Le climat est-il une ressource ?

Perspectives historiques à partir de la conception bioclimatique en architecture

Is the climate a resource? Historical perspectives of bioclimatic architectural design

Clément Gaillard

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/craup/6928>

DOI : 10.4000/craup.6928

ISSN : 2606-7498

Éditeur

Ministère de la Culture

Référence électronique

Clément Gaillard, « Le climat est-il une ressource ? », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* [En ligne], 11 | 2021, mis en ligne le 20 mai 2021, consulté le 13 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/craup/6928> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/craup.6928>

Ce document a été généré automatiquement le 13 janvier 2022.

Les Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France.

Le climat est-il une ressource ?

Perspectives historiques à partir de la conception bioclimatique en architecture

Is the climate a resource? Historical perspectives of bioclimatic architectural design

Clément Gaillard

- 1 L'idée que le climat, que l'on définit généralement comme la « succession des circonstances atmosphériques et météorologiques, propre à une région du globe¹ », puisse être une ressource en architecture semble, *a priori*, inhabituelle. Pour de nombreux ingénieurs thermiciens du milieu du XX^e siècle, le climat constituait même l'inverse d'une ressource. Les facteurs physiques de l'atmosphère étaient considérés sous l'angle des déperditions thermiques et des surchauffes qu'ils occasionnaient par les vitrages dans les climats chauds, ou durant certaines périodes ensoleillées dans les climats tempérés, obligeant parfois à surdimensionner les équipements de conditionnement d'air². L'étude du climat était ainsi reléguée aux chapitres « charges de chauffage » (*heating load*) et « charges de refroidissement » (*cooling load*) des manuels de conditionnement d'air³, assimilant les effets du climat à des contraintes et des sources de dépenses.
- 2 Ce point de vue paraît cependant marginal. On trouve dans l'histoire de l'architecture de nombreux exemples d'une prise en compte du climat, considéré comme une source d'apports favorables pour une construction, ainsi qu'un agrément nécessaire à l'épanouissement des habitants. Une grande quantité de travaux, parfois anciens, issus d'architectes⁴ mais aussi de géographes⁵, ont ainsi mis en évidence la cohérence des techniques et des formes des constructions vernaculaires et traditionnelles par rapport aux climats où elles se situent. À la fin du XIX^e siècle, les recherches des hygiénistes, préoccupés par les effets sanitaires favorables de l'ensoleillement et du renouvellement d'air, encourageant l'étude des effets du climat et sa prise en compte dans la conception de l'architecture⁶. Ces recherches seront reprises par les architectes modernes au début du XX^e siècle, dans la perspective d'une « climatothérapie⁷ », où le soleil, le vent et l'air pur apparaissent comme nécessaires au plein épanouissement de l'homme moderne⁸.

La première moitié du XX^e siècle est également marquée par le développement des techniques de captage de l'énergie solaire à des fins de chauffage domestique, qu'il s'agisse de techniques solaires actives, développées dans différentes universités américaines⁹, ou de techniques solaires passives, sur lesquelles nous reviendrons.

- 3 Si l'ensemble de ces recherches théoriques et de ces réalisations montrent une prise en compte effective du climat, des qualités des climats locaux et de leurs apports, pour autant, il serait abusif d'affirmer que le climat y est appréhendé comme une ressource. Une ressource existe en relation à des besoins identifiés, souvent anthropocentrés, et elle dépend des moyens techniques disponibles pour l'extraire, la capter et l'utiliser¹⁰. L'histoire des techniques enseigne que ce qui peut être défini comme une ressource à une époque et dans une société donnée dépend nécessairement des facteurs psychosociologiques et techniques ; la perception de ce qu'est une ressource varie au cours du temps. La prise de conscience de l'existence d'une ressource peut néanmoins être définie comme la découverte d'un *potentiel* entre des besoins identifiés d'une part, et des moyens techniques qui rendent disponible l'exploitation ou l'utilisation d'un gisement correspondant à ces besoins d'autre part.
- 4 Or, c'est à l'occasion d'une prise de conscience des dépenses énergétiques engendrés par les systèmes de conditionnement d'air, croisée au souci d'appliquer plus scrupuleusement les connaissances des climatologues et des météorologues dans la conception en architecture et en urbanisme, que le climat a été considéré comme une ressource. Cette idée apparaît dans des travaux de météorologues américains dès la fin des années 1940 et se prolonge dans les préoccupations à l'origine de la conception bioclimatique en architecture, qui est formalisée au début des années 1950 aux États-Unis, et qui se développe au début des années 1970, jusqu'au milieu des années 1980, en Europe et ailleurs, sous l'impulsion du premier choc pétrolier. Ces recherches se sont essentiellement centrées sur les climats tempérés, où la saisonnalité complexifie la prise en compte des phénomènes climatiques.
- 5 Le présent article a pour objet d'explorer cette prise de conscience du climat comme ressource, telle qu'elle transparaît à travers la naissance et le développement de la conception bioclimatique en architecture. Il vise à démontrer que si le climat y est considéré comme une ressource, cette ressource apparaît comme équivoque et difficilement utilisable. Ce problème a alimenté de nombreux débats sur le mode de captage des énergies issues du climat, notamment relatifs à l'utilisation de l'énergie solaire, qui a concentré l'essentiel de ces recherches. Pour ce faire, nous nous appuyons sur des articles, des manuels et des archives qui couvrent la naissance et le développement de la conception bioclimatique, entre la fin des années 1940 et le début des années 1980, ainsi que sur des entretiens menés avec des acteurs ayant participé à la promotion de la conception bioclimatique en France¹¹. Le propos sera essentiellement chronologique et concentré sur quelques moments importants pour le développement de cette méthode de conception.

La prise de conscience de la ressource climatique

- 6 L'idée que le climat puisse être assimilé à une ressource est contemporaine de la découverte d'une décroissance rapide de la disponibilité des ressources fossiles. À la suite de la Seconde Guerre mondiale, des préoccupations relatives à la raréfaction grandissantes des ressources pétrolières et gazières émergent aux États-Unis¹². Les

pénuries entraînées par la guerre et l'exploitation accélérée des gisements ont précipité leur épuisement, et des géophysiciens comme Marion King Hubbert (1903-1989) prédisent dès la fin des années 1940 l'arrivée d'un pic de production pétrolier et gazier aux États-Unis, connu sous le nom de « pic de Hubbert¹³ ». Parallèlement, l'effort de guerre a mobilisé les connaissances ainsi que la formation de nombreux météorologues et climatologues pour la prévision du temps, en vue de la préparation des opérations militaires de l'armée américaine. Au sortir de la guerre, ces scientifiques sont à la recherche de domaines susceptibles de profiter des progrès accomplis en météorologie et en climatologie.

- 7 Parmi eux, on trouve le météorologue et climatologue américain d'origine allemande Helmut Landsberg (1906-1985), à l'origine du développement des méthodes statistiques en météorologie. En 1946, Landsberg publie dans la revue *The Scientific Monthly* un article intitulé « Climate as a Natural Resource » (« Le Climat comme ressource naturelle »)¹⁴. Cet article manifeste les préoccupations énergétiques évoquées précédemment. Landsberg y soutient que « contrairement aux ressources minérales, le climat est inépuisable¹⁵ ». Conscient des progrès effectués par la météorologie pendant la Seconde Guerre, il affirme que le développement des connaissances climatiques et des données météorologiques ne doit pas seulement servir des fins militaires¹⁶. Parmi les domaines où ces connaissances seraient profitables, il évoque en premier lieu le domaine du logement, dans lequel il estime que d'importantes économies peuvent être réalisées par une meilleure prise en compte du climat lors de leur conception. Landsberg souligne par exemple l'intérêt pour la prévision des besoins de chauffage des habitations de disposer de nombreuses données relatives à la fréquence des vents dominants, qui sont indisponibles à l'époque¹⁷. Il fait le même constat en ce qui concerne les données relatives à l'ensoleillement, et affirme que la « lacune la plus importante dans nos connaissances est le manque de données sur l'intensité du rayonnement solaire¹⁸ ». Il appelle à multiplier les stations qui collecteraient ces données et qui permettraient d'évaluer l'importance du flux solaire « comme une source additionnelle de chaleur¹⁹ » dans les constructions utilisant des matériaux modernes à base de verre. Cet article de Landsberg croise plusieurs problématiques : d'une part, l'auteur affirme que les connaissances des météorologues et des climatologues sont susceptibles de générer des économies dans de nombreux champs de l'activité humaine, et notamment dans l'habitation ; d'autre part, il présente le climat comme une ressource inépuisable et comme une alternative aux ressources minérales.
- 8 Les travaux de Landsberg, et ceux d'autres climatologues comme Paul Siple (1908-1968), soulignent l'intérêt de la prise en compte du climat et du microclimat dans l'aménagement urbain, ainsi que dans la conception des logements individuels. Ces travaux trouvent un écho chez l'architecte et historien de l'architecture James Marston Fitch (1909-2000), auteur en 1947 d'un ouvrage célèbre intitulé *American Buildings: The Forces that Shape It*. Architecte de formation, Fitch a fait partie des météorologues formés sur le tas pour les besoins de l'effort de guerre et avait été engagé par l'US Air Force pendant la Seconde Guerre mondiale²⁰. Cette sensibilité au climat se retrouve dans l'ouvrage *American Buildings*, dans lequel Fitch analyse l'évolution des constructions sur le territoire américain à partir du climat et insiste sur l'intérêt d'une meilleure compréhension des phénomènes climatiques, en vue de leur utilisation dans la conception des habitations, en s'appuyant entre autres sur des publications d'Helmut

Landsberg²¹. Il plaide pour une meilleure intégration des phénomènes climatiques, évoquant l'importance grandissante du conditionnement mécanique de l'air et de l'éclairage artificiel. Pour lui, le problème ne consiste pas à opposer le « conditionnement d'air contre les brises marines ou les tubes néons contre le soleil²² », mais à « intégrer les deux au niveau le plus élevé possible²³ ». Avec un ton nettement plus critique que Landsberg, il affirme que d'« énormes quantités d'énergie naturelle sont disponibles²⁴ », mais que « tout cela est ignoré, tandis que les chaudières, les générateurs et les unités de refroidissement travaillent pour compenser la négligence²⁵ ».

- 9 Ces considérations sur les ressources climatiques et la disponibilité des énergies naturelles issues du climat ne sont alors pas propres aux météorologues et aux architectes. Eugene Ayres (1891-1973), assistant technique d'une grande compagnie d'exploration pétrolière, propose en 1948, dans un article intitulé « Major Sources of Energy » (« Sources majeures d'énergie »), d'envisager l'utilisation des ressources du climat, dont il affirme qu'elles sont « renouvelables²⁶ ». Cette idée, aujourd'hui commune, est nouvelle à l'époque, et l'article d'Eugene Ayres est alors considéré comme particulièrement novateur²⁷. Il propose de distinguer les sources d'énergie « capitalisées », comme le pétrole, le gaz ou l'uranium, et les sources d'énergies qui forment un « gain » (*income*) utilisable de manière continue. Dans cette dernière catégorie, on retrouve l'énergie solaire, l'énergie éolienne, ainsi que la géothermie. Cette distinction entre les « gains » et les ressources « capitalisées » est également utilisée par Landsberg, dans son article de 1946, où il différencie le « capital » limité des ressources minérales et le « gain climatique » (*climatic income*), qui regroupe le vent, la pluie ou le rayonnement solaire²⁸.

Le climat, une ressource équivoque pour le concepteur

- 10 Les travaux évoqués précédemment sur l'intégration du climat comme ressource et l'utilisation des énergies naturelles dans le but de minimiser le recours aux énergies fossiles pour le chauffage et la climatisation ont eu une influence déterminante sur l'émergence de la conception bioclimatique en architecture. Parmi les acteurs à l'origine de cette méthode de conception, on trouve l'architecte Victor Olgyay (1910-1970), qui a travaillé à adapter les connaissances de la climatologie à la conception architecturale avec son frère jumeau Aladár Olgyay. Tout un pan de leurs recherches a consisté à étudier les protections solaires (brise-soleil, auvent, persienne...) et les stratégies permettant d'éviter de capter le rayonnement solaire, qui sont présentées dans un ouvrage publié en 1957²⁹. Victor Olgyay a formalisé des méthodes permettant d'intégrer les facteurs climatiques et les données météorologiques dans les processus de conception. Le premier article qu'il publie sur le sujet date de 1951. Il est intitulé « The Temperate house » (« La Maison tempérée ») et s'appuie, entre autres, sur les travaux de Landsberg, qu'il mentionne. L'article porte sur la conception d'une maison individuelle à partir de l'exposition solaire, le but étant de produire une ambiance intérieure confortable par des « moyens naturels³⁰ ». Olgyay affirme que l'utilisation de l'énergie solaire a été négligée et que

tout ce rayonnement solaire non converti signifie une immense quantité d'énergie naturelle dont le concepteur doit se soucier. Son problème particulier est de construire un abri qui s'adaptera à la variation saisonnière, quotidienne et horaire de l'intensité du rayonnement solaire³¹.

- 11 Il apparaît dans cet extrait que l'énergie du climat non utilisée est perdue, comme si le concepteur qui ne prenait pas conscience de cette ressource climatique était contraint de la gaspiller inutilement.
- 12 Dans *Design with Climate*, son ouvrage majeur de 1963 à l'origine de la popularisation du terme « bioclimatique », Victor Olgyay prolonge et complexifie cette intuition. Dans la continuité de son article de 1951, il reproche l'emploi irréflecti des systèmes de conditionnement d'air, qui sont dispendieux en énergie, et définit la démarche de conception de l'architecte en ces termes :
- L'objectif de la conception thermique d'une structure est d'établir un environnement intérieur qui se rapproche le plus des conditions de confort dans un environnement climatique donné. En termes d'architecture, cela signifie que la planification et la structure d'un bâtiment doivent utiliser les possibilités naturelles pour améliorer les conditions sans l'aide d'appareils mécaniques³².
- 13 Le but du concepteur est, selon lui, de concevoir une construction « climatiquement équilibrée ». Il écrit à ce propos :
- Toute énergie thermique captée pendant les périodes de demande de chauffage [*underheated periods*] réduira les coûts de chauffage ; toute quantité de chaleur empêchée d'atteindre l'intérieur pendant les moments de surchauffe [*overheated times*] réduira les dépenses de refroidissement³³.
- 14 Le problème de la conception bioclimatique en climat tempéré consiste à établir un équilibre entre les périodes où les énergies incidentes du climat doivent être captées et celles où ces énergies doivent être défléchies et maintenues à l'extérieur par des protections appropriées. Une construction ou un aménagement en climat tempéré doit répondre à ces besoins apparemment contradictoires et continuellement variables. En pratique, le climat apparaît alternativement comme une ressource et une antiressource : le soleil, durant certaines périodes de l'année dans les climats tempérés, et durant toute l'année dans les climats tropicaux ou arides, est une ressource qu'il faut éviter de capter, afin de ne pas augmenter l'échauffement des parois. Ainsi, la difficulté consiste à corréliser l'utilisation des énergies issues du climat aux périodes durant lesquelles celles-ci sont nécessaires et désirées.
- 15 Pour Olgyay comme pour d'autres architectes par la suite, l'étude du rayonnement solaire donne une première approximation des caractéristiques d'un climat, mais l'ensoleillement n'est qu'une ressource climatique parmi d'autres : le vent, mais aussi l'amplitude des températures ou la faible humidité absolue sont des facteurs et des éléments climatiques qui constituent une ressource potentiellement exploitable. Le vent et les brises peuvent générer un apport bénéfique pour le rafraîchissement dans certains climats ou durant une période de l'année dans les climats tempérés, mais ils peuvent à l'inverse être source de déperditions thermiques importantes. Victor Olgyay a ainsi posé les problèmes de planification urbaine dans les climats froids et tempérés en essayant de dévier la circulation des vents indésirables, tout en admettant les vents favorables en période chaude, notamment en climat tempéré³⁴. Ce problème est résolu simplement si la direction des vents dominants change au cours de l'année ou par l'emploi de haies brise-vent à feuillage caduc. Dans cette perspective, de nombreux chercheurs se sont consacrés à l'étude des problèmes d'écoulement du vent à partir des années 1970, comme Alain Guyot et Jacques Gandemer en France³⁵.
- 16 Certains climats sont susceptibles de fournir d'autres ressources climatiques, comme une faible humidité absolue de l'air, également identifiée par Olgyay³⁶. La faible

humidité de l'air permet de favoriser le rafraîchissement nocturne des constructions dans les climats chauds et secs, et dans les zones désertiques, par rayonnement thermique vers la voûte céleste. Ce phénomène est naturellement à l'œuvre dans de nombreuses régions du monde, mais il peut être considérablement favorisé par le choix de matériaux très émissifs au rayonnement de grande longueur d'onde. L'architecte israélien Baruch Givoni (1920-2020) a utilisé ce phénomène afin de produire ce qu'il nomme un « rafraîchissement radiatif » (*radiant cooling*) dans les climats chauds et secs³⁷. La diversité des ressources climatiques identifiées par Olgyay et ceux qui ont prolongé ses travaux illustrent le fait que le climat n'est pas une ressource univoque : chaque type de climat dispose de ressources caractérisées, qui peuvent être décorréliées des besoins qui changent périodiquement (saisons, alternance jour/nuit ...).

Le potentiel d'une ressource climatique : le cas de l'étude du gisement solaire

- 17 À la suite des travaux de Victor et d'Aladár Olgyay, le développement de la conception bioclimatique en architecture a suivi deux directions, entre la fin des années 1960 et le début des années 1980, une période marquée par les chocs pétroliers. D'un côté, des chercheurs et des architectes poursuivent les recherches théoriques sur les outils, les calculs et les méthodes susceptibles d'améliorer la prise en compte du climat dans la conception. De l'autre, des ingénieurs et des inventeurs mettent au point de nombreuses techniques conçues pour tirer parti d'une ressource climatique, notamment du rayonnement solaire, ce qui a abouti aux techniques solaires passives. L'ensemble des acteurs s'accordent alors sur le fait que la conception bioclimatique et l'architecture solaire passive sont deux approches complémentaires d'un même problème³⁸, selon que l'on s'intéresse aux méthodes relatives à la prise en compte du climat, ou aux techniques permettant de rendre utilisable les énergies issues du climat.
- 18 Le développement des techniques solaires passives a débuté avec l'emploi de larges baies à double vitrage au sud, utilisées dès la fin des années 1930 par George Fred Keck (1895-1980) aux États-Unis afin de contribuer au chauffage des habitations³⁹. Les développements de ces techniques très simples et de techniques de captage plus sophistiquées vont de pair avec une estimation du « gisement solaire », à l'échelle mondiale et nationale. Comme le faisait déjà remarquer Landsberg en 1946, les mesures du gisement solaire nécessitent un important déploiement d'appareils de mesure (pyrhéliomètres, actinomètres...). Celles-ci existent depuis le début du XX^e siècle à l'échelle de quelques localités : en France, Félix Marboutin et Alfred Henry ont notamment utilisé des mesures actinométriques afin de déterminer l'orientation optimale des immeubles⁴⁰, et des travaux analogues ont été menés aux États-Unis par William Atkinson à la même période⁴¹. Ce type de mesure s'est généralisé dans la seconde moitié du XX^e siècle et notamment après la première crise de l'énergie en 1973. Dès la fin des années 1940, le climatologue Paul Siple a étudié les possibilités d'utiliser l'énergie solaire aux États-Unis et proposé une carte distinguant trois zones géographiques de « faisabilité maximum », de « faisabilité technique » et de « faisabilité minimum » pour l'utilisation de l'énergie solaire⁴². Il a ainsi mis en évidence l'inégal potentiel d'utilisation de la ressource solaire.
- 19 En France, des météorologues importants comme Christian Perrin de Brichambaut (1928-1995), ont développé des recherches analogues sur la mesure et l'estimation du

rayonnement solaire en vue de son utilisation directe⁴³. Les recherches sur les applications de l'énergie solaire, comme celles de Félix Trombe (1906-1985) à Mont-Louis, puis au four solaire d'Odeillo-Font-Romeu, illustrent les avancées dans ce domaine⁴⁴. Alors qu'il était ingénieur au four solaire d'Odeillo, Jean-François Tricaud est chargé par Félix Trombe et le CNRS de réaliser un atlas complet du gisement solaire en France⁴⁵. Cet atlas est présenté en 1976 et publié en 1978 sous le titre *Atlas énergétique du rayonnement solaire en France*⁴⁶. L'ouvrage reproduit un ensemble de cartes intégrant les valeurs d'ensoleillement mensuels et constitue la première grande synthèse sur le potentiel d'utilisation directe de l'énergie solaire en France, en fonction de différents paramètres comme les périodes de l'année. Il illustre les régions où le potentiel d'utilisation de l'énergie solaire est le plus favorable et met en évidence l'importance de l'inclinaison des surfaces de captage.

- 20 Les travaux sur les gisements solaires vont également intéresser les architectes associés à la conception bioclimatique. Jean-Louis Izard, architecte membre du groupe A.B.C., un laboratoire de recherche sur la conception bioclimatique de l'école d'architecture de Marseille-Luminy, publie au début des années 1980 un rapport intitulé *Le gisement solaire et le projet d'architecture*⁴⁷. En plus des valeurs d'ensoleillement, il intègre des outils de géométries solaires développés précédemment par des ingénieurs pour l'étude des masques, des protections solaires et des saillies afin de modéliser précisément les apports solaires au niveau des ouvertures. Il écrit dans l'introduction :

La conception « bioclimatique » de l'architecture nécessite la prise en compte de la quantité d'énergie solaire que reçoit chaque surface de vitrage considéré comme « capteur ». Cette quantité d'énergie dépend de facteurs extérieurs à l'architecture, tels que la latitude du lieu, le type de climat régnant sur le site et la forme de de l'environnement immédiat. Mais la quantité d'énergie réellement reçue sur les surfaces captrices dépend aussi de facteurs purement architecturaux tels que : l'orientation et l'inclinaison de ces surfaces et les formes des éléments architecturaux qui les entourent⁴⁸.

- 21 On retrouve dans ce passage les principes de la conception bioclimatique évoqués précédemment et la simplification caractéristique qui consiste à utiliser le rayonnement solaire comme une première approximation des spécificités d'un climat. Dans cet extrait, l'importance donnée au captage est tempérée par la nécessité de protection solaire, qui est « appelée à jouer un rôle aussi important que le captage⁴⁹ ». Cette ambivalence du gisement solaire, qu'il est possible de capter, mais dont il est également nécessaire de se prémunir, traduit l'équivocité de cette ressource climatique que nous avons déjà évoquée.

« Équité bioclimatique » et disparité d'accès aux ressources climatiques

- 22 Le développement de l'évaluation du gisement solaire a vraisemblablement eu pour conséquence de mettre en évidence l'importante disparité de répartition du rayonnement solaire direct, et donc du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire dans l'habitat, que ce soit à l'échelle du territoire francilien, mais aussi à l'échelle mondiale. En France, les mesures ont estimé que les durées moyennes de l'ensoleillement annuel direct varient quasiment du simple au double, entre le nord du pays (1 750 h/an), et les zones sèches ou d'altitude au sud du territoire (3 000 h/an). Le captage de l'énergie solaire est ainsi grandement favorisé dans le sud de la France, et la situation

géographique des fours solaires de Mont-Louis et d'Odeillo-Font-Romeu dans les hauteurs des Pyrénées-Orientales est justifiée par l'ensoleillement exceptionnel de cette région, propre à un climat régional.

- 23 Nous avons évoqué en introduction le fait qu'une ressource ne peut pas être décorrélée des techniques employées pour la capter ou l'utiliser. L'inégalité de répartition du gisement solaire a alimenté des discussions sur les choix techniques les plus appropriés dans le but de capter cette énergie. Il existe en effet différentes morphologies de capteurs solaires, que l'on regroupe généralement en deux catégories : les capteurs plans et les capteurs à concentration. Ces deux types de capteurs possèdent chacun leurs avantages et leurs inconvénients, et sont plus adaptés à un type d'ensoleillement particulier : les capteurs plans permettent de capter le rayonnement direct et diffus, mais ne permettent de produire que de basses températures, adaptées pour le chauffage ou la production d'eau chaude domestique. Les capteurs à concentration concentrent seulement le rayonnement direct et doivent être manipulés régulièrement pour suivre le soleil, mais ils permettent de produire des températures plus élevées.
- 24 La plupart des ouvrages sur l'énergie solaire de l'époque pointent l'intérêt des capteurs plans, qui nécessitent moins de manipulations, qui sont globalement plus robustes, plus faciles à fabriquer et surtout permettent de capter le rayonnement diffus. Un numéro spécial de la revue *L'Affranchi* décrit en ces termes les problèmes rencontrés par les capteurs à concentration :
- L'inconvénient des concentrateurs est qu'ils exigent une énergie rayonnante directe et que le moindre nuage « écroule » leur rendement. Leur usage, en des lieux où le ciel n'a pas vraiment tendance à être impeccablement bleu, dépare le bon sens. Reste alors à se servir des collecteurs-plan, ou autre, apte à s'emparer du rayonnement diffus⁵⁰.
- 25 Dans cet extrait, la disponibilité de l'énergie solaire et sa qualité déterminent le choix par défaut d'un capteur plan au détriment d'un système à concentration plus performant. Cependant, d'autres revues alternatives et très populaires, comme *Le Sauvage*, affirment que les capteurs plans n'ont qu'une performance médiocre et qu'il est plus judicieux d'avoir recours à des capteurs à concentration, permettant d'obtenir plus rapidement de l'eau chauffée⁵¹. Les discussions de cette époque relatives au captage de l'énergie solaire mettent en évidence le fait que l'accès à une ressource est indissociable des techniques employées pour la capter.
- 26 Les disparités d'accès à la ressource climatique existantes à l'échelle du territoire se retrouvent à d'autres échelles, qu'il s'agisse d'une même ville, d'un même quartier voire d'un même bâtiment. L'ingénieur et thermicien Robert Célaire a développé la notion « d'équité bioclimatique⁵² » pour traduire l'idée que deux logements, même implantés sur une même parcelle et dans un même climat local, ne bénéficient pas de ressources climatiques équivalentes. Dans le cas d'un immeuble, l'orientation des appartements, leur position en rez-de-chaussée ou au dernier étage modifient leur comportement thermique et les dépenses de chauffage ou de refroidissement qui y sont associées⁵³. Pour des appartements situés au même étage d'un même immeuble et bénéficiant d'une mono-exposition, respectivement à l'est ou à l'ouest par exemple, les performances en termes de confort thermique peuvent considérablement varier au cours d'une même journée, et sont susceptibles de générer un inconfort important, notamment dans les appartements orientés à l'ouest.

- 27 Ces problèmes d'« équités bioclimatiques » ont particulièrement animé les discussions des architectes et des urbanistes durant les années 1970 et le début des années 1980 en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie solaire en milieu urbain. Ces considérations ont abouti à la proposition d'instaurer un « droit au soleil⁵⁴ », dont la fonction aurait été de garantir par la réglementation un accès équitable à la ressource solaire en milieu urbain à chacune des constructions, empêchant par la même la construction de bâtiments susceptibles de créer des masques⁵⁵. Bien que ce « droit au soleil » ne se soit pas développé en France à cette époque, celui-ci a été mis en application aux États-Unis, notamment dans l'État du Nouveau-Mexique avec le *Solar Right Act*, voté en 1977⁵⁶. Ce document légal assimile « le droit du soleil à un droit de propriété⁵⁷ » et permet de résoudre les litiges relatifs à l'ensoleillement d'une parcelle. Ce « droit au soleil » constitue une tentative pour résoudre par la réglementation les problèmes d'« équité bioclimatique » à l'échelle de la ville et de l'îlot urbain.
- 28 Néanmoins, la prise en compte exclusive du rayonnement solaire par le « droit au soleil » en vue de résoudre les problèmes d'« équité bioclimatique » à l'échelle urbaine est insuffisante, dans la mesure où d'autres facteurs interviennent. En ce qui concerne l'ensoleillement, le problème des îlots de chaleur urbains, déjà identifié à l'époque, nécessiterait par contraste d'envisager un « droit à l'ombre » ou un « droit au rafraîchissement » durant certaines périodes de l'année. À l'inverse de la recherche du captage du rayonnement solaire pour le confort d'hiver, la production d'un rafraîchissement pour le confort d'été nécessite d'extraire l'énergie thermique accumulée par l'air et les surfaces construites, ce qui constitue un problème considérablement plus complexe⁵⁸. La résolution des problèmes d'îlots de chaleur urbains dans les climats tempérés doit mobiliser des techniques habituellement utilisées dans les climats chauds ou les zones tropicales sèches⁵⁹, comme les enduits extérieurs clairs, l'évaporation pour le refroidissement de l'air et des surfaces, ou l'exploitation de l'inertie thermique du sol⁶⁰. L'utilisation des variations diurnes de température, quand elles existent et sont suffisamment importantes⁶¹, peuvent servir à la fois pour la ventilation nocturne et le refroidissement des surfaces par « rafraîchissement radiatif⁶² ». L'emprunt de ces techniques et leur mise en œuvre dans un tissu urbain préexistant constitue un enjeu central de l'urbanisme à venir et nécessite la prise en compte d'autres ressources climatiques (amplitude diurne des températures, faible nébulosité...).
- 29 L'exposition aux vents dominants est également critique : source de rafraîchissement éventuel en été, ils restent à l'origine d'importantes déperditions thermiques en hiver. Des résultats déjà anciens avaient mis en évidence que les locaux orientés au sud/sud-ouest dans les bâtiments universitaires de Créteil nécessitaient paradoxalement une température de chauffage supérieure de 3°C en hiver par rapport aux autres locaux⁶³. Malgré les qualités de l'orientation sud/sud-ouest pour cette saison, cette exposition correspond aux vents dominants dans ce secteur et pour cette période de l'année, ce qui entraîne d'importantes déperditions thermiques⁶⁴. Sans généraliser cet exemple, il témoigne de la complexité pour prendre en compte l'« équité bioclimatique », ne serait-ce qu'au niveau d'un même bâtiment, notamment lorsqu'il dépend de facteurs très variables comme le vent, qui ont été mal pris en compte dans la conception de nombreux grands ensembles⁶⁵. Plus généralement, ces quelques exemples montrent que le climat apparaît comme une ressource essentiellement ambivalente.

Conclusion : la nature de la ressource climatique

- 30 Entre les années 1960 et 1980, on trouve dans la littérature consacrée aux énergies alternatives des expressions dérivées des énergies fossiles pour exprimer le « gisement » des énergies renouvelables : l'hydroélectricité était ainsi nommée « houille blanche », l'énergie marémotrice « houille bleue » et l'énergie solaire « houille d'or »⁶⁶. Le but était sans doute d'assimiler verbalement une ressource renouvelable à un gisement capitalisé et disponible. Nous avons tenté de montrer dans cet article que le climat peut être assimilé à une ressource, à condition de prendre compte les techniques qui permettent d'y accéder et de distinguer les périodes où l'utilisation de cette ressource est favorable de celles où elle est défavorable. Le climat n'est donc pas une ressource univoque. Appréhender le climat comme une ressource permet de ne pas envisager l'environnement d'une construction comme un milieu neutre ou une source de dépenses énergétiques nécessairement défavorables, mais comme un ensemble de potentiels susceptibles de fournir certains apports favorables par le choix de techniques appropriées. Cette approche redonne au climat son rôle actif et insiste sur l'importance des techniques employées pour en tirer parti.
- 31 En outre, penser le climat comme une ressource nécessite de prendre en considération la disparité de cette ressource, son intermittence, et les problèmes d'« équité bioclimatique » qui en résultent. Ce problème se pose aujourd'hui dans une perspective différente, dans la mesure où les phénomènes climatiques extrêmes se multiplient et provoquent de nouvelles disparités sur le territoire. Dans un rapport récent consacré aux conséquences du changement climatique sur les assurances et la protection des habitations, la Fondation pour l'innovation politique insiste sur la croissance des disparités et des inégalités face aux risques climatiques sur le territoire francilien⁶⁷. Les problèmes d'« équité bioclimatique », qui vise à accorder un accès équitable aux ressources climatiques, se posent aujourd'hui vis-à-vis de la prévention et de la protection face aux risques climatiques, ainsi que la répartition équitable des dépenses qui en résultent. L'émergence de ce type de problématique témoigne, selon nous, de l'actualité d'envisager le climat comme une ressource, avec toutes les ambivalences que ce point de vue implique.

BIBLIOGRAPHIE

L'Affranchi, « Énergie solaire et habitat. Utilisation domestique de l'énergie solaire », n° 59, 1977, Paris.

Georges Alexandroff, Jeanne-Marie Alexandroff, *Architectures et climats. Soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, Paris, Berger-Levrault (Architectures), 1982.

Jeffrey E. Aronin, *Climate & Architecture*. New York, Reinhold Publishing Corporation (Progressive Architecture Book), 1953.

Daniel A. Barber, *A House in the Sun : Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, New York, Oxford University Press, 2016.

Daniel A. Barber, *Modern Architecture and Climate : Design before Air Conditioning*, Princeton, Princeton University Press, 2020.

Patrick Bardou, Varoujan Arzoumanian, *Archi de soleil*, Marseille, Parenthèses, 1978.

Ken Butti, John Perlin, *A Golden Thread. 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1980.

Philippe Bihouix, Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux, un nouveau défi pour la société*, Les Ulis, EDP Sciences, 2010.

Claude Chaline, Jocelyne Dubois-Maury, *Énergie et urbanisme*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1983.

Arnaud Chneiweiss, José Bardaji, « Les Assureurs face au défi climatique », *Fondation pour l'innovation politique Fondapol*, août 2020.

Jean-Pierre Cordier (dir.), *Conception architecturale et RT 2012. Influence des facteurs énergétiques sur la forme des bâtiments*, Paris, Le Moniteur, 2013.

Farrington Daniels, *Direct Use of the Sun's Energy*, New Haven et Londres, Yale University Press, 1964.

Pierre Deffontaines, *L'Homme et sa maison*, Paris, Gallimard (Géographie humaine), 1972.

Jean Dollfus, *Les Aspects de l'architecture populaire dans le monde*, Paris, Albert Morancé, 1954.

Émile Duhot, *Les Climats et l'organisme humain*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1945.

James Marston Fitch, *American Building: The Forces that shape it*, Cambridge, The Riverside Press, 1947.

Clément Gaillard, « L'Approche énergétique de l'architecture vernaculaire », dans Sarah Claire, Anaël Marrec (dir.), *Socio-anthropologie*, n° 42, « Mémoire et énergie », 2020, pp. 67-80.

Jacques Gandemer, Alain Guyot, *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti. Guide méthodologique et conseils pratiques*, Paris, Ministère de l'Équipement/Ministère de la Qualité de vie, décembre 1976, 130 p.

Baruch Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, New York, John Wiley & Sons, 1998.

Heating, Ventilating and Air Conditioning Guide, vol. 27, New York, American Society of Heating and Ventilating Engineers, 1949.

Jean-Louis Izard, *Le Gisement solaire et le projet d'architecture*, Marseille, autoédition, s.d. (archives du groupe A.B.C./École d'architecture de Marseille-Luminy).

François Jarrige et Alexis Vrignon (dir.), *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020.

Otto Koenigsberger et al., *Manual of Tropical Housing and Building, Part 1 : Climatic Design*, Londres, Longman, 1974.

Victor Olgyay, *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton, Princeton University Press, 1963.

Victor Olgyay, Aladár Olgyay, *Solar Control and Shading Devices*, Princeton, Princeton University Press, 1957.

Victor Olgyay, « The Temperate House », *Architectural Forum: The Magazine of Building*, vol. 94, n° 3, New York, Time, 1951, pp. 179-194.

Christian Perrin de Brichambaut, Christian Vauge, *Le Gisement solaire : évaluation de la ressource énergétique*, Paris, Lavoisier (Technique et documentation), 1982.

Christian Perrin de Brichambaut, *Rayonnement solaire et échanges radiatifs naturels. Méthode actinométrique*. Paris, Gauthier-Villars (Monographie de météorologie), 1963.

Marcel Perrot, *La Houille d'or ou l'énergie solaire*, Paris, Fayard, (Bilan de la science), 1963.

Marcel Roubinet, *La Climatisation*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1970.

Le Sauvage, « Guide pratique de la maison solaire », n° 52, avril 1978, Paris.

Martica Sawin (éd.), *James Marston Fitch: Selected Writings on Architecture, Preservation and the Built Environment*, New York/Londres, W.W. Norton & Company, 2006.

Jean-Pierre Traisnel, *Le Métal et le verre dans l'architecture en France. Du mur à la façade légère*, thèse NR Urbanisme, université Paris 8-Saint-Denis/Institut français d'urbanisme, sous la dir. d'André Guillerme, 1997.

Jean-François Tricaud, *Atlas énergétique du rayonnement solaire en France*, Paris, PYC, 1978.

NOTES

1. Patrick Bardou et Varoujan Arzoumanian, *Archi de soleil*, Marseille, Parenthèses, 1978, p. 109.
2. Marcel Roubinet, *La Climatisation*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1970, p. 118.
3. *Heating, Ventilating and Air Conditioning Guide*, vol. 27, New York, American Society of Heating and Ventilating Engineers, 1949, pp. 270-324.
4. Jeffrey E. Aronin, *Climate & Architecture*, New York, Reinhold Publishing Corporation (Progressive Architecture Book), 1953, pp. 3-26. Georges Alexandroff et Jeanne-Marie Alexandroff, *Architectures et climats. Soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, Paris, Berger-Levrault (Architectures), 1982, pp. 17-137. Voir également Clément Gaillard, « L'Approche énergétique de l'architecture vernaculaire », dans Sarah Claire et Anaël Marrec (dir.), *Socio-anthropologie*, n° 42, « Mémoire et énergie », 2020, pp. 67-80.
5. Voir par exemple : Jean Dollfus, *Les Aspects de l'architecture populaire dans le monde*, Paris, Albert Morancé, 1954 ; Pierre Deffontaines, *L'Homme et sa maison*, Paris, Gallimard (Géographie humaine), 1972.
6. Daniel Siret, « Rayonnement solaire et environnement urbain : de l'héliotropisme au désenchantement, histoire et enjeux d'une relation complexe », *Développement durable et territoires*, vol. 4, n° 2 « Santé et environnement », juil. 2013, pp. 2-3.
7. Émile Duhot, *Les Climats et l'organisme humain*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1945, pp. 87-97.
8. Daniel Siret, « Rayonnement solaire et environnement urbain : de l'héliotropisme au désenchantement, histoire et enjeux d'une relation complexe », *op. cit.*, pp. 4-6.
9. Daniel A. Barber, *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, New York, Oxford University Press, 2016.
10. Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux, un nouveau défi pour la société*, Les Ulis, EDP Sciences, 2010, pp. 27-28.
11. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un travail de recherche doctoral portant sur la naissance de la conception bioclimatique, mené sous la direction de Sabine Barles à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

12. Daniel A. Barber, *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, op. cit., pp. 75-86.
13. *Ibid.*, pp. 86-88.
14. Helmut E. Landsberg, « Climate as a Natural Resource », *The Scientific Monthly*, vol. 63, n°4, oct. 1946, pp. 293-298.
15. *Ibid.*, p. 293 (n.b. : toutes les traductions sont de l'auteur).
16. *Ibid.*, p. 294.
17. *Ibid.*, p. 295.
18. *Ibid.*
19. *Ibid.*
20. Martica Sawin (éd.), *James Marston Fitch: Selected Writings on Architecture, Preservation and the Build Environment*, New York/Londres, W.W. Norton & Company, 2006, p. 222.
21. James Marston Fitch, *American Building: The Forces that shape it*, Cambridge, The Riverside Press, 1947, p. 292.
22. *Ibid.*, p. 290.
23. *Ibid.*
24. *Ibid.*, p. 297.
25. *Ibid.*
26. Daniel A. Barber, *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, op. cit., p. 84.
27. *Ibid.*
28. Helmut E. Landsberg, « Climate as a Natural Resource », op. cit., p. 297.
29. Victor Olgyay et Aladár Olgyay, *Solar Control and Shading Devices*, Princeton, Princeton University Press, 1957.
30. Victor Olgyay, « The Temperate House », *Architectural Forum: The Magazine of Building*, vol. 94, n°3, New York Time, 1951, p. 179.
31. *Ibid.*, pp. 180-181.
32. Victor Olgyay, *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton, Princeton University Press, 1963, p. 126.
33. *Ibid.*, p. 126.
34. Victor Olgyay, *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, op. cit., pp. 99-100 et 154-165.
35. Jacques Gandemer et Alain Guyot, *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti. Guide méthodologique et conseils pratiques*, Paris, Ministère de l'Équipement/Ministère de la Qualité de vie, déc. 1976.
36. Victor Olgyay, *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, op. cit., p. 34.
37. Baruch Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, New York, John Wiley & Sons, 1998, p. 191.
38. Patrick Bardou, Varoujan Arzoumanian, op. cit., p. 39.
39. Daniel A. Barber, *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, op. cit., pp. 21-32.
40. Jean-Pierre Traisnel, *Le Métal et le verre dans l'architecture en France. Du mur à la façade légère*, thèse NR Urbanisme, université Paris 8-Saint-Denis/Institut français d'urbanisme, 1997, pp. 110-115.
41. Ken Butti et John Perlin, *A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1980, pp. 176-177.
42. Daniel A. Barber, *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*, op. cit., p. 111.
43. Christian Perrin de Brichambaut, *Rayonnement solaire et échanges radiatifs naturels. Méthode actinométrie*. Paris, Gauthier-Villars (Monographie de météorologie), 1963.

44. Paul Bouet, « Le Mur Trombe », dans François Jarrige et Alexis Vrignon (dir.), *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020, pp. 249-263.
45. Entretien avec Jean-François Tricaud, le 18 oct. 2019 à Odeillo-Font-Romeu.
46. Jean-François Tricaud, *Atlas énergétique du rayonnement solaire en France*, Paris, PYC, 1978.
47. Jean-Louis Izard, *Le Gisement solaire et le projet d'architecture*, Marseille, autoédition, 1980.
48. *Ibid.*, p. 3. Cet atlas et celui de Tricaud seront complétés par l'étude de Christian Perrin de Brichambaut intitulée *Le Gisement solaire : évaluation de la ressource énergétique* publiée en 1982.
49. *Ibid.*
50. Pierre Le Chapellier, « Une Architecture solaire ? », *L'Affranchi*, « Énergie solaire et habitat. Utilisation domestique de l'énergie solaire », n° 59, 1977, Paris, p. 37.
51. *Le Sauvage*, « Guide pratique de la maison solaire », n° 52, avril 1978, Paris, p. 18.
52. Entretien avec Robert Célaire, le 17 juillet 2020, à Lambesc.
53. Les masques désignent les éléments portant ombrage sur une façade.
54. Entretien avec Bob Laignelot, le 28 janvier 2020, à Ventenac-Cabardès.
55. Claude Chaline et Jocelyne Dubois-Maury, *Énergie et urbanisme*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1983, p. 107.
56. *Ibid.*, p. 110.
57. *Ibid.*
58. Entretien avec Jean-Pierre Traisnel, le 13 juin 2019, à Paris.
59. Voir Otto Koenigsberger et al., *Manual of Tropical Housing and Building*, Part 1, *Climatic Design*, Londres, Longman, 1974.
60. Baruch Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, op. cit., pp. 196-211.
61. Une période de canicule est caractérisée par une très faible variation diurne des températures ainsi qu'une humidité importante, qui limitent considérablement les performances des techniques passives que nous évoquons et légitime l'utilisation des systèmes de climatisation conventionnels.
62. *Ibid.*, pp. 191-196.
63. Claude Chaline et Jocelyne Dubois-Maury, *Énergie et urbanisme*, op. cit., p. 35.
64. *Ibid.*
65. *Ibid.*
66. Marcel Perrot, *La Houille d'or ou l'énergie solaire*, Paris, Fayard, 1963 (Bilan de la science).
67. Arnaud Chneiweiss et José Bardaji, « Les Assureurs face au défi climatique », *Fondation pour l'innovation politique Fondapol*, août 2020.

RÉSUMÉS

Cet article vise à étudier dans quelles conditions le climat peut être considéré comme une ressource, à partir du développement de la conception bioclimatique en architecture. Il s'appuie sur l'étude d'archives et d'entretiens avec des acteurs, afin de montrer la manière dont cette méthode de conception s'est historiquement structurée suivant l'idée que le climat englobe un ensemble de ressources énergétiques potentiellement utiles. À la suite de cette analyse historique, l'article se concentre sur le cas du « gisement solaire » et des difficultés d'appréhension de cette ressource. Ces difficultés, ainsi que les problèmes d'équité dans l'accès à

des apports climatiques favorables, traduisent le caractère équivoque de la ressource climatique, qui nous paraît être d'actualité.

From the development of a bioclimatic architectural approach, this article aims to study under which conditions the climate can be considered a resource. Based on the study of archives and interviews with architects and engineers, it shows the way in which this method of design has historically been structured from the idea that the climate gathers a set of potentially useful energy resources. Following this historical analysis, the article focuses on the case of "solar deposits" and the difficulties of capturing this resource. In our view, these difficulties, as well as problems of equality in terms of access to favorable climate inputs, reflect the equivocal nature of the climate as a resource, which we believe is relevant today.

INDEX

Mots-clés : Climat, Environnement, Conception bioclimatique, Énergie, Écologie

Keywords : Climate, Environment, Bioclimatic Approach, Energy, Ecology

AUTEUR

CLÉMENT GAILLARD

Clément Gaillard est normalien, designer et enseignant en design. Il a été formé à l'école normale supérieure de Cachan et il est diplômé du DSAA Alternatives urbaines. Après avoir passé l'agrégation en design, il a étudié pendant deux années la philosophie à l'université Paris 1, dont il est sorti diplômé d'un master 2 en 2018. Actuellement en troisième année de doctorat en aménagement à l'Institut de géographie (université Paris 1) sous la direction de Sabine Barles et Anne Lefebvre, il prépare une thèse sur la naissance et les développements de la conception bioclimatique en architecture. En 2019, il a publié avec Catherine Geel une anthologie en anglais qui regroupe les grands textes contemporains sur l'écologie : *Extended French Theory and the Design Field*, Éd. T&P. Ses recherches sont accessibles à l'adresse suivante : www.clementgaillard.com