

L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire

Plemenka Supic

Département d'Architecture

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

C.P. 555

CH-1001 Lausanne

Suisse

Summary

Building comfort for people, animals and material goods is searched for by all civilisations. Forms of vernacular houses (superposition, combination, juxtaposition and nomadism) are described in relation to four climates: hot-dry, hot-humid, cold-dry, cold-humid and to one or two extreme climatic situations. The examples illustrate solutions adopted in the search for comfortable living conditions in very different climatic contexts.

Résumé

La recherche du confort dans toute condition climatique pour l'homme, ses animaux et ses réserves, reste une constante dans les constructions humaines. Les formes de maisons vernaculaires (superposition, combinaison, juxtaposition et nomadisme) sont ici décrites en rapport aux climats chaud-sec, chaud-humide, froid-sec, froid-humide, à un ou à deux extrêmes. Ces exemples illustrent des solutions mises en oeuvre à la recherche d'un confort d'habitation dans des conditions climatiques fort variées.

Introduction

L'homme est à la fois constructeur et utilisateur de son environnement. Son savoir-faire technique dépend de trois milieux interactifs: l'humain, le naturel et le matériel.

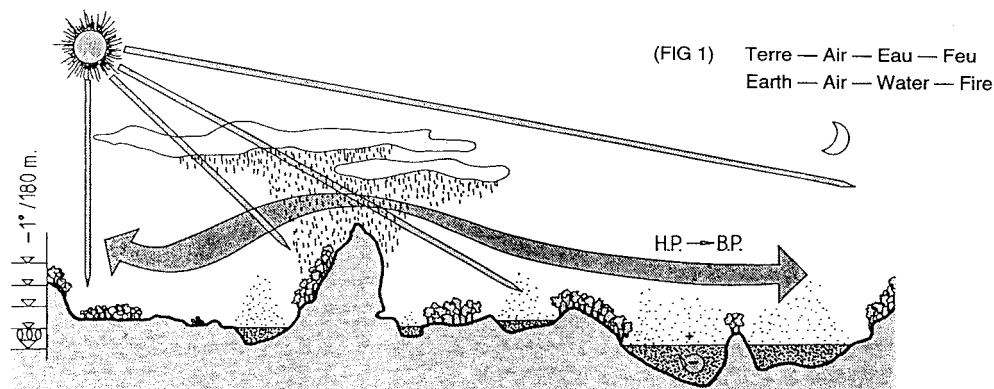
Le milieu humain

Une construction est une organisation spatiale significative du comportement humain. Au-delà de la satisfaction fonctionnelle des besoins et des activités, ce sont les données économiques, sociales et culturelles qui déterminent la réponse architecturale aux questions: de quoi s'agit-il et pourquoi?

Le milieu naturel

Une construction est située dans un lieu géographique déterminé, *support* de l'architecture. Il s'agit de canaliser les caractéristiques environnementales — physiques, climatiques, morphologiques et géologiques — soit pour les utiliser, soit pour s'en protéger (Alexandroff, 1982; Cataldi, 1987-88; Izard, 1993; Roulet, 1987).

C'est le royaume des quatre éléments naturels de notre monde — l'eau et son cycle, l'air et ses caprices, le soleil et son feu, la terre et son opulence.



Le milieu matériel

La mise en oeuvre des matériaux, les principes structurels et la combinaison des efforts sont les révélateurs des formes et au-delà, le moyen d'expression fondamental de la géométrie: horizontalité, verticalité, angulation, courbure, continuité, discontinuité, rencontre, superposition et dissociation des éléments de l'espace construit. C'est la réponse rationnelle à la question *comment*?

L'architecture vernaculaire

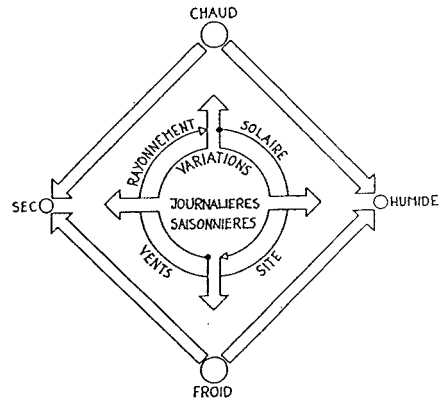
L'analyse de la maison vernaculaire, selon ces trois milieux, révèle que derrière la simplicité de la forme existent des rapports de causalité complexes. Chacun de ces milieux peut être considéré comme facteur morphogénétique, et contribue à déterminer la forme de la maison. Par contre, il ne peut pas être dissocié et analysé par lui-même: comme l'homme ne peut s'extraire de la nature qui l'entoure, obligé qu'il est de collaborer avec elle, il essaiera cependant de la transformer, ou au moins de s'y intégrer avec profit. De même pour construire, on doit se plier aux règles que dicte l'utilisation des matériaux. On ne dispose que des matériaux auxquels la nature pourvoit et que l'on agencera selon ses capacités et ses choix.

Les facteurs morphogénétiques interagissent; ils nouent un enchevêtrement dont il est difficile de démêler les liens. Les géographes, les premiers, puis les sociologues, les ethnographes, les anthropologues, les historiens et les architectes ont tous abordé à leur manière l'architecture vernaculaire.

Éléments climatiques

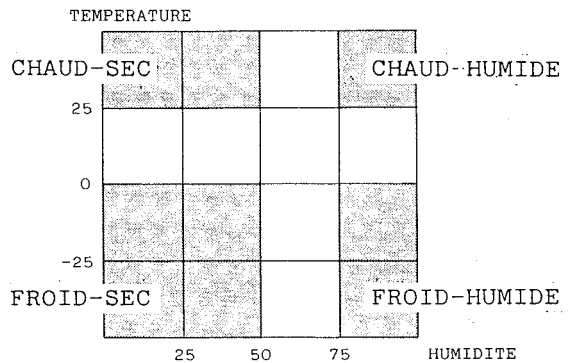
Rappelons succinctement que l'environnement naturel dépend des coordonnées géographiques du lieu — longitude, latitude et altitude — de sa morphologie, de la nature du sol et du sous-sol. Il est déterminé également par la course solaire, par les cycles journaliers et saisonniers. L'ensemble des conditions atmosphériques fait intervenir trois facteurs climatiques essentiels:

- le rayonnement solaire et les températures
- l'humidité de l'air et les précipitations
- l'intensité, le direction et la fréquence des vents.



(FIG 2) Combinaisons élémentaires des données climatiques
Basic combination of climatic conditions

La recherche du confort habitable relatif reste une constante qui se retrouve dans toutes les constructions humaines. On ajoutera que celle-ci est évidemment différente pour un Pygmée de la forêt tropicale ou un Tibétain d'Himalaya, aussi parce qu'ils sont de longue date déjà physiologiquement "acclimatés" par leur métabolisme et leur façon de se vêtir. Cependant le diagramme de confort, formulé par Victor Olgyay dans les années cinquante, température en abscisse et humidité en ordonnée, définit les valeurs limites au-delà desquelles la moyenne des individus en général se sent mal à l'aise.



(FIG 3) Diagramme de confort pour les régions tropicales
Comfort diagram for tropical regions

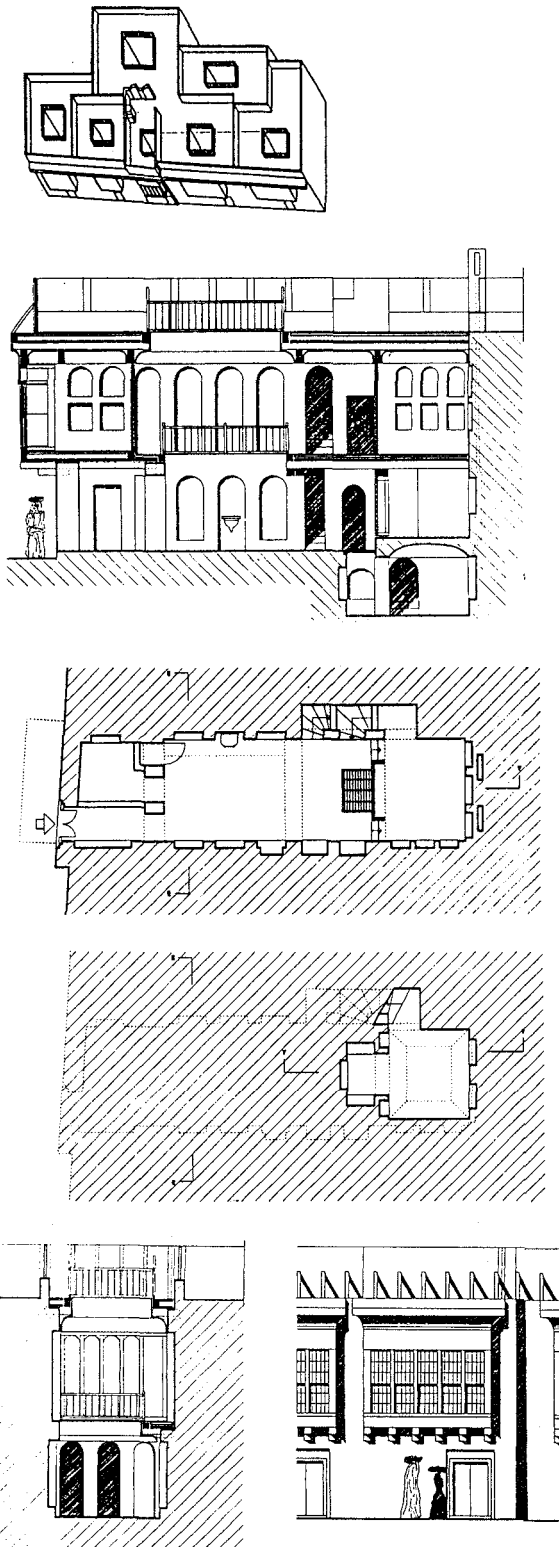
Les quatre extrémités de ce diagramme définissent des climats caractéristiques extrêmes: chaud-sec, chaud-humide, froid-sec et froid-humide. Les vents dominants agissent généralement comme modérateurs des deux premiers ou rendent encore plus difficiles à supporter les deux derniers.

Rares sont les régions du globe où règne un seul de ces climats tout au long de l'année; plutôt le trouve-t-on combiné à une ou plusieurs saisons tempérées. Venons-en à une série d'exemples d'architecture vernaculaire en rapport avec les différents climats (Aubry, 1965-92). Les exemples sont précédés de tableaux résumant à la fois les facteurs climatiques et les solutions spatiales et techniques des constructions vernaculaires qui se rapportent au climat en question.

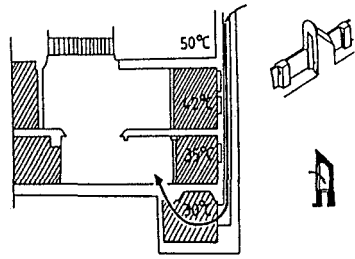
Réactions type pour un climat chaud-sec

ZONE CHAUDE ET SECHE

Facteurs climatiques Champ d'application	Ensoleillement	Température de l'air	Humidité relative	Mouvements d'air	Précipitations
Implantation Groupeement	- Orientation N/S - Groupement compact - Recherche de l'ombre - Troglodytisme et semi-troglodytisme - Nomadisme	- Orientation N/S - Groupement compact - Recherche de l'ombre - Troglodytisme et semi-troglodytisme - Nomadisme	- Recherche de sources naturelles ou artificielles - Oasis	- Masques antipoussière	
Forme	- Forme compacte - Voûtes et coupoles - Toit plat	- Forme compacte - Voûtes et coupoles - Toit plat			
Partition spatiale	- Puits de lumière, patio - Intérieur spacieux et haut - Nomadisme journalier - Espaces de transition, galeries, Iwan	- Puits de lumière, patio - Intérieur spacieux et haut - Nomadisme journalier - Espaces de transition, galeries Iwan	- Patio et cour intérieur avec végétation - Chénies		
Enveloppe horizontale Matérialisation	- Capacité d'accumuler la chaleur - Couleur claire - Elimination air chaud - Matériaux massifs	- Capacité d'accumuler la chaleur - Couleur claire - Elimination air chaud - Matériaux massifs		- Orifices d'aspiration d'air chaud	
Enveloppe verticale Matérialisation	- Capacité d'accumuler la chaleur - Petites ouvertures - Ouvertures occultées (brise-soleil) - Auvents - Matériaux massifs	- Capacité d'accumuler la chaleur - Petites ouvertures - Ouvertures occultées (brise-soleil) - Auvents - Matériaux massifs		- Recherche des brises nocturnes - Orifices de ventilation	
Dispositifs particuliers	- Moucharabieh, claustra		- Humidificateurs (sisabil, chadar, chadouf)	- Cheminée de ventilation (badgir), malkaf	



SYSTÈME DE VENTILATION



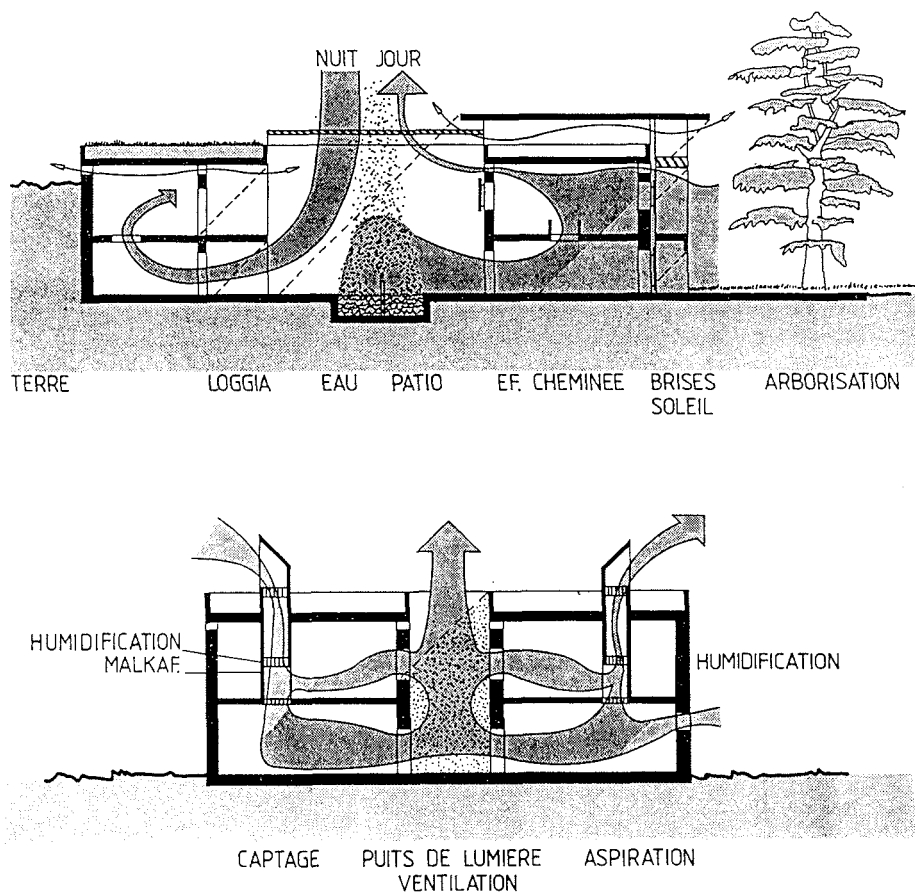
(FIG 5)

Habitation 72, rue 12, bloc 419, quartier de Kadhimiyeh, Baghdad, Iraq

House 72, street 12, block 419, Kadhimiyeh neighbourhood, Baghdad, Iraq

La diversité des espaces intérieurs des habitations des vieux quartiers de Baghdad tend à diminuer la température à l'intérieur du bâtiment. Le *sirdab* (cave) maintient la température ambiante à environ 30°C et augmente l'humidité à 60-70%, tandis qu'à l'extérieur, il fait 50°C à l'ombre et 15% d'humidité. L'*iwan* (espace ouvert sur le patio), le *talar* (espace semblable bordé d'une colonnade) et la *tarma* (galerie) sont occupés à tour de rôle pendant la journée. Les *shanshashils* et *ursi* (treillis en bois ouvré) placés sur les ouvertures tamisent la lumière et préservent l'intimité. Les *badgirs* (tours à vent) captent les brises au-dessus des terrasses, aèrent et rafraîchissent l'atmosphère à l'intérieur, en utilisant les phénomènes physiques tels que les pressions et dépressions à l'intérieur du volume. Le captage d'air peut être amélioré par les espaces largement ouverts situés dans la partie basse de l'habitation ou par les canaux profonds menant aux ouvertures pratiquées dans le sol des pièces. Les habitants se déplacent fréquemment dans la maison: ils se trouvent dans les *sirdab* et *hosh* (patio) quand ils recherchent la fraîcheur dans les *talar* et *tarma* quand ils veulent se réchauffer.

In Baghdad, Iraq, the dwellings are characterized by extremely varied inner spaces that serve to lower the inside temperature. The *sirdab* (cellar) keeps ambient temperature at around 30°C and brings the humidity to 60-70% while outer temperature is 50°C in the shade and humidity 15%. The *iwan* (space opening towards the patio), the *talar* (similar space surrounded by columns) and the *tarma* (gallery) are used in turns during the day. *Shanshashils* and *ursi* (wooden lattices) covering the openings sift the light and provide privacy. *Badgirs* (wind towers) capture the breeze above the terrace, providing ventilation and a cooler inner atmosphere; they work by using physical phenomena such as pressure/depression compensation. More air may be brought in through open spaces situated in the lower part of the dwelling and through deep ducts leading to openings in the rooms' floor. The inhabitants move frequently inside the house: they go to the *sirdab* or to the *hosh* (patio) when they need cooling and to the *talar* and *tarma* when they are looking for warmth.



(FIG 6) Schéma de fonctionnement climatique d'un patio
Diagram showing a patio's climatic function

Il y a plusieurs types de cours intérieures. Elle peut être un simple puits d'aération comme par exemple *chebeg de M'Zab*, voir un lanterneau (*ga'a cairote*), ou se multiplier comme dans un *haveli* indien. En tant que puits, sa fonction principale peut être le recueillement de l'eau; en tant qu'espace majeur, il devient l'espace de lumière, d'eau et de végétation (*impluvium* et *atrium*).

Dans le patio, considéré comme régulateur climatique, on peut favoriser la végétation et l'eau qui refroidissent cette cour par évaporation, empêchant la poussière de se lever, et qui font de l'ombre. L'air frais de la nuit peut être retenu parce qu'il est plus lourd que l'air chaud des alentours. Plus le patio est petit (pas plus large que la hauteur du bâtiment), plus il y aura d'ombre et la mare d'air frais y restera et pourra ventiler les pièces adjacentes pendant la nuit; aussi le patio recouvert par de la végétation ou par des éléments légers (toiles ou résille de bois) qui laissent circuler l'air tout en créant une ombre très confortable. Cette solution est souvent utilisée pour couvrir les rues commerçantes des casbahs.

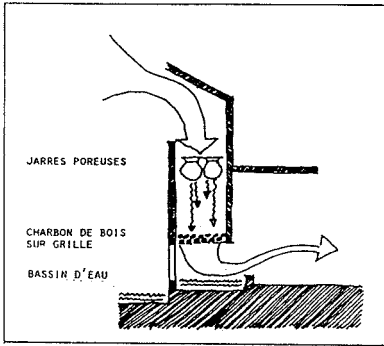
Autres avantages du patio: les couloirs intérieurs sont pratiquement supprimés et peuvent être remplacés par des portiques et des galeries; endroits frais et intimes où se déroulent diverses activités à l'ombre (Andalousie, Maghreb). Le patio-terrasse peut se situer à l'étage, les pièces inférieures étant éclairées et ventilées par un éclairage zénithal.

Les loggias, balcons couverts et en retrait par rapport à la façade, sont les lieux de séjour mais font également office de protection solaire sur les pièces adjacentes (Syrie, Caire). L'*iwan*, loggia de grande dimension, généralement orientée au nord, sert de lieu de réunions publiques ou semi-publiques. Des banquettes basses y sont disposées en "U", bordant les murs de trois côtés (Mésopotamie, Maghreb, Liban, Turquie...). Les pièces ne sont pas différenciées pour séjour, sommeil, nourriture. Les percements ont suivi les banquettes: ils sont bas pour faciliter la vue à l'extérieur. Les fonctions du patio sont parfois purement utilitaires, comme dans les bazars, les grandes cours intérieures du caravansérail d'autrefois pour y entreposer la marchandise en sécurité.

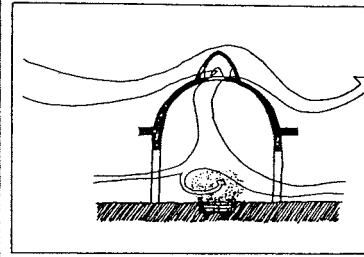
Dans un climat extrême chaud et sec, le patio représente une bonne réponse contre la chaleur et les vents de sable en particulier, et s'il est complété par des dispositifs tels que bassin, canaux, cascades *silsabils* et arborisation, il a aussi un impact visuel et psychologique très important.

Le refroidissement par l'air

La ventilation des habitations prend une importance toujours particulière dans les pays chauds et son rôle consiste principalement à rafraîchir la température. Les climats chauds et secs se caractérisent par de fortes amplitudes journalières, allant jusqu'à 25° dans les régions désertiques. Les constructions traditionnelles des régions arides se caractérisent par une enveloppe à forte inertie thermique qu'il est indiqué de ventiler fortement surtout pendant la nuit, quand la température est relativement basse. La circulation d'air peut être activée par la disposition des ouvertures et leur grandeur. En principe les ouvertures doivent se trouver en face l'une de l'autre et celle par où l'air pénètre doit être plus petite que celle de sortie. Les anciennes maisons mésopotamiennes possédaient des *capteurs d'air*, sorte de canal cheminée appelé *bagdir*, qui conduit les brises d'air directement dans le bas des pièces à ventiler. La prise d'air peut être pratiquée dans une ou plusieurs directions. Ainsi, chacune des quatre faces d'un conduit de forme carrée est pourvue d'orifices, posés en diagonale. L'orifice du canal est muni d'un volet qu'il suffit d'ouvrir pour obtenir un courant d'air. Le rafraîchissement peut être très accentué en humidifiant l'air au moyen de jarres poreuses placées dans le canal et de bassins d'eaux situés en contrebas. Des charbons de bois humidifiés posés sur une grille, filtrent et rafraîchissent également l'air qui entre en bas de la pièce.



(FIG 7) *Badgir* avec humidificateur coupole
Badgir with a humidifier

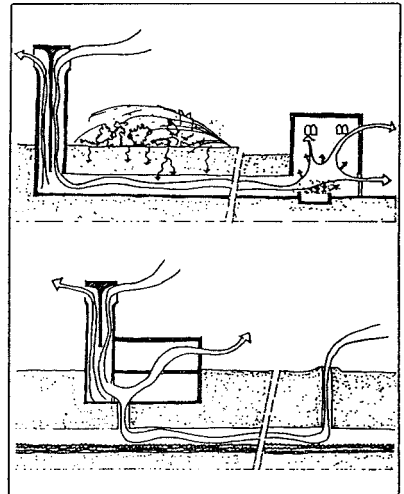


Orifice d'aération au sommet d'une coupole
 Ventilation opening at top of cupol

L'air frais traverse le bâtiment et s'échappe par les portes et fenêtres. Quand la température de l'air entre dans le capteur, elle rejoint celle de l'air ambiant, le courant descendant s'arrête et le capteur recommence à fonctionner comme une cheminée, par aspiration ou dépression.

Un orifice d'aération au sommet d'une coupole se pratique dans les régions poussiéreuses. La vitesse du courant d'air extérieur est augmentée en passant au-dessus de la surface courbe de la coupole. La différence de la pression entre l'extérieur et l'intérieur aspire l'air chaud accumulé au sommet de la voûte. Le bassin dans la pièce refroidit l'air par effet d'évaporation.

(FIG 8) Capteur d'air éloigné de la maison (50 m), traversant un tunnel humidifié depuis le sol
 Air trap distant from the house (50 m), passing through a tunnel that is humidified from the ground



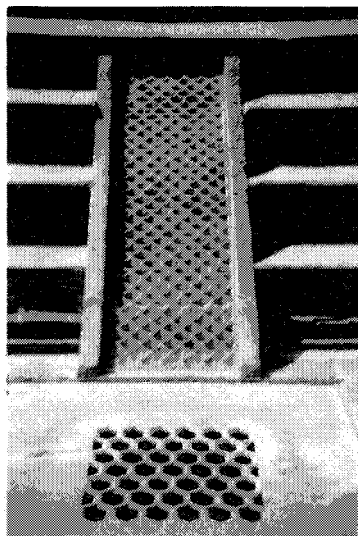
Capteur d'air combiné avec une rivière souterraine
 Air trap combined with an underground river

Ce capteur d'air peut être éloigné de la maison s'il est relié avec le sous-sol par un tunnel et la végétation implantée sur le sol au-dessus du tunnel. Quand on arrose la terre, l'eau s'infiltre jusqu'au tunnel, qui est ainsi rafraîchi par humidification. Une fontaine à la sortie du tunnel, au sous-sol de la maison, apporte un rafraîchissement supplémentaire. On peut signaler deux variantes de ce système de captage d'air et de humidification naturelle.

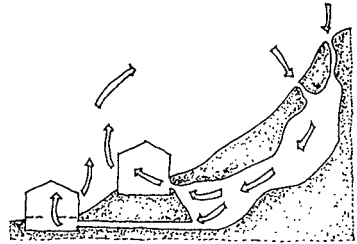
Variante A : Lorsque les canaux d'amenée d'air sont reliés par une rivière souterraine, un conduit vertical relie une rivière souterraine avec le sol, un autre avec le sous-sol de la maison. Le capteur d'air est à proximité. L'air du conduit rafraîchi par le passage au-dessus de la rivière est aspiré par le courant venant du capteur. Le capteur fonctionne aussi comme une cheminée dans le sens inverse.

Variante B: Lorsque les canaux d'amenée d'air sont reliés à une caverne souterraine où la température et l'humidité sont constantes toute l'année (10-12°) (voir les *covoli* utilisés par Palladio).

(FIG 9) Le refroidissement par l'eau
Water cooling



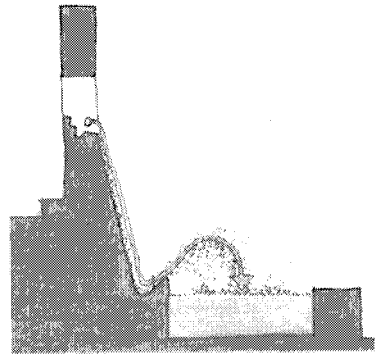
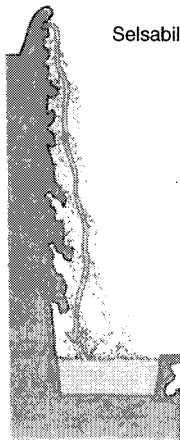
Chaddar



Selsabil

Serdap

(FIG 10) Chadar Amber, Rajasthan, Inde
Chadar Amber, Rajasthan, India



Pour augmenter le refroidissement de la température par évaporation de l'eau, dans les jardins, les patios, les halls publics ou dans les maisons de notables, on utilise souvent des fontaines avec des petits jets d'eau, des cascades artificielles ou des plans inclinés taillés dans la pierre, où l'eau ruisselle en formant de fines gouttelettes.

Réactions pour un climat chaud-humide

Plusieurs variantes sont à distinguer par rapport à ce climat:

- à humidité stagnante (forêt tropicale)
- à humidité et mouvements d'air permanents ou alternatifs accélérant l'évaporation et permettant le rayonnement solaire direct (savane africaine).
- à saisons humides et sèches alternées (mousson indienne).

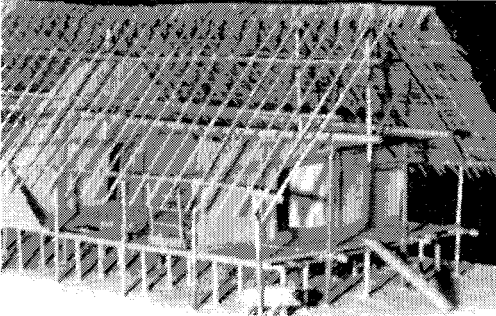
ZONE CHAUDE ET HUMIDE

Facteurs climatiques Champ d'application	Ensoleillement	Température de l'air	Humidité relative	Mouvements d'air	Précipitations
Implantation Groupement	- Orientation N/S - Groupement dispersé		- Clairière	- Recherche de la ventilation transversale - Dosage des mouvements d'air	
Forme	- Allongée - Compacte avec effet de cheminée - Surélevée		- Allongée - Compacte avec effet de cheminée	- Allongée - Compacte avec effet de cheminée	
Partition spatiale	- Zones de transition (galeries) - Espaces larges et hauts			- Une seule pièce en profondeur du bâtiment ou dispositif particulier (parois, ouvertures)	- Zone de transition
Enveloppe horizontale Matérialisation	- Effet de parasol - Matériaux isolants	- Faible conduction thermique ou - Double enveloppe ventilée		- Toiture qui "respire"	- Effet de parapluie - Résistance aux précipitations
Enveloppe verticale Matérialisation	- A claire-voie - Absence totale - Matériaux légers	- Faible conduction thermique - Matériaux légers	- Permettant la ventilation transversale - Résistance à la pénétration et à la moisissure	- Permettant la ventilation transversale - Panneaux amovibles	- Résistance aux précipitations
Dispositifs particuliers	- Brise-soleil			- Moustiquaires	

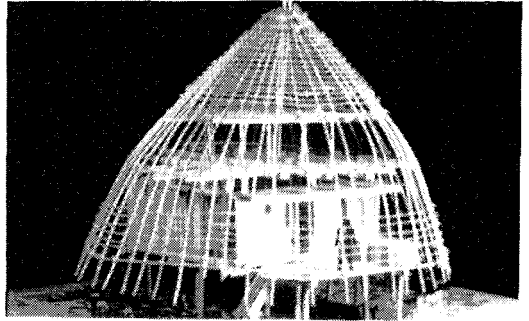
Caractérisés par une forte pluviométrie, petites amplitudes thermiques journalières et saisonnières et une grande humidité d'air, ces climats sont inconfortables à cause de l'association de l'humidité et de la chaleur, même si les températures ne sont pas très élevées. Les mouvements d'air permettent au corps humain de perdre la chaleur par évaporation.

Les constructions sont créées pour permettre une bonne ventilation à travers les parois. La toiture légère avec l'avant-toit et la couverture végétale sont les éléments dominants et acquièrent des formes très diversifiées.

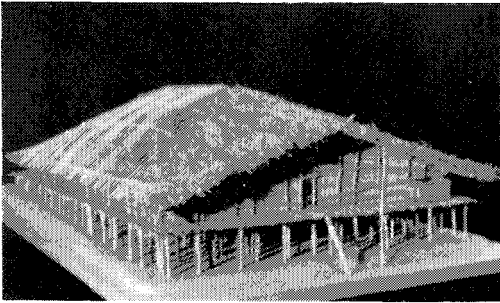
(FIG 12) "Longhouse" Kaluli, Papouasie
Kaluli longhouse, Papuaia



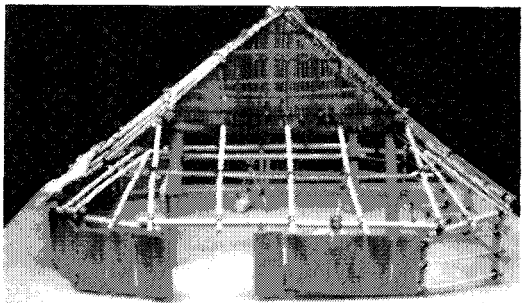
Habitation Ema, Timor
Ema dwelling, Timor



Uma à Maileppet, Siberut, Indonésie
Uma in Maileppet, Siberut, Indonesia

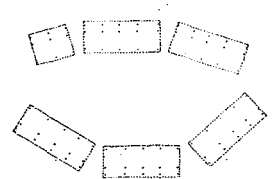


Maloca, Colombie

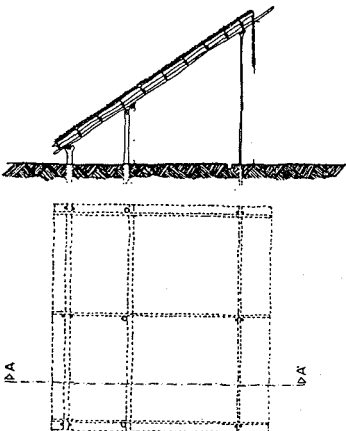


(FIG 13) Yanoama, Haut Orénoque
Yanoama, Brazil-Venezuela

Les Yanoama, semi-nomades du haut Orénoque, à la frontière du Brésil et du Venezuela, construisent leur *chapuno*, campement semi-permanent, multi-familial autour d'une place centrale elliptique ou circulaire. Chaque habitation consiste en un grand toit, à un seul pan ouvert vers la place. Le choix de l'implantation dans le village se fait en relation avec les vents dominants, les pluies et la présence de l'eau potable.



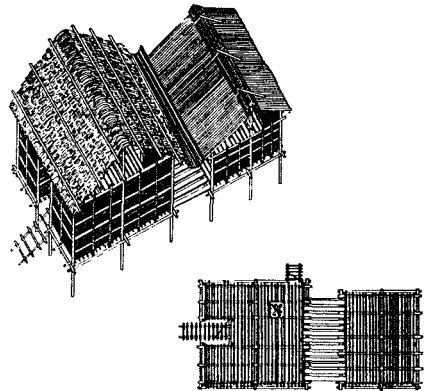
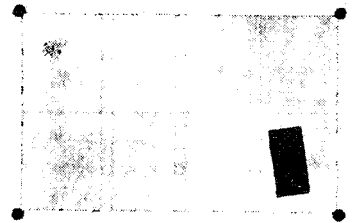
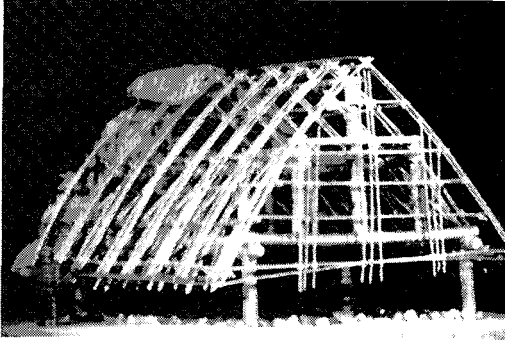
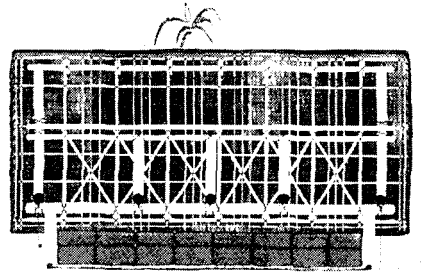
The Yanoama are a semi-nomadic population living on the border between Brazil and Venezuela. They build their *chapuno* — a semi-permanent camp in which a group of families lives — around a circular or elliptical central square. Each dwelling consists of a large, one-sided roof opening towards the square. The *chapuno's* site within the village is chosen dependent on winds, rain and the availability of drinking water.



(FIG 14) Niutao, Iles Tuvalu, Micronésie
Niutao, Tuvalu Islands, Micronesia

Sur l'île de Niutao, archipel Tuvalu, Micronésie, les habitants vivent à même le sol couvert de gravier et délimité par les cailloux. Quand le vent souffle trop, ils se protègent avec des paravents tissés

On Niutao (Tuvalu Islands, Micronesia) the population lives directly on the graveled ground, drawing borders with stones. Woven screens are used for protection when the wind gets stronger

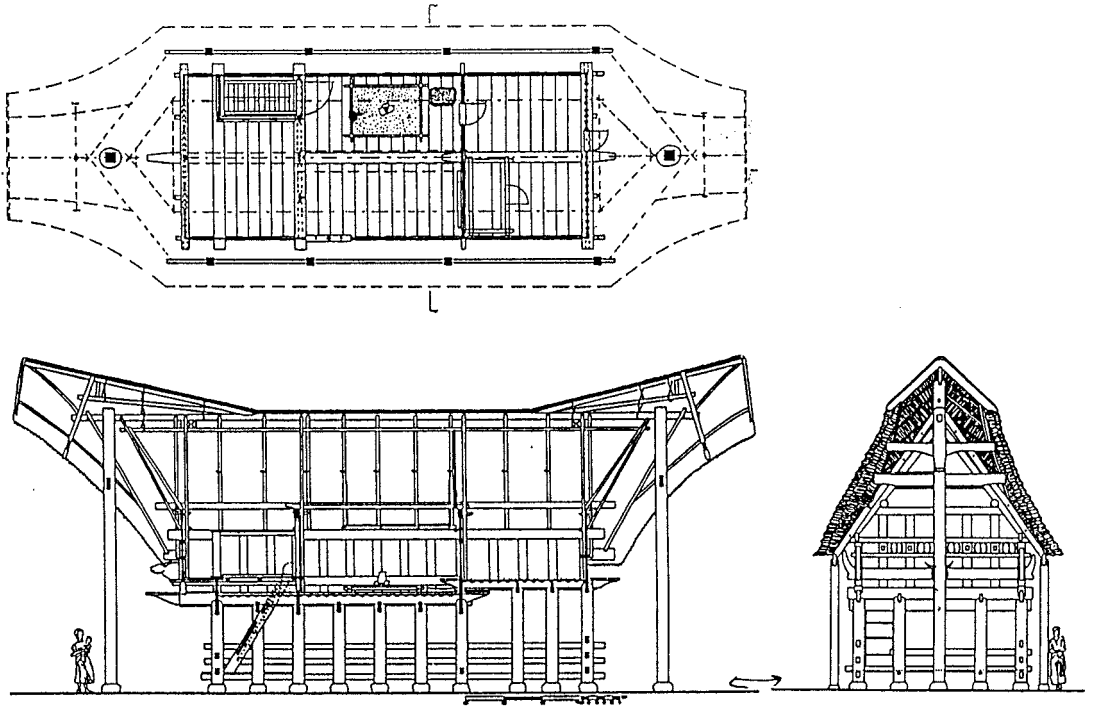


(FIG 15) Habitation birmane
Burmese dwelling

Habitation des Orang Asli dans les montagnes de Malaisie
Orang Asli dwelling in the mountains of Malaysia

Dans les zones tropicales et subtropicales à dominante humide, le degré d'inconfort est caractérisé en premier lieu par l'association température-humidité relative de l'air, comportant le plus souvent peu de variations saisonnières et journalières. L'absence de mouvements d'air naturels ne peut qu'aggraver l'ambiance moite de l'atmosphère au rayonnement diffus. La moindre brise doit pouvoir être captée ou encore créée par l'effet de cheminée. La régularité journalière des pluies qui tombent verticalement en absence de vents font de la toiture végétale posée sur une ossature de bois sans cloisonnements, un espace "habitable" minimum où se mélangent hommes, animaux, victuailles, chacun à sa place ou sous abris séparés. Un drainage

périphérique creusé dans le sol ou une légère surélévation de la partie habitable en pierre ou terre battue, limite l'espace "intérieur". Nattes au sol, hamacs suspendus à la charpente, les nourritures et les habits sont fréquents. Lorsque les brises de mer se font sentir, ce type de toiture — antipluvial — est relativement confortable et peut être complété par des paravents et des nattes suspendus.



(FIG 16) Sa'dan Toraja, Sulawesi, Indonésie
Sa'dan Toraja, Sulawesi, Indonesia

Lorsque les pluies sont abondantes, le sol spongieux, ou lorsqu'il y a des risques d'érosion, l'espace habitable se dégage du sol soit sur un terre-plein ou plus souvent sur pilotis de hauteurs variables. Ce plancher habitable isole physiquement et visuellement. Il facilite également la ventilation par dessous et crée un espace de service réservé généralement aux bêtes et détritrus.

Lorsque les vents deviennent importants et qu'un deuxième degré de privacité est souhaité, l'espace habitable surélevé ou non est enveloppé en façade de cloisons ou claires-voies ou résilles, laissant passer l'air et la lumière par des interstices plus ou moins larges (ex. case africaine de la côte atlantique soumise aux alizés). Les espaces intérieurs et extérieurs sont cette fois mieux différenciés, le clos et le ouvert, le public et le privé, l'humide et le sec, se distinguent et s'articulent autour de l'avant-toit et de la porte d'entrée.

Le vent est canalisé par des ouvertures spécialement conçues dans des cloisons opaques de façades et par des dispositifs intérieurs de la forme de la toiture. La ventilation est traversante par les pignons qui aspirent l'air des espaces en contrebas. Ils sont peu compartimentés, laissant tout le volume intérieur visible. De nombreuses variantes de ce type peuvent être inventoriées en Indonésie, au Vietnam, Sumatra, Sulawesi, etc. où les très grandes constructions en bambou tiennent à la fois de la prouesse technique et d'une symbolique ésotérique.

Dans ce type, les espaces intérieurs sont tous différenciés et satisfont au mieux au contrôle de la ventilation, de la lumière et des relations avec la nature. L'exemple d'habitation Zhuang, comme la maison japonaise, est soumise à une période froide pour répondre à cette difficulté pénible; les chambres sont petites et basses, isolées par des sous-pentes à usage de réserve. La salle du foyer permet de réunir toute la famille en saison froide, mais est aisément ventilée en période chaude par des fenêtres de formes variées munies de volets et de persiennes.

Réactions pour un climat froid-humide

En Europe et en Asie, elles se trouvent depuis le versant nord de la Méditerranée jusqu'aux limites nord des forêts septentrionales. C'est une zone où la végétation prospère et les animaux sont nombreux. Mais elle est contraignante pour l'homme qui a dû construire son abri pour se préserver du froid, des pluies et des vents. Les premiers abris humains étaient donc, soit les grottes naturelles, soit des huttes en bois, avec un feu central, situées à proximité de l'eau et implantées de sorte à offrir une protection contre les vents glaciaux et pluvieux.

ZONE FROIDE ET HUMIDE

Facteurs climatiques Champ d'application	Ensoleillement	Température de l'air	Humidité relative	Mouvements d'air	Précipitations
Implantation Groupement	- Orientation N/S - Évite l'ombre			- Marques naturelles ou artificielles recherchées	
Forme		- Volumes réduits		- Volumes réduits	
Partition spatiale	- Zones intermédiaires			- Zones de transition	
Enveloppe horizontale Matérialisation	- Résistance thermique et capacité calorifique importante	- Prévention des ponts thermiques	- Résistance à la condensation		- Étanche - Protection de l'enveloppe verticale
Enveloppe verticale Matérialisation	- Résistance thermique et capacité calorifique importante - Petites ouvertures	- Prévention des ponts thermiques	- Résistance à la condensation		- Étanche
Dispositifs particuliers		- Chauffage fixe et chauffage portable (brasero, kang)	- Humidité relative diminuée par réchauffement		

ZONE FROIDE ET SECHE

Facteurs climatiques Champ d'application	Ensoleillement	Température de l'air	Humidité relative	Mouvements d'air	Précipitations
Implantation Groupement	- Orientation N/S - Evite l'ombre	- Troglodytisme et semi-troglodytisme		- Masques naturels ou artificiels recherchés	
Forme		- Volume réduit		- Volumes réduits - Masques naturels ou artificiels recherchés	
Partition spatiale	- Zones intermédiaires - Espaces majeurs orientés vers le rayonnement direct	- Nomadisme saisonnier hiver et recherche de la chaleur; été séjour à l'intérieur		- Zones de transition recherchées	
Enveloppe horizontale Matérialisation	- Résistance thermique et capacité calorifique importante			- Toiture plate ou en légère pente	
Enveloppe verticale Matérialisation	- Petites ouvertures - Occlusion des ouvertures pendant la nuit - Résistance thermique et capacité calorifique importante			- Occlusion nocturne des ouvertures	- Protection de la façade exposée
Dispositifs particuliers		- Chauffage fixe et chauffage portatif (brasero, kang)			

Les vêtements

Le corps humain est sa propre source de chaleur. Lorsqu'il fait froid, la meilleure façon de rester au chaud consiste à s'isoler le corps en le couvrant par des vêtements épais, peaux, fourrures. Les Mongols "doublaient" de volume à la venue de l'hiver; les Saami portaient différentes sortes de manteaux — leur épaisseur suivait les variations saisonnières de la fourrure de renne. Pourtant, les Fuégiens de la Terre de Feu vivaient par des températures aux environs de 0°, à peu près sans habitation, sans vêtements et sans feu. Dans cette région battue par les vents et les pluies glacées et très humides, la peau séchait plus vite que le vêtement. Elevés depuis l'enfance "à la dure" par les immersions dans l'eau glacée, ils enduisaient leur corps d'une couche protectrice de graisse de phoque, pratique courante dans les régions très froides.

Le regroupement

Se grouper pour se chauffer mutuellement, se réunir autour du feu qu'on allumait tantôt dans une maison, tantôt dans l'autre, participer aux veillées d'hiver campagnardes, avait pour but le réchauffement en même temps que la sociabilité.

Pour avoir chaud en hiver, on utilisait la chaleur des animaux dans les étables et les fumiers. Innombrables sont les espaces habités construits au-dessus, à côté, et même à l'intérieur des étables.

Le relief naturel

Les cavités naturelles aménagées ont, comme nous venons de le dire, été utilisées depuis la nuit des temps comme abri ou comme lieu de culte par l'homme (voir peintures rupestres), particulièrement depuis l'utilisation du feu.

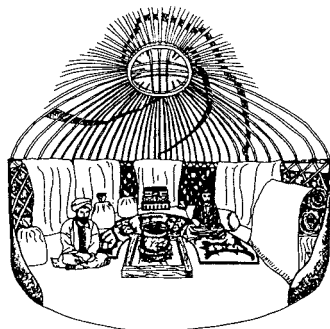
Dans les Pyrénées-Atlantiques, en France, certains abris ont été utilisés comme habitat permanent, sépultures, dépôts, ouvrages de défense, habitat saisonnier et ceci pratiquement jusqu'à nos jours.

Les grottes les plus spectaculaires ont été occupées par les Indiens de l'Amérique du Nord dans le Colorado, l'Utah, l'Arizona et le Nouveau Mexique.

Le trogloditisme

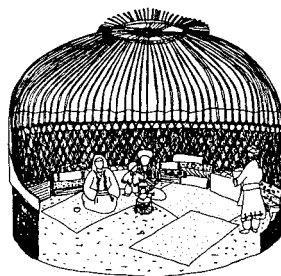
Une des solutions les plus radicales au problème de froid (et de chaleur) est présentée par les habitations individuelles et les agglomérations souterraines. La terre, ayant une grande inertie thermique et une température à peu près constante toute l'année, fournit des habitations fraîches en été et moins difficiles à chauffer en hiver. L'agriculture peut se développer sur toute la surface du dessus.

La conception architecturale de toutes ces habitations est identique: autour d'une cour sous forme de puits profond et souvent large sont taillées des pièces, aérées et éclairées par des percements donnant sur cette cour. On y descend par un tunnel en pente ayant des niches qui sont souvent utilisées comme des étables.



(FIG 18) Kazak

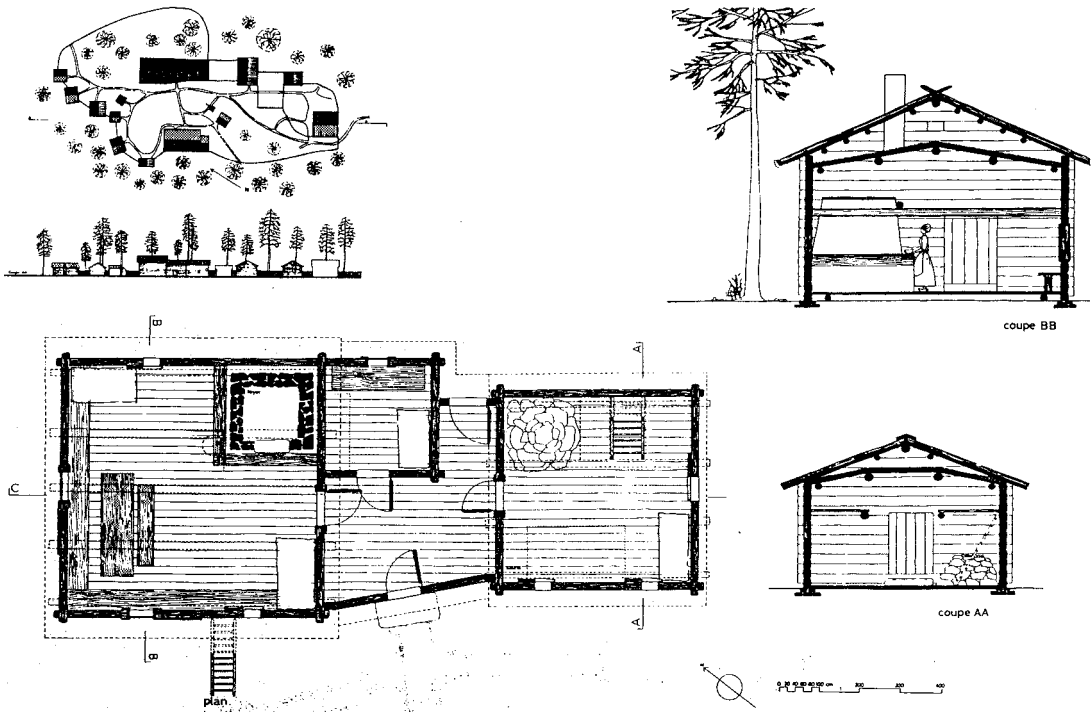
Une réponse efficace au froid et au vent est apportée par l'igloo Inuit. Cette hémisphère de neige durcie offre peu de volume au blizzard. La lampe à huile et la chaleur des corps humains produisent une pellicule de glace sur la face intérieure de l'igloo et le rendent imperméable à l'air extérieur. Sur la plate-forme lé-gèrement surélevée servant de séjour, la température de l'air peut atteindre 15° lorsqu'il fait -40° à l'extérieur.



Turkmène
Turkmenian

Une yourte mongole, uzbek, kirghiz...est une habitation circulaire, à toit arrondi ou conique, préfabriquée, démontable et transportable, composée d'une armature de bois, d'un couvert de feutre et de bandes et sangles tissées en laine pour amasser l'armature et fixer le couvert de feutre. Yurt veut dire le sol; les Russes l'appellent *bibitka*. Dans l'axe de l'entrée, à 1.40 m de la porte, une cavité en forme d'écusson, creusée dans le sol, tient lieu de four à pain, mais sert également de chauffage. Le feu est allumé deux fois par jour. Un dispositif en bois est installé au-dessus des braises, on le recouvre de couvertures sous lesquelles on glisse la partie inférieure du corps et on appuie le dos contre la literie et des coussins.

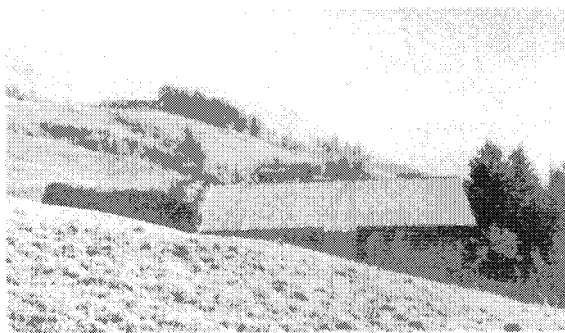
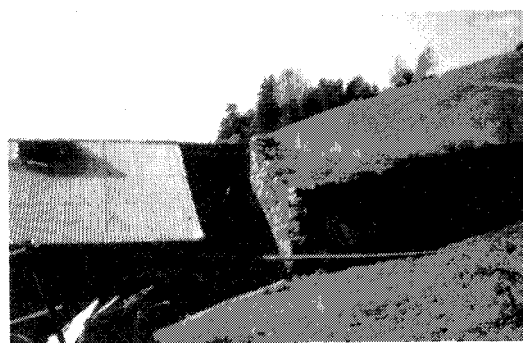
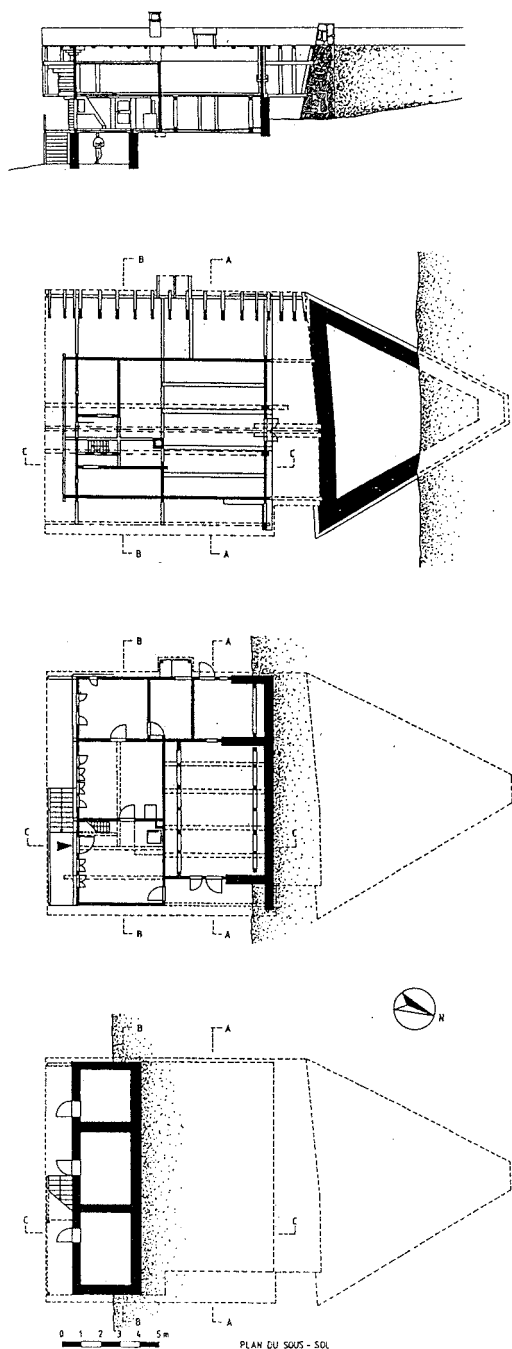
A Mongolian, Uzbek, or Kirghiz yurt is a circular dwelling with a round or conical roof; it is prefabricated, and can be pulled apart and transported. It is made of a wooden frame on which a felt cover is attached, using straps woven from wool. 'Yurt' means 'ground'; the Russians use the word *bibitka*. A cavity situated 1.40m from the entrance is used to bake bread, but also for heating. Fire is lit twice a day. A wooden structure is put above the burning coal and covered with blankets; people put the bottom part of their body inside the blankets and lean against cushions.



(FIG 19) Yvaskyla en Häme, Finlande

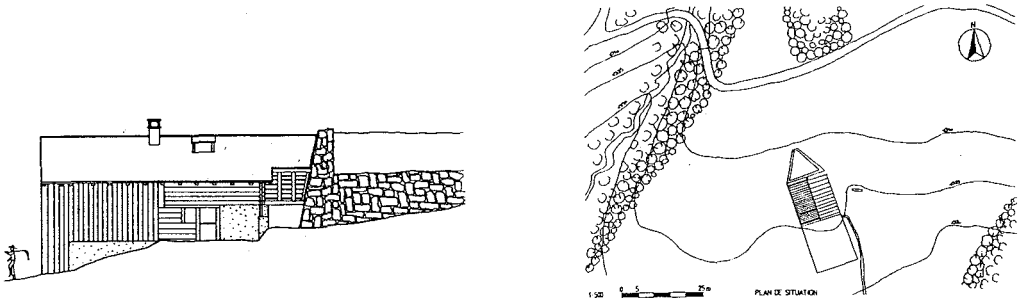
La maison traditionnelle finlandaise est construite d'une succession de pièces juxtaposées de dimensions variables, inscrite dans un rectangle plus ou moins allongé (Moley, 1984). Construite entièrement en madriers avec des joints calfeutrés de mousse, de crinière de renne ou d'étaupe. Le bois de pin lui confère une assez bonne isolation thermique. La grande pièce traversante à peu près carrée de 6-7 mètres est le lieu principal d'activité et de réunion de toute la famille pendant la saison froide (-40°). L'élément principal à partir duquel tout est organisé est le foyer, grand massif de pierres puis de briques. A l'origine, sans canal de cheminée, il était comme un four dont la masse chauffée rayonne la chaleur et permet la cuisson et l'éclairage. C'est également l'ancêtre du sauna. La gueule du four laisse sortir la fumée par la porte du hall d'entrée située à proximité. Après l'introduction du canal de cheminée du foyer, cette orientation est simplement retournée de 90°, mais le massif est complété par une cheminée sur l'angle, permettant la cuisine sur potence et d'une niche pour le réserve de bois et son séchage. Cette situation quasi immuable affecte l'organisation de tout l'espace qui est accentué encore par superposition de poutres traversantes autour du massif (Jako-Orsi). Dans l'angle opposé au foyer, on trouve la table à manger. Dans les deux autres angles, les lits pour l'hiver. Les poutres servent de support pour le double toit intérieur lourd bombé ou pentu, revêtu de terre. C'est une protection contre l'incendie et forme en même temps une isolation supplémentaire bienvenue. Les poutres servent de support pour des séchoirs et réserves de toutes sortes. Le plus souvent, le quadrillage de poutres dans deux directions divise spatialement tout l'espace en huit zones, plus la zone centrale. Chacune a une vocation particulière, lit, table ou rangement. Ainsi les trois zones face au four comprennent le bahut à marmite, le vaisselier, une petite trappe d'accès à une réserve en sous-sol, un lit d'hiver et le "coin des femmes" et ses divers travaux, etc. (Moley, 1984). Notons encore que le plancher est surélevé par la présence d'un vide sanitaire isolant.

The traditional Finnish house contains a series of rooms with various sizes, forming a shorter or longer rectangle. It is entirely built of timber, with moss, reindeer hair or shreds used to fill the gaps. Pine wood provides quite a good thermic insulation. The largest room forms a square with sides of about 6-7 meters; here, the whole family spend most of their time during the cold season (-40°). The room is structured around a large hearth, made of stone and later of bricks. It originally didn't have a chimney and worked like an oven, that was used for cooking but also brought heat and light. It is also a primitive form of sauna. Smoke originally was led through the door to the entrance hall. After the introduction of chimneys, the hearth was turned around by 90°; cooking was done in its corner and a recess was added in which wood was stored and dried. This type of structure influences the use of space in the whole room; traversing beams were added around the hearth (Jako-Orsi). Eating is done at a table situated in the angle opposite the hearth. Beds put in the two other corners are used during the winter. The beams support a double inner roof that is covered with earth and may be round or steep. The earth serves as protection against fire and also brings a useful insulation. The beams are used in different ways, for drying and storage. Frequently, beams orientated in two directions sub-divide space into eight zones, plus the central area. Each zone is used for a specific function, sleeping, eating or storage. The three zones facing the hearth contain furniture, holding pots and crockery, a small trap leading to an underground storage area, a winter bed and the "women's corner" in which different activities were carried out (Moley, 1984). Let us add that the floor was risen above an insulating sanitary gap.



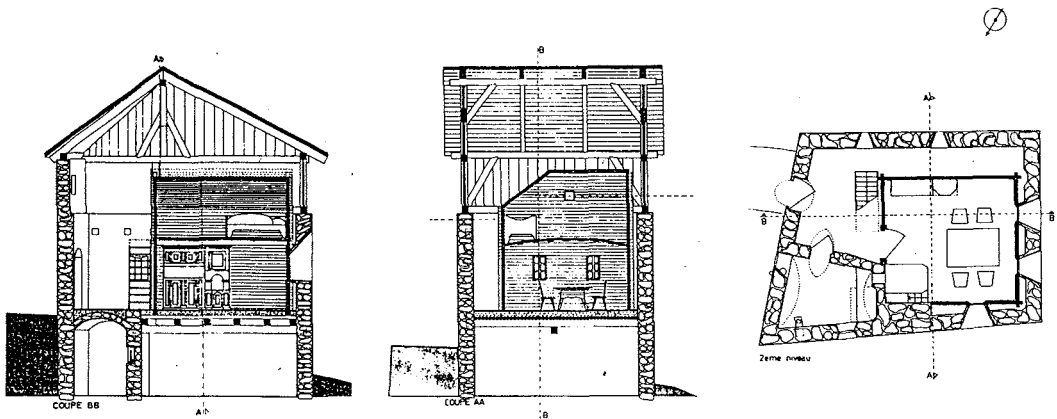
(FIG 20) Chalet à fort, Ormonts-Dessus, Vaud, Suisse

Les chalets à forts sont situés sur un versant montagneux de la Vallée des Ormonts. Cette région est caractérisée par l'abondance de neige et les risques d'avalanches de neige provoqués par le déboisement.



Ces petites fermes isolées ont été construites (fin du 18e, début du 19e siècle) appuyées contre un énorme éperon triangulaire de massif de pierres rempli de terre, qui épouse parfois la forme du toit à deux pans perpendiculaires à la pente. L'avalanche est ainsi déviée latéralement et passe par dessus le toit avec le moindre risque d'enlever quelques bardeaux, mais laissant la structure en bois de la maison intacte.

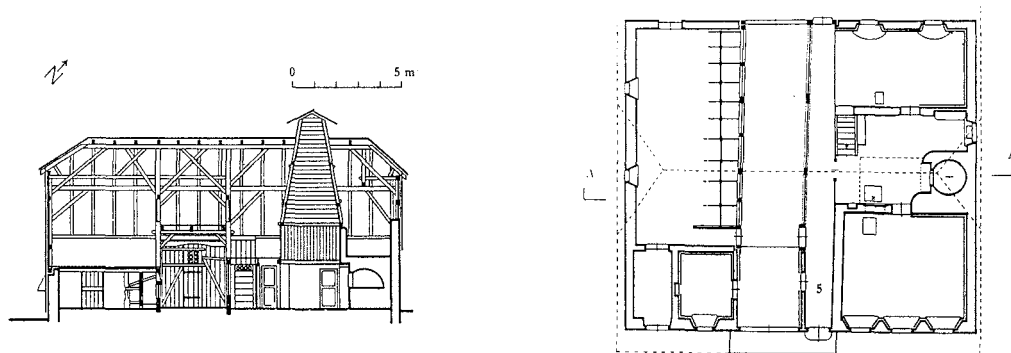
This type of chalet is found in the mountainous part of the Ormont Valley, Switzerland. This region is characterized by heavy snow falls and a high risk of avalanche, due to deforestation. Isolated farms were built (end of 18th, beginning of 19th century) against a huge triangular stone spur filled with earth. This pushes avalanches towards the side, forcing them to pass over the roof, whereby the house's wooden structure generally remains intact — at the most a few slates are carried away by the snow.



(FIG 21) Chate Sur Eu, Zuoz, Grisons, Suisse

Le doublage en bois des pièces habitables dans les constructions successives en pierre, ainsi que le chauffage du poêle de la salle de réunions alimenté par la cuisine se trouve dans cette habitation. On peut remarquer qu'ici le doublage en madrier sur les deux étages est encore complètement dissocié de l'enveloppe des murs extérieurs de maçonnerie et de la toiture. A noter également que dans cette région si caractéristique, les embrasures des petites fenêtres s'ouvrent sur le soleil et la lumière.

This dwelling shows how stone buildings may include an inner wall made of wood; heating of the main room is done from the kitchen. In this example, the interior timber wall is completely independant from the outer masonry walls and from the roof. In this region, the small windows open towards the sun and the light.



(FIG 22) Mollard-sur-le-Brassus, Vallée de Joux, Suisse

Cette petite ferme isolée à rez-de-chaussée est située à la limite des habitations permanentes de la région (environ 1'200m.). Climat très rigoureux, pluie neige et vent dominant du sud-ouest. Dans sa simplicité d'organisation, elle réunit un certain nombre de caractéristiques communes aux constructions de la chaîne du Jura. Le plan est très ramassé abritant toutes les fonctions dans un même volume, sous un même toit à deux pans, faiblement débordant, de pentes recouvertes de bardeaux maintenues par des pierres à l'origine, puis est susceptible de conserver la neige. L'orientation du faite étant dans le sens du vent, les charges s'équilibrent sur chaque versant. La face sud-ouest est entièrement recouverte de pavillons sur double lambrissage. Etant régulièrement soumise au vent et à la pluie, les deux petites fenêtres de l'écurie sont également protégées par des auvents.

La division transversale des trois zones essentielles comprend des accès aux deux extrémités. La zone écurie avec chambrette, la zone grange fourragère avec le "devant-huis" (auvent) pour le travail à l'abri, la zone corridor distribuant la cuisine et deux chambres latérales, permettent de travailler sans sortir à l'extérieur.

La cuisine, rencontre du feu et de l'eau, est dominée par le tué, la grande hotte fumoir d'évacuation des fumées venant du four et du foyer ouvert, l'âtre autour duquel on faisait autrefois les veillées. A la base de l'âtre dans l'évidement des murs se trouve la "platine", plaque de fonte carrée de 70 cm., décorée de reliefs ou de blasons, qui sert à chauffer la chambre de ménage attenante, le "polye", et à sécher le linge ou les habits. La cuisson par potence, crémalière et chaudière a été le plus souvent remplacée par un potager à bois produisant de l'eau chaude en permanence. La cuisine est généralement inchauffable à cause des déperditions provoquées par la hotte. Dans le cas particulier, le massif du four en maçonnerie pouvait tempérer quelque peu le coin à manger et la "belle chambre". Plus tard, cette disposition a permis d'installer un fourneau à bancs en pierre calcaire ou en molasse, alimenté par la cuisine. Les trois chambres ont un plancher en bois et sont lambrissées généralement sur toute la hauteur pour éviter le rayonnement froid des murs en maçonnerie, crépie à la chaux.

La grange remplie de paille et de foin contribue à une bonne isolation des chambres et de l'écurie qui sont par ailleurs très basses. La chambre nord-ouest, relativement peu ensoleillée par rapport aux autres, bénéficie toutefois d'un éclairage constant et diffus, propice à l'aménagement de deux établis d'horlogers dans l'embrasure des fenêtres. La fabrication des pièces d'horlogerie pour une source de gain supplémentaire était très fréquente dans la région surtout en hiver.

Signalons encore que dans toute la région, l'eau du toit était récoltée dans une citerne extérieure où l'on se servait à l'aide d'une seille en bois ou d'un "balancier". Dans cette maison qui bénéficie d'une source d'eau, ce dispositif est seulement utilisé pour abreuver le bétail à une fontaine. L'évacuation des eaux de cuisine se faisait directement à l'extérieur par l'évier en pierre muni d'une gargouille. La cave accessible de la cuisine permet la conservation des produits laitiers, des fruits et légumes à l'abri des rongeurs. Le grenier, réserve des semis, de la viande fumée et des choses précieuses, très souvent indépendant de la construction, mais à portée de vue, à cause des risques d'incendie. Il est symbole de prospérité et d'assurance pour l'avenir.

This small isolated farmhouse is situated at the edge of the permanent settlement (1200m). In this region the climate is very severe, with rain, snow and strong south-western winds. The dwelling shows a number of elements characteristic of buildings found in the Jura mountains. All dwelling functions are grouped within a small surface, under a two-slope roof covered with slates that were originally held down by stones. The roof ridge is oriented in the wind's direction, with loads balanced on each side. The south-western face is entirely covered in wood. Penthouses protect the stables' two small windows against winds and rain.

The building is subdivided transversally into three zones, with access on both sides. A stable area also contains a small room; the barn area has a "devant-huis" (covered ramp) protecting people from the weather; the kitchen and two lateral rooms form the hallway area, in which work could be done without having to go outside. The kitchen, regrouping fire and water, has as its central point a large chimney through which the smoke coming from the oven and from the open hearth is evacuated, and an open hearth around which people used to meet in the evening. An iron plate ("platine") measuring 70 cm, situated towards the bottom of the hearth's wall, is used to heat the room next door (the "polye") and to dry washing and clothes. Cooking is now done on a wood stove, on which hot water is constantly available. The kitchen normally cannot be heated, due to the open chimney. In the example shown, the masonry oven may have brought some warmth to the eating corner and to

the "good room". Later, limestone stoves were installed, that were heated from the kitchen. The three rooms have a wooden floor; the walls are wood, which is warmer than cold masonry.

The barn is filled with straw and hay, helping to insulate the low rooms and stables. The room situated on the north-western side receives little sun but has good lighting; this was put to good use by installing two watchmakers' workbenches near the windows. In this region, watchmaking served as a complementary source of income, especially during the winter.

Let us add that in the whole region water from the roof was collected in an external cistern from which it was taken using a wooden bucket ("balancier"). The house given as example has its own spring and the cistern is used only for the cattle. Water from the kitchen is emptied directly outside, through a spout. The cellar can be accessed directly from the kitchen and is used to store milk produce, fruit and vegetable, away from rodents. An outer storehouse contains grains, smoked meat and valuables; it is separate from the main building because of the risk of fire. It is a symbol of prosperity and of the future.

Conclusion

Par ce petit inventaire, combien succinct voire incomplet, nous avons analysé, pour mieux comprendre, la réponse formelle particulière que l'habitation vernaculaire apporte aux contraintes climatiques.

Par les choix opérés, un peu au hasard, dans notre documentation s'étendant sur des siècles, survolant des continents, mêlant des cultures si diverses, on peut se rendre compte de l'ambiguïté du déterminisme climatique, à peine nuancé dans les commentaires, qu'il serait nécessaire de réduire par l'introduction d'autres références et paramètres, c'est-à-dire autant de têtes de chapitre à explorer encore.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDROFF, G. et J.-M. (1982), "Architectures et climats — Soleil et énergies naturelles dans l'habitat" (Berger-Levrault, Paris).
- AUBRY, F. (1965-1992), "Travaux d'analyse de l'architecture vernaculaire", exécuté par les étudiants du Département d'architecture de l'EPFL, dans le cadre de l'enseignement de la première année.
- CATALDI, G. (1987-1988), "Le ragioni dell'abitare — Les raisons de l'habiter", Studi e documenti di architettura, no. 15 (Prato).
- IZARD, J.-L. (1993), "Architectures d'été — Construire pour le confort d'été" (Edisud, La Calade, Aix-en-Provence).
- MOLEY, C. (1984), "Les structures de la maison — exemple d'un habitat traditionnel finlandais" (Publications Orientalistes de France, Paris).
- ROULET, C.-A. (1987), "Énergétique du bâtiment; prestations du bilan énergétique global" (Presses Polytechniques Romandes, Lausanne).