

## MISSION ARCHÉOLOGIQUE LANGAU (CAMBODGE)

### Dossier de candidature au Prix Clio 2024

Présenté par Brice VINCENT

Maître de conférences de l'École française d'Extrême-Orient (EFEO)

Membre statutaire de l'UMR 8170 – Centre Asie du Sud-Est (CASE)

Directeur de la mission archéologique *LANGAU*

Initié en 2016, le programme de recherche *LANGAU* est dédié à l'étude de la métallurgie du cuivre à l'époque angkorienne (IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> s.)<sup>1</sup>.

Depuis déjà plusieurs siècles, mais plus encore en cette période où Angkor domine un royaume khmer dont l'influence s'étend progressivement à la majeure partie de l'Asie du Sud-Est continentale, le cuivre et ses alliages, en particulier le bronze (alliage cuivre-étain), constituent des matériaux de choix réservés pour l'essentiel aux dieux de la capitale et du royaume ainsi qu'à son élite politico-religieuse. Porteurs d'une forte valeur symbolique, ces matériaux sont transformés par des artisans spécialisés, maîtrisant des savoirs et des procédés élaborés, en des produits finis des plus divers (images de dévotion, instruments de culte et de prestige, éléments de décor architectural).

Le programme *LANGAU* se propose d'esquisser une reconstruction à la fois historique et technologique de ce pan très largement méconnu de l'artisanat angkorien, non seulement en le recontextualisant au sein d'un système étatique centralisé, mais aussi en le déclinant en autant d'étapes de production depuis les mines jusqu'aux fonderies.

Ce programme et la mission archéologique qui lui est associée s'organisent autour de deux composantes principales :

- la première intitulée *LANGAU – Fondre pour le roi* conduit depuis 2016 une étude archéologique et archéométallurgique d'un site de fonderie royale à Angkor (EFEO / APSARA) ;
- la seconde intitulée *LANGAU – Aux sources du cuivre d'Angkor* conduit depuis 2019 une étude des sources d'approvisionnement et des réseaux de circulation du cuivre à l'époque angkorienne, tant à l'intérieur de l'ancien pays khmer que dans les territoires voisins (EFEO / Ministère de la Culture et des Beaux-Arts du Cambodge).

<sup>1</sup> Le terme vieux khmer *langau*, qui apparaît dans l'épigraphie du Cambodge ancien dès le VII<sup>e</sup> s., désigne le « cuivre ».

L'une des spécificités méthodologiques de ce programme, bien inséré au sein d'un réseau d'universités et de laboratoires, est de recourir à une réelle pluridisciplinarité et à une large gamme de moyens analytiques afin de répondre aux particularités offertes tant par les sites étudiés que par le riche mobilier, notamment minier et métallurgique, qui en est issu. Il réunit ainsi une équipe internationale où collaborent des archéologues, des archéométallurgistes, des géologues, des géoarchéologues, des céramologues, des physiciens et des restaurateurs de métaux. Afin de former une nouvelle génération d'archéométallurgistes, en particulier au Cambodge où la discipline est encore absente du monde académique, le programme *LANGAU* s'efforce en outre d'inclure dans ses effectifs des étudiants de master et de doctorat, qui participent pleinement aux activités de terrain et de recherche<sup>2</sup>.

### ***LANGAU – Fonderie pour le roi***

Dès les années 1920, l'architecte-conservateur Henri Marchal signale à Angkor Thom, au nord du palais royal, la présence d'une série de sculptures en grès inachevées et formule l'hypothèse d'un ancien atelier de sculpteurs. C'est pour documenter ce dernier que le *Sculpture Workshops of Angkor Project* (University of Sydney / APSARA) implante dans cette zone, en 2012, une série de sondages archéologiques. Outre l'atelier de sculpture, ces travaux aident à documenter un atelier de travail du métal plus ancien, bientôt identifié à une « fonderie royale », la première découverte en Asie du Sud-Est. Une seconde campagne de fouille, en 2013, permet d'enrichir le mobilier métallurgique collecté, tout en mettant au jour des structures de fours.

L'étude du site ne reprend qu'en 2016, dans le cadre du programme *LANGAU*, en privilégiant l'angle plus spécifique de l'archéologie des techniques. La fonderie royale invite en effet à redécouvrir au plus près une diversité de savoirs, d'outils et de procédés, en même temps que l'organisation du travail des fondeurs et autres spécialistes (batteurs, modeleurs, décorateurs, forgerons...) au service du palais, soit au cœur du système étatique angkorien. Elle est ainsi d'un intérêt exceptionnel tant pour l'histoire des techniques que pour l'histoire socio-économique, offrant pour le Cambodge et la région un rare exemple d'artisanat groupé et de communauté spécialisée.

Cinq campagnes de fouille y ont déjà été conduites, auxquelles s'ajoutent autant de sessions de post-fouille et des campagnes d'analyse multiples dans les laboratoires partenaires.

### *Essai de reconstruction historique*

Si peu de sources contemporaines documentent l'artisanat angkorien, quelques grandes lignes peuvent néanmoins se dessiner. L'épigraphie atteste en particulier de l'activité d'« artisans royaux » que le souverain mobilise pour la réalisation des grandes fondations du règne. Au moins dans les premières années du XII<sup>e</sup> s., ces derniers se répartissent entre quatre catégories numérotées en sanskrit, à l'instar des charges officielles à la même époque. L'artisanat aurait été ainsi soumis, comme l'administration du royaume, à un même processus de structuration et de centralisation, surtout actif au cours des X<sup>e</sup> et XI<sup>e</sup> s.

---

<sup>2</sup> Citons par ordre alphabétique : Sébastien Clouet, inscrit en thèse de doctorat à Sorbonne Université (codir. É. Parlier-Renault et B. Vincent) : *Les mines d'Angkor. Étude archéologique et archéométallurgique des sites de production primaire de cuivre de la région de Chhaep, province de Preah Vihear, Cambodge (IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> s.)* ; Eng Tola, inscrit en thèse de doctorat à l'université Toulouse – Jean Jaurès (codir. C. Robion-Brunner et S. Leroy ; tuteur : B. Vincent) : *Les forges d'Angkor. Du geste technique à l'identité des artisans forgerons (IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> s.)* ; Meas Sreyneath, inscrite en thèse de doctorat à l'université Paris Nanterre (codir. D. Bourgarit et B. Vincent) : *Le martelage du cuivre et de ses alliages à Angkor : étude morpho-technologique (IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> s.)* ; et Ngov Mesa, inscrit en master 1 à l'INALCO, dans le cadre du projet Manusatra – Université des Moussons (codir. Heng S. et B. Vincent) : *La collection de bronzes protohistoriques du Vat Reach Bo de Siem Reap : inventaire et étude*.

C'est dans ce contexte d'une interdépendance accrue des artisans et du pouvoir royal qu'il faut replacer l'installation d'une fonderie au cœur de la capitale. Cette implantation est justement à dater de la fin du X<sup>e</sup> ou du début du XI<sup>e</sup> s., au moment même où se construit un nouveau palais royal en lieu et place de l'ancien palais de la fin du IX<sup>e</sup> s. Dans le cadre de ce projet d'aménagement, le roi prévoit ainsi de fournir aux fondeurs un terrain attenant au palais, en même temps que les moyens matériels et logistiques nécessaires à l'exercice de leur activité. En retour, il attend d'eux qu'ils fournissent sous la forme d'images et d'objets en métal de nouveaux instruments de légitimation du pouvoir royal, destinés au palais, aux sanctuaires de la capitale et aux grands lieux saints du royaume. L'expression de « fonderie royale » prend en cela tout son sens.

Son activité est renseignée au XI<sup>e</sup> s., sur un espace de moins de 1 ha encore mal défini et par une puissance stratigraphique qui peut atteindre plus de 2 m. La documentation archéologique correspondante est abondante, comprenant aussi bien les structures de travail (sols, bas-foyers, fosses) que le mobilier associé (déchets pour l'essentiel : chutes, scories, fragments d'objets et de céramiques techniques). Deux exemples pour l'illustrer : la seule fouille d'une tranchée de 25 m<sup>2</sup> a livré une concentration de quinze fours de fonderie et quatre forges, alors que celle d'une autre tranchée de même superficie a généré plusieurs centaines de kg de fragments de moules et autres terres réfractaires.

Le scellement de l'activité de la fonderie est marqué par l'implantation d'un atelier de sculpteurs, sans doute à partir de la première moitié du XII<sup>e</sup> s. Il est toutefois possible que la collaboration des fondeurs avec le palais cesse plus tôt, dès la fin du XI<sup>e</sup> s., lorsque s'observe un tournant à la fois stylistique et technique dans la production statuaire. Il faut en outre prendre en compte l'histoire politique de cette même époque, avec l'arrivée sur le trône de Jayavarman VI et l'avènement de la dynastie de Mahidharapura qui ont de possibles conséquences sur l'organisation, et aussi la disponibilité, des artisans royaux.

### *Essai de reconstruction technologique*

La lecture technologique du mobilier associé à la fonderie royale aide à répartir le travail du cuivre et de ses alliages entre deux procédés principaux de mise en forme : la fonderie à la cire perdue et la déformation plastique par martelage. D'autres procédés sont toutefois également documentés, tels la réparure, la décoration, notamment par dorure, et le polissage.

Ces techniques permettent l'élaboration à la fois de statues et d'objets. Si aucun élément statuaire n'a été retrouvé, les fragments de moule mis au jour, de très grandes dimensions, témoignent en faveur de ce type de production. Divers fragments d'objets, notamment de vaisselle, renseignent quant à eux la petite fonderie. Certains procédés difficiles à mettre en œuvre, comme la dorure au mercure, attestent encore de la haute qualité des œuvres réalisées. Ce n'est sans doute pas un hasard si à la même époque est documentée une grande statuaire en bronze, dont le fameux Vishnu du Mébon occidental constitue la réalisation la plus aboutie. Un lien peut d'ailleurs être établi entre la fonderie royale et cette grande statuaire via l'analyse de composition du mobilier cuivreux qui y a été mis au jour (plus de 60 échantillons au total, pour la plupart des chutes). Les similitudes en termes de pratiques d'alliage, en l'occurrence du bronze, et d'impuretés, et donc de minerai de cuivre utilisé, sont en effet manifestes. La fonderie royale constituerait ainsi l'un des principaux, sinon le principal, centre de production de bronzes à l'échelle du royaume angkorien dans le courant du XI<sup>e</sup> s.

Pour façonner ces statues et objets, les fondeurs doivent s'approvisionner en un certain nombre de matériaux, à commencer par les métaux. Ces derniers entrent dans l'atelier soit sous forme de métal frais (cuivre et étain en lingots, or en poudre, mercure à l'état liquide), soit sous forme d'objets à refondre, ce dont témoignent certaines fortes impuretés mesurées (plomb, zinc, or). Un affinage peut ensuite être pratiqué, y compris sur le métal recyclé, avant d'élaborer les

alliages de bronze, lesquels sont éventuellement stockés sous forme de nouveaux lingots avant la coulée. Une large gamme de creusets a été documentée en lien avec ces opérations métallurgiques, de même que plusieurs types de fours de fonderie dont les modes de construction et de fonctionnement ont été restitués. Pour le martelage, un cuivre non allié, caractérisé parfois par une très grande pureté, est systématiquement travaillé. S'ajoute enfin le fer, dont le travail est étroitement associé à celui du cuivre et de ses alliages et qui arrive, lui aussi, sous la forme de demi-produit.

D'autres données encore sont disponibles sur le travail des matériaux non métalliques, qui interviennent à différentes étapes de production et dont la liste exhaustive serait trop longue à donner (sable et argile, charbon de bois, cire d'abeille, résines, roches, bois, bambou, balle de riz...).

### ***LANGAU – Aux sources du cuivre d'Angkor***

La production d'objets en cuivre et alliages à l'époque angkoriennes se fait à grande échelle, ce qui suppose des besoins en cuivre de la capitale et du royaume conséquents. De manière novatrice, le programme *LANGAU* s'efforce d'identifier et de caractériser les sources de ce cuivre angkorian, avec un intérêt spécifique pour l'approvisionnement local. Seuls des réseaux d'échanges interrégionaux, à moyenne et longue distance, ont jusqu'ici été considérés. Or, le récent développement de l'industrie minière au Cambodge invite à reconstruire les possibilités minières de ce territoire longtemps présenté comme dépourvu de ressources métalliques exploitables, à l'exception du fer.

#### *Une nouvelle source : le Complexe minier et métallurgique de Chhaep*

Une revue systématique de la documentation géologique régionale permet d'identifier des gisements de cuivre susceptibles d'avoir été exploités dans des régions intégrées ou associées au royaume angkorian. Certains sont situés à proximité d'importants sites religieux ou le long d'axes de communication majeurs ; d'autres sont présents dans ses marges, notamment en territoire kuay, une minorité ethnique connue pour son rôle dans la production du fer. Plusieurs de ces gisements ont en outre livré des traces d'exploitation ancienne.

Parmi eux, celui de Chhaep, situé dans le nord du Cambodge, à 180 km au nord-est d'Angkor, a été retenu pour étude par le programme *LANGAU*. Depuis 2021, plusieurs campagnes de prospection et de fouille ont permis de caractériser une dizaine de sites archéologiques inédits, qu'il a été ensuite proposé de regrouper, avec ceux déjà connus, au sein d'un vaste complexe minier et métallurgique prémoderne, couvrant un territoire de près de 400 km<sup>2</sup>. S'y observent des occupations angkoriennes, préangkoriennes, mais aussi plus anciennes, à l'instar des trois sites protohistoriques dits de « Mlu Prei » décrits dès 1938 par l'ethnologue-préhistorien Paul Lévy. Soit 2500 ans d'histoire et de métallurgie attestés dans une même région avec la cohabitation, parfois sur un même site, de vestiges liés à la production du cuivre et d'autres à celle du fer, ce qui n'a pas d'autre équivalent au Cambodge et dans la région.

Au sein de ce complexe, deux sites en particulier, Phnom Chroap Phdau et Trapeang Choan Sanlong, réunissent l'ensemble des opérations de production de cuivre pour l'époque angkoriennes.

### *La mine de cuivre : Phnom Chroap Phdau*

Avec les vestiges d'une ancienne mine de cuivre conservée sans reprise moderne, Phnom Chroap Phdau est un site unique en Asie du Sud-Est. Il s'agit d'une exploitation à ciel ouvert qui comprend une vaste et profonde fosse terrassée manuellement (L. 200 m, l. 60 m, prof. 30 m), cernée sur ses faces nord et sud par des haldes minières étendues sur près de 4 ha. Ce chantier présente un caractère exceptionnel par son ampleur avec une fosse d'environ 300 000 m<sup>3</sup>.

Il a permis l'exploitation d'un gisement de cuivre composé, dans sa partie supérieure, d'une forte tranche oxydée (malachite, chrysocolle et cuprite) et, dans sa partie profonde, de sulfures de cuivre (chalcopyrite). La première phase d'exploitation a consisté à dégager et à exploiter le gisement dans sa partie supérieure, dans les couches de roches altérées et meubles, ce qui a nécessité l'installation d'une large fosse pour des raisons de stabilité des talus. Lorsqu'ont ensuite été atteints les niveaux plus profonds, caractérisés par une roche moins altérée et donc de meilleure stabilité géotechnique, les travaux ont pu être limités à la partie minéralisée, avec des excavations étroites en tranchée, parfois des petites galeries, sans crainte d'effondrement.

En plus du négatif de ces creusements, différents aménagements miniers sont encore observables avec, par exemple, une longue tranchée de rebaisse creusée à la pointe à l'extrême ouest du site. Cette dernière permet l'écoulement gravitaire des eaux de pluie et de la nappe aquifère en dehors de la fosse, dans un cours d'eau naturel en aval.

### *Le site de traitement : Trapeang Choan Sanlong*

Situé 1 km à l'est de la mine et étendu sur plus de 10 ha, Trapeang Choan Sanlong comprend une quinzaine de secteurs dispersés autour de deux étangs naturels, avec des espaces dédiés à des opérations métallurgiques allant de la préparation du minerai à sa réduction en métal. Une centaine d'amas de scories écoulées, représentant plus de 10 t de déchets, localisent les ateliers de réduction où étaient implantés les fours. D'autres secteurs ont livré des outils en pierre liés à la préparation du minerai, mais aussi des fragments de creusets et un type particulier de scories plates. À travers une étude du mobilier céramique, complétée par des datations radiocarbonées, ces vestiges ont été datés entre la fin du IV<sup>e</sup> / début du VI<sup>e</sup> et le début du XIV<sup>e</sup> s., soit l'intégralité des époques préangkorienne et angkorienne.

L'étude des procédés mis en œuvre sur ce site, à travers notamment l'analyse en laboratoire des scories, a permis d'identifier une métallurgie du cuivre maîtrisée, avec peu de perte, et d'en proposer une première caractérisation. Le minerai traité correspond aux sulfures de cuivre disponibles dans la partie profonde de la mine de Phnom Chroap Phdau. Après son broyage puis son lavage, il subit un traitement pyrométallurgique en deux étapes. Une première fusion scorifiante menée dans les fours produit de la matte de cuivre (sulfure enrichi en cuivre). L'originalité du procédé employé à Chhaep tient dans l'emploi d'oxydes de manganèse comme fondant pour cette première opération. Il est broyé puis mêlé au minerai de cuivre dans les fours pour faciliter la séparation du métal et de la gangue. La présence de gisements de manganèse, plus exactement de pyrolusite, à proximité des sites de production peut en partie expliquer ce choix technique. D'autant plus qu'un de ces gisements, situé à seulement 7 km au nord de Trapeang Choan Sanlong, présente des traces d'exploitation ancienne. La matte de cuivre est ensuite convertie en cuivre métallique lors d'une seconde opération, cette fois en creuset. Le cuivre est enfin affiné et fondu en lingots, avant d'alimenter les réseaux d'approvisionnement des fonderies angkoriennes.

## Perspectives de recherche

Le Complexe minier et métallurgique de Chhaep constitue le premier site de production de cuivre identifié au Cambodge, et aussi l'une des sources du cuivre d'Angkor. Il vient s'ajouter aux trois autres mines de cuivre jusqu'ici connues en Asie du Sud-Est (vallée de la Khao Wong Prachan et Phu Lon, Thaïlande ; Complexe de Vilabouly, Laos). Son caractère tout à fait exceptionnel justifie que le programme *LANGAU* poursuive des travaux dans cette région, dans le cadre d'un projet de plus grande ampleur pour lequel des financements seront sollicités. Toujours pluridisciplinaire (archéologie, archéométallurgie, géologie, anthropologie, étude environnementale), il sera mené en collaboration avec plusieurs ministères cambodgiens (Culture et Beaux-Arts, Mines et Énergie, Environnement), l'Institut de Technologie du Cambodge et l'University of British Columbia. Un tel projet contribuera en outre à la protection de ce complexe unique, tout en incluant dans cette action les communautés villageoises de la région de Chhaep. Cela semble d'autant plus urgent que les sites archéologiques étudiés sont soumis à de fortes pressions économiques (exploitation minière, déforestation, plantations agricoles), voire, pour certains, ont été déjà en partie détruits.

Les recherches du programme *LANGAU* pourront en outre s'étendre au Laos voisin, dans la région de Vat Phou, où ont été observées d'autres traces d'exploitation ancienne d'un gisement de cuivre. Il s'agit du site de Pha Thong (« falaise de cuivre »), localisé sur le flanc est du Phou Khao, à 3,5 km au nord du sanctuaire khmer de Vat Phou. Il a été pour la première fois étudié en novembre 2023 lors d'une prospection organisée en collaboration avec l'Office du patrimoine mondial de Vat Phou – Champassak, dans le cadre du projet *CHAMPA* (AFD, 2020-2025).

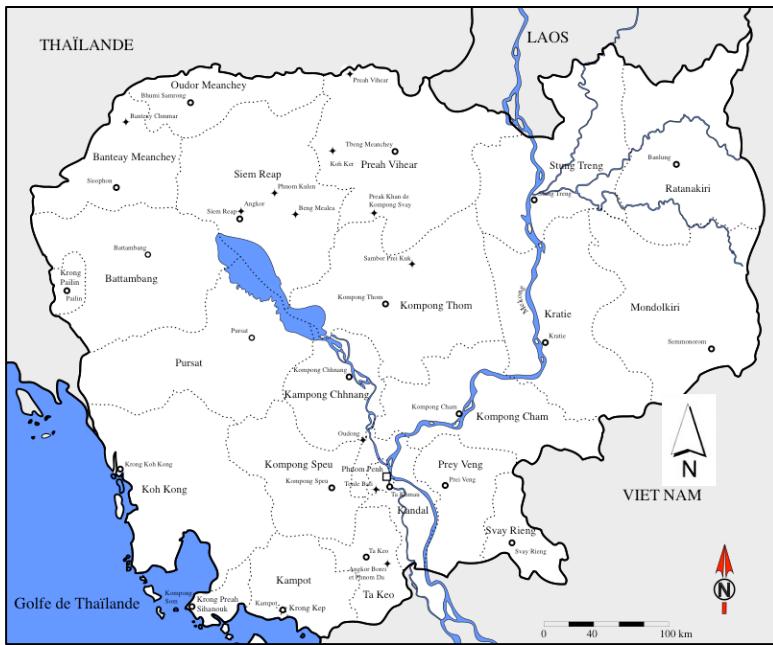
Une telle orientation scientifique, résolument tournée vers l'archéologie minière, sera mise en avant dans le quadriennal 2025-2028 prochainement présenté auprès de la Commission des fouilles. En attendant le début de ces nouveaux travaux de terrain, tous les résultats déjà obtenus par le programme *LANGAU* seront présentés dans le cadre de l'exposition « Fondre pour le roi : l'art du bronze à Angkor » (titre provisoire), qui se tiendra l'année prochaine au Musée national des arts asiatiques – Guimet, ainsi que dans une série de publications dont la sortie coïncidera avec cet évènement.

### Prix Clio 2024

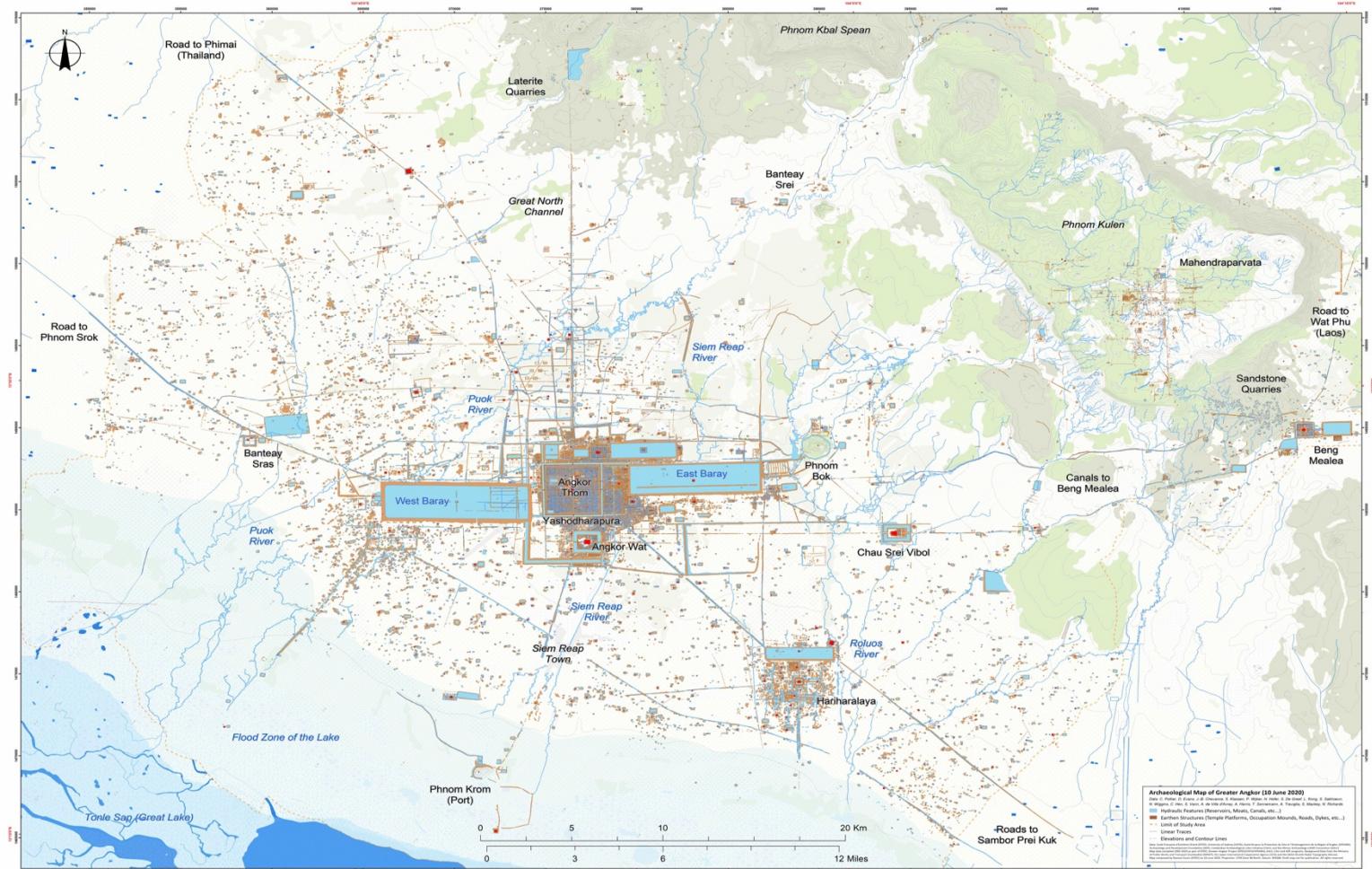
La dotation du Prix Clio permettra à la mission archéologique *LANGAU* de financer en partie une prochaine session de post-fouille prévue à Siem Reap, au Cambodge, au début de l'année 2025. Elle pourra également aider à financer en partie une série de datations radiocarbonées à réaliser sur des échantillons pris sur le site de la fonderie royale, à Angkor Thom (province de Siem Reap), et sur le Complexe minier et métallurgique de Chhaep (province de Preah Vihear).

## ANNEXES

### Illustrations



III. 1 : Carte administrative du Cambodge. D. Soutif



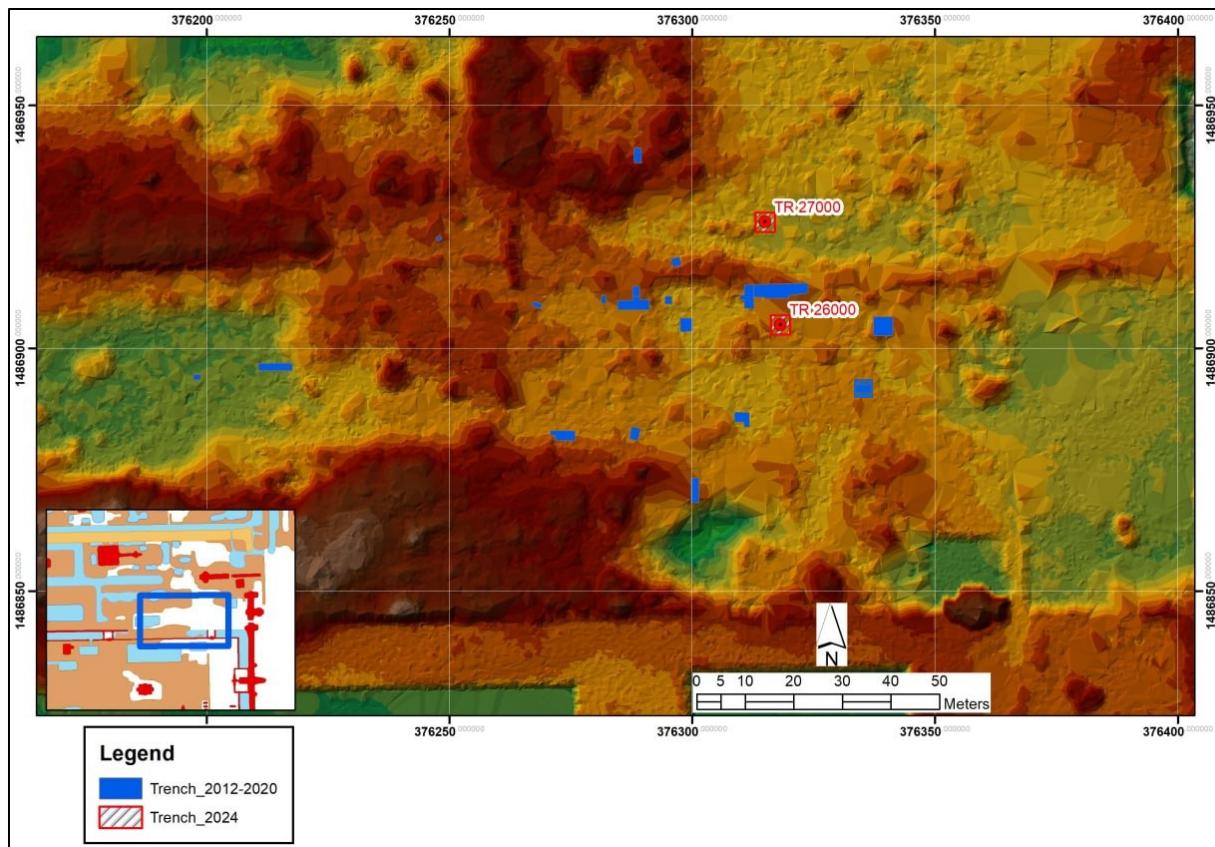
III. 2 : Carte archéologique de la région d'Angkor (province de Siem Reap). D. Evans



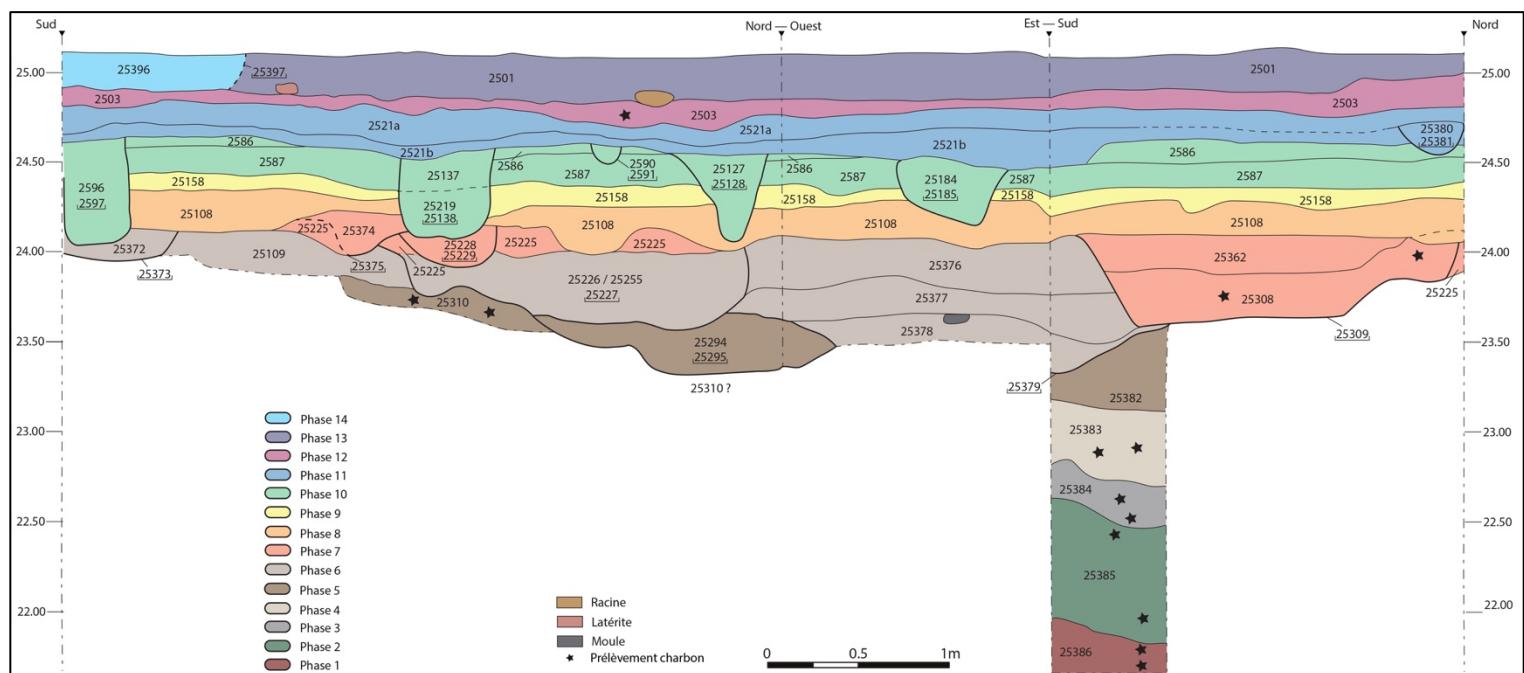
III. 3 : Image Lidar d'Angkor Thom (province de Siem Reap). D. Evans



III. 4 : Localisation de la fonderie royale dans le quadrant nord-ouest d'Angkor Thom (rouge : palais royal ; jaune : aire étudiée depuis 2012). D. Evans



**III. 5 :** Fonderie royale (Angkor Thom, province de Siem Reap). Campagnes 2012-2024 : localisation des tranchées et des sondages. Leng S.



**III. 6** : Fonderie royale (Angkor Thom, province de Siem Reap). Campagne 2020, tranchée 25 000, coupe ouest. Phases 2 à 7 : niveaux d'occupation de la fonderie. Chea S., Eng T., Lounh L., Meas R. et S. Clouet

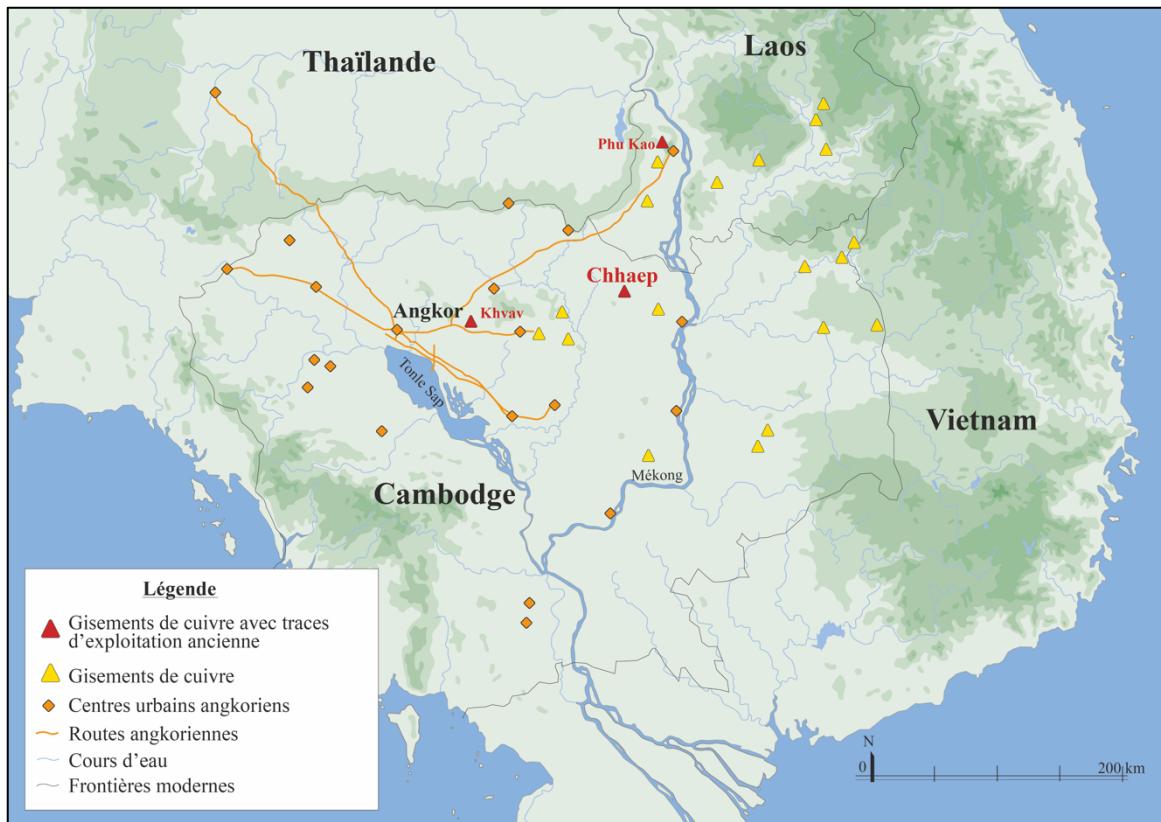


**III. 7 :** Fonderie royale (Angkor Thom, province de Siem Reap) : **a.** Campagne 2016 (tranchée 21 000) : fours de fonderie en cours de fouille. **b.** Campagne 2017 (tranchées 21 000 et 23 000) : concentration de fours de fonderie et de forges en cours de fouille. **c.** Campagne 2020 (tranchée 25 000) : fosse dépotoir remplie de fragments de moules et autres terres réfractaires en cours de fouille. **d.** Campagne 2024 (tranchée 26 000) : niveau de rejet de déchets métallurgiques en cours de relevé.

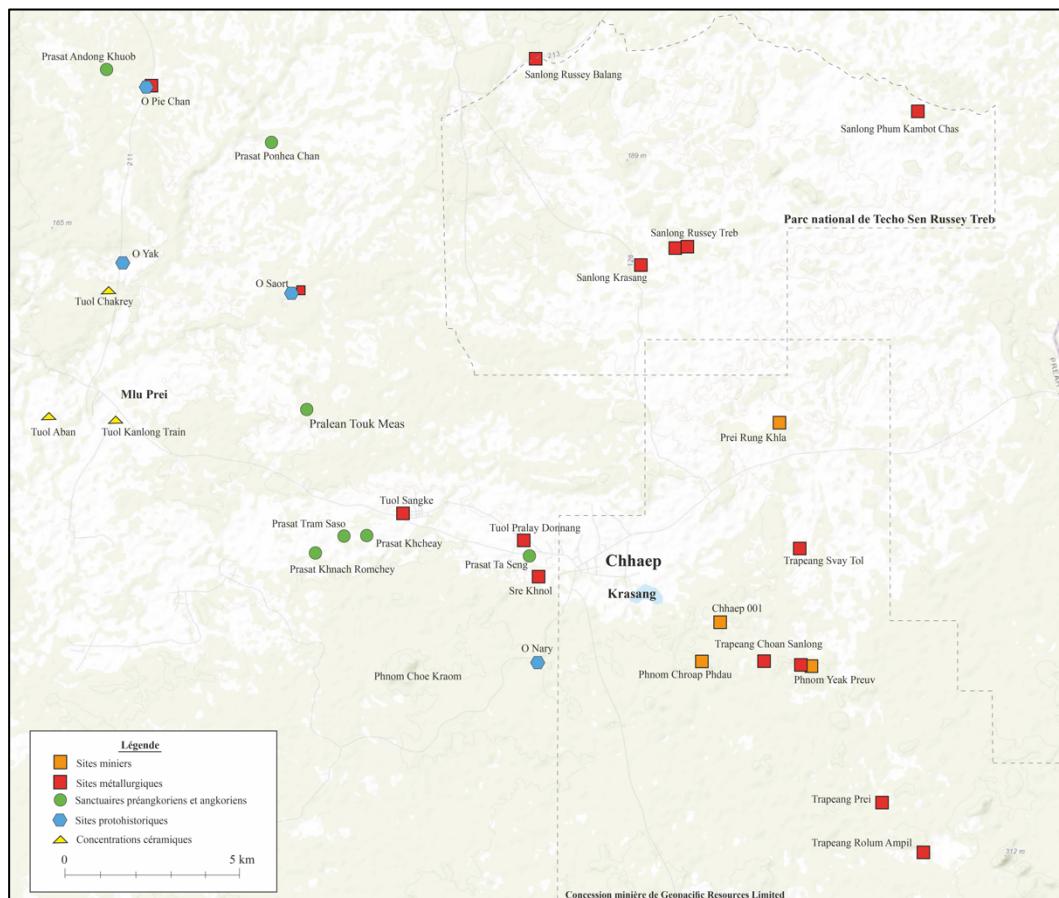


**III. 8** : Fonderie royale (Angkor Thom, province de Siem Reap) : **a.** Moule à cire en grès. **b.** Fragments de creuset de coulée en argile réfractaire. **c.** Plaque en bronze doré à la feuille. B. Vincent et M. Polkinghorne

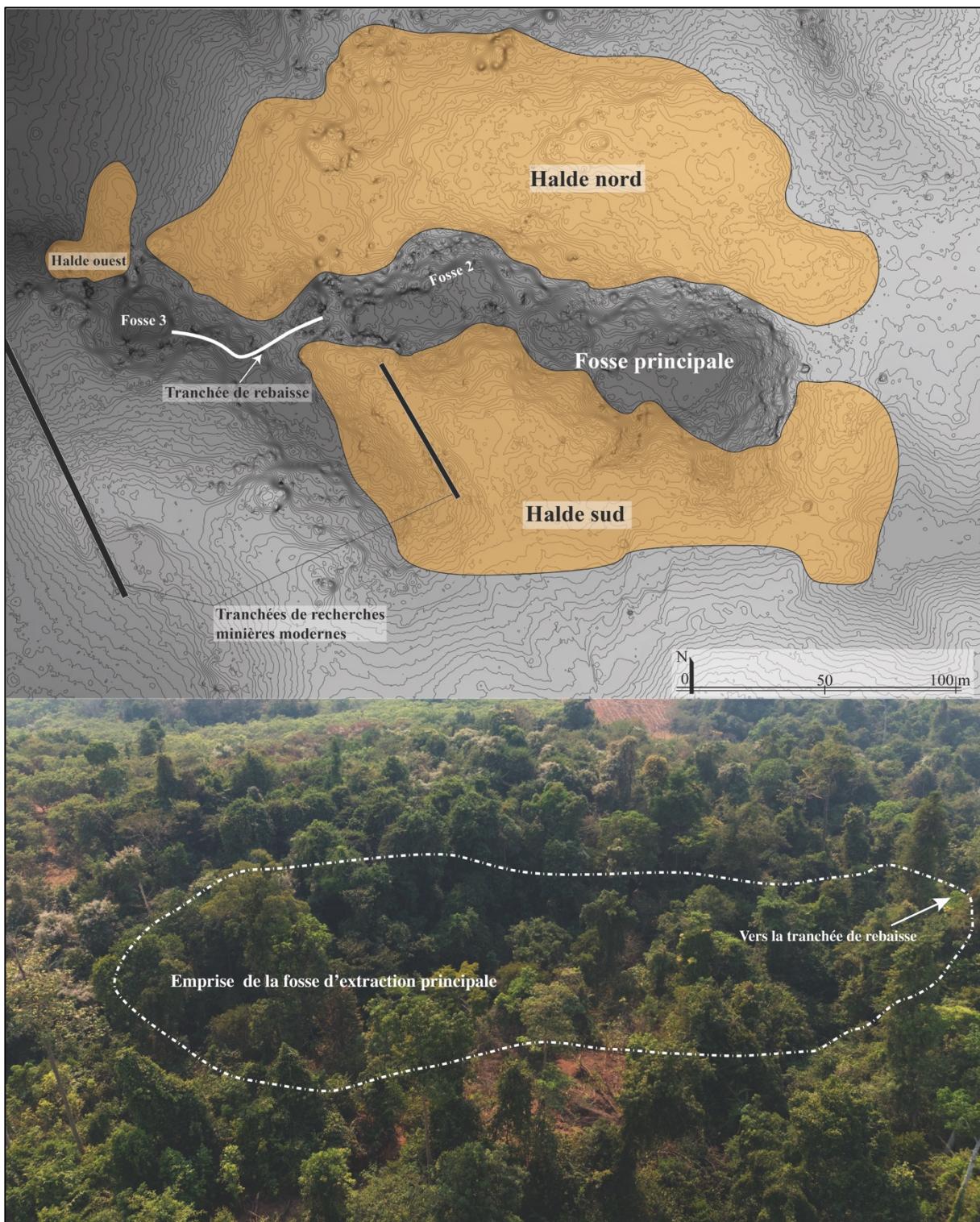
III. 9 : « Dans la fonderie des rois d'Angkor », *Le Monde*, 24662, 17 avril 2024, Supplément Science & Médecine.



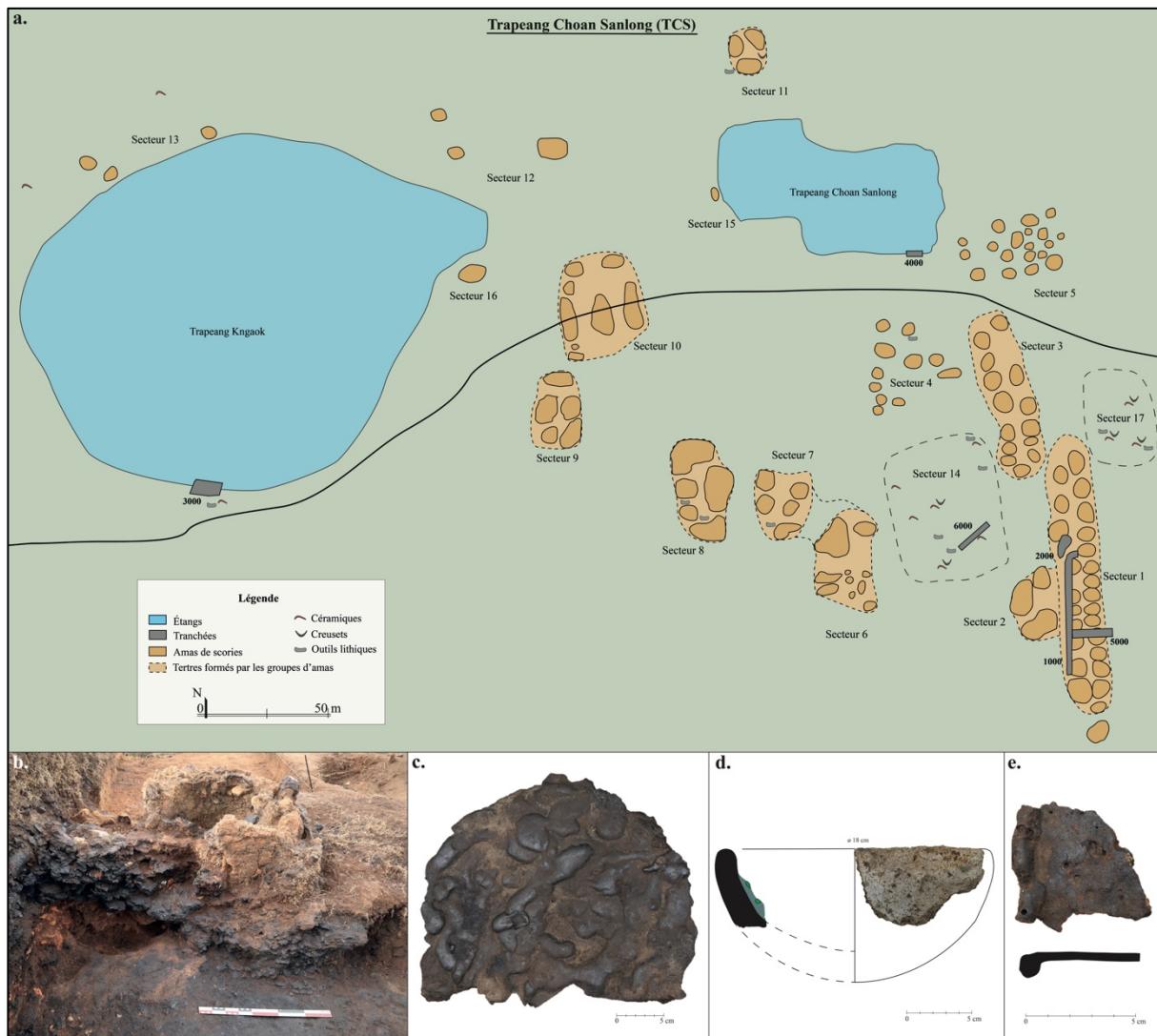
**III. 10 : Carte des ressources en cuivre disponibles au sein du Cambodge angkorien et de son aire d'influence. S. Clouet**



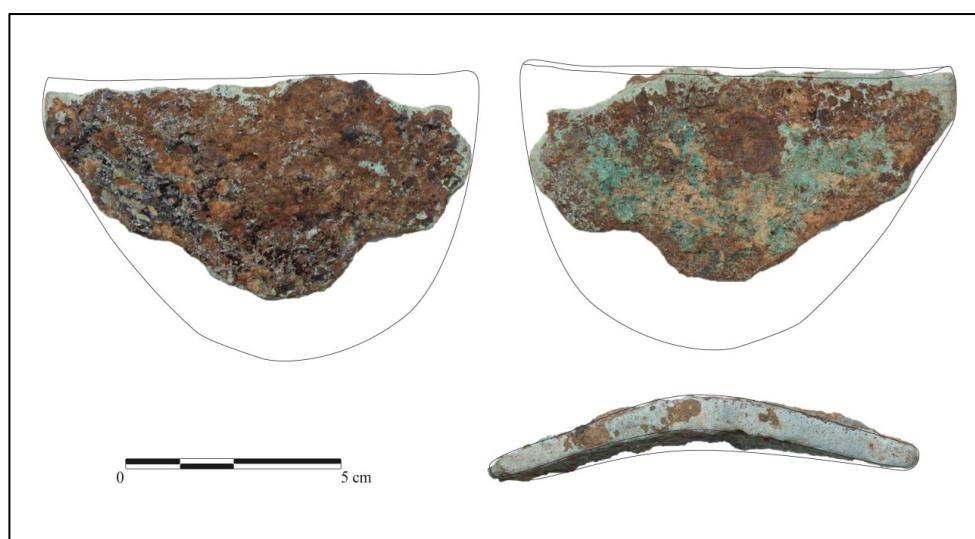
**III. 11 : Carte archéologique de la région de Chhaep (province de Preah Vihear). S. Clouet**



**III. 12 :** Mine de cuivre de Phnom Chroap Phdau (région de Chhaep, province de Preah Vihear). Plan archéologique et vue zénithale de la fosse d'extraction principale depuis le nord. P. Rostan et S. Clouet



**III. 13 :** Site de traitement de minerai de cuivre de Trapeang Choan Sanlong (région de Chhaep, province de Preah Vihear) : **a.** Plan archéologique. **b.** Four de réduction en cours de fouille. **c.** Fragment de scorie écoulée. **d.** Creuset de conversion de matte en cuivre métallique. **e.** Fragment de scorie plate. S. Clouet



**III. 14 :** Fragment de lingot produit à Trapeang Choan Sanlong (?). Cuivre, H. 8 cm, L. 4 cm, P. 0,7 cm, 90 g. S. Clouet

## Institutions partenaires

### • France

Agence française de développement (AFD)  
Centre Asie du Sud-Est, Paris (CASE, UMR 8170)  
Centre de recherche et de restauration des musées de France, Paris (C2RMF)  
Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, Nancy (CRPG)  
Centre national de la recherche scientifique (CNRS)  
Centre de recherche sur l'Extrême-Orient de Paris-Sorbonne (CREOPS)  
Cités, Territoires, Environnement et Sociétés, Tours (CITERES, UMR 7324)  
Domaine d'intérêt majeur – Patrimoines matériels – innovation, expérimentation, résilience (DIM-PAMIR)  
École française d'Extrême-Orient, Paris (EFEO)  
Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP)  
Institut national des langues et civilisations orientales, Paris (INALCO)  
Institut national du patrimoine, Paris (INP)  
Institut de recherche sur les archéomatériaux, CEA Saclay (IRAMAT, UMR 7065)  
Laboratoire archéomatériaux et prévision de l'altération, CEA Saclay (LAPA)  
Laboratoire Centre Asie du Sud-Est, Paris (CASE, UMR 8170)  
Laboratoire de mesure du carbone 14, CEA Saclay (LMC14)  
Musée national des arts asiatiques – Guimet, Paris (MNAAG)  
Sorbonne Université, Faculté des Lettres, Paris (SU)  
Technologie et Ethnologie des Mondes PréhistoriqueS (TEMPS, UMR 8068)  
Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés, Toulouse (TRACES, UMR 5608)  
Université de Tours (UT)  
Université Paris Nanterre, Nanterre (UPN)  
Université Toulouse – Jean Jaurès, Toulouse (UT2J)

### • Cambodge

Ministère de la Culture et des Beaux-Arts du Cambodge, Phnom Penh, Preah Vihear et Siem Reap (MCBA)  
Académie royale du Cambodge, Phnom Penh (ARC)  
Autorité nationale APSARA, Siem Reap (APSARA)  
Centre EFEO, Siem Reap  
Ministère des Mines et de l'Énergie du Cambodge, Phnom Penh (MME)  
Musée national du Cambodge, Phnom Penh (MNC)  
Projet Manusastrā, Phnom Penh (Manusastrā)  
Université royale des Beaux-Arts, Phnom Penh (URBA)

### • Australie

Flinders University, Adélaïde (Flinders)  
University of Sydney (USyd)

### • Canada

University of British Columbia, Vancouver (UBC)  
University of Toronto (UOFT)

### • États-Unis

Getty Institute, Los Angeles (Getty)  
Metropolitan Museum of Art, New York (MMA)  
Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution, Suitland (MCI)  
National Museum of Asian Art, Smithsonian Institution, Washington D. C. (NMAA)  
University of California, Los Angeles (UCLA)

## Intervenants

### ***LANGAU – Fonder pour roi***

#### *Intervenants administratifs et scientifiques*

S. E. Hang Peou, APSARA	Directeur général	Prescription et contrôle scientifique
S. E. Som Sopharat, APSARA	Directeur général adjoint	Prescription et contrôle scientifique
Tin Tina, APSARA	Directeur adjoint du Centre	Suivi administratif international de recherche et de documentation d'Angkor
B. Vincent, EFEO / CASE	Responsable du centre EFEO	Suivi administratif
	Directeur de la mission	Responsable scientifique

#### *Fouille et post-fouille*

Chea Socheat, EFEO	Archéologue	DAO
Sébastien Clouet, SU / CREOPS	Doctorant	DAO
Doy Pichjira, APSARA	Pétrographe	Étude des céramiques techniques
Eng Tola, UT2J / TRACES	Doctorant	Étude du mobilier ferreux
Hong Ranet, indépendante	Céramologue	Étude du mobilier céramique
Leng Sathya, APSARA	Topographe	Topographie
Lounh Leap, indépendant	Chef d'équipe	
Meas Rithyathet, MCBA	Archéologue	
Meas Sreyneath, UPN / TEMPS	Doctorante	Étude du mobilier cuivreux
Nicolas Nauleau, indépendant	Archéologue	
Sey Pisith, indépendant	Céramologue	Étude du mobilier céramique
Suy Pov, indépendant	Archéologue	
Nicolas Thomas, INRAP	Archéométallurgiste	
Von Noeun, MNC	Restaurateur de métaux	Restauration du mobilier métallique

#### *Collaborations scientifiques*

David Bourgarit, C2RMF / TEMPS	Archéométallurgiste	Étude du mobilier cuivreux
Federico Carò, MMA	Géologue-pétrographe	Étude des céramiques techniques
Jarrad Kowlessar, Flinders	Research associate	Étude géophysique
Stéphanie Leroy, CNRS / LAPA	Archéométallurgiste	Étude du mobilier ferreux
Nicole Little, MCI	Physicienne	Étude de pollution
Jennifer McGough, UCLA / Getty	Restauratrice	Étude des résines
Dann Penny, USyd	Géoarchéologue	Étude de pollution
Martin Polkinghorne, Flinders	Archéologue	
Thomas Oliver Pryce, CNRS / IRAMAT	Archéométallurgiste	Analyse isotopique du plomb
Donna Strahan, NMAA	Conservation scientist	Restauration du mobilier métallique

## ***LANGAU – Aux sources du cuivre d'Angkor***

### *Intervenants administratifs et scientifiques*

S. E. Phoeurng Sackona, MCBA	Ministre	Prescription et contrôle scientifique
S. E. Prak Sonnara, MCBA	Directeur général du Patrimoine	Prescription et contrôle scientifique
B. Vincent, EFEO / CASE	Responsable du centre EFEO	Suivi administratif
	Directeur de la mission	Responsable scientifique

### *Prospécion, fouille et post-fouille*

Sébastien Clouet, SU / CREOPS	Doctorant	Archéologie minière, cartographie, DAO
Doy Pichjira, APSARA	Pétrographe	Étude des céramiques techniques
Eng Tola, UT2J / TRACES	Doctorant	Étude du mobilier ferreux
Hong Ranet, indépendante	Céramologue	Étude du mobilier céramique
Keat Lenarith, MME	Géologue	
Kim Seng, MME	Géologue	
Kong Sitha, MME	Géologue	
Leng Sathya, APSARA	Topographe	Topographie
Leng Vitou, MCBA	Archéologue	
Mao Vy, MCBA	Archéologue	
Meas Sreyneath, UPN / TEMPS	Doctorante	Étude du mobilier cuivreux
Rim Makara, MME	Géologue	
Suy Pov, indépendant	Archéologue	
Yang Virinrath, MME	Géologue	

### *Collaborations scientifiques*

David Bourgarit, C2RMF / TEMPS	Archéométallurgiste	Étude du mobilier cuivreux
Emmanuelle Delqué-Količ, CNRS / LMC14	Archéomètre	Datation radiocarbone
Mia Fajeau, UBC	Mastérante	Étude environnementale
Jarrad Kowlessar, Flinders	<i>Research associate</i>	Étude géophysique
Stéphanie Leroy, CNRS / LAPA	Archéométallurgiste	Étude du mobilier ferreux
Alexandre Longelin, UT / CITERES	Doctorant	Étude du mobilier céramique
Gilles Morrow, UOFT	Archéologue	Lidar
Dan Penny, USyd	Géoarchéologue	Étude de pollution
Phon Kaseka, ARC	Archéologue	
Pierre Rostan, Mine & Avenir	Géologue	Géologie et géomorphologie
Naomi Schwartz, UBC	Géographe	Étude environnementale

## **Financement**

### **Commission consultative des recherches archéologiques à l'étranger (Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères)**

2017 : 9000 €

2019 : 9000 €

2020 : 9890 €

2021 : 13124 €

2022 : 9270 €

2023 : 9619 €

2024 : 11 000 €

### **École française d'Extrême-Orient (EFEO)**

- Crédits d'équipe de recherche (« Construction des centres de civilisation ») : Brice Vincent

2016 : 3880 €

2017 : 5550 €

2018 : 5000 €

2019 : 4975 €

2020 : 4250 €

2021 : 3840 €

2022 : 4075 €

2023 : 4400 €

- Mise à disposition des moyens logistiques du Centre EFEO de Siem Reap (depuis 2016)

### **Académie des Inscriptions et Belles-Lettres (AIBL)**

- Subvention Fondation Dourlans : Brice Vincent, 2018
- Bourse de la Fondation Flora Blanchon : Sébastien Clouet, 2019

### **Domaine d'intérêt majeur – Matériaux anciens et patrimoniaux (DIM-MAP)**

Subvention de stage : Thalie Law, 2021

« FORGANGKOR. Forger pour le roi au temps d'Angkor : première étude pluridisciplinaire d'un artisanat spécialisé au service du pouvoir royal (Cambodge, IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècle) »

<https://www.pamir.fr/projets-soutenus/forgangkor/>

### **Laboratoires et universités partenaires**

- Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), Paris : étude du mobilier métallurgique, analyse ICP-MS, PIXE et MEB (depuis 2016)
- Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG), Nancy : analyse isotopique du plomb (depuis 2019)
- University of Sydney : étude de pollution (depuis 2016)
- Flinders University, Adélaïde : étude géophysique (depuis 2023)
- Metropolitan Museum of Art, New York : étude pétrographique (2016-2018)
- Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution, Suitland : étude de pollution (2016-2020)

## Valorisation des résultats

### Publications

- 2025 P. Baptiste, D. Bourgarit, B. Vincent et T. Zéphir, *Fondre pour le roi : l'art du bronze à Angkor* [titre provisoire], catalogue d'exposition, Paris, Musée national des arts asiatiques – Guimet, École française d'Extrême-Orient & Centre de recherche et de restauration des musées de France (en préparation).
- B. Vincent et D. Bourgarit, « New appraisals of Angkorian copper-based metallurgy (11<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> century CE): mines, foundries, and cast products », *7<sup>th</sup> Forbes Symposium at the Freer Gallery of Art*, London, Archetype Publications (en préparation).
- S. Clouet, B. Vincent, D. Bourgarit et P. Rostan, « Aux sources du cuivre d'Angkor : étude préliminaire du Complexe minier et métallurgique de Chhaep (province de Preah Vihear, Cambodge) », *Bulletin de l'École française d'Extrême-Orient* (en préparation).
- 2023 S. Clouet, « Une route du cuivre au cœur du royaume angkorien », in « Révélations de l'archéologie des routes », *Dossiers d'Archéologie*, 415, janvier-février 2023, p. 32-35.
- 2022 S. Leroy, E. Delqué-Količ, B. Vincent, P. Baptiste, E. Vega, F. McGill et M. Fenn, « Le fer comme moyen de datation des bronzes khmers : première approche de prélèvement *in situ* », *Technè*, 52, 2021 (2022), p. 82-91.  
<https://doi.org/10.4000/techne.10073>
- 2021 T. Hall T., D. Penny, B. Vincent et M. Polkinghorne, « An integrated palaeoenvironmental record of Early Modern occupancy and land use within Angkor Thom, Angkor », *Quaternary Science Reviews*, 251, 2021, 106710.  
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106710>
- M. Polkinghorne et B. Vincent, « Preliminary research on the Royal Palace bronze workshop of Angkor Thom », *Preah Nokor. Journal of Angkor Studies*, 1, 2019 (2021), p. 49-61.
- S. Clouet, « Des orpailleurs en pays khmer : une production locale d'or dans le Cambodge angkorien », *124-Sorbonne. Carnet de l'École Doctorale d'Histoire de l'Art et Archéologie*, 2021.  
<https://124revue.hypotheses.org/5387>
- 2019 B. Vincent (éd.), « Métallurgies du Cambodge ancien et moderne (1<sup>re</sup> partie) », *Siksācakr. Journal de recherche sur le Cambodge*, 14-15, 2015-2016, 152 p.
- 2018 CAST:ING, « Angkorian founders and bronze casting skills: first technical investigation of the West Mebon Viṣṇu », *Bulletin de l'École française d'Extrême-Orient*, 104, 2018, p. 303-341.  
[https://www.persee.fr/doc/befeo\\_0336-1519\\_2018\\_num\\_104\\_1\\_6276](https://www.persee.fr/doc/befeo_0336-1519_2018_num_104_1_6276)
- C. C. Castillo, M. Polkinghorne, B. Vincent, Tan Boun Suy et D. Q. Fuller, « Life goes on: archaeobotanical investigations of diet and ritual at Angkor Thom (14<sup>th</sup>-15<sup>th</sup> centuries CE) », *The Holocene*, 28 (6), 2018, p. 930-944.  
<https://doi.org/10.1177/0959683617752841>
- Vincent B., « LANGAU ou l'archéométallurgie à Angkor Thom », *La Lettre de l'AFRASE*, 95, 2018, p. 32-34.
- 2017 Vincent B., « Le mobilier en bronze du palais royal d'Angkor Thom », *Aséanie*, 33, 2014 (2017), p. 211-277.  
[https://www.persee.fr/doc/asean\\_0859-9009\\_2014\\_num\\_33\\_1\\_2327](https://www.persee.fr/doc/asean_0859-9009_2014_num_33_1_2327)
- 2016 M. Polkinghorne, B. Vincent, N. Thomas et D. Bourgarit, « Casting for the King: the Royal Palace bronze workshop of Angkor Thom », *Bulletin de l'École française d'Extrême-Orient*, 100, 2014 (2016), p. 327-358.  
[https://www.persee.fr/doc/befeo\\_0336-1519\\_2014\\_num\\_100\\_1\\_6179](https://www.persee.fr/doc/befeo_0336-1519_2014_num_100_1_6179)

## Rapports

- 2017-2023 B. Vincent (dir.), rapports d'activité du programme de recherche *LANGAU* pour le Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères [2017 : 59 p. ; 2018 : 54 p. ; 2019 : 66 p. ; 2020 : 71 p., 25 pl. ; 2021 : 81 p., 15 pl. ; 2022 : 62 p., 19 pl. ; 2023 : 60 p., 18 pl.].
- 2024 P. Rostan, *Rapport de prospection. Secteur de Vat Phu, province de Champassak, République démocratique populaire du Laos. Campagne de prospection de novembre 2023*, Châteauroux-les-Alpes, Mine & Avenir [31 p.].
- 2023 B. Vincent, *The Chhaep Mining and Metallurgical Complex (CMMC), Preah Vihear province, Cambodia: A unique heritage site in Southeast Asia*, rapport pour le Ministère de la Culture et des Beaux-Arts du Cambodge [10 p.].  
P. Rostan, *Rapport de prospection. Secteur de Chhaep, province de Preah Vihear, Cambodge. Campagne de prospection de novembre 2022*, Châteauroux-les-Alpes, Mine & Avenir [51 p.].
- 2022 S. Clouet, B. Vincent et S. Leroy, *LANGAU – Aux sources du cuivre d'Angkor. Archaeological and archaeometallurgical study of Angkorian copper mines, Chhaep, Preah Vihear province. Preliminary report of the 2021 field campaign*, rapport pour le Ministère de la Culture et des Beaux-Arts du Cambodge [11 p.].
- 2018 D. Bourgarit, B. Vincent et P. Baptiste, *Technological investigation of the West Mebon Vishnu: preliminary results*, rapport interne du C2RMF (38047) [16 p.].

## Travaux universitaires

- 2023 J. McGough, *Lacquered sculptures from Angkor Wat*, rapport de stage, Los Angeles, UCLA & Getty [73 p.].
- 2022 Eng T., *Les objets en fer du Musée national du Cambodge (V<sup>e</sup> siècle AEC – XIX<sup>e</sup> siècle EC). Catalogage et essai de chrono-typologie*, mémoire de master 2, Phnom Penh, Projet Manusatra – Université des Moussons, Université royale des Beaux-Arts & INALCO [203 p.].  
J. Bailly, *Étude du martelage d'alliages de Cu de l'époque angkorienne*, rapport de stage de fin d'année de master 1, Gif-sur-Yvette, Université Paris-Saclay [33 p.].
- 2021 T. Law, *FORGANGKOR. Forger pour le roi au temps d'Angkor : première étude pluridisciplinaire d'un artisanat spécialisé au service du pouvoir royal (Cambodge, IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècle)*, rapport de stage de fin d'études de cycle d'ingénieur, Paris, Polytech Sorbonne, Sorbonne Université [58 p.].
- 2020 Meas S., *Caractérisation des bas-foyers découverts sur le site de la fonderie royale d'Angkor Thom (XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècle)*, mémoire de master 2, Phnom Penh, Projet Manusatra – Université des Moussons, Université royale des Beaux-Arts & INALCO [237 p.].
- 2019 S. Clouet, *Les bronzes ornementaux du Vat Reach Bo de Siem Reap et du Musée national du Cambodge (XI<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles)*, mémoire de master 2, Paris, Faculté des Lettres – Sorbonne Université [292 p.].

## Communications

- Séances plénières et techniques du *Comité international de coordination pour la sauvegarde et le développement du site historique d'Angkor* (CIC-Angkor), Siem Reap, Autorité nationale APSARA (janvier 2017, juin 2018, juin 2019, décembre 2019, mars 2022, mars 2024).
- Séance plénière du *Comité international de coordination pour Preah Vihear* (CIC-Preah Vihear), Siem Reap, Autorité nationale pour Preah Vihear (mars 2024).

- Center for Humanities and Social Sciences, Phnom Penh (juillet 2022) ; Ministère de la Culture et des Beaux-Arts du Cambodge, Phnom Penh (mars 2023, mars 2024) ; Institut de Technologie du Cambodge, Phnom Penh (mars 2024) ; Institut français du Cambodge (mai 2024).
- *9<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys* (BUMA IX & X), Busan (octobre 2017), Bangkok (juillet 2022) ; *22<sup>nd</sup> Congress of the Indo-Pacific Prehistory Association* (IPPA22), Chiang Mai (novembre 2022) ; *7<sup>th</sup> Forbes Symposium at the Freer Gallery of Art*, Washington D. C. (juin 2023) ; *Young Researchers in Archaeometry 2023*, Tübingen (octobre 2023).
- Séminaire commun *Archéologie en Extrême-Orient*, EFEO & Facultés des Lettres – Sorbonne Université, Paris (octobre 2018, mars 2021).

## Expositions

« Fondre pour le roi : l'art du bronze à Angkor » [titre provisoire], Musée national des arts asiatiques – Guimet, Paris (30 avril – 8 septembre 2025) ; Minneapolis Museum of Art (fin 2025 – début 2026).

## Documentaires

- National Geographic / BBC / Arte / SBS, « Lost Treasures of Angkor: Ancient Laos Revealed », 90 min (diffusion prochaine en France).
- France 5, « Angkor : le mystère des temples de bronze », 90 min (en préparation).

## Médias

### *Médias français*

- F. Evin, « L'archéométallurgie identifie la première fonderie royale d'Angkor », in « Angkor. Découvrir – Restaurer – Visiter », *Le Monde* hors-série, juillet-août 2018, p. 32.
- B. Vincent et D. Bourgarit, « Le cuivre et ses alliages : fondre pour le roi au temps d'Angkor », *Archéologia*, 578, juillet-août 2019, p. 42-43.
- P. Barthélémy, « Dans la fonderie des rois d'Angkor », *Le Monde*, 24662, 17 avril 2024, Supplément Science & Médecine, p. 3-5.
- E. Fournié, « Archéologie khmère. Au chevet du Vishnu », *Archéologia*, 633, juillet-août 2024, p. 10-11.

### *Médias cambodgiens*

- Bayon TV (khmer)

BTW News Cambodia, « ក្រសួងរបៀបដម្ពឺនិង និង បណ្ឌស្រាវជ្រាវតំនៃយកដី និងចិត្តផលិតលោក:បុរាណនៅក្នុងខេត្តព្រះវិហារ [Le Ministère de la Culture et l'EFEO conduisent des recherches sur des sites anciens d'extraction et de production de métal dans la province de Preah Vihear] », 20 février 2024.

<https://www.youtube.com/watch?v=O9BLsJlz7SE>

- *Cambodianess* (anglais)

« An Angkorian Masterpiece to Go to France for Specialized Care and an Exhibition in Paris », 7 mai 2024.

<https://cambodianess.com/article/an-angkorian-masterpiece-to-go-to-france-for-specialized-care-and-an-exhibition-in-paris>

« The Reclining Vishnu: from a Cambodian Farmer's Dream to the World Stage », 27 mai 2024.

<https://cambodianess.com/article/the-reclining-vishnu-from-a-cambodian-farmers-dream-to-the-world-stage>

« Copper Statues and Objects in Angkorian Times: Artisans at the Service of the King », 2 juin 2024.

<https://cambodianess.com/article/copper-statues-and-objects-in-angkorian-times-artisans-at-the-service-of-the-king>

« Brice Vincent: Angkor, a Kingdom with a Great Deal Still to Be Discovered », 20 juillet 2024.  
<https://cambodianess.com/article/brice-vincent-angkor-a-kingdom-with-a-great-deal-still-to-be-discovered>

- *Khmer Times* (anglais)

« Cambodia sends ‘Vishnu’ to France », 8 mai 2024.

<https://www.khmertimeskh.com/501484572/cambodia-sends-vishnu-to-france/>

- *Phnom Penh Post* (anglais)

« Preah Vihear ancient sites reveal metal quarry work », 20 février 2024.

<https://www.phnompenhpost.com/national/preah-vihear-ancient-sites-reveal-metal-quarry-work>

- *Cambodge Mag* (français)

« Cambodge : L’École Française d’Extrême-Orient, une institution bien dans son siècle », 21 avril 2021.

<https://www.cambodgemag.com/post/cambodge-l-école-française-d-extrême-orient-une-institution-bien-dans-son-siècle>

« Siem Reap & Dossier : École française d’Extrême-Orient, une année bien remplie », 22 juin 2022.

<https://www.cambodgemag.com/post/siem-reap-dossier-école-française-d-extrême-orient-une-année-bien-remplie>

« Coopération : Départ de la statue du Vishnu couché du Mébon occidental pour la France », 7 mai 2024.

<https://www.cambodgemag.com/post/siem-reap-efeo-damian-evans-le-cambodge-vu-du-ciel>

## Ressources Web

• Site de l’université Paris Sciences & Lettres (PSL Explore) : « La fonderie royale d’Angkor Thom », décembre 2018 (vidéo de Didier Fassio, 12:34).

<https://explore.psl.eu/en/node/7474>

• Site de l’École française d’Extrême-Orient (EFEO) : « Gros plan sur le projet *LANGAU* », *Lettre d’information*, novembre 2020.

<https://www.efeo.fr/>