

## CHAPITRE VIII

# ÉTUDE CRITIQUE DES PROBLÈMES RELATIFS AU FONCTIONNEMENT DES HYPOCAUSTES SELON LES AUTEURS

Nous avons dit, en commençant cette deuxième partie consacrée au fonctionnement des hypocaustes, que ces derniers avaient fait couler beaucoup d'encre. Pour cette raison, nous n'allons pas nous livrer à une étude critique minutieuse de chaque article ou monographie consacrée à ce sujet. Cela déborderait, d'ailleurs, grandement le cadre de ce travail. Nous avons essayé, au contraire, et pour la bonne compréhension du lecteur, d'extraire de cette littérature volumineuse les auteurs les plus marquants et de résumer, en quelque sorte, leurs théories tout en respectant leur pensée.

L'histoire de l'étude du chauffage est centrée principalement autour de deux grands thèmes qui ont été, chacun, à l'origine de polémiques. L'un, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, est basé sur la croyance qu'avaient certains auteurs qu'il existait une communication directe, permanente ou alternative, entre la chambre de chaleur et la pièce à chauffer. L'autre, plus proche de nous et lancé par F. Kretzschmer, est basé sur le fait que le chauffage mural dans les bains ne chauffait pas. Affirmation qui fut longuement critiquée.

En tout bien tout honneur, nous devons d'abord relater l'opinion de J.J. Winckelmann<sup>(364)</sup> à propos des hypocaustes.

Winckelmann pensait que les hypocaustes existaient bien avant la destruction de Pompéi et décrit le système employé dans la villa de Tusculana (Herculanum). Il y décrit une chambre de chaleur qui alimentait également en air chaud un étage supérieur de la villa, dans les chambres duquel des tuyaux débouchaient. Les extrémités de ces tuyaux en argile étaient décorées par des têtes de lion et pouvaient être fermées par des « bouchons ». Donc, dans ce système, l'air chauffé directement par le foyer débouchait (avec les fumées ?) dans la pièce à chauffer. Ce texte de Winckelmann influencera par la suite bon nombre d'archéologues.

*Général Morin (1874)*<sup>(365)</sup>

Nous avons dit plus haut que l'intérêt pour le chauffage par hypocauste fut renouvelé à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par les découvertes concernant les théories sur la chaleur et la thermodynamique. Ce fut le cas pour le général Morin. La seule solution pour chauffer les baignoires, écrit-il, est de conduire les gaz de combustion au-dessous de celles-ci. De plus, il observe que les feux n'étaient pas allumés « sous le sol des salles mais dans un foyer particulier » et il insiste sur la bonne étanchéité nécessaire de la *suspensura* pour éviter « aux gaz plus ou moins délétères » de pénétrer dans la pièce à chauffer. Nous avons vu, en outre, ce qu'il écrit au sujet de la chambre de chauffe et du foyer dans le chapitre qui leur a été consacré. Le général Morin n'a pas de certitude quant au rôle des *tubuli* et il leur attribue une fonction de ventilation et de renouvellement de l'air, car il ne savait pas qu'ils étaient en communication directe avec la chambre de chaleur. Il réfute d'ailleurs énergiquement cette hypothèse : « Je ferai d'abord remarquer que la partie inférieure et verticale de ces tuyaux ne pouvait, comme le disent quelques auteurs, plonger et déboucher dans l'hypocauste rempli de fumée puisqu'alors ils auraient, par les orifices qu'ils présentaient, introduit dans les salles cette fumée, qui en aurait rendu le séjour intolérable »<sup>(366)</sup>.

M.A. de Caumont (1870)<sup>(367)</sup>

Les affirmations du général Morin concordent avec les écrits de M.A. de Caumont<sup>(368)</sup> qui supposait que l'air chauffé directement par le foyer entrerait dans la pièce à chauffer par les ouvertures de la « tubulature ».

Le général Morin base sa théorie sur une lettre de Sénèque<sup>(369)</sup> disant : « Sous le sol du *laconicum* se trouve une pièce voûtée dans laquelle le feu est maintenu sur tous les côtés, le long des murs et sur la partie inférieure de la voûte, des conduits faits de différentes pièces de poterie jointes (bout à bout) ou des *tubuli* transmettent la chaleur produite par la flamme et les vapeurs... ». Le général Morin croyait donc que ces *tubuli* transportaient un air chauffé *indirectement*. En cela, il se référait à un système trouvé dans le *laconicum* (actuellement sacristie) de l'église Ste-Cécile à Rome, là où des conduits horizontaux le long de la partie inférieure de la *suspensura* étaient chauffés par les gaz de combustion. Cet air chaud était conduit dans des *tubuli* verticaux à travers les murs de l'église où il avait un rôle de chauffage par rayonnement (fig. 330).

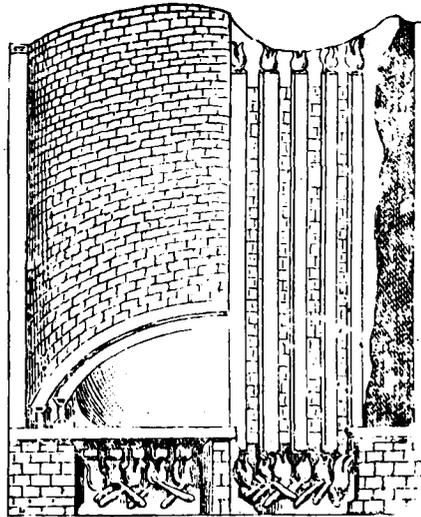


Fig. 330 : Ste-Cécile (Rome)

J. Overbeck (1884)<sup>(370)</sup>

Les différentes descriptions de Pompéi, datant de la fin du siècle, contribuèrent également à soutenir l'intérêt des archéologues pour le chauffage par hypocauste, notamment celle de J. Overbeck.

L. Jacobi (1897)<sup>(371)</sup>

Il étudie les hypocaustes du Kastell de Saalburg d'une façon très approfondie et exprime, sur les constructions et le tirage des cheminées, des idées qui, d'une façon générale, rejoignent celles de F. Kretzschmer (voir plus haut). Ensuite, L. Jacobi expose la théorie qui sera le point de départ de la première querelle opposant les partisans du chauffage par air chaud direct (théorie de Jacobi) et ceux du chauffage à air chaud indirect.

Jacobi admet que les *tubuli* peuvent chauffer par air indirect (rayonnement) l'atmosphère de la pièce, mais il fait coexister avec ceci un autre système. On trouve, dit-il<sup>(372)</sup>, dans certains cas, des tuyaux dans les coins des pièces (voir figure 198, p. 119) qui ne montent pas le long des murs mais s'arrêtent au niveau du sol (*suspensura*) et s'ouvrent dans les pièces. Ces « sorties » pouvaient être fermées avec une plaque de terre ou d'argile, et cela aussi longtemps que le feu marchait. Lorsque tout le sous-sol et les pilettes étaient bien chauffées et que le feu, dans le *praefurnium*, était éteint, on laissait entrer (par le sous-sol) de l'air frais qui s'échauffait rapidement et entrerait par les ouvertures

de la pièce. Pour affermir sa conviction, L. Jacobi se base sur une installation médiévale qui fonctionnait au château des chevaliers allemands à Marienburg. Le feu chauffait d'abord, dans une pièce souterraine, une masse de blocs de granit légèrement en encorbellement. Après chauffage de ces derniers, on laissait le feu s'éteindre, on fermait l'ouverture de cheminée et on laissait l'air froid entrer et circuler dans la pièce souterraine chaude, de même que dans les canaux muraux (*tubuli*) et dans la pièce à chauffer par des *ouvertures réglables*. Cette chaleur pouvait, comme les essais l'ont confirmé, écrit Jacobi, se maintenir pendant des semaines sans nécessiter un nouveau feu. Jacobi croit que cela a dû se passer de la même façon pour les hypocaustes romains. En effet, écrit-il, lorsqu'on considère la construction et la grosse épaisseur du sol (*suspensura*) qui repose sur les piliers, on s'aperçoit que la chaleur emmagasinée pouvait être considérable.

Nous devons signaler ici un système de régulation semblable qui a été trouvé en Belgique, à la villa de Ronchinne (voir figure 232, p. 129), dans l'hypocauste mixte de la « touraille ». « Ces conduits s'élevaient en pente douce pour déboucher aux angles où une tuile faîtière, *imbrex*, destinée à régler le tirage se trouvait encore sur l'ouverture des cheminées au moment de la découverte »<sup>(373)</sup>. A. Bequet considère qu'il s'agit de cheminées ; peut-être restait-il en place un reste de construction au-dessus du niveau des *imbrices* ? S'il n'y avait rien au-dessus, on pouvait croire, comme le fit probablement Jacobi à Saalburg, que les canaux débouchaient dans la pièce à chauffer et étaient régis par des ouvertures réglables.

Nous verrons plus loin que la théorie de Jacobi a été, c'est le moins qu'on puisse dire, discutée abondamment et surtout par F. Kretschmer.

#### O. Krell (1901)<sup>(374)</sup>

Un peu plus tard, O. Krell introduit une théorie nouvelle. Il soutient que *les hypocaustes n'étaient pas toujours des systèmes de chauffage*. Il admet qu'ils fonctionnaient comme appareil de chauffage, uniquement pour chauffer de petites pièces et, pour chacune des pièces à chauffer, il fallait un hypocauste. La *suspensura* ne transmettait pas de chaleur, cette dernière étant amenée dans la pièce par l'intermédiaire de *tubuli*. Dans ces conditions, les foyers étaient allumés uniquement avec du charbon de bois.

Sa thèse principale était que les pilettes étaient construites de pierres à chaux et de plâtre (?) et n'étaient pas du tout ignifuges ; les sols étaient d'une telle épaisseur qu'ils étaient impénétrables par un feu allumé dessous qui les aurait d'ailleurs craquelés et abîmés dans le cas contraire. Il soutient qu'il n'y avait pas non plus de traces de suie et de cendres dans les espaces dits de chauffage. C'est pour toutes ces raisons que Krell affirme que ces aménagements en hypocauste ont simplement servi à sécher les bâtiments après qu'ils aient été construits. Le réel chauffage, écrit-il, était le brasero que Krell a bien étudié mais dont il surestime l'importance. Il insiste d'ailleurs sur le fait que les thermes de Stabies à Pompéi ont été chauffés uniquement avec des braseros pendant plus d'un siècle, avant l'invention de l'hypocauste, et qu'aucun bain de Pompéi n'a été chauffé par hypocauste.

Il conclut en soutenant que, à la fois, *les appartements et les bains, dans l'Antiquité, étaient chauffés par des braseros* qui ne produisaient aucune suie, aucune fumée et n'étaient pas dangereux pour la santé. Les murs creux et les sous-sols, dans les bains de Pompéi, servaient uniquement à sécher le bâtiment comme le dit Vitruve.

Les théories de Krell, on s'en doute, furent vivement critiquées.

#### G. Fusch (1910)<sup>(375)</sup>

Fusch apporta de nombreux arguments nouveaux. Il constate, parlant des idées de Krell, qu'il est erroné de baser des conclusions sur les bains de Stabies à Pompéi et ceux de Caracalla à Rome qui sont justement les plus anciennes constructions sur hypocauste connues.

Il reconnaît que, dans certains cas, ces hypocaustes pouvaient servir à sécher les bâtiments mais rappelle que Vitruve n'a jamais parlé de *suspensura* dans ce sens. Il signale également que les auteurs romains sont d'accord pour mentionner qu'il y avait différentes sortes d'hypocaustes : le chauffage des sols, le chauffage des murs et des sols ensemble et un système à air chaud direct. Et que les

« *Fenestrae angustae* », dont parle Pline dans sa villa de Laurentin, qui admettaient l'air chaud directement dans la pièce à chauffer, étaient peut-être plus répandus qu'on ne l'a cru antérieurement.

Fusch, contrairement à Krell, était d'accord avec Overbeck, Mau, Niessen et Jacobi pour prétendre que les bains des femmes aux thermes de Stabies étaient chauffés par hypocauste et note que l'absence de suie dans l'hypocauste romain est une de ses caractéristiques, même dans le nord de l'Empire. Winckelmann se trompait, dit-il, lorsqu'il croyait qu'il y avait des entrées séparées pour les gaz de combustion et pour l'air frais dans les bains de la villa de Diomède à Pompéi. Le système romain est très différent. Il note de plus que les murs creux en *tegulae mammatae* ne sont pas toujours, en fait rarement, en communication avec la pièce à chauffer. Ils sont là surtout, dit-il, dans un but d'isolation.

L. Bonnard (1908)<sup>(376)</sup>

L'influence du général Morin se fit encore sentir dans les travaux de L. Bonnard, qui admet avec lui que les *tubuli* servaient au chauffage par air indirect et au renouvellement de l'air vicié dans les pièces à chauffer. Son avis diffère cependant à propos des cheminées qu'il ne croit pas être la réunion d'un faisceau de *tubuli* mais bien des *tubuli* distincts répartis dans les coins de la pièce, sans ouvertures latérales, et n'ayant rien à voir avec les *tubuli* pariétaux.

Vetter (1911)<sup>(377)</sup>

Vetter rencontre l'opinion de Fusch, il considère, comme lui, que les *tubuli* et les *tegulae mammatae* sont des éléments de chauffage.

Il croit, de plus, que, dans peu de cas seulement, l'air chaud était admis directement dans la pièce au moyen de trous dans la *suspensura* qui étaient fermés par des pierres<sup>(378)</sup> et qui pouvaient être ouverts quand le charbon avait cessé de rougeoier.

Badermann (1916)<sup>(379)</sup>

Vetter est d'accord avec Badermann qui prétendait que des cheminées étaient nécessaires pour aspirer les gaz de combustion circulant dans la *suspensura*. Dans les maisons des pauvres et dans les grands immeubles, ces conduits pouvaient être également utilisés pour la ventilation. Dans les maisons luxueuses, il semble que ce problème reçut une solution correcte. Badermann suppose un système de conduits chauffants consistant en une série de conduits entre le foyer et la cheminée, distribuant la chaleur aux murs et au sol. Ce système doit avoir été développé à partir des hypocaustes où il n'était pas nécessaire de chauffer tout le sol, particulièrement dans les pièces de séjour (chauffage domestique) qui n'exigeaient pas les hautes températures des *caldaria*.

V. Balter (1931)<sup>(380)</sup>

V. Balter, quelques années plus tard, intrigué, semble-t-il, par les aménagements des hypocaustes de la villa d'Anlier (province du Luxembourg), aborde le problème. Il constate tout d'abord la carence de ceux qui l'ont précédé dans cette étude et qui, imbus de l'idée que la cheminée des hypocaustes devait être monumentale, « n'ont même pas songé que ces tubes (*tubuli*) puissent être des éléments de cheminée ». Il entreprend ensuite de détruire la théorie des partisans du « tube-chaleur » (*tubuli*) qui répand l'air chaud dans la pièce par ses ouvertures latérales (air chaud direct). Pour V. Balter, « les ouvertures latérales n'ont jamais servi, ni pu servir à répandre la matière véhiculée dans l'intérieur de la salle à chauffer ». Les Romains, dit-il, plus intelligents que nous sous ce rapport, « construisaient des cheminées petites mais nombreuses qui leur rendaient le même service qu'une grande et qui avaient sur celles-ci l'immense avantage de récupérer une bonne partie de la chaleur entraînée par les fumées ». Les théories de V. Balter, on le voit, préfigurent les idées de F. Kretzschmer sur ce sujet mais il ne pousse pas à fond sa recherche en passant, par exemple, à l'expérimentation. En parlant des « *tubuli-cheminées* », il ajoute : ... « Elles étaient en outre parfaitement juxtaposées de telle sorte que les ouvertures latérales d'une rangée verticale correspondaient exactement avec celles de la rangée voisine. De cette façon, toutes les cheminées communiquaient entre elles et formaient un véritable réseau, par lequel la chaleur et la fumée pouvaient se répandre partout avec uniformité. »

V. Balter procède, dans ce cas, à une analyse très lucide. Malheureusement, il est moins crédible lorsqu'il décrit la chambre de chauffe, le foyer et les sorties de cheminées (voir fig. 21, p. 33). Nous avons écrit, au début du chapitre concernant les chambres de chauffe, ce que, à notre avis, il fallait en penser.

F. Kretzschmer (1951)<sup>(381)</sup>

Il faudra attendre l'année 1951 pour voir enfin quelqu'un entreprendre, par une série de calculs et d'expériences scientifiques, une étude sérieuse sur le fonctionnement des hypocaustes. Nous avons étudié et décrit ci-dessus l'expérience de Saalburg dirigée par F. Kretzschmer et nous rappelons brièvement les conclusions auxquelles il est arrivé. A savoir que, *dans le chauffage par hypocauste, la « tubulature » n'a pas une fonction de chauffage mais qu'elle sert à éviter les condensations de vapeur sur les murs des salles de bains et que ce système de chauffage est essentiellement un chauffage par rayonnement*. Il rejette d'ailleurs fermement ce qu'il appelle le chauffage alternatif, en tout cas dans nos régions septentrionales. Le chauffage alternatif n'est autre que la théorie de Jacobi (et autres...) qui supposait l'admission d'air chaud directement dans la pièce à chauffer. Voyons ce qu'il écrit à ce sujet ; F. Kretzschmer décrit d'abord le système à air chaud direct : L'hypocauste était chauffé, les fumées partaient par les cheminées. Si les pilettes étaient très chaudes (si elles avaient emmagasiné beaucoup de chaleur), on fermait les cheminées et une force mystérieuse tirait l'air extérieur à travers le *praefurnium*, la chambre de chaleur et les trous dans la *suspensura* qui était fait pour cela. L'air chaud s'échauffait au contact des pilettes chaudes. On transpirait. Avec la perte progressive de chaleur des pilettes, il faisait froid à nouveau dans la pièce. On gelait. Alors on fermait une nouvelle fois les orifices dans la *suspensura* et on ouvrait les cheminées. On rallumait le feu et le jeu alternatif recommençait.

Des savants tels que Jacobi, écrit F. Kretzschmer, ont adopté cette théorie. De même qu'un homme aussi critique et objectif que Fusch. Cohausen et Jacobi pensaient même que, dans les pièces chauffées par air chaud direct, les habitants furent insensibles au CO, en pensant naturellement au CO<sub>2</sub> (car le CO, monoxyde de carbone, est un poison mortel), et que les fenêtres, s'il y en avait, devaient être ouvertes. On laissait donc simplement tirer la « fumée » de l'hypocauste dans la pièce. On se demande pourquoi, écrit F. Kretzschmer, on aurait, dans ce cas, pris la peine de mettre sur pied une installation aussi coûteuse en étanchéité.

Ensuite, F. Kretzschmer rapporte qu'il a essayé d'analyser cette théorie du chauffage à air chaud direct. Il semble y avoir, pour cela, dit-il, deux points de repère. Le premier est un rapport de fouilles de Winckelmann<sup>(382)</sup> (dont nous avons donné le contenu ci-dessus, p. 201). L'autre est la fameuse remarque de Pline le Jeune<sup>(383)</sup> où il parle de « *Angustae fenestrae* » et où Jacobi voyait la sortie d'air chaud. F. Kretzschmer rappelle qu'à propos des « *Angustae fenestrae* », Pline a donné une autre définition, c'est-à-dire des ouvertures réglables entre différentes chambres de chaleur pour influencer les répartitions de chaleur.

Se basant sur Pline le Jeune, Cohausen et Jacobi bâtissent très tôt (1882) cette théorie du processus à air chaud à fonctionnement alternatif. Cependant, on ne trouve pas une seule référence à ce procédé dans les sources antiques. C'est surtout la notoriété d'un maître tel que Jacobi qui a contribué à répandre cette théorie dans toutes les études scientifiques sur l'Antiquité. Cela est curieux, constate F. Kretzschmer, car, au nord des Alpes, on n'a pas encore trouvé une seule fouille qui en donne une preuve formelle. Ce qui fut néfaste, pour certains savants, c'est d'avoir transposé systématiquement les descriptions des écrivains antiques vers nos climats nordiques. En Italie, où les températures sont plus clémentes, le chauffage à pilettes n'était pas une nécessité mais un luxe. N'oublions pas que les villas de Pline étaient des résidences de luxe et, dans celles-là, un chauffage d'appoint alternatif peut avoir suffi. Il n'était d'ailleurs efficace que quelques heures. C'est la raison pour laquelle on ne doit pas mettre totalement en doute la théorie de Cohausen et Jacobi pour l'Italie. Mais un hiver germanique est tout à fait différent d'un janvier italien. Autre climat, autre système. C'est pourquoi, pense F. Kretzschmer, les progrès techniques au nord des Alpes, ont suivi leur propre voie et ont atteint un point culminant de perfectionnement. Et ce point culminant peut être très différent des sources qui sont à l'origine de ce progrès.

Le système à chauffage alternatif était un non-sens en Gaule du Nord où l'on employait le chauffage par hypocauste, continu. On a démontré ses avantages : une chaleur régulière, un air frais dépourvu de fumées, suies et cendres, son utilisation simple et commode, un feu qui pouvait brûler pendant des semaines et des mois, qu'on n'avait ni besoin d'éteindre ni de rallumer. Il est impensable, achève enfin F. Kretzschmer, de s'imaginer que des ingénieurs arrivés à un tel niveau technique aient construit une installation où le feu s'éteignait au bout de quelques heures, où on devait ensuite le rallumer, et avec lequel on gelait et on transpirait à la fois, avec en prime les odeurs désagréables des fumées et la suie.

En 1955, F. Kretzschmer se livre à une étude sur le chauffage d'Aula Palatina de Trèves que nous avons relatée dans les pages qui précèdent. Cette fois, F. Kretzschmer est forcé d'admettre que la « tubulature » contribue au chauffage de l'immense bâtiment car le sol seul n'y suffirait pas (loi de la hauteur-limite, voir expérience de Saalburg, chap. VI). Il étaye son raisonnement en rappelant que, dans certains thermes, on « tubulait » toute la surface des murs et même les voûtes, ce qui, selon sa théorie, prouve que les *tubuli* n'avaient pas, généralement, une fonction de chauffage, sinon ce dernier eut été excessif dans les thermes.

F. Kretzschmer conclut cette idée en affirmant que, selon son opinion, le rôle des *tubuli* en tant que surface chauffante dans l'Aula Palatina est exceptionnel.

*Brödner (1956)*<sup>(384)</sup>

E. Brödner publie, en 1956, une étude critique à propos de l'article de F. Kretzschmer concernant le chauffage de l'Aula Palatina. Contrairement à ce prétend F. Kretzschmer, elle fait remarquer que l'Aula Palatina n'est pas un cas unique (Lepsis Magna, Palais de Constantin à Arles, etc.). Ensuite, elle constate que la théorie de F. Kretzschmer, selon laquelle les murs chauffés ne servaient qu'à éviter la condensation de l'eau, est contredite par les vestiges africains. Pour E. Brödner, *le fait que les tubuli étaient en relation directe avec l'hypocauste prouve qu'ils servaient au chauffage, parce que, sans cela, des murs creux sans relation directe avec l'hypocauste auraient suffi.*

Le calcul a montré, dit-elle, que le sol ne suffisait pas à chauffer l'Aula et qu'il fallait l'apport du chauffage des murs, même lorsque les températures extérieures étaient favorables. C'est à ce moment qu'intervient la loi de F. Kretzschmer concernant la *hauteur-limite* de la « tubulature », hauteur qu'il considère comme exceptionnelle à l'Aula Palatina de Trèves puisqu'elle a presque 8 m.

E. Brödner n'est pas d'accord :

« Ce n'est pas le type de bâtiment qui décide de la grandeur de la surface chauffante mais les conditions qui doivent être remplies pour maintenir les pièces aux températures souhaitées », c'est-à-dire :

- 1) la façon d'utiliser le chauffage (continu ou occasionnel),
- 2) la grandeur du bâtiment, le volume et les hauteurs des murs et des pièces à chauffer,
- 3) la température souhaitée (différente s'il s'agit d'un endroit de réunion ou de bains),
- 4) le climat du pays.

Toutes ces conditions déterminent, écrit E. Brödner, la quantité de chaleur nécessaire. Le chauffage du sol ne pouvait dépasser 27 à 30° pour des raisons physiologiques, donc il fallait l'apport de chaleur des murs.

Dans les petites pièces (domestiques ou bains), les sols « hypocaustés » sans « tubulature » suffisaient. Les murs creux de la villa dite de Diomède à Pompéi n'ont été construits, dans ce cas, que pour éviter la condensation puisqu'il n'y a pas de sortie par-dessus. Cependant, elle signale qu'aux grands thermes du sud à Lepsis Magna, la « tubulature » est arrêtée et *fermée* par une corniche intérieure longeant le dessus des murs juste en-dessous du départ de la voûte. Dans certains endroits, cependant, la corniche est interrompue pour laisser passer des *tubuli* (cheminées ?).

E. Brödner conclut en constatant *qu'il n'y a pas de schémas bien fixes et qu'une « tubulature » peut aussi bien servir au chauffage mural qu'à l'empêchement de la condensation.*

*E.D. Thatcher (1957)*<sup>(385)</sup>

E.D. Thatcher, un peu plus tard, à propos d'une étude sur la conformation des bains d'Ostie<sup>(386)</sup>

et de son appareil de chauffage, arrive à la conclusion que le chauffage par rayonnement, dans les bains, est de loin le plus important et il rejoint en cela l'opinion de F. Kretzschmer.

Les bains d'Ostie sont controversés car ils présentent un problème particulier de chauffage. Il existe de grandes ouvertures (fenêtres ?) dans tous les murs des cinq pièces chauffées du côté sud des bains. Cependant, on n'a retrouvé aucune preuve de fenestration et de verre à vitre dans les fouilles. Ceci est contradictoire, surtout dans ces endroits qui exigeaient de très hautes températures. Il fallait donc trouver si le potentiel chaleur produit par les murs chauffants pouvait compenser les pertes dues aux fenêtres sans vitres. Cela pouvait se faire en évitant au corps humain chauffé par radiation des murs, de perdre, par convection, au contact de l'air froid entrant, moins de calories que celles emmagasinées.

Or, les calculs de potentiel de chaleur ont montré que toutes les salles, sauf une, étaient capables de fournir, avec les fenêtres sans vitres, des conditions que l'on pouvait s'attendre à trouver dans des bains romains. Dans deux de ces salles (*caldaria*), le potentiel était assez élevé que pour avoir fait transpirer les baigneurs, d'autant plus que les cinq grandes salles de ces thermes étaient toutes orientées pour recevoir le maximum de radiations solaires<sup>(387)</sup>.

Pour autant que les calculs de E.D. Thatcher soient exacts, la théorie de F., Kretzschmer, à propos de la « tubulature », devient caduque, car il est évident que, dans ce cas, la « tubulature » murale dans les thermes d'Ostie devaient jouer un rôle important dans l'apport de calories par rayonnement. D'autant plus que, comme le dit Thatcher, la température limite du sol ne pouvait dépasser ce qui est supportable pour les pieds nus, c'est-à-dire  $\pm 100^\circ$  Fahr (=  $\pm 37^\circ$  Celsius), ce qui eut été nettement insuffisant pour mettre les baigneurs en transpiration, si les murs n'avaient suppléé au sol (surtout dans un local ouvert).

Si la théorie du « chauffage alternatif » semble être définitivement rejetée par la plupart des chercheurs, la controverse qui a vu le jour à propos de la « tubulature » ne semble pas près de s'essouffler car, à ce jour, ni les sources, ni les chercheurs n'ont apporté des éléments définitifs et indiscutables en faveur de l'une ou l'autre théorie.

Sans vouloir prendre position, l'opinion de E. Brödner à ce sujet nous semble, dans l'état actuel de la question, la plus rationnelle :

*Il n'y a pas de schéma bien fixe, une « tubulature » peut tout aussi bien servir au chauffage mural qu'à l'empêchement de la condensation par isolation.*

---

(364) J.J. WINCKELMANN, *Anmerkungen über die Baukunst des Alten*, 1762, p. 49.

(365) Général MORIN, *op. cit.*

(366) Idem, *ibidem*, p. 363.

(367) M.A. DE CAUMONT, *Abécédaire ou rudiment d'archéologie, Ere gallo-romaine*, 2<sup>e</sup> éd., Caen, 1870.

(368) M.A. DE CAUMONT, *ibidem*, p. 69.

(369) SENEQUE (*Epist.*, XC, 25).

(370) J. OVERBECK, *Pompeii in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken*, Leipzig, 1884.

(371) L. JACOBI, *Saalburg, op. cit.*, pp. 248-249. Revoir également la figure 198.

(372) L. JACOBI, *Saalburg*, pp. 248-249.

(373) Voir Ronchinne\* (B)

(374) O. KRELL, *Altrömische Heizungen*, Nürnberg, 1901.

(375) G. FUSCH, *Über Hypokausten, Heizungen und Mittelalterliche Heizungsanlagen*, Hannover, 1910.

(376) L. BONNARD, *op. cit.*, pp. 5-10.

(377) H. VETTER, *Zur Geschichte der Zentralheizung*, dans *Beitr. Gesch. Technik Industrie*, vol. III, (1911), pp. 276-347.

(378) Voir fig. 198.

(379) W. BADERMANN, *Die Schornsteinheizungen der alten Römer*, dans *Prometheus*, t. XXVII, (1916), pp. 532-535.

(380) V. BALTER, *Le fonctionnement des hypocaustes*, *op. cit.*

(381) F. KRETZSCHMER, *Hypocausten*, pp. 1-40.

(382) WINCKELMANN, *op. cit.*

(383) PLINE LE JEUNE, *op. cit.*

(384) E. BRÖDNER, *Einige Bemerkungen zur Heizung der Aula Palatina in Trier*, dans *Germania*, Bd 34, (1956), pp. 277-278.

(385) EDWIN DAISLEY THATCHER, *Ancient Roman method of heating by Hypocaustum, in both its historical and technical aspects*, dans *The American Philosophical Society, Year Book 1957*, Philadelphie, 1958, pp. 388-391.

(386) E.D. THATCHER, *The open rooms of the Terme del Foro at Ostia*, dans *Mémoires of the American Academy in Rome*, 23, (1955), pp. 169-264.

(387) Ce que confirment les écrits de Vitruve (V, 10).