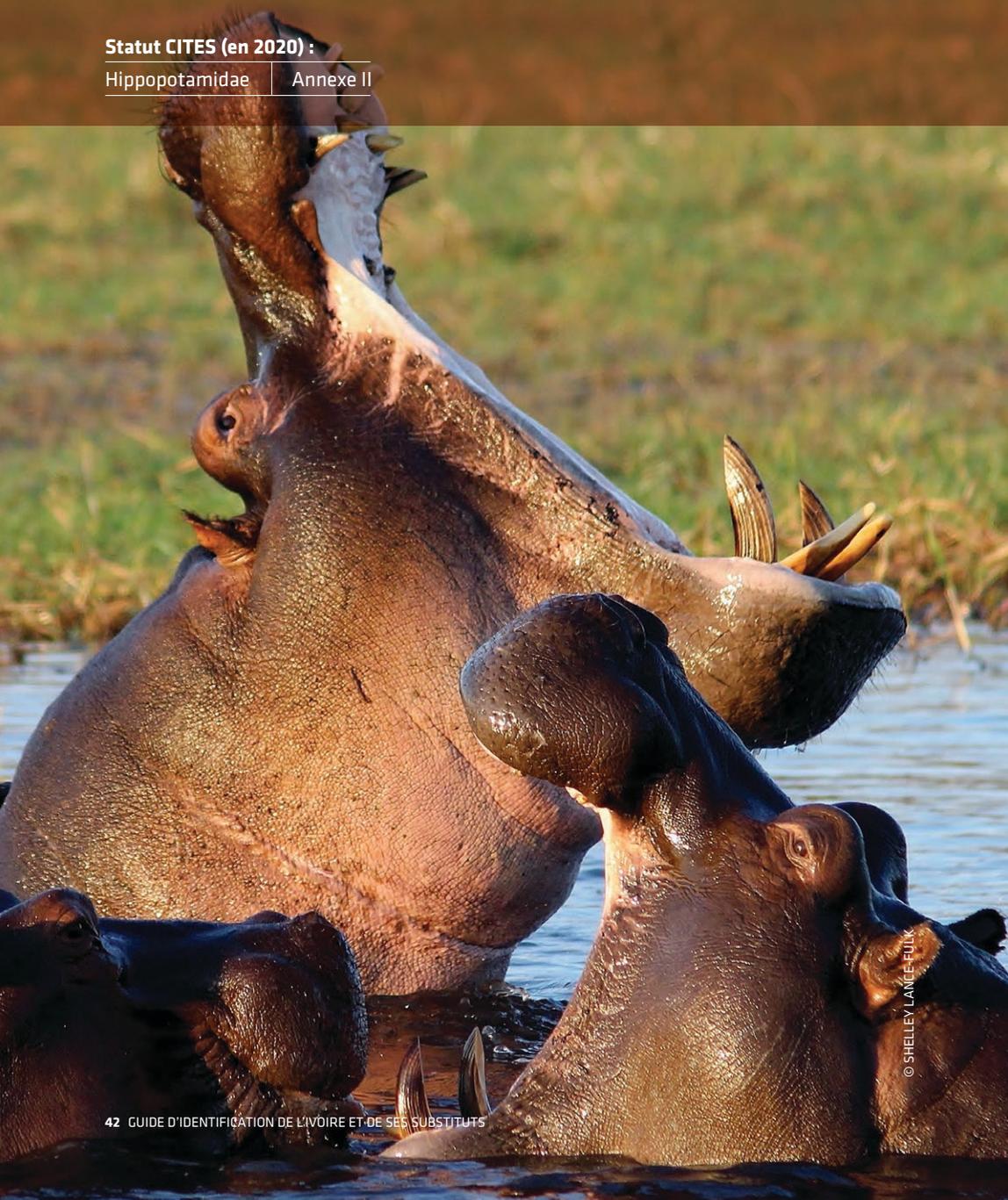
**Chez le narval adulte, la
défense peut mesurer
deux à sept mètres.**

HIPPOPOTAME

Statut CITES (en 2020) :

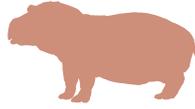
Hippopotamidae

Annexe II



© SHELLEY LANCE-FULK

HIPPOPOTAME



Les hippopotames ont de grandes canines et incisives, que l'on rencontre fréquemment sur le marché de l'ivoire. Il existe deux espèces actuelles d'hippopotames : l'hippopotame commun (*Hippopotamus amphibius*) et l'hippopotame pygmée (*Hexaprotodon liberiensis*). Ces deux espèces diffèrent par la taille de l'animal, mais aussi par celle de leurs populations globales, la seconde étant relativement rare et ayant une distribution beaucoup plus limitée (Wilson et Mittermeier 2011). Du fait de la plus grande taille des dents d'*H. amphibius* et de sa population plus nombreuse, cette espèce est davantage représentée dans le commerce d'ivoire. *H. liberiensis* est aujourd'hui considéré comme rare sur le marché de l'ivoire. Les caractéristiques décrites ci-dessous sont basées sur l'observation des défenses/dents d'*H. amphibius*, mais certaines d'entre elles au moins peuvent être observées également chez *H. liberiensis*, pour lequel nous manquons cependant de données comparatives. Étant donné que nous n'avons pas la certitude que toutes les caractéristiques s'appliquent au niveau de la famille (les hippopotamidés), nous recommandons la prudence dans l'exclusion d'*H. liberiensis*, particulièrement lorsque la taille est équivoque (p.ex. petits objets sculptés).

DENTS/DÉFENSES BRUTES

Du fait de leur taille relativement importante, la plupart des objets en ivoire d'hippopotame observés dans le commerce d'espèces sauvages sont des incisives et des canines brutes ou gravées, identifiables d'après leur forme (Fig.6.1).

HIPPOPOTAME

Canine supérieure



Canine inférieure



↑ Figure 6.1 Incisives et canines d'*Hippopotamus amphibius*.



HIPPOPOTAME

Incisives supérieures

En raison de leur taille relativement imposante, la plupart des objets en ivoire d'hippopotame observés dans le commerce d'espèces sauvages sont des incisives et des canines brutes ou gravées

Incisives inférieures



HIPPOPOTAME

INCISIVES : les incisives inférieures d'hippopotame sont généralement droites avec l'extrémité en pointe. Les incisives supérieures sont similaires mais peuvent aussi être légèrement incurvées (Fig.6.1). Les incisives peuvent ou non présenter de l'émail en surface. Les incisives centrales inférieures d'*Hippopotamus amphibius* sont dépourvues d'émail, mais elles présentent une couche externe de ciment, les autres incisives peuvent être recouvertes de bandes d'émail en surface, ou de ciment aux endroits où l'émail est absent (Locke 2013).

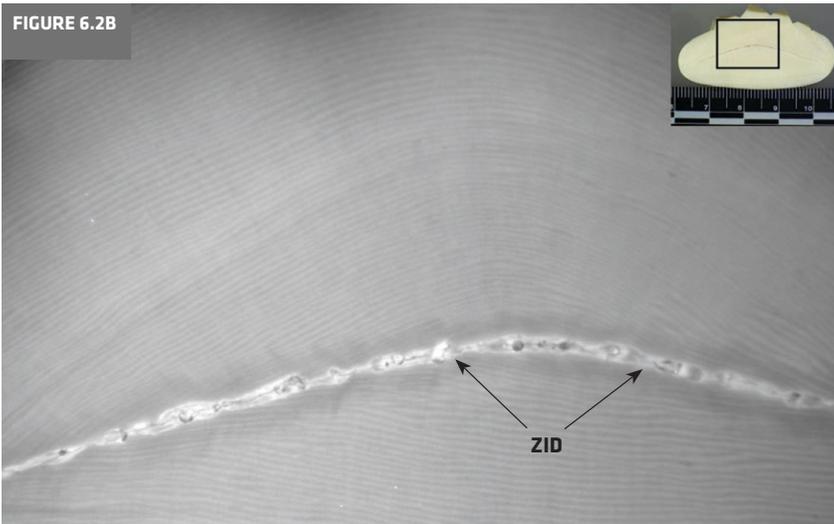
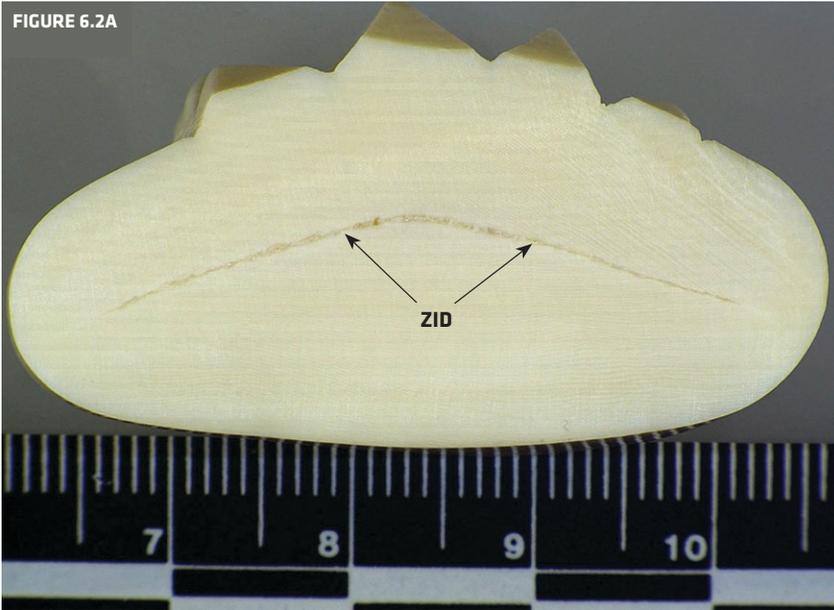
CANINES : les hippopotamidés possèdent une seule série de canines supérieures et inférieures, qui sont incurvées et plus grandes que les incisives. Les canines inférieures, de forme pratiquement semi-circulaire, sont généralement plus grandes et plus incurvées que les canines supérieures (Fig.6.1). L'émail peut être présent sur les surfaces extérieures des canines supérieures et inférieures, tandis que du ciment est observé sur les surfaces linguales.

MORPHOLOGIE EN COUPE TRANSVERSALE

L'un des principaux caractères distinctifs de l'ivoire d'hippopotame concerne la morphologie de la dentine, tant dans les canines que dans les incisives. La dentine présente de fines lignes ou bandes concentriques, qui peuvent être observables à l'œil nu ou nécessiter l'usage d'une loupe (un grossissement 10x suffit en général ; Fig.6.2A et 6.2B). Il se peut que ces lignes soient absentes dans certaines régions de la dentine, cette variabilité étant liée à la structure superficielle de la dent (c'est-à-dire la présence d'émail ou de ciment). Les fines lignes ou bandes dans la dentine s'observent directement sous la couche d'émail. Sous le ciment, ces lignes ne commencent pas immédiatement, mais plus près de la zone interstitielle de la dentine (ZID). Cette zone est une région

HIPPOPOTAME

de croissance convergente pour la dentine en développement, située au centre de la dent/défense (Fig.6.3 et 6.4).

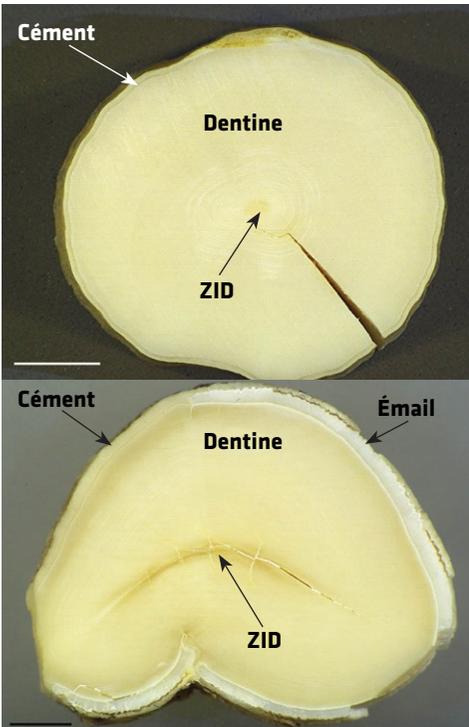


↑ **Figure 6.2A** Coupe transversale d'une canine inférieure d'*Hippopotamus amphibius*.
Figure 6.2B Fines lignes concentriques dans la dentine de la même canine inférieure d'*H. amphibius*. L'image a été agrandie 30,48x en condition de fluorescence avec une source lumineuse à 485-590 nm et un filtre infrarouge à 645 nm pour faciliter la visualisation. Figures 6.2A et 6.2B Notez la zone interstitielle de la défense (ZID) angulaire au centre de la dent.

HIPPOPOTAME

INCISIVES : les incisives d'hippopotame ont une section arrondie et une petite ZID. Les incisives centrales inférieures sont couvertes de ciment et dénuées d'émail (Locke 2013). La dentine située directement sous le ciment ne présente donc pas les fines lignes concentriques typiques, qui sont visibles en revanche à proximité de la ZID (Fig.6.3).

CANINES : en coupe transversale, les canines supérieures sont ovales, arrondies ou ont la forme approximative d'un cœur (Fig.6.4). Les canines inférieures ont quant à elles une section triangulaire (Fig.6.2A). Les canines supérieures et inférieures présentent une ZID angulaire qui suit la forme de la dent/défense. Étant donné que les canines peuvent être couvertes d'émail ou de ciment, les fines lignes ou bandes concentriques de la dentine apparaissent soit directement sous la surface (émail) soit plus près de la ZID (cément).



← **Figure 6.3** Coupe transversale d'une incisive d'*Hippopotamus amphibius*. Notez la petite ZID au centre et les fines lignes concentriques visibles à proximité de la ZID, mais absentes près du ciment. La barre d'échelle correspond à 5 mm.

← **Figure 6.4** Section transversale d'une canine supérieure d'*Hippopotamus amphibius*. La barre d'échelle correspond à 5 mm.

OBJETS SCULPTÉS

De nombreux objets sculptés dans des dents/défenses d'hippopotame conservent la structure originale de la dent (Fig.6.5). Par conséquent, et bien que des caractéristiques extérieures peuvent avoir disparu (p.ex. émail et ciment), l'ivoire d'hippopotame peut être identifié sur la base de la taille et de la forme générale de la pièce, ainsi que de la forme de la section transversale. Pour les pièces sculptées de petite taille, l'ivoire d'hippopotame peut être identifié par la présence des fines lignes ou bandes concentriques décrites plus haut, ainsi que par la forme de la ZID lorsqu'elle est présente (Fig.6.6A et 6.6B).



Figure 6.5 Canines inférieures brute et sculptée d'*Hippopotamus amphibius*.



Figure 6.6A Sculptures d'une canine supérieure (à gauche) et d'une canine inférieure (à droite) d'*Hippopotamus amphibius*. La barre d'échelle correspond à 10 mm. **Figure 6.6B** Face inférieure des objets présentés en Fig.6.6A, respectivement. Notez la ZID angulaire, ainsi que les fines lignes concentriques visibles sur chaque pièce.

PHACOCHÈRE

Statut CITES (en 2020) :

Phacochoerus

Non inscrit à la CITES

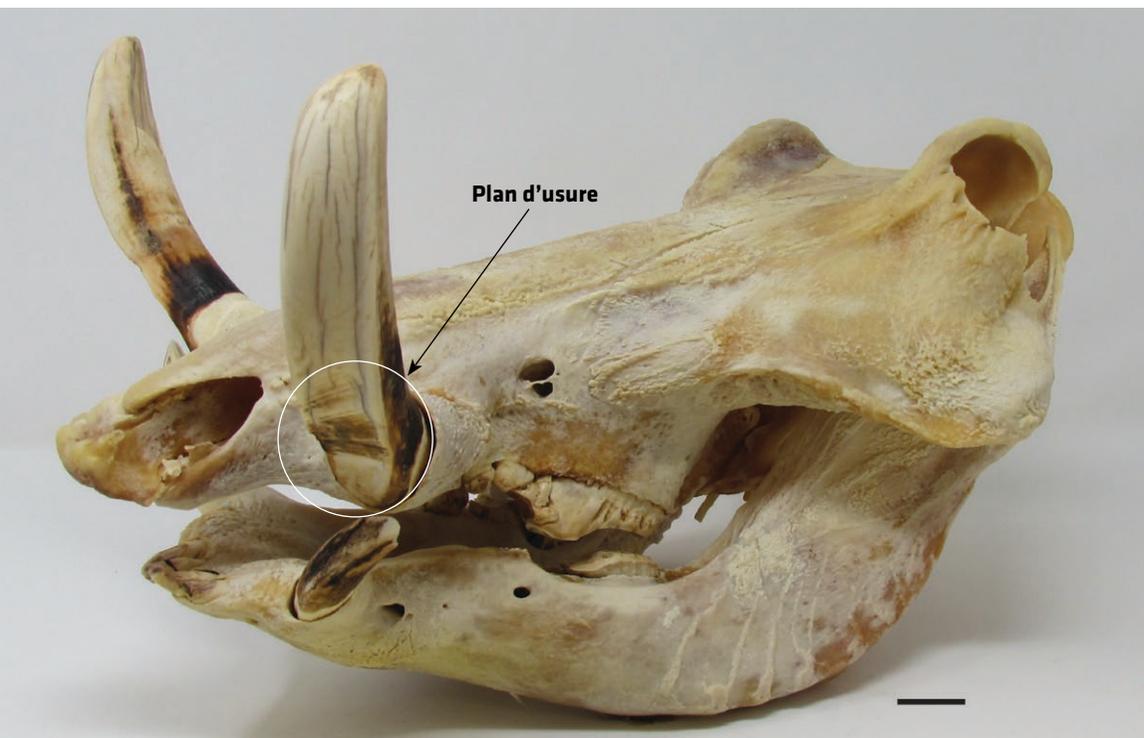


PHACOCHÈRE



Les grandes canines de certains suidés se rencontrent sur le marché de l'ivoire. Celles que l'on y trouve communément sont les défenses à croissance continue des mâles. Dans la famille des suidés, il existe une variabilité dans la taille des canines des mâles, mais celles que l'on trouve généralement dans le commerce sont les plus grandes et les plus robustes, en particulier les canines supérieures des phacochères (du genre *Phacochoerus*, non repris sur la liste CITES) (Fig.7.1). Les caractéristiques décrites ci-dessous sont tirées de l'observation des canines supérieures de *Phacochoerus*. Ce taxon possède des canines inférieures relativement courtes, qui peuvent être distinguées des canines supérieures par la forme de la section transversale et la morphologie de la dentine. Plus spécifiquement, les canines inférieures ont une section triangulaire et sont dépourvues des fines lignes ou bandes concentriques qui apparaissent dans les canines supérieures. Il est important de noter qu'une autre espèce, l'hylochère (*Hylochoerus meinertzhageni*) possède des canines de taille comparable à celles de *Phacochoerus*, qui présentent une section transversale et une morphologie dentinaire similaires (Locke 2013). Nous recommandons la plus grande prudence pour toute tentative de distinguer ces taxons, ce qui suppose en outre de disposer de matériel de référence.

PHACOCHÈRE



↑ **Figure 7.1** Crâne de *Phacochoerus* sp. Notez les imposantes canines supérieures, que l'on rencontre fréquemment sur le marché des espèces sauvages. La barre d'échelle correspond à 20 mm.

Les canines du sanglier (*Sus scrofa*) se rencontrent également dans le commerce d'espèces sauvages et peuvent potentiellement être confondues avec celles des *Phacochoerus*. Toutefois, les grandes défenses de *Sus scrofa* sont des canines inférieures et elles peuvent donc être distinguées de celles de *Phacochoerus* par leur section triangulaire et l'absence de lignes ou bandes concentriques. Pour les petits objets travaillés, l'exclusion de *Sus scrofa* ou d'autres suidés ayant de plus petites défenses (p.ex. *Potamochoerus*) peut nécessiter une analyse ADN.

Les caractéristiques décrites ci-dessous, conjuguées avec la prise en compte de la taille, devraient permettre l'identification de *Phacochoerus* et de *Hylochoerus*, bien que le matériel comparatif disponible soit insuffisant pour ce dernier.

DENTS/DÉFENSES BRUTES

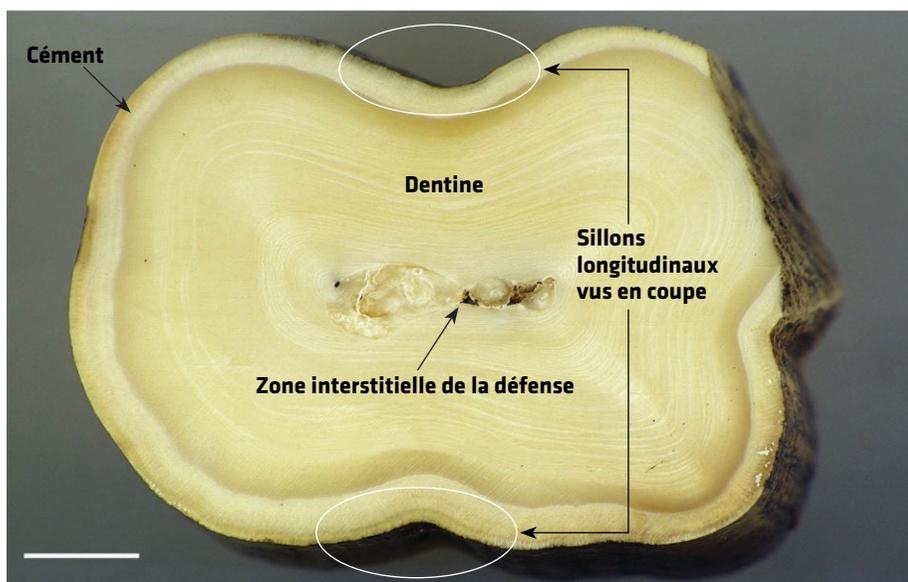
Les canines supérieures brutes ou sculptées de *Phacochoerus*, que l'on rencontre communément dans le commerce, peuvent être distinguées des autres objets en ivoire d'après leur forme générale. Les canines supérieures sont fortement incurvées. Leur face antérieure présente une surface usée par le contact avec les canines inférieures (Fig.7.1), tandis que les faces médiales et latérales de la dent sont parcourues par un sillon longitudinal sur toute leur longueur (Fig.7.2).



↑ **Figure 7.2** Canines supérieures de *Phacochoerus* sp.

MORPHOLOGIE EN COUPE TRANSVERSALE

L'un des principaux caractères distinctifs de l'ivoire de *Phacochoerus* est lié à la forme de sa section transversale, qui est généralement rectangulaire et amincie au milieu (Fig.7.3). Cette forme « pincée » provient des sillons longitudinaux le long des surfaces médiane et latérale. La dentine présente aussi des lignes ou bandes concentriques fines mais irrégulières, visibles à l'œil nu ou à l'aide d'une simple loupe au grossissement 10x. Cette caractéristique rapproche l'ivoire de *Phacochoerus* de celui de l'hippopotame, mais les fines lignes de l'ivoire d'hippopotame sont en général espacées de façon plus régulière. Les lignes ou bandes de la dentine sont aussi ondulées chez *Phacochoerus*, suivant la forme générale de la section de la défense (Fig.7.3). Enfin, les canines supérieures de *Phacochoerus* présentent une zone interstitielle linéaire, qui diffère de celle des défenses ou dents d'hippopotame, qui est angulaire ou petite et arrondie.



↑ **Figure 7.3** Coupe transversale d'une canine supérieure de *Phacochoerus* sp. La barre d'échelle correspond à 5 mm.

OBJETS SCULPTÉS

De nombreuses sculptures de défenses supérieures de *Phacochoerus* conservent la structure originale de la dent (Fig.7.4). Par conséquent, l'ivoire de *Phacochoerus* peut être identifié sur la base de la forme générale de l'objet, ainsi que de la forme et de la taille de la section transversale. L'identification de *Phacochoerus* peut également se fonder sur la présence des fines lignes ou bandes concentriques décrites ci-dessus, ainsi que sur la forme de la zone interstitielle lorsqu'elle est présente.



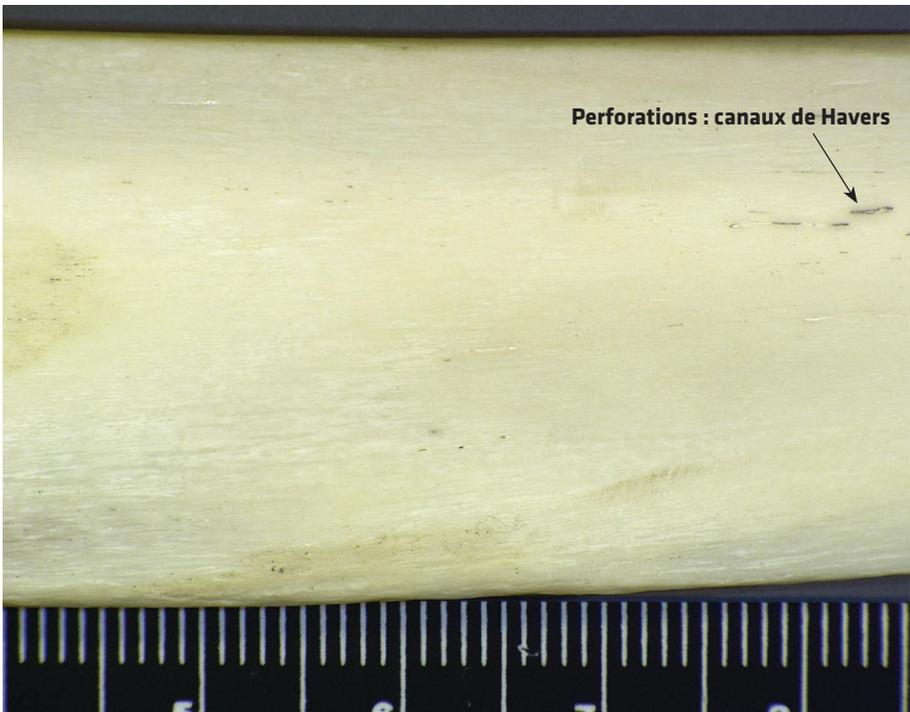
↑ Figure 7.4 Canines supérieures sculptées de *Phacochoerus/Hylochoerus* sp.

LES SUBSTITUTS NATURELS DE L'IVOIRE



LES SUBSTITUTS NATURELS DE L'IVOIRE

Os—L'os est un tissu conjonctif minéralisé composé d'hydroxyapatite, de protéines et de lipides. L'os compact, que l'on rencontre le plus souvent comme substitut de l'ivoire (Fig.8.1), est parcouru par des canaux dans lesquels s'écoule un fluide. Il s'agit du système de Havers. Les canaux haversiens peuvent être observés sur une surface d'os polie à l'aide d'un grossissement 10x, sous la forme de petites perforations ou d'égratignures irrégulières (Fig.8.2). Leur apparence est souvent accentuée par la présence de matière organique décolorée qui adhère aux parois des canaux.



← **Figure 8.1** Grande figurine fabriquée à l'aide d'un collage de morceaux d'os polis. Chaque plaquette d'os mesure environ 1 cm². Les plaquettes ont été collées sur un support en bois.

↑ **Figure 8.2** Gros plan d'un os poli. Les piqûres que l'on aperçoit sur cette image sont les canaux haversiens, qui permettent d'établir qu'un objet est fabriqué en os et non en dentine.

LES SUBSTITUTS NATURELS DE L'IVOIRE

Statut CITES (en 2020) :

<i>Rhinoplax vigil</i>	Annexe I
------------------------	----------

CALAO À CASQUE ROND (*Rhinoplax vigil*)—Le casque de ce calao inscrit à l'annexe I de la CITES (Fig.8.3), originaire d'Asie du Sud-Est, peut être sculpté et poli. On reconnaît ce casque de couleur ivoire à sa taille, qui peut atteindre 8 x 5 x 2,5 cm, et sa couleur rouge vif périphérique. « L'ivoire » du casque de calao à casque rond est également appelé « ho-ting » et « jade doré ».



↑ **Figure 8.3** Casques de calao à casque rond (*Rhinoplax vigil*). Bien qu'ils soient parfois appelés casques d'ivoire, ces casques de calao sont composés de kératine et non de dentine. Les deux objets de droite incluent un crâne complet, tandis que le casque de gauche a été détaché du crâne.

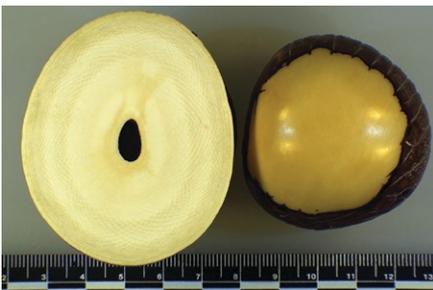
IVOIRE VÉGÉTAL (*Phytelephas macrocarpa*)—L'ivoire végétal ou noix d'ivoire provient généralement des fruits du palmier tagua (*Phytelephas macrocarpa*), bien que d'autres palmiers de la même famille produisent également des noix d'ivoire. Le palmier tagua pousse principalement dans des régions humides du nord de l'Amérique du Sud. La noix mûre, qui peut atteindre la taille d'une pomme, présente un noyau de cellulose blanc et extrêmement dur qui se travaille comme l'ivoire. L'enveloppe du fruit (Fig.8.4) a une apparence brun foncé et est fréquemment intégrée dans l'objet sculpté.

LES SUBSTITUTS NATURELS DE L'IVOIRE

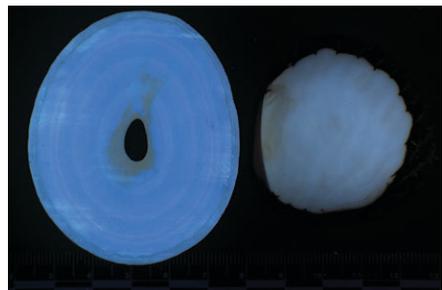
L'examen de la cellulose contenue dans l'ivoire végétal sculpté révèle une série de fines lignes concentriques, régulièrement espacées, comparable à ce que l'on observe dans l'ivoire d'hippopotame. Un examen attentif à l'aide d'un microscope à faible grossissement révèle un aspect granuleux ou ridé. Ces caractéristiques ne sont pas toujours apparentes sur des surfaces fortement incurvées. La fluorescence UV de l'ivoire végétal est très semblable à celle de l'ivoire proprement dit (Fig.8.5A et 8.5B). En l'absence de caractéristiques morphologiques évidentes, la meilleure façon d'identifier l'ivoire végétal est d'utiliser la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).



↑ **Figure 8.4** Deux objets sculptés en noix de tagua et une noix intacte (*Phytelephas macrocarpa*). Ces produits végétaux sont vendus comme « ivoire » végétal. Ils sont constitués de cellulose et non de dentine.



↑ **Figure 8.5A** Comparaison entre de l'ivoire d'éléphant (à gauche) et de l'ivoire végétal (à droite) en conditions normales d'éclairage.



↑ **Figure 8.5B** Comparaison de la fluorescence de l'ivoire d'éléphant (à gauche) et de l'ivoire végétal (à droite) exposés à des rayons UV à 365 nm.

SUBSTITUTS MANUFACTURÉS DE L'IVOIRE



SUBSTITUTS MANUFACTURÉS DE L'IVOIRE

Les substituts manufacturés de l'ivoire se séparent en deux catégories :

1) les composés à base de matière organique et/ou inorganique, et 2) les composés à base de caséine, une protéine dérivée du lait. Les noms commerciaux pour certains substituts de l'ivoire varient en fonction du fabricant. Les figures 9.1, 9.2A et 9.2B montrent des exemples de substituts manufacturés de l'ivoire.

Quels que soient leur aspect visuel et leur composition chimique, les différents types d'ivoire artificiel partagent une caractéristique commune, qui permet de les identifier : la fluorescence émise par l'ivoire artificiel à la lumière ultraviolette diffère de celle émise par l'ivoire naturel. L'ivoire émet une fluorescence blanc-bleu lorsqu'il est exposé à une source de lumière UV à ondes longues (365 nm), alors que les substituts manufacturés ont une teinte bleu terne ou jaunâtre, suivant le type d'ivoire artificiel (voir les Fig.9.2B). L'identification de substituts



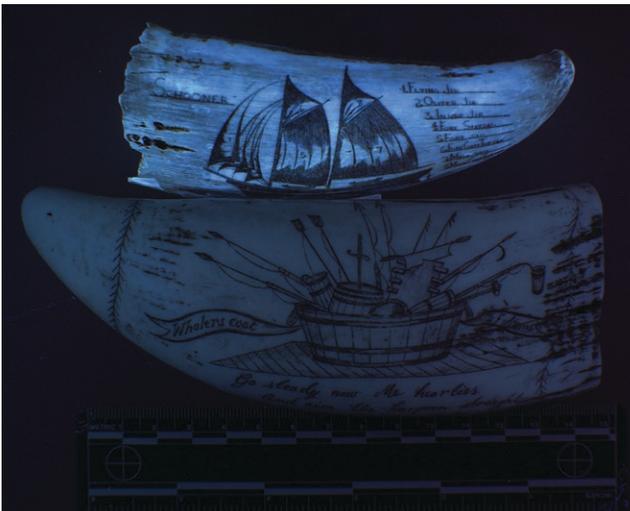
↑ **Figure 9.1** Exemples d'objets créés dans le but d'imiter l'ivoire. L'imitation de dent de cachalot (à l'avant-plan) et l'imitation de défense de morse (à l'arrière-plan) ont été fabriquées à base de résine composite. Bien que ces objets aient l'apparence extérieure de produits issus d'espèces sauvages, un examen attentif révèle qu'ils ne présentent pas les caractéristiques morphologiques de l'ivoire naturel.

SUBSTITUTS MANUFACTURÉS DE L'IVOIRE

artificiels de l'ivoire à l'aide de lumière UV 365 nm doit être effectuée dans une pièce sombre, et l'analyse devrait être réalisée en disposant d'échantillons de référence incluant de l'ivoire et des substituts artificiels de l'ivoire.



← **Figures 9.2A** Deux objets suspects d'être des dents de cachalot.



← **Figure 9.2B** Réaction des objets exposés à la lumière UV à ondes longues (365 nm). Seule la dent du haut présente la fluorescence caractéristique de la dentine, l'objet du bas émet une fluorescence caractéristique de la résine artificielle.



LECTURES SUGGÉRÉES ET RÉFÉRENCES

CITES Wildlife Forensics Page:

https://cites.org/eng/prog/imp/Wildlife_forensics

Ábelová, M. 2008. Schreger pattern analysis of *Mammuthus primigenius* tusk: Analytical approach and utility. *Bulletin of Geosciences* 83(2):225–232.

Alberic, M., et al. 2017. Relation between the macroscopic pattern of elephant ivory and its three-dimensional micro-tubular network. *PLOS ONE* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166671>.

Barfod, A.S. 1989. Rise and fall of vegetable ivory. *Principes* 33(4):181-190.

Best, R.C. 1981. The tusk of the narwhal (*Monodon monoceros* L.): Interpretation of its function (Mammalia: Cetacea). *Canadian Journal of Zoology* 59:2386-2393.

Brown, G., Moule, A.J. 1977. The structural characteristics of elephant ivory. *The Australian Gemmologist* 13(1):13-17.

Brown, G., Moule, A.J. 1977. The structural characteristics of various ivories. *The Australian Gemmologist* 13(2):47-60.

Bruemmer, F. 1989. Arctic treasures. *Natural History* 98:39-46.

Burack, B. 1984. *Ivory and its uses*. Charles E. Tuttle Co., Vermont, United States.

Butynski, T.M., de Jong, Y.V. 2018. Common warthog *Phacochoerus africanus* (Gmelin, 1788). In *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries* (Melletti, M. and Meijaard, E., eds.). Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom:85-100.

CITES Wildlife Forensics: https://cites.org/eng/prog/imp/Wildlife_forensics

Chiyo, P.I., Obanda, V., Korir, D.K. 2015. Illegal tusk harvest and the decline of tusk size in the African elephant. *Ecology and Evolution* 5(22):5216-5229.

Dyer, M.P. 2018. Scrimshaw. In, *Encyclopedia of Marine Mammals*, 3rd edition, edited by B. Wursig, et al., Academic Press, New York, United States: 841-845.

Espinoza, E.O., et al. 1990. A method for differentiating modern from ancient proboscidean ivory in worked objects. *Current Research in the Pleistocene* 7:81-83.

Espinoza, E.O., Mann, M.J. 1993. The history and significance of the Schreger pattern in proboscidean ivory characterization. *Journal of the American Institute for Conservation* 32(3):241-248.

Fisher, D.C., Trapani, J., Shoshani, J., Woodford, M.S. 1998. Schreger angles in mammoth and mastodon tusk dentine. *Current Research in the Pleistocene* 15:105-107.

Granfield, K., et al. 2014. The narwhal (*Monodon monoceros*) cementum-dentine junction: A functionally graded biointerphase. *Journal of Engineering in Medicine* 228(8):754-767.

Ishida, Y., Georgiadis, N. J., Hondo, T., Roca, A. L. 2013. Triangulating the provenance of African elephants using mitochondrial DNA. *Evol Appl*, 6: 253-265. doi:10.1111/j.1752-4571.2012.00286.x

Kingsley, M.C.S., Ramsay, M.A. 1988. The spiral in the tusk of the narwhal. *Arctic* 41(3):236-238.

Lambert, W.D. 2005. The microstructure of proboscidean ivory and its application to the subordinal identification of isolated ivory specimens. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 45:521-530.

Leslie, Jr., D.M., Huffman, B.A. 2015. *Potamochoerus porcus* (Artiodactyla: Suidae). *Mammalian Species* 47(919):15-31.

Liang, J., et al. 2014. Identification characteristics of natural and imitation hornbill ivory. *The Journal of Gemmology* 34(1):42-49.

Locke, M., Dean, R.L. 2003. Vascular spaces in compact bone. *The American Biology Teacher* 65(9):701-707.

Locke, M. 2004. Structure of long bones in mammals. *Journal of Morphology* 262(2):546-565.

Locke, M. 2008. Structure of ivory. *Journal of Morphology* 269-423-450.

Locke, M. 2013. Bone, Ivory, and Horn: Identifying Natural Materials. Schiffer Publishing, Ltd.: Atglen, Pennsylvania, United States.

Loxodonta Localizer. <https://www.loxodontalocalizer.org/>

Manger Cats-Kuene, C.S.W. 1961. Casque and bill of *Rhinoplax vigil* (Forst.) in connection with the architecture of the skull. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Afdeling Natuurkunde. Series 2. 53(3):1-51.

Mayer, J.J., Brisbin, I.L. Jr. 1988. Sex identification of *Sus scrofa* based on canine morphology. Journal of Mammalogy 69(2):408-412.

McDonnell, D. 1965. Crystal chemistry of hydroxyapatite: its relation to bone mineral. Archives of Oral Biology 10:421-431.

MacKinnon, J. 1981. The structure and function of the tusks of babirusa. Mammal Review 11(1):37-40.

Maskell, A. 1966. Ivories. Charles E. Tuttle Co., Vermont, United States.

Miles, A.E.W., Boyde, A. 1961. Observations on the structure of elephant ivory. Journal of Anatomy 95(3):450.

Miles, A.E.W., White, J.W. 1960. Ivory. Proceedings of the Royal Society of Medicine 53:775-80.

Miller, W. D. 1890. Studies on the anatomy and pathology of the tusks of the elephant. Dental Cosmos 32:337-48.

Nweeia, M.T., et al. 2014. Sensory ability in the narwhal tooth organ system. The Anatomical Record 297:599-617.

Owen, R. 1845. Odontography. London, United Kingdom.

Owen, R. 1856. Ivory and the teeth of commerce. Journal of the Royal Society of Arts 5:65-71.

Palombo, M.R., Villa, P. 2001. Schreger lines as support in the Elephantinae identification. In, The World of Elephants, edited by G. Cavarretta, et

al., Rome, Italy: 656-660. Proceedings of the 1st International Congress. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rome, Italy.

Penniman, T. K. 1952. Pictures of ivory and other animal teeth, bone and antler. Occasional Paper on Technology 5:4-40.

Raubenheimer, E.J., Bosman, M.C., Vorster, R., Noffke, C.E. 1998. Histogenesis of the chequered pattern of ivory of the African elephant (*Loxodonta africana*). Archives of Oral Biology 43:969-977.

Raubenheimer, E.J. 2000. Early development of the tush and the tusk of the African elephant (*Loxodonta africana*). Archives of Oral Biology 45:983-986.

Reyna-Hurtado, R., d'Huart, J.P., Turkalo, A.K. 2018. Forest hog *Hylochoerus meinertzhageni* (Thomas 1904). In Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries (Melletti, M. and Meijaard, E., eds). Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom:114-121.

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, United States.

Schabillon, S. 1983. All in a nutshell: The story of the vegetable ivory nut. Keystone Comedy, Flora, Mississippi, United States.

Scheffer, V.B., Myrick, A.C. Jr. 1970. A review of studies to 1970 of growth layers in the teeth of marine mammals. Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 3:51-63.

Schreger, B.N.G. 1800. Beitrag zur geschichte der zähne. Beitrage für die Zergliederungskunst 1:1-7.

Sims, M.E. 2010. Unusual appearance of Schreger-like pattern in *Hippopotamus amphibius* ivory: Wildlife forensics investigation of a netsuke. Forensic Science International 200(1-3):e19-e20.

Sims, M.E., Baker, B.W., Hoesch, R.M. 2011. Tusk or bone? An example of ivory substitute in the wildlife trade. Ethnobiology Letters 2:40-44.

St. Aubyn, F., editor. 1987. *Ivory: An international history and illustrated survey*. Harry N. Abrams, Inc., New York, United States.

Trapani, J., Fisher, D.C. 2003. Discriminating proboscidean taxa using features of the Schreger pattern in tusk dentine. *Journal of Archaeological Science* 30:429-438.

UNODC. 2014. Lignes directrices sur les méthodes et les procédures d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire de l'ivoire. Consortium international de lutte contre la criminalité liée aux espèces sauvages (ICCWC). Nations unies, Vienne.

Van der Merwe, N.J., et al. 1990. Identifying ivory. *The Rhino and Elephant Journal* 4(July):12-15.

Vereshchagin, N.K. 1974. The mammoth "cemeteries" of north-east Siberia. *Polar Record* 17(106):3-12.

Virag, A. 2012. Histogenesis of the unique morphology of proboscidean ivory. *Journal of Morphology* 273(12):1406-1423.

Weissengruber, G.E., Egerbacher, M., Forstenpointner, G. 2005. Structure and innervation of the tusk pulp in the African elephant (*Loxodonta africana*). *Journal of Anatomy* 206(4):387-393.

Wilson, D.E., Mittermeier, R.A. (eds). 2011. *Handbook of the mammals of the world. Vol. 2. Hoofed Mammals*. Lynx Edicions: Barcelona, Spain.

Witztum, A., Wayne, R. 2012. Button botany: plasmodesmata in vegetable ivory. *Protoplasma* 249:721-724.

Yates, B.C., Sims, M.E. 2010. Tupilak transformations: Traditional ivory objects as modern souvenirs. *Anthropological Approaches to Zooarchaeology: Colonialism, Complexity, and Animal Transformations*, edited by Campana, D., Crabtree, P., deFrance, S.D., Lev-Tov, J., Choyke, A. Oxbow Books/David Brown Book Co., Oakville, Connecticut, United States: 230-234.



TECHNIQUES MÉDICO-LÉGALES POUR L'IDENTIFICATION DE L'IVOIRE

Les méthodes morphologiques d'identification décrites dans les sections précédentes permettent de comparer rapidement l'ivoire naturel et les substituts d'ivoire sans détruire les échantillons. S'il n'est pas possible d'identifier un échantillon sur la base de ses caractéristiques morphologiques macroscopiques ou microscopiques, l'analyse médico-légale peut être utilisée pour distinguer l'ivoire de ses imitations, mais aussi pour obtenir des informations concernant l'âge, l'origine et l'identité de l'individu duquel provient une pièce d'ivoire.

La section consacrée à l'analyse en laboratoire (partie 2) est reproduite d'après les « Lignes directrices sur les méthodes et les procédures d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire de l'ivoire », publiées en 2014 par l'Office des Nations unies contre la drogue et le crime (UNODC), par l'intermédiaire du Consortium international de lutte contre la criminalité liée aux espèces sauvages. Avec leur aimable autorisation, ce document décrivant les applications médico-légales dans le domaine de l'identification de l'ivoire a été réimprimé dans les pages suivantes. Ces applications incluent des méthodes telles que la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF ou FT-IR, voir section 14.1.2), la spectroscopie Raman (voir section 14.1.2), l'analyse ADN, y compris de l'ADN mitochondrial (ADNmt, voir sections 14.1.3, 14.3.1) et l'analyse isotopique (voir section 14.2.2, 14.3.2).

Bien que les « Lignes directrices » couvrent des méthodes et analyses de laboratoires pertinentes, des ressources plus récentes, qu'il est utile de mentionner ici, se sont ajoutées depuis leur publication en 2014. Loxodonta Localizer est une plateforme internet qui permet aux utilisateurs d'analyser les données de l'ADNmt en vue de déterminer la provenance géographique d'échantillons d'ivoire d'éléphant d'Afrique. Cet outil en libre accès est utilisable gratuitement et les données-sources y ont été examinées par des experts indépendants. Il est accessible à l'adresse <https://www.loxodontalocalizer.org/>. Loxodonta Localizer est une base de données de séquences d'ADNmt provenant d'éléphants d'Afrique de forêt et de savane issus de 24 pays. Le jeu de données est décrit par Ishida et al. (2013) et a été mis à jour depuis lors avec de nouvelles séquences. L'utilisateur introduit une séquence de 316 pb (paires de bases) provenant d'une région de contrôle de l'ADNmt d'un échantillon d'éléphant d'Afrique. Des localités ayant fourni des séquences similaires à partir d'échantillons d'ADNmt d'éléphants d'Afrique vérifiés, sont alors proposées.

Il existe de nombreux tests et analyses en cours de développement, qui pourraient être applicables et disponibles dans un avenir proche, mais qui ne sont pas repris dans ce guide d'identification de la CITES, publié en 2020. Ces techniques pourront être reprises dans de futures éditions, lorsque les méthodes auront été validées et répliquées.

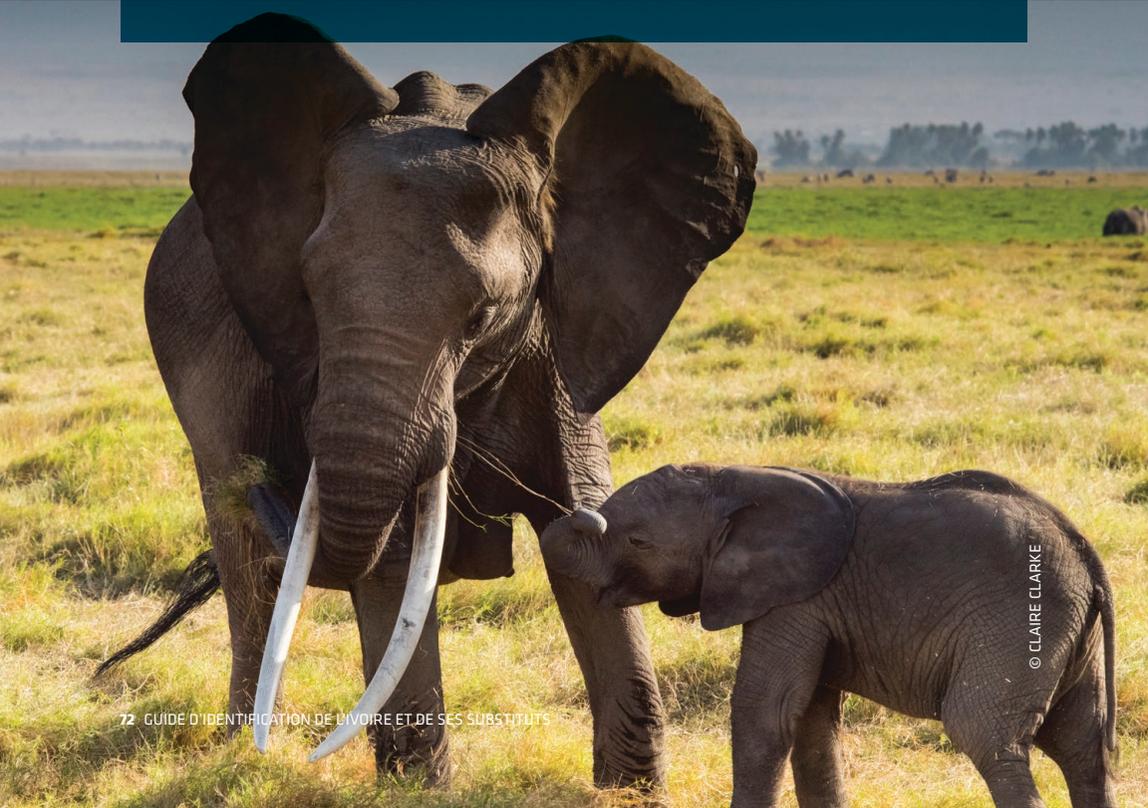
Avertissement pour les « Lignes directrices sur les méthodes et les procédures d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire de l'ivoire » (2014) de l'UNODC en partenariat avec l'ICCWC.

Le texte suivant est extrait des Lignes directrices publiées par l'UNODC en partenariat avec l'ICCWC. Il ne reflète pas les vues ou les opinions des auteurs de ce guide d'identification, de la CITES, de l'USFWS, de TRAFFIC ou du WWF.

Les conditions expérimentales et opératoires sont reproduites d'après les documents de référence originaux, y compris des méthodes n'ayant pas fait l'objet de publication, validées et utilisées suivant la liste de références. Dans de nombreux cas, un certain nombre de conditions et de produits de substitution alternatifs aux produits commerciaux mentionnés peuvent fournir des résultats similaires, mais toute modification de ces conditions ou produits doit être validée avant d'être intégrée dans les pratiques de laboratoire. La mention des noms de firmes et produits commerciaux n'implique en rien le soutien des Nations unies.

Copyright pour les « Lignes directrices sur les méthodes et les procédures d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire de l'ivoire » (2014) de l'UNODC en partenariat avec l'ICCWC.

© United Nations, Novembre 2014. Tous droits réservés dans le monde entier. Les dénominations employées et la présentation des données dans cette publication n'impliquent en rien l'expression d'une quelconque opinion du Secrétariat des Nations unies concernant le statut légal des pays, territoires, villes ou régions, leurs autorités et la délimitation de leurs frontières. Cette publication n'a pas fait l'objet d'une édition formelle. Production éditoriale : Anglais, Section des publications et de la bibliothèque, Office des Nations Unies à Vienne, Autriche.



© CLAIRE CLARKE



UNODC

United Nations Office on Drugs and Crime



Lignes directrices sur les méthodes et les procédures d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire de l'ivoire



UNODC

United Nations Office on Drugs and Crime

INTERNATIONAL CONSORTIUM ON COMBATING WILDLIFE CRIME

Partie 2. Analyse en laboratoire

L'analyse en laboratoire peut constituer un puissant outil pour confirmer l'espèce, l'âge et l'origine géographique d'échantillons d'ivoire, ainsi que pour associer des échantillons à des éléphants individuels. Les étapes de l'analyse en laboratoire peuvent différer suivant le type d'échantillon et le but de l'analyse. Cette section est technique et s'adresse aux analystes de laboratoire ayant une expertise dans des domaines spécifiques.

14. Remarques concernant l'analyse en laboratoire

Les échantillons d'ivoire peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Ivoire brut : défenses non travaillées ou morceaux de défense non travaillée
- Ivoire travaillé : morceaux de défense sous forme d'ornements sculptés, hankos (sceaux), boucles d'oreilles, pendentifs, etc.

La catégorie de l'échantillon d'ivoire étudié doit être prise en compte dans le choix du procédé global et des procédures particulières mobilisées pour l'analyse.

La méthodologie scientifique à mettre en œuvre pour tester les échantillons d'ivoire dépend de la question qui est posée et des ressources médico-légales ou scientifiques disponibles, y compris l'équipement et les compétences nécessaires. Généralement, les questions abordées en rapport avec l'ivoire entrent dans l'une des catégories suivantes :

- Est-ce vraiment de l'ivoire ? Si oui, de quelle espèce provient-il ?
- Quand l'animal a-t-il été tué ? Quel est l'âge de l'échantillon ?
- Où l'éléphant a-t-il été tué ?
- Combien d'éléphants ont été tués ?

Il est essentiel que les personnes qui appliqueront les procédures décrites ci-après soient conscientes de l'importance des bonnes pratiques de laboratoire. Tous les procédés doivent être validés et des procédures opératoires standardisées doivent être établies. Le laboratoire qui effectue les analyses doit être sûr que sa méthodologie est fiable, robuste et reproductible. Une vérification de la méthode est nécessaire lorsqu'un laboratoire utilise pour la première fois une méthode publiée et validée. Cela permet d'assurer la reproductibilité des résultats dans d'autres laboratoires.

14.1 Méthodes d'identification des espèces

L'ivoire peut provenir de différentes espèces. Il existe un vaste marché bien établi pour les défenses provenant d'autres animaux que les éléphants. Il est donc important de déterminer l'origine taxonomique de l'ivoire. Différents tests peuvent être utilisés dans ce but. Le champ d'application de ces méthodes pour les différents types d'échantillons d'ivoire sont décrits dans le tableau 1. Les méthodes varient, allant de méthodes non destructives reposant sur les compétences de l'expérimentateur à des tests destructifs à l'aide d'équipements techniques.

14.1.1 Morphologie

Dans certains cas, un examen morphologique visuel est suffisant. Il arrive que l'étude d'une défense entière ne nécessite pas d'autre test scientifique. Lorsque les échantillons sont des fragments de défenses supposés être en ivoire, la microscopie peut être utilisée comme premier test. Le guide d'identification de l'ivoire par des moyens visuels non destructifs a été développé à cette fin. Il comprend des informations pour l'identification de l'ivoire par l'examen des lignes de Schreger, qui peuvent être utilisées pour distinguer l'ivoire de différentes espèces [10].

14.1.2 Spectroscopie vibrationnelle : spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier et spectroscopie Raman

Lorsqu'elles sont exposées à de l'énergie infrarouge ou laser, certaines molécules présentent des motifs vibratoires caractéristiques. Ces motifs (bandes) donnent une indication générale de la composition du matériau étudié. Dans le cas de l'ivoire, ces techniques sont utilisées principalement avec deux objectifs :

- Déterminer si un objet sculpté est composé d'ivoire ou de matière plastique
- Déterminer si un objet sculpté est en ivoire de mammouth ou d'éléphant moderne

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF ou FT-IR) et la spectroscopie Raman sont les meilleurs outils pour distinguer les plastiques ayant l'aspect de l'ivoire du véritable ivoire, constitué d'hydroxyapatite. Les techniques spectroscopiques sont non destructives et rapides à mettre en œuvre. Cependant, ces outils analytiques ne permettent pas de déterminer précisément l'espèce dont il s'agit, parmi les nombreux animaux qui de l'ivoire [25-32].

14.1.3 ADN mitochondrial

L'ADN mitochondrial est utilisé dans de nombreux domaines liés à la taxonomie et la science médico-légale, tant pour des sujets humains que pour la faune et la flore sauvages. L'empreinte génétique mitochondriale permet potentiellement d'identifier une espèce et elle nécessite l'accès à un équipement spécifique. C'est une méthode destructive. Toutefois, une faible quantité d'échantillon suffit pour l'analyse.

14.2 Méthodes pour la détermination de l'âge d'un échantillon

L'estimation de l'âge peut contribuer à déterminer si des défenses saisies proviennent d'un incident de braconnage récent en fournissant des renseignements utiles concernant la période à laquelle l'animal était encore en vie. En outre, la détermination de l'âge est cruciale pour permettre aux autorités de gestion de la CITES d'établir si de l'ivoire peut être classé ou non comme du matériel antérieur à la Convention, et donc si celle-ci s'applique ou non au spécimen étudié. Le champ d'application des méthodes de détermination de l'âge de l'ivoire suivant le type d'échantillon sont décrits dans le tableau 2.

Tableau 1. Champ d'application des méthodes d'identification de l'espèce

Test	Défense	Défense travaillée	Tissu
Morphologie <ul style="list-style-type: none"> • Non destructif • Peu d'équipement nécessaire 	Basé sur la structure complète	Basé sur la structure complète	Pas toujours applicable
Spectroscopie Raman <ul style="list-style-type: none"> • Non destructif 	L'analyse morphologique est utilisable en fonction des détails présents sur l'échantillon.		Pas idéal
IRTF <ul style="list-style-type: none"> • Non destructif • Équipement spécifique nécessaire 			
ADN <ul style="list-style-type: none"> • Destructif (peu) • Équipement spécifique nécessaire 	Les loci d'ADN mitochondrial de la cytochrome b (cyt b) ou de la cytochrome oxydase 1 (COI) sont assignables à une espèce et peuvent être étudiés dans tous les types d'échantillons.		

14.2.1 Morphologie

Dans certains cas, les caractéristiques physiques de l'échantillon peuvent être utilisées pour estimer l'âge. Il peut s'agir par exemple de la présence de sang, d'une forte odeur de cadavre ou de motifs gravés ou sculptés indicatifs d'une période en particulier. Toutefois, des précautions doivent être prises lorsqu'on émet une opinion concernant l'âge en se basant sur l'apparence, car il est possible de faire ressembler de l'ivoire récent à une pièce ancienne.

14.2.2 Isotopes

Une méthode scientifique plus concluante pour la détermination de l'âge d'un échantillon repose sur l'analyse isotopique. Les isotopes sont différentes formes d'un même élément chimique ayant des masses atomiques différentes en raison d'un nombre différent de neutrons dans le noyau. La plupart des isotopes présents sur terre sont stables, mais certains sont radioactifs et se dégradent sur une période de temps caractérisé par leur demi-vie. L'ivoire étant sécrété à la marge de la chambre pulpaire, au cœur de la défense, l'ivoire le plus récent se situe le long de cette marge et l'ivoire est plus ancien à mesure que l'on s'en éloigne. Le taux de croissance transversal est d'environ 5 mm par an et le taux de croissance longitudinal d'environ 5 cm par an [33]. L'ivoire se compose d'apatite biologique (dentine) et de collagène, dans un rapport d'environ 70:30. L'apatite biologique et le collagène de l'ivoire n'échangent plus aucun élément ou isotope une fois formés et fournissent par conséquent une séquence temporelle de rapports isotopiques [34]. Pour les isotopes stables, cela fournit un historique du régime alimentaire (C, N, S incorporés dans la nourriture) ou de l'hydratation (H et O sont fournis par la nourriture et l'eau) sur la base des abondances naturelles des isotopes.

Les isotopes radioactifs peuvent être utilisés pour déterminer l'âge d'un échantillon d'ivoire d'éléphant brut ou transformé. Si des défenses entières sont disponibles, l'année de la mort peut souvent être déterminée. S'il s'agit d'ivoire transformé, l'année de formation de l'ivoire peut souvent être déterminée. Les essais d'armes nucléaires menés dans les années 1950 et 1960 ont presque doublé la concentration de carbone 14 (^{14}C) dans l'atmosphère. Depuis lors, la concentration s'est progressivement réduite en raison de processus naturels, particulièrement l'absorption et le recyclage dans la biosphère et les océans. En 2014, elle était retombée à environ 4% au-dessus de la concentration naturelle. Compte tenu de la longue demi-vie du radiocarbone (5.730 ans), une courbe dite « effet bombe » bien calibrée couvrant les 50 dernières années est largement utilisée pour la datation des échantillons formés depuis le milieu des années 1950. Si on applique un protocole d'échantillonnage approprié, les concentrations de ^{14}C mesurées dans les tissus végétaux et animaux peuvent se voir attribuer un âge de formation avec une précision de quelques années. Dans certains cas particuliers, l'âge de formation peut être évalué avec une précision de $\pm 0,5$ année. Si les échantillons sont prélevés à l'interface de croissance active, l'ancienneté de la mort de l'animal peut être déterminée [31, 33]. La courbe « effet bombe » est donc utile pour obtenir une datation précise depuis environ 1955 jusqu'à aujourd'hui.

La courbe « effet bombe » a connu une phase d'augmentation rapide jusqu'à un pic atteint vers 1964, suivie par un déclin graduel. Par conséquent, il est vraisemblable que la plupart des échantillons saisis proviennent de la partie déclinante de la courbe. Toutefois, deux résultats différents seront possibles dans certains cas (l'un remontant à la période 1955-1965, l'autre à la période s'étendant de 1965 à aujourd'hui). Une approche possible pour vérifier les résultats consiste à utiliser un autre isotope ayant une histoire différente de celle du ^{14}C , p.ex. le ^{90}Sr , comme suggéré dans une recherche récente [35]. Une autre méthode repose sur l'incorporation relative de radium (biodisponible) par rapport au thorium (non biodisponible). Cette méthode permet de déterminer la durée absolue écoulée depuis la formation du tissu et elle ne dépend pas d'une courbe « effet bombe » [36]. Une troisième approche consiste à mesurer le ^{14}C de deux sous-échantillons provenant de deux positions adjacentes le long de l'axe de croissance de l'échantillon concerné.

Dans la plupart des cas, et jusqu'à ce que la concentration atmosphérique de ^{14}C atteigne le niveau d'origine, le ^{14}C permet de dater l'ivoire avec une précision de quelques années. Si on utilise la spectroscopie de masse par accélérateur pour la datation au ^{14}C , la quantité de carbone contenue dans l'échantillon devrait être d'environ 1 mg, ce qui correspond approximativement à 10 mg d'ivoire brut. Des échantillons prélevés le long de la marge interne de l'ivoire, à l'interface défense-pulpe, peuvent donc être utilisés pour déterminer la date de la mort. Lorsque le problème des doubles solutions liées à la courbe « effet bombe » du ^{14}C doit être résolu, il est nécessaire d'effectuer des mesures du ^{90}Sr , du rapport $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, ou du ^{14}C sur deux sous-échantillons prélevés sur deux positions adjacentes le long de l'axe de croissance. Pour les mesures de ^{90}Sr et du rapport $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, une quantité de 10 g d'ivoire minimum est nécessaire [33, 37].

Tableau 2. Champ d'application des méthodes de détermination de l'âge de l'ivoire

Test	Défense	Défense travaillée	Tissu
Morphologie, si des indices montrent que l'échantillon est très récent	Structure entière	Structure entière Méthodes et styles de sculpture ou gravure	Pas possible
Radioisotopes	Fournit une estimation à ± quelques années suivant les radionucléides utilisés (^{14}C , ^{90}Sr , $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$)		Utilisable uniquement pour des tissus métaboliquement inertes

14.3 Méthodes pour la détermination de l'origine géographique

Déterminer la provenance géographique de l'ivoire peut fournir des renseignements utiles aux services chargés d'appliquer la loi et aider à détecter les régions les plus exposées au braconnage. Les champs d'application des différentes méthodes de détermination de l'origine géographique d'un échantillon d'ivoire sont décrits dans le tableau 3.

14.3.1 Analyse ADN

Trois régions de l'ADN peuvent être ciblées pour la détermination de l'origine géographique : l'ADNmt, les STR (Short Tandem Repeats) du chromosome Y et les microsatellites de l'ADN autosomal (nucléaire). L'identification génétique par microsatellites est une méthode qui a fait ses preuves pour l'attribution d'une origine géographique. D'autres marqueurs génétiques, comme l'ADN mitochondrial, peuvent être utilisés, en particulier lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'ADN pour les marqueurs nucléaires, et les microsatellites liés au chromosome Y peuvent également être utilisés. Cependant, l'ADNmt et les STR Y présentent un pouvoir de discrimination plus faible pour assigner une origine que les microsatellites de l'ADN autosomal nucléaire. Ils nécessitent en outre un échantillonnage plus étendu en raison de leur transmission liée au sexe. Il se peut que la présence d'un haplotype identique n'indique pas une origine géographique commune, si cet haplotype est présent dans des populations non échantillonnées provenant d'autres régions. Inversement, l'absence supposée d'un haplotype dans une région déterminée pourrait résulter d'un échantillonnage incomplet, cette absence ne signifie donc pas nécessairement que l'échantillon provient d'une autre origine.

Les microsatellites du chromosome Y présentent un avantage spécifique du fait que ce chromosome est transmis exclusivement du père à la descendance mâle. L'empreinte de l'ADN mitochondrial et les marqueurs STR Y ont un pouvoir de discrimination significativement plus faible que les marqueurs décrits [38].

14.3.2 Analyse d'isotopes

L'analyse des isotopes stables est largement utilisée pour diagnostiquer le régime alimentaire des animaux. Des cartes de distribution géographique d'isotopes sont utilisées pour déterminer l'origine géographique de plantes, d'animaux et de matière transformée [39]. L'étude de la provenance d'espèces sauvages est basée sur l'incorporation des rapports d'abondance entre isotopes naturels liés aux réseaux trophiques locaux (carbone), à l'écologie (azote), la géologie (strontium), la géographie (soufre, y compris aérosols marins) et l'altitude (oxygène et hydrogène). En considérant une combinaison d'isotopes, il est possible d'établir une coïncidence spatiale qui correspond à une région géographique limitée. L'apatite biologique de l'ivoire peut servir pour l'analyse des isotopes de carbone, d'oxygène et de strontium ; le collagène de l'ivoire peut servir pour l'analyse des isotopes de carbone, d'azote et de soufre ; l'oxygène et l'hydrogène du collagène peuvent être analysés à condition de prendre des précautions pour les isotopes échangeables.

Van der Merwe et al. et Vogel et al. ont montré que des isotopes stables (de carbone et d'azote) peuvent être utilisés pour distinguer différentes populations d'éléphants d'Afrique [40,41] ; van der Merwe et al. et Vogel et al. ont montré que les isotopes lourds tels que $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, qui sont liés à l'âge géologique de la roche mère locale, permettent également de discriminer les populations d'éléphants [42, 43]. Les travaux de Lee-Thorp et al., Hall-Martin et al. et Hart et al. [44-46], complétés par Emslie et al. (2001) et Amin et al. [47-49], ont montré que la composition chimique en ratios d'isotopes stables de la corne de rhinocéros varie également selon la région et l'espèce, reflétant à la fois des différences géologiques et pluviométriques. Plus récemment, Ehleringer et al., Valenzuela et al. et Chesson et al. ont établi une carte d'isotopes dans l'eau et les tissus humains en Amérique du Nord et ils ont montré que des motifs cohérents apparaissent en fonction de la géologie, du régime alimentaire et des conditions météorologiques [50-52]. Ces motifs appelés « isoscapes » [39] (ou cartes d'isotopes) sont de plus en plus utilisés dans les études relatives à la vie sauvage. Ziegler et al. ont développé des « isoscapes » pour l'ivoire d'éléphant afin de faciliter la détermination de l'origine de l'ivoire [53]. Cerling et al. ont étudié les isotopes de carbone, d'oxygène et d'azote afin de définir des « isoscapes » pour les éléphants au Kenya [54], et Ziegler et al. ont montré que la mesure d'isotopes multiples dans l'ivoire améliore considérablement le pouvoir prédictif des études de provenance [55].

L'analyse des isotopes stables peut être utile pour répondre à des questions de conformité spécifiques, telles que celle de savoir si un échantillon provient d'une région particulière. Selon la nature de l'échantillon et la base de données de référence, l'analyse des isotopes stables peut permettre d'associer un échantillon de provenance inconnue avec une origine géographique précise. La précision d'un outil de discrimination quel qu'il soit dépend du nombre et de la variabilité des mesures ainsi que de l'exhaustivité de la carte des échantillons de référence géographiquement spécifiques utilisée pour l'attribution d'une provenance, susceptible de fournir des informations complémentaires concernant l'origine géographique de l'ivoire.

Tableau 3. Champ d'application des méthodes de détermination de l'origine géographique de l'ivoire

Test	Défense	Défense travaillée	Tissu
Microsatellites nucléaires	Possible pour tous les échantillons, à condition que ~ 1 ng d'ADN puisse être isolé		
ADN mitochondrial	Possible pour tous les échantillons, en particulier lorsque moins de 500 µg d'ADN a pu être isolé		
Microsatellites Y	Possible pour tous les échantillons, à condition que ~ 1 ng d'ADN puisse être isolé		
Isotopes stables	Possible pour les défenses et les os si au moins 30 mg de matière est disponible pour les tests isotopiques multiples		Possible si une base de données de référence a été établie

14.4 Méthodes pour la détermination du nombre d'éléphants

Associer de l'ivoire à des éléphants individuels permet aux scientifiques d'estimer le nombre d'éléphants tués en rapport avec un échantillon. Les champs d'application des différentes méthodes d'attribution d'objets en ivoire à des éléphants individuels sont décrits dans le tableau 3.

Le nombre minimum d'individus à l'origine d'un stock d'ivoire peut être établi tout simplement en comptant le nombre (n) de défenses et en divisant ce nombre par deux s'il s'agit de défenses entières ou presque entières. Toutefois, ce résultat est susceptible de sous-estimer fortement le nombre réel d'éléphants tués et dont les défenses ne sont pas nécessairement présentes par paires. De plus, la méthode n'est pas applicable lorsque les défenses ont été travaillées.

Il existe aujourd'hui une méthode scientifique permettant de déterminer le nombre d'éléphants individuels : l'identification ADN (tableau 4) [56]. Les microsatellites décrits par Wasser et al. et d'autres peuvent être utilisés pour associer un échantillon saisi avec une carcasse d'animal ou avec des échantillons provenant d'autres saisies, d'une manière tout à fait similaire au profilage génétique pour l'identification humaine [38, 57, 58]. L'identification génétique par l'ADN nucléaire à l'aide du système RhoDIS a été pratiquée avec succès dans des enquêtes médico-légales concernant des rhinocéros et utilisée dans le cadre de poursuites judiciaires [59]. L'ADN mitochondrial, hérité par tous les individus mais transmis seulement par la mère, et les microsatellites du chromosome Y, transmis uniquement dans la lignée paternelle, ont un rôle spécifique et complémentaire dans l'association d'un échantillon saisi avec une carcasse ou avec d'autres saisies, et ils peuvent également jouer un rôle précieux dans l'identification familiale (attribution des défenses aux différents membres d'une famille).

Tableau 4. Champ d'application des méthodes d'identification individuelle d'échantillons d'ivoire

Test	Défense	Défense travaillée	Tissu
Nombre minimum d'individus	Possible si les défenses sont complètes, y compris les pièces réassemblées, en calculant n/2	Pas applicable	Pas applicable
Microsatellites	Fournit des statistiques d'assignation ADN standard et une identification individuelle		
ADN mitochondrial	Fonctionne pour tous les échantillons, mais identifie uniquement la lignée maternelle		
Microsatellites Y	Fonctionne pour les échantillons mâles et identifie uniquement la lignée paternelle		

14.5 Procédures

14.5.1 Analyse ADN

Prétraitement des échantillons

Idéalement, chaque analyse devrait être conduite dans des installations appropriées, afin de minimiser les risques de contamination des échantillons, en particulier par d'autres échantillons d'ivoire, quel que soit le matériel de référence provenant d'un éléphant, et plus spécifiquement des produits de réaction en chaîne par polymérase (PCR) [60, 61].

Il y a une quantité limitée d'ADN dans l'ivoire et potentiellement plus limitée encore dans l'ivoire transformé. Il est probable que de l'ADN humain soit présent à la surface de l'ivoire. Ces contaminations humaines sont éliminées en nettoyant la surface de l'échantillon puis en le frottant avec de l'eau de javel à 10% (ou de l'eau désionisée et puis de la Benzonase® Nuclease 30 U/ml). Une fois l'échantillon nettoyé, il est important de le manipuler avec des gants afin d'éviter les contaminations par de l'ADN humain. Il est également nécessaire d'éviter de contaminer le matériel avec de l'ADN provenant d'autres tissus d'éléphant, en travaillant dans des lieux et à des moments différents, ou en garantissant une séparation physique des échantillons.

Procédure de préparation et d'extraction des échantillons d'ADN génomique et mitochondrial

Une méthode standard doit être suivie pour l'extraction d'ADN. Pour l'extraction d'ADN à partir d'ivoire, consulter Mailand et Wasser [62]. Il est important d'éviter un chauffage excessif de l'ivoire lors de sa pulvérisation pour l'extraction d'ADN,

car cela peut dégrader l'ADN. Une manière d'éviter la surchauffe est d'utiliser un cryobroyeur, qui utilise de l'azote liquide pour refroidir l'ivoire à -200°C afin de faciliter sa pulvérisation tout en préservant l'ADN. Que l'on opte pour un équipement mécanique ou une approche manuelle, il est important de s'assurer que les risques de contamination soient minimisés entre deux extractions d'ivoire. Le matériel doit donc être soigneusement nettoyé entre chaque utilisation. L'usage de javel à 10% et les rayons ultraviolets sont des possibilités.

Environ 200 mg de poudre d'ivoire par extrait sont nécessaires pour garantir une quantité suffisante d'ADN à la fin du processus. L'ivoire comporte des quantités relativement faibles d'ADN d'éléphant pour des quantités importantes de minéraux tels que du calcium. L'ivoire doit donc être déminéralisé après sa réduction en une fine poudre. L'incubation de la poudre d'ivoire dans une grande quantité d'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) est une manière très efficace de retirer le calcium d'une solution. Incubez l'ivoire réduit en poudre pendant 24h à 4°C dans une solution d'EDTA 0,5 M dans un tube stérile, puis lavez et répétez l'opération. L'idéal est d'effectuer deux extractions sur le même échantillon, car l'ADN ne se distribue pas uniformément dans la défense. Prendre deux extraits contribue à vous assurer de disposer d'une quantité suffisante d'ADN afin de maximiser les chances d'amplifier toutes les formes alléliques présentes dans l'échantillon [62, 63].

L'ADN présent dans le tampon d'extraction est purifié grâce à diverses méthodes, y compris l'usage de produits disponibles dans le commerce. Différents extraits provenant d'un même échantillon peuvent être groupés pour augmenter la quantité d'ADN, mais il faut prendre soin de combiner exclusivement des extraits qui ont été soigneusement déminéralisés.

Amplification de l'ADN par réaction en chaîne par polymérase (PCR)

Certains échantillons d'ivoire peuvent se révéler difficiles à analyser pour diverses raisons. Si l'amplification de l'ADN de deux extraits d'un échantillon échouent complètement alors que la procédure a correctement fonctionné pour d'autres échantillons, il peut être judicieux d'écarter cet échantillon pour la suite de vos analyses, à condition de disposer d'une quantité suffisante d'autres échantillons. Si l'extraction a fonctionné pour l'un des deux extraits seulement, il peut être utile d'ajouter un troisième extrait de l'échantillon. Si la majorité des extractions a échoué, il est alors important de revoir toutes les étapes du processus afin de s'assurer que chacune d'entre elles a été accomplie de manière appropriée.

Si de l'ADN est présent, mais que l'amplification de l'échantillon échoue, il est probable que l'échantillon contienne des inhibiteurs qui empêchent l'amplification de l'ADN. Il existe différentes techniques de nettoyage destinées à éliminer les inhibiteurs. Parfois, diluer l'échantillon peut suffire parce que cela réduit le nombre d'inhibiteurs dans l'extrait. Dans ce cas, l'ADN est également dilué. Cependant, aussi longtemps que les amorces parviennent à trouver de l'ADN, celui-ci pourra être amplifié. Concentrer l'ADN est également une possibilité. Il est parfois utile de tester les deux méthodes afin de déterminer laquelle est la plus efficace dans un cas particulier.

L'amplification d'ADN par réaction en chaîne par polymérase (PCR) présente l'avantage considérable d'être hautement sensible, mais cette sensibilité peut devenir un problème si l'amplification n'est pas accomplie dans des installations propres, de manière à minimiser les risques de contamination. Le matériel de référence ne devrait pas être analysé dans le même espace de travail que l'ADN des objets saisis. Le port de gants propres est indispensable, de même que des contrôles négatifs et positifs [60, 61]. Les contrôles négatifs sont effectués en remplaçant l'ADN par de l'eau stérile. Pour l'amplification des microsattellites autosomaux, l'ADN provenant de l'une des deux espèces d'éléphant d'Afrique sert de contrôle positif. Pour l'ADNmt, l'ADN de chaque espèce fonctionne comme contrôle positif. Dans ce cas, l'amplification de l'ADN des contrôles devrait également donner le même produit d'amplification, identique au génotype connu de l'ADN de l'animal de contrôle.

Étant donné que l'ADN n'est pas uniformément réparti dans les défenses, il est recommandé d'amplifier les microsattellites ADN de chaque échantillon à partir de deux extraits ou davantage, en amplifiant chaque extrait dans deux réactions distinctes. Chaque allèle hétérozygote devrait être détecté au moins deux fois afin de confirmer le résultat. Un allèle homozygote devrait être détecté au moins trois fois afin de confirmer le résultat. Cela évite de manquer un des deux allèles pour un même locus lorsque l'ADN est dégradé (c'est-à-dire si on observe un très petit pic fluorescent sur l'analyseur génétique ou une bande légère sur un gel, de multiples loci manquants et un excès de loci homozygotes parmi les allèles amplifiés). Vous trouverez davantage d'informations concernant les marqueurs microsattellites dans Wasser et al. [38].

Deux loci d'ADN mitochondrial sont principalement utilisés pour tester les espèces : ceux du cytochrome b (cyt b) et de la cytochrome oxydase 1 (COI). Pour chacun d'eux, une base de données de référence étendue est disponible pour des comparaisons. Pour un exemple, consulter Lee et al. [64]. Un nombre suffisant de séquences ADN sont disponibles pour ces deux loci dans les régions concernées, de sorte que les différentes espèces d'éléphant actuelles peuvent être distinguées les unes des autres ainsi que de toute autre espèce de mammifère, y compris les mammoths. Les travaux du Barcode of Life Consortium* ont permis de standardiser une séquence du locus COI. Ces travaux combinent l'identification ADN de l'espèce avec la taxonomie et les connaissances morphologiques, de manière à apporter une aide dans l'identification précise d'une espèce.

Les jeux d'amorces pour les deux loci sont référencés dans la littérature scientifique publiée. Ils permettent d'amplifier par exemple une séquence de 400 paires de bases du locus cyt b ou 645 paires de bases du locus COI. Ce sont des séquences standard pour lesquelles de nombreuses données de référence sont disponibles à des fins de comparaison. Tous les détails peuvent être trouvés dans Linacre et Lee [65].

* Le Barcode of Life Consortium contribue au développement du barcoding de l'ADN en tant que standard global pour l'identification d'espèces. Le barcoding de l'ADN est une méthode qui utilise un marqueur génétique au sein de l'ADN d'un organisme en vue de l'attribuer à une espèce particulière. Pour plus d'informations, consulter <http://www.barcodeoflife.org/>.

L'alignement des séquences de données ADN d'ivoire avec des données de référence peut être effectué à l'aide de logiciels libres tels que MEGA v4. Les différences entre éléphants d'Asie, de savane, de forêt et mammoths sont toutes supérieures à 2,5% pour chaque locus. Des divergences inférieures à 1,5% entre deux échantillons peuvent être considérées comme des variations intraspécifiques [66].

Procédure pour l'analyse des fragments d'ADN

Le logiciel Genemapper ou Genemarker doit être chargé sur le matériel utilisé pour l'électrophorèse capillaire. Un marqueur de taille tel que le Rox500 devrait être utilisé comme étalon de piste interne (ILS : internal lane standard). Le profil ADN devrait indiquer une source unique et non un mélange de multiples individus (p.ex. lorsque 3 allèles ou plus sont détectés pour un même locus et un même échantillon). Le contrôle négatif devrait être exempt de tout profil ADN. Le contrôle positif devrait générer le profil ADN correct.

Analyse des données ADN

Analyse des données de séquence d'ADNmt

L'alignement de toute séquence ADN provenant de l'ivoire avec les données de référence peut être réalisé à l'aide d'un logiciel libre (tel que Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA), Arizona State University) [67]. Les différences entre éléphants d'Asie, de savane, de forêt et mammoths sont toutes supérieures à 2,5% pour chacun des deux loci. Des divergences inférieures à 1,5% entre deux échantillons peuvent être considérées comme des variations intraspécifiques [66].

Analyse de fragments d'ADN par microsatellites autosomaux

Enregistrez la taille en paires de bases ou points de données ainsi que la hauteur de chaque pic. Les données de hauteur de pic permettent d'évaluer si les données sont fiables. Les données de taille sont essentielles tant pour l'identification individuelle que pour les analyses géographiques, en utilisant par exemple le logiciel SCAT (Smoothed Continuous Assignment Technique).*

SCAT est utilisé pour identifier les échantillons des sous-espèces de forêt, de savane et leurs hybrides [38]. SCAT utilise la méthode bayésienne avec un lissage spatial de Monte-Carlo par chaînes de Markov afin d'estimer simultanément les fréquences d'allèles dans chaque zone en Afrique [68, 69]. Les fréquences alléliques sont supposées dépendre de tous les échantillons de référence avec une corrélation spatiale qui dépend de la distance entre les populations échantillonnées. SCAT est alors utilisé pour assigner une population d'origine à tous les échantillons purs (non hybrides) en utilisant les fréquences d'allèles estimées de la même sous-espèce, forêt ou savane. Les multiples échantillons d'une même sous-espèce sont assignés indépendamment suivant un préalable de répartition uniforme dans toutes les régions d'Afrique, ou de façon groupée

* Logiciel disponible gratuitement pour Windows et Macintosh, respectivement sur <http://conservationbiology.uw.edu/research-programs/tracking-poached-ivory/scat-win/> et <http://stephenslab.uchicago.edu/software.html>.

en utilisant un préalable de Voronoi qui exploite les similarités génétiques entre les échantillons [63]. L'assignation groupée considère que les échantillons d'intérêt ont été collectés de manière uniforme dans une même région assimilée à un ou plusieurs polygones qui ne sont pas nécessairement adjacents, identifiés par un processus connu sous le nom de pavage de Voronoi [63, 70].

L'inclusion d'un locus nécessite que les deux allèles soient confirmés. Idéalement, les échantillons pour lesquels moins de 10 loci sur 16 sont confirmés devraient être exclus de l'analyse statistique. Cependant, l'analyse peut être effectuée de manière fiable à partir d'un minimum de 7 loci confirmés.

14.5.2 Analyse des isotopes

Isotopes stables

Des fragments d'ivoire de 30 mg minimum doivent être prélevés à différentes positions à l'extrémité proximale de la défense à l'aide d'une petite scie manuelle ou d'une pince. Étant donné qu'il s'agit de la partie la plus jeune de la défense, on considère que le signal isotopique reflétera l'environnement dans lequel l'animal se trouvait peu avant sa mort. Les échantillons prélevés à la marge de la chambre pulpaire révéleront des informations géographiques relatives aux 6 à 12 derniers mois de la vie de l'animal. Les fragments devraient être scellés dans des sacs en polyéthylène en attendant une analyse plus approfondie. Des échantillons provenant de défenses travaillées peuvent également être collectés, mais la détermination du lieu où l'éléphant est mort sera moins assurée car le temps écoulé entre la formation de l'ivoire prélevé et le moment de la mort de l'éléphant n'est pas connu, et l'animal peut avoir parcouru de longues distances entre ces deux moments. C'est particulièrement le cas pour les mâles.

Après pulvérisation dans un broyeur à boulets en pierre durcie dont la cuve est continuellement refroidie à l'azote liquide à -196°C, les échantillons devraient être nettoyés au dichlorométhane afin d'extraire l'eau faiblement liée adsorbée sur les surfaces minérales et osseuses, ainsi que les substances apolaires comme la graisse des tissus, avant d'être séchés à l'air à 60°C pendant 36 heures. Les échantillons devraient être entreposés dans un dessiccateur afin d'éviter l'humidité. Les mesures isotopiques des différents rapports d'isotopes stables d'éléments légers effectuées sur les sous-échantillons (1-4,5 mg) devraient être réalisées à l'aide de spectromètres de masse à rapport isotopique (IRMS) en flux continu de haute précision. L'ivoire broyé peut être analysé directement mais les protocoles conventionnels suggèrent la séparation de l'ivoire en collagène et composants minéraux. Cela permettra des mesures de haute précision des rapports isotopiques pour le carbone et l'oxygène (apatite biologique), carbone et azote (collagène), hydrogène et oxygène (collagène) et soufre (collagène). Les rapports d'isotopes stables (R) sont exprimés dans la notation delta (δ) et l'unité conventionnelle pour mille (‰), avec $\delta = [(R_{\text{échantillon}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$, interprété comme la différence, en parties par millier, entre l'échantillon étudié et le standard de référence international. Le contrôle de qualité devrait être effectué avec des échantillons de composition isotopique connue, comme décrit dans Valengula et al. [50]. Afin de tester la précision des analyses, au moins deux répliques des mesures devraient être effectués pour chaque échantillon. Les rapports isotopiques peuvent être utilisés pour

assigner des échantillons d'ivoire de provenance inconnue à des régions d'origine présumées en se basant sur des opinions d'experts ou des données de référence spatiales enregistrées dans la base de données Ivory ID. Cette base de données internet contient environ 600 échantillons de références d'ivoire d'origine vérifiée, provenant de 25 pays africains et 6 pays asiatiques de l'aire de distribution.

Radionucléides

Les échantillons devraient être prélevés à l'extrémité proximale de la défense ou à la marge de la chambre pulpaire pour estimer l'année de la mort. 10 g d'ivoire environ sont nécessaires pour utiliser les méthodes ^{14}C conventionnelles (p.ex. LSC, ^{14}C) ; pour la spectrométrie par accélérateur de masse (AMS) du ^{14}C , deux échantillons d'ivoire brut (environ 20 mg au total) sont nécessaires. Si la méthode radioanalytique combinée est utilisée pour déterminer les activités spécifiques $^{14}\text{C}/\text{C}$, $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ et $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, 10 g d'ivoire au minimum sont nécessaires afin d'atteindre suffisamment de valeurs basses pour les limites de détection inférieures.

La méthode radioanalytique consiste en l'incinération, la séparation radiochimique et la préparation d'échantillons de détection adéquats. Les méthodes d'analyse doivent être activées de manière aussi efficace et minutieuse que possible, afin d'atteindre des limites de détection basses. Il est nécessaire de séparer et concentrer les éléments d'intérêt sans pertes significatives, et de les purifier de toute interférence possible avec des radionucléides tels que ^{40}K et ^{137}Cs . Différentes méthodes de détection des radiations nucléaires à bas niveau sont appliquées afin de déterminer les activités des radionucléides d'intérêt. Il s'agit du comptage à scintillation liquide (LSC) pour détecter le ^{14}C , du comptage bêta à l'aide d'un compteur à flux gazeux pour détecter le ^{90}Sr et de la spectrométrie alpha avec un détecteur à jonction et barrière de surface au silicium pour détecter les radionucléides ^{228}Th et ^{232}Th . Pour obtenir la qualification, un laboratoire de radioanalyse bien équipé doit en outre être utilisé par une équipe bien entraînée et posséder des équipements pour la détection d'activité nucléaire à bas niveau [33, 37].

14.6 Test de compétence ou études concordantes

Les laboratoires effectuant des analyses médico-légales devraient participer à un programme de tests de compétence. Cela fait partie intégrante de la gestion de la qualité du laboratoire et est une obligation pour obtenir des accréditations. Les tests de compétence permettent d'identifier les failles analytiques et de soutenir les laboratoires dans leurs efforts pour améliorer la qualité de leurs résultats. Des échantillons d'origine connue et inconnue sont testés par le laboratoire et les résultats sont envoyés à l'administrateur afin de déterminer si des résultats corrects ont été obtenus. Divers tests de compétences sont disponibles.

DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE

Par Giavanna Grein et Crawford Allan



DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE

L'IVOIRE ET SES IMITATIONS SONT DE PLUS EN PLUS SOUVENT ÉCHANGÉS SUR DES PLATEFORMES INTERNET

(ci-après : « plateformes »), telles que des sites d'e-commerce, des moteurs de recherche et des applications de médias sociaux. Repérer l'ivoire sur ces plateformes est un défi car, à la différence d'un objet physique, les pièces ne peuvent pas être manipulées ni examinées de près. Souvent, les informations fournies en ligne par le vendeur, comme les descriptions et images, sont insuffisantes pour déterminer si un objet est fabriqué en ivoire d'éléphant ou contient des éléments d'ivoire d'éléphant. Cependant, il existe des indicateurs clés en vue de distinguer en ligne l'ivoire d'éléphant de ses substituts ou imitations connus. Il est important de noter que tous ces indicateurs ne confirment pas l'authenticité, mais contribuent plutôt à collecter des indices en vue de déterminer si une liste de produits est suspecte et mérite une enquête plus approfondie.

INDICATEUR PRIMAIRE : PRÉSENCE DE LIGNES DE SCHREGER

Comme développé dans l'introduction et la section consacrée aux défenses d'éléphant et de mammoth, les lignes de Schreger sont une propriété physique unique de l'ivoire de proboscidiens. Elles peuvent être visibles sur des images en ligne, à condition que la résolution soit suffisante et que l'objet soit présenté sous un angle approprié. Pour détecter les lignes de Schreger, cliquez sur l'image de l'objet pour l'agrandir et utilisez l'outil zoom s'il est disponible sur la plateforme afin d'observer attentivement les sections transversales et les bords arrondis. Référez-vous à la page 18 de ce guide pour des exemples. Si ces lignes sont visibles sur l'image de l'objet, il s'agit vraisemblablement d'ivoire d'éléphant ou de mammoth authentique.

INDICATEURS SECONDAIRES :

LANGUE - RECHERCHE DES INDICES LEXICAUX

LISTES « IVOIRE »

Certains vendeurs listent leurs objets en tant qu'« ivoire » ou « ivoire d'éléphant » malgré les interdictions de ces produits par les plateformes en ligne. Cela peut être le cas même lorsque les objets sont fabriqués dans un matériau de substitution comme l'os ou le plastique. Le fait qu'un vendeur répertorie un objet comme « ivoire » ne confirme donc pas son authenticité, mais cela mérite un examen plus attentif.

TERMES DE RECHERCHE CLÉS

Compte tenu des restrictions de plus en plus sévères sur les produits en ivoire d'éléphant échangés en ligne, les vendeurs utilisent des textes descriptifs de leurs objets qui visent à tromper les filtres de détection automatique des plateformes. Les descriptifs peuvent être rédigés dans la langue de la plateforme ou dans une autre langue, ils visent de toute façon à attirer des acheteurs qui comprendront de quel produit il s'agit, et éventuellement que celui-ci est authentique. Par exemple, plutôt que de lister une pièce en ivoire comme un produit provenant d'un éléphant, la publicité mentionnera qu'il est fait à partir « d'os » venant d'un « grand mammifère africain ». Ces stratagèmes évoluent constamment, à mesure que les filtres automatiques détectent les termes de recherche connus. Cependant, les ruses langagières utilisées par les vendeurs rentrent généralement dans l'une des catégories suivantes :

- **ÂGE** : c'est en 1975 que le commerce de l'ivoire d'éléphant a été régulé pour la première fois par la CITES, avec l'inscription de l'éléphant d'Asie à l'annexe I, suivie en 1977 par l'inscription de l'éléphant d'Afrique à l'annexe II. Une interdiction du commerce international

DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE

est entrée en vigueur en 1990, alors que l'éléphant d'Afrique était déplacé vers l'annexe I (les populations du Botswana, de Namibie, d'Afrique du Sud et du Zimbabwe ont été réinscrites à l'annexe II en 1997). Des vendeurs peuvent indiquer que leurs objets sont suffisamment anciens pour être vendus légalement sans violation de ces réglementations. L'ivoire mentionné comme « pré-convention » (antérieur à la convention, « pre-convention » en anglais) est supposé être de l'ivoire d'éléphant récolté avant 1975, tandis que l'ivoire décrit comme « pre-ban » (antérieur à l'interdiction) est supposé être de l'ivoire d'éléphant d'Afrique récolté avant 1990. Des vendeurs peuvent mentionner que leur objet est « antique », un terme dont la définition varie suivant le pays concerné (p.ex. « ayant plus de 100 ans »). Il est courant de lire une annonce se référant à une période historique, p.ex. l'époque victorienne, les années 1930, l'époque pré-convention « pre-ban ». Visuellement, il est presque impossible de s'assurer qu'un objet vendu en ligne provient bien de la période mentionnée par le vendeur. En de rares occasions, le vendeur inclura une expertise ou une copie d'un document officiel tel qu'un permis CITES ou une attestation de vente. Cependant, il existe de nombreuses possibilités de tromperie lorsqu'un tel document est produit dans le cadre d'échanges commerciaux en ligne et les documents originaux doivent être examinés et vérifiés.

EXEMPLES DE MOTS CLÉS : antique, vintage, « pre-ban », pré-convention.

- **AUTHENTICITÉ :** un vendeur peut inclure des termes indiquant que l'objet n'est pas fabriqué en ivoire d'éléphant mais qu'il s'agit d'un substitut ou d'une imitation, de manière à échapper aux réglementations de la plateforme, tout en misant sur le fait qu'un

DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE

acheteur sera en mesure de déceler l'authenticité du produit grâce à des indices glissés dans le descriptif. **EXEMPLES DE MOTS CLÉS : *faux, coloration ivoire, réplique d'ivoire.***

- **RARETÉ** : des vendeurs soulignent la rareté du produit afin d'indiquer qu'il s'agit d'ivoire d'éléphant authentique, plutôt que du produit de substitution mentionné explicitement. Dans ce cas, le vendeur peut ne pas mentionner la matière, mais uniquement le fait que le produit est rare. **EXEMPLES DE MOTS CLÉS** (accompagnant le nom d'un substitut, p.ex. « os ») : *n'est plus disponible, rare, pièce unique.*
- **SUBSTITUTS** : un vendeur peut affirmer que l'ivoire mis en vente est un autre matériau, autorisé. Ce matériau peut être une autre variété d'ivoire naturel comme l'ivoire de morse, ou un substitut tel que le plastique. **EXEMPLES DE MOTS CLÉS** : *os, résine ou ivoire végétal (noix de tagua).*
- **HACHURES CROISÉES** : certains vendeurs font allusion à la présence des lignes de Schreger sans mentionner explicitement le fait qu'il s'agit d'ivoire d'éléphant. **EXEMPLES DE MOTS CLÉS** : *hachures croisées, veinage naturel ou « zoomez sous tous les angles ».*
- **TEST DE L'ÉPINGLE CHAUDE** : si un vendeur indique qu'un objet a passé le « test de l'épingle chaude », cela signifie que le produit est fait à base d'un matériau naturel tel que l'ivoire. Lorsqu'une aiguille ou épingle chauffée est pressée contre un matériau manufacturé tel que la résine, celui-ci fond et dégage une odeur de plastique fondu, tandis que la pointe s'enfonce sous la surface de l'objet.

DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE

- **PROCÉDÉ ET PRODUIT** : certains mots clés font référence au procédé par lequel l'objet a été réalisé (p.ex. : sculpté à la main) ou à un produit final communément fabriqué à base d'ivoire d'éléphant (p.ex. : « okimono », « netsuke »).
- **MESSAGES PRIVÉS** : des vendeurs invitent les acheteurs à leur envoyer des PM (ou MP, messages privés) ou des DM (ou MD, messages directs) pour obtenir plus de détails sur le prix et le taux de change. Cela peut indiquer qu'il s'agit d'ivoire d'éléphant, dont la vente est illégale sur la plateforme.
- **UTILISATION D'ÉMOJIS** : bien que cela n'ait pas fait l'objet d'une étude approfondie à ce jour, l'utilisation d'émojis au lieu d'éléments textuels en vue de décrire des animaux vivants et des produits d'origine animale a été détectée sur les médias sociaux. Cette pratique devrait être étudiée à l'avenir.

Il est important de préciser que, bien que ces termes de recherche puissent trahir une tentative de la part du vendeur de signaler la vente d'authentique ivoire d'éléphant tout en trompant les filtres de la plateforme, la présence de ces termes ne constitue pas une authentification des produits vendus. Il existe en effet de nombreux cas d'allégations frauduleuses visant à vendre des contrefaçons en les faisant passer pour de l'ivoire authentique, et il arrive que le vendeur lui-même ignore dans quelle matière est réellement fabriqué l'objet qu'il met en vente.

INDICES VISUELS

Les vendeurs utilisent de moins en moins de texte de description pour accompagner leurs listes de produits en ivoire d'éléphant, préférant s'appuyer sur des images afin de démontrer aux acheteurs leur authenticité. Cela peut se faire en postant des images prises sous un angle qui fait clairement apparaître les lignes de Schreger, des photos d'objets portant une étiquette ou un label où le mot « ivoire » est lisible et incluant un pays d'origine (dans le cas p.ex. d'un bijou en ivoire dans un étui ou une boîte), ou encore une image d'ivoire d'éléphant sur une balance, indiquant que le matériau est plus dense qu'un substitut tel que le plastique. Ci-dessous, vous trouverez des exemples de ces indices visuels, ainsi que les textes des annonces qui y sont associés.

Notez que les images et les textes ont été extraits d'annonces authentiques.

TABLEAU 11: RÉFÉRENCES DE PRODUITS EN IVOIRE VENDUS EN LIGNE, D'APRÈS UNE ÉTUDE DE TRAFFIC PUBLIÉE EN 2017*

provenant d'une plateforme de vente



Langage promotionnel utilisé

« Vintage – Bracelet chinois en os sculpté – Couleur ivoire – avec étui – état excellent. Joli bracelet sculpté vintage couleur ivoire, origine : Hong Kong. Je crois que c'est de l'os de Chine... mais pas sûr à 100%. Excellent état – avec étui rose. Diamètre intérieur 2 5/8" – diamètre extérieur légèrement supérieur à 3,25". Regardez toutes les photos SVP et contactez-moi si vous avez des questions. Merci de votre intérêt. »

Pourquoi est-ce suspect ? L'image du produit contient le mot « ivoire » (« ivory ») alors que le descriptif du vendeur annonce un objet « couleur ivoire ».

* Kramer, R., Sawyer, R., Amato, S. et LaFontaine, P. (2017). The US elephant ivory market: a new baseline. TRAFFIC. Washington, DC

provenant d'une plateforme de vente

Langage promotionnel utilisé



« Figurine asiatique de cheval sculpté, vintage, couleur ivoire, sur socle en bois. SVP, zoomez sur toutes les images, car elles font partie du descriptif. Très détaillées. Comme on dit, une image vaut mieux que mille mots, donc regardez les photos pour plus de détails. »

Pourquoi est-ce suspect ? Des lignes de Schreger sont visibles sur l'image et le vendeur insiste sur l'importance de regarder attentivement les images, en indiquant qu'elles « font partie de la description ».



« Baguettes chinoises antiques sculptées avec inscription : VOICI UNE PAIRE DE BAGUETTES CHINOISES ANTIQUES SCULPTÉES AVEC DESSIN DE TIGRE ET POÈME. EN TRÈS BON ÉTAT. NI FISSURE NI CASSURE. SVP regardez les photos. »

Pourquoi est-ce suspect ? Le vendeur invite à regarder les images de plus près, afin que l'acheteur puisse observer des lignes de Schreger, visibles lorsqu'il zoome.



« Ancien... Bracelet amulette GRAVÉ fait main... Avant-guerre, dans sa boîte d'origine... Visages J194... Objet vintage des années 1930. Matières : argent massif, ivoire, peinture. Ancien... Bracelet amulette GRAVÉ fait main... Frères Makino..... Rare »

Pourquoi est-ce suspect ? Le vendeur mentionne l'ivoire dans la liste des matériaux et indique qu'il s'agit d'un objet rare.

provenant d'une plateforme de vente



Langage promotionnel utilisé

« Médaillon/pendentif en ivoire avec disque central tournant – Hong Kong 1966. Vous enchérissez pour un médaillon magnifiquement sculpté en défense d'éléphant pré-interdiction _ (1989) mesurant 2 ¼" de diamètre. À l'intérieur de l'anneau orné d'un dragon sculpté se trouve un disque central sculpté en forme de caractère chinois. Ce disque a été sculpté à partir du disque plus grand, ce qui lui permet de pivoter sans tomber. (Voyez comment il tourne en parcourant la série de photos.) Le veinage croisé sur la pièce est très léger et subtil. Le médaillon s'attache à l'aide d'un anneau en or en forme de goutte. Il s'agit d'une pièce unique et spéciale qui reflète l'histoire de l'ivoire sculpté sur plusieurs décennies. »

Pourquoi est-ce suspect ? Le vendeur indique qu'il s'agit d'ivoire d'éléphant antérieur à l'interdiction.



« Ce magnifique collier des années 30/40 en os de bœuf est un objet d'art. Le vieil homme barbu brandit un bâton relié à l'arrière de sa tête. Son kimono est orné d'un motif vert devant et derrière et la pièce est signée sur le pied. Je ne suis pas certain de la date mais les perles (0,34") qui sont également en os sont enfilées avec des nœuds entre chaque bille. C'est ce qui m'a conduit à estimer l'ancienneté. L'attache du netsuke semble être en or (plaqué ?) et est dénuée de tache terne. Le collier mesure 18". Une pièce superbe et en très bon état. »

Pourquoi est-ce suspect ? Des lignes de Schreger sont visibles sur l'image. De plus, le vendeur indique qu'il s'agit d'un netsuke. La mention de ce type d'objet, habituellement sculpté en ivoire d'éléphant, est un motif de suspicion.

provenant d'une plateforme de vente



Langage promotionnel utilisé

« Salière et poivrier en ivoire, faux ancien. Objet vintage des années 1940. Usure minimale... voir images... »

Pourquoi est-ce suspect ? Le vendeur mentionne la présence d'ivoire et renvoie aux images, où l'on peut observer des lignes de Schreger.

RESTRICTIONS CONCERNANT L'EXPÉDITION

Bien que ce ne soit pas toujours une marque d'authenticité, lorsqu'un vendeur restreint les possibilités d'envoi de manière à éviter les frontières internationales et certaines frontières intérieures (p.ex. entre certains états ou provinces d'un même pays), cela peut signifier que l'objet est en ivoire d'éléphant et qu'il ne remplit pas les conditions légales d'expédition pour le commerce international selon les règles de la CITES ou pour traverser des frontières soumises à des législations régionales et nationales.

PRIX

Le prix d'un produit était généralement un indicateur plus fiable pour distinguer l'ivoire authentique d'autres matériaux tels que des plastiques

DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE L'IVOIRE D'ÉLÉPHANT VENDU EN LIGNE

vendus en ligne. Cependant, en raison du renforcement de la réglementation du commerce d'ivoire d'éléphant à l'échelle globale et de l'élargissement du marché à des vendeurs susceptibles d'ignorer la valeur de leurs objets, les prix de l'ivoire vendu en ligne sont moins stables qu'auparavant. Le prix reste néanmoins un indicateur utile lorsqu'on compare des objets similaires. Ainsi, un netsuke de qualité proposé à 300 USD est plus probablement authentique qu'une référence similaire à 20 USD.

CONCLUSION

Identifier des produits en ivoire d'éléphant authentique en ligne est un défi en raison de l'impossibilité d'examiner l'objet de près, de l'accès limité à des images, de la qualité médiocre des photos, de textes descriptifs trompeurs ou laconiques et de l'anonymat de certains vendeurs. Pour déterminer l'authenticité d'un objet, il est recommandé, lorsque des photos sont disponibles, de se baser sur les chapitres consacrés à la morphologie dans ce guide. Lorsque l'étude des images ne suffit pas à déterminer l'authenticité de l'objet, il est conseillé de peser les différentes informations récoltées sur base d'indicateurs secondaires.

Pour obtenir plus d'information ou une assistance, contactez les autorités de la CITES dans votre pays, dont vous trouverez les données de contact sur le site de la CITES (<https://www.cites.org/cms/index.php/component/cp/>).

