

“ PENSÉES VIVES ”

La revue de l'école doctorale LLSHS



ÉCOLE DOCTORALE DES LETTRES, LANGUES,
SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES
Université Clermont Auvergne



POUR CITER CET ARTICLE :

Jade Giraud, « Comprendre et connaître le mode de fonctionnement de l'hypocauste : Apport d'une étude comparative (*kang et glorias*) », *Pensées vives* [En ligne], 5 | 2026.

URL : <http://revues-msh.uca.fr/pensees-vives/index.php?id=399>

DOI : <https://dx.doi.org/10.52497/pensees-vives.399>



La revue *Pensées vives* est mise à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

Les articles de la revue sont utilisables sous licences CC BY 4.0. Les autres éléments (illustrations, extraits d'œuvres) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.

L'Université Clermont Auvergne est l'éditeur de la revue en ligne *Pensées vives*.

Comprendre et connaître le mode de fonctionnement de l'hypocauste : Apport d'une étude comparative (*kang* et *glorias*)

Understanding and Learning about How the Hypocaust Works: Insights from a Comparative Study (Kang and Glorias)

Jade Giraud

Centre d'Histoire « Espaces et Cultures », Université Clermont Auvergne

Cet article propose une comparaison entre l'hypocauste et deux systèmes de chauffage analogues d'époques et de régions différentes : le *kang* chinois et les *glorias* hispaniques. L'intérêt principal de cette étude réside dans le fait que le *kang* et les *glorias* sont encore utilisés de nos jours et font donc l'objet d'études techniques plus poussées que ce qui a pu être fait pour l'hypocauste. Cet article liste les points de convergence mais aussi de divergence entre les différents systèmes, tout en insistant particulièrement sur les éléments fonctionnels du *kang* et des *glorias* susceptibles d'éclairer le fonctionnement de l'hypocauste. En s'essayant à cette étude comparative, nous espérons enrichir notre réflexion de références bibliographiques nouvelles et de critères de recherche qui, jusqu'alors, auraient pu passer inaperçus.

chauffage, hypocauste, *kang*, *glorias*

*This article compares the hypocaust with two similar heating systems from different eras and regions: the Chinese *kang* and the Hispanic *glorias*. The main interest of this study lies in the fact that the *kang* and the *glorias* are still in use nowadays and so are the subject of more advanced technical studies than has been possible for the hypocaust. This article therefore lists the likenesses but also the differences between the different systems while placing particular emphasis on the functional elements of the *kang* and the *glorias* that may enlighten the working of the hypocaust. By undertaking this comparative study, we hope to enrich our reflection of new bibliographical references and research criteria that may have gone unnoticed until now.*

heating, hypocaust, *kang*, *glorias*

« Attenante à cette chambre est une minuscule chaufferie qui par un mince clapet retient ou diffuse, selon les besoins, la

chaleur venue d'en bas¹ [...].
Pline Le Jeune

L'étude fonctionnelle et structurelle de l'hypocauste constitue un renouveau dans la recherche archéologique. Elle a pour objectifs d'interroger l'efficacité et les spécificités de l'hypocauste dans un contexte domestique, de porter intérêt aux matériaux utilisés, de réfléchir au chauffage en tant que marqueur social ou encore de regarder si ce système est préféré dans un milieu géographique et climatique particulier. Cette analyse doit aller au-delà de la simple étude bibliographique et ne pas se contenter de l'étude descriptive des vestiges archéologiques. Au contraire, elle exige parfois de recourir à des méthodes éloignées de la méthode archéologique traditionnelle². L'étude comparative proposée ici en est un exemple concret. Elle ouvre en effet la réflexion et la documentation aux recherches menées sur le *kang* chinois et les *glorias* espagnoles, des systèmes présentant des similitudes notables avec l'hypocauste³. Bien que cette approche comparative soit encore expérimentale, elle offre tout de même des éléments de réflexion précieux, qui ne doivent pas être négligés.

L'étude comparative, qui sort donc du cadre géographique ou chronologique d'influence de l'hypocauste, est née du constat du manque de réflexion et de références bibliographiques sur l'emploi de l'hypocauste dans des pièces à vocation strictement résidentielle⁴. En effet, les sources antiques n'évoquent pas cette utilisation domestique de l'hypocauste et les monographies générales françaises ne s'y attardent que très peu. Ainsi, jusque dans les années 1970, voire les années 1980, la fonction domestique de l'hypocauste n'est pratiquement jamais envisagée dans les rapports de fouilles. La découverte de vestiges d'hypocauste (fragments de pilettes ou *tubuli*) est systématiquement associée à la présence de bains. Si l'on constate une amélioration depuis les années 1980-1990, notamment grâce aux opérations de fouilles archéologiques désormais mieux encadrées

¹ Pline le Jeune, *Lettres, Tome I, Livre I-III*, Paris, Les Belles Lettres, 2009, p. 203 : XVII, 23, sur les agréments de sa *villa* des Laurentes, et sa traduction par Hubert Zehnacker.

² Nous pensons ici aux simulations en mécanique des fluides.

³ C'est également le cas de l'*ondol* coréen. Voir Kim Bong-Ae., Lee Jeong-Lim, « A Study of the Ondol (Gudul, Floor Heating System) and Kitchen Space in the Traditional Houses on Jeju Island, Korea », *International Journal of Human Ecology*, vol. 4, n° 1, 2003, p. 15-23 [En ligne] URL : <https://koreascience.kr/article/JAKO200311922009629.page> ; Macouin Francis, « Aux origines de l'hypocauste coréen (ondol) », *Arts asiatiques*, tome 42, 1987, p. 77-88 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.3406/arasi.1987.1218>.

⁴ L'emploi de l'hypocauste dans un contexte balnéaire est exclu de notre étude. Il ne s'agit ici que du chauffage visant à atteindre un confort thermique dans une pièce à vivre.

scientifiquement⁵, nos connaissances sur le fonctionnement des hypocaustes dans un contexte domestique restent encore de simples hypothèses. Ainsi, afin d'apporter des éléments de réponse, ou du moins émettre des hypothèses qui pourront être approfondies par la suite, le champ de recherche a été élargi à des systèmes se rapprochant structurellement de l'hypocauste. Ces deux systèmes sont le *kang* et les *glorias*. La comparaison avec ces deux structures de chauffage a pour but de mettre en lumière les similitudes et les différences entre ces systèmes, et donc potentiellement mieux comprendre certains éléments structurels ou fonctionnels de l'hypocauste. Bien entendu, elle ne prétend pas fournir des réponses définitives aux problématiques initiales, mais elle permet d'intégrer des sources de documentation diversifiées, moins centrées sur le monde romain, et ouvre ainsi de nouvelles pistes de réflexion.

L'objectif de ce papier est donc de présenter ces similitudes et différences, tout en soulignant en quoi elles peuvent résonner avec les hypothèses formulées concernant l'hypocauste.

L'HYPOCAUSTE ROMAIN : RAPPEL DES ÉLÉMENTS STRUCTURELS ET DIFFICULTÉS D'ÉTUDE

Le système de chauffage par hypocauste est né dans l'Empire romain⁶ entre la fin du II^e siècle et le début du I^{er} siècle avant notre ère⁷. Ce système de chauffage par le sol est étudié de manière inégale en France. On trouve en effet plusieurs études spécialisées sur des aspects

⁵ Cela se fait parallèlement à la généralisation de la fouille stratigraphique, qui permet de mieux dater les vestiges et surtout de les rattacher à leur contexte archéologique. De plus, les responsables d'opération sont désormais tenus de tenir compte de l'ensemble des découvertes faites lors de leur(s) fouille(s). Aussi, tous les vestiges font normalement l'objet d'une étude minutieuse, y compris les structures de chauffage.

⁶ On retrouve des systèmes plus anciens dans d'autres civilisations. D'abord dans l'Indus, où des vestiges d'hypocaustes datés de 1700 à 1300 av. notre ère ont été découverts dans le Grand Bain de Mohenjo-Daro, dans l'actuel Pakistan (voir Marshall John, *Mohenjo-Daro and the Indus Civilization*, Londres, Arthur Probsthain, vol. 1, 364 p.). Plus récents sont les systèmes de chauffage par hypocauste développés par les Grecs à l'époque classique (voir Adam Jean-Pierre, *La construction romaine*, Paris, Grands manuels Picard, 1984, 370 p. ; Thébert Yvon, *Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen*, Rome, Publications de l'École française de Rome, 2013, 732 p. [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.4000/books.cfr.2147>).

⁷ Adam Jean-Pierre, *La construction romaine*, op. cit. ; Bouet Alain, *Les thermes publics et privés de Gaule Narbonnaise*, Rome, Collection de l'École française de Rome, 2003, vol. 1, 350 p. ; Degbomont Jean-Marie, *Le chauffage par hypocauste dans l'habitat privé. De la place St-Lambert à Liège à l'Aula Palatina de Trèves*, Liège, Études et Recherches archéologiques de l'Université de Liège, 1984, 240 p. ; Marchet Gwendoline, « Le chauffage domestique dans les villae de l'Aquitaine durant le Haut-Empire », dans Bedon Robert et Dupré Nicolas (dir.), *RVS AMEOENVM, Les agréments de la vie rurale en Gaule Romaine et dans les régions voisines, Caesarodunum*, XXXVII-XXXVIII, Limoges, Université de Limoges, 2003-2004, p. 105-123.

particuliers des hypocaustes, notamment sur les éléments architecturaux en terre cuite⁸ ou sur les pilettes en pierre⁹, mais peu d'étude sur le système en lui-même et sur son fonctionnement. En revanche, l'hypocauste a suscité un plus grand intérêt en Grande-Bretagne et en Allemagne¹⁰. Initialement réservé aux complexes thermaux, l'hypocauste s'est progressivement diffusé aux demeures privées, probablement à partir du I^{er} siècle de notre ère¹¹. Son invention serait due à Caïus Sergius Orata, un notable italien spécialisé dans la pisciculture, qui aurait développé les bains suspendus pour ses poissons exotiques. L'hypocauste est construit selon la même logique qu'une cave. On trouve donc un espace vide sous le sol de la pièce chauffée, que l'on appelle la chambre de chaleur. Ce sol est soutenu par des pilettes, en terre cuite ou en pierre, de formes variées (rondes, carrées, rectangulaires...). Ces pilettes peuvent être plus ou moins hautes, généralement entre 40 et 70 cm, et supportent des dalles de *suspensura* (sol suspendu) de 60 cm de côté environ. Entre ces pilettes circule de l'air chaud, en provenance d'un foyer situé à l'extérieur de la pièce, ou dans les murs de fondation, que l'on nomme le *praefurnium*. L'air chaud monte, chauffe le sol suspendu et s'échappe ensuite par une cheminée, située à l'opposé du foyer, ou par des conduits situés dans les murs qui servent également de chauffage mural. Dans certains cas, les pilettes peuvent être remplacées par des canaux qui circulent sous le sol [Figure 1]. Ces éléments structurels sont essentiellement connus grâce aux fouilles archéologiques menées dans les complexes thermaux, en Italie et dans d'autres provinces. Les

⁸ Bouet Alain, *Les matériaux de construction en terre cuite dans les thermes de la Gaule Narbonnaise*, Pessac, Ausonius Éditions ; Diffusion de Boccard, 1999, 209 p. [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.4000/books.ausonius.9525>

⁹ Des exemples de pilettes en pierre, notamment en granite ou en grès, ont été découverts sur des sites du Grand-Est, de Bretagne, du Limousin ou encore de Lozère. Ces découvertes, particulièrement intéressantes, ont suscité l'intérêt de chercheurs et d'archéologues (Voir Calbris Maxime, *Dynamiques du peuplement et formes de l'habitat dans les monts du Cantal et le sud du Cézallier à l'époque romaine (Cantal, Haute-Loire et Puy-de-Dôme). Essai d'archéologie de la moyenne montagne* [thèse de doctorat], sous la direction de Frédéric Trément, Université Clermont Auvergne, 2022, 5 vol. ; Girraud Jade, *Les systèmes de chauffage et de cuisson domestiques en Haute-Corrèze durant l'Antiquité* [mémoire de recherche] sous la direction de Blaise Pichon, Université Clermont Auvergne, 2023, 3 vol. ; Sartou Aurélien, *Le Champ du Palais, Bugeat (19), campagne 2020, Rapport final d'opération archéologique – fouille programmée*, Limoges, SRA Nouvelle-Aquitaine, Eveha – Études et valorisations archéologiques, 2021, 146 p.). Toutefois, aucune synthèse sur la question n'a encore été publiée.

¹⁰ Black Ernest W. « Hypocaust heating in domestic rooms in Roman Britain », *Oxford Journal of Archaeology*, vol. 4, n°1, 1985, p. 77-92 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1468-0092.1985.tb00232.x> ; Lehar Hans, *Die römische Hypokaustheizung. Berechnungen und Überlegungen zu Leistung, Aufbau und Funktion*, Aix-la-Chapelle, Shaker Verlag, 2012.

¹¹ Adam Jean-Pierre, *La construction romaine*, op. cit. ; Bouet Alain, *Les matériaux de construction en terre cuite dans les thermes de la Gaule Narbonnaise*, op. cit. ; Degbomont Jean-Marie, *Le chauffage par hypocauste dans l'habitat privé*, op. cit.

traités d'architecture latins fournissent également des descriptions assez détaillées de ce à quoi devait ressembler l'hypocauste. Le plus important d'entre eux est le *De Architectura* de Vitruve¹², rédigé au I^{er} siècle de notre ère, soit deux siècles après l'invention théorique de l'hypocauste. C'est dans le cinquième livre que l'architecte nous décrit l'organisation de l'hypocauste :

Les sols suspendus des pièces chaudes doivent être faits de la façon suivante. Tout d'abord, avec des briques d'un pied et demi, on aménagera un sol incliné en direction du foyer en sorte qu'une balle envoyée du foyer ne puisse demeurer dans la pièce mais revienne en arrière d'elle-même vers la gueule du four : ainsi la chaleur se répandra-t-elle plus facilement sous le radier supérieur. Au-dessus, avec des briquettes de huit pouces, on construira des piles, disposées de façon à ce que des briques de deux pieds puissent être placées par-dessus. La hauteur de ces piles sera de deux pieds, elles seront liées par de l'argile malaxée avec du crin, et l'on placera au-dessus d'elles des briques de deux pieds pour supporter le pavement¹³.

Toutefois, il s'agit de descriptions théoriques, qui ne présentent d'ailleurs pas l'ensemble des types d'hypocaustes existants. En effet, il n'y a pas de sources latines qui témoignent de l'existence de pilettes en pierre ou encore de l'existence d'hypocauste à canaux. Ces préceptes décrivent simplement le système à pilettes classique, sans apporter de réflexion analytique approfondie. De même, les monographies produites depuis le perfectionnement scientifique des fouilles restent vagues, voire muettes, sur le mode de fonctionnement de l'hypocauste et son efficacité. L'utilisation de la pierre, par exemple, est parfois considérée comme une solution ponctuelle et potentiellement moins efficace que la terre cuite. Les mêmes considérations ont été faites pour les hypocaustes à canaux. L'essentiel de la documentation francophone se concentre alors sur les thermes, nettement plus étudiés, ou consiste simplement en des monographies

¹² On peut également citer le *De re rustica* de Palladius. Voir Palladius, *De re rustica*, I, XXXIX, texte établi, traduit et commenté par R. Martin Tome premier (Livres I et II), Paris, Les Belles Lettres, 1976, p. 272.

¹³ Vitruve, *De architectura* V, X, 1 et sa traduction en langue française par C. Saliou, Livre V, Paris, Les Belles Lettres, 2009, p. 450.

sur des sites archéologiques. C'est donc de cette situation initiale que part cette étude comparative.

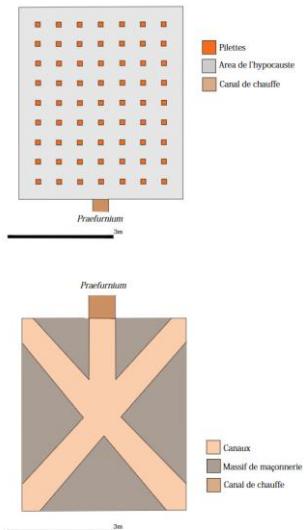


Figure 1 : Schémas théoriques de l'hypocauste à pilettes (en haut) d'après Lehar 2012 p. 21 et de l'hypocauste à canaux (en bas) d'après Degbomont 1984 p. 118. 44

Jade Giraud

LE *KANG* CHINOIS

Le terme *kang* signifie littéralement « sécher ». Il apparaît pour la première fois dans les dictionnaires chinois en 121 de notre ère¹⁴. D'après Qinghua Guo, il aurait probablement été utilisé dès le milieu de l'Antiquité, il y a environ 2 500 ans selon Zhi Zhuang¹⁵. En effet, l'un des plus anciens témoignages relatant l'existence du *kang* remonte au V^e siècle av. J.-C. Il est attribué à Li Daoyuan, qui, dans son ouvrage *Shui Jing Zhu*, nous dit :

¹⁴ Guo Qinghua, « The Chinese Domestic Architectural Heating System [Kang] : Origins, Applications and Techniques », *Architectural History*, vol. 45, 2002, p. 32 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.2307/1568775>.

¹⁵ Zhuang Zhi, Li Yuguo, Chen Bin et Guo Jiye « Chinese kang as a domestic heating system in rural northern China – A review », *Energy and Buildings*, vol. 41, n°1, 2009, p. 111-119 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.07.013>.

Dans le temple Guanji, il y a un grand hall [de lecture]. Il est très haut et large et est destiné à accueillir un millier de moines. La plateforme du hall a été construite avec des pierres disposées en réseau de canaux, et le sol a été recouvert d'une couche d'argile. Des feux sont allumés aux ouvertures extérieures aux quatre coins de la plateforme, tandis que la chaleur circule vers l'intérieur et réchauffe tout le hall. Cette construction a été établie par un (ou des) bienfaiteur(s) pour permettre aux moines d'étudier pendant les hivers froids¹⁶.

Le *kang* est un système de chauffage utilisé dans le nord de la Chine, une région où les hivers sont particulièrement froids¹⁷. Selon Q. Guo, il s'agit de la meilleure solution pour répondre aux contraintes climatiques, tant hivernales qu'estivales. Il est d'ailleurs encore très largement répandu de nos jours¹⁸. Ce système se présente sous la forme d'une plateforme surélevée, qui sert à la fois pour des activités domestiques, comme la cuisine, et comme lit [Figure 2].

¹⁶ Traduction depuis Guo Quinghua, « The Chinese Domestic Architectural Heating System [Kang] : Origins, Applications and Techniques », art. cit., p. 35

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ Il s'agit d'ailleurs d'un élément intéressant puisque l'hypocauste tend à être de moins en moins utilisé en Occident, voire à disparaître dans certaines régions, au Moyen Âge.



Figure 2 : « Kang of a Tartar-Chinese Inn »

dans Huc Evariste Régis , *Travels in Tartary, Thibet, and China during the Years 1844–5–6*, Londres, Office of the national illustrated library, 1852, p. 17.

Construite en argile ou en pierre, la plateforme est chauffée par un ou plusieurs foyers. Ces derniers sont situés soit directement sous le sol, soit légèrement à côté de la pièce ou dans une pièce annexe, adjacente à la plateforme¹⁹. La plateforme est soutenue par des briques d’adobe, qui forment des petits poteaux d’environ 50 cm de hauteur, disposés à intervalles réguliers²⁰. Ces poteaux supportent des dalles planes, en briques d’adobe de 60 x 60 x 10 cm²¹. Les poteaux peuvent parfois être remplacés par des canaux, de 15 à 25 cm de haut et 20 à

¹⁹ D’après Robert Stuart Meikleham, il s’agirait d’un témoignage de la richesse des propriétaires : plus le foyer est éloigné de la plateforme, plus l’installation est considérée comme élaborée. Voir Meikleham Robert Stuart, *On the History and Art of Warming and Ventilating Rooms and Buildings*, by Walter Bernan, Londres, George Bell, 1845, 284 p.

²⁰ Guo Quinghua, « The Chinese Domestic Architectural Heating System [Kang] : Origins, Applications and Techniques », art. cit.

²¹ *ibid.*

28 cm d'épaisseur²² [Figure 3]. Le *kang* est un système de chauffage relativement efficace pour maintenir une température agréable et confortable le temps d'une nuit ou d'un repas²³. Cependant, ce système de chauffage reste complexe et est associé à un mode de vie assez luxueux²⁴. C'est d'ailleurs pour cette raison que le *Shui Jing Zhu* évoque des bienfaiteurs, car son installation, tout comme son utilisation, est coûteuse. En effet, le *kang* est un système très consommateur en bois de combustible²⁵. Cela soulève donc une nouvelle interrogation, à savoir si la problématique de surconsommation du combustible est propre au système de chauffage par le sol, ou si elle se vérifie également pour les systèmes de chauffage traditionnels.

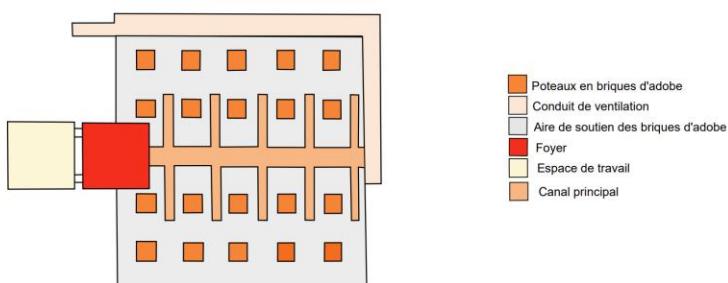


Figure 3 : Schéma de construction du *kang* d'après Guo, 2002 p. 44

Jade Giraud.

Les similitudes structurelles avec l'hypocauste romain sont ici évidentes. En effet, les deux systèmes sont aussi bien soutenus par des pilettes que par des canaux. Les dimensions sont aussi semblables, que ce soit pour la hauteur des pilettes ou celles des canaux. Pour ce qui est des dalles planes, ou des dalles de *suspensura*, on constate même une exactitude dans les dimensions, puisque les exemples mesurent tous deux, en théorie, 60 cm de côté²⁶. Les ressemblances entre les deux

²² *ibid.*

²³ *ibid.*

²⁴ *ibid.*

²⁵ *ibid.*

²⁶ Dans les monographies de J.-P. Adam ou J.-M. Degbomont, mais également sur certains sites étudiés dans le cadre de la thèse dont cet article est issu, les dalles de *suspensura* font toujours plus ou moins 60 cm de côté, soit les dimensions requises par les architectes latins. Pourtant, on

systèmes s'observent également dans le type de matériaux utilisés (pierre et terre cuite). L'utilisation de la pierre dans certains hypocaustes romains n'est donc pas anodine – bien que totalement absente des sources anciennes latines et écartée par les auteurs récents – mais est plutôt liée à des connaissances précises sur la puissance de chauffage et la résistance thermique des matériaux. Les recherches et la documentation sur les *kangs* révèlent ensuite une corrélation entre système de chauffage et « classe sociale ». En effet, que ce soit dans les témoignages anciens ou dans les études plus récentes, l'utilisation du *kang* est rattachée à un mode de vie aisé. Cela fait nécessairement écho à l'un des axes de recherche dans laquelle cette étude comparative s'inscrit.

Si les deux structures se ressemblent, elles diffèrent toutefois sur des points fonctionnels. D'abord, le *kang* n'est pas toujours utilisé pour chauffer une pièce entière. Il apparaît plutôt comme un élément de confort, ou un chauffage d'appoint, dans un espace de repas ou de repos. En effet, le *kang* se présente davantage comme une plateforme, une estrade, dans une pièce de vie et non comme un chauffage central. En cela, il diffère de beaucoup de l'hypocauste et on peut donc imaginer que les problématiques de chauffage du système romain ne se retrouvent pas nécessairement dans le système chinois. La deuxième différence majeure porte sur l'utilisation initiale de chacun des deux chauffages. Le développement initial du *kang* répond à des nécessités domestiques, ce qui n'est pas le cas de l'hypocauste – développé à l'origine pour chauffer des bains. D'ailleurs, en Italie centrale, sur les sites de Pompéi ou d'Herculanium, on trouve peu de témoignages de l'utilisation de l'hypocauste comme système de chauffage domestique. Cette différence peut donc entraîner des disparités dans l'élaboration des systèmes, qui devaient pour l'un prendre en compte l'humidité des bains et pour l'autre, les besoins de vie courants. L'utilisation initiale opposée de ces deux systèmes pousse néanmoins à s'interroger sur le changement de contexte d'utilisation du système par hypocauste. Ce système semble surtout se développer dans les résidences au moment des conquêtes, lorsque de nouvelles réalités climatiques entrent dans le monde romain. Est-ce lié à une évolution de nécessité ? Ou bien à d'autres facteurs qui nous échappent encore ?

En somme, cette première comparaison de l'hypocauste avec le système analogue chinois ouvre la réflexion sur différents points. Tout d'abord, il est important de considérer le climat et les régions où le

observe une prise totale de liberté dans la construction des autres éléments structurants de l'hypocauste. Ces dimensions posent donc question.

chauffage par le sol peut être particulièrement adapté. Le *kang*, en effet, a été conçu pour répondre à des conditions climatiques rigoureuses. Est-ce cette même logique qui a conduit à l'adoption de l'hypocauste dans des contextes domestiques ? Ensuite, la notion de marqueur social qui intervient particulièrement pour ce qui est du *kang*. L'élaboration, comme l'utilisation de ce système de chauffage, semble coûteuse et l'on peut aisément émettre l'hypothèse que cela se vérifie également pour l'hypocauste. Enfin, cette étude comparative demande que l'intérêt soit porté sur la consommation du combustible par l'hypocauste. Est-elle aussi importante que celle du *kang* ? Si oui, est-ce moins ou plus que les systèmes de chauffage traditionnels ? L'étude des analyses anthracologiques et la conduite de simulation en mécanique des fluides devraient permettre de répondre à ces interrogations.

LES *GLORIAS* ESPAGNOLES

Dans les villages de Palencia ou de Castille-et-Léon, un des systèmes de chauffage les plus utilisés encore aujourd'hui est connu sous le nom de « *gloria*²⁷ ». C'est un système de chauffage assez efficace, qui a d'ailleurs donné lieu à une expression « *estar en la gloria* », « être dans la *gloria* »²⁸ qui renvoie à un sentiment de confort et de bien-être. Les *glorias* sont un système de chauffage traditionnel, utilisé dès l'époque médiévale²⁹. Elles trouvent leurs origines dans l'hypocauste romain, développé au moment des conquêtes romaines, et sont directement dérivées du système à canaux³⁰. Le système est d'ailleurs utilisé de manière systématique dans les maisons rurales jusque dans les années 1960, certes abandonné au moment de l'introduction du chauffage à l'huile et à gaz, mais progressivement réintroduit au moment de la crise économique espagnole de 2008³¹. Le fait que le système à *glorias* soit directement dérivé de l'hypocauste

²⁷ Timón Tiemblo María Pía « "Las Glorias": derivacion de los hipocaustos romanos », *Narria: Estudios de artes y costumbres populares*, n° 14, 1979, p. 7-10 ; De Decker Kris « Medieval Heating System Lives on in Spain », *Low – Tech magazine*, 2017 [En ligne] URL : <https://solar.lowtechmagazine.com/2017/02/medieval-heating-system-lives-on-in-spain/> [consulté le 19-09-2024]) ; Flynn Marcus, « Martin Muñoz De Las Posadas » *Pyromasse*, 2009 [En ligne] URL : https://web.archive.org/web/20210517135022/https://www.pyromasse.ca/articles/glorias_f.html [consulté le 19-09-2024].

²⁸ De Decker Kris, « Medieval Heating System Lives on in Spain », art. cit.

²⁹ Timón Tiemblo María Pía, « "Las Glorias": derivacion de los hipocaustos romanos », art. cit.

³⁰ *Ibid.*

³¹ Flynn Marcus, « Martin Muñoz De Las Posadas », art. cit.

constitue un avantage pour notre étude. En effet, le système étant encore utilisé de nos jours, nous possédons certains éléments sur le fonctionnement du chauffage, notamment grâce aux traités d'ingénierie chauffagiste contemporains. Les *glorias* se composent d'abord d'un foyer, accompagné d'un canal de chauffe³². Ce foyer se situe à l'extérieur du système, voire parfois même à l'extérieur de la maison³³. La sole du foyer, tout comme l'embouchure, est construite en matériaux réfractaires, comme l'adobe à l'époque médiévale ou la brique ou le béton de nos jours³⁴. Le contour de l'âtre est parfois joliment décoré puisqu'il peut avoir le même décor que la pièce chauffée³⁵. Enfin, la position du foyer autour de la pièce ne paraît pas déterminante. Celle-ci dépend plutôt de nécessités architecturales, lors de la construction du bâtiment, et ne semble pas liée à la puissance du foyer³⁶. S'ensuivent les canaux, qui circulent sous le sol de la pièce à chauffer. Ce sont des canaux voûtés, construits en adobe ou briques, qui permettent la circulation de l'air chaud en provenance du foyer³⁷. Les fumées sont par la suite évacuées par une cheminée, située face au foyer, ou par des conduits d'évacuations de l'air chaud³⁸. Ces conduits, perpendiculaires aux canaux et situés dans le mur, permettent alors un chauffage par les parois³⁹ [Figure 4].

³² Timón Tiemblo María Pía, « "Las Glorias": derivacion de los hipocaustos romanos », art. cit.

³³ *Ibid.* Contrairement au *kang* ou à l'hypocauste, où le foyer peut être situé sous le plancher chauffé, ou dans les murs de fondation, le foyer des *glorias* est localisé dans une petite annexe, où l'accès est plus facile.

³⁴ *Ibid.*

³⁵ *Ibid.*

³⁶ Flynn Marcus, « Martin Muñoz De Las Posadas », art. cit.

³⁷ Timón Tiemblo María Pía, « "Las Glorias": derivacion de los hipocaustos romanos », art. cit.

³⁸ *Ibid.*

³⁹ *Ibid.*

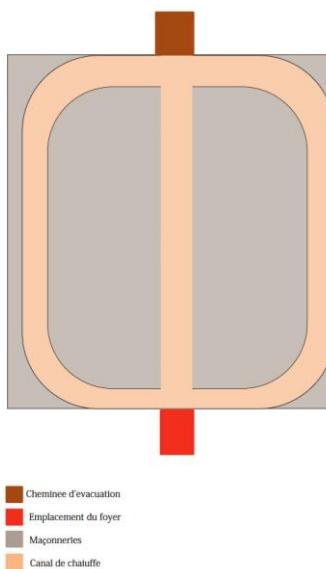


Figure 4 : Schéma théorique de *glorias* d'après Timón Tiemblo 1979
p. 8.

Jade Giraud.

Les *glorias* sont surtout implantées dans des régions céréalières, couvertes de bois et de forêts de pin⁴⁰. Le bois dur, qui y est donc rare, est alors réservé pour la cuisine et l'herbe séchée destinée à la nourriture des animaux⁴¹. Ainsi, on utilise plutôt des aiguilles de pin ou de la paille pour le combustible : les brindilles de bois sont remplacées par des cônes de pin pour allumer le feu tandis que la paille et les aiguilles sont employées pour l'alimenter⁴². Ce sont également des régions d'altitude, éloignées de la mer, froides et sèches en hiver⁴³.

Cette étude des *glorias* éclaire donc différents points. Elle révèle tout d'abord que ce système est moins consommateur en bois de combustible et peut fonctionner avec des matériaux plus facilement accessibles. Ainsi, selon les traités d'ingénierie espagnols, l'installation demande certes un investissement initial – notamment car il est nécessaire de tailler les canaux – mais elle permet des économies sur le temps long. Cet aspect mérite d'être pris en compte dans l'étude

⁴⁰ *Ibid.* ; De Decker Kris, « Medieval Heating System Lives on in Spain », art. cit. ; Flynn Marcus, « Martin Muñoz De Las Posadas », art. cit.

⁴¹ *Ibid.*

⁴² *Ibid.*

⁴³ *Ibid.*

des hypocaustes à canaux. En effet, ces derniers offrent une efficacité de chauffage moindre que les hypocaustes à pilettes⁴⁴. Une question se pose désormais : pourquoi observe-t-on une réapparition du système de chauffage par canaux dans les demeures romaines à partir de la fin du IIe siècle, après que le système a disparu pendant des siècles⁴⁵ ? La nécessité d'économiser le combustible aurait-elle pris le pas sur l'efficacité du système ? Ou bien le choix opéré entre l'hypocauste à canaux et l'hypocauste à pilettes est-il expliqué par d'autres facteurs ? Ces interrogations ne peuvent, pour l'instant, constituer que des pistes de réflexion pour la poursuite de cette étude fonctionnelle des systèmes de chauffage domestique romains.

L'étude indique ensuite que les *glorias* sont particulièrement efficaces dans des contextes géographiques spécifiques à savoir des régions d'altitude, au climat rigoureux en hiver. Une fois de plus, le système de chauffage par le sol semble être la meilleure solution pour pallier ces contraintes climatiques. Néanmoins, les *glorias* doivent faire face à un nouvel obstacle : l'humidité. Selon N. Prieto, l'usage des *glorias* à proximité de sources d'humidité (cours d'eau notamment) représenterait un risque sur l'efficacité même du système puisqu'elle entraînerait une fragilisation des maçonneries⁴⁶. Si l'on met en exergue cet élément avec ce qui est rencontré dans l'Empire romain, on constate que si les systèmes à canaux sont bien utilisés en contexte thermal, ils ne le sont que pour chauffer des *caldaria* ou des *tepidaria* et jamais sous des bains. On peut donc supposer que le risque posé par l'humidité sur les maçonneries des *glorias* devait également s'appliquer aux hypocaustes à canaux romains. Enfin, une dernière piste de réflexion soulevée par cette étude comparative concerne la position des foyers. Dans le système espagnol, l'emplacement du foyer – et par extension de la cheminée – autour de la pièce n'a pas vraiment d'importance.

⁴⁴ Adam Jean-Pierre, *La construction romaine*, op. cit ; Bouet Alain, *Les thermes publics et privés de Gaule Narbonnaise*, op. cit. ; Degbomont Jean-Marie, *Le chauffage par hypocauste dans l'habitat privé*, op. cit. Dans notre mémoire de recherche, nous avons calculé la surface de sol en contact avec la chaleur présente dans la chambre de chaleur tant pour les hypocaustes à canaux du corpus que pour ceux à pilettes. En comparant les résultats, il est apparu que la surface en contact avec la chaleur était moins importante dans l'hypocauste à canaux que dans celui à pilettes. L'efficacité est donc réduite. Voir Giraud Jade, *Les systèmes de chauffage et de cuisson domestiques en Haute-Corrèze durant l'Antiquité*, op. cit.

⁴⁵ Selon Jean-Pierre Adam, l'hypocauste romain serait dérivé d'un système analogue développé chez les Grecs, qui auraient utilisé un système semblable aux canaux pour chauffer leurs premiers bains, voir Adam Jean-Pierre, *La construction romaine*, op. cit. Yvon Thébert présente même l'hypocauste à pilettes comme l'évolution, l'aboutissement, du système à canaux, voir Thébert Yvon, *Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen*, op. cit.

⁴⁶ Prieto Nuria, « Gloria castellana », *Tectonica*, 2013, [En ligne] URL : <https://web.archive.org/web/20130716153546/http://tectonicablog.com/?p=63784> [consulté le 19/09/2024].

Cela dépend des nécessités architecturales. De même, le *praefurnium* romain se retrouve aussi bien au nord, qu’au sud ou à l’ouest qu’à l’est. Cela invite à se demander si les considérations architecturales de construction des *glorias* se retrouvent dans la construction des hypocaustes et de leur *praefurnium*.

CONCLUSION

En somme, cette étude comparative n’apporte pas en elle-même de réponses définitives à toutes les interrogations qui gravitent autour de la question du fonctionnement de l’hypocauste. Elle propose cependant des éléments de réflexion et de quoi étoffer les hypothèses finales. En effet, les différents éléments de comparaison, et surtout les similitudes entre ces systèmes de chauffage, démontrent que l’hypocauste, sous toutes ses formes, devait tout à fait convenir au chauffage de pièces résidentielles. Les systèmes homologues sont effectivement utilisés dans des pièces de vie comme les pièces de réception ou les chambres à coucher, ce qui semble aussi être le cas pour les hypocaustes⁴⁷. En outre, les matériaux utilisés sont semblables dans les trois cas de figure. L’utilisation de la pierre n’est pas, si l’on se réfère strictement à cette étude, une curiosité régionale, mais bien un acte réfléchi lié à une connaissance des particularités thermiques du matériau. De plus, il existe, pour le *kang* et les *glorias*, un lien entre système de chauffage et climat. Si cette comparaison ne peut pas à elle seule affirmer ou infirmer l’hypothèse de départ, elle peut toutefois entrer en considération dans la poursuite des recherches et études. Enfin, un critère de richesse entre certainement en jeu dans la construction et l’utilisation du système de chauffage par le sol. *In fine*, l’objectif de cette étude comparative est donc d’inclure de nouvelles pistes de recherche à l’étude des systèmes de chauffage, notamment en ce qui concerne les choix constructifs. Elle permet également d’intégrer une documentation plus technique, portant sur le fonctionnement même du chauffage par le sol (*kang* ou *gloria*), qui est encore trop peu présente dans les recherches françaises.

⁴⁷ Pline Le Jeune, dans sa lettre à Gallus, évoque le couloir séparant les chambres à coucher de sa *villa* des Laurentes « construit sur un vide et muni de tuyauteries » (Pline Le Jeune, *Lettres*, II, 17, 9).