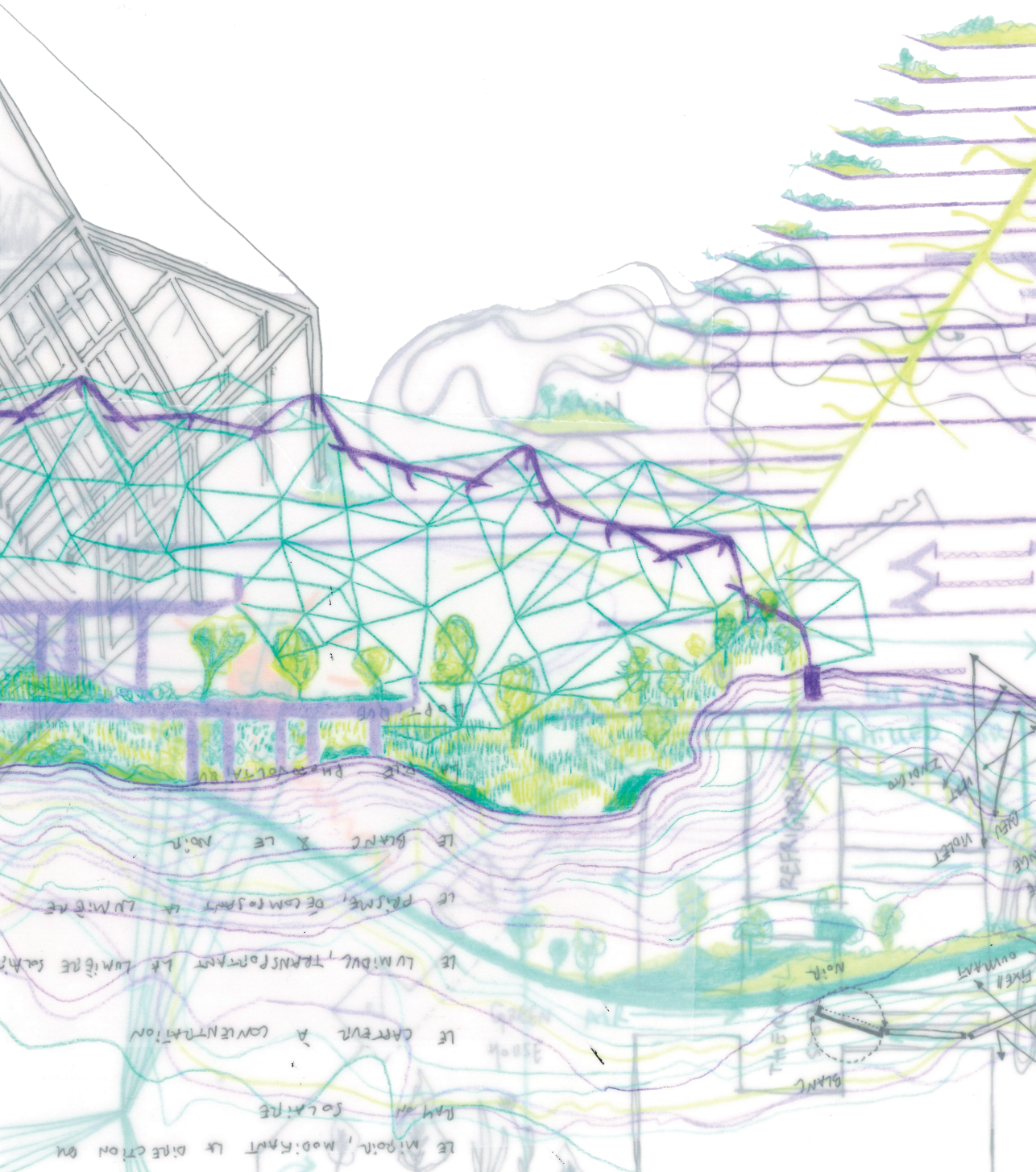


Invisibles flux

Vers une nouvelle matérialité de l'énergie en Architecture



À Baptiste,
À la voleuse des lumières cachées,



Toute ma gratitude se porte vers:

*Elena Cogato Lanza, pour m'avoir laissé l'espace de
développer un projet personnel et intime.
Et pour la justesse de chaque remarque.*

Mes parents, pour leur folie jamais assouvie.

Vincent et Florian,

*Emmanuelle et Juliette,
Quentin,*

*Liran, Romain, Charles, Malak, Nathalie, Lenny
Et toute l'équipe de Lausanne.*

Comment est produite l'énergie ? Quels systèmes énergétiques utilisés dans les bâtiments modernes ? Les énergies renouvelables transforme-t-elle les **infrastructures** ? Quels sont les avantages et inconvénients des réseaux énergétiques centralisés et des systèmes décentralisés ? Comment les micro-systèmes énergétiques des quartiers ? Quels défis les systèmes énergétiques de la transition énergétique ? Pourquoi les infrastructures énergétiques sont-elles perçues comme « invisibles » dans nos villes ? Comment les systèmes énergétiques peut-elle contribuer à rendre les **flux énergétiques** plus visibles pour les citoyens ? Quels rôles jouent les dispositifs de mesure et de gestion de l'énergie ? Comment l'art ou le design peuvent-ils aider à rendre les systèmes énergétiques plus visibles ? Quels sont les principaux secteurs responsables de la consommation d'énergie dans les villes ? Comment l'**architecture** peut-elle améliorer l'efficacité de l'énergie ? Quels impacts sociaux de la surconsommation énergétique ? Comment lutter contre la surconsommation dans les bâtiments résidentiels ? Comment favoriser l'autonomie énergétique à l'**échelle du quartier** ? Comment l'urbanisme et l'aménagement urbain influencent-ils les besoins énergétiques ? Comment le design urbain peut-il réduire la dépendance aux transports ? Comment les réseaux de chaleur parcourent les tuyaux ? Quels sont les avantages et inconvénients de la résilience et d'**autonomie** énergétique ? Comment les politiques peuvent-elles encourager la transition vers l'énergie locale ? En quoi les communautés énergétiques peuvent-elles réduire les inégalités d'accès à l'énergie ? Quels obstacles freinent le développement des communautés énergétiques ? Comment les énergies renouvelables transforme-t-elle le

sont les principaux types de systèmes modernes ? Comment l'intégration des énergies **structures énergétiques** urbaines ? Quels sont les systèmes énergétiques centralisés par rapport aux réseaux peuvent-ils contribuer à l'autonomie des systèmes énergétiques rencontrent-ils face à ces structures énergétiques sont-elles souvent invisibles quotidiennes ? En quoi l'**invisibilité** des systèmes énergétiques contribue-t-elle à une **surconsommation** d'énergie ? Comment sensibiliser le public à leur importance ? Comment rendre la visibilité des usages énergétiques ? Comment révéler les systèmes énergétiques cachés responsables de la surconsommation énergétique ? Comment peut-elle encourager une utilisation plus responsable ? Quels impacts sociaux et environnementaux découlent de la surconsommation ? Les comportements individuels influencent-ils les systèmes énergétiques ? Quels sont les modèles d'urbanisme favorisant la **transition énergétique locale** ? En quoi l'orientation des bâtiments influence-t-elle les besoins énergétiques d'une ville ? Comment le développement des énergies renouvelables réduit-il les besoins en combustibles fossiles ? Quelles **distances** séparent les communautés énergétiques en termes de technologies ? Comment les **communautés énergétiques** peuvent-elles intégrer les énergies renouvelables à l'échelle locale ? Comment les politiques techniques, sociales ou réglementaires peuvent-elles encourager les communautés énergétiques ? Comment l'**intégration** des communautés énergétiques influence-t-elle les infrastructures énergétiques urbaines ?

Invisibles

flux

Vers une nouvelle matérialité de l'énergie en Architecture

Avant-Propos

14

Introduction

16

Partie 1

18

Invisibles dépendances : systèmes énergétiques, consommations domestiques et empreinte écologique

1.1 Du territoire ...

20

L'émergence silencieuse d'une matrice tentaculaire

Empreintes territoriales de l'urbanisme *LTS*

Invisibiliser pour mieux dissocier

La perte de contrôle de l'énergie

1.2 ... À l'habitat

30

Les tuyaux s'insèrent dans les plans

L'invasion mécanique

(Sur)confort thermique ?

Un confort qui consume

36

Partie 2

Les caractéristiques architecturales de la pensée hors-réseaux

Introduction

40

2.1 Le mur se dédouble

Penser la matière comme régulateur thermique

46

2.2 Les zômes aux murs d'eaux

Intégrer des systèmes techniques locaux et flexibles

52

2.3 La maison dans la maison

Compartimenter les espaces thermiquement en fonction des usages

58

2.4 La lumière sans critères

Rendre l'énergie solaire et la lumière naturelle équitablement accessibles

64

2.5 La vie sous bulle

Explorer les parallèles entre l'habitat et l'humain

72

2.6 La cité auto-énergétique

Sur-visibiliser pour conscientiser

Partie 3

78

Pistes et Réflexions vers une Architecture moins énergivore

Introduction

3.1 De l'habitat ...

Retrouver un sens thermique

Matérialiser l'énergie dans l'Architecture

S'instruire des savoirs d'hier

3.2 Au territoire

Repenser énergétiquement les rapports aux paysages

L'énergie comme vecteur de lien social

L'ancrage territorial comme premier geste écologique

Conclusion

Bibliographie

82

88

95

98

Avant-Propos

La volonté d'étudier les liens entre design, écologie et énergie en architecture ne m'est pas innée. Elle résulte plutôt d'un long processus mêlant frustration écologique, curiosité personnelle envers les consommations des villes et désir de connaître les architectures de la déconnexion.

Ce travail d'énoncé théorique m'est apparu comme une occasion d'explorer un aspect plus technique de l'Architecture, d'acquérir des connaissances précises sur l'impact écologique de nos consommations d'énergies, et de constituer un premier ensemble de projets et méthodes illustrant une Architecture plus respectueuse de son environnement. Dans ce cadre, l'objectif de cette recherche est simple : se doter d'outils conceptuels à intégrer dès la phase de conception architecturale, afin de développer des réalisations mieux harmonisées avec leur environnement naturel, capables de s'autoréguler climatiquement et de tirer parti des ressources locales.

Introduction

La relation entre architecture, écologie et énergie constitue aujourd'hui un enjeu majeur face à l'intensification de la crise climatique et à l'épuisement des ressources naturelles. L'architecture, qu'elle soit à l'échelle urbaine ou domestique, reste largement tributaire de systèmes énergétiques centralisés et invisibilisés, souvent alimentés par des énergies fossiles aux impacts dévastateurs. Cette déconnexion entre les usagers et les sources d'énergie soulève des questions cruciales : comment repenser les espaces de vie pour intégrer pleinement les contraintes climatiques et énergétiques ? Quels rôles l'architecture peut-elle jouer dans la revalorisation des ressources locales, la réduction des consommations et la reconnection au vivant ?

Ce travail explore des modèles alternatifs et durables, basés sur des principes d'autonomie énergétique, de sobriété et d'harmonie avec l'environnement. L'énergie étant un sujet vaste et complexe, l'étude se concentre principalement sur les énergies consommées au sein de l'habitat ; l'électricité et les réseaux de chauffage et climatisation dans le logement. Bien que des parallèles puissent être établis avec l'énergie utilisée dans des cadres industriels, nous choisissons ici de se concentrer sur l'énergie consommée dans un cadre privé, liée au confort domestique induit.

Tout au long de cet énoncé théorique, les multiples échelles de déploiement de l'énergie s'entrecroisent, de son emprise territoriale à la consommation domestique. La mise en parallèle de ces échelles (le territoire et l'habitat) s'insère dans un travail de visibilisation de l'ensemble du processus de création d'énergie, soit la chaîne de production liant extraction, fabrication, distribution et consommation. A la manière d'une petite souris, nous remontons le trajet de l'électricité depuis la prise électrique – point de consommation – à travers les conduits qui la transportent, jusqu'à son lieu de production et aux ressources naturelles exploitées pour la générer.

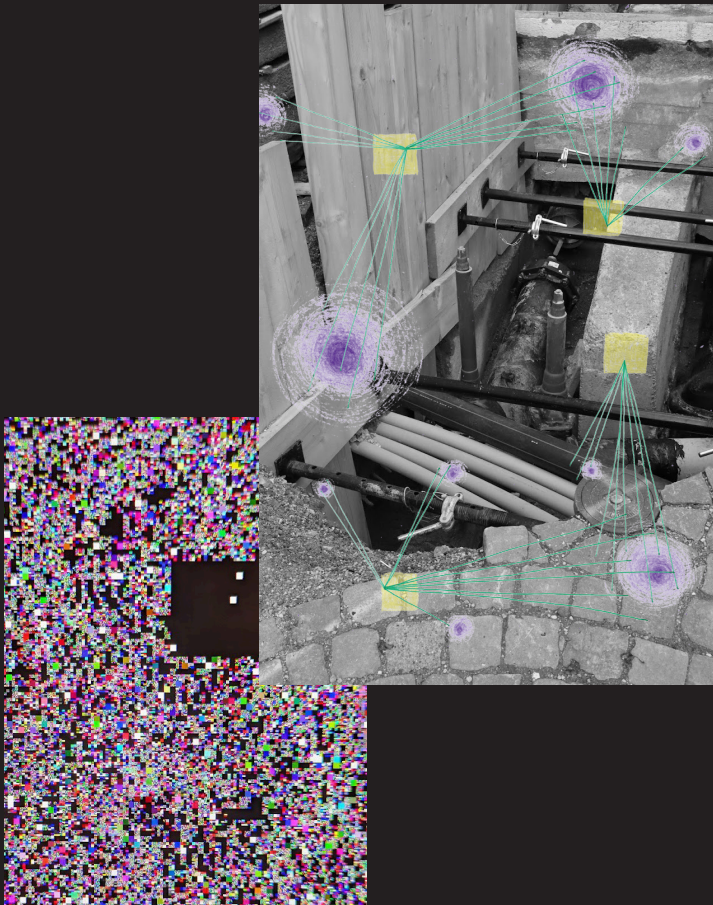
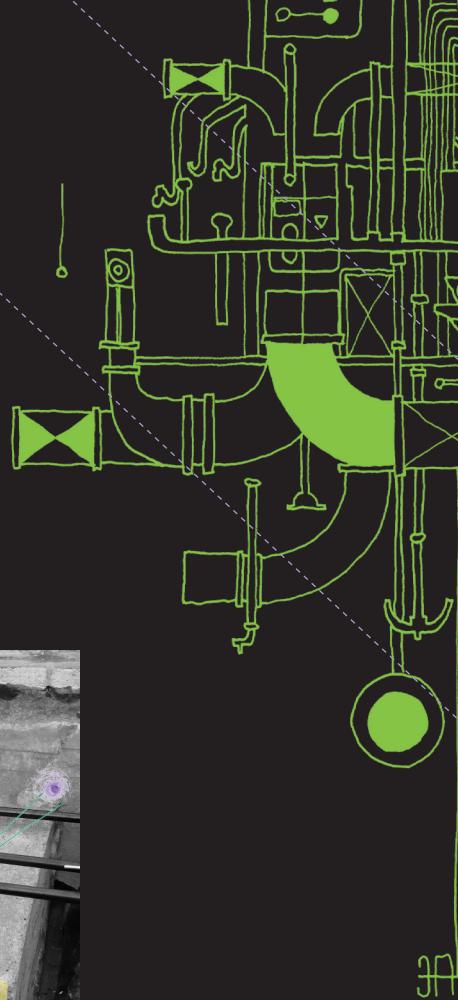
Cette étude se compose de trois parties distinctes. La première partie examine l'état actuel des choses : les interdépendances entre l'énergie, sa matérialité dans les paysages, son empreinte écologique et les consommations qui y sont liées. A l'échelle territoriale, on s'attache d'abord à examiner le changement radical d'échelle dans le déploiement de l'énergie au cours du 20^e siècle, en soulignant que la progressive invisibilisation de l'énergie a engendré une certaine inconscience dans les usages et consommations domestiques. L'étude se recentre ensuite sur l'échelle domestique, en explorant, à travers le prisme du visible et de l'invisible, la notion de confort moderne et sa dépendance aux technologies énergivores.

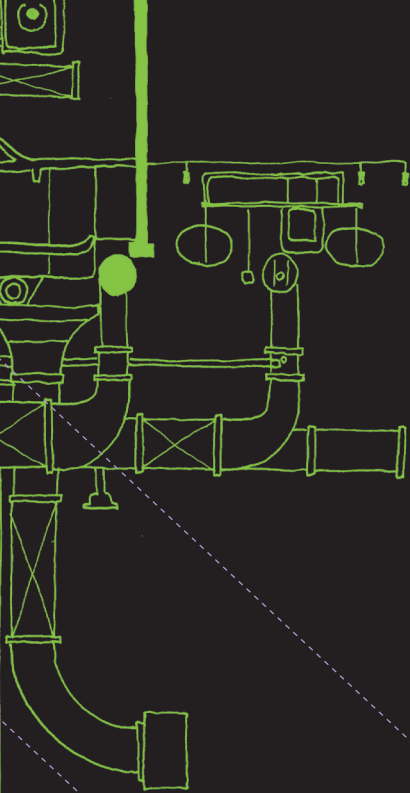
La deuxième partie revient en arrière en interrogeant le passé. Elle explore l'émergence, dans les années 1970, de nouvelles réflexions architecturales et urbaines face à la prise de conscience des limites écologiques de la planète. À travers l'analyse de projets réalisés ou utopiques, on cherche à comprendre les caractéristiques techniques et architecturales de la pensée hors-réseaux. Ces expérimentations, portées par un imaginaire écologique, interrogent les usages et proposent des solutions innovantes pour une Architecture plus respectueuse de son milieu.

Enfin, la troisième partie se projette vers l'avenir. En proposant des pistes de réflexions pour imaginer collectivement des villes, communautés et territoires moins énergivores, cette partie entrevoit des possibles futurs, plus à l'écoute de l'environnement naturel et du Vivant.

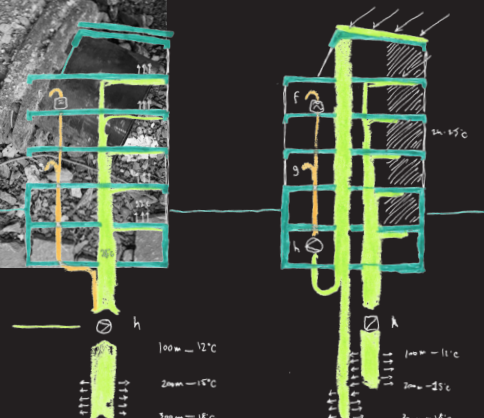
Partie 1

**Invisibles dépendances :
systèmes énergétiques,
consommations
domestiques et empreinte
écologique**





AE



1.1



Du territoire ...

« Les macro-systèmes techniques sont «distanciateurs». En éloignant la production de la consommation, ils effacent le lien de causalité entre un mode de consommation (axé sur un idéal de croissance) et les effets de l'expansion consumériste sur le territoire, l'environnement et les populations (pollution, destruction des milieux de vie) »

Fanny Lopez, 2019

L'émergence silencieuse d'une matrice tentaculaire

Depuis l'essor des moulins aux 11^e et 12^e siècles jusqu'aux premières lignes aériennes qui se sont déployées dans les paysages Européens et Américains à la fin du 19^e siècle, l'approvisionnement en énergie s'est majoritairement développé à des échelles locales ; en adéquation avec les besoins des habitant.e.s des villages et des ressources disponibles. ¹ Dans ce contexte, le 19^e siècle vient marquer une rupture d'échelles dans l'histoire conjointe de l'énergie et des modes de consommations, déclenchée par la découverte de l'or noir et la foi dans le progrès technologique. ²

Pendant la révolution industrielle, l'agencement territorial de l'énergie à usage domestique (électricité, chauffage, ventilation) passe d'un ensemble de systèmes techniques locaux et diversifié (petites centrales de production, réseaux peu étendus) à de nouvelles macro-infrastructures énergétiques (centrales thermiques à charbon, hydroélectriques, nucléaires) centralisées et standardisées. ³ Permettant des accès aux réseaux énergétiques dans des espaces reculés et connectant de nouvelles distances, les systèmes énergétiques changent d'échelles et entrent alors dans un nouveau paradigme, tant d'un point de vue technique, territorial que de gouvernance. En France, l'érection du barrage de Génissiat en 1948 sur le Rhône symbolise cette transition d'échelles ; le barrage-poids d'acier et de béton générant alors une électricité qui alimente la capitale parisienne située à 500 kilomètres. ⁴

D'un point de vue organisationnel, cette centralisation technique et économique s'appuie sur la création de nouveaux groupements régionaux et de l'interventionnisme d'Etat, qui prennent petit à petit en charge la production et la distribution d'électricité à l'échelle nationale. ⁵ Symboles de ces changements de modes de gouvernances, General Electric s'impose aux Etats-Unis comme opérateur énergétique et le Réseau National d'Electricité (RTE, ex EDF) prend en charge l'approvisionnement énergétique Français dans l'entre-deux guerres. Dès sa création en 1930, l'entreprise française structure un modèle centralisé

¹ Bernard

Andenmatten,
«Énergies»,

Revue historique
vaudoise, tome 124
(2016): 10-22

²

Fanny Lopez,
*L'ordre électrique:
infrastructures
énergétiques
et territoires*,
(VuesDensemble,
Genève
MetisPresses,
2019), 11-18

³

Steve Graham
& Simon Marvin,
*Splintering
Urbanism:
Networked
Infrastructures,
Technological
Mobilities and the
Urban Condition*,
(1^{ère} éd. Routledge,
2002), 5-12

⁴

Emmanuel
Roux & et Georges
Fessy, *Patrimoine
industriel*, (Éd.
Scala, 2000),
142-145

⁵

Théo Mouzard,
« Autonomie
électrique, le rêve
d'une reconnexion
Réflexions sur
l'électricité avec
Fanny Lopez »,
Panthère Première,
n. 6, hiver 2020

d'alimentation énergétique, qui rends les solutions locales - souvent liées à des centrales hydrauliques de petite taille ou à des moteurs à vapeur moins performants - obsolètes. Suivant le modèle de diffusion classique marqué par la création, l'expansion puis la généralisation, tel que défini dans *Sustaining Urban Networks, the social diffusion of large technical systems*⁶ ; la connexion aux réseaux électriques, de chauffage et d'assainissements s'étend, connectant ensemble les hameaux les plus reculés aux mégaloilles. De plus, la connexion aux réseaux énergétiques devient petit à petit un critère de modernité et de progrès social, ce qui accélère d'autant plus son déploiement.

Dès lors, les nouvelles infrastructures et réseaux énergétiques, désormais contrôlés par de grandes entreprises étatiques, étendent leur portée en connectant des distances inédites, dépassant les échelles territoriales et les ancrages locaux tout en s'affranchissant des frontières et des contraintes géologiques. Progressivement, une véritable matrice socio-technique se tisse à travers les territoires occidentaux, alimentée par l'innovation technologique et l'essor des usages domestiques modernes.⁸ Câbles, conduits, tuyaux, routes et canaux s'enfoncent dans les strates géologiques des villes, tandis que leurs manifestations visibles – moulins à eau et à vent – disparaissent peu à peu des paysages.⁹

L'ensemble de ces nouveaux dispositifs techniques de grande échelle réorganisent les flux de matière et d'énergie à l'échelle mondiale et deviennent silencieusement - car enfouis sous terre ou relégués en campagnes - les artères invisibles d'un système économique mondialisé en perpétuel mouvement.

Empreintes territoriales: l'urbanisme LTS

La taille ainsi que l'expansion des réseaux souterrains énergétiques engendrent de nouvelles configurations urbaines. Des « polis » dans lesquelles les échanges spatiaux suivent une logique de proximité, on voit émerger au 19^e siècle les premières « megalopolis » caractérisées par leurs expansions verticales et l'usage de la voiture, puis les « gigapolis », dont la population dépasse les dix millions.¹⁰ Dans ces nouvelles villes démesurées, les réseaux énergétiques (électricité, eaux, télécommunications)

⁶ Olivier Coutard, Richard E. Hanley, et Rae Zimmerman, *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*, (Routledge, 1st ed. London, 2005), 15-35

⁷ Ibid

⁸ Fanny Lopez, *L'ordre électrique: infrastructures énergétiques et territoires*, (VuesDense, Genève MetisPresses, 2019), 11-18

⁹ Steve Graham & Simon Marvin, *Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition*, (1^{ère} éd. Routledge, 2002), 15-25

¹⁰ Lewis Mumford, Guy Durand, Gérard-Henri Durand, Natacha Cauvin, et Jean-Pierre Garnier, *La cité à travers l'histoire*, (Mémoires sociales, Agone, 2011), chapitre 1

assurent leurs justes fonctionnements et deviennent progressivement essentiels. ¹¹

Si l'expansion spatiale des villes est permise par les nouvelles connexions aux réseaux énergétiques, leurs visibilités en ville décline. Les normes d'hygiène « modernes » qui se développent dans ces nouvelles mégalo-poles favorisent leurs rationalisation et organisation. Les univers sonores et olfactifs liés aux productions énergétiques et industrielles sont alors peu à peu rejetés hors des villes, entraînant l'effacement matériel des infrastructures permettant la production énergétique. ¹²

De plus, les systèmes techniques produisant électricité et chaleur gagnent en complexité technique, contraints de toujours s'adapter aux avancées technologiques afin de maximiser profit et rentabilité. Les nouvelles méga-structures de l'ordre électrique, tel que défini par Fanny Lopez dans son livre éponyme, conjuguent puces électroniques, tableaux de commandes et fluides chimiques dans un même espace, représentent un nouveau risque pour les habitants alentour. Ces monstres énergétiques - centrales, barrages, stations de stockage et traitement – sont dès lors jugés trop encombrants et dangereux : ils sont éloignés progressivement des centres urbains. Rendues possibles par les kilomètres de tuyaux et tunnels reliés ensemble, les infrastructures sont déplacées vers des zones rurales qui offrent davantage d'espace à bas coût. ¹³

Nous pouvons ici noter que ce déplacement en campagnes est caractéristique de la vision anthropo-centrée de notre ère « moderne ». Le risque, ne ciblant plus les êtres humains, est négligé au point de ne plus sembler exister. Le vivant, dans toute sa diversité – humains, non-humains, végétaux et champignons – faisant partie intégrante des milieux naturels concernés par ses déplacements, est négligé et demeure le grand oublié des plans d'aménagement territorial liés à l'énergie.

Les villes modernes, inhibées par cette nouvelle technostucture énergétique reliant centres de production périphériques et espaces de consommation urbains, se figent lentement. Ces centres urbains d'envergure perdent leurs fonctions productrices et deviennent dépendants des flux perpétuels d'énergies, de denrées et de matériaux qui leurs parviennent. ¹⁴ C'est la naissance de l'urbanisme des Large Technical Systems (LTS), caractérisé par une interdépendance entre les centres urbains regroupant le secteur tertiaire, les loisirs et consommations, et les campagnes autour, productrices de l'ensemble des ressources répondant aux besoins vitaux des villes qu'elles irriguent.

¹¹ Olivier Coutard, Richard E. Hanley, et Rae Zimmerman, *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*, (Routledge, 1st ed. London, 2005), 30-39

¹² Eugene P. Moehring et Sophie Cambon, « Technology and the rise of the networked city in Europe and America », *Flux*, n. 13, 1993, 74-81

¹³ Fanny Lopez, *L'ordre électrique: infrastructures énergétiques et territoires*, (VuesDensemble, Genève MetisPresses, 2019), 15-16

¹⁴ Coutard, *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*, 35-4

Invisibiliser pour mieux dissocier

Le déploiement des Large Technical Systems (LTS) ¹⁵ s'est donc couplé à la mise en place, à grande échelle, de leurs systèmes tentaculaires affiliés, constitués de conduits, câbles et tuyaux traversant les territoires. Les cœurs névralgiques de la production énergétique occupent les campagnes peu habitées et leurs artères irrigatrices rejoignent les centres-villes, se déployant sous la croûte terrestre. Dès lors, l'énergie, déjà difficilement appréhendable car non-matérielle, est petit à petit invisibilisée au cours du 20^e siècle.

En effet, si les consommations quotidiennes domestiques en ville dépendent fondamentalement de ces réseaux, et centrales de production affiliées, leurs présences demeurent curieusement invisibles en zones urbaines. Dans leurs livres *In the Nature of Cities*, les auteur.ice.s décrivent ces réseaux urbains des villes contemporaines comme « largement opaques, disparaissant sous terre, enfermés dans des tuyaux, câbles, conduits, tubes, passages et ondes électroniques ». ¹⁶ Cette non-présence se réfère également à la notion de « foggy geographies » que développent Graham et Marvin dans leur livre *Splintering Urbanism*. ¹⁷ Les réseaux sont décrits comme des systèmes invisibles, qui s'étendent de plus en plus loin et profondément pour extraire les ressources nécessaires à leurs fonctionnements. ¹⁷

À l'invisibilité matérielle de l'énergie en ville, s'ajoute l'idée, largement véhiculée par les compagnies énergétiques, de l'abondance. Porté par l'euphorie extractrice liée aux premiers gisements de pétrole et de gaz, le discours énergétique du 20^e siècle promeut une électricité peu chère et permanente, stimulant l'idée que les ressources permettant sa production seraient presque infinies. ¹⁸ Dès lors, l'énergie perd toutes matérialités physiques : elle n'a ni prix ni limites et semble infiniment disponible. Cette promotion de l'abondance de l'énergie, invisibilisant les ressources terrestres primordiales à sa production, transforme alors les usages domestiques. ¹⁹ Les besoins réels (se laver) se confondent avec les envies directes (prendre trois douches chaudes par jour), ce qui entraîne la hausse drastique des consommations énergétiques domestiques au cours du 20^e siècle.

L'urbanisme des réseaux, ou urbanisme *LTS*, repose sur une logique de séparation systématique qui engendre de nouvelles fractures : entre l'urbain et le milieu naturel, la production

¹⁵ Lopez, *L'ordre électrique: infrastructures énergétiques et territoires*, 18-20

¹⁶ Nik Heynen, Maria Kaika, Erik Swyngedouw, *In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism*. (Questioning cities series, Routledge, 2006), chapitre 2

¹⁷ Graham & Marvin, *Splintering Urbanism*, 32-42

¹⁸ Martín Arboleda, *Planetary Mine: Territories of Extraction under Late Capitalism*, (Verso, 2020), 18-32

¹⁹ Coutard, *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*, 24

et la consommation, le désir et le besoin. Dans ce cadre, les macro-infrastructures jouent le rôle d'« écrans techniques distanciateurs », ²⁰ isolant les espaces urbains modernes - propres et confortables - des centrales énergétiques - laides et polluantes - reléguées en périphérie rurale. L'invisibilisation totale de l'énergie et de sa matérialité dans les paysages renforce la dualité Nature/Culture, qui est au fondement de la pensée moderne érectrice des mégaloïles rationnalisées et sur-hygiénisée. Ce processus d'invisibilisation, accompagné des dissociations physiques et mentales qu'il entraîne, déconnecte les pratiques et consommations des origines terrestres de l'énergie.

Au cours du 20^e siècle, l'ordre énergétique occidental étend sa toile, constituée de gisements de pétrole et charbon, centrales thermiques et nucléaires, câbles, conduits et boîtiers électriques. Les monstres énergétiques créés se sont multipliés en silence dans les campagnes reculées, déployant leurs tentacules-tuyaux jusqu'aux centres urbains, au rythme de l'épuisement invisible des ressources géologiques terrestres. ²¹ Uniquement en prise avec les extrémités design de ces conduits techniques, les habitant.e.s des villes, principales cibles de ses systèmes de consommation, ne sont jamais amenés à observer physiquement l'emprise terrestre de l'énergie qu'ils consomment. Pourtant, enfouis sous leurs pieds ou cachés dans les parois de leurs habitats, les mécanismes de l'énergie se déploient.

La perte de contrôle sur l'énergie

Les interdépendances territoriales en termes d'énergies sont le fruit d'un lent processus mêlant un ensemble d'acteur.ice.s de divers domaines. L'élargissement territorial des systèmes énergétiques s'est accompagné de profondes transformations dans les modes de gestion et dans le degré de technicité, qui ont participé au processus d'invisibilisation de l'énergie au cours du 20^e siècle. ²²

En parallèle de leurs exclusions physiques des villes et de leurs non-matérialités, les infrastructures et réseaux de l'énergie sont entourés d'un épais brouillard qui s'explique également par leur complexité technologique. Favorisés par la foi dans l'innovation technique comme vecteur de progrès et la recherche

¹⁹ Coutard, *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*, 24

²⁰ Lopez, *L'ordre électrique: infrastructures énergétiques et territoires*, 18-20

²¹ Martín Arboleda, *Planetary Mine: Territories of Extraction under Late Capitalism*, (Verso, 2020), 18-32

²² Aurélien Barrau, *La poésie comme solution à la crise écologique?*, Bains des Pâquis, 2024

d'optimisation dans un but de profit, les systèmes énergétiques n'ont cessé de se complexifier dans leurs technicités, intégrant des composantes informatiques et robotiques au cours du 20^e siècle. Un changement d'échelle s'opère au niveau de la confection et du maintien de l'infrastructure elle-même, qui nécessite les savoirs-faires d'un ensemble d'acteur.ice.s venant de domaines de plus en plus diversifiés. La prise en compte du système global se divise alors entre différents pôles de compétences, variant de la physique pure à l'économie et engendre un nouveau flou dans la gestion des systèmes énergétiques, qui ne sont plus appréhendés dans leurs globalités par une seule instance.

Cette dispersion des tâches et de leurs lieux d'action vient également creuser les différences entre les techniciens d'un côté et les technocrates de l'autre. Comme énoncé par le philosophe des Sciences Ange Pottin dans son livre *Le Nucléaire Imaginé*, la relation des techniciens avec les objets se caractérise par une maîtrise intime et directe du fonctionnement des machines. Ils agissent comme des chefs d'orchestre, réglant et reliant les systèmes entre eux. En revanche, les technocrates adoptent une posture de distanciation dominante, considérant les ensembles techniques comme des « boîtes noires » : des systèmes opaques où seule l'efficacité des résultats compte, qu'ils soient énergétiques ou économiques.²³ Cette hiérarchie symbolique trouve un ancrage physique et social dans la distance séparant en France le plateau de Saclay regroupant chercheur.euse.s et économistes des usines de retraitement de déchets nucléaires du Cotentin. L'infrastructure énergétique est reléguée dans l'ombre, vue comme un objet technique qui conditionne des apports économiques.

Autrefois maître de sa consommation énergétique grâce à des connaissances techniques suffisantes pour assurer le fonctionnement de sa machine, souvent installée sur son lieu de vie, l'individu voit désormais la gestion et la maintenance des systèmes énergétiques passer entre les mains d'ingénieur.e.s. Physiquement invisible et techniquement incompréhensible, l'utilisateur.e perd tout contrôle de son approvisionnement en énergie. Sa visibilité sur celui-ci se limite à la facture - soit un rapport purement économique - occultant les dimensions écologiques, humaines et techniques. S'ancrant dans une logique techno-centrée propre à notre société moderne, on voit apparaître une « société d'ingénieur.e.s aux mains d'ingénieur.e.s »²⁴, dans laquelle l'habitant-consommateur.ice n'a plus aucun contrôle sur son énergie.

Par ailleurs, au sein même des institutions qui les créent, la compréhension globale et le contrôle des systèmes énergétiques

²³ Ange Pottin, *Le Nucléaire Imaginé : Le Rêve du Capitalisme Sans la Terre*, (La Découverte Editions, 2024), 24-28

²⁴ *Ibid*

se dilue. Il se répartit notamment entre des techniciens, ne.s, maîtrisant la science intrinsèque de la machine, et des technocrates qui les envisagent uniquement comme vecteurs de profit. Face au gigantisme de la matrice socio-technique créée et son invisibilité associée, la question fondamentale de la compréhension et du contrôle de l'énergie se pose. Qui maîtrise encore réellement les systèmes énergétiques du XXI^e siècle ?

Le changement de paradigme énergétique qui s'est opéré sur les territoires occidentaux au cours du 20^e siècle est caractérisé par l'invisibilisation totale des processus et systèmes permettant la production d'énergie. Dispersée sur des distances plus vastes, cachée dans des tuyaux enfouis et réduite à un rapport économique, l'énergie et son coût écologique sont invisibles en ville. Son déploiement à grande échelle et sa complexité technologique rendent son processus opaque, dont la maîtrise semble échapper aux êtres humains. Dans un contexte marqué par le vieillissement des infrastructures énergétiques en Europe et de crise climatique accélérée, les réminiscences du blackout électrique de l'Est des Etats-Unis et du Canada en 2003, ou encore la catastrophe de Fukushima suscitent des interrogations sur notre capacité à gérer des systèmes d'une telle complexité et à une telle échelle.

1.2



À l'habitat

« La maison elle-même a été omise du dessin. Si les services mécaniques continuent à s'accumuler à ce rythme, il pourrait être possible d'omettre la maison en réalité. »

Reyner Banham, 1969

Les tuyaux s'insèrent dans les plans de logement

L'invisibilisation de l'énergie à l'échelle du territoire se couple à une transformation des manières de penser l'architecture domestique. Les réseaux tentaculaires qui acheminent l'énergie en ville se voient dotés d'extensions, plus fines, qui pénètrent les parois des habitats. Dès lors, les caractéristiques climatiques qui permettent un logement sain et confortable pour l'être humain se voient reprises par des objets techniques spécifiques dont le plus emblématique est le boîtier d'air conditionné, devenu motif de façade dans divers pays. Très vite, ces nouveaux systèmes techniques intégrés favorisent certaines conceptions normatives des comportements humains, liées à un idéal de « propreté, de confort et de commodité ». ²⁵ De fait, il semble aujourd'hui normal d'utiliser la machine à laver au moins une fois par semaine afin de laver nos vêtements, comme d'allumer le chauffage dès que le froid se fait ressentir. Symbole de ce confort moderne ; les réseaux d'eaux sanitaires, câbles électriques et systèmes de ventilation deviennent des éléments du projet architectural et s'insèrent dans les plans de logements.

La complexité des systèmes énergétiques à l'échelle territoriale se répercute à l'échelle domestique. Sous l'impulsion de l'innovation technologique continue et avec l'essor de bâtiments toujours plus grands, la gestion de ces réseaux devient de plus en plus compliquée. La prise en compte de l'approche climatique de l'habitat délaisse alors le champ de l'architecture et se divise entre les mains de divers experts. ²⁶ Parallèlement, les pratiques architecturales évoluent, notamment influencées par divers éditoriaux tels que *The Architectural Review* qui appuient la vision que « les architectes doivent, à long terme, se révéler être des artistes, ou rien » ²⁷ La pratique du projet architectural se dédouane alors lentement de sa fonction climatique, qui est reprise en main par des bureaux d'études spécialisés, et se recentre autour de la spatialité et l'esthétique.

²⁵ Olivier Coutard, Richard E. Hanley, et Rae Zimmerman, *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems.*, (Routledge, 1st ed. London, 2005), 48

²⁶ Georges et Jeanne-Marie Alexandroff, *Architectures et climats : soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, (Berger-Levrault, Collection Architectures, 1982), 10-14

²⁷ Jeremy Till, « Architecture Criticism against the Climate Clock », *The Architectural Review*, 6 avril 2023

L'invasion mécanique dans l'habitat

L'article de Reyner banham « A Home is Not a House », paru en 1965, illustre, avec une pointe de cynisme, la transformation radicale de l'architecture domestique après l'adjonction des technologies climatiques artificielles, terminaisons nerveuses des monstres énergétiques du 20^e siècle. ²⁸ En parallèle du dessin réalisé par François Dallegret représentant un ensemble de tuyaux, conduits et gadgets techniques, l'auteur écrit : « La maison elle-même a été omise du dessin - mais si les services mécaniques continuent à s'accumuler à ce rythme, il pourrait être possible d'omettre la maison en réalité. »

Le théoricien parle d'invasion mécanique et relate la nostalgie de certain.e.s architectes pour « l'âge d'or avant l'installation des tuyaux ». Les mêmes concepts se retrouvent dans son livre *The architecture of the well-tempered environment*, dans lequel il compare l'ensemble de ces nouveaux tuyaux au tronc d'un « arbre environnemental », dont les câbles et gaines techniques seraient les branches. Ces ensembles mécaniques de troncs et de branches retirent à l'enveloppe de l'habitat ses fonctions environnementales, de la nécessité primaire de garder le climat naturel à l'extérieur à celle de faire entrer la lumière et chaleur naturelle. ²⁹ Parallèlement, cette invasion mécanique de l'habitat transforme les dessins de façades, qui ne dépendent plus du climat environnant : on voit naître des boîtes-design déconnectées de l'environnement naturel.

²⁸ Reyner Banham, « A Home is Not a House », *Art in America*, 1965, Vol. 2, 70-79

²⁹ Reyner Banham, *The Architecture of the Well-Tempered Environment*, (Architectural P. : Univ. of Chicago, 1973), 46

³⁰ Lisa Hesong, et Hubert Guillaud, *Architecture et volupté thermique*, (Collection Eupalinos, Éditions Parenthèses, 2021), 21-25

Sur-confort thermique ?

L'adjonction de l'ensemble de ces systèmes techniques, du boîtier d'air conditionné aux chaudières à gaz, au sein des logis interroge notre notion de confort moderne. En effet, l'usage de ces machines dessert un unique but : permettre des conditions thermiques qui définissent une zone de confort standard. ³⁰ Cette volonté se retrouve dans les premières formes d'architectures dont la fonction initiale attribuée est celle de protection vis-à-vis de

l'environnement naturel, afin de favoriser un climat plus adapté à l'être humain. Ainsi, le toit de la cabane primitive évite à la pluie de pénétrer l'habitable et de tremper les corps, comme les murs de la hutte empêchent les vents de refroidir l'espace de vie. ³¹ L'architecture peut alors être vue comme « une forme amplifiée, exogène et artificielle des mécanismes thermorégulateurs corporels ». ³² Elle se base sur notre condition homéotherme, c'est-à-dire notre capacité à maintenir la température de notre corps à 37 degrés, soit un confort thermique permettant de réaliser pleinement notre existence.

Néanmoins, assujettie au progrès performatif technologique qui permet un contrôle de plus en plus précis de nos environnements (définis à la décimale près dorénavant !), la plage de valeurs thermiques associée à notre notion de confort s'est amincie au fil du temps. ³³ Au rythme du progrès technologique, le « dedans » chauffé, hermétique aux variations climatiques extérieures et le « dehors » naturel se sont peu à peu différenciés, répétant à l'échelle de l'habitat la dissociation Nature/Culture engendrée par le développement colossal des *Large technical Systems*.

L'autrice Lise Heschong exprime la capacité en ville de réaliser toutes les fonctions nécessaires à la vie humaine sans être en contact avec le climat naturel existant à travers le terme d'enveloppe climatique. ³⁴ Passant d'un habitat climatisé, on pénètre dans une voiture à la même température, pour arriver dans un bureau dont les fenêtres teintées ne s'ouvrent pas, afin d'aller à la salle de sport où la ventilation cache les odeurs puis de rentrer chez soi, sans même savoir si le soleil est encore dans le ciel ou si la pluie s'est abattue sur le sol. La surperformance technique des tuyaux, conduits d'aération et systèmes d'air conditionné, intégrés dans les chappes et plafonds, sont autant d'artefacts invisibles qui permettent le maintien d'un confort de plus en plus exigeant.

Un confort qui consume

L'uniformité des températures au sein des logements actuels, déconnectée des variations climatiques extérieures, est dès lors jugée « anti-naturelle et exige de surcroît, pour être maintenue, de nombreux efforts et une consommation excessive d'énergie ». ³⁵

³¹ Philippe Rahm, *Histoire naturelle de l'architecture : comment le climat, les épidémies et l'énergie ont façonné la ville et les bâtiments*, (Points H614, Éditions Points, 2023)

³² *Ibid*

³³ Daniel A. Barber, *Modern Architecture and Climate: Design before Air Conditioning*, (Princeton University Press, 2020)

³⁴ Lisa Heschong, et Hubert Guillaud, *Architecture et volupté thermique*, (Collection Eupalinos, Éditions Parenthèses, 2021), 21-25

³⁵ *Ibid*

Un simple exemple : la consommation moyenne d'un système de climatisation consomme 1KWh par heure, ce qui équivaut à l'énergie dépensée pour faire fonctionner un frigo pendant 24 heures, ou à celle d'une course de 10km réalisée par un être humain. ³⁶

De plus, l'adjonction de ces artefacts techniques au bâtiment s'est accompagnée du développement d'une multitude d'appareils domestiques, qui sont alors devenus les extensions physiques de ces réseaux. ³⁷ En parallèle de la centralisation et de la standardisation des infrastructures énergétiques, les appareils électroménagers sollicitant ces réseaux se sont développés, auto-entretenant ainsi une boucle de consommation continue. Ce mélange sociotechnique de services publics et d'équipements privés s'est alors démocratisé dans les habitats occidentaux, augmentant drastiquement les consommations domestiques en transformant les usages. ³⁸

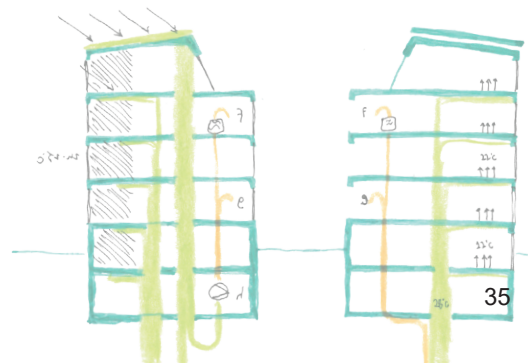
La double-invisibilité de l'énergie, à l'échelle du territoire comme celle de l'habitat, déconnecte les usages - brancher sa bouilloire - des ressources requises à leurs possibilités - extraire du pétrole. La notion d'« hectares fantômes », introduite dans les années 1960 par le biologiste suédois Georg Borgström, aide à visibiliser l'empreinte écologique humaine des consommations énergétiques dans l'habitat permettant nos confort modernes. Cette notion se réfère aux hectares incorporés dans les produits importés et a permis par la suite l'émergence de la notion de capacité bioproductive terrestre. Cette dernière désigne le potentiel des écosystèmes terrestres à générer de la biomasse exploitable, en fonction des ressources naturelles disponibles. Alors que cette dernière était de 63% en 1961, ce chiffre a grimpé sur la fin du 20^e siècle, pour atteindre 150% aujourd'hui, soit l'équivalent de 1,5 planètes consommées par an. ³⁹ L'apparition de ces notions ont permis l'émergence d'une conscience écologique mais demeurent théoriques et visibilisent difficilement les ressources -fantômes dans les quotidiens, habitudes et usages. Quel rôle l'architecture, le design d'objets et la pensée urbaine peuvent alors jouer dans cette visibilisation de l'énergie?

³⁶ Services industriels Delémont, « A quoi correspond 1 kWh d'électricité sur ma facture ? » Consulté le 23 novembre 2024. <https://sid.delemont.ch/sid/SID/Actualites-Presse/A-quoi-correspond-1-kWh-d-electricite-sur-ma-facture>

³⁷ Friedman Yona, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, (Écologie et survie, Dangles, 1982)

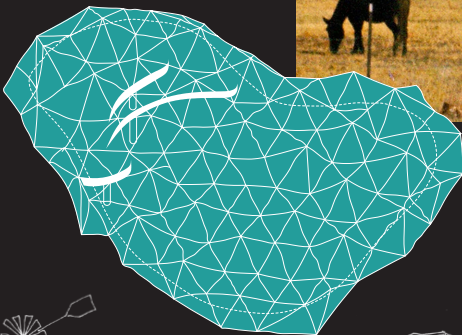
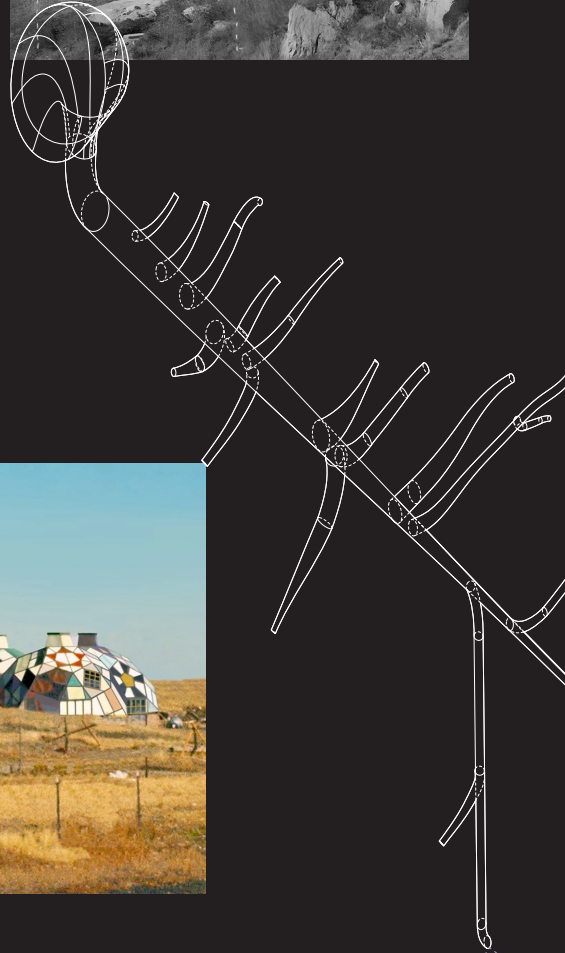
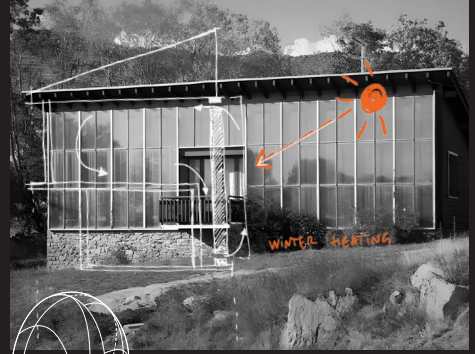
³⁸ Steve Graham & Simon Marvin, *Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition*, (1^{ère} éd. Routledge, 2002)

³⁹ Christophe Bonneuil et Jean-Baptiste Fressoz, « Capitalocène : une histoire conjointe du système terre et des systèmes-monde », *Transformations agricoles et agroalimentaires : Entre écologie et capitalisme*, édité par Gilles Allaire et Benoit Daviron, (Synthèses, Éditions Quæ, 2017), 41-58



Partie 2

Les caractéristiques architecturales de la pensée hors-réseaux



LES VÉGÉTAUX ET LES ÉLÉMENTS NATURELS

LE PANNEAU CAMÉRIEN, À OPACITÉ, COULEUR
ET THERMOCONDUCTIBILITÉ VARIABLES

LE MIROIR, MODIFIANT LA DIRECTION DU
RAYON SOLAIRE

LE CAPTEUR À CONCENTRATION

LE LUMINOUE, TRANSPORTANT LA LUMIÈRE SOLAIRE

LE PRISME, DÉCOMPOSANT LA LUMIÈRE

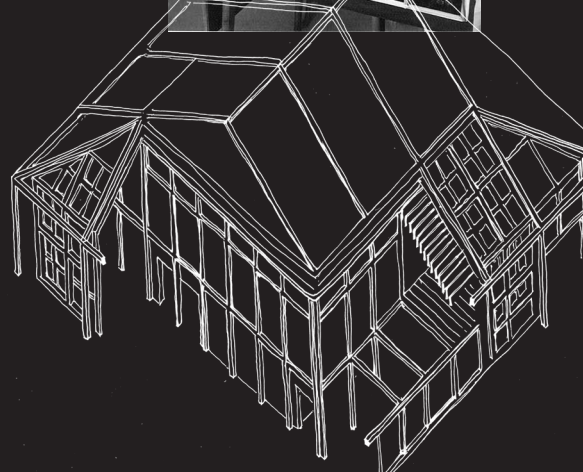
LE BLANC & LE NOIR

LA PILE PHOTOVOLTAÏQUE

L'OPTIQUE



LA MAISON EST UNE SERRE



Introduction

Dès l'avènement des méga-infrastructures énergétiques et réseaux affiliés, des sous-sols urbains aux campagnes productrices, les architectes, ingénieur.e.s et habitant.e.s ont pensé de nouveaux systèmes pour s'en déconnecter.⁴⁰ La crise pétrolière de 1973 aux Etats-Unis radicalise les aspirations à préserver la Nature et à rejeter un système (sur)consommateur jugé aliénant, liées au mouvement de la contre-culture américaine. Ce courant de pensées s'est développé en parallèle à la guerre du Vietnam et a infusé une multitude de domaines de recherches, de l'Art à la politique. Il se caractérise par la conscientisation de la finitude des ressources naturelles de la Terre et une critique féroce de la technologie.⁴¹

Dans ce contexte, la question du coût environnemental des consommations d'énergie domestiques est alors mise en avant. L'inauguration de panneaux solaires par Jimmy Carter sur le toit de la Maison blanche en 1979 symbolise son intégration dans les sphères politiques.⁴² En parallèle de ce foisonnement intellectuel, la parution en 1972 du rapport du club de Rome, intitulé *The Limits to Growth*, marque une étape-clé dans le développement de la pensée écologique. L'ouvrage propose une série d'analyses scientifiques mettant en lumière les impacts potentiellement dévastateurs du système capitaliste sur le Vivant, en raison des croissances simultanées de l'économie et de la technologie. Novateur par la complétude des analyses et graphiques présentés, la renommée de ce rapport - anticipateur de ceux du GIEC - s'explique également par les trois potentielles trajectoires mises en avant, variant de la continuité dévastatrice à un équilibre pérenne entre vie humaine et Nature.⁴³

Ce contexte politique et sociétal du début des années 1970 donne alors naissance à de nouvelles idées qui combinent création artistique et innovation low-tech et contribuent à l'émergence de modèles architecturaux et urbains inédits, davantage sensibles aux limites écologiques de la planète et à la consommation d'énergie. Néanmoins, ces émulations s'estompent en 1981 avec

⁴⁰ Fanny Lopez, *Le rêve d'une déconnexion : de la maison autonome à la cité auto-énergétique*, (Éditions de la Villette, 2014), chapitre 1

⁴¹ Christiane Saint-Jean-Paulin, *La contre-culture: Etats-Unis, années 60 la naissance de nouvelles utopies*, (Autrement, 1997)

⁴² Derk Loorbach, Véronique Patteeuw, Léa-Catherine Szacka, et Peter Veenstra, *It's about Time: The Architecture of Climate Change*. (nai010 publishers, 2024), 59-65

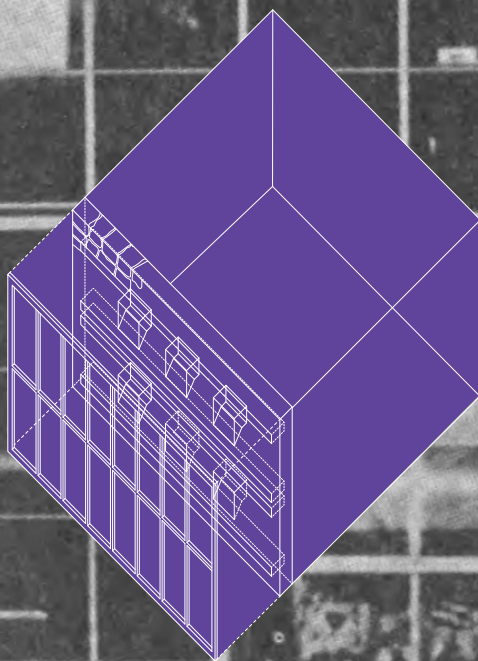
⁴³ 'The Limits to Growth' (1972) – A Book in Five Minutes, No.1, 2021

l'arrivée au pouvoir du président climatosceptique R. Reagan aux États-Unis, coïncidant avec le renouveau de la foi en l'innovation technologique porté par la reconstruction de l'Europe. ⁴⁴

À travers l'analyse de plusieurs projets ayant émergé durant cette décennie de 1970 à 1980, ce chapitre cherche à comprendre les caractéristiques architecturales et solutions low-tech de l'indépendance énergétique. La sélection ne se limite pas à des projets réalisés, mais englobe également les rêves et utopies architecturales qui ont cherché à penser de nouveaux écosystèmes plus justes, pour le Vivant et la Terre. L'ensemble des idées et concepts proposés ne sont pas nécessairement des projets aboutis, mais plutôt des expérimentations, en continuelle évolution vis-à-vis des usages et des milieux. Ensemble, ils convoquent des imaginaires qui favorisent à nouveau une projection architecturale plus consciente des coûts environnementaux de ses consommations énergétiques, cherchant ainsi à intégrer une nouvelle réflexion écologique auprès des habitants et habitantes par le biais du design.

⁴⁴ Loorbach, Derk, Véronique Patteeuw, Léa-Catherine Szacka, et Peter Veenstra, *It's about Time: The Architecture of Climate Change*. (nai010 publishers, 2024), 73-95

2.1



Le mur se dédouble

« Oui, c'est sans doute l'hiver que la maison vit le plus avec le soleil, qu'elle nous apporte cette sensation délicieuse de manger, travailler, vivre enfin au soleil. Le moment aussi où nous nous sentons le plus responsable de sa gestion énergétique: ouvrir les rideaux isolants de la galerie dès le lever du soleil, les fenêtres des chambres sur la serre, qui les chauffe immédiatement, plus tard la porte vitrée de la salle commune sur la galerie, quand les températures des deux espaces seront en équilibre; enfin ouvrir les volets isolants au sud, vers midi, pour recevoir la chaleur solaire dans la galerie tout l'après-midi. »

Mariette Gerber, 1975

Le mur se dédouble

Penser la matière comme régulateur thermique

Si les tentatives de mise à profit de l'énergie solaire au service des activités domestiques humaines ont toujours existé à travers les siècles, la sortie de la seconde guerre mondiale et ses pénuries associées entraîne un regain d'intérêt pour l'énergie tirée du Soleil. ⁴⁵ Dans ce cadre, le scientifique Félix Trombe et son équipe du CNRS Français imaginent et conçoivent de nouveaux systèmes de captation et de stockage de cette énergie. Ils conçoivent le mur Trombe, une structure à double-peau ayant la capacité de capter, stocker, puis restituer la chaleur et le froid emmagasiné dans sa masse en fonction des besoins.

Toutefois, si l'ingéniosité et la simplicité de ce dispositif sont notables, sa genèse s'inscrit dans un cadre contestable, marqué par le colonialisme et la soif de pétrole. Dès 1960, les volontés Françaises d'exploitation de gisements pétroliers dans le Sahara algérien favorisent et financent la recherche technique et architecturale solaire dans le but de permettre l'installation humaine dans les climats arides correspondants. ⁴⁶ La guerre d'indépendance algérienne de 1962 coupe court à ces projets coloniaux, qui sont alors relocalisés alors en France. Le village d'Odeillo, dans les Pyrénées françaises, devient alors le terrain expérimental de l'énergie solaire.

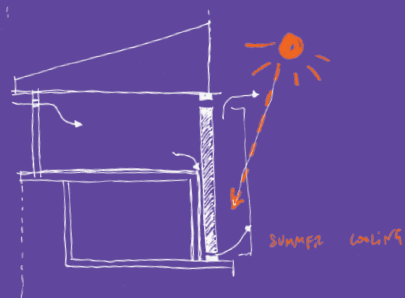
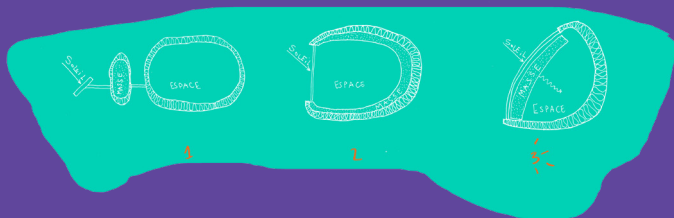
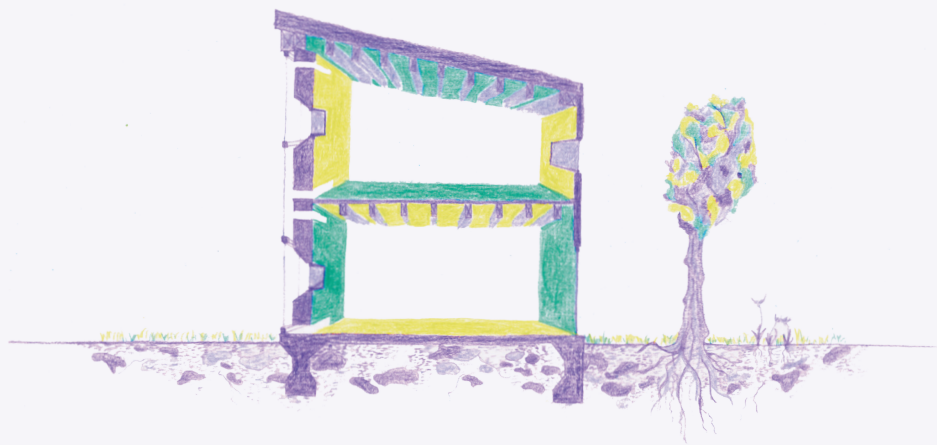
Après la construction d'un grand four solaire, et plusieurs expérimentations de petites maisons chauffantes ou refroidissantes, l'équipe de chercheur.euse.s développe deux modèles de maisons, qui utilisent le principe de mur « Trombe », alors breveté par l'inventeur éponyme. ⁴⁷ L'agencement spatial est très simple : la maison repose sur un plan rectangulaire, s'élève sur deux étages et est dotée d'un toit à pente unique. Sa particularité se trouve dans sa plus grande façade, orientée au Sud, qui assure, par sa technicité, un rôle de captage-stockage d'énergie solaire permettant l'auto-régulation climatique de l'habitat. Le principe est relativement simple : il combine l'effet de serre à travers un vitrage et l'inertie thermique d'un mur placé en arrière.

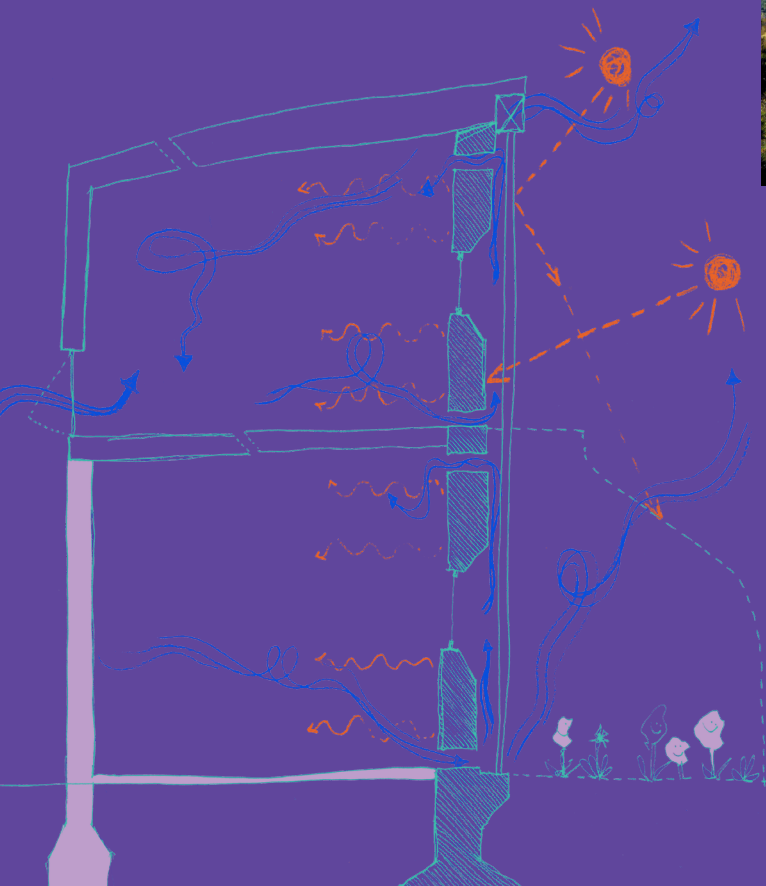
La façade la plus exposée au Soleil se divise en trois

⁴⁵ Fanny Lopez, *Le rêve d'une déconnexion : de la maison autonome à la cité auto-énergétique*, (Éditions de la Villette, 2014), chapitre 1

⁴⁶ Piero Medici, *The Trombe Wall during the 1970s: technological device or architectural space? Critical inquiry on the Trombe Wall in Europe and the role of architectural magazines*, (Spool 5, 2018), 45-60

⁴⁷ Paul Bouet, « Un langage architectural de l'énergie », *Visible/Invisible*, (Polygone/ENSA Versailles, 2022), 110-119.





couches dans son épaisseur, chacune remplissant une fonction climatique spécifique : les parois vitrées, au contact de l'air extérieur, captent les rayons solaires, qui sont stockés dans le mur de pierres, peint en noir, situé derrière. Entre l'épaisseur de pierre et la façade vitrée, une couche d'air circule, tantôt refroidie ou réchauffée par le mur épais. Des trappes – ou fenêtres – positionnées en des endroits précis de l'habitable favorisent alors les circulations d'air – chaud ou froid – dans l'habitat. Ainsi, l'air chaud emmagasiné la journée est restitué graduellement au cours de la nuit (plus froide) et ce processus s'inverse le jour ; l'air froid de la nuit rafraîchissant l'habitable.

Ce concept, relativement simple et facile à mettre en place s'est par la suite exporté et démocratisé dans de nombreuses constructions passives. Dans les Pyrénées, il est presque omniprésent à travers les projets de Michel Gerber. Déclinant le principe du mur Trombe dans ses projets de logements, l'architecte et sa femme Mariette Gerber développent des maisons en pierres, s'intégrant dans les paysages des Alpes de Haute-Provence, où ils résident. Spatialisant le concept du mur Trombe, l'architecte ajoute une sur-structure en bois et verre à sa base en pierres, pouvant alors servir de véranda ou de jardin d'été. Fonctionnant comme une serre, l'énergie solaire centralisée est captée par le mur de pierres situé derrière, qui devient alors un élément de régulation climatique.

Douglas Kelbaugh contribue également au succès du mur Trombe à l'étranger. La maison qu'il construit pour sa famille à Princeton, dans le New Jersey, est exemplaire de la volonté d'architecture solaire américaine. Impressionné par la simplicité du concept du mur Trombe, l'architecte Américain adapte son concept aux conditions locales et intègre une serre adjacente au mur, caractéristique de la volonté d'auto-suffisance de la décennie 1970-1980. ⁴⁸

Malgré ses retombées énergétiques encourageantes – les économies de chauffage sont proches de deux tiers à Odeillo et de moitié dans des territoires moins favorables comme la région parisienne – la renommée du mur Trombe s'estompe vite. Peu mis en avant par les pouvoirs publics français, l'usage de l'énergie solaire est relégué dans l'ombre de l'or noir et de l'atome. ⁴⁹

⁴⁸ Canadian Centre for Architecture (CCA), "The Kelbaugh House", Accessed January 2, 2025 <https://www.cca.qc.ca/en/articles/issues/19/the-planet-is-the-client/33741/the-kelbaugh-house>

⁴⁹ Pierre Teissier, "Le solaire passif à l'ombre de la politique énergétique française", 1945-1986, *Annales historiques de l'électricité*, (Les politiques publiques de l'énergie solaire, n.11, 2013), 11-25

2.2



Les zones aux murs d'eaux

« Along comes PV. Great! Make your own electricity. Make lots of it! Put it in the grid. A good idea, but not good enough to ignore passive solar. Building orientation, heat storage remain inexpensive ways to cut costs. »

« We are victims of our inventions. Money — from long, long ago and electricity: quite recent. One can ship electricity anywhere. Our PV and wind generators send their power to California, a huge market. »

Steve Baer, 1970

Les zômes aux murs d'eau

Intégrer des systèmes techniques locaux et flexibles

Après avoir expérimenté les structures géodésiques et systèmes énergétiques passifs au sein de la communauté autonome Drop City, l'architecte autodidacte Steve Baer pousse ces thématiques plus loin lors de la construction de sa propre maison, au Nouveau Mexique, dès 1971. Fasciné par les géométries polyhédriques et inspiré par les dômes géodésiques de Buckminster Fuller, il conçoit au sein de Drop City ses premiers « zômes » – des structures sphériques hybrides de dômes et de zonoèdres en métal et bois.⁵⁰ Abandonnant la rigidité des formes classiques, il révisé ce concept dans sa propre maison, au Nouveau Mexique, qui se structure en un réseau alvéolaire de zômes interconnectés et autonomes.

Le plan de la maison se compose de onze « zômes » reliées entre elles et se resserre en forme de U autour d'un patio-jardin, orienté à l'Est pour capter au mieux la chaleur solaire.⁵¹ Chaque zôme, correspondant à une pièce spécifique, bénéficie de ventilation naturelle. Toutefois, l'ensemble des pièces est relié afin de favoriser les flux d'air - chauds ou froids. La façade avec le plus long côté s'oriente au Sud, dans le but de maximiser les apports solaires et comporte cinq « drum walls », caractéristique de l'ambition énergétique passive du projet. En effet, les cinq pièces tronquées formant cette façade sont entièrement vitrées, afin de faire pénétrer le rayonnement solaire. Ce dernier chauffe ensuite un ensemble de barils remplis d'eau, qui sont disposés juste derrière les vitres.⁵²

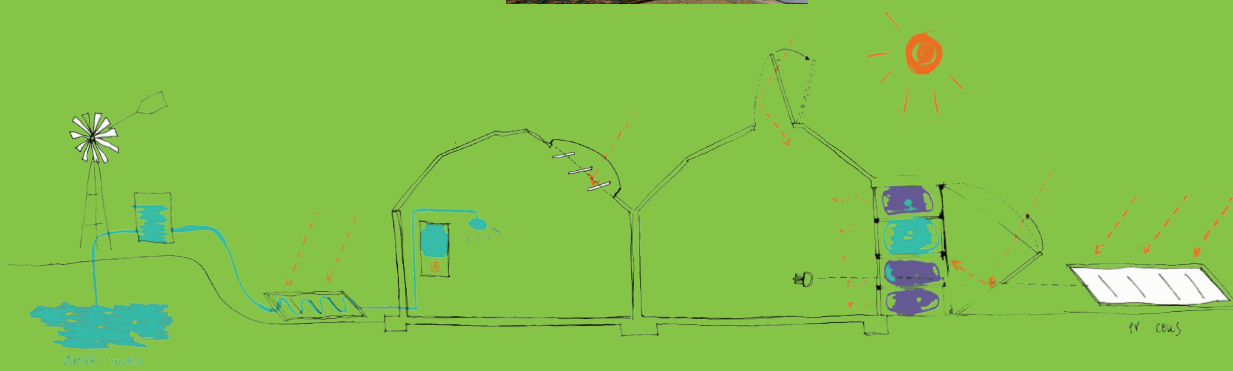
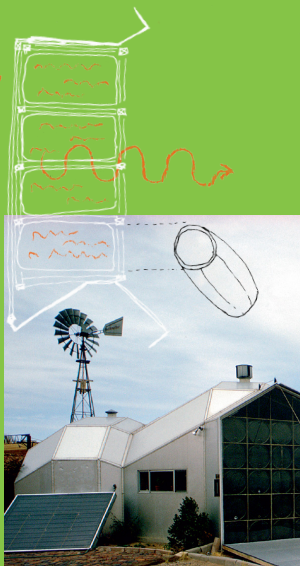
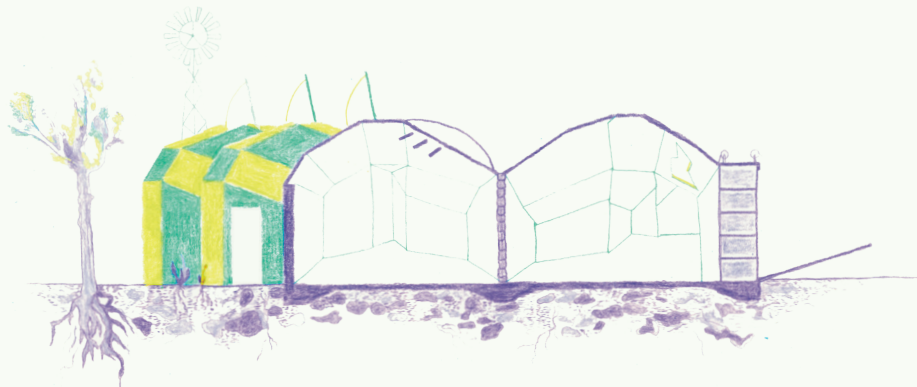
Revêtus de peinture noire sur leur face extérieure, ces réservoirs d'eau captent la chaleur solaire, laquelle est redistribuée dans la maison par convection. Environ 37 mètres carrés de surface de captation solaire sont nécessaires afin de chauffer 185 mètres carrés d'espace de vie.⁵³ Lors de hautes températures, un système de parois en aluminium amovibles se referme sur ces baies vitrées, empêchant alors le rayonnement solaire de pénétrer la maison. De même, un ensemble de fenêtres à persiennes permettent de faire pénétrer l'air froid les nuits désertiques. Enfin, les murs intérieurs

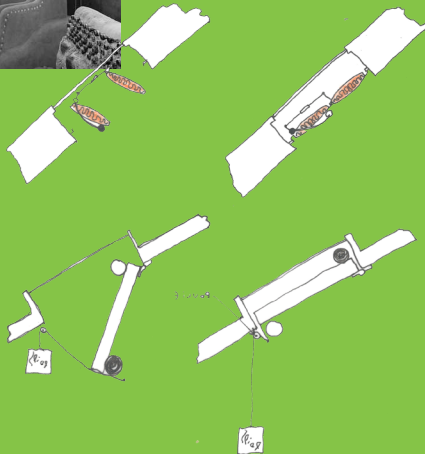
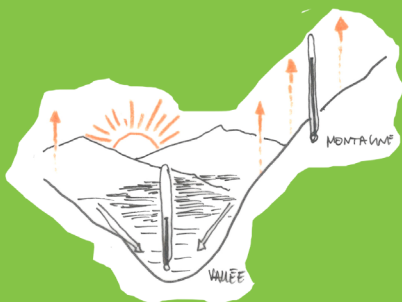
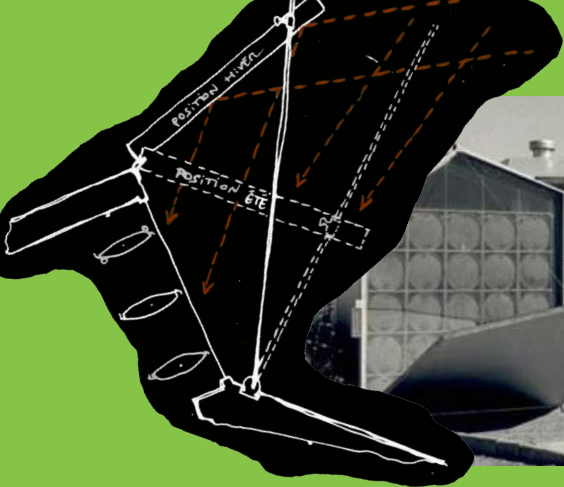
⁵⁰ Derk Loorbach, Véronique Patteeuw, Léa-Catherine Szacka, et Peter Veenstra, *It's about Time: The Architecture of Climate Change*, (nai010 publishers, 2024), 117-120

⁵¹ Piet Vollaard et Frederique van Anel, « Zome House Corrales, New Mexico », *The Eco House: Typologies of Space, Production and Lifestyles* (DASH - Delft Architectural Studies on Housing, n. 07, 2012), 88-95

⁵² Lydia Kallipoliti et Youngbin Shin, *Histoires of Ecological Design: An Unfinished Cyclopedica*, (Actar Publishers, 2024), chapitre 6

⁵³ SAH Archipedia, "Baer House", dernière modification le 17 juillet 2018, consulté le 9 janvier 2025, <https://sah-archipedia.org/buildings/NM-01-043-0142>





soutenant les structures polyédriques sont en terre pisé, matériau idéal pour ses propriétés isolantes et sa masse thermique élevée, qui aident à retenir la chaleur en hiver et à garder la maison fraîche en été.

L'architecture proposée, comme son plan le suggère, est non-figée, modifiable dans le temps, au gré des usages, tout comme ses systèmes techniques modulables, que le couple Baer continua de transformer et d'améliorer pendant la durée de leur habitation dans cette maison. Maîtres de leurs systèmes techniques - donc de leurs confort - le couple Baer s'impose avec cette maison, comme pionniers de l'autonomie énergétique par la recherche architecturale in-situ et l'adaptabilité constante de leurs architectures aux climats et ressources.

Les Earthships de Michael Reynolds, vaisseaux habitables composés de canettes de réemploi et de bouteilles en verre recyclées font échos à l'approche DIY de Baer. La lutte contre le gaspillage est centrale dans la pensée auto-suffisante de Reynolds et se matérialise dans sa Beer Can Thumb House, première réalisation entièrement construite à partir de canettes en aluminium recyclées incorporées dans un mortier.⁵⁴ Cette maison marque la naissance du concept d'Earthship, que l'architecte développe majoritairement au Nouveau Mexique, notamment avec la Spinach House en 1979. Ces maisons, au-delà de leurs caractéristiques passives - intégrant serres, murs trombes et systèmes naturels de filtration d'eaux - se démarquent également par leur aspect organique, mêlant couleurs pop et formes fluides, rappelant ainsi l'approche non-orthogonale de Baer.

L'architecte déplore la soumission au système énergétique centralisé, dont il met en avant la vulnérabilité, évoquant la simple hypothèse d'une panne ou d'une catastrophe naturelle pour en révéler l'impertinente dépendance.⁵⁵ Reynolds compare ainsi la maison à une personne malade sous assistance vitale dans un hôpital, « surveillée et branchée aux différents appareils » pour se maintenir en vie.

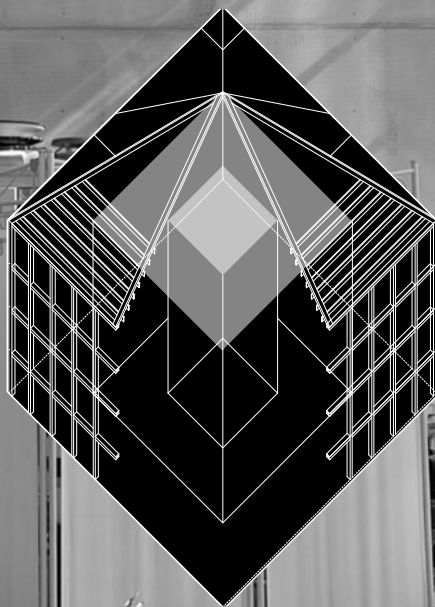
Mu par la volonté d'auto-construction et l'utilisation des ressources naturelles locales, Baer et Reynolds proposent des architectures singulières, caractéristiques de la recherche d'autonomie énergétique. Bien que la maison de Coralles s'ancre dans une fascination technique plus forte, les projets des deux architectes répondent à la question énergétique en Architecture à travers des micro-solutions DIY et adaptables dans le temps. Les architectes intègrent également les contraintes locales à travers la forme, donnant naissance à des designs organiques, authentiques et sensibles.

⁵⁴ Fanny Lopez, *Le rêve d'une déconnexion : de la maison autonome à la cité auto-énergétique*, (SC. Éditions de la Villette, 2014)

⁵⁵ *Ibid*

⁵⁶ Michael Reynolds, *How to Build Your Own*, 5th ed. Earthship vol. 1. Taos, (Solar Survival Architecture, 1993)

2.3



Une maison dans la maison

« In a house, the responsible use of energy can only be guaranteed by a synthesis of good planning and residential behavior (awareness). The solar house expands and contracts with the changes of temperature: it breathes in and out with the seasons. »

Oswald Mathias Ungers, 1980

Une maison dans la maison

Compartimenter les espaces thermiquement en fonction des usages

L'année 1979 est marquée par le deuxième choc pétrolier mondial, qui ravive les pensées écologistes quant aux besoins d'indépendances énergétiques. Cet évènement se place dans un contexte déjà marqué par les débats concernant les coûts – terrestres et financiers – de l'énergie et relance alors la pensée écologique (et énergétique) dans le projet architectural. Dans ce contexte, le ministère de la Recherche et du Développement d'Allemagne de l'Ouest lance un concours d'envergure internationale afin de développer un ensemble de quatre-cents maisons solaires dans la ville de Landstuhl, à environ 70 kilomètres de Saarbrücken. L'idée inhérente au concours est de développer un prototype d'habitat dépendant de l'énergie naturelle solaire pour répondre à ses propres besoins énergétiques. S'appuyant sur la volonté de créer des « communautés solaires » ⁵⁷, l'architecte allemand Oswald Mathias Ungers s'entoure des experts de l'Institut berlinois de la construction, de l'environnement et des techniques solaires et réponds au concours avec une proposition de maison originale et peu énergivore, pouvant potentiellement se déployer à une plus grande échelle. ⁵⁸

Bien que peu engagé dans les débats architecturaux sur la durabilité, Ungers a abordé la question avec une perspective singulière. Selon lui, l'efficacité énergétique des maisons ne doit pas reposer sur des machines technologiques mais plutôt être perçue comme une composante intrinsèque de l'architecture, intégrée dès la phase de conception. ⁵⁹ Cette vision le guide dans sa création : il développe son projet autour du concept de « maison dans la maison », qui dérive de ses recherches typologiques sur les villas palladiennes à plan carré. ⁶⁰ L'idée est de penser l'habitat à partir d'un cœur central en différentes couches volumétriques disposant de climats différenciés, à l'image des poupées russes qui s'emboîtent les unes dans les autres. Ainsi, cet agencement spatial permet la distinction des espaces de vie propres à l'habitat en fonction des microclimats internes.

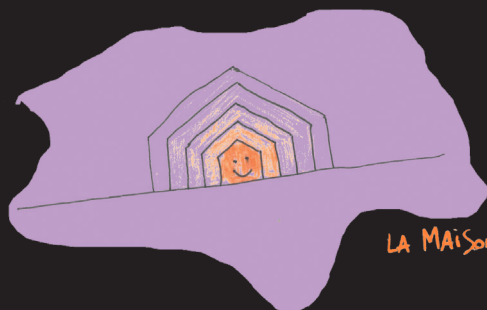
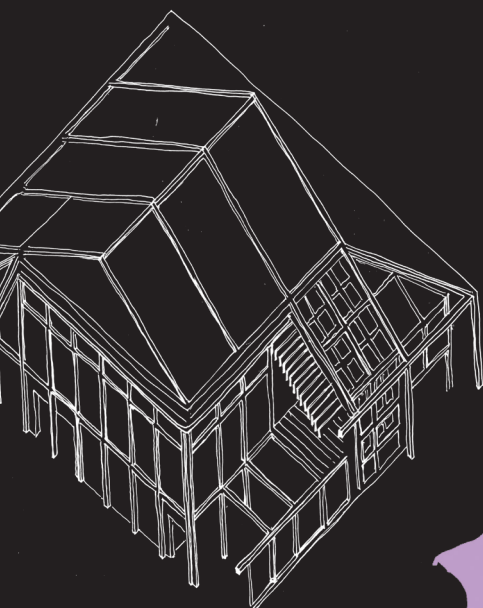
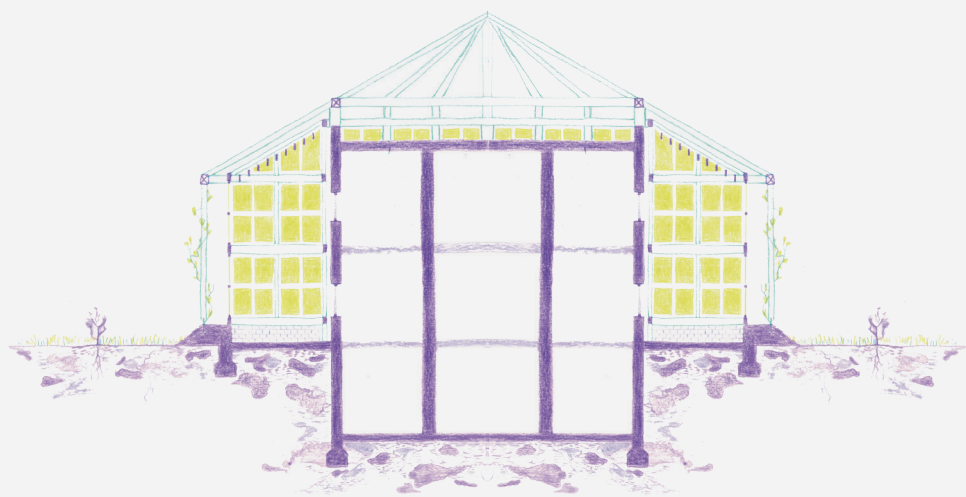
⁵⁷ Derk Loorbach, Véronique Patteeuw, Léa-Catherine Szacka, et Peter Veenstra, *It's about Time: The Architecture of Climate Change*, (nai010 publishers, 2024), 110-111

⁵⁸ *Ibid*

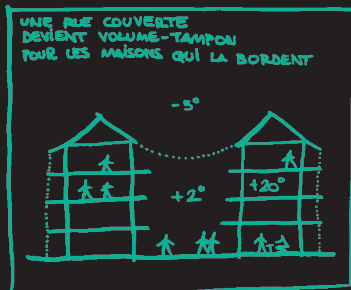
⁵⁹ « Negotiating Ungers 2018: The Aesthetics of Sustainability » consulté le 28 novembre 2024, <https://www.negotiating-ungers.eu/2018/index.html>

⁶⁰ Bart Decroos, *Ecology & Aesthetics*, Oase 112, (nai010 publishers, 2022)





LA MAISON EST UNE SERRE



La maison solaire de Ungers inclut ces caractéristiques architecturales en définissant trois espaces : le cœur central en pierre accueille séjours et chambres sur trois étages, la deuxième couche intègre les espaces de circulation, la cuisine et les salles d'eaux, et la troisième couche se vit comme une véranda-jardin. En termes de matérialités, l'enveloppe extérieure de la maison est entièrement vitrée, à l'image d'une serre. Une sur-structure en bois entoure l'entièreté de la maison, pensée pour faire grimper des plantes et ainsi réguler les apports en chaleur. Néanmoins, malgré son ingéniosité typologique et technique, le projet reçut un prix mais ne vu jamais le jour. ⁶¹

Le projet de maison solaire cherche donc à répondre aux enjeux environnementaux liés aux sur-consommations énergétiques à travers la typologie architecturale elle-même. Les différents espaces imbriqués les uns dans les autres qui naissent du concept de « house within a house » résonnent avec les « espaces - tampons » développés en 1982 par l'urbaniste Yona Friedman dans son livre *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée*. Dans une tentative de réponse aux gaspillages d'énergies, l'auteur et philosophe expose un modèle urbain et sociétal composé d'ensemble de cités-États en quasi-autarcie, produisant leurs propres énergies (chaleur, énergie mécanique) et répondant à leurs besoins alimentaires. ⁶² Son modèle se base également sur une nouvelle politique de l'emploi, fondée sur la primauté de l'agriculture et de la production non-marchande.

D'un point de vue architectural, Friedman introduit les espaces « tampons », intermédiaires entre les températures intérieures et extérieures, qu'il compare aux fenêtres à double-vitrages, dans lesquelles une lame d'air permet d'isoler. ⁶³ L'urbaniste pousse le concept plus loin que Ungers, en suggérant la possibilité de démocratiser ce système de volume-tampons à l'échelle urbaine, créant alors des « rues-tampons ». Ces espaces urbains publics auraient alors une température médiane entre l'extérieur et l'intérieur domestique, limitant alors les consommations en chauffage et climatisation.

Repenser les consommations domestiques d'énergie revient, chez Ungers et Friedman, à compartimenter les espaces thermiquement, en fonction des usages. Cette pensée bioclimatique se retrouve plus récemment dans le projet de maison Latapie d'Anne Lacaton et de Jean-Philippe Vassal, qui intègre un jardin d'hiver – serre, « espace tampon » moderne de l'urbanisme éco-social de Friedman.

⁶¹ Mariabruna Fabrizi, « Energy as Architectural Matter: Oswald Mathias Ungers' Solar House » SOCKS, juin 2021, <https://socks-studio.com/2021/06/27/energy-as-architectural-matter-oswald-mathias-ungers-solar-house-1980/>

⁶² Yona Friedman, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée: pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, Écologie et survie, (Dangles, 1982), partie 1

⁶³ *Ibid*

2.4



La lumière sans critères

« Nos agglomérations ont des fonctions différenciées, dont l'ensoleillement n'est pas proportionnel à leurs besoins respectifs. Une meilleure répartition des volumes s'impose, et l'idée nouvelle consiste en l'utilisation de lumiducs, transportant et distribuant la lumière solaire là où elle est nécessaire. »

Guy Rottier, 1972

La lumière sans critères

Rendre l'énergie solaire et la lumière naturelle équitablement accessibles

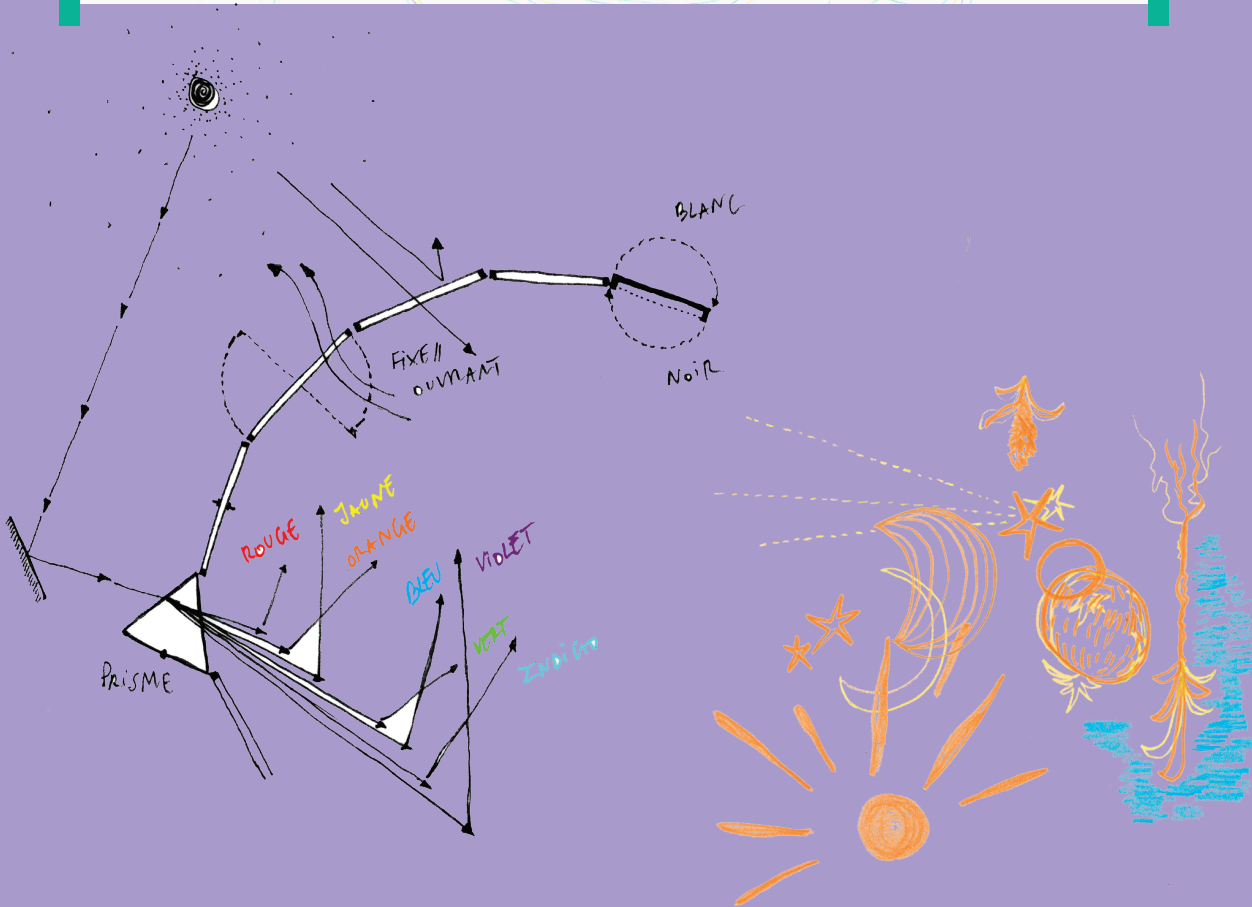
Proposant des concepts non-conventionnels ancré dans une démarche de préservation des paysages naturels, l'architecte franco-néerlandais Guy Rottier propose dans les années 1970 un projet d'urbanisme solaire : Ecopolis. Ayant travaillé aux côtés de Le Corbusier sur le projet d'Unité d'habitation de Marseille, l'architecte-ingénieur démontrait déjà sa singularité dans ses projets de maison évolutive escargot ou de maisons volantes. Proche de Michel Ragon et de Yona Friedman, avec lequel il collabore sur le projet de renouvellement urbain de la ville de Nice, Rottier voit l'architecture comme une manière de créer, d'imaginer des nouveaux possibles, hors des conventions préétablies.⁶⁴ Présentés lors de la convention de 1973 « Le soleil au service de l'Homme », des tunnels lumineux appelés « lumiducs » captent la lumière solaire sur les toitures des surfaces bâties et la redistribue, par un jeu de reflets sur des parois réfléchissantes, dans les espaces normalement privés de lumière au cœur du bâtiment.

Les dessins proposés par l'architecte donnent à lire le projet d'Ecopolis comme une volonté de lier les échelles du bâtiment et de la ville. Selon l'architecte, la répartition actuelle des apports solaires en ville n'est pas correctement répartie selon les besoins et son projet propose un nouvel agencement plus juste des volumes au sein de la ville-bâtiment. La structure, qui s'étend sur 15 étages, regroupe une diversité de fonctions urbaines : logements, commerces, cinémas, et places publiques intérieures. Grâce aux lumiducs, la lumière naturelle est acheminée au sein des différents espaces du bâtiment, permettant une réorganisation des espaces publics selon les besoins spécifiques en ensoleillement des différents programmes, transformant alors le bâtiment en un véritable écosystème urbain intégré.

« Une meilleure répartition des volumes s'impose, et l'idée nouvelle consiste en l'utilisation de "lumiducs", transportant et distribuant la lumière solaire là où elle est nécessaire »⁶⁵ Selon Rottier, cette nouvelle capacité de transporter la lumière solaire révolutionne l'urbanisme conventionnel et la notion d'orientation,

⁶⁴ « Frac centre », consulté le 8 novembre 2024, <https://collections.frac-centre.fr/collection/collection-art-architecture/index-des-auteurs/auteurs-58.html?authID=164> publishers, 2022)

⁶⁵ Guy Rottier, *ArTchitecte de l'insolite, unusual arTchitecture*, (Z'éditions, 1990), 9-10

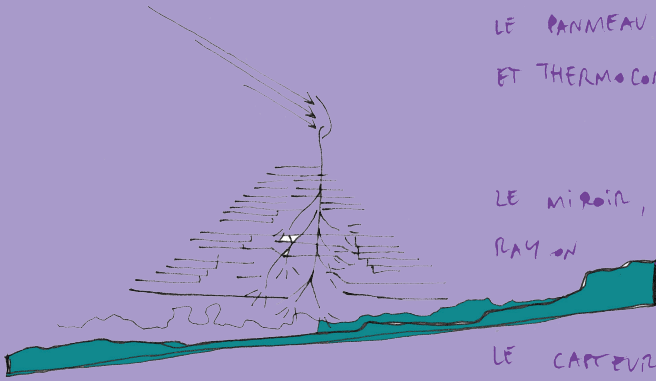


LES VÉGÉTAUX ET LES ÉLÉMENTS NATURELS

LE PANNEAU CAMÉLÉON, À OPACITÉ, COULEUR ET THERMOCONDUCTIBILITÉ VARIABLES

LE MIROIR, MODIFIANT LA DIRECTION DU RAYON SOLAIRE

LE CAPTEUR À CONCENTRATION



PAYSAGE CONCENTRÉ!

LE LUMINOUX, TRANSPORTANT LA LUMIÈRE SOLAIRE

LE PRISME, DÉCOMPOSANT LA LUMIÈRE

LE BLANC & LE NOIR



PAROIS INTÉRIEURES RÉFLECTIVANTES



puisque l'on peut bénéficier des apports solaires, grâce aux miroirs réfléchissants, même sous terre. ⁶⁶ La forme urbaine est également pensée en fonction des apports en lumière : pyramidale avec un système de gradins, les logements se trouvent sur la surface directement exposée au soleil et bénéficient tous d'un balcon. Son architecture, toujours pensée en lien avec le paysage et le milieu naturel, est à moitié enterrée, et épouse la forme naturelle du sol, représentée comme une colline sur les dessins.

À travers ce projet, l'architecte repense notre rapport à la lumière et à la chaleur naturelle dans nos espaces de vie, tout en proposant une répartition plus équitable de ces ressources. Si l'intégration de lumiducs aux habitats semble légèrement utopique, ces tubes de miroirs interrogent nos manières de concevoir les logements modernes comme des blocs sur plusieurs étages dont les centres sont le plus souvent privés d'apports solaires. À une échelle élargie, ils peuvent être apparentés aux cours intérieures, qui laissent pénétrer air et lumière aux cœurs des bâtiments et favorisent les logements en profondeur. Grâce à ces dispositifs, les espaces de vie profitent d'un éclairage et d'une ventilation naturelle et réduisent la dépendance énergétique nécessaire pour maintenir des climats confortables et durables.

L'approche solaire d'Ecopolis se rapproche des recherches volumétriques sur la ville de Ralph Knowles. Dans le cadre d'un studio de recherche à l'université USC de Los Angeles, Ralph Knowles et les étudiant.e.s se basent sur l'idée de « droit au Soleil » pour tous et toutes, afin de créer une méthode de régulation des formes urbaines. Le dispositif expérimental se base sur le gabarit d'ensoleillement, une limite géométrique virtuelle définissant un espace où l'on peut bâtir en toute liberté tout en préservant le « droit au soleil » des constructions voisines. ⁶⁷ Par la suite, la conception théorique de ce nouvel urbanisme se matérialise en maquettes. À partir d'un bloc classique orthogonal, les protagonistes taillent la masse, en fonction de la course solaire et des rayons incidents et donnent naissance à des volumétries originales. Les formes urbaines élaborées reprennent des motifs en gradins propres aux terrasses des cités grecques et s'inspirent de l'architecture vernaculaire du Nouveau-Mexique, que Knowles considère comme préceuse d'une architecture solaire bioclimatique. ⁶⁸

Ancrée dans les recherches sur les énergies renouvelables ayant suivi la crise pétrolière, les enveloppes solaires de Knowles comme l'Ecopolis de Rottier favorisent à l'échelle urbaine un accès généreux et continu de l'énergie la plus facile d'accès : l'énergie directe du Soleil.

⁶⁶ Guy Rottier, *ArTchitecte de l'insolite, unusual arTchitecture*, (Z'éditions, 1990), 9-10

⁶⁷ Daniel Siret, « Les enveloppes solaires de Ralph Knowles, ou les ambivalences d'un modèle de régulation des formes urbaines »

⁶⁸ Ralph Knowles, et Richard D. Berry, *Solar Envelope Concepts: Moderate Density Building Applications*, Final Report, (Solar Energy Information Data Bank, 1980)

2.5



La vie sous bulle

« The house, no longer the end point of consumption, becomes a domesticated, productive ecosystem. The home is very much the begin point of demand and the end point of consumption - everything that you'll do here will change a lot as it's both the beginning and the end point. »

Sean Wellesley-Miller, 1982

La vie sous bulle

Explorer les parallèles entre l'habitat et l'humain

Favorables à l'autonomie énergétique à petite échelle, les ingénieurs du MIT Wellesley-Miller et Chahroudi critiquent également dès 1971 les systèmes d'alimentations énergivores. Ancrés dans une pensée écologique, ils soulignent les limites des ressources naturelles terrestres, affirmant que « la capacité de l'environnement naturel à absorber les canalisations et les charges imposées par les réseaux des services publics centralisés approche de ses limites dans de nombreuses régions du monde. » ⁶⁹

Au sein du New Alchemy Institute, ils inventent les « bioshelters », modèle sous bulle de ville auto-suffisante. Ces structures innovantes découlent d'une recherche de comparaison entre les fonctionnements intrinsèques de l'habitat et de l'être humain. De fait, les concepteurs comparent les systèmes d'échanges entre le milieu intérieur et extérieur du bâtiment à nos propres systèmes biologiques et leurs fonctionnements internes. Ainsi, la peau du corps humain devient enveloppe du bâtiment : une membrane homéostatique maintenant un climat interne stable. L'intérieur du bâtiment - comparable à nos propres intérieurs – imite les processus corporels naturels en se comportant comme un système total auto-suffisant. ⁷⁰ L'habitat n'est alors plus simplement le lieu ultime de la consommation mais se transforme en un écosystème auto-productif. ⁷¹

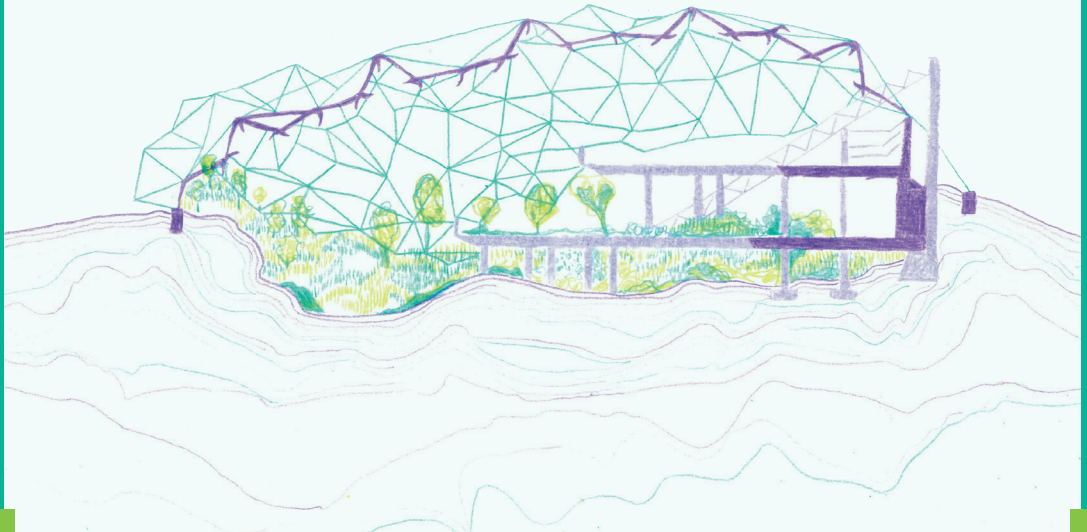
En partant de cette première vision et s'inspirant des recherches de Buckminster Fuller sur les dômes géodésiques, les bioshelters font office de serres habitables et regroupent habitat, agriculture, nature et vie sous des méga-serres, de verres et d'acier. Le développement de la méthode Cloud Gel au sein du laboratoire d'énergie solaire du MIT permet par la suite d'améliorer la capacité régulatrice de cette membrane de verre géante. Les physiciens développent un gel spécifique qui, pris en sandwich entre deux parois de verre, octroie à la paroi la capacité d'ajuster son opacité en fonction de l'orientation des rayons solaires incidents. ⁷² La structure recouvrant la ville-habitat détient la capacité régulatrice de l'écosystème interne et devient enveloppe

⁶⁹ Sean Wellesley-Miller et Day Chahroudi, "Buildings as Organisms", *Architectural Design*, n°3, 1975, p. 157-162

⁷⁰ *Ibid*

⁷¹ Sean Wellesley-Miller, *The Bioshelter, The Home, and The Community*, The Lindisfarne Tapes, consulté le 28 octobre 2024

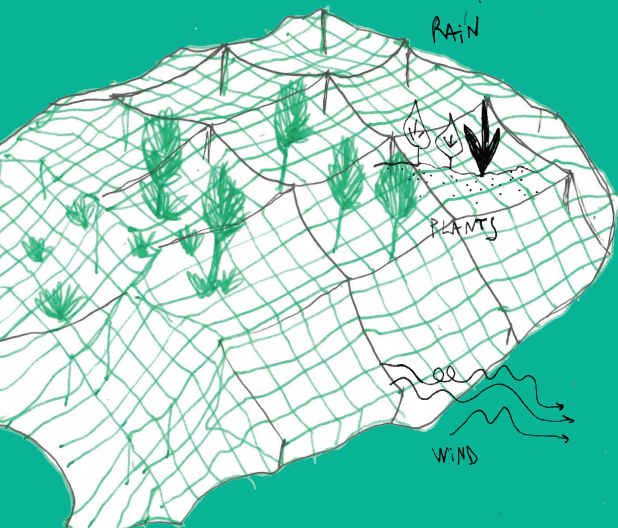
⁷² Fanny Lopez, *Le rêve d'une déconnexion : de la maison autonome à la cité auto-énergétique*, (SC. Éditions de la Villette, 2014)



HIGH TEMPERATURE



GREENHOUSE



PLANTS

AQUA CULTURE

ELECTRICAL GENERATOR

→ WATER HEATER

→ REFRIGERATOR

→ SPACE COOL

→ SPACE HEAT

→ WATER

→ PLANTS

← LIQUID WASTE

← SOLID WASTE

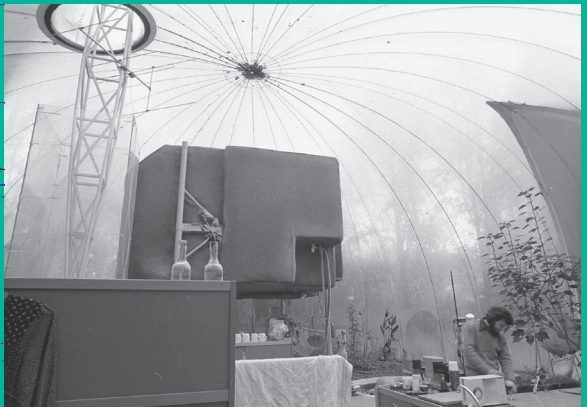
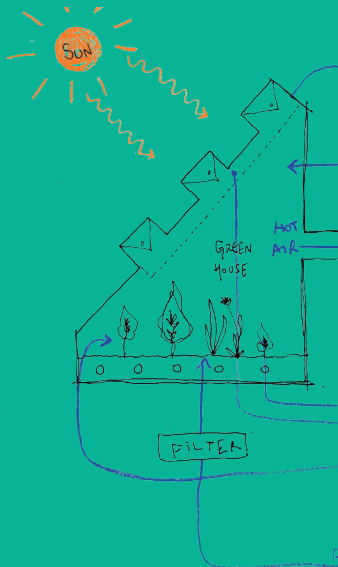
→ COOKING

→ PROTEIN
~~PROTEIN~~

→ LIGHTING

→ COMMUNICATIONS
COMMUNICATIONS

→ APPLIANCES



climatique, laissant pénétrer la chaleur uniquement lorsque cela est nécessaire.

En parallèle de cette membrane homéotique, les architectes pensent un système total auto-suffisant pour les communautés habitantes des bioshelters. Une réflexion est menée sur la production alimentaire ainsi que le traitement des déchets, afin de permettre un cycle fermé au sein de l'abri bioclimatique, à l'image d'un écosystème naturel. L'eau des bassins à poissons est utilisée comme moyen de stockage de la chaleur solaire et intègre des systèmes complexes associé à la culture alimentaire. Des potagers entourent les espaces d'habitation, afin de permettre une production de nourriture et les déchets organiques participent, par le phénomène de compostage naturel, à la production de méthane, pouvant ensuite être transformé en chaleur ou électricité. Des schémas explicatifs éclairent leurs dessins quant à ces processus, explicitant notamment les ressources sollicitées ainsi que les modes de transformation, de réemploi et de circulation au sein des bulles climatiques.

Bien que leurs prototypes ne semblent pas entièrement réalisables d'un point de vue technique, la singularité des travaux réside dans la radicalité de l'approche énergétique. Par l'adjonction d'une frontière physique, les « bioshelters » délimitent de manière drastique l'extérieur, constitué de nature intacte, de l'intérieur, abritant un écosystème vivant en symbiose. Au-delà de son rôle d'enceinte, la membrane devient un geste fort de visibilisation de l'énergie, agissant comme une immense serre thermo-régulatrice. Bien que l'idée de vivre sous serre sur le long terme puisse sembler difficilement viable, l'autonomie et l'ancrage local de ces projets invitent à repenser les hiérarchies de nos écosystèmes actuels.

L'idée d'envelopper l'habitat d'une membrane transparente n'est cependant pas nouvelle dans la quête d'indépendance en Architecture. La thématique du dôme habité, hermétique aux échanges d'airs tout en laissant passer les rayonnements solaires, est développée dans les années 1960 à 1980 par de nombreux groupes et architectes tels que Haus Rucker-Co, Ant Farm ou encore Archigram. En questionnant la permanence des bâtiments, les structures gonflables emplies d'air émergent, reflétant les questionnements écologiques de la période. Dans le cadre d'une exposition en Allemagne de l'Ouest, le groupe viennois d'architectes Haus Rucker-Co développe en 1972 le projet Oase n°7, une bulle transparente attachée à la façade d'un bâtiment, dont la membrane gonflable respire au rythme de la vie à l'intérieur du bâtiment.

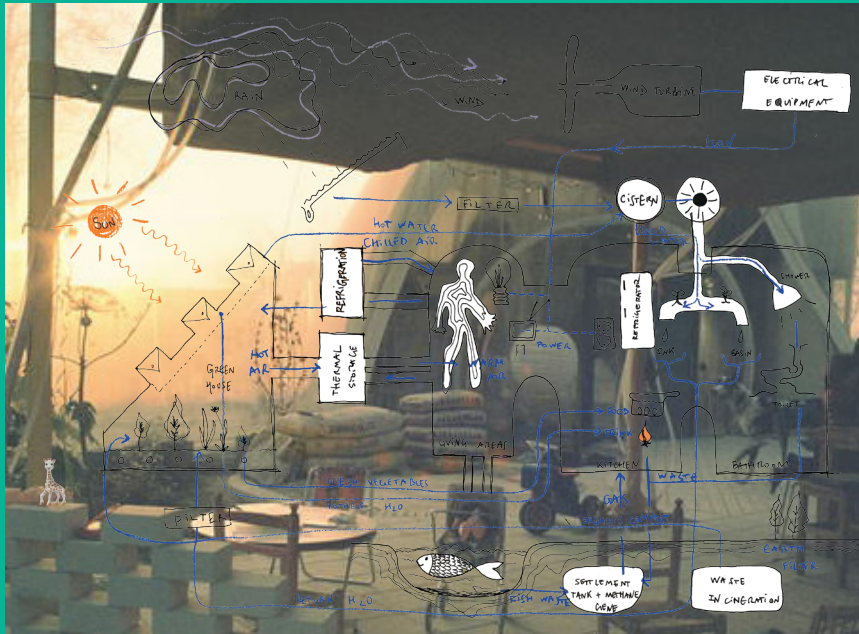
Pour Hans-Walter Müller, architecte du groupe Haus Rucker-Co, « l'architecture est à la fois fragile et vivante : la toile est une peau, et la pompe est un cœur. Elle doit fonctionner en permanence. Si elle s'arrête, l'architecture se dégonfle et disparaît. » ⁷³ Réagissant au sentiment croissant d'aliénation dans notre société de consommation, ainsi qu'à l'urbanisation croissante et à la pollution de l'air, le collectif explore les relations entre architecture, milieu naturel et influence humaine à travers leur projet de casques pneumatiques translucides, les Mind Expanders. Visant à stimuler la perception sensorielle et prendre conscience physiquement de sa propre influence sur l'environnement naturel extérieur, les Mind Expanders brouillent les frontières entre architecture et art. Ils offrent une expérience immersive qui invite à percevoir son corps comme un écosystème interconnecté. ⁷⁴

L'architecte et designer Belge Lode Janssen s'intéresse également aux caractéristiques climatiques et physiques de l'intérieur de l'habitat, et érige une « balloon house », dans laquelle il vivra pendant deux années avec sa femme. Véritable bulle transparente, maintenue stable grâce à une entrée d'air constante, l'intérieur accueille un jardin-potager et des espaces récréatifs. Au centre, une pièce fermée au climat naturellement plus chaud sert de chambre au couple.

Les bioshelters de Wellesley-Miller et Day Chahroudi, comme les architectures radicales et expérimentales de Haus Rucker-Co et Lode Janssen proposent des habitats sous bulles, interrogeant les limites intérieur-extérieur, naturel- humain, dans une perspective de création d'une architecture-écosystème, vivant et respirant au rythme de la Nature et de ses habitantes et habitants.

⁷³ Derk Loorbach, Véronique Patteeuw, Léa-Catherine Szacka, et Peter Veenstra, *It's about Time: The Architecture of Climate Change*, (nai010 publishers, 2024), 130

⁷⁴ « Mind Expanders - Kunsthall », consulté le 30 décembre 2024, <https://www.kunsthall.nl/en/plan-your-visit/exhibitions/mind-expanders/>



2.6



La cité auto-énergétique

« À l'autarcie économique des habitats ruraux, répondait la soumission énergétique des espaces urbains. En découvrant cette sujétion, l'architecte met au jour les liens ténus, souterrains, insoupçonnés mais puissants qui rattachent ses œuvres à un système énergétique, lui-même dépendant d'une structure politique et économique qui le sous-tend et le justifie. Ce n'est certes pas par hasard si la production et la distribution de l'énergie sont à l'image du pouvoir : centralisées. Ainsi, l'architecture, dans sa réalité métabolique, dévoile la face cachée de l'énergie, ses racines non géologiques mais politiques. »

Georges et Jeanne Marie Alexandroff, 1982

La cité auto-énergétique

Sur-visibiliser pour conscientiser

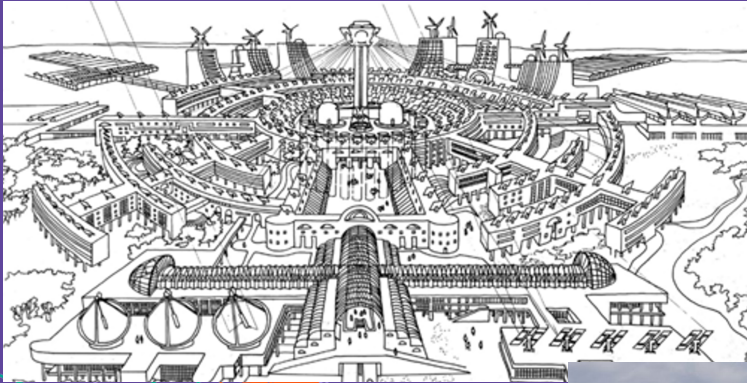
Plaçant la question énergétique au cœur de leurs recherches, Georges et Jeanne-Marie Alexandroff se démarquent également comme des figures radicales de l'autonomie. A la tête de la société Sofretes, les architectes développent un panel de mini-infrastructures et artefacts utilisant l'énergie solaire afin de produire et stocker l'énergie, des capteurs aux mini-pompes. ⁷⁵ Dans le climat d'effervescence créatrice des années 1970, Georges Alexandroff invente la cité auto-énergétique, un projet ambitieux qui concentre ses ambitions énergétiques et écologiques, ainsi que ses recherches théoriques sur les potentiels solaires.

À travers plusieurs vues aériennes, la cité auto-énergétique se développe, entre rêve techniciste et utopie déconnectée. La ville se déploie selon un plan circulaire rappelant la course du soleil, mêlant galeries couvertes, barres de logements et immeubles à gradins. Les infrastructures énergétiques, dont les proportions exagérées, structurent le tissu urbain et s'imposent en véritables monuments-repères, à l'image des arcs de triomphes romains. Ce nouvel ordre urbain centré autour des infrastructures énergétiques fait émerger de nouveaux motifs. Aux géométries régulières et orthogonales modernes se substituent des hémicycles, sphères et paraboles qui matérialisent les nécessités de captage et stockage des rayons solaires. La sur-visibilité de l'énergie, découlant directement de sa nouvelle méga-échelle, rends ainsi compte des consommations domestiques permettant les confort intérieurs de l'habitat.

Ouvrtement favorable à l'autonomie - du moins l'autosuffisance - énergétique, l'architecte valorise les projets d'habitats autonomes ayant essaimé pendant la contre-culture américaine mais estime que leurs développements à grande échelle est contre-productif d'un point de vue écologique, car sur-consommateurs d'espaces naturels. A l'inverse, son projet voit l'énergie- majoritairement solaire- comme est un prisme pour repenser nos modes de consommation collectivement. Dans la cité auto-énergétique, chaque bâtiment produit, seul

⁷⁵ Fanny Lopez,
*Le rêve d'une
déconnexion :
de la maison
autonome à la cité
auto-énergétique*,
(SC. Éditions de la
Villette, 2014)





ou en collaboration avec ses voisins, l'énergie requise pour son fonctionnement, illustrant ainsi l'idée du concepteur selon laquelle « la cité auto-énergétique constitue le reflet de la société autogestionnaire ». ⁷⁶ L'utopie présentée s'inscrit dans une démarche de réappropriation par les consommatrices et consommateurs de leurs systèmes techniques, ouvrant ainsi la voie à une gestion en commun.

L'exemple le plus marquant d'infrastructure urbaine surdimensionnée est la réalisation du grand four d'Odeillo dans les Pyrénées Françaises, mené à bien par Félix Trombe au sein du CNRS. Imposant dans le paysage par sa hauteur (cinquante mètres de haut) et sa surface recouverte de miroirs, ce four s'est imposé dès sa construction en 1969 comme un symbole de la production d'électricité solaire. Objet de fascination, il matérialise la capacité d'autoproduction d'énergie de la région, tout en visibilisant les pouvoirs solaires.

Dans un contexte plus urbain, les trois cheminées de la centrale thermique de Badalona - Sant Adrià, à Barcelone, dominent le paysage urbain avec leurs silhouettes emblématiques, symboles de la production énergétique. Situées en bord de mer, au cœur de la ville, leur stature imposante en fait l'un des monuments iconiques de la capitale catalane, rappelant en permanence le lien entre production et consommation d'énergie.

Ainsi, l'ensemble de ces modèles et inventions, mêlant conjointement fascination technique et expérimentation artistique, témoignent de l'attention soutenue à la gestion raisonnée des ressources et de l'énergie qui a été émulée pendant la décennie de 1970 à 1980.

Les différents systèmes élaborés afin de capter et utiliser l'énergie naturelle solaire, l'attention portée à l'agencement spatial de l'habitat afin de moins dépenser d'énergie ou encore les modèles utopiques repensant les hiérarchies sociétales sont autant d'exemples démontrant la possibilité de repenser l'Architecture à travers le prisme énergétique. Ensemble, les caractéristiques architecturales et conceptuelles propres aux projets, comme la compartimentation thermique des espaces chez Ungers, constituent un premier axe de réflexion pour orienter la pratique architecturale vers une approche moins énergivore.

⁷⁶ Fanny Lopez, *Le rêve d'une déconnexion : de la maison autonome à la cité auto-énergétique*, (SC. Éditions de la Villette, 2014), chapitre 2

Partie 3

Pistes et Réflexions vers une Architecture moins énergivore



Introduction

L'ensemble des exemples présentés dévoile un premier visage, aux multiples facettes, de la pensée hors-réseaux qui s'est développée entre 1970 et 1980. Plusieurs logiques architecturales propre à ce rêve de déconnexion en ressortent, alternant entre fascination technique, culture DIY et explorations matérielles. Pourtant, bien que cette quête d'autosuffisance emprunte différents chemins dans sa réalisation, elle repose sur des caractéristiques communes solides, guidées par des convictions écologiques et sociétales similaires.

Ce chapitre développe les concepts théoriques communs qui se dégagent des exemples analysés, pour aller vers une architecture et une ville qui accepte et visibilise ses consommations énergétiques, renoue le lien avec son sol et climat, conscientise ses usages. Il s'agit ici d'explorer ces quelques pistes d'action pour concevoir une modernité consciente de son empreinte écologique et en quête d'un confort domestique plus responsable.

3.1



De l'habitat ...

« Avec notre technologie actuelle, la température d'un lieu n'a pas besoin d'être associée à la forme du bâtiment, aux matériaux utilisés ou à la région où il se trouve. Pourtant, quelle perte que de séparer la chaleur ou la fraîcheur de l'harmonie de nos autres sens ! »

Lise Heschong, 1979

Retrouver un sens thermique

Le projet de « maison dans la maison » de Ungers ou encore les membranes transparentes radicales de Haus Rucker-Co questionnent l'idée intrinsèque à l'habitat de création d'un environnement thermique intérieur, qui s'oppose au climat naturel extérieur. En habitant dans des espaces thermiquement différenciés en fonction des usages et des saisons, les individus expérimentent directement les qualités climatiques de leur environnement. À travers ces parcours climatiques, les habitant.e.s renouent avec leur « sens thermique », c'est-à-dire qu'ils prennent pleinement conscience des caractéristiques thermiques de leur milieu grâce à l'architecture qui les met en valeur. ⁷⁸

Développer ce sens thermique, accepter les variations de température dans le logement ou structurer les espaces en fonction de leurs caractéristiques climatiques – comme les espaces-tampons proposés par Yona Friedman – peut contribuer à la reconnexion des habitant.e.s avec les dynamiques naturelles du climat. Autrement dit, ressentir physiquement le froid, la chaleur ou l'humidité dans les pratiques quotidiennes – sans pour autant cautionner les passoires thermiques ! – constitue une première étape vers une nouvelle articulation entre usages, architecture, énergie et climat. Cette démarche invite à repenser la pratique architecturale en intégrant un changement de perspective : les variations climatiques ne sont plus perçues uniquement comme une menace extérieure à écarter, mais deviennent une composante essentielle avec laquelle faire projet.

L'architecte Daniel Barber, auteur de *Modern Architecture and Climate: Design Before Air Conditioning* pousse cette vision plus loin. L'auteur introduit l'ère moderne comme celle du « Comfortocène » ⁷⁹ et nous invite à réinterroger notre définition de confort domestique, uniforme et normée. En effet, le confort domestique actuel s'inscrit dans une logique de domination vis-à-vis de la nature et de ses aléas et se retrouve au cœur d'une chaîne causale invisible reliant le design, les systèmes de CVC (chauffage, ventilation et climatisation), les énergies fossiles, et les émissions

⁷⁸ Lisa Heschong et Hubert Guillaud, *Architecture et volupté thermique.* (Collection Eupalinos, Éditions Parenthèses, 2021)

⁷⁹ Daniel A Barber, « After Comfort », *Log 47*, 2019

de carbone. Participant à la destruction des écosystèmes, repenser radicalement les termes de nos confort actuels semble primordial. Peut-on accepter le non-confort ? Où et comment place-t-on la limite de l'un à l'autre ? Peut-il exister une plage acceptée de confort plus étendue ?

D'un ton légèrement provocateur, Daniel Barber prône la conception architecturale pour l'inconfort, dans le but de révéler les structures invisibles de ventilation et de chauffage tout en redéfinissant la viabilité et le style de vie. Selon l'auteur, concevoir des espaces inconfortables peut devenir une opportunité d'innovation spatiale et une réponse essentielle à la crise écologique.⁸⁰ Afin d'éviter un avenir à la limite du vivable (au sens propre), l'architecture peut redéfinir la plage de confort jugée « vivable » dans l'habitat, afin d'explorer des possibles au-delà de l'ère du « confortocène » écologiquement non-viable.

Matérialiser l'énergie en Architecture

Dans son essai *Un langage architectural de l'énergie*, le théoricien de l'architecture et de l'environnement Paul Bouet souligne la manière dont l'architecture moderne occidentale masque le fonctionnement énergétique des bâtiments. Les constructions, souvent « muettes » sur le plan énergétique, reposent en grande partie sur des ressources fossiles et fissiles, contribuant à l'aggravation de l'état du Vivant sur Terre.⁸¹ Afin de rendre les phénomènes climatiques et énergétiques en jeu dans le logement apparents, l'auteur engage les architectes à se réapproprier un langage architectural de l'énergie, « un système qui lie les formes et la thermique, l'esthétique et la technique, le visible et le sensible ». ⁸² Cette volonté se trouvait déjà au cœur du projet de cité auto-énergétique du couple Alexandroff, qui appelait en 1982 dans leur livre *Architecture et Climats* à « renouer avec l'attention à l'énergie et au climat dans l'architecture contemporaine ». ⁸³ Le couple Alexandroff projette l'idée d'une « intégration » ⁸⁴ des dispositifs de captages d'énergie naturelles dans la conception architecturale, en opposition à « l'adjonction d'équipements techniques sur des bâtiments conçus sans lien avec eux ». Chez ces architectes solaires, la façade du bâtiment ne se restreint

⁸⁰ Daniel A Barber, « After Comfort », *Log* 47, 2019

⁸¹ Paul Bouet, « Un langage architectural de l'énergie », *Visible/Invisible*, (Polygone/ENSA Versailles, 2022), 110-119.

⁸² *Ibid*

⁸³ Georges et Jeanne-Marie Alexandroff, *Architectures et climats : soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, (Berger-Levrault, Collection Architectures, 1982), introduction

⁸⁴ *Ibid*

pas à une enveloppe qui doit plaire mais reprends des fonctions climatiques telles que le captage et stockage d'énergie ou la ventilation naturelle. Cette notion d'intégration rappelle l'idéal des « technologies appropriées » d'Illitch, outils et techniques « conviviaux » permettant aux individus de construire eux-mêmes leurs propres cadres de vie, dans une logique d'appropriation et de respect de l'environnement.⁸⁵ Une telle intégration et de tels outils semblent aujourd'hui à réinventer, afin de pouvoir à nouveau concilier innovation technologique et tradition historique, esthétique et climat, nature et culture dans la pratique architecturale, mais aussi dans nos manières d'habiter.

85 Ivan Illich, *La convivialité*, (Points 65, Éd. Points, 2014)

86 Clément Gaillard, « L'approche énergétique de l'architecture vernaculaire : genèse et développement », *Socio-anthropologie*, n.42, (Éditions de la Sorbonne, 2020), 67-80

87 Aurélien Barrau, *La poésie comme solution à la crise écologique?*, Bains des Pâquis, 2024

S'instruire des savoirs d'hier

La conscientisation des problématiques climatiques et environnementales génère un regain d'intérêt pour l'architecture avant les tuyaux, dont les motifs et techniques permettent de meilleures symbioses architecture-énergie que celles d'aujourd'hui. Dès lors, les regards se tournent de plus en plus vers les constructions vernaculaires ou traditionnelles. Architectes, thermiciens et chercheurs auscultent, suivant des critères thermiques, les constructions précédentes de notre ère « moderne » afin de revaloriser certains matériaux et dispositifs techniques dans les architectures actuelles.⁸⁶

Comme l'astrophysicien et philosophe Aurélien Barrau l'affirme : « le premier geste écologique est peut-être d'observer les autres manières qu'ont eu nos prédécesseurs.euses, d'habiter cette planète ». ⁸⁷ Dans le contexte actuel de crise environnementale, dans lequel le domaine du bâtiment est entièrement remis en question, notamment quant aux matérialités, conceptions et impacts carbone, regarder ce qui a déjà existé, ce qui perdure et a fonctionné semble une première clé pour délaissier le greenwashing et proposer une réelle conception bioclimatique.

3.2



Au territoire

« Dans ce contexte, les communautés énergétiques se révèlent aujourd'hui en tant que modèles d'une spatialité renouvelée autour de l'énergie, qui se décline dans différentes acceptions et qui s'inscrit dans une tradition de remise en cause du modèle dominant centralisé. La mise en commun d'acteurs autour de la consommation et de la production d'énergie convoque non seulement l'espace en tant que lieu où situer les dispositifs énergétiques, mais également des réflexions autour de la localité en tant qu'ensemble de valeurs »

Gilles Debizet et Marta Pappalardo

Repenser le rapport aux paysages

Les prises de conscience quant à l'urgence climatique se sont manifestées dans les domaines politiques par l'émergence de la « transition écologique », un concept devenu central, donnant lieu à l'adoption de lois et conventions Climats à plus ou moins court terme. D'un point de vue énergétique, la matérialisation de cette volonté écologico-politique la plus directement visible a été l'apparition de champs d'éoliennes sur les territoires européens. Les longues pâles métalliques de ces nouvelles machines de l'énergie ont essaimé dans les paysages ruraux européens, symboles des volontés politiques - plus ou moins ancrées - de sortie de la dépendance pétro-carbonifère. Toutefois, leurs implémentations ont suscité controverses et débats, notamment quant à leurs esthétiques et leurs intégrations dans les paysages naturels. En effet, cette nouvelle visibilité donnée à la production énergétique s'est souvent manifestée par un rejet de la part des habitant.e.s alentours. Interpellant la sensibilité humaine, ce rejet mêle à la fois la confusion face à la transformation d'un paysage familier et le refus d'un système mécanique qui semble nuire à l'environnement.

Néanmoins, si ces affects sont compréhensibles, la visibilité des éoliennes dans les paysages du quotidien peut être approchée différemment. En considérant, par exemple, les kilomètres de tuyaux souterrains actuels nécessaires à l'approvisionnement énergétique, il devient possible de souligner le caractère subjectif du jugement qui perçoit ces machines comme destructrices et inesthétiques. Bien que l'installation d'éoliennes dans des espaces naturels puisse soulever des questions d'ordre écologique, leur présence physique met en lumière ce que la matrice socio-technique des *Large Technical Systems* tend à dissimuler : l'origine de l'énergie que nous consommons. À l'image de l'extrapolation d'échelles de la cité auto-énergétique de Georges et Jeanne-Marie Alexandroff, la visibilité des systèmes techniques de l'énergie est cruciale car elle manifeste physiquement la nécessité de produire une énergie

avant de pouvoir la consommer.⁸⁸ Cette visibilité représente donc une première étape vers une prise de conscience de l'exploitation des ressources qui sous-tend la longue chaîne de production répondant à nos besoins quotidiens en chauffage, électricité et eau sanitaire. Face à la visibilité angoissante de la crise climatique, la visibilité de la production énergétique peut être une première réponse, matérialisant nos consommations dans les paysages. Tout comme les moulins et l'élevage ont façonné les paysages européens pendant des siècles, les éoliennes démontrent qu'il est désormais envisageable, et peut-être même souhaitable, de composer des paysages avec le renouvelable.⁸⁹

L'énergie comme vecteur de lien social

⁸⁸ Jérôme Batout & Michel Guilbaud, « Rendre à l'énergie sa matérialité dans le paysage est un enjeu fondamental de la transition écologique », *Le Monde*, août 2021

⁸⁹ Paul Bouet, « Un langage architectural de l'énergie », *Visible/Invisible*, (Polygone/ENSA Versailles, 2022), 110-119.

⁹⁰ Gilles Debizet et Marta Pappalardo, « Communautés énergétiques locales, coopératives citoyennes et autoconsommation collective : formes et trajectoires en France », *Flux 126*, n.4 (Université Gustave Eiffel, 2021), 1-13

⁹¹ *Ibid*

⁹² Flora Aubert et Taoufik Souami, « Communautés énergétiques et fabrique urbaine : Analyses croisées Allemagne, France, Royaume-Uni », *Flux 126*, n.4 (Université Gustave Eiffel, 2021), 14-25

Au cours du 21^e siècle, l'Europe a vu naître de nouvelles communautés énergétiques, principalement dans des régions peu attractives ou en déclin cherchant à repenser leur rapport à l'énergie et au territoire.⁹⁰ Ces initiatives, suivant souvent une logique d'autoconsommation collective, permettent la conjugaison entre production et consommation à une échelle locale, dans une logique de circuit court. Dans la plupart des cas, ces nouveaux modèles et leurs infrastructures associées ont pu voir le jour grâce à une réorganisation sociale. En réinjectant du public dans les dynamiques locales, des formes alternatives de gouvernance et de gestion collective se sont développées, réinterrogeant les modèles traditionnels de propriété privée et d'économie de la consommation.⁹¹

Ces réorganisations sociétales empruntent différentes voies. La ville allemande de Saebeck, communauté énergétique auto-suffisante de 7000 habitant.e.s, s'est par exemple appuyé sur l'aide d'institutions déjà existantes et a opté pour la création de structures exploitantes spécifiques à la communauté. À la suite de plusieurs initiatives citoyennes en faveur d'une énergie locale et renouvelable, la mairie s'est ensuite engagée à agir en faveur de l'autonomie énergétique. En appuyant les arguments de l'unité territoriale et la fonction de planification territoriale afin de modifier certaines lois, la ville a pu créer des infrastructures et des entreprises locales exploitantes, afin de favoriser l'auto-consommation.⁹²

En France, la commune rurale de Le Mené a opté pour une approche différente. Cherchant à trouver des solutions pour gérer leurs déchets organiques, des groupuscules d'agriculteurs se sont regroupés en association afin de créer une première centrale de méthanisation. Motivés par l'envie partagée de créer un mix énergétique à partir des ressources naturelles disponibles, les membres de la communauté énergétique ont ensuite cherché à mettre en valeur leur action afin d'obtenir des financements leur permettant d'atteindre l'auto-suffisance énergétique dès 2025.

Ces deux exemples montrent la pluralité des projets citoyens et des modèles organisationnels créés en faveur de l'autonomie. Ces modèles sociétaux créés, tantôt autonomes par rapport à l'État, tantôt soutenus par les institutions existantes, varient, mais s'inscrivent tous dans une tendance à s'éloigner des logiques marchandes traditionnelles et à amorcer une réflexion sur la localité comme un ensemble de valeurs.⁹³ Cependant, comme le souligne Arnaud Assié dans son article *Refaire de l'énergie, les porteurs de projets "citoyens" dans la production d'électricité*, ces groupements rencontrent souvent des difficultés dans la mise en place de leurs projets.⁹⁴ En effet, la mise en commun des acteurs de la production énergétique peut se révéler complexe, en raison des valeurs divergentes en jeu et des défis administratifs et économiques liés à la création de nouveaux modèles en dehors du système traditionnel établi.

Le foisonnement de communautés énergétiques indépendantes, ou semi-indépendantes en Europe sur les 20 dernières années témoigne du regain d'intérêt pour la territorialisation de l'énergie. Permettant l'émergence de nouveaux schémas sociétaux et vecteur de lien social, les communautés énergétiques viennent remettre en question l'échelle globale incompréhensible et anti-écologique actuelle, réunissant des valeurs de localité géographique et de traçabilité de la production.

L'ancrage territorial comme premier geste écologique

Les flux internationaux résultant du processus de mondialisation ont bouleversé au cours de la seconde moitié du 21^e siècle les rapports des habitants à leurs environnements naturels proches. Plus nécessaires pour répondre à leurs besoins primaires

⁹³ Lorraine Whitmarsh et Paul Upham, « 2 Public responses to climate change and low-carbon energy », *Low-Carbon Energy Controversies*, 2013, 14

⁹⁴ Arnaud Assié, « Refaire de l'énergie, les épreuves de porteurs de projets « citoyens » dans la production d'électricité », *Flux 126*, n.4 (Université Gustave Eiffel, 2021), 26-38

vitaux – se nourrir et se chauffer - les connaissances des caractéristiques naturelles propres aux lieux où l'on habite se sont érodées, jusqu'à parfois disparaître. Les cultures et logiques sociétales locales ont été petit à petit gommées, rendant complètement anodin de s'intégrer dans un nouveau milieu de vie sans en connaître nullement la culture et l'écologie. Au fil du temps, les attaches culturelles, environnementales et territoriales à un lieu de vie se sont lentement dissoutes dans un système-monde en perpétuel flux, permis par les interconnexions énergétiques disséminées sous la surface terrestre. Considérant la question énergétique dans ce mouvement perpétuel, un premier levier de changement semble dès lors être d'ordre éducatif. Et si nous réapprenions à connaître nos environnements proches afin de concevoir des systèmes énergétiques en lien avec les ressources disponibles ? Et si nous redonnions de la valeur aux espèces d'arbres, d'animaux, de roches ou de climats originaux de nos lieux de vie ?

S'éloignant de l'urbanisme fonctionnel et administratif, déconnecté des spécificités écologiques et énergétiques des lieux, la notion de territoire-ressource propose une approche profondément transformative de notre rapport aux espaces que nous habitons.⁹⁵ L'urbanisme qui en découle cherche à repenser un découpage territorial en fonction des ressources naturelles et climats locaux. On peut alors imaginer un « territoire solaire », englobant les pays de l'Europe du Sud, qui bénéficient d'apports solaires la majorité de l'année, subdivisé en sous-territoires en fonction des roches, vents, rivières locales. Riches d'une connaissance précise quant aux potentiels de leurs territoires, ces derniers pourraient alors créer des dispositifs captant, stockant et redistribuant l'énergie propres aux lieux dans lesquels ils s'ancrent.

Le concept de territoire-ressource s'inscrit dans la critique de l'urbanisation industrielle portée par Lewis Mumford et son idée de « mégatechnique ».⁹⁶ L'auteur plaide pour une planification régionale respectant les caractéristiques naturelles des territoires (climat, relief, biodiversité) et favorisant des petites villes interconnectées, en opposition aux mégaloïles centralisées et déconnectées de leur environnement. Cette vision rejoint celle de Frank Lloyd Wright avec son projet Broadacre City, qui propose des modes de vie décentralisés, une gestion collective des sols et une réorganisation territoriale respectueuse des paysages et des ressources.⁹⁷ Wright anticipe ainsi des approches modernes comme l'habitat participatif, l'autoconstruction ou les circuits courts, dans une quête de communautés humaines en équilibre avec leurs milieux.

⁹⁵ Lopez, *L'ordre électrique: infrastructures énergétiques et territoires*, chapitre 2

⁹⁶ Graham & Marvin, *Splintering Urbanism*, chapitre 1.05

⁹⁷ Frank Lloyd Wright, Catherine Maumi et Jean-François Allain, *Broadacre city, la nouvelle frontière*, Textes fondamentaux modernes, (Éditions de la Vilette, 2015)

Conclusion

Au cours du 20^è siècle, la conception centralisée de la production et de l'approvisionnement énergétique s'est lentement couplée à une distanciation physique des infrastructures et réseaux de l'énergie, rejetés hors des villes ou cachés dans les sols. Dès lors, accélérée par la création du mythe de l'abondance et un confort moderne de plus en plus régulé, les consommations d'énergie dans l'habitat – et donc la conception architecturale de logements affiliée – ont augmenté exponentiellement ; leurs matérialités étant invisibles aux yeux des habitant.e.s. Tout en connectant des villes de plus en plus éloignées, les machines énergétiques modernes ont lentement déconnectés les usages de leurs origines terrestres, entraînant des consommations énergétiques domestiques illimitées qui ont dépassé la capacité de bio-régénération planétaire. Face à cette machinerie infernale, comment traiter la question énergétique en Architecture ? Par où commencer ?

En observant le passé, en analysant et dessinant les réponses architecturales, urbaines et idéologiques à la crise socio-environnementale des années 70, des esquisses de réponses émergent. Certains motifs se répètent, certaines convergences apparaissent. Outre la critique féroce d'un système-monde dévastateur, la pensée de la contre-culture de l'époque, embrasée par la crise du pétrole, inspire, éveille, stimule et nourrit de nouveaux imaginaires. Bien que le contexte ait été différent, les problématiques restent similaires à celles d'aujourd'hui, et les diverses voies adoptées résonnent à travers le prisme de notre regard actuel. Mis ensemble, les concepts architecturaux qui découlent de cette quête d'indépendance énergétique – et vis-à-vis du système dominant - établissent une première collection d'outils pour aller vers une conception architecturale qui respecte l'écosystème dans lequel elle s'insère. Face à l'opacité, au flou, à la non-visibilité des mécanismes de l'énergie, la radicalité écologique et sociétale propose la localité, le faire soi-même pour rétablir un équilibre juste entre humains, énergie et environnement.

Bibliographie

Alexandroff, Georges et Jeanne-Marie. *Architectures et climats: soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, Collection Architectures. Paris: Berger-Levrault, 1982.

Arboleda, Martín. *Planetary Mine: Territories of Extraction under Late Capitalism*. London New York: Verso, 2020.

ArchDaily, « Haus-Rucker-Co: Architectural Utopia Reloaded », 30 décembre 2014. <https://www.archdaily.com/582842/haus-rucker-co-architectural-utopia-reloaded>

Assié, Arnaud. « Refaire de l'énergie, les épreuves de porteurs de projets « citoyens » dans la production d'électricité ». *Flux* 126, no 4 (2021)

Baer, Steve. *Sunspots : Collected Facts and Solar Fiction*. Albuquerque, N.M. : Zomeworks, 1975.

Banham, Reyner. *A home is not a house*, NY: Art in America, 1965.

———. *The Architecture of the Well-Tempered Environment*. London: Architectural P. : Univ. of Chicago, 1973.

Barrau, Aurélien, La poésie comme solution à la crise environnementale, 2024.
<https://www.youtube.com/watch?v=VMfnV-AbxrI>.

Barber, Daniel A. « After Comfort ». *Log* 47, 1 janvier 2019.

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

Bardi, Ugo. *The Limits to Growth Revisited*. SpringerBriefs in Energy. New York, NY: Springer New York, 2011.

Batout, Jérôme, et Michel Guilbaud. « Rendre à l'énergie sa matérialité dans le paysage est un enjeu fondamental de la transition écologique », *Le Monde*

Bonneuil, Christophe, et Jean-Baptiste Fressoz. « Chapitre 2 - Capitalocène : une histoire conjointe du système terre et des systèmes-

monde ». In *Transformations agricoles et agroalimentaires : Entre écologie et capitalisme*, édité par Gilles Allaire et Benoit Daviron, 41-58. Synthèses. Versailles: Éditions Quæ, 2017.

Paul Bouet. *Figurer l'énergie et le climat. Les recherches de Georges et Jeanne-Marie Alexandroff*. Alessia de Biase; Pierre Chabard. Représenter : Objets, outils, processus, La Villette, pp.52-67, 2020.

———. Paul Bouet. *Le mur Trombe*. François Jarrige; Alexis Vrignon. Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel, La Découverte, pp.249-263, 2020.

———. *Un langage architectural de l'énergie / An architectural language of energy*. Nicolas Dorval-Bory; Guillaume Ramilien. Visible/Invisible, Polygone; ENSA Versailles, 2022.

Frédéric Caille. Dossier L'énergie solaire : trajectoires sociotechniques et objets muséographiques. *Cahiers d'histoire du Cnam*, 13 (1), 2020, L'énergie solaire : trajectoires sociotechniques et objets muséographiques.

Coutard, Olivier, Richard E. Hanley, et Rae Zimmerman. *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*. 1st ed. London: Routledge, 2005.

Debizet, Gilles, et Marta Pappalardo. « Communautés énergétiques locales, coopératives citoyennes et autoconsommation collective : formes et trajectoires en France ». *Flux* 126, no 4 (2021): 1-13.

Decker, Kris De. « L'Enveloppe Solaire: Comment Chauffer et Rafrâichir Les Villes sans Energie Fossile ». *Low Tech Magazine*, 24 mars 2012.

Decroos, Bart, éd. *Ecology & Aesthetics*. Oase 112. Rotterdam: nai010 publishers, 2022.

Dobraszczyk, Paul, Carlos López Galviz, Bradley L. Garrett, et Geoff Manaugh. *Global Undergrounds: Exploring Cities Within*. London: Reaktion Books, 2016.

Dubois, Jérôme, et Leïla Kebir. « Éditorial. Transition énergétique : le retour des lieux ». *Espaces et sociétés* 182, no 1 (23 septembre 2021): 9-14.

Énergies. *Revue historique vaudoise*, tome 124 (2016). Lausanne: Antipodes, 2016.

Fabrizi, Mariabruna. « Energy as Architectural Matter: Oswald Mathias Ungers' Solar House », *SOCKS*, 27 juin 2021.

« Frac centre ». Consulté le 8 novembre 2024.
<https://collections.frac-centre.fr/collection/collection-art-architecture/index-des-auteurs/auteurs-58.html?authID=164>.

Friedman, Yona. *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne*

modernisée: pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie. Écologie et survie. Saint-Jean-de-Braye: Dangles, 1982.

Füzesséry, Stéphane. *Wright Frank Lloyd , Broadacre City, la nouvelle frontière*, prés. par Catherine Maumi, trad. de l'angl. par Jean-François Allain, Paris, Éd. de la Villette, « Textes fondamentaux modernes », 2015.

Gaillard, Clément. « L'approche énergétique de l'architecture vernaculaire : genèse et développement ». *Socio-anthropologie*, no 42, 2020.

Ghosn, Rania. *Landscapes of Energy*. New Geographies 2. Cambridge, Mass: Harvard University Graduate School of Design, 2009.

Graham, Steve. *Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition*. 1re éd. Routledge, 2002.

Heschong, Lisa, et Hubert Guillaud. *Architecture et volupté thermique*. Nouvelle éd. Collection Eupalinos. Marseille: Éditions Parenthèses, 2021.

Heynen, Nik, Maria Kaika, et E. Swyngedouw, éd. *In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism*. Questioning cities series. London ; New York: Routledge, 2006.

Holmgren, David, et Sébastien Marot. *Comment s'orienter ? permaculture et descente énergétique*. Le monde qui vient. Marseille: Wildproject, 2023.

Hutton, Jane. *Reciprocal Landscapes: Stories of Material Movements*. 1re éd. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge, 2020.

Kallipoliti, Lydia, et Youngbin Shin. *Histories of Ecological Design: An Unfinished Cyclopedia*. New York Barcelona: Actar Publishers, 2024.

Knowles, Ralph L. « The solar envelope: its meaning for energy and buildings ». *Energy and Buildings*, Special issue on urban research, 35, no 1 (1 janvier 2003)

Knowles, Ralph L., et Richard D. Berry. *Solar Envelope Concepts: Moderate Density Building Applications*, Final Report. Solar Energy Information Data Bank, 1980.

Loorbach, Derk, Véronique Patteeuw, Léa-Catherine Szacka, et Peter Veenstra. *It's about Time: The Architecture of Climate Change*. Rotterdam: nai010 publishers, 2024.

Lopez, Fanny. *Le rêve d'une déconnexion: de la maison autonome à la cité auto-énergétique*. SC. Éditions de la Villette, 2014.

———. *L'ordre électrique: infrastructures énergétiques et territoires*. VuesDensemble. Genève: MetisPresses, 2019.

« Mind Expanders - Kunsthal ». Consulté le 30 décembre 2024.
<https://www.kunsthal.nl/en/plan-your-visit/exhibitions/mind-expanders/>.

Moehring, Eugene P., et Sophie Cambon. Technology and the rise of the networked city in Europe and America (sous la direction de Joel Tarr et Gabriel Dupuy) », *FLUX Cahiers scientifiques internationaux Réseaux et Territoires*, 1993

Mouzard, Théo. Autonomie électrique, le rêve d'une reconnexion
Réflexions sur l'électricité avec Fanny Lopez, *Panthère Première*, s. d., 10.

Mumford, Lewis, Grégory Cingal, et Annie Gouilleux. *Le mythe de la machine*, 1966. Paris: Éditions de l'Encyclopédie des nuisances, 2019.

Mumford, Lewis, Guy Durand, Gérard-Henri Durand, Natacha Cauvin, et Jean-Pierre Garnier. *La cité à travers l'histoire*. Mémoiresociales. Marseille: Agone, 2011.

« negotiating ungers 2018: the aesthetics of sustainability ». Consulté le 28 novembre 2024.
<https://www.negotiating-ungers.eu/2018/index.html>.

Ordre des architectes du Québec. « Se réapproprier nos environnements thermiques ». Consulté le 3 décembre 2024.
<https://www.oaq.com/article-magazine/reapproprier-environnements-thermiques/>

Ortiz, Vincent. *L'ère de la pénurie: capitalisme de rente, sabotage et limites planétaires*. Paris: les Éditions du Cerf, 2024.

Pappalardo, Marta. « La gouvernance des communautés énergétiques, entre pratiques de l'espace et dynamiques de pouvoir ». *Espaces et sociétés* 182, no 1 (23 septembre 2021)

SAH Archipedia. "Baer House." Text. Dernière modification 17 juillet, 2018.
<https://sah-archipedia.org/buildings/NM-01-043-0142>.

Pottin, Ange. *Le Nucléaire Imaginé Le Rêve du Capitalisme Sans la Terre*. Québec: La Decouverte Editions, 2024.

Rahm, Philippe. *Histoire naturelle de l'architecture: comment le climat, les épidémies et l'énergie ont façonné la ville et les bâtiments*. Points H614. Éditions Points, 2023.

Raineau, Laurence. « Dossier « Adaptation aux changements climatiques » - Vers une transition énergétique ? » *Natures Sciences Sociétés* 19, no 2 (avril 2011)

Rapoport, Amos, et Amos Rapoport. Pour une anthropologie de la maison. Collection Aspects de l'urbanisme. Paris: Dunod, 1972.

Reynolds, Michael, et Michael Reynolds. How to Build Your Own. 5. print. Earthship / Michael E. Reynolds, vol. 1. Taos, New Mexico: Solar Survival Architecture, 1993.

Roesler, Sascha. *City, climate, and architecture: a theory of collective practice*. 1re éd. Boston: Birkhäuser, 2022.

Rottier, Guy. *Guy Rottier: arTchitecte de l'insolite = unusual arTchitecture*. Nice : Z'éditions, 1990.

Roux, Emmanuel de, et Georges Fessy, éd. *Patrimoine industriel*. Paris: Éd. Scala, 2000.

Sean Wellesley-Miller: The Bioshelter, The Home, and The Community - The Lindisfarne Tapes | Himalaya. Consulté le 28 octobre 2024.
<https://www.himalaya.com/episode/sean-wellesley-miller-the-bioshelter-the-home-and-the-community-the-lindisfarne-tapes-131075870>, s. d.

Daniel Siret. *Les enveloppes solaires de Ralph Knowles, ou les ambivalences d'un modèle de régulation des formes urbaines*. Lieux Communs - Les Cahiers du LAUA, 2011, n° 14, p. 195-206.

Pierre Teissier. *Le solaire passif à l'ombre de la politique énergétique française, 1945-1986*. Annales historiques de l'électricité, 2013, Les politiques publiques de l'énergie solaire, 11, pp.11-25.

'The Limits to Growth' (1972) – A Book in Five Minutes, No.1, 2021.
<https://www.youtube.com/watch?v=5SMrzzW9Zms>.

Till, Jeremy. *Architecture Criticism against the Climate Clock*. The Architectural Review, 6 avril 2023.

Uyttenhove, Pieter. *Living and Building with Air*. Peter Swinnen and Nikolaus Hirsch (Eds.), A.J. Lode Janssens, 1.47 Mbar, Leipzig, Spector Books, 2022, 1 janvier 2022.

Verhaeghe, Laetitia. « Le déploiement local des énergies renouvelables à l'amorce d'un mutualisme villes-campagnes ? » *Espaces et sociétés* 182, no 1 (23 septembre 2021): 33-54.

Vollaard, Piet, et Frederique van Andel. « Zome House Corrales, New Mexico ». DASH | Delft Architectural Studies on Housing, no 07 (2012): 88-95.

Wright, Frank Lloyd, Catherine Maumi, et Jean-François Allain. *Broadacre city, la nouvelle frontière. Textes fondamentaux modernes*. Paris: Éditions de la Villette, 2015.





Juliette Lafrasse

*Ce document est mis à disposition selon les termes de la Licence
Creative Commons Attribution
(CC BY <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) »*

