
Persistance et renouvellement des mentalités techniques : le cas de l'opposition entre les techniques solaires actives et passives en architecture

Persistence and renewal of technical mentalities: the case of the opposition between active and passive solar techniques in architecture

Clément Gaillard

**Édition électronique**

URL : <https://journals.openedition.org/cahierscfv/566>

DOI : 10.4000/cahierscfv.566

ISSN : 2780-9986

Éditeur

Nantes Université

Édition imprimée

Date de publication : 1 avril 2022

Pagination : 28-48

ISBN : 978-2-493550-03-3

ISSN : 1297-9112

Référence électronique

Clément Gaillard, « Persistance et renouvellement des mentalités techniques : le cas de l'opposition entre les techniques solaires actives et passives en architecture », *Cahiers François Viète* [En ligne], III-12 | 2022, mis en ligne le 01 avril 2022, consulté le 06 septembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/cahierscfv/566> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cahierscfv.566>



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

SOMMAIRE

- ANAËL MARREC 5
Introduction – Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question
- CLEMENT GAILLARD 27
Persistence et renouvellement des mentalités techniques : le cas de l'opposition entre les techniques solaires actives et passives en architecture
- ANAËL MARREC 49
Wave Converters against Energy Systems? Le Minous' Ram and the Cattaneo Ondo-Pump in the Frame of French Blue Coal Policy (1925-1945)
- ANTOINE MISSEMER 73
Un imaginaire fossilisé ? Les représentations économiques de l'énergie au défi de la transition bas-carbone
- ALAIN GRAS, CHARLES-FRANÇOIS MATHIS & ANAËL MARREC 95
Regards croisés avec Alain Gras et Charles-François Mathis : approches systémiques en histoire de l'énergie

Persistance et renouvellement des mentalités techniques : le cas de l'opposition entre les techniques solaires actives et passives en architecture

Clément Gaillard*

Résumé

L'histoire des énergies dites alternatives révèle de profondes divergences. Notre article se concentre sur un débat relatif aux techniques de captage, de stockage et de distribution de l'énergie solaire en vue du chauffage domestique, qui a été particulièrement animé durant les années 1970 et 1980 en France comme aux États-Unis, et qui a opposé les partisans des techniques solaires dites « actives » et « passives ». En étudiant la genèse de cette opposition à partir de documents de cette période, nous souhaitons montrer à l'aide de la philosophie des techniques qu'elle illustre une opposition entre deux mentalités techniques divergentes, qui traduit deux approches différentes de cette énergie alternative.

Mots-clés : énergie, histoire des techniques, architecture, thermique, énergie solaire, énergies alternatives, systèmes de chauffage, Simondon, philosophie des techniques.

Abstract

The history of so-called alternative energies reveals profound differences. Our article focuses on a debate relating to techniques for collecting, storing and distributing solar energy for domestic heating, which was particularly lively during the 1970s and 1980s in France and the United States, and which opposed the supporters of so-called “active” and “passive” solar techniques. By studying the genesis of this opposition from documents of this period, we wish to show with the help of the philosophy of techniques that it illustrates an opposition between two divergent technical mentalities, which illustrates two different approach of this alternative energy.

Keywords: energy, history of techniques, architecture, thermal analysis, solar energy, alternative energies, heating systems, Simondon, philosophy of technology.

* Doctorant contractuel, Centre de recherche sur les réseaux, l'industrie et l'aménagement (CRIA), UMR Géographie-Cités, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

L'HISTOIRE des énergies alternatives a connu récemment un regain d'intérêt chez les historiens et à la lumière des débats contemporains relatifs aux énergies renouvelables (Jarrige & Vrignon, 2020). En ce qui concerne l'histoire de l'énergie solaire dans la seconde moitié du XX^e siècle, ces travaux se concentrent à la fois sur le contexte culturel, social et politique qui a stimulé l'intérêt pour cette source d'énergie au début des années 1970 (Chauvin-Michel, 2012 ; Teissier, 2013), mais aussi sur l'imaginaire associé à cette forme d'énergie, qui a contribué à sa popularité croissante durant cette période et jusqu'au milieu des années 1980 (Lopez, 2014 ; Pehlivanian, 2020). Dans le domaine de l'architecture qui est l'objet de cet article, les historiens ont également montré récemment l'abondance des tentatives pour utiliser l'énergie solaire à des fins de chauffage domestique, dès la fin de la Seconde Guerre mondiale aux États-Unis (Barber, 2016), et dès les années 1960 en France (Bouet, 2020).

Si ces travaux mentionnent parfois les nombreux débats parmi les partisans de l'énergie solaire, ils n'abordent que rarement la signification technique de ces divergences. Lorsque François Jarrige et Alexis Vrignon (2020, p. 301-303) évoquent par exemple les « deux profils de militants » de l'énergie solaire que sont les « bricoleurs » qui « s'attachaient à la construction — et souvent à l'auto-construction — d'un dispositif technique » et les « chercheurs » qui proposaient « des scénarios prospectifs », ils ne précisent pas pourquoi ces militants défendaient des choix techniques parfois très différents alors qu'ils souhaitaient utiliser une même source d'énergie. Par-delà leurs différences socioprofessionnelles, notre hypothèse est que ces « deux profils de militants » illustrent deux approches très différentes de l'énergie solaire. Selon nous, la différence entre les « bricoleurs » et les « chercheurs » serait plus profonde : ils présentaient deux « mentalités techniques » nettement distinctes, pour reprendre une expression proposée par le philosophe Gilbert Simondon (2006), qui désigne sous ce concept l'ensemble des images, valeurs et schèmes cognitifs associés à l'emploi d'une technique. Cette notion de « mentalité technique » est plus précise que celle d'imaginaire technique, puisqu'elle désigne la manière avec laquelle le fonctionnement d'un objet technique est assimilé et associé à un ensemble de valeurs par un groupe ou un individu à une époque donnée.

Selon nous, l'étude des mentalités techniques permet d'expliquer certaines divergences qui ont pu exister entre les partisans de l'énergie solaire malgré des motivations politiques et écologiques communes. Pour ce faire, nous souhaitons étudier le débat qui a existé entre les tenants des techniques solaires de chauffage dites « actives » et des techniques solaires dites « passives ». Il a été structurant dans le champ de l'architecture durant les

années 1970 et 1980 en France, comme aux États-Unis. Dans les techniques solaires actives de chauffage, l'énergie solaire est captée puis transférée mécaniquement via un fluide caloporteur pour être accumulée sous forme thermique dans un espace de stockage, la chaleur étant ensuite distribuée au moment opportun. À l'inverse, les techniques solaires passives désignent l'ensemble des techniques utilisant les phénomènes naturels de transfert (conduction, convection ou rayonnement) pour acheminer l'énergie thermique issue du rayonnement solaire où celle-ci doit être utilisée. Par extension, est définie comme « passive » toute technique faisant intervenir le moins possible d'éléments mécaniques (ventilateur, pompe...) alimentés par des énergies non renouvelables (Yellott, 1978).

L'objet de notre article est de comprendre le sens de cette distinction entre techniques solaires actives et passives, à travers un certain nombre de témoignages et de documents français et américains recueillis dans les archives privées d'architectes et d'ingénieurs, appartenant à la période où s'est structurée cette opposition (1970-1985). Ces documents émanent directement de concepteurs qui ont fait autorité durant cette période dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire en architecture. Le choix de ces terrains s'explique par le fait que les États-Unis et la France ont concentré l'essentiel des travaux sur les techniques solaires passives en architecture durant cette période, ainsi que les principaux centres de recherche sur le sujet que sont le Los Alamos Scientific Laboratory dans le Nouveau-Mexique et le Laboratoire de l'énergie solaire à Odeillo-Font-Romeu. Nous souhaitons mettre en évidence la persistance d'une mentalité technique issue du chauffage conventionnel dans la promotion des techniques solaires actives, contrastant avec celle associée aux techniques solaires passives, qui ont été présentées comme étant en rupture avec l'approche conventionnelle du chauffage domestique par certains architectes et ingénieurs.

Genèse et développement des techniques solaires actives et passives en architecture

Dans les récits mythiques relayés par les architectes, la naissance de l'architecture est souvent associée à la naissance du foyer. L'historien Reynier Banham (1984) présente l'alternative entre l'utilisation du bois pour la construction d'une structure et sa combustion pour le chauffage, comme le premier dilemme de l'architecte. Le choix d'un système de chauffage possède une importance capitale en architecture, bien que cet aspect ait été souvent négligé par les historiens de l'architecture (Fernández-Galiano, 2000 ; Marot, 2016).

Dans le cas de l'habitat, le principe de chauffage central généralisé au début du XX^e siècle en Europe et aux États-Unis suppose une source chaude (chaudière, poêle...), périodiquement alimentée en combustible ou reliée à un réseau (gaz, électricité...), employant le plus souvent un circuit d'eau ou d'air pour la distribution de la chaleur. Ces éléments forment un ensemble technique¹ qui est caractérisé par l'isolement de la source chaude, puisque « la chaleur est accumulée au point de production » pour être ensuite distribuée à cha-cune des pièces en fonction des besoins (Missenard, 1947, p. 28). Le principe du chauffage central a succédé au chauffage par rayonnement basé sur un foyer (âtre) alimenté par combustion d'un matériel végétal (bois, tourbe...) et rayonnant dans toutes les directions, ce qui justifiait son emplacement au centre de l'habitation ainsi que la distribution des pièces en périphérie de celui-ci, malgré les contraintes de cet emplacement (évacuation de la fumée, tirage...) (Alexandroff G. & Alexandroff J.-M., 1982).

La recherche du captage volontaire de l'énergie solaire pour les besoins de chauffage des constructions est ancienne, puisqu'elle apparaît dès la Rome antique (Butti & Perlin, 1980, p. 19-20) et plus tard dans l'architecture vernaculaire de nombreux pays (Gaillard, 2020), mais les premiers dispositifs brevetés à ce sujet remontent au XIX^e siècle (Yellott, 1978). Alors que le chauffage central fonctionne selon un schéma de distribution de la chaleur centrifuge, l'utilisation de l'énergie solaire pour assurer les besoins de chauffage suppose à l'inverse une logique centripète, puisque le rayonnement solaire doit être capté à l'extérieur avant d'être distribué à l'intérieur sous forme de chaleur aux pièces à chauffer. Deux logiques apparaissent immédiatement : soit le rayonnement solaire est capté par une surface spécifique (capteurs) pour être stocké dans un volume dédié sous forme de chaleur qui est ensuite redistribuée, soit il est directement capté dans les pièces à chauffer, ce qui supprime les problèmes de stockage et de distribution mais impose des contraintes d'orientation. Ces deux approches ont été développées parallèlement durant la première moitié du XX^e siècle, majoritairement aux États-Unis, et ont conduit à la mise au point des techniques solaires actives d'une part et passives d'autre part. Ces recherches ont été menées par des ingénieurs dans le cadre de programmes universi-

¹ Nous reprenons cette notion « d'ensemble technique » aux travaux d'André Leroi-Gourhan (1971, p. 238), où cette notion désigne une série de techniques fonctionnant en réseau, comme par exemple dans le cas de la fabrication de la soie, dont l'ensemble technique va de la culture du mûrier à son filage. Cette notion « d'ensemble technique » est moins spécifique que celle de « système technique » employée par Bertrand Gilles (1978) et qui désigne une série de techniques fonctionnant en réseau et caractéristiques d'une époque donnée.

taires sur l'utilisation de l'énergie solaire, mais aussi indépendamment par quelques architectes (Butti & Perlin, 1980 ; Barber, 2016).

Parmi les architectes qui ont travaillé sur ce sujet, on peut mentionner Henry Wright et son fils Henry N. Wright et leurs recherches sur l'orientation solaire optimale menées pour le compte de la John B. Pierce Foundation en 1936 (Fitch, 1947, p. 299-302). Cette fondation, créée en 1924 par un industriel spécialisé dans les radiateurs et les chauffe-eau, finançait des projets de recherche dans le domaine du chauffage et de la ventilation aux États-Unis. À l'aide d'outils graphiques et de maquettes, ils estimèrent que des choix judicieux d'orientation et de disposition des vitrages permettraient de capter quatre fois plus d'énergie en hiver qu'une maison traditionnelle, permettant ainsi des économies de combustible non négligeables (Fitch, 1947, p. 301).

Les premières maisons solaires conçues suivant ce principe sont généralement attribuées aux architectes George et William Keck (Barber, 2016, p. 25). Leur première maison solaire est construite dans le cadre d'un partenariat avec un fabricant de vitrage en 1939 et bénéficie à ce titre des premiers doubles vitrages nommés « Thermopane ». Cette maison est essentiellement composée de larges baies vitrées orientées au sud afin de favoriser la pénétration du rayonnement solaire et produire un effet de serre. Ces premières réalisations, particulièrement simples, sont souvent assez peu convaincantes du point de vue du confort thermique, à cause d'une construction trop légère ne permettant pas d'amortir les importantes variations de température occasionnées par la grande surface des ouvertures (Barber, 2016). Aux États-Unis, l'évolution vers des constructions intégrant des matériaux massifs (béton, brique de terre, eau...) qui présentent une inertie thermique bien plus importante, ne sera que progressive.

Les recherches menées par les ingénieurs américains sur l'utilisation domestique de l'énergie solaire ont été réalisées dans le contexte académique de la fin des années 1930, période marquée par les pénuries de combustible entraînées par la Seconde Guerre mondiale et un regain d'intérêt pour l'énergie solaire (Barber, 2016). Elles sont portées par de prestigieuses universités américaines et mobilisent essentiellement des chimistes qui étudient différentes techniques de stockage de la chaleur (eau, matériaux à changement de phase, roche...) susceptibles de remédier à l'intermittence de l'énergie solaire. Parmi ces recherches, nous pouvons citer celles menées par le chimiste américain Hoyt Hottel au Massachusetts Institute of Technology (MIT) où sont réalisées et instrumentées différentes maisons solaires. La troisième maison solaire, la *MIT Solar House III* réalisée en 1949, utilise un principe de capteurs à eau judicieusement orientés. Cette eau chauffée est pompée pour être stockée dans un réservoir isolé sur le toit de la maison.

Elle permet d'assurer les besoins en eau chaude domestique ainsi qu'une grande partie du chauffage de l'habitation. Lorsque l'eau n'est pas suffisamment chaude, des résistances électriques assurent l'appoint (Butti & Perlin, 1980). À la même période, George O. G. Löf, chimiste à l'université du Colorado et ancien élève d'Hottel, met au point un capteur solaire à air associé à un stockage dans un lit de galet. Cette technique permettait d'éviter les inconvénients des techniques à distribution liquide, qui nécessitent des fluides antigel, des éléments de plomberie ainsi qu'un entretien important, notamment à cause des problèmes de corrosion (Anderson & Riordan, 1976).

Entre la fin des années 1930 et le début des années 1940, les recherches sur l'utilisation de l'énergie solaire prennent deux directions divergentes. Alors que les architectes s'appliquent à améliorer le captage direct grâce à l'amélioration des vitrages, l'étude de l'orientation et l'inertie thermique, les ingénieurs développent des capteurs à eau et à air, améliorent les techniques de stockage et de distribution de la chaleur et mettent au point des méthodes de calcul des apports solaires, comme celle d'Hottel. Selon certains architectes, cette période aurait été structurante pour la genèse de l'opposition entre techniques solaires passives et actives. C'est ce qu'affirme David Roditi, à qui l'on doit *Le Catalogue des outils solaires* qui constitue la recension en langue française la plus complète des techniques solaires durant les années 1980. Selon Roditi (2011, p. 28), à partir de 1939 les ingénieurs comme Hottel auraient pris l'habitude de présenter leurs techniques comme étant « actives » et ce, pour marquer une distinction avec les maisons solaires conçues par les architectes, présentées comme « passives ». Il écrit à ce propos :

À partir de 1939, le MIT (Massachusetts Institute of Technology) a mené un programme de recherche sur le chauffage "solaire actif" en utilisant des capteurs solaires thermiques et un système de stockage et de distribution hydraulique. Le terme "solaire passif" est donc utilisé pour la première fois à cette époque — car il fallait différencier ces deux principes de chauffage solaire — pour décrire une architecture qui capte l'énergie solaire sans équipements mécaniques. (Roditi, 2011, p. 28)

Si la thèse de Roditi est cohérente et appuyée par d'autres témoignages que nous avons pu recueillir, à notre connaissance les documents les plus anciens qui mentionnent explicitement cette distinction sont bien plus tardifs, puisqu'ils datent de 1976. La généalogie proposée par Roditi doit donc être relativisée, d'autant plus que certains ingénieurs ont par la suite défendu l'utilisation des techniques solaires passives comme nous le verrons. Néanmoins, elle appuie la thèse selon laquelle les recherches sur

l'utilisation domestique de l'énergie solaire ont suivi deux directions divergentes aux États-Unis à partir des années 1930.

L'apparition de cette distinction entre techniques solaires passives et actives date véritablement du milieu des années 1970. Le premier choc pétrolier a entraîné un regain d'intérêt pour toutes les énergies dites « alternatives » ou « nouvelles » (Jarrige & Vrignon, 2020, p. 289-311), particulièrement dans le domaine de l'architecture (Borasi & Zardini, 2007). Toutes les techniques évoquées précédemment étaient parfois confidentielles ou connues des seuls spécialistes de l'énergie solaire avant cette période, mais elles commencent à être décrites dans les manuels consacrés à la conception solaire passive en architecture et les publications alternatives aux États-Unis puis en France dès 1973 (Maniaque, 2014). L'année 1976 est marquée par le lancement du premier grand colloque annuel consacré exclusivement aux techniques solaires passives aux États-Unis et intitulé *Passive Solar Conference*. La conférence introductive de ce colloque, prononcée par l'ingénieur Douglas Balcomb, qui est alors responsable du principal centre de recherche sur les techniques solaires passives à Los Alamos, est consacrée à classer les différentes techniques solaires passives existantes. Balcomb s'exprime en ces termes :

Je suis extrêmement enthousiasmé par les perspectives de ces concepts de chauffage passif. [...] Non seulement ils fonctionnent bien, mais ils semblent fonctionner relativement bien dans des climats maussades avec une grande quantité d'énergie solaire diffuse où les systèmes actifs peuvent difficilement fonctionner efficacement. C'est parce qu'un système passif fonctionne toujours quand le moindre soleil brille. Il recueille chaque quantité d'énergie, directe ou diffuse, qui traverse le vitrage. Un système actif a un seuil et ne commence à fonctionner qu'après une certaine température. Cela compense largement le fait que les pertes d'énergie dans le système passif sont sans aucun doute plus importantes qu'elles ne le sont dans un système actif. (Balcomb, 1977, p. 1)²

² Traduction personnelle : « I am tremendously enthusiastic about the prospects for these passive heating concepts. [...] Not only do they work well, but they appear to work relatively well in crummy climates with a great amount of diffuse solar energy where active systems can hardly perform effectively. This is because a passive system is always working when any sun is shining. It collects every bit of energy, direct or diffuse that comes through the glazing. An active system has a threshold and does not begin to work until a certain temperature is achieved. This largely compensates for the fact that the energy losses in the passive system are undoubtedly greater than they are in an active system. »

Balcomb (1977, p. 1) affirme également que les techniques passives « sont architecturalement plus compatibles avec les pratiques de construction normales et esthétiquement plus agréables »³. Mais il pointe un problème crucial qui est que « les systèmes de chauffage solaires passifs ne sont pas bien compris »⁴, par manque de données sur les performances des constructions existantes, de méthodes de calcul et de publications relatives à ce sujet.

L'objet de ces conférences est précisément de présenter les recherches menées sur les techniques solaires passives aux États-Unis et en Europe, afin d'en promouvoir l'emploi auprès des architectes et ingénieurs soucieux de minimiser le recours aux énergies fossiles pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments, mais aussi de montrer la supériorité des techniques solaires passives par rapport aux techniques actives. À partir de 1976, l'opposition entre techniques solaires actives et passives est clairement dressée aux États-Unis et des manuels revendiquant explicitement une conception solaire passive sont publiés et rapidement traduits en français (Wright, 1978b). Cette opposition n'est pas réductible à un simple débat entre ingénieurs et architectes, puisque de nombreux ingénieurs comme Balcomb soutiennent l'utilisation des techniques solaires passives et cherchent à démontrer leurs performances. Des architectes français assistent en 1978 aux *Passive Solar Conferences* et propagent l'intérêt pour les techniques solaires passives. Cette distinction entre actif et passif, encore inconnue en France en 1974, sera largement commentée à la fin des années 1970 au point que la revue *L'Architecture d'aujourd'hui* y consacre son numéro de juin 1980 avec pour titre « Solaire : passif ou actif ? ».

La cristallisation d'une opposition entre les techniques solaires passives et actives en architecture

À partir de 1976, la distinction entre techniques solaires actives et passives est utilisée par certains architectes et ingénieurs pour valoriser l'utilisation des techniques passives, considérées comme plus simples, plus fiables, globalement plus efficaces et moins chères à l'installation ainsi qu'à l'entretien (Holtz, 1977). Alors que les termes « actif » et « passif » avaient été vraisemblablement inventés pour mettre en valeur les techniques solaires actives développées et étudiées par les ingénieurs, cette distinction est

³Traduction personnelle : « architecturally more compatible with normal building practices and aesthetically more pleasing ».

⁴Traduction personnelle : « The problems which remain are that passive solar heating systems are not well understood ».

renversée en 1976 et réactualisée dans le but de valoriser les techniques passives. Il est vrai que certaines constructions utilisant des techniques solaires actives ont été de véritables échecs : initialement conçues pour économiser l'utilisation des énergies fossiles, la plupart nécessitaient pour leur fonctionnement une importante quantité d'énergie électrique, afin d'alimenter les ventilateurs, dans le cas des systèmes à air, ou les pompes, dans le cas des systèmes à eau. La *Dover Sun House*, construite en 1948 par l'ingénieure Mária Telkes pour tester ses recherches sur le stockage de la chaleur menées au MIT, utilisait un système actif à air occupant plusieurs pièces afin d'assurer la totalité de ses besoins de chauffage grâce à l'énergie solaire. En réalité, celle-ci consommait quatre fois plus d'électricité qu'une maison conventionnelle dans le même climat, à cause du fonctionnement continu de ses nombreux ventilateurs utilisés pour mouvoir l'air chaud (Barber, 2016, p. 137).

Bien que fonctionnant avec l'énergie solaire, il est apparu que les techniques solaires actives étaient donc largement dépendantes du réseau électrique pour leur fonctionnement. Cette dépendance énergétique à un réseau et au « macro-système technique » qu'il concrétise (Gras, 1997) était particulièrement critiquée par les architectes et les ingénieurs cherchant à promouvoir l'autonomie énergétique des constructions ou la décentralisation des systèmes énergétiques après le premier choc pétrolier (Lopez, 2014, p. 11-12). Selon eux, l'utilisation des techniques solaires actives pré-supposait l'existence d'un réseau électrique centralisé, qui était critiqué par les adeptes des énergies alternatives souvent hostiles à l'énergie nucléaire (Nicolas, Traisnel & Vaye, 1974, p. 16 ; Jarrige & Vrignon, 2020, p. 11-12).

Les *Passive Solar Conferences*, les manuels sur la conception solaire passive et les publications alternatives ont contribué à diffuser les critiques sur les techniques solaires actives. La métaphore qui assimile ces techniques à un « problème de plomberie » est souvent employée, faisant ainsi référence à la complexité de leur système de distribution, à la présence de plusieurs échangeurs thermiques et à l'entretien qu'elles réclament (Bardou & Arzoumanian, 1978a, p. 7). Les techniques solaires actives à eau qui sont utilisées dans de nombreuses réalisations de cette période en France (figure 1 ci-après) mobilisent effectivement de très nombreux éléments (figure 2). Les architectes Patrick Bardou et Varoujan Arzoumanian (1978a, p. 7) présentent l'utilisation des techniques solaires actives comme un « technologisme » et affirment à l'inverse que l'utilisation des techniques solaires passives « est avant tout le moteur d'une réflexion plus large sur une conception architecturale tenant compte de l'éco-système à long terme ».



Figure 1 - Capteurs à eau d'une maison solaire active conçue par l'architecte Yves Vatin et construite à la fin des années 1970 en région parisienne (Ménard, 1980, p. 172, photographie de Dominique Amouroux)

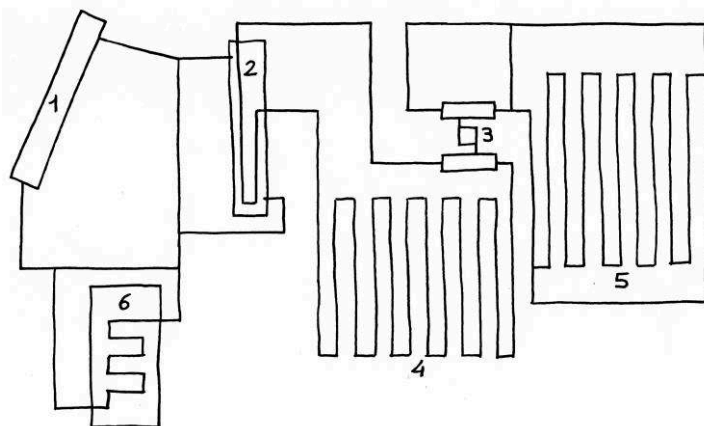


Figure 2 - Schéma de la technique solaire active de cette maison : 1. Capteur ; 2. Échangeur ; 3. Pompe à chaleur ; 4. Réseau enterré ; 5. Dalle chauffante ; 6. Ballon d'eau chaude sanitaire (schéma de l'auteur d'après Ménard, 1980, p. 175)

Ils soutiennent que l'utilisation des techniques solaires actives induit une démarche qui « est non architecturale au sens littéral du terme, puisque ce ne sont pas des éléments propres à l'architecture qui permettent l'utilisation du soleil, mais des équipements d'ingénierie (capteurs, stockage, plomberie, équipements traditionnels pour restitution) » (Bardou & Arzoumanian, 1978a, p. 10).

On remarque à travers leur propos que les techniques solaires actives sont assimilées à des équipements conventionnels et déjà existants, à l'inverse des techniques passives qui renouvelleraient les formes de l'architecture. Ce point de vue est aussi partagé par certains ingénieurs qui affirment que « [t]out ou partie du gros œuvre d'une construction passive fait partie, par essence, du système thermique » et que « les composants de ce système thermique viennent [...] se confondre avec les composants architecturaux pour former des éléments multifonctionnels » (Rubinstein & Lepoivre, 1982, p. 402). Les maisons solaires passives organisées autour d'une serre illustrent bien ce phénomène (figure 3). Dans ce cas c'est l'ensemble de la construction qui « joue le rôle du corps exposé au soleil » car « ses parois et sa masse propre constituent le système captage/stockage/restitution » (Bardou & Arzoumanian, 1978a, p. 10). Toutes ces fonctions sont dissociées dans une construction équipée d'une technique solaire active.



Figure 3 - Maison solaire passive conçue par l'architecte Michel Gerber et construite en 1979 à Ginestas, dans l'Aude (photographie de Lola Vico-Gerber)

La valorisation des techniques solaires passives pour leur potentiel architectural apparaît également dans les propos de l'architecte américain David Wright, dont les écrits ont été particulièrement diffusés en langue française et qui est un des représentants de l'utilisation de ces techniques aux États-Unis. En 1978, David Wright est invité en France pour y présenter son travail. Il affirme avoir mené des essais avec des techniques solaires actives, notamment avec un système à air, au début des années 1970 mais a rapidement privilégié l'utilisation de techniques passives. Pour lui, une construction solaire passive « fonctionne naturellement » et il affirme préférer cette « architecture naturelle qui capte, stocke, distribue l'énergie sans utiliser d'énergie commerciale » (Wright, 1978a, p. 68). Mais ce choix personnel est également motivé par les recherches expérimentales menées sur les techniques solaires passives :

Le développement des centres d'essais a démontré que le passif est le plus intéressant, qu'il demande le moins d'entretien, qu'il est le moins cher. Il n'a pas besoin d'être changé, il est fait pour durer cent ans. Enfin il est le plus efficace dans tous les climats. (Wright, 1978a, p. 68)

À la fin des années 1970, l'opposition entre techniques solaires actives et passives se structure à partir d'une valorisation des techniques passives. L'emploi des techniques solaires passives constitue une revendication d'ordre technique et éthique : l'ensemble des entretiens que nous avons pu mener avec une trentaine d'architectes et d'ingénieurs travaillant à l'époque sur ces sujets le confirme⁵ (Gaillard, 2022).

Cependant, l'intérêt pour les techniques solaires passives est tempéré par des contraintes techniques, notamment relatives aux risques de surchauffe qu'elles peuvent entraîner. L'architecte Bob Laignelot (1978, p. 73-74) mentionne la « peur de la surchauffe » qui serait un risque avec l'utilisation des techniques solaires passives. Cette « peur » traduit en réalité une difficulté pour bien dimensionner ces techniques, qui nécessitent d'étudier l'orientation, la taille, la position ainsi que la protection adéquate des vitrages indispensable en cas de surchauffe.

La promotion des techniques solaires passives par les architectes à la fin des années 1970 se heurte paradoxalement à certaines motivations politiques et environnementales issues de la contre-culture, comme le souhait de réaliser des constructions autonomes en énergie et adaptées à un mode de vie autosuffisant (Lopez, 2014). Dans *La Maison autonome*, une publication alternative très populaire, l'utilisation de techniques solaires actives est

⁵ Ces entretiens ont été menés dans le cadre de mes recherches doctorales qui portent sur la naissance de la conception bioclimatique en architecture.

encouragée afin d'éviter les contraintes posées par les techniques passives et d'atteindre une autonomie suffisante du point de vue des besoins de chauffage (Chareyre, 1978). Pour une surface de captage égale, les techniques solaires actives sont présentées comme nettement plus performantes et plus faciles à dimensionner suivant les méthodes de calcul thermique existantes à l'époque. Le rendement des systèmes actifs, qui est le quotient de l'énergie reçue par la surface de captage sur l'énergie effectivement transmise à l'intérieur, est présenté comme bien supérieur à celui des techniques solaires passives, dont les déperditions thermiques vers l'extérieur sont considérables selon ce calcul (Chareyre, 1978, p. 62-69).

L'opposition entre les techniques solaires actives et passives se cristallise autour de leurs performances relatives. Les partisans du « passif », souvent architectes, bricoleurs, auto-constructeurs et parfois ingénieurs, valorisent la simplicité et la fiabilité des systèmes passifs, et sont généralement critiques des tentatives d'industrialisation des techniques de captage de l'énergie solaire (Moorcraft, 1973, p. 634-635). Ils rejettent les tentatives de commercialisation de ces techniques et défendent un accès équitable à l'énergie solaire. Les ingénieurs et architectes promoteurs de « l'actif » sont souvent moins sensibles aux enjeux éthiques véhiculés par la contre-culture que les partisans du passif, et sont particulièrement attentifs à la faisabilité immédiate des techniques de captage de l'énergie, voire à leurs possibilités d'industrialisation. Ils vantent avant tout l'efficacité des techniques actives, les possibilités de stockage qu'elles permettent, ainsi que le faible encombrement de leur surface de captage (Cardonnel, 1983, p. 12).

Généralement, les architectes tendent à privilégier l'emploi des techniques passives qui permettent de valoriser leurs compétences (sens des volumes, agencement des espaces, orientation...). Le fait qu'ils affirment que les techniques solaires actives apparaissent comme un « placage » vise à promouvoir les possibilités d'intégration esthétique des techniques passives, et corrélativement leurs savoir-faire de concepteur (Bardou & Arzoumanian, 1978c, p. 55). Grâce à leurs compétences, les architectes sont en mesure d'intégrer des techniques solaires passives à des constructions tout en respectant les exigences stylistiques des permis de construire parfois contraignantes et souvent très défavorables aux maisons solaires⁶.

Entre la fin des années 1970 et le début des années 1980, au moment où l'opposition entre les tenants de l'actif et du passif paraît la plus vive, certains architectes et ingénieurs commencent néanmoins à critiquer cette opposition qu'ils estiment essentiellement idéologique. C'est notamment le cas des architectes Georges et Jeanne-Marie Alexandroff, connus pour leurs

⁶ Entretien avec l'architecte Bernard Banyuls, le 19/06/2019 à Perpignan.

projets de bâtiments solaires en zones arides et leurs recherches sur l'architecture vernaculaire, qui fustigent ce qu'ils estiment être une querelle fabriquée par les partisans des techniques solaires passives. Ils affirment en 1982 :

Ce débat repose sur une notion d'architecture passive élaborée en doctrine, selon laquelle les apports solaires gratuits pénétrant à travers les vitrages des fenêtres dans des enceintes bien conçues, orientées, isolées, procureraient des économies de chauffage égales, voire supérieures, à celles actuellement acquises par les techniques solaires actives. (Alexandroff G. & Alexandroff J.-M., 1982, p. 249)

Ils affirment que cette « opposition des tenants de l'actif et du passif recouvre le vieux conflit entre civilisation machiniste ou techniciste et courants écologistes et naturalistes » (Alexandroff G. & Alexandroff J.-M., 1982, p. 279). Selon eux, il existerait donc deux idéologies associées à l'énergie solaire partiellement incompatibles. Cependant, nous pensons que cette opposition entre une idéologie « machiniste » associée aux techniques solaires actives et une idéologie « écologiste » liée aux techniques passives recouvre en réalité une opposition plus profonde entre deux mentalités techniques.

Les deux mentalités techniques associées aux techniques solaires actives et passives

Il existe selon nous des raisons et des motivations techniques qui permettent d'expliquer cette opposition entre passif et actif. Derrière cette opposition entre techniques solaires actives et passives, on retrouve deux mentalités techniques divergentes : alors que les systèmes actifs sont vantés pour leur efficacité et leurs performances intrinsèques, les systèmes passifs sont valorisés pour leur simplicité et le changement de mode de vie qu'ils engagent. À travers l'analyse précédente, il est possible de distinguer clairement deux niveaux d'intégration de l'énergie solaire à l'architecture qui traduisent deux mentalités techniques divergentes.

L'utilisation des techniques solaires actives s'inscrit dans la continuité des techniques de chauffage conventionnelles, en assimilant l'énergie solaire et son usage à une ressource stockable. Elle témoigne de la persistance, dans la mentalité technique des concepteurs, des techniques de chauffage conventionnelles organisées en réseau à l'intérieur de la construction pour la distribution de la chaleur, mais aussi à l'extérieur de celle-ci pour l'alimentation périodique en combustible ou continue en électricité. À

L'inverse, les techniques passives sont des techniques de chauffage qui s'intègrent à l'échelle de la construction elle-même : c'est la structure, la disposition des ouvertures et la masse de matériaux, qui assurent la tâche de régulation des apports solaires et du stockage thermique. Certains murs, dont la fonction est statique, assurent également la fonction de radiateurs. La restitution de l'énergie thermique, qui est en quelque sorte canalisée dans les techniques solaires actives, est ici diffusée dans la construction, qui assure dans son ensemble la fonction de captage et de distribution.

Les écrits des architectes et des ingénieurs relatifs à l'utilisation des techniques solaires actives traduisent la persistance d'une mentalité technique issue du chauffage central conventionnel : la chaleur doit être accumulée et stockée dans un réservoir le plus longtemps possible, afin d'être continuellement disponible pour les besoins de chauffage de l'habitant. La première maison solaire du MIT achevée en 1939 était ainsi équipée d'un réservoir de plus de 65 000 litres, placé en sous-sol, isolé et rempli d'eau chauffée à travers un ensemble de capteurs, dans le but d'assurer une autonomie de chauffage suffisante (Butti & Perlin, 1980, p. 201-202). Les techniques solaires actives de ce type pouvaient aussi compléter des équipements de chauffage conventionnels (chauffe-eau électrique, à gaz...) et empruntent les éléments techniques associés à ces systèmes (thermostats, vase d'expansion...). Le choix des techniques solaires actives traduit la volonté d'utiliser l'énergie solaire comme une source d'énergie parmi d'autres, celle-ci pouvant être captée, conduite, stockée et utilisée à la manière d'une source d'énergie conventionnelle continuellement disponible. Les techniques actives illustrent ainsi la persistance de la conception du chauffage central, fonctionnant à la demande et selon une distribution contrôlée (Bardou & Arzoumanian, 1978c, p. 52-54).

Un point qui traduit bien cette persistance d'une mentalité technique associée au chauffage conventionnel est la mise en valeur du rendement des techniques solaires actives, à la manière des poêles à bois ou des chaudières à gaz dont le rendement peut être facilement calculé à partir de la quantité de combustible qu'ils convertissent (Chareyre, 1978, p. 31-35). Théoriquement, le rendement d'une technique solaire active peut être considérablement augmenté en accélérant notamment le débit du fluide caloporteur et les échanges thermiques, donc en multipliant le recours aux éléments moteurs (Chareyre, 1978, p. 62-69). Ainsi, plus une technique solaire fonctionne avec des éléments actifs (ventilateurs, pompes...), plus son rendement théorique s'améliore. À l'inverse, son rendement chute si son fonctionnement est passif, puisque le débit généré par convection naturelle reste généralement faible. Comme l'explique l'ingénieur américain Harold Hay (1977, p. 103), une technique solaire passive « n'est pas destinée à être

un capteur à haut rendement »⁷, puisque ce type de technique ne fonctionne pas à des hautes températures, mais dans un intervalle de température relativement bas et proche de la zone de confort. En comparaison le rendement théorique des techniques solaires actives paraît donc nettement plus intéressant et encourage le recours à des matériaux plus performants qui permettent d'atteindre de plus hautes températures, pour encore en améliorer le rendement.

Mais l'étude d'un système de captage et de conversion de l'énergie solaire par le rendement qu'il fournit est inadéquate et trompeuse selon les ingénieurs spécialisés dans ces techniques, comme Harold Hay aux États-Unis ou Marcel Perrot en France, qui est connu pour ses travaux en Algérie coloniale (Pehlivanian, 2014). Perrot (1963, p. 16) affirme déjà que « la notion de rendement a une grande importance dans les dispositifs classiques qui sont généralement assez ramassés », comme un moteur à combustion interne, mais que dans le cas de l'énergie solaire « une amélioration du rendement a nécessairement pour conséquence une réduction correspondante des surfaces occupées ». Selon lui la notion de rendement tend à valoriser le « facteur de l'énergie extraite » d'un dispositif, alors qu'en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie solaire il est avant tout nécessaire de prendre en compte « la qualité de cette énergie qui doit satisfaire à des minima exigés pour les applications que l'on a en vue » (*ibid.*). La mise en valeur du rendement des techniques solaires actives prolonge une mentalité technique issue des machines thermiques classiques à combustion, qui peuvent être étudiées selon leur rendement indépendamment des usages auxquels elles sont destinées.

Dans les publications françaises et américaines relatives aux techniques solaires passives diffusées dans les années 1970 et 1980, le rendement de ces techniques, souvent très faible, n'est que rarement évoqué mais la part des besoins de chauffage que ces techniques sont susceptibles d'assurer dans un climat donné est en revanche souvent mentionnée. Ces publications insistent sur la simplicité des techniques solaires passives, ce qui illustre une mentalité technique différente, qui valorise la compréhension et l'appropriation de ces techniques de chauffage dont le fonctionnement est facilement assimilable (Kelbaugh, 1976, p. 656). Le choix d'une technique solaire passive est alors associé à un changement de mode de vie : du point de vue de l'habitant, le fait d'habiter une maison solaire passive implique nécessairement une remise en question de ses besoins et des cri-

⁷ Traduction personnelle : « [A passive solar system] is not intended to be a high efficiency collector but one that may collect 100 % of the needed energy at low cost. »

tères de confort conventionnels qu'il connaît (Nicolas, Traisnel & Vaye, 1974, p. 12-15). Il doit notamment comprendre que l'indicateur de la température de l'air est insuffisant pour juger de la performance d'une technique solaire passive puisque « la température des parois est plus élevée et les parois plus massives » dans une maison solaire passive que dans une construction conventionnelle (Bardou & Arzoumanian, 1978b, p. 29). Le chauffage se produit majoritairement par rayonnement et la mesure conventionnelle de la température de l'air fausse l'appréciation de la température effectivement ressentie par l'habitant.

Outre cet effort de compréhension, les techniques solaires passives engagent la participation directe de l'habitant. Le philosophe Albert Borgmann (1984, p. 41-42) a distingué dans l'univers domestique les systèmes de chauffage qui nécessitent une contribution de l'habitant pour leur fonctionnement — comme un poêle à bois ou une cheminée qui suppose *a minima* la manutention du bois — de ce qu'il nomme les « appareils », comme la chaudière, qui rend disponible le chauffage à la demande comme une « commodité » mais sans la moindre contribution de l'habitant. Une distinction analogue peut être faite entre les techniques solaires passives, qui mobilisent la participation de l'habitant par la manipulation de stores, de trappes ou de clapets, et les techniques actives, qui peuvent être commandées par un simple thermostat différentiel, comme n'importe quel système de chauffage central conventionnel. Dès lors l'habitant d'une maison solaire passive doit « faire cet effort d'adaptation » (Wright, 1979, p. 21) et doit apprendre à tirer parti d'une technique solaire passive.

La défense des techniques solaires passives par des architectes comme David Wright, s'explique aussi par une réaction face aux politiques publiques qui incitaient à adopter l'énergie solaire par l'intermédiaire de solutions techniques, indifférentes aux contextes où elles allaient être utilisées (Teissier, 2013). Paradoxalement, la politique française de promotion de l'énergie solaire après le premier choc pétrolier était relativement défavorable aux techniques solaires passives (Bouet, 2020). Par exemple, les aides à l'acquisition d'un chauffe-eau solaire pour les particuliers ne pouvaient être obtenues que pour l'achat d'un chauffe-eau solaire complet et en kit (capteur et ballon), ce qui excluait d'emblée toutes les tentatives des architectes pour intégrer le capteur pour l'eau chaude domestique dans un système passif⁸. La première réglementation thermique française de 1974, qui ne prenait en compte que les déperditions thermiques vers l'extérieur et encourageait l'isolation des bâtiments, pénalisait paradoxalement le recours à certaines techniques solaires passives comme les serres, qui pouvaient pour-

⁸ Entretien avec l'architecte Georges Wursteisen, le 15/10/2019 à Cabestany.

tant facilement assurer un tiers des besoins de chauffage à condition d'être bien orientées et intégrées à la construction (Lewino, 1979, p. 25).

Face à la standardisation des systèmes de chauffage solaire induite par les politiques publiques et les réglementations, les tenants des techniques solaires passives défendaient au contraire l'adaptation possible de ces techniques à une multitude de contextes et des climats très différents (Balcomb, 1977, p. 1). Ils s'inscrivaient alors dans le courant des « technologies appropriées », inspiré du « *small is beautiful* » proposé en 1973 par l'économiste Ernst F. Schumacher (Rybczynski, 1980). Ce courant international porté par des ingénieurs, des designers et des hommes politiques visait à promouvoir des techniques adaptées aux contextes où elles devaient être utilisées, particulièrement dans les pays en développement. Le mouvement des « technologies appropriées » (ou T.A.), particulièrement actif entre les années 1970 et le milieu des années 1980, a profondément influencé les tenants de la conception solaire passive et se prolonge aujourd'hui dans la conception dite « low-tech ». La mentalité technique associée aux T.A. valorisait les objets techniques facilement compréhensibles, réparables, économes en ressources et qui témoignent d'une identité culturelle locale (Rybczynski, 1980). Cette mentalité technique apparaît implicitement dans la promotion des techniques solaires passives, qui ont été vantées pour leur faible impact environnemental et la simplicité de leur mise en œuvre (Mazria, 1981, p. 29).

Conclusion : persistance et renouvellement des mentalités techniques

En suivant la genèse de l'opposition entre les techniques solaires actives et passives telle qu'elle apparaît à travers les discours des architectes et des ingénieurs soucieux d'utiliser l'énergie solaire, nous avons voulu montrer que les tenants de ces deux approches partageaient des mentalités techniques divergentes. Ainsi, les tenants des techniques solaires actives valorisent le critère du rendement théorique issu de la thermodynamique classique, qui est nettement plus favorable aux techniques solaires actives. Ils mettent en avant les possibilités de stockage permises par ces techniques et l'autonomie énergétique qu'elles peuvent assurer. En somme, ils assimilent l'énergie solaire à une énergie fossile et leur mentalité technique illustre la persistance d'une approche conventionnelle du chauffage, puisqu'ils utilisent les mêmes outils et méthodes de calcul que les chauffagistes et les thermiciens. À l'inverse, les partisans des techniques solaires passives témoignent d'une mentalité technique renouvelée, soucieuse de valoriser l'originalité de l'énergie solaire et des contraintes que cette énergie impose pour le chauffage. Ils mettent en avant les critères de réparabilité, de simpli-

cité et d'économie de ressources qui caractérisent les techniques solaires passives, et affirment que l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage domestique renouvelle les modes de vie.

Cette persistance de la mentalité technique associée au chauffage conventionnel à travers le développement des techniques solaires actives traduit deux conceptions différentes de la nouveauté quant à l'utilisation de l'énergie solaire. L'idée que les techniques solaires passives permettent de repenser « nos échanges avec notre biosphère terrestre sur la base de nouveaux critères de responsabilité et d'un nouveau code d'éthique énergétique » (Wright, 1979, p. 17) n'est pas partagée par tous les architectes et les ingénieurs qui ont conçu des maisons solaires à cette période. Ceux qui défendaient l'utilisation des techniques solaires actives s'appuyaient au contraire sur des concepts classiques et bien connus (rendement, volume de stockage...), qui tendaient à masquer le renouvellement des pratiques de conception que l'utilisation de l'énergie solaire pouvait engager. À travers la promotion des techniques solaires passives, on peut lire le projet d'une compréhension radicalement nouvelle de l'utilisation directe de l'énergie solaire, modifiant la définition et les règles de l'architecture et plus généralement les modes de vie qu'elle concrétise.

Références

- ALEXANDROFF Georges & ALEXANDROFF Jeanne-Marie (1982), *Architectures et climats. Soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, Paris, Berger-Levrault.
- ANDERSON Bruce & RIORDAN Michael (1976), *Your Solar Home: Heating, Cooling and Designing with the Sun*, Harrisville, Cheshire Books.
- BALCOMB J. Douglas (1977), « Summary of the Passive Solar Heating and Cooling Conference », dans Merily KELLER (éd.), *Passive Solar Heating and Cooling Conference and Workshop Proceedings. May 18-19 1976, University of New-Mexico, Albuquerque, New Mexico*, Los Alamos, Los Alamos Scientific Laboratory, p. 1-4.
- BALCOMB J. Douglas, HEDSTROM James C. & MCFARLAND Robert D. (1977), « Simulation as a Design Tool », dans Merily KELLER (éd.), *Passive Solar Heating and Cooling Conference and Workshop Proceedings. May 18-19 1976, University of New-Mexico, Albuquerque, New Mexico*, Los Alamos, Los Alamos Scientific Laboratory, p. 238-246.
- BANHAM Reyner (1969/1984), *The Architecture of the Well-Tempered Environment*, Chicago, University of Chicago Press. Traduction française

- par Antoine CAZE : *L'Architecture de l'environnement bien tempéré*, Orléans, HYX, 2011.
- BARBER Daniel A. (2016), *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, New York, Oxford University Press.
- BARDOU Patrick & ARZOUMANIAN Varoujan (1978a), *Analyse critique de l'intégration de l'énergie solaire à l'architecture*, Thèse de troisième cycle, Unité Pédagogique d'Architecture de Marseille-Luminy.
- BARDOU Patrick & ARZOUMANIAN Varoujan (1978b), *Archi de soleil*, Marseille, Parenthèses.
- BARDOU Patrick & ARZOUMANIAN Varoujan (1978c), *Archi de terre*, Marseille, Parenthèses.
- BORASI Giovanna & ZARDINI Mirko (dir.) (2007), *Désolé, plus d'essence. L'innovation architecturale et la crise pétrolière de 1973*, Mantoue/Montréal, Corraini/Centre Canadien d'Architecture.
- BORGMANN Albert (1987), *Technology and the Character of Contemporary Life: A Philosophical Inquiry*, Chicago, University of Chicago Press.
- BOUET Paul (2020), « Le Mur Trombe », dans François JARRIGE & Alexis VRIGON (éds.), *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, p. 249-263.
- BUTTI Ken & PERLIN John (1980), *A Golden Thread. 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, New York, Van Nostrand Reinhold Company.
- CARDONNEL Christian (1983), *Solaire actif et passif. Conception, bilan thermique, habitat*, Paris, Les Éditions parisiennes chaud froid plomberie.
- CHAREYRE Robert (1978), *La Maison autonome*, Paris, Alternative et Parallèles.
- CHAUVIN-MICHEL Marion (2012), *Architectures solaires et politiques énergétiques en France de 1973 à 1985*, Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- FERNANDEZ-GALIANO Luis (1991), *El fuego y la memoria. Sobre arquitectura y energía*, Madrid, Alianza. Traduction anglaise par Gina GARIÑO : *Fire and Memory. On Architecture and Energy*, Cambridge, The MIT Press, 2000.
- FITCH James M. (1947), *American Buildings: The Forces that Shape It*, Cambridge, The Riverside Press.
- GAILLARD Clément (2020), « L'approche énergétique de l'architecture vernaculaire : genèse et développement », *Socio-anthropologie*, vol. 42, p. 67-80.
- GAILLARD Clément (2022), *Moduler le climat. Genèse, développement et significations de la conception bioclimatique en architecture (1947-1986)*, Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- GRAS Alain (1997), *Les Macro-systèmes techniques*, Paris, Presses universitaires de France.

- HAY Harold (1977), « Atascadero Residence », dans Merily KELLER (éd.), *Passive Solar Heating and Cooling Conference and Workshop Proceedings. May 18-19 1976, University of New-Mexico, Albuquerque, New Mexico*, Los Alamos, Los Alamos Scientific Laboratory, p. 101-107.
- HOLTZ Michael J. (1977), « Definition of Passive Systems: The Need for a Supplemental Terminology », dans Merily KELLER (éd.), *Passive Solar Heating and Cooling Conference and Workshop Proceedings. May 18-19 1976, University of New-Mexico, Albuquerque, New Mexico*, Los Alamos, Los Alamos Scientific Laboratory, p. 167-168.
- JARRIGE François & VRIGON Alexis (éds.), (2020), *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte.
- KELBAUGH Doug (1976), « Solar Home in New Jersey », *Architectural Design*, vol. 46, n° 11, p. 653-656.
- LAIGNELOT Bob (1978), « L'Expérience d'un architecte habitant sa propre maison solaire », *Énergies nouvelles et développement régional. Compte-rendu intégral du colloque, Castres 12-18 juin 1978*, Paris, Applications de Recherches sur l'Énergie et la Société, p. 73-75.
- LEWINO Frédéric (1979), « Guide de la construction », *Le Sauvage*, vol. 66, p. 17-26.
- LOPEZ Fanny (2014), *Le Rêve d'une déconnexion : de la maison autonome à la cité auto-énergétique*, Paris, La Villette.
- MANIAQUE Caroline (2014), *Go West ! Des architectes au pays de la contre-culture*, Marseille, Parenthèses.
- MAROT Sébastien (2016), « Hearthbreaking », dans Amina SELLALI (éd.) *Marnes, documents d'architecture*, vol. 4, p. 414-467.
- MAZRIA Edward (1979), *The Passive Solar Energy Book. A Complete Guide to Passive Solar Home, Greenhouse and Building Design*, Emmaus, Rodale Press. Traduction française par Pierre BAZAN : *Le Guide de l'énergie solaire passive*, Roquevaire, Parenthèses, 1981.
- MENARD Jean-Pierre (1980), *Maisons solaires. Premiers bilans*, Paris, Le Moniteur.
- MISSEWARD André (1947), *Le Chauffage des habitations*, Paris, Presses universitaires de France.
- MOORCRAFT Colin (1973), « Solar Energy in Housing », *Architectural Design*, vol. 43, n° 10, p. 634-661.
- NICOLAS Frédéric, TRAISNEL Jean-Pierre & VAYE Marc (1974), *La Face cachée du soleil. Énergie solaire et architecture*, Paris, Bricolo-Lézardeur.
- PEHLIVANIAN Sophie (2014), *Histoire de l'énergie solaire en France : science, technologies et patrimoine d'une filière d'avenir*, Thèse de doctorat, Université de Grenoble.

- PEHLIVANIAN Sophie (2020), « La Mise en fiction de l'énergie solaire », dans François JARRIGE & Alexis VRIGON (éds.), *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, p. 353-365.
- PERROT Marcel (1963), *La Houille d'or, ou l'énergie solaire*, Paris, Fayard.
- RODITI David (2011), *Ventilation et lumière naturelles*, Paris, Eyrolles.
- RUBINSTEIN Michel & LEPOIVRE Jean-Pierre (1982), « Recherche scientifique et conception architecturale dans le domaine des composants », *Architecture solaire. Solar architecture. Compte-rendu de la Conférence Internationale tenue à Cannes, France, du 13 au 16 décembre 1982*, Paris, Technique et documentation-Lavoisier, p. 402-406.
- RYBCZYNSKI Witold (1980), *Paper Heroes: A Review of Appropriate Technology*, Garden City, Anchor Press/Doubleday. Traduction française par Hubert GUILLAUD & Witold RYBCZYNSKI : *Paper Heroes. Un regard sur la technologie appropriée*, Roquevaire, Parenthèses, 1983.
- SIMONDON Gilbert (2006), « Mentalité technique », *Revue Philosophique de la France et de l'étranger*, vol. 131, n° 3, p. 343-357.
- TEISSIER Pierre (2013), « Le Solaire passif à l'ombre de la politique énergétique française, 1945-1986 », *Annales historiques de l'électricité*, vol. 11, p. 11-25.
- WRIGHT David (1978a), « L'Architecture bioclimatique », *Énergies nouvelles et développement régional. Compte-rendu intégral du colloque, Castres 12-18 juin 1978*, Paris, Applications de Recherches sur l'Énergie et la Société, p. 68-70, 81-86.
- WRIGHT David (1978b), *Natural Solar Architecture: A Passive primer*, New York, Van Nostrand Reinhold Inc. Traduction française par Pierre BAZAN : *Soleil, nature, architecture*, Marseille, Parenthèses, 1979.
- YELLOTT John I. (1978), « Passive Systems for Solar Heating and Cooling – Historical Perspective », dans Dan PROWLER, Ian DUNCAN & Bob BENNETT (éds.), *Passive Solar State of the Art: Proceedings of the 2nd National Passive Solar Conference, March 16-18, 1978, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania*, 3 volumes, Boulder, American Section of the International Solar Energy Society, Volume 1, p. 1-4.