



La détermination d'âge et d'origine géographique de l'ivoire d'éléphant africain

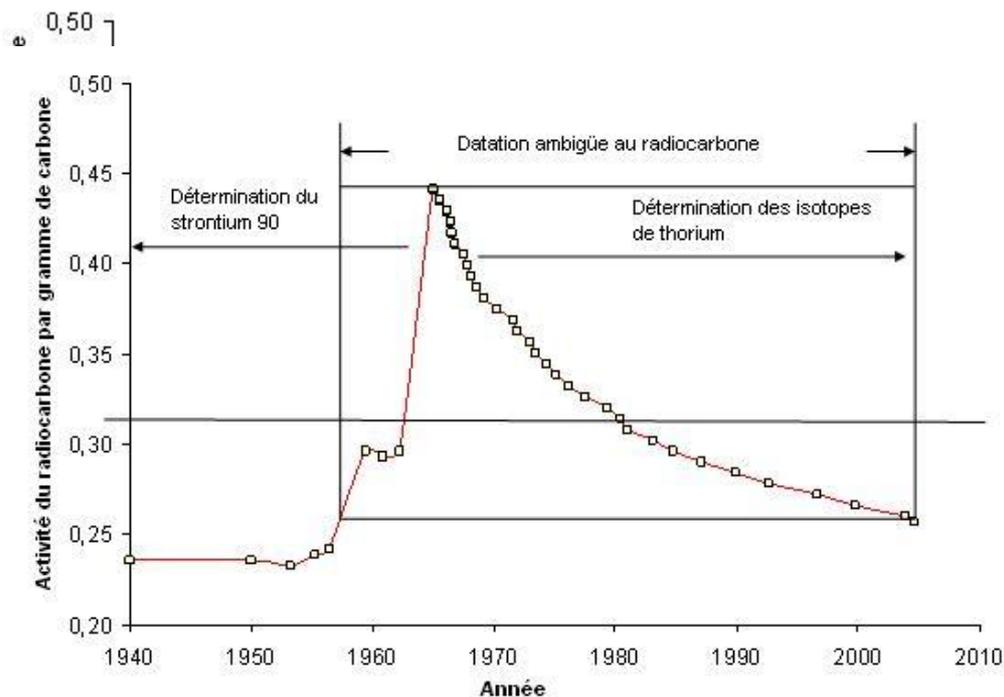
**3^{me} Réunion sur les éléphants africains (01 à 3, Novembre 2010)
Gigiri, Kenya**

Première partie:

Datation de l'ivoire de défenses d'éléphants par compilation des profils isotopiques ^{14}C , ^{90}Sr , ^{228}Th et ^{232}Th

Situation initiale

La datation au radiocarbone est considérée comme étant une méthode standard permettant de dater des découvertes archéologiques d'origine biologique. Celle-ci consiste à connaître la teneur en ^{14}C , isotope radioactif du carbone. S'il s'agit de déterminer si la mort d'un organisme a eu lieu récemment ou plusieurs décennies auparavant, la datation au radiocarbone n'est pas en mesure, par principe, de fournir des résultats sans équivoque. Cela est dû à la forme de la courbe de désintégration du radiocarbone (voir figure ci-dessous) montrant le changement de l'activité spécifique du ^{14}C dans les organismes au cours du temps. La période de datation présentant une ambiguïté s'étale de 1957 environ à nos jours. Cette période présente un



Le principe de la méthode de datation au radiocarbone consiste à déterminer le rapport $^{14}\text{C}/\text{C}$ en analysant un échantillon représentatif d'ivoire et en se servant des résultats obtenus pour établir une date définie incluant une marge d'incertitude (voir courbe de désintégration du radiocarbone). Cette date correspond à la mort de l'éléphant dont provient l'échantillon d'ivoire. Si, par exemple, le résultat de l'analyse est 0,32 becquerel par gramme de carbone, deux périodes sont envisageables pour la mort. La première se situe aux alentours de 1962 et la seconde, aux alentours de 1980. Pour savoir laquelle des deux est la bonne, il convient de mesurer l'activité de ^{90}Sr par gramme de calcium $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ et le rapport d'activité $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$. La présence de ^{90}Sr dans l'environnement n'était pas clairement établie à l'échelle mondiale jusqu'en 1955 environ car la principale source de transmission de ^{90}Sr aux chaînes alimentaires de vertébrés était les tests d'armes nucléaires. Si une valeur sensiblement accrue de $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ est détectée, il est possible d'en déduire que la date de mort est comprise entre 1960 et 1970. Des valeurs plus faibles de $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ indiquent que la mort s'est produite avant 1960 ou après 1980. Si la valeur de $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ se situe en dessous de la limite de détection, la date de mort se situe avant 1955. ^{228}Th et ^{232}Th sont des radionucléides naturels de la famille radioactive du thorium. Des analyses de tissu osseux humain montrent que le rapport d'activité $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ est nettement supérieur à l'unité si la mort s'est produite à une date pas trop éloignée dans le passé. Si la mort remonte à plusieurs décennies, le rapport $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ avoisine l'unité. Étant donné que la composition chimique de l'ivoire est similaire à celle du tissu osseux humain, il est à supposer que la même relation s'applique à celui-ci. Si, pour l'exemple donné ci-dessus, le rapport $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ tourne autour de l'unité, la mort sera datée aux alentours de 1960 ou avant. Si le rapport $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ est nettement au-dessus de l'unité, cela signifie que la mort n'a pas eu lieu avant 1990. Une combinaison des résultats des analyses de ces radionucléides permet donc de déterminer avec un degré de certitude suffisamment élevé la période de mort correcte. En outre, il est plus facile de détecter des erreurs en associant les résultats de trois analyses différentes effectuées sur chaque échantillon. C'est pourquoi, pour dater la mort, il est impératif de recourir aux profils isotopiques ^{14}C , ^{90}Sr , ^{228}Th et ^{232}Th . Actuellement, les analyses sont effectuées tel que décrit ci-après.

État des connaissances

1. Détermination du rapport $^{14}\text{C}/\text{C}$

L'échantillon d'ivoire contient l'élément de carbone composé des isotopes ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C . Le carbone de l'échantillon est réduit par combustion à l'état de dioxyde de carbone, puis s'accumule sous forme de carbonate. De ce carbonate se dégage du carbone en tant que CO_2 , lequel est stocké dans un cocktail de scintillation adéquat. Ce cocktail permet de détecter les rayonnements ionisants causés par la désintégration β du ^{14}C selon le comptage de scintillation liquide (LSC). Ce comptage permet ensuite de calculer la valeur pcm (pourcentage de carbone moderne). En plus du comptage LSC, il est nécessaire de déterminer la quantité de carbone stable contenue dans le cocktail de scintillation.

2. Détermination de l'activité spécifique du ^{90}Sr par rapport à l'élément calcium ($^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$)

Le rapport $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ est déterminé à partir de l'analyse du résidu de la combustion réalisée lors de l'analyse du ^{14}C . Actuellement, seule une partie du résidu peut être utilisée pour déterminer le rapport $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$, car le reste sert à effectuer l'analyse du thorium. Le ^{90}Sr est purifié de plusieurs radionucléides interférents, principalement du ^{40}K , par chromatographie d'échange d'ions. La détection des rayonnements ionisants causés par les désintégrations β du ^{90}Sr en équilibre radioactif avec le ^{90}Y est réalisée à l'aide du comptage β à bas niveau avec des détecteurs à gaz. À partir du résultat de ce comptage, il est possible de calculer l'activité du ^{90}Sr .

3. Détermination du rapport d'activité $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$

Le rapport d'activité entre ^{228}Th et ^{232}Th est déterminé à partir de l'analyse du résidu de la combustion réalisée lors de l'analyse du ^{14}C . L'élément thorium est purifié en plusieurs étapes. En raison de sa teneur élevée en phosphates, le rendement chimique du thorium est limité à 60 % environ. La détection des émetteurs α du ^{228}Th et du ^{232}Th s'effectue par spectrométrie α avec des détecteurs en silicium. Le rapport d'activité entre ^{228}Th et ^{232}Th se calcule à partir des résultats de la spectrométrie α .

Procédure opérationnelle

De juin 2010 à décembre 2010

- Acquisition d'échantillons d'ivoire d'éléphants (15 environ) datés indépendamment et comprenant un éventail d'âges aussi large que possible
- Acquisition d'une ou de deux défenses pour tracer une courbe de distribution isotopique
- Optimisation des analyses des rapports $^{14}\text{C}/\text{C}$ en vue de déterminer plus précisément la quantité de carbone stable stockée dans le cocktail de scintillation
- Combinaison des analyses du ^{90}Sr et du thorium pour permettre l'analyse de plus grandes quantités d'échantillons
- Augmentation du rendement chimique du thorium au-dessus de 60 %

De janvier 2011 à décembre 2011

- Étude de l'élimination significative du ^{40}K de la préparation de ^{90}Sr en tant que radionucléide interférent principal
- Validation de la méthode combinée des profils isotopiques ^{14}C , ^{90}Sr , ^{228}Th et ^{232}Th
- Analyse approfondie de l'ivoire pour rechercher d'autres radionucléides tels que ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{238}Pu , $^{239/240}\text{Pu}$, ^{241}Pu afin d'étudier la possibilité d'affiner la datation

De janvier 2012 à décembre 2012

- Validation de la méthode basée sur les profils isotopiques et s'appuyant sur des échantillons datés indépendamment
- Tracé d'une courbe montrant la distribution isotopique dans une défense entière
- Analyses d'environ 20 échantillons d'ivoire inconnus à des fins statistiques
- Test de la méthode des profils isotopiques ^{14}C , ^{90}Sr , ^{228}Th et ^{232}Th sur des tissus d'autres espèces tels qu'écaille de tortue, pelage ou corne de rhinocéros

Deuxième partie:

Création d'une banque de données de référence pour l'ivoire d'éléphant (origine géographique)

Niveau de connaissances

L'enrichissement isotopique de certains éléments chimiques contenus dans les défenses ou la matière osseuse des animaux est une bonne méthode pour identifier l'origine de l'ivoire d'éléphant de manière fiable. Contrairement aux autres procédures d'investigation comme l'analyse de l'ADN, l'analyse isotopique présente l'avantage de fournir des renseignements sur l'origine de l'ivoire utilisé dans la fabrication d'objets. La banque de données isotopiques donne également des informations sur l'origine géographique d'autres espèces de niveau trophique similaire (les rhinocéros par exemple). En outre, la composition isotopique n'est pas influencée par les facteurs extérieurs tels que la pollution, les rayonnements, et les réactifs chimiques, qui peuvent, de manière avérée ou non, fortement limiter les options des méthodes d'analyse de l'ADN.

L'origine géographique de l'ivoire est déterminée par la combinaison de diverses analyses géochimiques de routine. La méthode la plus courante et la plus fructueuse est celle qui consiste à déterminer la composition isotopique de l'élément strontium (Sr). Mais la composition des isotopes stables que sont le carbone (C), l'azote (N), l'oxygène (O), l'hydrogène (H) et le soufre (S) permet également une évaluation fiable de la provenance. Les éléphants ingèrent les isotopes biologiquement disponibles par la nourriture qu'ils absorbent. La composition isotopique de l'élément strontium, par exemple, que l'on peut trouver dans les aliments, comprend les isotopes ^{87}Sr (un produit issu de la désintégration naturelle du ^{87}Rb) et ^{86}Sr . Leur rapport est défini par la composition chimique du sous-sol géologique : les jeunes régions volcaniques telles que le rift est-africain se caractérisent par un faible rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, tandis que les parties plus anciennes de la croûte terrestre présentent un rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ élevé. Les isotopes de carbone et d'azote peuvent servir d'indicateurs de la composition nutritionnelle ou de la zone climatique. Un très faible rapport $\delta^{13}\text{C}$ indique des habitats densément boisés tandis qu'un rapport élevé renvoie à des paysages de savane. De la même manière, un faible rapport $\delta^{15}\text{N}$ suggère des conditions humides tandis que dans les habitats d'éléphants plus secs, on peut s'attendre à un rapport plutôt élevé. Par conséquent, il est possible de déterminer l'origine de manière relativement précise en établissant la composition des défenses.

Depuis 1995, la répartition spatiale des populations d'éléphants en Afrique et leur nombre ont fait l'objet d'un suivi régulier par un groupe de spécialistes de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), ainsi que de publications dans des rapports de situation. Ceux-ci contiennent des données vectorielles qui représentent dans l'espace l'aire de répartition des différentes populations, donnant ainsi des informations sur la géologie, la végétation et les précipitations. Ces données spatiales ainsi que les échantillons d'ivoire géoréférencés dans les musées et les collections permettent d'établir une banque de données de référence pour prouver l'origine de l'ivoire. Dans le cadre de ce projet, le matériel historique sera complété d'échantillons récents provenant d'États africains comptant des populations d'éléphants. Des cartes de distribution isotopique de l'ivoire d'éléphant peuvent être dressées à l'aide de méthodes géostatistiques (dites de « krigeage »).

Nécessité

Dans les années 1980, le commerce international de l'ivoire a conduit à une diminution dramatique de la population d'éléphants dans de nombreux pays africains. En 1989, la communauté internationale a inscrit l'éléphant d'Afrique à l'Annexe I de la CITES et ainsi interdit toutes formes de commerce de l'ivoire. Les mesures d'interdiction stricte du commerce et de protection efficace ont permis, dans certains pays africains, de restaurer les populations d'éléphants, surtout en Afrique de l'Est et en Afrique australe où elles atteignent désormais un niveau de croissance annuel de 4 %. Grâce au nombre stable ou même croissant d'animaux en Afrique australe, les populations du Botswana, de Namibie et du Zimbabwe ainsi que la population d'Afrique du Sud ont été rétrogradées à l'Annexe II de la CITES respectivement en 1997 et en 2000. Parallèlement au maintien d'une protection stricte, ces pays se sont vu octroyer la possibilité de pratiquer le commerce de produits issus de l'éléphant. Toutefois, la CITES autorise pour l'instant uniquement les ventes exceptionnelles, et non pas le libre-échange de produits fabriqués à partir d'ivoire d'éléphants. L'un des principaux arguments en faveur de la quasi-interdiction du commerce est qu'il est très difficile de distinguer sur le marché l'ivoire légal de l'ivoire illégal, de sorte que le commerce de l'ivoire légal serait une couverture idéale pour la contrebande.

En outre, l'éléphant d'Asie est nettement plus menacé que les deux espèces africaines. Toutes les populations d'éléphants d'Asie sont inscrites à l'Annexe I de la CITES. Il faut donc faire la distinction entre l'ivoire qui provient d'éléphants d'Afrique et celui provenant d'éléphants d'Asie. Pour l'heure, les parties contractantes à la CITES ne disposent d'aucun instrument de contrôle objectif répondant à des normes juridiques. Dans ce contexte, l'établissement d'une banque de données de référence servant à prouver l'origine de

l'ivoire peut aider à déterminer la provenance de l'ivoire obtenu illégalement et à ainsi davantage axer les efforts sur les mesures d'exécution et de conservation à l'échelon international.

Par ailleurs, les données d'ETIS (Système d'information sur le commerce de produits d'éléphants), programme d'information et de surveillance du commerce et de la contrebande de produits d'éléphants, montrent que, depuis 2004, le commerce illicite de l'ivoire a augmenté dans certains pays d'Afrique centrale. Depuis la 10^e Conférence des parties à la CITES (Résolution Conf. 10.10), ETIS est utilisé par TRAFFIC, un programme de conservation de la faune et de la flore sauvages mené conjointement par le WWF et l'IUCN. La diminution constante, depuis 1981, des populations d'éléphants en Côte d'Ivoire, en République démocratique du Congo et en République d'Afrique centrale signifie que, dans ces pays en particulier, les animaux sont tués par braconnage. Par conséquent, la préservation durable des populations d'éléphants d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale doit passer par un mécanisme de contrôle permettant d'identifier la provenance géographique de l'ivoire confisqué, au moyen d'une banque de données de référence pour l'ivoire. Outre ETIS, c'est le seul moyen de créer une transparence objective, au sein de forums internationaux tels que la CITES, concernant la provenance de l'ivoire. Cette transparence aidera à éviter les discussions et processus de négociation interminables et donc onéreux, et si nécessaire, elle assurera une conformité légale durant la phase de mise en œuvre. En outre, le projet permettra de spécifier et de mettre en œuvre le plan d'action régional de la Commission des forêts d'Afrique centrale (COMIFAC) au moment où l'Allemagne présidera le partenariat pour le bassin du Congo (PFBC).

Objectifs du projet de recherche et de développement

- Création de la banque de données de référence pour l'ivoire:
Établissement d'une méthode servant à la fois à déterminer l'origine de l'ivoire et à vérifier la précision de la désignation de l'origine
- Mise en œuvre de la banque de données de référence pour la protection des espèces:
La banque de données de référence pour l'ivoire d'éléphant sera suggérée aux autorités nationales et à la communauté internationale d'États comme outil de soutien à la mise en œuvre

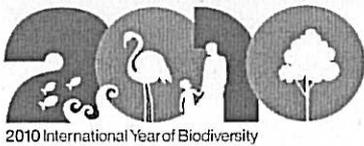
Sous-projets/activités en vue d'atteindre les objectifs

Établissement d'une banque de données de référence pour l'ivoire d'éléphant:

- Documentation et analyse d'examens existants d'autres études pertinentes
- Collecte d'échantillons de référence d'ivoire d'éléphant
- Mobilisation de chasseurs de grand gibier en Europe pour obtenir des échantillons de référence certifiés d'ivoire d'éléphants africains
- Mesures de laboratoire et catalogage des signaux isotopiques extraits d'échantillons
- Consolidation de banques de données de référence existantes sur la géologie et la végétation
- Mise en place d'un système d'information géographique représentant, dans l'espace, les facteurs géologie, climat, végétation et population d'éléphants
- Analyse statistique des signaux isotopiques et modèle de distribution spatiale des échantillons de référence au moyen de facteurs abiotiques
- Consolidation des résultats susmentionnés et établissement de la banque de données de référence et d'une carte de distribution des isotopes de l'ivoire d'éléphant

Mise en œuvre de la banque de données de référence pour la protection des espèces:

- Prise de contact avec de potentiels partenaires issus de secteurs liés à la mise en œuvre nationale et internationale de la banque de données de référence
- Participation à des réunions/conférences nationales/internationales afin de discuter d'éléments spécifiques relatifs à la banque de données de référence et à ses applications, et de consulter d'autres groupes d'intérêt
- Parution des résultats de processus de développement dans des publications pertinentes destinées aux professionnels
- Activités de relations publiques connexes
- Publication d'un manuel en anglais sur la structure et les applications de la banque de données de référence (sur CD, sur Internet et sous forme de publication de l'Agence fédérale pour la conservation de la nature)



Agence fédérale pour la conservation de la nature, Konstantinstr. 110, D-53179 Bonn, Allemagne



Tél: ++49-228-8491-0
Numéro direct: ++49-228-8491-1310
Fax: ++49-228-8491-1319
EMail: citesMA@bfn.de

Bonn, 27.10.2010

Chers collègues,

Lors de la 15^e Conférence des Parties à la Convention (CoP 15) sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), qui s'est tenue à Doha (Qatar) en mars 2010, le commerce licite et illicite de l'ivoire figurait parmi les thèmes importants à l'ordre du jour de la rencontre. Le problème de la contrebande et du mélange de l'ivoire licite et illicite persiste, et des méthodes exactes de détermination ne sont toujours pas développées ni disponibles à grande échelle. Plus spécifiquement, le document CoP 15 Doc. 44.1 (Suivi du commerce illégal de l'ivoire et d'autres spécimens d'éléphants), qui a fait l'objet de discussions à Doha, répond à cette problématique en stipulant que l'origine et l'âge de l'ivoire passé en contrebande constituent un aspect important de la contrebande actuelle. Au paragraphe 26, le document indique que le profilage de l'ADN permettant d'identifier l'origine géographique revêt une grande importance mais que les informations ainsi obtenues seraient encore plus utiles si elles pouvaient être combinées à l'âge de l'ivoire.

L'Agence fédérale allemande pour la conservation de la nature (BfN), en tant qu'organe de gestion CITES de l'Allemagne, soutient actuellement un projet de recherche sur les méthodes de détermination de l'âge de l'ivoire brut. Une nouvelle méthode devrait être élaborée et testée, s'appuyant sur l'analyse isotopique et combinant le test au radio-

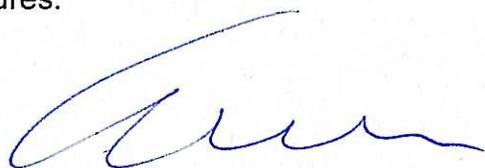
En outre, nous souhaiterions compléter ce projet de recherche d'une étude sur l'identification de l'origine géographique de l'ivoire également basée sur l'analyse des isotopes. Pour vérifier les méthodes à développer en vue de la détermination de l'âge et de l'origine géographique, il est essentiel de disposer de suffisamment de tests et de matériel de référence. Le matériel doit répondre à au moins une des conditions suivantes:

- L'année de mort de l'éléphant doit être connue aussi précisément que possible
- Le pays où vivait l'éléphant doit être dans tous les cas connu

Étant donné que l'Allemagne n'a pas à sa disposition suffisamment d'échantillons d'ivoire remplissant ces conditions préalables, nous sollicitons votre aide à la réalisation de ce projet de recherche important et vous serions très reconnaissants si vous pouviez nous fournir des échantillons d'ivoire répondant aux critères précités. Nous avons besoin d'échantillons d'un poids minimum de 15 grammes et, si possible, d'une défense entière. Les interlocutrices au BfN responsables de ce projet sont Mme Hornig (hornigk@bfn.de) et Mme Denkl (denklc@bfn.de).

Si vous êtes d'accord pour coopérer avec nous dans le cadre de cette importante initiative, nous vous prions de bien vouloir nous répondre aussi vite que possible et nous fournir les détails spécifiques de l'échantillon d'ivoire (adresse de l'exportateur, description (défense entière ou une partie seulement), masse nette, pays d'origine) afin de nous permettre de délivrer un permis d'importation CITES.

Je vous prie de bien vouloir agréer, chers collègues, l'expression de mes salutations les meilleures.



Directeur & Professeur Dr Dietrich Jelden
Responsable de l'organe de gestion CITES