



HAL
open science

Modélisation de la réponse de l'architecture au climat local

Gonzalo Rodriguez

► **To cite this version:**

Gonzalo Rodriguez. Modélisation de la réponse de l'architecture au climat local. Autre [cond-mat.other]. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2013. Français. NNT : 2013BOR15226 . tel-01158409

HAL Id: tel-01158409

<https://theses.hal.science/tel-01158409>

Submitted on 1 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

PRÉSENTÉE A

L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGENIEUR

Par Gonzalo, RODRIGUEZ

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

SPÉCIALITÉ : MECANIQUE

Modélisation de la réponse de l'architecture au climat local

Directeur de recherche : Frédéric BOS

Soutenue le : 10 décembre 2013

Devant la commission d'examen formée de :

M BOS, Frédéric, Professeur à l'Université de Bordeaux, Directeur de thèse
M FERRADA, Jorge, Professeur à la Université Catholique de Valparaiso, Directeur de thèse
Mme MUSY, Marjorie, Chercheur CERMA à l'ENSA Nantes, Rapporteur
M DIAB, Youssef, Professeur à l'Université de Marne la Vallée, Rapporteur
M DE HERDE, André, Professeur à l'Université Catholique de Louvain, Examineur
M VEAS, Leonardo, Professeur à l'Université Catholique du Chili, Examineur
M NDIAYE, Amadou, Ingénieur de recherche INRA, I2M Bordeaux, Examineur

Université Bordeaux 1

Les Sciences et les Technologies au service de l'Homme et de l'environnement

Remerciements

Je remercie la coopération franco-chilienne qui a permis le financement de cette thèse à travers l'Ambassade de France au Chili et CONICYT CHILE. A INNOVAPIN 2010, à l'IUT Génie Civil de Bordeaux 1, au programme Doctorado en Arquitectura y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Tout spécialement à mes directeurs de thèse messieurs : Frédéric BOS qui m'a offert du temps précieux à de longues et riches discussions autour de mon sujet de thèse, Pierre MORLIER qui m'accompagne très affectivement et pendant tout mon séjour en France comme la personne clef qui rendu les choses possibles. Jorge FERRADA qui m'a permis de garder et sauver l'essence de ma formation d'architecte, chose difficile à expliquer et à défendre dans un milieu scientifique. Aux chercheurs du laboratoire US2B, actuellement I2M, dont notamment Patrick Castéra qui m'a accueilli au laboratoire et toujours valorisé mon travail, Amadou NDIAYE qui m'a formé à la recherche scientifique avec une énorme patience et générosité et Christophe Fernandez qui a développé des outils informatiques de calcul et de présentation du modèle Géo-climatique.

De manière très spéciale je voudrais faire un éloge à Catalina Ruiz, ma femme, pour avoir motivé notre projet d'études en France, pour m'aider à garder l'esprit haut pendant les moments les plus durs de cette recherche avec son appui tant émotionnel que professionnel et pour avoir su s'occuper et assurer, pour toute la famille, une vie quotidienne normale. Je voudrais remercier aussi mes enfants Clemente, Tomas et Isidora qui ont vécu quotidiennement la réalité bien particulière d'avoir deux parents thésards, des fois fatigués et d'humeur très variable.

Merci à tous les amis qui d'une manière ou d'autre, m'ont appuyé et accompagné dans ce long parcours : Sandrine Besnard, Marc Berbedes, Armelle Canchon, Christian Colvis, Gerard Vierge, René Pralat, Philippe Galimard, Christine Delisée, Laurent Mora, Eric Marquèze, Frédéric Michel, Marie Pierre Herlan, Philippe Lagièrre, Denis Bruneau, Christine Pecastaingts, Marie-Laure Moreno, Ernesto Benado, Benoît Beaupuy, Julien Bodennec, Antonio Frattari, Christian Maintrot, Bernard Bégau, Miguel Eyquem et Carlos Matthey.

A ma famille qui nous a accompagné depuis le Chili, mon père, Jaime Rodriguez qui a éveillé grâce à des échanges et des conversations autour de sa table à dessins, mon goût pour l'architecture qui est à la base de cette recherche, à ma mère, Josefa Grau qui a cultivé depuis mon enfance ma sensibilité pour l'art et la musique, semence de ma passion pour l'observation, à mes frères Daniel, Esteban et Vicente pour m'aider à surmonter des grandes difficultés économiques et logistiques liées à ma situation d'étudiant avec des enfants loin de notre pays. Finalement à Fernando, Camila, Nagore, Carlos, Alejandra, Magdalena, Eduardo et Tilo qui font partis de vécus inoubliables de cette aventure.

Sommaire

Remerciements	4
Sommaire	6
Introduction générale. L'architecture vernaculaire entre forme et fonction, différents niveaux possibles d'analyse	14
PARTIE I	20
1. Les déterminants de l'architecture vernaculaire	20
1.1 L'influence socio-culturelle sur la maison vernaculaire	20
1.1.1 La maison vernaculaire comme reflet ou comme pilote de la conception du monde	20
1.1.2 La maison vernaculaire, une représentation culturelle locale	23
1.2 L'environnement climatique comme déterminant des stratégies architectoniques vernaculaires	25
1.2.1 Le rôle de la toiture.	26
1.2.2 Le rôle des ouvertures	27
1.2.3 Le rapport au sol	28
1.3 L'architecture vernaculaire comme registre d'une identité locale	31
1.3.1 La question de l'identité en architecture	31
1.3.2 Opposition entre modernité et régionalisme	33
1.3.3 Le régionalisme critique : pour une architecture de résistance « contemporaine et contextuelle »	33
1.3.4 La Scandinavie, pour une « Architecture synthétique »	38
1.4 Conclusions sur l'importance de la forme de la maison vernaculaire	40
PARTIE II	42
2. Comment décrypter la forme de la maison vernaculaire?	42
2.1 Quelle information sur la forme de la maison vernaculaire?,	42
2.2 Comment décrypter la forme de la maison vernaculaire?	47
2.3 Outils d'analyse, de décodage	48
2.3.1 L'observation architectonique, une attitude poétique	48
2.3.2 Décryptage de l'image extérieure de la maison: une lecture des caractéristiques visibles sur l'habitat.	54
2.4 Analyse architectonique de La Ruca Mapuche	56
2.4.1 Contexte de la Ruca Mapuche	56

2.4.2 La Ruca_____	58
2.4.3 Analyse de l'image de la Ruca: une lecture des caractéristiques visibles sur l'existant à travers l'observation architectonique _____	60
2.4.4 Analyse, déconstruction de l'image extérieure de la Ruca. _____	66
2.5 Analyse architectonique de l'Aerial landais. _____	77
2.5.1 Contexte de l'Aerial landais _____	77
2.5.2 Les paramètres :réponses d'adaptation constante et variables qui génèrent l'identité architecturale _____	83
2.5.3 Analyse de l'image de l'Aerial landais: une lecture des caractéristiques visibles sur l'existant à travers l'observation architectonique. _____	89
2.5.4 Analyse, déconstruction de l'image extérieure de l'Aerial. _____	94
2.6 Conclusions sur la conduite de l'observation et de l'analyse de l'enveloppe_	103
PARTIE III _____	106
3 Modélisation de l'influence de l'environnement géo-climatique sur l'architecture vernaculaire _____	106
3.1 Sélection de 40 maisons vernaculaires représentatives de différentes zones climatiques _____	107
3.1.1 Les déterminants architectoniques visibles lies à l'environnement géo-climatique. _____	109
3.1.2 Les variables de l'environnement géo-climatique. _____	111
3.2 Analyse qualitative de l'influence de l'environnement géo-climatique sur les déterminants de l'architecture de la maison vernaculaire. _____	112
3.2.1 Modélisation qualitative des relations identifiées _____	118
3.2.2 Formalisation de la relation des relations d'influence _____	125
3.3 Conclusions sur les apports de la modélisation _____	129
ANNEXES 3^{ème} PARTIE _____	130
ANNEXE 1, fonctions qualitatives des relations d'influence _____	130
ANNEXE 2, Comment lire les fiches d'analyse, du modèle et des résultats _____	134
PARTIE IV _____	138
4 Analyse critique du modèle, tester l'efficacité du codage _____	138
4.1 Application du modèle _____	140
4.1.2 Choix des cas d'analyse _____	141
4.1.3 Les données climatiques _____	142
4.1.4 Application du modèle sur 7 cas d'architecture vernaculaire _____	144
4.1.5 Conclusion application du modèle _____	173

4.2 Ce qu'apporte le modèle	175
4.3 Un exemple d'application du modèle dans la conception d'une architecture locale landaise et d'une architecture locale mapuche.	175
4.3.1 Propositions d'habitats landais aujourd'hui	175
4.3.2 Conclusions application du modèle dans les landes	185
4.3.3 Propositions, la Ruca Mapuche revisitée	186
4.3.2 Conclusions application du modèle dans l'architecture inspirée de l'habitat vernaculaire mapuche	198
4.3.1 Variables de l'EGC identifiées à partir des DAV	198
Conclusion générale	202
Le modèle géo-climatique comme outil d'analyse de l'existant	203
Le modèle géo-climatique dans la conception architectonique performante	203
Le modèle géo-climatique comme registre du patrimoine	204
Perspectives	204
Bibliographie	206
Figures	212
Annexes	218
Annexe 1. Echantillon de 40 maisons vernaculaires	218

RÉSUMÉ. Dans le contexte actuel de crise énergétique mondiale, la consommation d'énergie et l'empreinte carbone, prennent une influence inévitable dès la conception architecturale, premier maillon du processus de construction. Les nouvelles contraintes associées aux accords internationaux tels que, le Sommet de Rio (1992), le protocole de Kyoto (1997) et, spécifiquement en France, le Grenelle Environnement (2007), diversifient le nombre des intervenants dans la conception architecturale, réservée traditionnellement aux architectes. La course pour diviser par deux la consommation énergétique des bâtiments (RT 2012), ainsi que l'objectif de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, mettent en péril la liberté du processus créatif architectural. Des exigences si fortes dérivent vers des solutions techniques banalisantes et amènent à la standardisation et à la délocalisation des éléments architecturaux.

L'objectif de cette recherche est de placer la démarche architecturale de nouveau au centre de la conception durable. Ceci devient possible en validant la performance de la forme de la maison en tant que réponse efficace face à des contraintes environnementales. Pour cela nous nous intéressons à la maison vernaculaire, toujours caractérisée par des formes simples et adaptées à leur contextes socioculturel et géo-climatique. Cet habitat, qui est le résultat d'une optimisation sur du long terme, est forcément durable. L'habitat vernaculaire est analysé ici à la recherche des motivations qui l'ont façonné. Pour cela sont considérés des circonstances géographiques et climatiques qui peuvent déterminer la forme de ces maisons. Nous estimons qu'il est possible d'obtenir de l'information sur l'environnement géo-climatique à partir de l'analyse de déterminants architecturaux visibles, et d'identifier des relations d'influence qui les lient. Ces relations d'influence sont modélisées suivant une approche qui s'appuie sur une représentation qualitative de la connaissance. L'établissement d'un modèle construit à partir de fonctions qualitatives, permet d'effectuer un raisonnement automatique, à partir de la connaissance recueillie sur l'environnement géo-climatique, pour établir les déterminants architecturaux visibles correspondants. Finalement l'outil proposé a une double vocation : permettre d'évaluer la performance de la forme des nouvelles constructions et structurer une démarche de conception d'habitations adaptées à un contexte local.

MOTS-CLÉS : conception traditionnelle des bâtiments; enveloppe du bâtiment; modèle d'ordinateur; régionalisme critique, architecture culturelle, architecture locale, identité locale, architecture vernaculaire, observation architecturale, l'airial landais, ruca mapuche, modélisation qualitative.

ABSTRACT. In the context of the current energy crisis, energy consumption and the carbon trace have become a mayor influence in the architectonic conception, the first link in the construction process. Recent constrains associated with international agreements such as the Rio Summit (1992), the Kyoto Protocole and, specifically in France, Grenelle de l'Environnement Round Table (2007), have diversified the number of stakeholders in the architectural conception, traditionally reserved to architects. The race to reduce by half energy consumption in buildings (RT 2012) as well as the goal to cut by four greenhouse gas emissions by 2050 (Grenelle de l'Environnement), puts the architectural creative process in jeopardy. Such demanding requirements favor trivial technical solutions and encourage standardization and offshoring of architectural elements.

This research's purpose is to place the architectural approach at the center of the sustainable conception. This allows the validation of the performance of a house's shape as an effective response to environmental constrains. For this, we have placed our interest in the vernacular house, usually characterized by simple forms and adapted to their sociocultural and geo-climatic context. This habitat, which has resulted from a long term optimization, is inevitably sustainable. The vernacular habitat is analyzed herein in the search of the motivations that have shaped it. In consequence, geographical and climate circumstances that could have determined the shape of houses have been considered. We claim that from the analysis of visible architectural features it is possible to obtain information on the geo-climatic environment as well as the influence relationships that connect them. These influence relationships are modeled following a qualitative approach supported by a qualitative representation of knowledge. The representation, based upon qualitative functions, enables automatic reasoning, starting from gathered awareness of geo-climatic environment, for establishing corresponding architectural features. Finally, the modeled result both allows the evaluation of the form of new houses and assist the conception of houses adapted to their local context.

KEYWORDS: Local tradition for building design; Building envelope; computer model; critical regionalism, cultural architecture, local architecture, local identity, vernacular architecture, architectonic observation, the airial landais, ruca mapuche, qualitative modelling.

Introduction générale. L'architecture vernaculaire entre forme et fonction, différents niveaux possibles d'analyse

Dans cette étude nous allons analyser l'habitat vernaculaire à la recherche des motivations qui l'ont façonnées. Ces motivations répondent tant au contexte socioculturel (Rapoport, 1973) qu'au contexte environnemental (Olgyay, 1963).

L'objectif de cette recherche est d'analyser la façon dont l'architecture vernaculaire s'adapte aux conditions particulières d'un territoire donné. Cette analyse considère l'ensemble des circonstances naturelles et culturelles qui peuvent déterminer l'architecture locale.

On cherche à identifier, à travers des signaux, les raisons qui ont motivé la conception tant au niveau de l'orientation que de la morphologie d'une architecture. Le choix de la forme architectonique et des systèmes constructifs est défini par rapport à des variables environnementales dont l'ensoleillement, le vent, la présence d'eau, les caractéristiques du sol et la disponibilité des matériaux.

De même, des besoins socio-culturels tels que les modes de vie et les croyances, influencent la conception et peuvent être visibles dans la forme architectonique vernaculaire. Le point de départ de l'analyse est la conviction qu'il est possible de tirer de l'information à partir de l'analyse de la forme des habitats d'un lieu déterminé. On entend par «tirer de l'information», le fait de faire une observation sur l'orientation des maisons mais également sur leurs formes et sur l'utilisation raisonnée des propriétés techniques des matériaux locaux utilisés. De plus, on peut extraire de l'information des adaptations formelles qui expriment des connaissances sensibles de lieux tels que : la direction du vent dominant, la trajectoire du soleil, les caractéristiques de la pluie, la morphologie de la surface de la terre, et la composition de cette terre, en tant que support. Il est aussi possible de tirer de l'information des savoir-faire adaptés aux contraintes naturelles du lieu, dont des réponses formelles concernant l'enveloppe de l'habitat, et la manière dont celui-ci s'appuie sur le sol.

Le choix d'analyser l'architecture vernaculaire s'explique par les caractéristiques qui émanent de sa définition,

“Vernacular architecture comprises the dwellings and all other building of the people. Related to their environmental contexts and available resources, they are customarily owner-or community-built, utilizing traditional technologies. All forms of vernacular architecture are built to meet specific needs, accommodating their values, economies and ways of living of the cultures that produce them” (Oliver, 1997).

Pourquoi l'architecture vernaculaire?

L'architecture vernaculaire conjugue dans des formes simples des réponses radicales tant aux modes et aux besoins transcendants qu'aux besoins fonctionnels. Elle correspond à un type d'architecture qui possède de l'information de l'environnement naturel aussi que culturel. Cette information est visible sur la forme des habitats vernaculaires. Par conséquent, elle est un exemple à creuser pour cette recherche.

Cette architecture vernaculaire est une optimisation sur du long terme de contraintes fortes telles que les ressources disponibles et les caractéristiques climatiques et géographiques. Ces caractéristiques seront appelées désormais *environnement géo-climatique* (EGC). Autrement dit, elle est une réponse architectonique simple et pragmatique à l'équation du lieu, des matériaux disponibles et du climat. Par conséquent; l'architecture vernaculaire est un exemple qui a de la valeur car, par définition, elle est forcément durable.

L'objet d'analyse de cette recherche sera la forme des habitats. Ce choix d'analyse a pour objectif d'identifier l'aptitude de la forme à être une réponse fonctionnelle avant même la performance des matériaux. Répondre avec la forme des habitats vernaculaires est considérée ici économique aussi que efficace car à la différence des ressources matérielles, la maîtrise de la forme est un patrimoine culturel inépuisable.

A quoi sert cette démarche dans le contexte du Développement Durable?

L'objectif de cette recherche est de placer l'architecture au centre de la conception durable. Ceci est possible en validant la capacité de la forme comme réponse fonctionnelle.

Le développement durable a déclenché un mouvement d'actions et de considérations nouvelles qui affecte la construction dans tout son cycle de vie. La consommation d'énergie et l'empreinte Carbone deviennent protagonistes inévitables du processus de conception architectonique. De même, poussés par les accords internationaux de réduction de consommation d'énergie et réduction des gaz à effet serre, on commence à changer les

priorités qui conditionnent la conception des maisons, des bâtiments résidentiels et des bâtiments tertiaires. Les nouvelles contraintes associées aux accords internationaux tels que le Sommet de Rio (1992), le protocole de Kyoto (1997) et, spécifiquement en France, le Grenelle de l'Environnement (2007) ont diversifié le nombre des intervenants dans le processus de conception architecturale réservé traditionnellement aux architectes.

Autrement dit, nous sommes témoins aujourd'hui d'un détournement de l'échelle des valeurs que pilotait la conception architecturale avant l'arrivée de la crise énergétique. En conséquence nous pouvons observer que ces événements charnières obligent à repenser la place de chaque intervenant dans tout le cycle de vie de la construction.

Ainsi, l'architecte est obligé d'assurer sa position face à des nouvelles considérations qui, d'une façon démesurée, deviennent des paramètres incontournables de la conception architecturale. La course pour diviser par deux la consommation énergétique des bâtiments (RT 2012) ainsi que l'objectif de diviser par quatre les émissions de gaz à effet serre à l'horizon 2050 (Grenelle de l'Environnement) commencent à mettre en péril la liberté du processus de conception et d'adaptation des maisons. Des exigences si fortes qui, associées à des solutions techniques banalisantes, amènent à la standardisation des éléments architecturaux des maisons ainsi que des bâtiments.

Rôle de l'architecture dans la problématique du DD

L'idée forte de la thèse est le rôle à jouer par l'architecture pour s'approprier de la performance à partir de la forme des maisons. Il est possible de concevoir une architecture performante avec des ressources limitées? On retrouve comment l'architecture, avec ce qui lui est propre comme la maîtrise de la forme, s'approprie cette démarche pour devenir acteur de la construction performante. Démontrer que la forme comme réponse architectonique vernaculaire donnée à un environnement géo climatique est pertinente car elle est la première et la plus économique des stratégies de réponse au problème énergétique, c'est la forme qui peut répondre.

A quoi sert le modèle?

Modèle sur l'influence de l'*environnement géo climatique* (EGC) sur les caractéristiques de forme extérieure de l'habitat, désormais appelé *déterminants architectoniques visibles* (DAV). Il sert à se ré-approprier une réponse vernaculaire ainsi que des réflexes liés à sa

conception sans avoir besoin de passer par l'empirisme pour y arriver. Il est un outil pour chercher la performance à partir d'une réponse vernaculaire

Plan de la thèse :

La première partie de ce document correspond à une recherche bibliographique sur les motivations qui ont donné la forme aux habitats vernaculaires. Cette révision considère des aspects socioculturels et climatiques aussi qu'une discussion sur le régionalisme en architecture.

Dans la deuxième partie est présentée la méthode de décryptage de la forme de l'architecture. La méthode consiste en l'analyse de la forme réalisée à partir des photos et des dessins des habitats vernaculaires sur de différentes zones climatiques au tour du monde. La méthode comporte aussi deux études de cas d'architecture vernaculaire analysés chacun avec *l'observation architectonique* et avec *l'analyse fonctionnelle de la forme*.

La troisième partie correspond à la construction d'un modèle sur les relations d'influence entre l'environnement géo-climatique et les déterminants architectoniques visibles. Les relations d'influence seront formalisées et modélisées suivant une approche qui s'appuie sur une représentation qualitative de la connaissance (Ndiaye et al., 2009). Cette représentation, à base des fonctions qualitatives, permet de effectuer un raisonnement automatique, à partir de la connaissance recueillie sur l'EGC, pour établir les DAV correspondants.

Dans la quatrième partie le modèle est testé sur sept cas d'architecture vernaculaire et sur six cas d'architecture locale actuelle. Le test considère la comparaison entre les DAV résultantes du modèle et les DAV observés dans la cas réel. Deuxièmement nous proposons des modifications sur les DAV de l'architecture locale actuelle à partir des DAV sortis du modèle.

PARTIE I

1. Les déterminants de l'architecture vernaculaire

Cette première partie correspond à une validation, d'après les dits de experts, de l'adéquation de l'architecture vernaculaire, comme réponse formelle, aux contextes culturelle et climatique. Cette adéquation donc donnent la possibilité de tirer de l'information à partir de l'analyse de la forme des maisons vernaculaires. Notre objectif est d'identifier des fonctions remplies par la forme qui peuvent répondre tant à des besoins socio-culturels qu'à des stratégies de protection face aux caractéristiques d'un environnement naturel local quelconque. L'influence socio-culturelle sur la forme de la maison vernaculaire relève de modes de vie, d'usages et de croyances. De même l'influence climatique sur la forme de la maison relève des besoins de protection et du confort humain face à des situations climatiques inconfortables tels que les températures extrêmes, l'exposition au rayonnement solaire, l'humidité et le vent.

1.1 L'influence socio-culturelle sur la maison vernaculaire

L'influence socio-culturelle sur la forme de la maison ainsi que la structure des villages s'explique par des règles de résidence et d'usage, (Lévi-Strauss, 2009). Autrement dit, la forme de l'habitat vernaculaire est considérée comme un signe des pratiques socio-culturelles concordantes à des modes d'être dans le monde, (Eliade, 2009).

1.1.1 La maison vernaculaire comme reflet ou comme pilote de la conception du monde

La conception du monde correspond à la façon dont les différents peuples comprennent et expliquent l'organisation de la réalité. (Dilthey, 1978) a introduit ce concept comme *Weltanschauung* (welt : monde et *anschauung* : idée) traduit aussi comme cosmovision ou notion du monde, pour caractériser les diverses représentations du monde qui sont produites par les sociétés. La cosmovision permet de donner réponse aux questions transcendantales sur la vie et la mort à travers la religion, la poétique et la métaphysique.

L'analyse des maisons vernaculaires permet de saisir les traits d'une conception d'un monde quelconque. La cosmovision peut alors être considérée comme un élément générateur de l'architecture vernaculaire. Autrement dit, la relation entre notion du monde et aménagement de l'espace peut influencer les caractéristiques visibles de l'habitat vernaculaire. De ce fait les manifestations architectoniques des différentes cultures peuvent être signe de

l'importance donnée par la culture aux cycles naturels comme la vie et la mort, le jour et la nuit et les saisons de l'année.

On peut estimer que, dès les origines, l'orientation a été liée à la survie de l'homme et que la dimension astrologique a présidé à son repérage dans l'espace. La course du soleil, la position des astres, mais aussi le mouvement des courants (fluviaux et/ou maritimes), le vent dominant et plus tard l'aiguille aimantée, en servant de repères, ont favorisé la construction par les hommes, de directions qui organisent leur rapport à l'espace. (Segaud, 2010).

L'univers des Mapuche, peuple originaire du Chili, s'oriente par rapport aux quatre points cardinaux, au lever du soleil derrière la Cordillère des Andes (à l'Est) et au coucher du soleil dans la mer (à l'Ouest). De même les quatre orientations, le Lafken Mapu (Ouest), le Puel Mapu (Est), le Pikun Mapu (Nord) et le Willi Mapu (Sud) sont associées à des valeurs du bien et du mal et ces significations déterminent les orientations de la vie dans l'espace. Ainsi le Lafken Mapu est assimilé à l'espace de la mort. Le Puel Mapu est le lieu où la vie commence, l'espace vers lequel s'ouvrent tous les espaces Mapuche. Le Pikun Mapu est le lieu du mal car du Nord vient tout ce qui est négatif, la guerre et l'invasion du winka (homme blanc) et le mauvais vent qui précède le mauvais temps.

La Ruca, maison traditionnelle mapuche, oriente systématiquement la porte vers le nouveau lever du soleil (txipan antü) qui correspond à l'Est (Puel Mapu). Cette orientation vers l'Est a comme signification le commencement de la vie, (Ministerio de Obras Públicas, 2003). Autrement dit la Ruca s'accorde au cycle naturel jour / nuit dès le premier rayonnement solaire de la journée. Cette orientation dévoile comment l'espace et le temps sont confondus dans la conception de monde Mapuche, (Grebe, 1972).

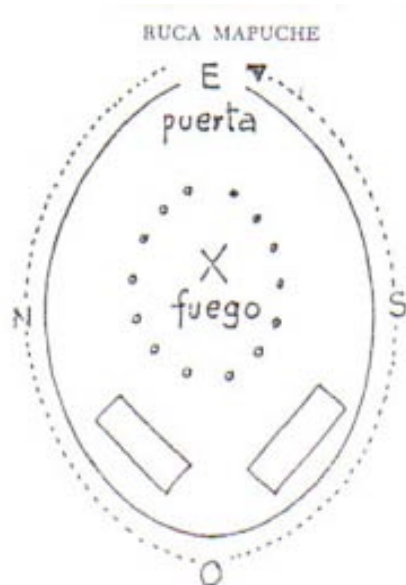


Figure 1, L'orientation de la porte vers l'Est et l'aménagement de la ruca mapuche, schéma Grebe, M. (1972).

La vision du monde s'exprime aussi dans la différenciation que l'homme religieux fait entre les espaces sacrés et les espaces profanes, (Eliade, 2009). Autrement dit l'espace n'est pas homogène car dans l'étendu il y a les espaces transcendants chargés de valeur existentielle et les autres qui n'ont pas cette valeur,

Pour l'homme religieux, l'espace n'est pas homogène; il présente des ruptures, des cassures: il y a des portions d'espace qualitativement différentes des autres [...] pour l'homme religieux, cette non-homogénéité spatiale se traduit par l'expérience d'une opposition entre l'espace sacré, le seul qui soit réel, qui existe réellement, et tout le reste, l'étendue informe qui l'entoure..." (Eliade, 2009).

Un exemple de la discontinuité de l'espace peut s'illustrer à travers la figure d'*axis mundi*. L'espace peut devenir sacré par l'implantation au milieu d'un poteau rituel, Eliade M. (2009). Cette implantation fixe un point dans la terre et sert de seuil de communication avec le ciel. En conséquence le poteau rituel des sociétés traditionnelles transforme la valeur de l'espace car il représente le centre de l'univers.

L'architecture joue un rôle fort dans cette distinction des espaces. Ainsi même aujourd'hui la porte de l'église dans une ville moderne devient frontière entre le monde sacré et le monde profane:

Le seuil qui sépare les deux espaces indique en même temps la distance entre les deux modes d'être, profane et religieux. Le seuil est à la fois la borne, la frontière qui distingue et oppose deux mondes, et le lieu paradoxal où les mondes communiquent, où peut s'effectuer le passage du monde profane au monde sacré...Le seuil concrétise aussi bien la délimitation entre le « dehors » et le « dedans » que la possibilité de passage d'une zone à une autre, (Eliade, 2009).

La maison est aussi un espace sacré avec une forte signification qui transcende la maison conçue comme une chose fonctionnelle.

1.1.2 La maison vernaculaire, une représentation culturelle locale

L'agencement de l'espace habitable illustre comment l'architecture participe étroitement aux modes de vie des populations traditionnelles. L'organisation sociale des aborigènes Bororo au Brésil ainsi que des autres tribus brésiliennes est visible dans la structure spatiale des villages, (Lévi-Strauss, 1955). Cette structure spatiale met en évidence la signification que peut contenir un système construit. Dans le Village Bororo de Kejara il y a des relations spatialisées entre ses différents habitants, des hommes, des femmes, adolescents et adultes, (Segaud, 2010). La disposition en cercle des huttes¹ autour d'une seule et grande hutte centrale, le *baitemannageo*² distingue des espaces réservés aux hommes au centre du village et des espaces accessibles aux femmes dans la périphérie du village (Lévi-Strauss, 1955). Le village divisé en deux par un axe est / ouest ordonne aussi les castes des Bororo. De ce fait au nord habitent les Cera, au sud les Tugaré

...la division est essentielle pour deux raisons : d'abord, un individu appartient toujours à la même moitié que sa mère, ensuite, il ne peut épouser qu'un membre de l'autre moitié. Si ma mère est cera, je le suis aussi et ma femme sera tugaré. (Lévi-Strauss, 1955).

¹ Cabane faite de branchage, de paille, de terre séchée, pouvant servir d'abri ou d'habitation.

² le *baitemannageo* est la maison des hommes célibataires dont l'accès est interdite aux femmes

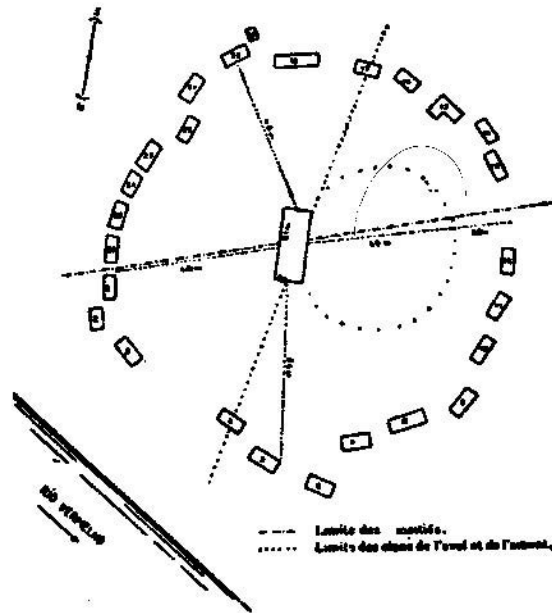


Figure 2, Plan du village de Kejara. D'après Lévi-Strauss (1955)

Des éléments constitutifs de l'architecture analysés dans leurs rôles anthropologiques montrent comment leurs agencements dans l'espace répondent à des modes de vie ainsi qu'à des conceptions du monde. La porte constitue un dispositif matériel servant à réguler le passage et différencier les différents espaces. Dans l'espace domestique, la porte signifie une limite qui le sépare de l'espace public. La porte constitue alors une frontière qui permet d'effectuer une transition entre la vie privée et la vie publique. Ainsi, la matérialisation de cette transition dénote la valeur assignée à l'intimité selon les cultures et sert à l'analyse des modes de vie. La mise en place d'un chemin d'accès qui change de direction dans l'espace d'entrée conserve l'intimité des maisons islamiques, donc "sert à séparer deux mondes : le féminin et le masculin" (Segaud, 2010).

"Dans la civilisation islamique, la porte de la maison est complétée par un contre-mur, au Maghreb la skifa, à Bali (Indonésie) le Lawang, qui préserve ainsi l'intimité de l'espace domestique, mais qui impose un parcours en chicane. En Iran, l'accès à la maison traditionnelle, une fois la porte franchie, entraîne plusieurs changements d'axe (...) cette paroi construite et ces chicanes garantissent l'espace privé contre l'entrée des regards". La Porte Instrument et symbole, (Monnier, 2004).

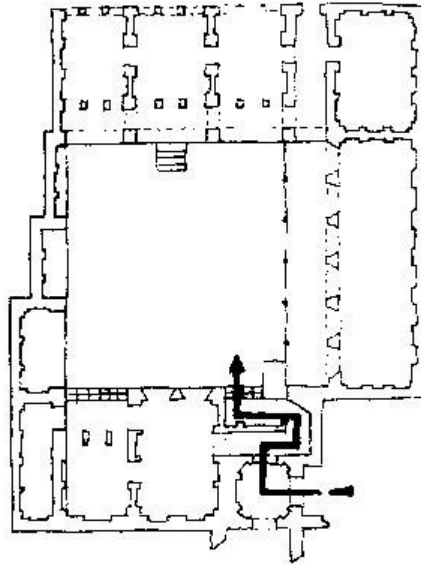


Figure 3, Plan d'une maison traditionnelle, avec accès en chicane. Na in (Iran) Monnier, G (2004).

1.2 L'environnement climatique comme déterminant des stratégies architectoniques vernaculaires

Une stratégie architectonique correspond aux choix relatifs à la forme de la maison la plus adaptée aux contraintes de l'environnement climatique, (Oliver, 1997). Pareillement la discipline bioclimatique considère comme axes principaux de la conception architectonique, le climat, l'habitat et le confort thermique de l'occupant (Olgay, 2006). Autrement dit cet environnement correspond à l'entourage naturel proche qui détermine la forme de la maison vernaculaire en relation au confort thermique.

Ainsi la forme de la maison est considérée comme une stratégie de protection face à un environnement climatique donné.

A partir du bioclimatisme, on reconnaît la pertinence des stratégies architectoniques vernaculaires par rapport aux différentes régions climatiques. (Olgay, 2006) analyse la morphologie de la maison vernaculaire à partir de données objectives sur le climat local. Il propose l'approche bioclimatique qui considère les réponses architectoniques relatives aux caractéristiques propres à chaque zone climatique.

1.2.1 Le rôle de la toiture.

Par exemple dans des zones tropicales et subtropicales en Amérique du Sud on utilise des larges toitures pour protéger de la pluie et du soleil, (Olgay, 2006).

"...en general son viviendas de amplias cubiertas en pendiente, realizadas en paja u hoja de palma, que protegen de las copiosas lluvias y del abrasante sol. Debido a la gran humedad, los cierres se vuelven ligeros, formados por ramas entrelazadas que permiten la ventilación transversal y la entrada de brisas frescas, dejando el interior en penumbra y refrescado." (Olgay, 2006).

»...sont généralement des maisons, avec des toitures larges et pentues, faites de paille ou de feuilles de palmier, qui assurent une protection contre les fortes pluies et le soleil brûlant. En raison de la forte humidité, les couvertures sont formées de branches entrelacées permettant une ventilation traversante et l'entrée de brises fraîches, laissant l'intérieur dans la pénombre et la fraîcheur. "

(Viaro, 1983) analysent la morphologie des habitats à partir des éléments objectifs dominants du climat. Ils soutiennent qu'il y a des concordances entre les habitats traditionnels et les éléments dominants du climat : la radiation solaire, la température, l'humidité, les précipitations et les vents. (Oliver, 1997) prend en compte plusieurs éléments des contextes culturels et naturels associés aux différences reconnaissables dans l'aspect de l'habitat vernaculaire. Le climat est un des éléments du contexte naturel considéré par cet auteur. Il distingue neuf types de climat à partir de la température et de l'humidité ; et à chacun de ses types de climat correspond des réponses spécifiques dans l'architecture vernaculaire.

La forme plate de la toiture par exemple, dans des climats chauds et secs, s'explique comme une manière de réduire la surface exposée au rayonnement solaire et en conséquence de réduire le stockage de chaleur dans l'enveloppe des bâtiments, c'est le cas du Ksar au Maroc (Fig.4),

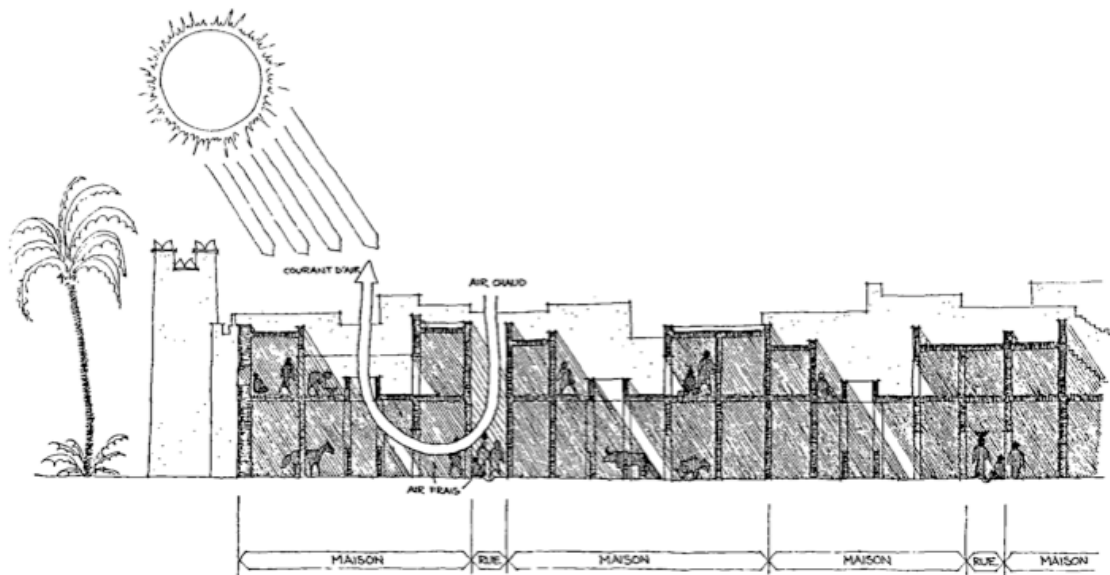


Figure 4, La partie du Ksar exposée directement au rayonnement solaire est minimale, grâce aux toits terrasse. (Viaro, 1983).

Dans les climats chauds et humides, le toit est un élément très important pour les habitations traditionnelles car il doit répondre à des fonctions différentes comme se protéger du soleil mais aussi le protéger de la pluie. Dans les zones où les pluies sont fréquentes, les toits sont à forte pente pour drainer l'eau, (Coch, 1998).

1.2.2 Le rôle des ouvertures

De même les zones de climats froids influencent fortement la forme des bâtiments vernaculaires. Dans ces zones la priorité est de garder la chaleur à l'intérieur de la maison. La stratégie formelle pour répondre au froid mène à des formes compactes qui permettent de diminuer les surfaces exposées aux conditions climatiques. L'avantage de cette réduction de surface est de minimiser les pertes de chaleur à travers l'enveloppe de la maison, (Coch, 1998). Autrement dit, il est plus important d'être isolé et protégé du froid que de recueillir le rayonnement solaire à travers des ouvertures, (Weissenstein, 2011).

De même, le choix de mettre des petites fenêtres dans l'habitat des climats froids relève de la stratégie consistant à privilégier l'isolation sur l'éclairage et le chauffage par rayonnement solaire direct. L'absence de technologies suffisantes pour rendre les ouvertures étanches et isolées explique ce choix dans le cas des constructions primitives. En conséquence l'isolation par des murs étanches et opaques reste la réponse vernaculaire la plus répandue contre le froid, (Coch, 1998).

1.2.3 Le rapport au sol

Une autre manière de protéger la maison du froid consiste à l'enterrer pour profiter de la stabilité thermique du sol.

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, (Supic, 1994).

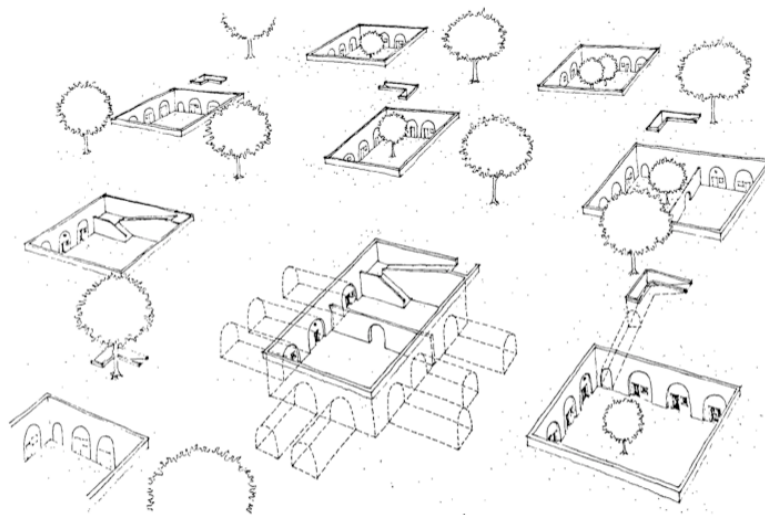


Figure 5, Habitations troglodytiques, Hennan Chine. (Viaro, 1983)

En Indonésie, le climat chaud et humide est également caractérisé par la présence rare de vent. Ce paramètre climatique influence la forme des maisons. Elles sont surélevées du sol par des pilotis. De cette manière, ces maisons assurent une bonne ventilation naturelle car l'air peut circuler sous la maison sans obstacle. Pareillement, les maisons surélevées apportent de l'air frais grâce à des surfaces ombrées sous les maisons. Un exemple de cette technique de refroidissement est la maison traditionnelle Toraja sur l'île de Sulawesi (Fig. 11). Cette maison surélevée a aussi une grande toiture qui assure l'ombrage d'une grande surface autour de la maison tout au long de la journée, (Zhai, 2010).

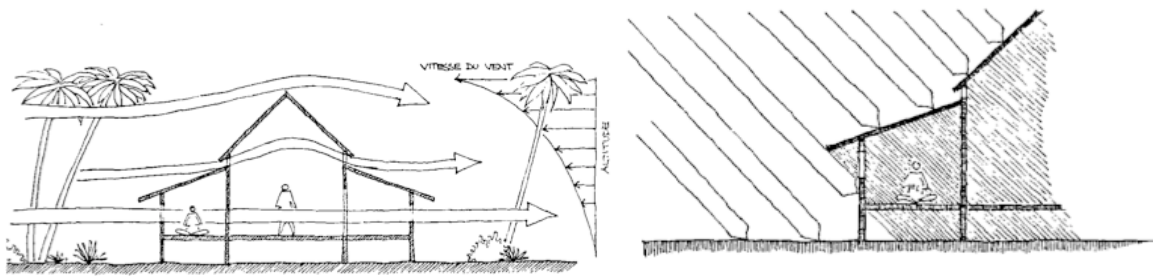


Figure 6, les parois aérées permettent une bonne ventilation à hauteur d'homme. Les avant-toits et les pilotis mettent le plancher habitable à l'abri des pluies et le protègent du rayonnement solaire. (Viaro, 1983)

Il est possible d'évaluer l'efficacité des stratégies vernaculaires compte tenu de l'environnement géo-climatique. (Zhai, 2010) analysent la performance énergétique (dépenses énergétiques) des maisons vernaculaires via une simulation numérique. Ils estiment les dépenses énergétiques des maisons à partir d'une comparaison entre des observations sur l'utilisation des matériaux dans des maisons vernaculaires de régions climatiques différentes d'une part, et d'autre part sur des matériaux mieux adaptés à ses différents régions selon un modèle de performance énergétique. Ils discutent l'utilisation de matériaux lourds (pierre, terre) et légers (paille, bois) selon les régions géo-climatiques : il y aurait une utilisation plus fréquente de matériaux lourds sous les climats chauds et secs et une utilisation de matériaux légers sous les climats chauds et humides.

La forme de la maison vernaculaire est influencée par l'aspect socio-culturel ainsi que déterminée par le climat. En conséquence tant l'aspect culturel que l'aspect climatique sont visibles dans la forme de la maison vernaculaire.

L'analyse de la forme d'un habitat vernaculaire ne suffit pas pour tirer des conclusions sur les pratiques sociales qui l'ont influencé. Sans une connaissance préalable de la culture locale on ne peut pas extraire de conclusions à partir de la forme architecturale (tableau 1).

Tableau 1, fonction de la forme architectonique générée par des pratiques socioculturelles

Choix de la forme architectonique	Pratique socio-culturel locale
Orientation Est de l'unique porte de la ruca mapuche.	S'accorder au cycle naturel jour/nuit dès le premier rayonnement solaire de la journée.
Seuil, porte	Séparer des espaces symboliquement différents.
Axes ordonnateurs du village	Orienter des pratiques sociales dans l'espace.

Pareillement la forme architectonique déterminée par des conditions climatiques répond à des fonctions relatives au confort thermique ainsi qu'à des fonctions de protection universelles. En conséquence il est possible tirer des conclusions à partir d'une connaissance sur conditions climatiques locales (Tableau 2).

Tableau 2, fonction de la forma architectonique vernaculaire généré par le climat

Forme architectonique visible	Fonction de la forme architectonique
Toit plat	Réduire la surchauffe par l'exposition au rayonnement solaire
Volume compact des bâtiments	Réduire la perte de chaleur par l'exposition de l'enveloppe au froid
Toiture large et pentue	Drainer les eaux de pluie, protéger du rayonnement solaire
Petites fenêtres	Réduire la perte de chaleur par des surfaces non isolées dans l'enveloppe
Maisons enterrées	Assurer une température stable en profitant de l'inertie thermique de la terre.
Maisons surélevées	Protéger la maison de l'humidité, permettre une bonne aération.

Il est entendu alors que la forme de l'architecture vernaculaire donne de l'information sur son contexte socio-culturel ainsi que sur son contexte climatique. Cependant le contexte socio-culturel avec ses particularités doit être étudié au cas par cas. Cela implique que le contexte socio-culturel sera bien contenu dans l'analyse menée dans cette étude mais ne fera pas partie du modèle de la Partie 3 de cette thèse.

En revanche, la connaissance des conditions climatiques suffit pour tirer des conclusions sur la fonction de la forme générée par le climat. Pour cette raison, même si dans l'analyse de l'architecture vernaculaire les contextes socio-culturel et climatique sont recueillis, la modélisation sera centrée sur l'influence du climat sur la forme de la maison vernaculaire.

1.3 L'architecture vernaculaire comme registre d'une identité locale

Dans cette partie nous allons discuter de deux façons de s'approprier du vernaculaire dans une architecture contemporaine. L'une est motivée par la protection et la diffusion nostalgique et fantaisiste des images architectoniques locales, l'autre par une intégration du sens du passé dans le processus créatif, (Giedion, 2004).

La référence au passé ne devient créatrice que dans la mesure où l'architecte est capable de saisir le sens profond et exact de ce passé. Elle devient une fantaisie nocive si l'on se contente de copier superficiellement telle ou telle de ses formes : on aboutit ainsi à une architecture de playboy. (Giedion, 2004).

1.3.1 La question de l'identité en architecture

Par définition, l'identité, c'est la permanence de la conscience de soi, de sa culture.

En quoi, l'Architecture peut-elle être une forme d'identification d'une civilisation ?

Le régionalisme en général est l'expression propre à une région. Comment le régionalisme peut-il se traduire en Architecture? L'architecture est profondément influencée par le contexte propre à une région et à une civilisation.

Nous allons voir quelles peuvent être les différentes manières de matérialiser ces expressions architecturales en opposant l'idée d'un régionalisme critique à un régionalisme restreint.

Le régionalisme est un concept stylistique né dans la conscience identitaire du 20e siècle. C'est en quelque sorte une alternative à l'idéologie dominante de la modernité. Expression d'une identité culturelle, il fonctionne sur des archétypes qui substituent une référence commune à la diversité des expressions particulières d'une nation ou d'une ethnie et qui contribuent à effacer les frontières de l'espace et non du temps. L'architecture ne s'adapte plus au contexte, elle devient un régionalisme de restriction jouant sur une image non - évolutive et propre à une époque donnée.

Cette forme de régionalisme restreint exprime d'une manière générale la peur du progrès. Il est une création d'images mais ne s'adapte pas à la technique contemporaine.

Pourquoi parle-t-on encore de régionalisme en Architecture ?

L'architecture apparaît comme un lieu précis d'identification culturelle dans la mesure où elle est le support physique de la lecture de l'évolution d'une culture...

Le régionalisme de restriction n'exprime pas la réalité d'une époque et de son évolution, il s'agit d'un « maquillage », par des formes rassurantes. Cela exprime en quelque sorte une certaine nostalgie de l'ancien.

L'imaginaire populaire véhicule des images archétypes de l'habitat : par exemple la toiture à double pente qui devient une forme symbolique récurrente et qui peut être utilisée parfois trop systématiquement, de nos jours, sans réflexion profonde sur le sens de sa fonction et de son contexte.

Le pavillonnaire, une traduction « contemporaine » du régionalisme

Le régionalisme a « sombré dans une esthétique rétrograde » et son prolongement le plus tenace se traduit souvent par l'architecture pavillonnaire. En effet, cette tendance à retourner aux traditions, au folklore local, persiste surtout dans le domaine de la maison individuelle.

La production pavillonnaire oscille entre deux grandes tendances :

- la ré-interprétation de styles régionaux (style landais ou basque entre autres) reprenant quelques éléments de la maison traditionnelle
- La production standardisée, mise en place dans un souci d'économie sans vraiment de caractère affirmé, pauvre d'un point de vue culturel

Ce type d' « architecture » entraîne une banalisation de l'image de l'habitat et sa décontextualisation. Les matériaux et couleurs utilisés ne favorisent pas une bonne intégration paysagère. Peu d'éléments architecturaux rappellent la production et la culture locale. Comparé au traditionnel, les pentes de toit sont généralement moins fortes, les ouvertures souvent plus larges que hautes et les enduits ont des finitions standardisées.

Son système d'aménagement (implantation des lots au milieu de la parcelle fermée par un grillage) ne permet pas de cohésion d'ensemble (traitement des pleins et des vides entraînant l'apparition d'espaces résiduels, travail sur les limites privées et publiques) et favorise l'individualisme (espaces publics peu traités donc peu de lien social)

On peut dire qu'il existe une forme de contradiction dans ce système : il y a une réelle volonté de garder certaines particularités locales, par exemple avec la toiture et les matériaux employés (même s'ils ne sont respectueux de l'existant : pentes et aspect). Cependant, le fait de le généraliser sur tout un territoire, entraîne la banalisation et donc la perte progressive de « l'essence identitaire » locale et donc de repères propres à une région.

On ne peut pas négliger l'attachement des gens à leurs racines, à leur culture et il est sûrement possible de pratiquer une architecture résolument contemporaine (s'adaptant à un contexte) en tenant compte des particularismes régionaux.

1.3.2 Opposition entre modernité et régionalisme

Dans les années 20 l'émergence du mouvement moderne tend à effacer les particularismes locaux.

L'architecture moderniste se caractérise alors par :

- la rupture avec le passé.
- l'utilisation des matériaux nouveaux, béton et acier,
- l'utilisation d'un nouveau vocabulaire architectural que Le Corbusier a exprimé par 5 principes : toit terrasse, pilotis qui libèrent le sol pour la circulation et la végétation, fenêtres en longueur ou « en bandeau », façades rideaux et plan libre qui permet de s'affranchir des contraintes d'organisation de l'espace engendrées par la structure du bâtiment - ses liens étroits avec l'industrie, qui fournit des éléments préfabriqués, standardisés - son idéal de pureté, sa volonté de créer uniquement des volumes et des formes simples et universelles d'où son rejet de l'ornement et l'utilisation de matériaux bruts, sans revêtement. Les architectes modernes développent alors un vocabulaire architectural original au travers duquel ils prônent des valeurs universelles. On s'achemine vers une uniformisation et une standardisation du logement en raison des « besoins identiques entre tous les hommes ». Quel que soit le contexte, l'architecture internationale s'adapte sans vraiment prendre en compte les spécificités du lieu, jusque dans la négation du terrain qui s'exprime même dans les systèmes de conception avec pilotis qui permettent de construire sans tenir compte des caractéristiques topographiques du site. Le mouvement moderne prône des valeurs universelles et une architecture qui peut s'adapter partout. Il propose un projet de société nouvelle et universelle qui ne tient plus compte de la culture locale. L'architecture moderne s'inscrirait donc en principe en totale opposition avec le régionalisme.

1.3.3 Le régionalisme critique : pour une architecture de résistance « contemporaine et contextuelle »

D'après Harris, H. cité par (Frampton, 2006), un autre type de régionalisme s'oppose au régionalisme de la restriction ; « le régionalisme de la libération ». C'est la manifestation d'une région s'accordant particulièrement à la pensée naissante de l'époque. Nous appelons « régionale » une telle manifestation seulement parce qu'elle n'a pas émergé ailleurs. Le génie de cette région vient de ce qu'elle est plus consciente et plus libre qu'à l'ordinaire.

Le régionalisme critique est moins un style ou une tendance idéologique particulière qu'un effort pour résister.

(Le terme de régionalisme critique ne représente pas ici le vernaculaire, produit autrefois spontanément par l'interaction conjuguée du climat, de la culture du mythe et de l'artisanat)

D'après Paul Ricoeur cité par (Frampton 2006) on peut parler d'un paradoxe concernant l'idée de régionalisme local. En effet, il existe la culture régionale et la civilisation universelle ; mais on ne peut pas parler de culture régionale pure, car elle fait partie intégrante de la civilisation mondiale. Le régionalisme critique cherche à être la synthèse entre la culture régionale et la civilisation universelle.

D'après (Frampton, 2006), elle se traduit par une forme d'expression dialectique, une réflexion. Le régionalisme critique cherche de manière réfléchie à détruire le modernisme universel en terme de valeurs et d'images cultivées localement tout en altérant les éléments locaux avec des modèles provenant de sources étrangères.

L'architecture universelle d'après (Giedon, 2004).

A la fin du 19ème siècle, une civilisation à l'échelle universelle est en train de voir le jour mais est loin de s'épanouir partout d'une manière uniforme. Mais ce qui est commun à tous les pays, c'est une même conception de l'espace, correspondant à la sensibilité de l'époque autant qu'à sa tournure d'esprit. Les caractéristiques communes d'une architecture « universelle » se traduisent par la conception de l'espace, l'interaction des volumes dans l'espace et l'interpénétration des espaces extérieurs et intérieurs.

Un autre facteur majeur, que l'on retrouve dans toute architecture contemporaine de "qualité" est le souci de respecter les conditions climatiques et géographiques d'une région donnée en ne les considérant pas comme des obstacles, mais comme des tremplins pour l'imagination artistique.

Pour Siefried Giedon, le régionalisme critique se traduit en architecture par l'adaptation aux données climatiques et sociales, pas par une imitation des formes du passé, mais par une profonde parenté d'esprit. La référence au passé ne devient créatrice que dans la mesure où l'architecte est capable de saisir le sens profond et exact de ce passé.

Kenneth Frampton dans son raisonnement, s'efforce d'identifier les différentes écoles de pensées régionales dans leur processus de ré-interprétation.

Il met en exergue leur capacité à recréer une nouvelle tradition régionale tout en absorbant les influences étrangères au niveau de la culture et de la civilisation. Cela peut se traduire

entre autre par l'exploitation appropriée de notre capacité technique actuelle liée à différents paramètres propres à l'architecture locale. Selon Frampton, « la topographie, le contexte, le climat, la lumière, la tectonique, le tactile peuvent s'interposer entre l'impact de la civilisation universelle et les éléments qui décrivent directement les particularités d'un lieu donné. »

Voici quelques réflexions ainsi qu'œuvres d'architectes, de tous pays à travers le monde, sensibles à la problématique de l'identité architecturale qui illustrent cette idée.

Les projets doivent pouvoir évoquer l'essence onirique du site et ainsi réveiller les images inconscientes de la pensée.

Le processus de « création du lieu » prend référence dans l'existant incluant les paramètres géographiques et sociaux...

Une proposition architectonique dont l'objectif est d'aller en profondeur, cherche à être plus qu'une matérialisation passive. C'est ainsi que par exemple Siza, A. l'exprime dans son œuvre conçue et structurée tenant compte de la topographie. Ce qui révèle ainsi le caractère tectonique de l'architecture : le lien qui se crée entre le sol et l'œuvre, la tension qui s'exerce entre les volumes et le socle, la capacité à transformer la surface de la terre. Trouver l'équilibre afin de faire dialoguer. Par ce soucis d'insertion, d'intégration dans son site, une relation d'équilibre et d'harmonie.



Figure 7, Siza A. Source, Swimming pool. <http://alvarosizavieira.com/1966-leca-swimming-pools>

Une attitude tout aussi « tactile » règne dans l'œuvre de Barragan, qui a toujours « recherché une architecture sensuelle et terre à terre, une architecture faite d'enceintes et de stèles, de fontaines et de cours d'eau appelant à l'éveil des sens, une architecture intégrée à

la roche volcanique et à la végétation luxuriante faisant indirectement référence à « l'estancia mexicaine ».



*Figure 8, Terrasse maison Luis Barragan,
<http://www.casaluisbarragan.org/lacasa/terraza1f.html>*

D'après Vittorio Gregotti dans sa thèse « Architecture et Territoire », les maisons de Mario Botta (architecte italien) construisent le site ; elles se proclament elle-même comme des formes primordiales contrastant avec la topographie et le ciel. Leur capacité à s'harmoniser avec la nature partiellement agricole de la région provient directement de leur forme et de leur finition analogue, c'est-à-dire, des parpaings de couleur claire, de leur structure, silo ou coques ressemblent à des granges dans lesquelles elles se trouvent logées, ces coques faisant allusion à leur parenté avec les structures agricoles traditionnelles.



Figure 9, Botta M. http://www.botta.ch/Page/Pr%201971_16_RivaSanVitale_en.php

Une attention particulière est portée à d'autres facteurs tel que les matériaux locaux, les couleurs et les subtilités de la lumière locale. D'après Ando, la lumière change les apparences ; les matériaux ne se limitent pas au bois et au béton mais ils vont au-delà pour inclure également la lumière et le vent qui font appel à nos sens. Tous ces éléments à caractère « local » incarnent l'identité du lieu, transposée dans la composition physique de l'architecture. Mais d'après lui, le détail est l'élément le plus important lorsqu'il s'agit d'exprimer l'identité : il complète la composition physique et en même temps il crée une image de l'architecture.

Le contexte social renvoie aux valeurs régionales et aux modes de vie.

Tadao Ando propose dans son architecture de garder l'intimité et l'ouverture vers le monde naturel comme éléments de référence locale. L'architecture « moderne fermée » à laquelle il fait référence, se matérialise en milieu urbain au tissu dense, par des petites maisons à patio. Dans d'autres projets, il restaure l'unité entre la maison et la nature que l'habitat japonais avait perdue durant le processus de modernisation de la civilisation.

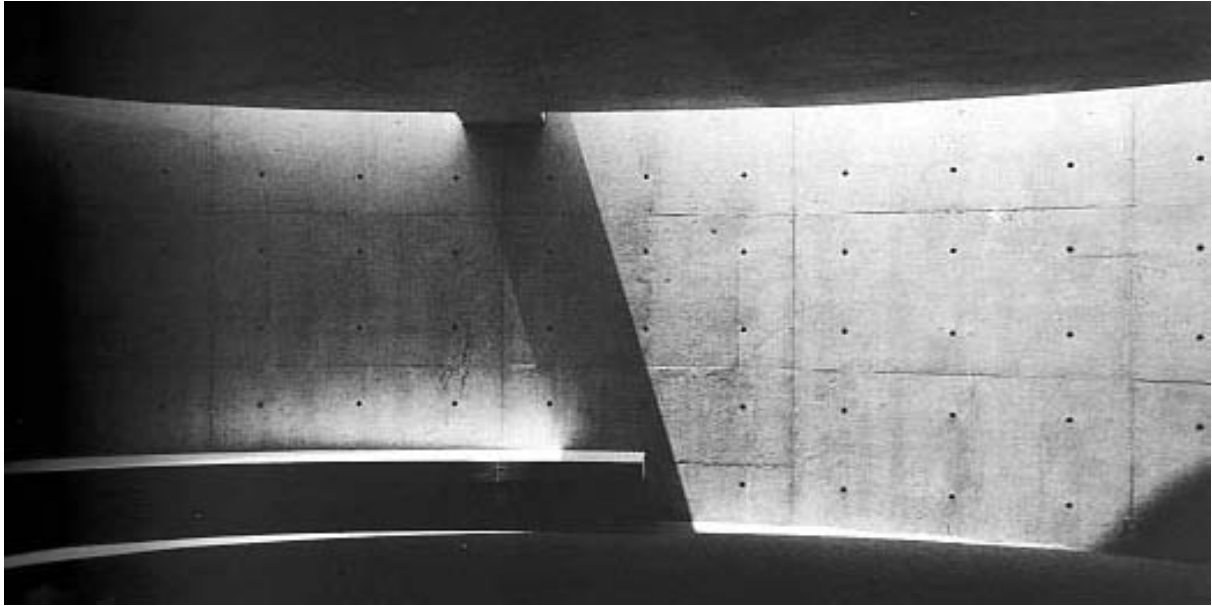


Figure 10, Ando T. 1983-84, Maison Koshino, source

<http://cedricchone.voila.net/quatrieme/woldarchi/lumiere/lumieretext.html>

Carlos Artusa, architecte argentin, disait en parlant de l'œuvre de Luis Barragan, que la manière dont elle était placée sur le lieu, la rendait difficilement transposable ailleurs (idée d'une architecture unique dans un lieu unique), ce qui souligne que l'architecture établit un dialogue particulier avec le lieu. Parler de l'architecture ce n'est pas seulement parler de l'objet construit mais c'est aussi la relation qui s'établit entre cet objet et son environnement. On ne parle pas d'architecture sans le lieu.

1.3.4 La Scandinavie, pour une « Architecture synthétique »

Il nous semble que l'exemple scandinave est particulièrement parlant concernant la relation complexe entre une Architecture universelle et le développement régional :

Des constructions empreintes de force créatrice surgirent brusquement en Finlande, pays foncièrement démocratique, qui démontra que l'architecture moderne pouvait être à la fois libre, régionale et universelle, (Giedon S., 1940).

La Scandinavie (considéré ici comme l'ensemble composée de la Norvège, du Danemark, de la Suède et de la Finlande), a toujours exprimé la nécessité de maintenir et de cultiver les caractères locaux, dans un monde moderne qui de plus en plus se voit menacé par l'uniformité et l'arbitraire.

Le terme « caractère local » se réfère ici à l'existant, et par cultiver, nous entendons la préservation et l'expression de celui-ci.

Grâce au lien si étroit que les Scandinaves entretiennent avec la nature et grâce à une architecture qui s'enracine en elle, ces pays apportent une éminente contribution à cet objectif.

« L'approche environmentaliste qui caractérise profondément cette architecture, est liée à ce qu'il y a là, en tant qu'objet de l'identification humaine : les arbres, les rochers, les nuages et la lumière. »

Les pays nordiques conservèrent leur identité d'après guerre ; toutefois les courants internationaux y jouèrent un rôle considérable. Ils furent absorbés au fil des ans par les traditions locales.

De ce fait, l'idée d'un nouveau régionalisme s'ancre dans une réalité tout à fait concrète et ce, en Finlande notamment, à travers l'œuvre d' Alvar Aalto, pionnier de l'approche synthétique.

A l'heure actuelle, cette recherche d'une identité régionale est particulièrement vive et caractérise les constructions de ces 40 dernières années ; les 4 pays cherchent à réaliser des œuvres synthétiques dans le but de satisfaire une architecture riche de sens.

Toute œuvre de valeur contemporaine possède plus ou moins explicitement un caractère régional.

Par conséquent, la compréhension de l'architecture scandinave aujourd'hui passe obligatoirement par ce régionalisme, qui implique que l'on prenne en considération aussi bien le caractère nordique en tant que tel, que l'interprétation qu'il propose du Mouvement Moderne que nous avons défini précédemment.

Dans cette perspective, une large place doit être faite à l'aspect social, puisque les Scandinaves ont toujours assigné pour but à l'architecture moderne l'amélioration des conditions de vie de l'homme dans le respect de la nature. Cela se traduit par une Architecture saine et simple, empreinte de « socialisme écologique ».

Caractéristiques de l'environnement scandinave:

Les spécificités géographiques se caractérisent par des lieux aux topographies très variées. Paysage et climat se reflètent indéniablement dans la tradition architecturale.

On peut dire qu'il existe 4 modes d'expressions bien distincts mais avec des traditions présentant des similitudes.

Néanmoins, les pays scandinaves ont un dénominateur commun : la lumière nordique possédant une qualité particulière, elle varie en fonction du lieu et permet de créer des espaces multiples. D'une manière générale, la Scandinavie entretient une « ancestrale intimité avec la nature ».

1.4 Conclusions sur l'importance de la forme de la maison vernaculaire

D'après la connaissance experte il est accepté que la maison vernaculaire a été façonnée par l'environnement socioculturel aussi que par l'environnement naturel donc ces deux derniers participent de la forme architectonique. Il est possible donc d'affirmer que la forme des maisons vernaculaires constitue un bon exemple d'architecture adéquate à son environnement et de la quelle est possible tirer de l'information.

Pareillement le régionalisme dit "critique", approche de conception architectonique cherchant à respecter et à intégrer les contextes climatiques, géographiques et sociales d'un territoire donné, n'apporte pas de définitions qui déterminent en quoi cette approche peut respecter ces contextes donc ils restent comme une déclaration de principes de bon sens.

Quels éléments des contextes intégrer donc dans un processus de conception architectonique locale?,

Comment les intégrer?

Dans la partie suivante sera réalisé un aperçu général de différentes formes que adopte la maison vernaculaire dans de différentes zones climatiques de la classification Köppen-Geiger (Peel et al., 2007). Dans cette partie seront analysés aussi deux cas de maison vernaculaire pour y reconnaître des adaptations constantes. De la même façon ces adaptations seront analysées en tant que réponse aux environnements socioculturel et environnemental.

PARTIE II

2. Comment décrypter la forme de la maison vernaculaire?

Cette partie correspond à un aperçu général de différentes formes des maisons vernaculaires observées à travers le monde sur de différentes zones climatiques de la classification Köppen-Geiger (Peel et al., 2007).

Deux cas d'architecture vernaculaire seront analysés suivant une méthode qui se base sur l'observation architectonique (Cruz A. 1972) et sur le décryptage de l'image extérieure des maisons (Rodriguez G., 2006).

2.1 Quelle information sur la forme de la maison vernaculaire?,

Des maisons vernaculaires ont été bâties dans le monde entier et présentent une importante diversité de formes d'une zone géo-climatique à une autre. Nous avons observé des toitures pentues dans les zones à précipitations abondantes, des toits plats dans les zones à climat sec, des toitures débordantes dans les zones humides et des toitures sans débord dans les zones sèches, des petits percements dans les murs dans les zones froides et chaudes et des murs presque inexistantes dans les zones à chaleur humide, des maisons enfoncées dans la terre dans les zones à températures extrêmes et d'autres surélevées par rapport au niveau du sol dans les zones chaudes et humides. Si nous prenons comme déterminants des choses simples, mesurables telles que la pente de toiture, le débord de toiture, la proportion de percements et le niveau du socle relativement au niveau du sol, nous pouvons constater que les enveloppes visibles des maisons sont très différentes d'une situation géo-climatique à une autre.

Dans des climats différents nous pouvons observer que la force et la fréquence des précipitations influencent fortement la pente de toiture. De ce fait dans les zones climatiques à pluies ou neige abondantes on trouve des toits pentus et dans celles à faibles ou très faibles pluies on trouve des toits plats. Par exemple à Shirakawa-go au Japon (Fig. 7) situé sur la latitude 36°N et à une altitude de 340m sous un climat océanique, et aussi à Bergen en Norvège (Fig. 7) situé sur la latitude 60°N à une altitude de 5m sous un climat tempéré frais, les maisons traditionnelles sont caractérisées par de grandes toitures pentues.



Figure 1, Gokayama, Japon, toitures enveloppantes à forte pente et Bergen, Norvège, toitures à forte pente. *

A Taos aux EU (Fig.12) situé sur la latitude 36°N à une altitude de 2150m sous un climat pré-désertique, à Tombouctou au Mali (Fig. 12) situé sur la latitude 16°N à une altitude de 270m sous un climat désertique chaud et aussi à Ghadamès en Lybie (Fig. 13) situé sur la latitude 30°N à une altitude de 340m sous un climat désertique chaud les maisons son caractérisées pour ses toitures plates servant même de terrasses habitables.



Figure 2 Toitures plates à Taos, Etats-Unis et à Tombouctou, Mali ; photos UNESCO.

* Tous les dessins et photos sont de l'auteur sauf indication

On observe que le débord de toiture est utilisé pour protéger la structure des pluies « les avants toits et les pilotis mettent le plancher habitable à l'abri des pluies » [Viaro A. 1983] ainsi que pour protéger les percements d'un excès d'exposition à la chaleur et à la lumière du rayonnement solaire. Par exemple à Djenné au Mali (Fig. 13) situé sur la latitude 13°N à une altitude de 275m sous un climat pré-désertique, le toit plat des maisons traditionnelles ne débord pas, à Bergen en Norvege (Fig. 11) situé sur la latitude 60°N à une altitude de 5m sous un climat tempéré frais, le toit pentu est posé sur les murs sans débord, la maison traditionnelle de l'Airial landais à Marquèze en France (Fig. 14) située sur la latitude 44°N à une altitude de 80m sous un climat tempéré frais ainsi qu'à Bédik au Sénégal (Fig. 14) situé sur la latitude 12°N à une altitude de 200m sous un climat de savane, les toits débordent.

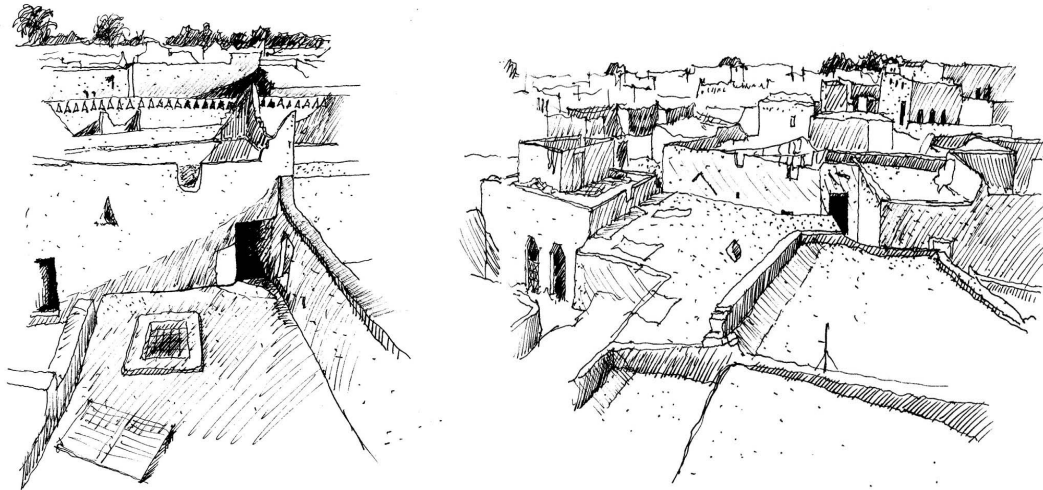


Figure 3, Ghadamès, Lybie et Djenné, Mali, toitures plates sans débord de toiture.

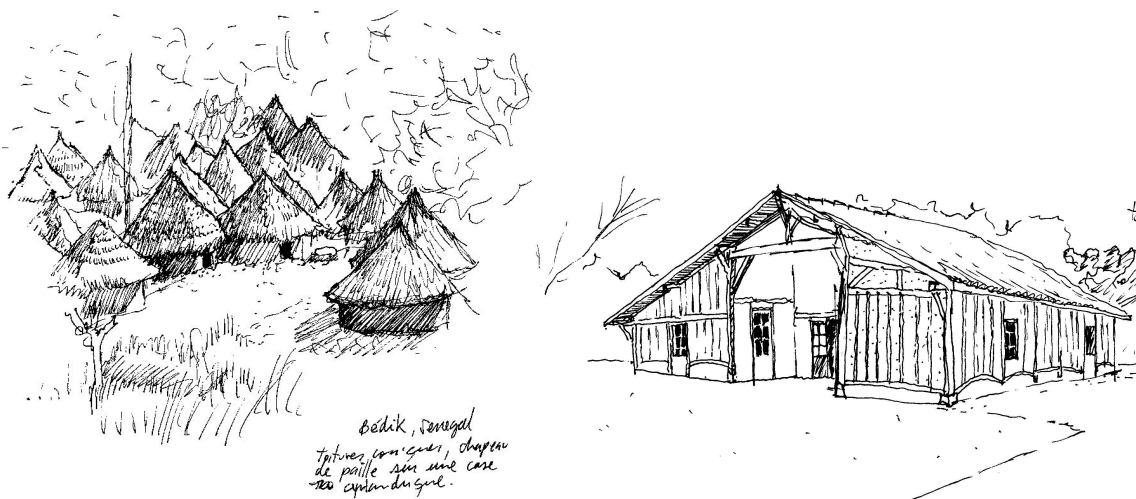


Figure 4, Bédik, Sénégal et Landes, France dans ces deux exemples le toit déborde les murs.

Dans un climat très chaud, lumineux et sec la proportion de percements est moins grande que dans un climat froid, lumineux et sec ou que dans un climat frais, nuageux et pluvieux; on observe donc que la proportion de percements est liée au besoin de limiter ou augmenter la chaleur générée par le rayonnement solaire dans les maisons. Par exemple dans le Ksar d'Aït-Ben-Haddou au Maroc (Fig. 15) situé sur la latitude 31°N à une altitude de 1280m sous un climat pré-désertique, les fenêtres sont très petites. Dans le district de Ladakh dans l'état du Cachemire en Inde (Fig. 15) situé sur la latitude 34°N à une altitude de 3500m sous un climat polar de montagne les maisons traditionnelles à toit plat ont de grandes fenêtres et à Bergen en Norvège (Fig. 11) les maisons à toit pointu ont aussi des grandes surfaces de fenêtres.



Figure 5, Ksar d'Aït-Ben-Haddou, Maroc, les fenêtres sont très petites par rapport à la surface des murs, Ladakh, Cachemire en Inde les fenêtres sont grandes par rapport à la surface des murs; photo www.partirou.com

Sous un climat sec à températures extrêmes, chaud et froid, on peut observer la stratégie qui consiste à se servir de l'inertie thermique du sol en enterrant les habitats pour se protéger des amplitudes thermiques, [Courgey S. 2006]. Sous un climat chaud et humide on observe l'utilisation de pilotis qui surélèvent la maison en permettant de ventiler en permanence l'enveloppe du bâtiment y compris le sol « In hot and humid places, pile dwellings offer distinct advantages in terms of ventilation and cooling. » (Vellinga, 2007). Dans le même esprit des habitats situés dans de zones couvertes d'eau au rythme des

marées utilisent les pilotis pour écarter les maisons de l'eau. Par exemple il y a des maisons construites sous terre dans la province de Valence en Espagne, situé sur la latitude 39°N à une altitude de 70m sous un climat méditerranéen semi-aride (Cañas, 2004), dans la province de Henan (Honnan) en Chine (Fig. 12) située sur la latitude 33°N sous un climat océanique, aussi à Matmata dans le gouvernorat de Gabès en Tunisie située sur la latitude 33°N à une altitude de 400m sous un climat pré-désertique.

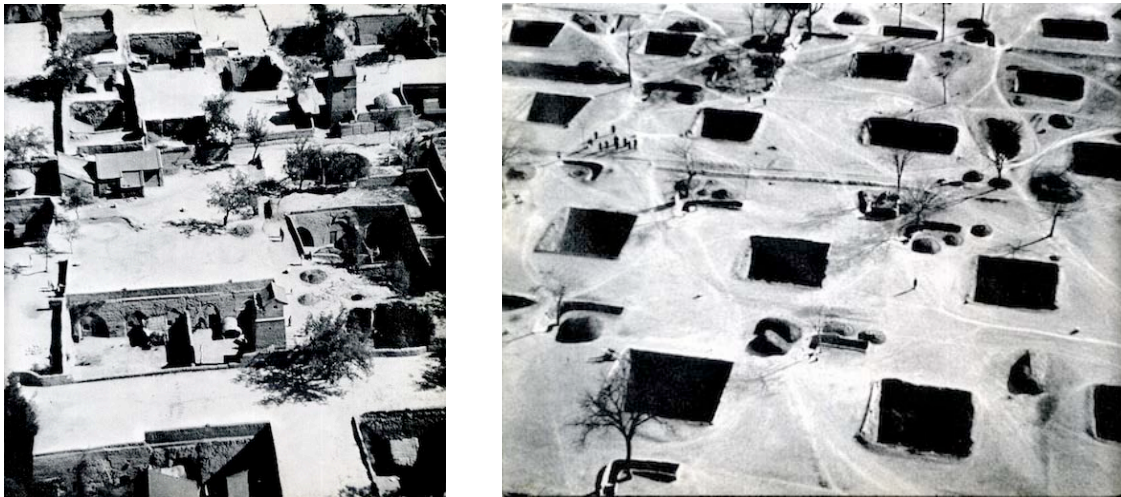


Figure 6, Villages souterrains près de Loyang au nord de la Chine; origine: RUDOFISKY, B.: Architecture without architects.

Des exemples de maisons surélevées grâce à des pilotis se trouvent en Indonésie entre les latitudes 7°N et 8°S sous un climat tropical humide (Fig. 13), au Shirakawa-go en Japon (Fig. 7) et aussi dans l'Archipel de Chiloé au Chili (Fig. 13), situé entre les latitudes 41°S et 43°S sous un climat tempéré frais et humide.

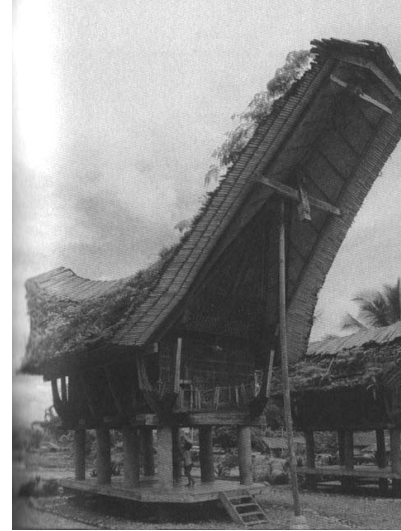


Figure 7, Maisons sur pilotis Chiloe, Chili et habitat Batak en Indonésie; photo Frey P. Learning From Vernacular.

2.2 Comment décrypter la forme de la maison vernaculaire?

Notre objectif est d'obtenir de l'information à partir de l'image extérieure des maisons. Il s'agit d'une analyse des maisons vernaculaires donc caractéristiques d'un contexte local. Notre motivation est de reconnaître les intentions qui ont piloté la conception de ces maisons. Nous pensons donc qu'il est possible tirer de l'information de ces intentions à partir des caractéristiques visibles de ces maisons vernaculaires. Ces caractéristiques visibles sont considérées en conséquence comme des codes qui apportent de l'information sur une réalité locale.

La réalité locale qu'il nous intéresse de décrypter fait partie tant de la signification que de la fonctionnalité de la maison vernaculaire. C'est à dire nous allons analyser la forme de la maison façonnée tant par des besoins socioculturels que par des contraintes propres à l'environnement géo-climatique. Nous pensons que cette réalité signifiante et fonctionnelle est contenue dans des réponses architectoniques et pourtant qu'elle est reconnaissable dans la forme de l'architecture vernaculaire.

Pareillement la présence de caractéristiques architectoniques qui se répètent dans la forme des maisons permet de reconnaître son appartenance à un territoire donné. C'est l'analyse des caractéristiques visibles qui nous sert à identifier des codes de lecture à partir des constituants de la forme de la maison. Les constituants à analyser sont : la pente de la toiture, la hauteur des murs, le rapport au sol, le pourcentage de percements, la symétrie,

l'agencement dedans/dehors et les orientations. Egalement la reconnaissance de codes qui se répètent nous permet d'un côté de saisir des particularités dans les façons de vivre de la culture locale et de l'autre reconnaître les fonctions de la forme par rapport aux caractéristiques de l'environnement géo-climatique.

On trouvera de multiples exemples de descriptions des maisons (japonaise, Kabyle, isba, tentes...) et de villages, établissements, campements, etc., à travers lesquels se lisent les relations sociales et l'on peut dire que "les formes informent" dès lors qu'il y a mise en évidence d'un type ou d'un modèle stabilisés, qui se répètent, qui sont reconnus au sein de la société en question. [Segaud, 2007].

L'objectif de cette phase est d'identifier des motifs visibles pour caractériser une architecture locale. On cherche à décrire la forme de l'habitat et son rapport au sol pour répondre à la question : quelle forme peut prendre l'architecture soumise aux formes de vivre, à la lumière, à la chaleur, à l'air, à l'eau, et à la terre ? Par conséquent à cette phase correspond la description de la forme du bâti et à l'analyse de sa fonction. Nous sommes persuadés que dans plusieurs cas d'architecture vernaculaire la décision de bâtir avec certains éléments architectoniques répond à des savoir-faire qui dénotent une précieuse connaissance du lieu.

2.3 Outils d'analyse, de décodage

Nous allons choisir de travailler avec une information facilement accessible qui nous permettra de réaliser un même analyse sur des maisons très diverses disséminées dans le monde entier. Notre support de analyse sera alors l'image extérieure de la maison sous forme des photos et de dessins disponibles dans des publications spécialisées sur la maison vernaculaire. Nous allons compléter ce support avec des observations sur place sur certains cas où cela à été possible.

L'outil d'analyse alors sera d'une part l'observation architectonique et de l'autre le décryptage de l'image extérieure des maisons.

2.3.1 L'observation architectonique, une attitude poétique

Un outil d'analyse nous permettra d'explorer le cas observé avec un regard neutre sans avoir besoin d'une connaissance préalable : D'après [Cruz, 1972], l'observation architectonique est une activité qui correspond à l'élaboration d'un croquis et à l'écriture d'un texte. A cette activité répond un état de contemplation et l'observation est rendue possible grâce a la condition poétique de l'homme.

Nos parece que la condición humana es poética, vale decir que por ella el hombre vive libremente y sin cesar en la vigilia y coraje de hacer un mundo. [Cruz, (1972)]

Nous croyons que la condition humaine est poétique, ce qui signifie que par elle l'homme vit libre et sans cesse désireux de construire, avec vigilance et courage, un monde.

L'observation architectonique est une activité poétique qui n'a pas pour objectif de résoudre un problème. Elle ne vient pas d'une hypothèse sinon de la possibilité de voir la réalité avec un regard épargné des idées préconçues. Autrement dit il s'agit de la réalisation d'une activité créative qui nous confronte avec la réalité tout en ayant une attitude d'ouverture. Mais elle ne répond pas à des règles de logique universelles et objectives, car on dessine ce que l'on voit, et on écrit quelque chose simultanément par rapport à ce que l'on a devant les yeux.

“Observar” sería entonces esa actividad del espíritu (y del cuerpo) que nos permite acceder, una y otra vez, a una nueva, inédita, visión de la realidad. Observar, en el sentido que lo estamos considerando, se convierte en una verdadera abertura. Se trata de algo profundamente artístico y por ende poético, [Cruz, 1993]

Observer serait cette activité de l'esprit (et du corps) qui nous permet d'accéder une ou plusieurs fois à une vision inédite de la réalité. Observer, dans le sens que nous envisageons, devient une véritable ouverture. C'est quelque chose de profondément artistique et donc poétique.

Ce qu'on cherche avec l'observation architectonique est d'ouvrir la possibilité de voir dans la nature ou dans les espaces aménagés par l'homme une manifestation de la créativité humaine.

La observación es salir a ciudades, campos, montañas, mares...para mirar su orden. Dicho orden da cuenta de una evolución de la naturaleza y de un desenvolvimiento histórico del hombre. Pero el objetivo de la observación no es reconocer tales leyes de evolución y de desenvolvimiento, sino que es ver en el orden reinante una manifestación de la creatividad humana. Y dentro de ella, llegarse hasta el alma de esa creatividad que es la palabra, que es la palabra poética, [Cruz, 1998].

L'observation est de sortir en ville, en campagne, en montagne, en mer ... pour regarder leur ordre. Cet ordre révèle une nature changeante et l'évolution historique de l'homme. Mais le

but de l'observation n'est pas de reconnaître les lois de l'évolution et du développement, mais de voir dans l'ordre dominant une manifestation de la créativité humaine. Alors, on atteint le cœur de la créativité qui est la parole, qui est la parole poétique.

L'observation nous permet de consolider le pas de l'ordinaire vers l'extraordinaire. Son objectif est de libérer des habitudes de notre regard pour arriver à voir la réalité comme pour la première fois donc comme quelque chose d'extraordinaire,

Mucho se podría hablar de la observación, es muy largo. Sólo diré que es muy semejante a la observación que realizan los científicos, es decir: un acto esencialmente creativo, una actividad de meditación, de abertura, de contemplación; en ella está naciendo un nuevo mundo, un desconocido, donde aventurarse. [Eyquem, 2009].

Il y aurait beaucoup à dire de l'observation. Je dirais seulement qu'elle est très similaire à l'observation faite par les scientifiques, c'est à dire un acte essentiellement créatif, activité méditative, d'ouverture, de contemplation; à partir d'elle un nouveau monde est en train de naître, un inconnu où se lancer.

L'observation est une activité poétique car elle cherche à atteindre l'essence, ce qui est extraordinaire. Ici poétique est considéré comme ce qui permet de ... *toucher le nerf des choses et être touché par elles...* [Rivera, 2003]. L'observation architectonique est alors une activité de contemplation qui cherche à regarder comme par première fois. C'est à dire elle ouvre la possibilité de l'étonnement face à ce qu'on voit, même si ce qu'on a devant les yeux fait partie du quotidien.

L'observation architectonique est une manière de sauver un phénomène de l'espace architectonique à travers des croquis et de textes. L'élaboration d'un croquis constitue une partie fondamentale de l'observation car dessiner oblige à choisir quoi représenter d'un ensemble d'éléments qu'on a en face de soi. Aussi nous devons créer une manière d'appréhender avec le dessin car avec un crayon et un papier nous ne pouvons pas recueillir tous les détails. Cette limitation nous force donc à faire une abstraction de ce que nous observons. De ce fait un croquis est déjà une synthèse du phénomène observé.

La realización de un croquis obliga necesariamente a elegir cada vez, vale decir ABSTRAER, de entre las infinitas connotaciones luminosas que tenemos delante sólo algunas, comparativamente poquísimas. Elegir por donde comenzar a recoger, elegir un primer rasgo, y luego otro y otro. Elegir el tipo de línea capaz de interpretar cada rasgo (su

espesor, su intensidad, su grado de continuidad...). Elegir, elegir, elegir cada vez y cientos de veces. Y decidir también donde y cuando detenerse (como diría Picasso), [Cruz, 1993].

La réalisation d'un croquis nous oblige nécessairement à choisir à chaque fois. Cela signifie que, parmi les infinies connotations lumineuses présentent devant nous, on en abstrait quelques-unes, relativement peu nombreux. Choisir par où commencer la récolte, le choix d'un premier trait, puis un autre et un autre. Choisir le type de ligne qui peut interpréter chaque trait (épaisseur, l'intensité, degré de continuité ...). Choisir, choisir, choisir à chaque fois et des centaines de fois. Et aussi décider où et quand s'arrêter (comme le ferait Picasso). Idées illustrées sur la figure 14.



Figure 8, Extérieur de Cap Sciences, face à la Garonne, le vent persistant comme horizon sonore en continuité. La façade d'un volume fermé et lisse est pénétrée perpendiculairement par le balcon qui réaffirme l'axe du pont sur l'eau. La façade devient pénétrable grâce au réflex, tout en retenant le regard dans sa profondeur virtuelle.

Toutes ces idées peuvent être retrouvées chez des auteurs prestigieux de toute époque.

Quisiera que los arquitectos - no solamente los estudiantes - cogieran su lápiz para dibujar una planta, una hoja, expresar el espíritu de un árbol, la armonía de una concha, la

formación de las nubes, el juego tan rico de las olas que se extienden sobre la arena, y para descubrir las sucesivas expresiones de una fuerza interior. Que la mano (y después la cabeza), se apasione con este último ejercicio (Le Corbusier, 1981).

(...) Deberás andar vagando con frecuencia, y en tus paseos observar y considerar los lugares y los actos de los hombres. (...) Anota éstos, con breves trazos, como aquí se muestra, en un pequeño cuaderno que siempre haz de llevar contigo; sea éste de papel coloreado, porque no lo hayas de borrar, sino por el contrario, para ser diligentemente conservado, pues las formas y posiciones de las cosas son infinitas, de suerte que la memoria es incapaz de retenerlos. Así, tú conservarás éstos (bosquejos) como tus guías y maestros (Da Vinci, 1983).

Réaliser l'observation est dévêler et sauver, ...

Cette activité fait partie du processus créatif dans la conception d'un projet d'architecture. Le processus contient l'Observation, l'Acte architectural et la Forme.

L'**observation** est une abstraction de la réalité enregistrée sous la forme d'un croquis et des textes. Cette activité qui nécessite d'une attitude d'ouverture se place au départ du processus créatif et sert de base pour les deux moments qui suivent, l'élucidation de l'Acte architectural et la Forme architecturale.

L'élucidation de l'Acte architectural

Le deuxième moment du processus créatif correspond à l'élucidation de l'acte architectural, [Cruz, 1993]. L'acte sert à nommer ce que donne lieu l'espace. Mais nous ne parlons pas ici des multiples activités humaines possibles de réaliser comme marcher, manger, dormir, travailler. L'acte correspond à une méta fonction qui peut donner lieu à toutes les fonctions de la vie humaine. Ainsi l'acte est une manière de nommer génériquement une façon d'occuper l'extension.

La Forme architecturale

Le troisième moment du processus créatif est la dispute de la Forme. Cette forme vient de l'observation et de l'acte élucidé donc elle n'est pas une pure combinaison fonctionnelle et plastique. La forme découle de l'Acte architectural.

Les observations architecturales seront présentées sous forme de fiches comme l'exemple suivant (Fig. 9) :

Fiche 1 OBS Ruca



Figure 22. Appartion saillante de la ruca, dans une terre vallonnée, cependant il s'agit d'une silhouette au profil doux. (Intégration de la construction dans son contexte).



Figure 23. On arrive par l'arrière de la construction, en la contournant d'Ouest en Est dans un espace entonnoir entre clôtures et ruca. En contournant la ruca, l'espace continu invite à la découverte. L'œil et le pied doivent avancer en simultanéité.

Figure 9, Fiche observation architectonique.

2.3.2 Décryptage de l'image extérieure de la maison: une lecture des caractéristiques visibles sur l'habitat.

Le décryptage est une analyse fonctionnelle de l'image extérieure de l'architecture vernaculaire. Il est un outil méthodologique servant à registrer, à décrire et à analyser la fonction des caractéristiques visibles des maisons vernaculaires (Rodriguez G., 2006). Cette analyse permet de poser des hypothèses sur la fonction de l'enveloppe de la maison par rapport tant aux caractéristiques de son environnement géo-climatique que aux caractéristiques de l'environnement socio culturel.

La forme architectonique est définie ici comme l'ensemble des éléments architectoniques visibles de la maison tels que la toiture, les percements et le rapport au sol. Ainsi l'outil de décryptage sert à décrire les caractéristiques visibles remarquables de la forme des maisons. Suivant la morphologie des caractéristiques remarquables et sa récurrence, nous pouvons établir une hypothèse sur sa fonction tant par rapport aux aspects socio culturels que aux contraintes liés à l'environnement géo-climatique.

En même temps l'analyse de l'image extérieure des habitats nous permet repérer les réponses architectoniques visibles récurrentes dans un périmètre donné et en conséquence, reconnaître dans un territoire borné une architecture locale (Faguet G, Rodriguez G. (2006).

L'analyse de l'image extérieur de l'architecture vernaculaire est développé suivant trois étapes : le repérage, l'analyse et les hypothèses de justification.

Le repérage correspond à la reconnaissance des réponses architectoniques récurrentes tant dans un travail de terrain que dans la recherche bibliographique sur l'architecture locale du territoire exploré.

L'analyse est registrée sous forme de fiches contenant un nom, des photos, des croquis et des schémas de l'habitat, ainsi que les hypothèses de justification.

Le nom est dérivé de la caractéristique remarquable registrée après l'analyse des photos, croquis et des schémas.

La justification considère, le paramètre qui détermine ou influence la forme de la maison tel que l'environnement géo climatique ou l'environnement socio culturel. Examine aussi la constante d'adaptation récurrente comme la pente de toiture, la hauteur des murs, l'orientation de la porte. Finalement la justification comprend l'avantage de la constante récurrente, comme favoriser l'écoulement rapide des eaux de pluie, protéger les murs de l'humidité, formaliser la réunion au tour du fourneau.

Les caractéristiques retenues tant de l'environnement climatique que des réponses architectoniques seront utilisées dans le modèle présenté dans le chapitre suivant

Le décryptage de la forme sera présenté sous forme de fiches comme l'exemple de la figure 16 :

ANALYSE

a. VOLUMETRIE fiche 1

Toiture haute - forte pente de toiture






Figure 29 Toiture pentue de la Dura Nwache met en évidence la volonté de éviter la stagnation des eaux pluie sur la toiture en paille. Photo et schéma G. Rodriguez

JUSTIFICATION

Disposition Orientation

- Paramètre **CLIMAT** : Pluies abondantes et fréquentes.
- Constante d'adaptation : Toiture pentue.
- Avantage de la constante : Ecoulement rapide des eaux pluie.

Figure 10, Fiche d'analyse des caractéristiques visibles de l'habitat vernaculaire.

2.4 Analyse architectonique de La Ruca Mapuche

2.4.1 Contexte de la Ruca Mapuche

Dans cette partie de l'analyse nous allons présenter un habitat vernaculaire caractéristique de la Région de la Araucania au Chili. Cet habitat vernaculaire appelé Ruca est typique de la culture Mapuche. Les Mapuche sont un peuple aborigène originaire de la zone Sud du Chili et du Sud Ouest de l'Argentine. Le peuple mapuche occupait un vaste territoire à l'arrivée des conquérants espagnols au XVIème siècle. A cette époque le territoire mapuche au Chili s'étendait entre la rivière Illapel au Nord et l'archipel de Chiloé au Sud.

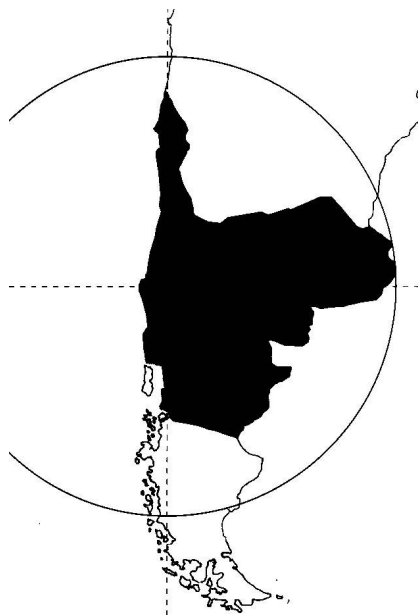


Figure 11, Territoire Mapuche (Chili et Argentine) avant l'arrivée des espagnols, [Ministerio de Obras Públicas, 2003]

Cependant a cause de l'invasion espagnole le territoire mapuche, qui résista à l'invasion a été réduit à la zone comprise entre les rivières Bio-Bio au Nord et la rivière Toltén au Sud.

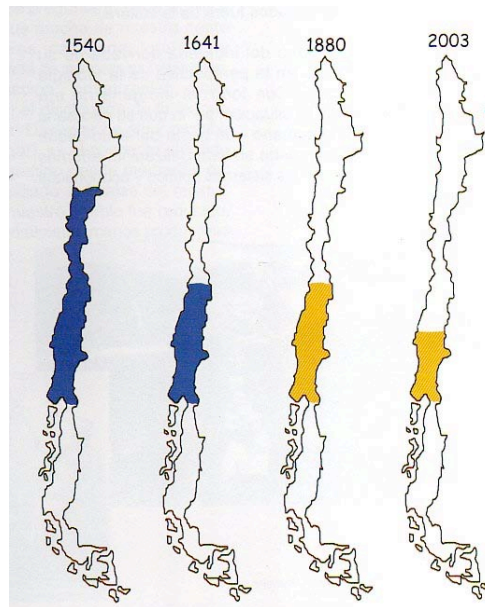


Figure 12, Territoire Mapuche (Chili) réduit par les espagnols, Ministerio de Obras Públicas (2003)

Les mapuche ont résisté trois siècles aux espagnols aussi que aux chiliens ; à la fin du XIXème siècle ils ont été finalement dominés par les militaires chiliens. Aujourd'hui cette zone correspond à la Région de la Araucanía.

La structure géomorphologique de la région de la Araucanía nous permet de diviser ce territoire dans quatre zones géographiques. Ces zones géographiques sont la *Planicie Litoral*, qui correspond au bord côtier de l'océan Pacifique ; la *Cordillera de la Costa*, qui correspond au cordon montagneuse proche à la Planicie Litoral ; la *Vallée Centrale*, qui se trouve dans la dépression intermédiaire ; et la zone *Andino-Lacustre*, qui correspond aux chaînes montagneuses pre-andinos jusque les plus hautes sommets de la *Cordillera de los Andes*. Ces différentes situations géomorphologiques impliquent des différences dans le climat. De ce fait ce territoire à un climat Tempéré chaud au bord de la mer, Tempéré chaud pluvieux, et Toundra près de la Cordillera par effet de l'altitude.

La division territoriale Mapuche ainsi que ses identités distinctives correspondent a peu près aux quatre zones géographiques déjà nommées. Également les mapuches utilisent ce zonage pour nommer les différents habitants : les Lafkenche, des gens qui habitent les terres côtières près de la mer ; les Lelfunche, des gens qui habitent les terres de la vallée centrale ; les Wenteché, les gens qui habitent la vallée jusque la pre-cordillera ; les Nagche, les gens qui habitent près des montagnes (Cordillera de Nahuelbuta), les Pewenches, les gens qui habitent les terres de la precordillera (des Andes) ; les Puelche, les gens de l'Est (l'Argentine) ; les Williche, les gens du Sud ; et les Pikunche, les gens du Nord.

Le nom mapuche est la composition de deux mots, "mapu" et "che" ce que dans sa propre langue, le mapudungun, signifie "terre" et "gens" respectivement. De ce fait tel comme l'indique son nom, les mapuche sont les "gens de la terre". En conséquence ce nom correspond à une caractéristique forte de ce peuple car ils se considèrent eux mêmes comme partie de la nature. Autrement dit, ils considèrent la terre comme leur propre maison. Cette particularité mapuche conditionne sa conception de la durée des constructions qui sont très simples et éphémères car elles font aussi partie des cycles naturels de la terre.

Dans cette analyse notre objectif est d'identifier des particularités de l'image extérieure de la Ruca, identifier l'influence culturelle de la forme ainsi que déterminer des relations de cause à effet entre l'environnement naturel et les caractéristiques visibles de cet habitat vernaculaire.

2.4.2 La Ruca

L'habitat mapuche appelé Ruca au delà de sa fonction de demeure est un espace représentatif du monde mapuche. Cet habitat symbolise l'espace naturel domestiqué qui donne lieu aux rencontres communautaires (Ministerio de Obras Públicas, 2003).

La ruca est aussi une représentation visible de la conception du monde mapuche car sa structure, en tant que système, permet de dévoiler de modes de vie signifiants. De ce fait nous pouvons signaler cinq éléments structurels du système architectural mapuche tels que : l'orientation Est-Ouest de l'habitat, la porte orientée systématiquement vers l'Est ou *txipan antü* qui correspond au lever du soleil, le commencement du jour, la forme concentrique générant un espace dirigé vers l'intérieur où se réalisent les rencontres autour du feu, le fourneau *kütxaltuwe*, lieu de rencontre et de réunion, finalement, la lumière naturelle ou *pelom* ainsi que la lumière venant du *kütxaltuwe*. Ces cinq éléments font partie de la structure des différents types de ruca, cependant nous pouvons apprécier des différences selon l'emplacement géomorphologique ou différents types de ruca sont édifiées. Une réponse aux différences de climat peut se vérifier dans les variations dans la morphologie ainsi que dans la matérialité des rucas. Ainsi nous pouvons identifier quatre différents modèles qui correspondent aux différents peuples mapuche, la Ruca Williche, la Ruca Pewenche, la Ruca Lafkenche et la Ruca Nagche.



Figure 13, A gauche, la Ruca Williche, normalement de plan carre, a ses murs bardés dans le sens horizontal et son toit incliné en paille. A droite La Ruca Pewenche de plan carre est matérialisé complètement (toit et murs) en bois sous forme de canoës. Cette matérialité permet de bien supporter le poids de la neige cumulé sur la toiture pendant les périodes froides. Cette ruca correspond au territoire de montagne. Photos (Ministerio de Obras Públicas, 2003)



Figure 14, A gauche, la Ruca Lafkenche (côtière) de plan circulaire structuré a base de poteaux bois est constituée intégralement de paille (toiture et murs). A droite la Ruca Nagche de plan oval : structure à base de poteaux - poutres bois, toiture en paille et murs bardés avec des lames de bois verticales. Malgré ces différences dans la matérialité et dans la morphologie, l'orientation vers l'Est de la porte de la Ruca est systématique : la porte est alors orientée vers l'aube, vers les premiers rayonnements solaires du jour. Photos [Ministerio de Obras Públicas, 2003]

2.4.3 Analyse de l'image de la Ruca: une lecture des caractéristiques visibles sur l'existant à travers l'observation architectonique

Notre analyse commence par un parcours réalisé sur la route "Camino a Mollulco" entre Temuco et la côte Pacifique dans la Région de la Araucanía, Chili, pendant l'année 2008.

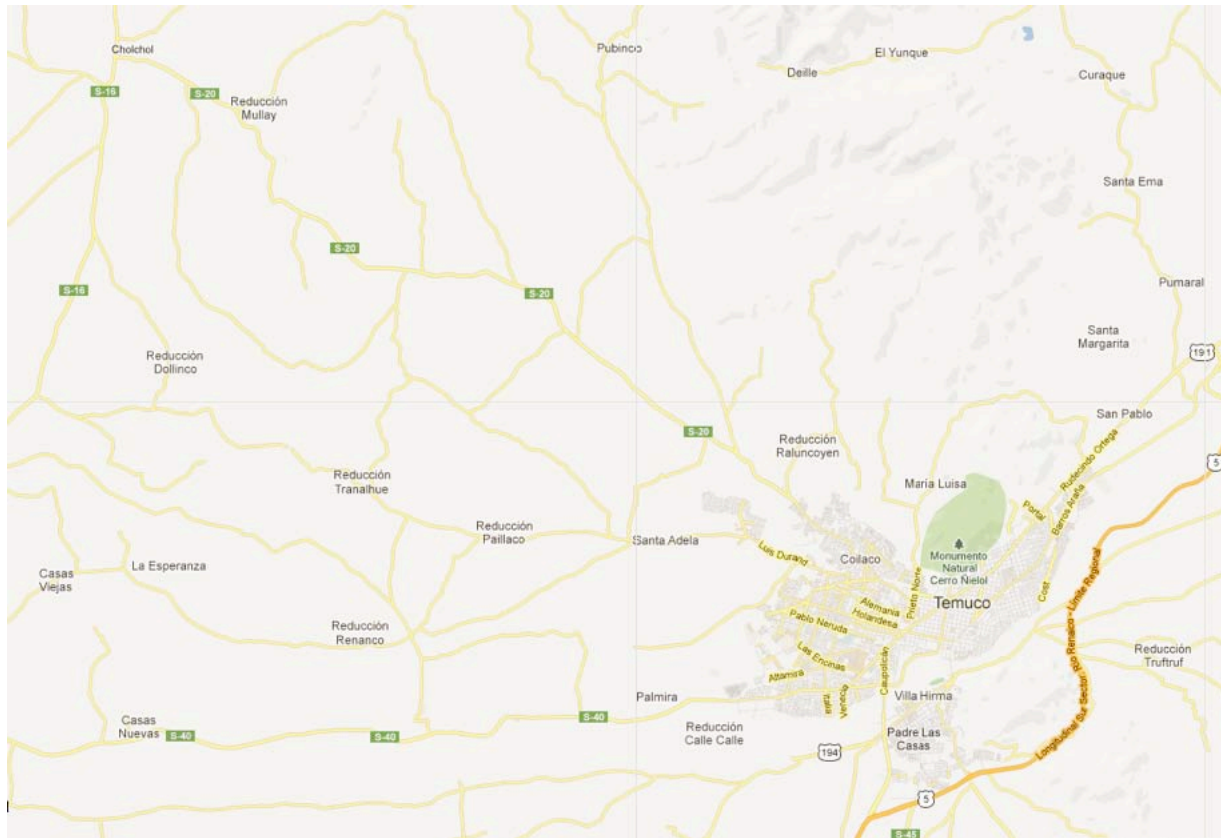


Figure 15, Route S20 "Camino a Mollulco", <http://maps.google.com/> 11/12/2012.

Dans ce parcours nous avons repéré des rucas visibles depuis la route. La rencontre graduelle avec ses rucas nous a permis de nous arrêter et de faire des observations architectoniques de cet habitat traditionnel mapuche. Nous avons été intéressés tant à la façon dont les rucas apparaissaient dans le paysage aussi qu'à la relation de la ruca avec son environnement naturel ; elle a tendance à se fondre dans son environnement immédiat par ses formes adoucies légèrement arrondies. Nous avons aussi pu remarquer que la ruca s'insère facilement dans le paysage car sa matérialité (paille, bois, terre) et ses couleurs sont similaires à ce qu'on trouve dans son environnement naturel proche. Pareillement nous avons constaté que les rucas ont la porte principale (unique dans presque toutes les

modèles de ruca) orientée systématiquement vers le Puel Mapu (l'Est mapuche), que l'accès qui permet de s'approcher à la porte de la ruca est un chemin qui suit l'axe Ouest - Est qui amène l'arrivant à contourner la ruca depuis l'Ouest en passant soit du côté Nord au bien du côté Sud de la ruca.

Fiche 1 OBS Ruca



Figure 16, Apparition saillante de la ruca dans une terre vallonnée, cependant il s'agit d'une silhouette au profil doux. (Intégration de la construction dans son contexte).

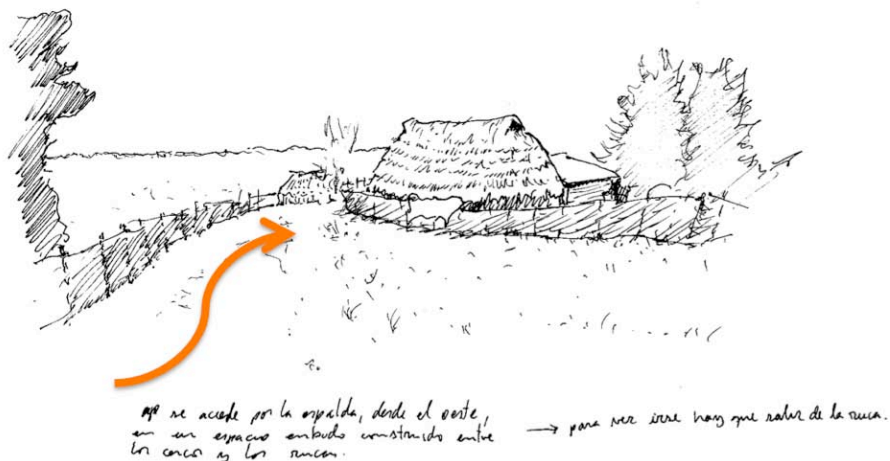


Figure 17, On arrive par l'arrière de la construction, en la contournant d'Ouest en Est dans un espace entonnoir entre clôtures et rucas. En contournant la ruca, l'espace continu invite à la découverte. L'œil et le pied doivent avancer en simultanéité.

Fiche 2 OBS Ruca



el interior se oculta por lo grueso,
no se muestra, apenas se ve en
calzon, el interior desaparece negro.

Figure 18, L'arrivée est douce et non frontale, la ruca ne découvre pas son intérieur immédiatement, elle se déplie quand on se dirige vers sa façade, ici découvrir implique marcher.



Figure 19, L'accès unique de la Ruca Nagche est orienté vers l'Est, sans fenêtres ; l'intérieur reste dans la pénombre.

Fiche 3 OBS Ruca



Figure 20, L'espace de la ruca apparaisse compacté autour d'elle, la ruca se ferme sur elle en suivant une spirale concentrique.



Figure 21, forme adoucie, enveloppe continue, sans arêtes...

Fiche Synthèse Ruca

L'
A
C
T
E

L'élucidation de l'acte architectural

Suite aux observations architectoniques présentés ci dessous, nous avons retenu un petit nombre suffisant "d'actes" essentiels, le choix de leur nomination étant particulièrement important.

L'ACCES CONTOURNE ET DEPLIE

L'ESPACE BATI CONTINU SE DECOUVRE EN MARCHANT : L'ŒIL ET LE PIED AVANCENT SIMULTANEIMENT

A
R
C
H
I
T
E
C
T
O
N
I
Q
U
E

LA NUIT ET JOUR, L'INTERIEUR EST DANS LA MEME PENOMBRE

2.4.4 Analyse, déconstruction de l'image extérieure de la Ruca.

L'analyse a été structurée en trois étapes, le Repérage, l'Identification et l'Interprétation ou justification. Dans l'étape de repérage il s'agit d'une lecture de l'architecture patrimoniale de la Région de la Araucanía ; elle a été effectuée en suivant des parcours sur des diverses routes de l'Araucanía. Au long des parcours nous avons enregistré des rucas avec la prise des photos et avec la l'élaboration de croquis et notes.

L'étape d'identification a compris la sélection des bâtiments reconnus comme « Architecture significative ». Cette architecture a été sélectionnée parce qu'elle reproduit au moins une des constantes visibles repérés dans la première étape de contexte tels que, l'orientation de la porte vers l'Est, la hauteur réduite de la porte, le plan concentrique, la toiture enveloppante, le sol naturel continu, la distance de la toiture au sol et les matériaux (bois, paille et terre).

Finalement l'étape d'interprétation a consisté en associer la constante visible a des caractéristiques de l'environnement géo-climatique ainsi que à des modes de vie propres de la culture Mapuche. L'analyse de l'image des habitats mapuche correspond à une lecture « synthétique » basée sur un choix précis de références : les différents types des rucas présentes sur le territoire de la Région de l'Araucanía..

Cette sélection d'images fortes présentée ci-dessous est, en parallèle, appuyée par l'analyse théorique succincte, justifiant des différents dispositifs.

a. VOLUMETRIE fiche 1

Toiture haute - forte pente de toiture

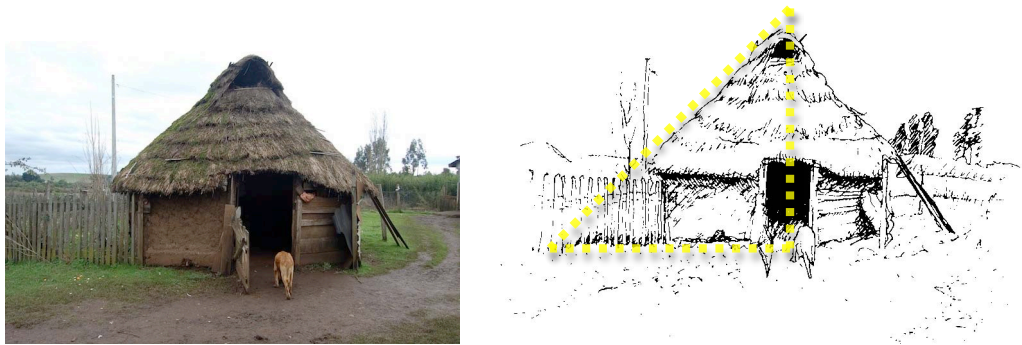


Figure 22 Toiture pentue de la Ruca Nagche met en évidence la volonté de éviter la stagnation des eaux pluie sur la toiture en paille.

- Paramètre climatique	: Pluies abondantes et fréquentes.
- Réponse d'adaptation constante	: Toiture pentue.
- Avantages obtenus	: Ecoulement rapide des eaux pluie.

a. VOLUMETRIE fiche 2

Couverture enveloppante et Proportions



Figure 23 Ruca Nagche, proportion hauteur de toiture et hauteur des murs, 2/3 correspondent à la toiture et 1/3 correspond à la hauteur des murs.

- | | |
|----------------------------------|---|
| - Paramètre climatique | : Pluies fréquentes. |
| - Réponse d'adaptation constante | : Grande toiture, hauteur réduite des murs. |
| - Avantages obtenus | : Murs protégés de la pluie |

a. VOLUMETRIE fiche 3

Porte rongée - la toiture est rehaussée seulement sur la porte.

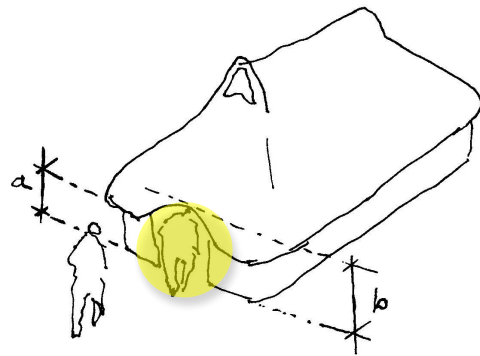


Figure 24 La porte rongée dans la toiture de la Ruca Nagche met en évidence la volonté de protection enveloppante de la toiture.

Disposition Orientation

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - Paramètre climatique | : Pluies fortes et fréquentes. |
| - Réponse d'adaptation constante | : Exposition
réduite des murs. |
| - Avantages obtenus : Protection des murs contre l'humidité. | |

a. VOLUMETRIE fiche 4

Demeurer concentrique - structure ovale des murs autour du feu.

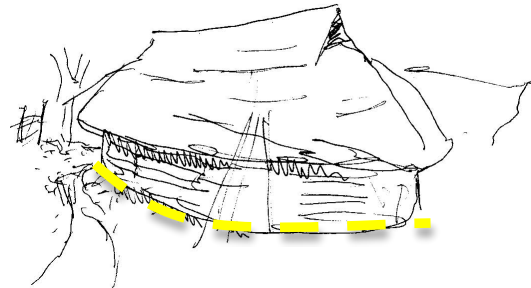
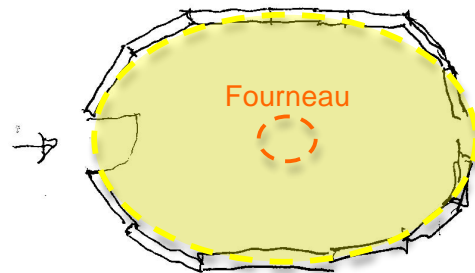
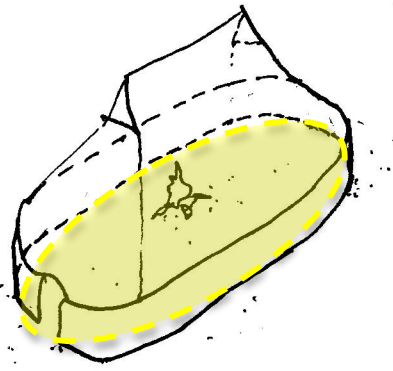


Figure 25, Le plan ovale de la Ruca Nagche suit le sens de la course du soleil au même temps qui conforme un espace concentrique qui donne forme à l'acte de se réunir au tour du feu.



Disposition Orientation

- | | |
|----------------------------------|--|
| - Paramètre cycles naturels | : Vision de monde. |
| - Réponse d'adaptation constante | : Suivre la rotation des cycles naturels (jour/nuit, saisons, la vie). |
| - Avantages obtenus | : Espace architectonique qui formalise la coutume de se réunir autour du fourneau. |

a. VOLUMETRIE fiche 5

Surfaces gauches - toiture à base de conoïdes

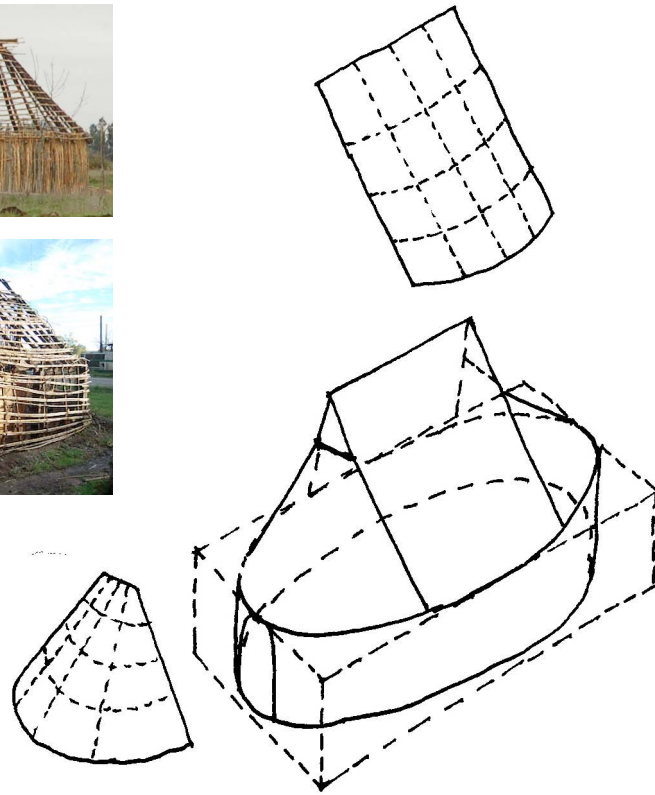


Figure 26, Surface gauche du toit produite par l'union entre la structure ovale du plan avec le faîtage droit.

Disposition Orientation

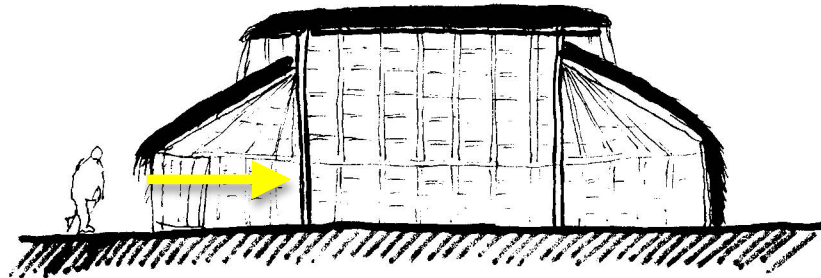
- | | |
|----------------------------------|---|
| - Paramètre climatique | : Pluies fortes et fréquentes.
Vents forts et fréquents. |
| - Réponse d'adaptation constante | : Surfaces continues sans rupture
(sans arête) |
| - Avantages obtenus | : réduction de points faibles dans l'étanchéité de l'enveloppe. |

b. RAPPORT AU SOL fiche 6

Continuité de terrain - sol naturel traversant



Figure 27, Se poser sur la terre sans différencier le sol extérieur du sol intérieur, la Ruca est l'espace de domestication du naturel, mais n'est pas un espace de différenciation entre le naturel et le bâti. Le bâti se fait avec les matériaux de la terre, le bâti fait partie de la terre.



- | | |
|----------------------------------|---|
| - Paramètre vision de monde: | |
| - Paramètre climatique | : Perméabilité du sol. |
| - Réponse d'adaptation constante | : Le même sol naturel à l'intérieur que à l'extérieur |
| - Avantages obtenus | : Habiter au niveau du sol naturel, sur la terre. |

b. RAPPORT AU SOL fiche 7

Couverture enveloppante - une toiture lourde protectrice.



Figure 28, Le toit et les murs de la Ruca Lafquenche créent une continuité depuis le faîtage jusque au sol.

- | | |
|----------------------------------|--|
| - Paramètre climatique | : Fréquence et pluviométrie. |
| - Réponse d'adaptation constante | : Toiture protectrice des murs |
| - Avantages obtenus | : Ecoulement de l'eau de pluie sans rupture sur le toit et jusqu'au sol. |

c. ENVELOPPE fiche 8

Mode de vie orienté - porte dirigée vers le lever du soleil.

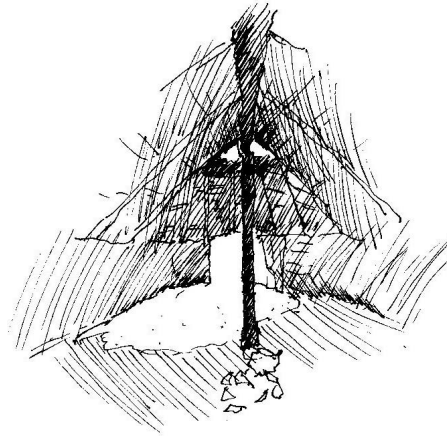
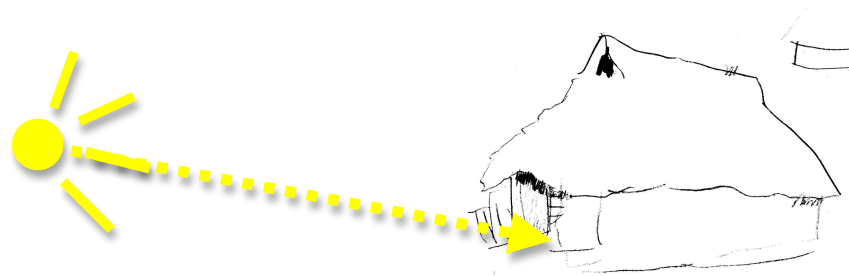


Figure 29, Orientation de La Porte, seul accès, seule fenêtre de la Ruca. Il est orienté vers le premier rayonnement du soleil du jour.



Disposition Orientation

- | | |
|--|--|
| - Paramètre, vision de monde : | S'ORIENTER VERS LEVER du SOLEIL |
| - Réponse d'adaptation constante ouverture | : Porte accès, unique orientée vers l'Est. |
| - Avantages obtenus | : Profiter du premier rayon solaire de la journée. |

c. ENVELOPPE fiche 9

Structure renforcée - enveloppe adaptée aux contraintes climatiques de la montagne.



Figure 30, Ruca Pewenche.



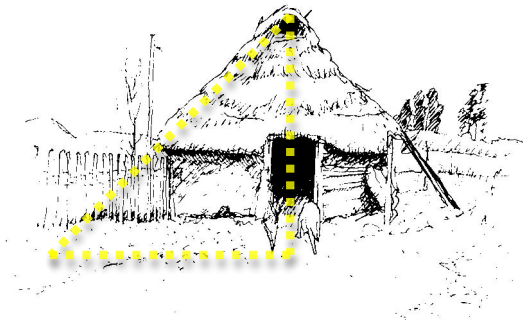
Figure 31, structure et enveloppe à base de "huencos", troncs évidés.

Morphologie

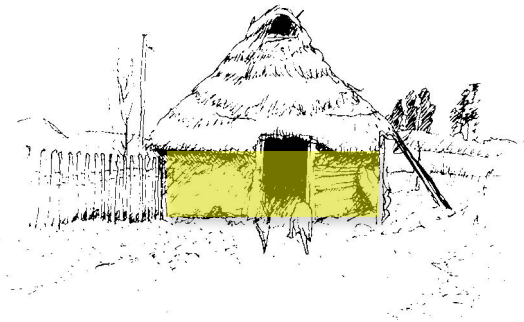
- | | |
|----------------------------------|--|
| - Paramètre climatique | : précipitations, neige. |
| - Réponse d'adaptation constante | : structure et enveloppe, des troncs évidés |
| - Avantages obtenus | : résistance au poids de la neige accumulée. |

Conclusions de l'analyse fonctionnelle de la Ruca Mapuche

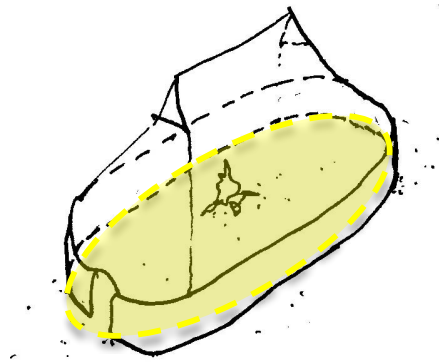
Images les plus remarquables.



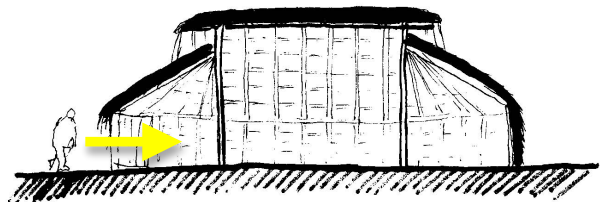
Toiture haute



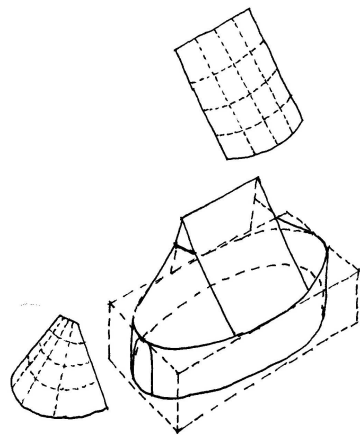
Couverture enveloppante / Porte rongée



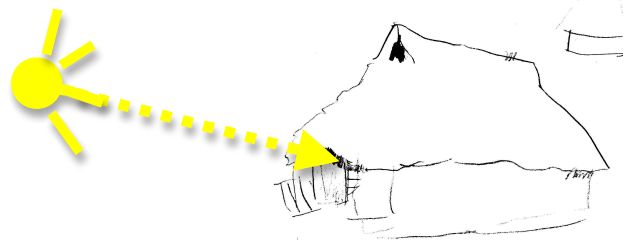
Structure ovale des murs



Continuité de sol naturel



Surfaces gauches à base de conoïdes



Façade orienté au lever du soleil

2.5 Analyse architectonique de l'Aerial landais.

2.5.1 Contexte de l'Aerial landais

Dans cette partie nous allons présenter une analyse réalisée sur l'architecture vernaculaire du Pays des Landes de Gascogne dans la Région d'Aquitaine dont l'image la plus récurrente de l'habitat correspond à la maison de l'aerial et ses annexes. L'objectif de cette analyse a été d'identifier des relations de cause à effet entre l'environnement naturel (géo-climatique) et l'architecture vernaculaire de Landes.

Le territoire de notre étude correspond au pays des Landes de Gascogne, étendu plutôt triangulaire limité au nord avec les vignobles bordelais, au sud par la Chalosse, à l'est par la Garonne et à l'ouest par la côte atlantique. Une caractéristique notable de ce territoire est le fait que ses extensions sont assez plates et constituées de sable. Il s'agit d'une région dont les sols sont peu drainés et marécageux. Cette caractéristique des sols humides est due à une pente Ouest-Est de l'ensemble de la région et aussi à cause d'un cordon de dunes littorales qui obstrue le drainage naturel des eaux vers l'atlantique.

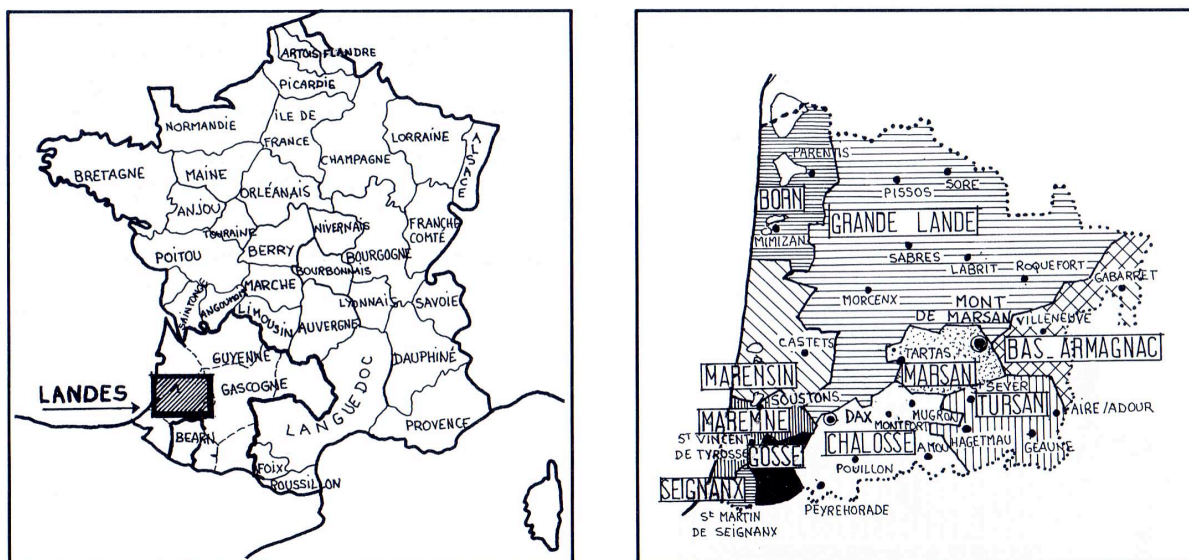


Figure 32, Les Landes

Un élément historique à considérer dans cette analyse a été une volonté d'assainissement des sols landais débuté vers la fin du XVIIIe siècle. Le processus d'assainissement des Landes a consisté à boiser les terrains sableux avec une forêt de pins maritimes. Le but de cette démarche était d'une part de fixer les dunes en marche, sous l'effet des vents

provenant de l'atlantique, et de l'autre assécher les marais. Cette volonté de changer les caractéristiques des sols landais a eu aussi comme conséquence l'introduction d'une activité sylvicole, la récolte de la sève des pins connue comme « gemmage ». Cette nouvelle activité va s'ajouter à l'activité agro pastorale déjà existante. En conséquence l'airial qui jusqu'au XVIII siècle abrite une activité principalement agro-pastorale devient aussi le lieu d'habitat d'une population dédiée au gemmage.

La maison de Landes, malgré l'introduction de la forêt et ses effets dans l'activité économique, n'a pas été particulièrement modifiée. Elle constitue un exemple de persistance d'un type architecturale qui dénote l'adaptation de ses caractéristiques visibles à son environnement géo-climatique. Pour cette raison ce type d'architecture vernaculaire apporte à notre étude des éléments de base qui vont permettre aussi l'analyse des autres exemples d'architecture vernaculaire dans le monde entier. Il faut signaler que, dans Les Landes, la présence de fortes tempêtes provenant de l'Ouest a généré la tradition d'orienter la façade principale vers l'Est ainsi que de supprimer un possible pignon ouest avec une pente de toiture qui procure une protection à cette façade de l'eau et du vent des tempêtes. Ainsi l'architecture vernaculaire landaise constitue un modèle où nous avons pu identifier des certains variables visibles tels que: l'orientation de la façade vers l'Est, donc l'accès à la maison protégé des tempêtes, l'Auvent central qui protégeait un espace de vie à l'extérieur de la maison, le toit en croupe vers l'ouest (queue de palombe) qui matérialisait une sorte de bouclier qui protégeait la maison des tempêtes.

D'après Toulgouat P. (1977) la maison landaise

« ... garda pendant des siècles son type architectural et ce n'est pas l'introduction du maïs au XVIIIe siècle, cultivé en petites parcelles, qui changea quoi que ce soit à son agencement. » [1]

Qu'est-ce que l'airial ? L'airial est une sorte de hameau caractéristique des Landes de Gascogne dans la région d'Aquitaine. Il était l'unité de fonctionnement du système maintenu par l'élevage extensif pratiqué dans la Lande, en association avec l'agriculture. L'airial dénomine des anciens îlots de peuplements qui servaient de point d'ancrage de l'homme au milieu du désert landais. Aujourd'hui ces îlots sont des clairières dans la forêt qui servent de témoins du système agro-pastoral, de la grande Lande. Ils révèlent les signes d'une trame paysagère sous-jacente, ancienne et encore lisible dans des signes tels que l'implantation des bâtiments, les relations spatiales entre ces bâtiments, la présence d'espaces intermédiaires entre le dedans et le dehors, le choix des formes et encore le choix des matériaux.



Figure 33, l'airial de Marquèze à Sabres.

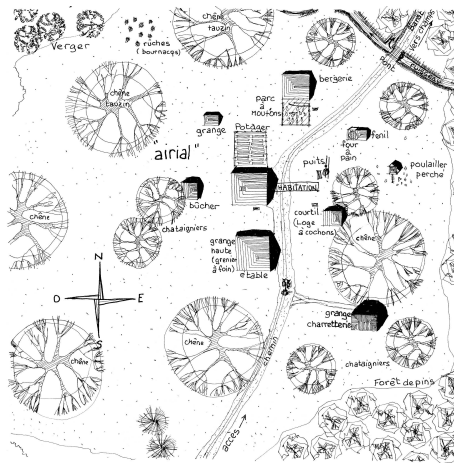


Figure 34, Plan de masse de l'airial de Marquèze à Sabres.

D'après François Moniot (ancien conservateur du musée d'Aquitaine et de l'Ecomusée de Marquèze) l'airial

" est le lieu d'un habitat spécifique tant par son implantation, ses formes, que par ses matériaux. L'airial désigne un espace ouvert où pousse une pelouse parsemée de chênes et où est installé une maison d'habitation qu'entourent de nombreuses dépendances. "

L'airial est donc constitué de plusieurs constructions, aux fonctions diverses, disséminées sur une pelouse servant tant de lieu de vie que de travail dans le désert landais. Ces dépendances ou annexes sont définies par le puits à balancier, l'abreuvoir, le poulailler perché, la loge à cochons, le four à pain, la grange, l'étable, la bergerie et les carrés de fumier entre autres.



Figure 35, le poulailler perché.

Souvent l'airial est implanté au bord d'un cours d'eau ou sur un espace drainé par des bardeaux et des « dougues », des haies protectrices. (Fig. 42)



Figure 36, bardeaux de drainage.

Selon la définition du Livre Blanc (Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne / Pays Landes de Gascogne, 2005)

« L'airial est un ensemble de constructions composé d'une à plusieurs maisons autour desquelles sont réparties de nombreuses dépendances, chacune liée à une activité agricole spécifique : borde, parc à moutons, fenil, étable... », « L'airial est entouré par la forêt de pin. La topographie, est relativement plane. Le paysage est ouvert. Le regard s'arrête à la lisière des pins. Il est sans clôture avec de larges surfaces enherbées. Une chênaie le compose organisé en damier ou de façon aléatoire. Des prairies, potagers et vergers sont parfois présents. »

Disposition des constructions dans l'airial

Nous avons cherché à déterminer une structure récurrente de relations spatiales entre les maisons et les dépendances. On a repéré que les espaces de travail ne sont pas nettement délimités des lieux de vie : il est remarquable que dans l'airial il n'y ait presque pas de clôtures. Cependant, sauf la disponibilité de l'espace, n'existe pas de logique commune apparente d'implantation de l'habitat et les annexes ; autour de la maison, on trouve les dépendances dispersées de façon aléatoire. En conséquence les diverses activités liées à la production tels que le dépiquage, le jardinage et l'élevage de cochons avaient lieu dans un grand espace ouvert. Le choix de l'emplacement s'adapte plutôt à la morphologie du terrain, au placement des arbres (ombre et la lumière), tout en considérant les distances de fonctionnalité : l'éloignement par rapport à l'habitation est souvent fonction de la fréquentation d'utilisation. Un exemple de cette disposition est le choix d'emplacement de l'habitat dans l'airial qui correspond cependant à une volonté de s'éloigner des zones humides « ...l'airial est surélevé, drainé par rapport aux zones humides ... » (L'airial : une exemple de démarche environnementale, (Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne / Pays Landes de Gascogne, 2005).

L'airial, un espace de travail :

Les connections : Les chemins qui relient dépendances et habitat s'apparentent à des « rubans rectilignes » souvent parfaits. (Toulguat P., 1977). On prend le chemin le plus court en contournant les arbres.

- Les limites entre airials sont suggérées : naturellement par des fossés (qui servent au drainage) ou de rares clôtures, qui, quand celle-ci existaient n'avaient qu'un rôle protecteur pour les animaux. (Fig. 36)

Analyse de l'organisation de l'espace dans l'airial

La forme urbaine ou architecturale de l'airial est la synthèse de divers facteurs ; elle se nourrit à la fois du contexte environnemental et au besoin d'adaptation liée au contexte

social. C'est une réponse maîtrisée face aux contraintes climatiques et géographiques dont elle a pu tirer parti. L'exemple de l'airial nous montre, qu'à un milieu difficile répondait une civilisation rurale qui lui était adaptée.

Nous avons pu observer une organisation de l'espace structurée, propre à l'airial, qui permet d'assurer l'intimité de chacune des familles par, entre autres, le traitement subtil des limites bâties et paysagères. En effet, la protection de l'habitat se fait à travers l'épaisseur spatiale qui « oriente » l'attitude de l'individu. Dans un espace pourtant complètement ouvert, la progression spatiale se veut structurée. Le croisement des flux se veut organisée grâce à des traitements spatiaux suggérés (chemins blancs, haies de buissons, barrières de bois).

Une hiérarchisation progressive et « concentrique » du collectif à l'intime nous prouve que les hommes ont pu trouver des réponses spatiales propres à l'habitat et aux espaces de travail. Cependant, l'espace intime pour l'individu, à l'intérieur même de l'habitat, est quasiment inexistant.

2.5.2 Les paramètres :réponses d'adaptation constante et variables qui génèrent l'identité architecturale

Pour faire face aux conditions climatiques exigeantes des Landes et aussi s'adapter à la topographie et l'environnement naturel, la disposition et la morphologie des constructions de l'Aïrial respectaient certains critères courants dans la région. De même, c'était le mode de vie et de travail qui donnait forme à la disposition des bâtiments. L'image de l'habitat est conditionnée par plusieurs paramètres qui définissent le contexte environnemental et le contexte social.

L'environnement, une contrainte à maîtriser

L'environnement est constitué par l'ensemble des conditions naturelles et culturelles mais que nous pourrions définir dans un premier temps par le CLIMAT, la TOPOGRAPHIE (comparable à un support) et la MATIERE ENVIRONNEMENTALE (les matériaux locaux, les arbres, la terre, la lumière...). Ces différents paramètres vont faire émerger différentes constantes physiques propres à l'identité de l'airial.

La Disposition et l'Orientation :

Climat

La caractéristique essentielle du climat landais est l'influence océanique, composante très forte qui a dicté en grande partie la stratégie d'implantation spatiale sur le territoire.

Pour se protéger des vents dominants d'Ouest et de la pluie, le bâti tourne le dos à l'Ouest

Les façades des bâtiments sont toutes orientées à l'Est, au levant pour s'abriter des intempéries et profiter de l'ensoleillement le matin, car plus tard il fait trop chaud, surtout en été. Les pignons de façade de l'habitat sont précédés d'un auvent charpenté espace extérieur couvert qui permet la protection des occupants.

Les maisons basses et les bâtiments satellites semblant à la parade, sont tous orientés vers l'Est (...); rien ne traîne, tout est rangé. (Toulguat P., 1977)

Topographie

On s'implante où le sol est le mieux drainé, en général, sur les rebords du plateau en surplomb des rivières.

Le sol landais est plat, la Lande était immense... Il y avait une facilité à disposer du terrain car il n'y avait pas le problème de la densité. On tire parti d'un espace large et disponible...

Ce qui explique la disposition « étalée » du schéma général. La maison a une l'emprise au sol : de 150 à 200 m².

La matière environnementale

L'implantation est dictée par la présence de chênes groupés sur une clairière, telle une « oasis » au milieu du désert ; ils permettent de procurer l'ombre et la fraîcheur afin de protéger du soleil le périmètre habité (espaces extérieurs et intérieurs).

La lumière, élément essentiel du paysage, possède une qualité particulière, elle est claire presque aveuglante. Elle est diffuse, ce qui s'explique par le phénomène de résonance entre le ciel « immense » et la terre caractérisée par son uniformité et sa platitude. L'horizontalité du territoire permet donc la réverbération de la lumière d'une manière homogène.

Un dialogue particulier s'établit alors entre le bâti et son environnement, l'homme tire parti de la nature pour créer et aménager son propre espace de vie.

La Morphologie, conséquence physique de l'adaptation :

Climat et protection

Pour se protéger des vents dominants d'Ouest et de la pluie, les toitures (souvent en queue de palombe, toiture à 3 eaux) sont compactes et enveloppantes. Elles descendent parfois très bas vers l'Ouest ce qui leur confère un caractère lourd et écrasant (Figure 43)



Figure 37, Airial landais, façade Nord, profile de la toiture en croupe vers l'Ouest.

- A l'inverse, le mur bas en structure bois au remplissage de torchis, donne le minimum de surface exposée aux intempéries. Il s'apparente à un mur épais presque aveugle (les ouvertures sont réduites au minimum) faisant face au vent d'Ouest.

- Les débords de toiture généreux permettent de protéger les murs en bois et torchis de la pluie. On n'a donc pas de gouttière.
- L'extrusion centrale l'auvent charpenté, espace transitoire couvert, permet de protéger de la pluie et du soleil d'été.



Figure 38, Aerial de Marquèze à Sabres, auvent central charpenté.

- La petite taille des percements permet de se protéger de l'ensoleillement afin d'éviter d'emmagasiner de la chaleur dans l'habitation. Cette impression de petitesse est renforcée par le jeu de proportion avec la façade et qui confère à l'ensemble une certaine monumentalité. Le treillis de bois vertical aux fenêtres sert à freiner le vent et empêcher l'intrusion d'animaux dans l'habitat.
- l'épaisseur conséquente des murs favorise l'inertie thermique.

Topographie et rapport au sol

Le soubassement en brique ou en pierre, permet de protéger le bois du sol, et de renforcer la base, car le sol est sablonneux. Il stabilise le bâti.



Figure 39, soubassement de la maison à colombage des Landes.

Les nappes phréatiques sont superficielles, donc on a évité de creuser le sol ce qui donne une impression de sol continu entre l'intérieur et l'extérieur. De plus, le plancher n'est pas surélevé : on a un espace de plein pied avec le sol naturel.

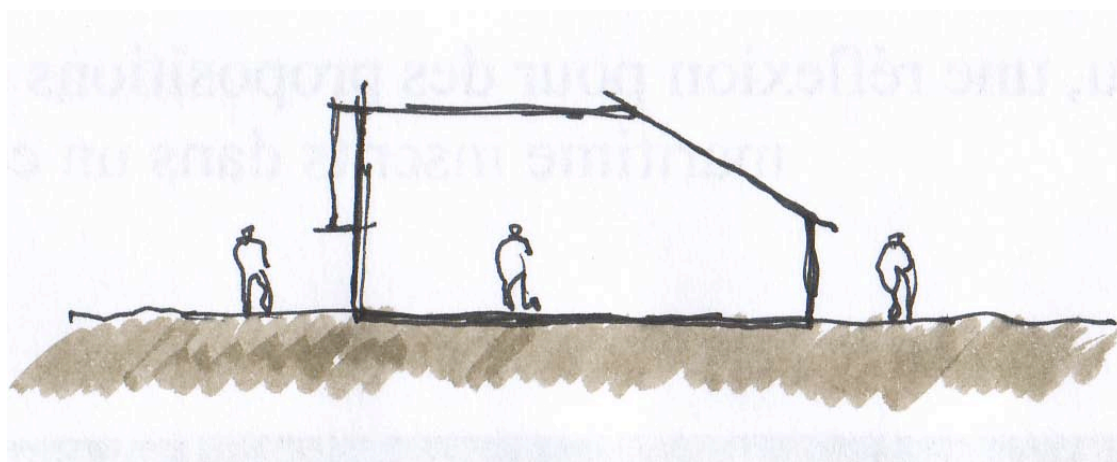


Figure 40, Coupe schématique de la maison de l'Aerial de Marquèze à Sabres.

L'Airial, support d'une qualité de vie sociale

Les contraintes climatiques et physiques induisent une morphologie et une position dans l'espace. Cependant, un autre facteur important est à prendre en compte ; il s'agit du contexte social qui va lui aussi avoir une incidence directe sur l'organisation spatiale, conséquence des besoins et de l'usage. En effet, au-delà du bâti, l'airial correspond à une organisation sociale particulière. Il est à la fois un lieu d'échange de production et d'habitation.

Le système patriarcal régissait l'organisation de la vie des hommes au quotidien dont l'activité principale était le travail. Le contexte social de l'époque détermine donc la relation complexe entre travailler et habiter. La vie communautaire caractérisant le mode de vie agro-pastoral est définie par un ensemble de paramètres : LA VIE PRIVEE, LA VIE COLLECTIVE et LE TRAVAIL qui vont faire émerger un schéma d'organisation identitaire à l'airial.

L'organisation spatiale est une réponse à l'adaptation aux besoins liés aux usages du système agro-pastoral (activités agricoles). Comment s'est traduite d'un point de vue spatial la conciliation entre habiter (cellules privées) et travailler (espaces collectifs) c'est à dire la relation entre les sphères privées et publiques ?

L'airial, un espace ouvert : répartition des fonctions

L'organisation du schéma d'ensemble dépend de l'usage et des activités extérieurs.

Il a donc fallu adapter les fonctions du bâti et l'espace.

Chacune des dépendances a une fonction bien précise : on y loge les bêtes (parc, borde, poulailler) ou stocke le matériel et les produits agricoles (grange).

La séparation physique du bâti à vocation agricole et de l'habitat peut s'expliquer par des raisons de confort, de fonctionnalité mais aussi pour des raisons de protection : face aux incendies, l'espace doit être divisé. Mais ils partagent le même espace, la seule limite, c'est la bâti.

Le besoin de disposer d'un espace large, pour la circulation et le transport du matériel qui se traduit par des distances « inter bâti » importantes.

Le périmètre de l'airial doit pouvoir être ouvert pour la libre circulation des hommes et des bêtes : c'est pour cela qu'il n'existe quasiment pas de barrières.



Figure 41, Aerial de Marquèze à Sabres, espace "inter bâti".

2.5.3 Analyse de l'image de l'Aerial landais: une lecture des caractéristiques visibles sur l'existant à travers l'observation architectonique.

L'analyse a été structurée en trois étapes : le Repérage, l'Identification et l'Interprétation. Dans l'étape de repérage il s'agit d'une lecture de l'architecture patrimoniale du Pays des Landes de Gascogne ; elle a été effectuée en suivant des parcours sur des diverses routes des Landes. Au long des parcours nous avons enregistré des maisons avec la prise des photos et avec la élaboration croquis et notes.

L'étape d'identification a compris la sélection des bâtiments reconnus comme « Architecture significative ». Cette architecture a été sélectionnée parce qu'elle reproduise au moins une des constantes visibles dans la première étape de contexte tels que, l'orientation de la façade ver l'Est, l'Auvent central (volume Est enfoncé), le volume extrudé, le toit en croupe ver l'ouest (queue de palombe), la toiture enveloppante, la toiture décollée du sol, le soubassement et les avancés frontale au latérale (paroi décalé). Finalement l'étape d'interprétation a consisté en associer la constante visible à des caractéristiques de l'environnement géo-climatique.

L'analyse de l'image des habitats landais correspond à une lecture « synthétique » basée sur un choix précis de références : l'aerial (habitat et annexes) ainsi que différentes dépendances présentes sur le territoire du Pays des Landes de Gascogne.

Cette sélection d'images fortes présentée ci-dessous est, en parallèle, appuyée par l'analyse théorique succincte justifiant des différents dispositifs.

Fiche 1 OBS Aerial



ARWE

Figure 42, La façade Est de la maison constitue un volume enfoncé, un dedans ouvert qui en s'exposant comme une façade reculée, ralentit le passage entre dehors et dedans.

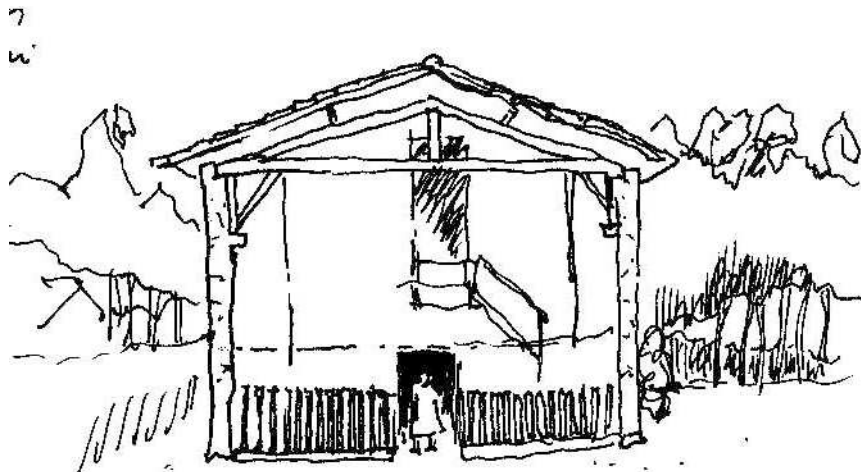


Figure 43, L'espace enfoncé de la maison expose son dedans d'un coup, l'œil arrive avant que le pied le fasse.

Fiche 2 OBS Aerial

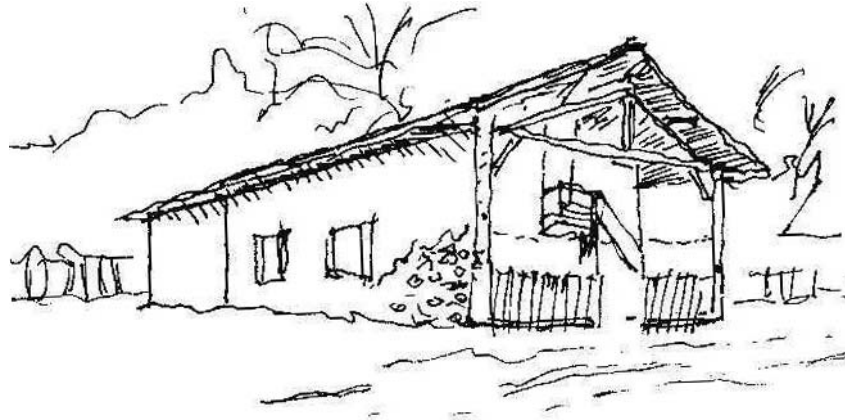


Figure 44, La façade pignon évidé génère un dedans ouvert, un lieu intermédiaire qui marque le passage entre l'extérieur et l'intérieur de la maison et retient le regard.

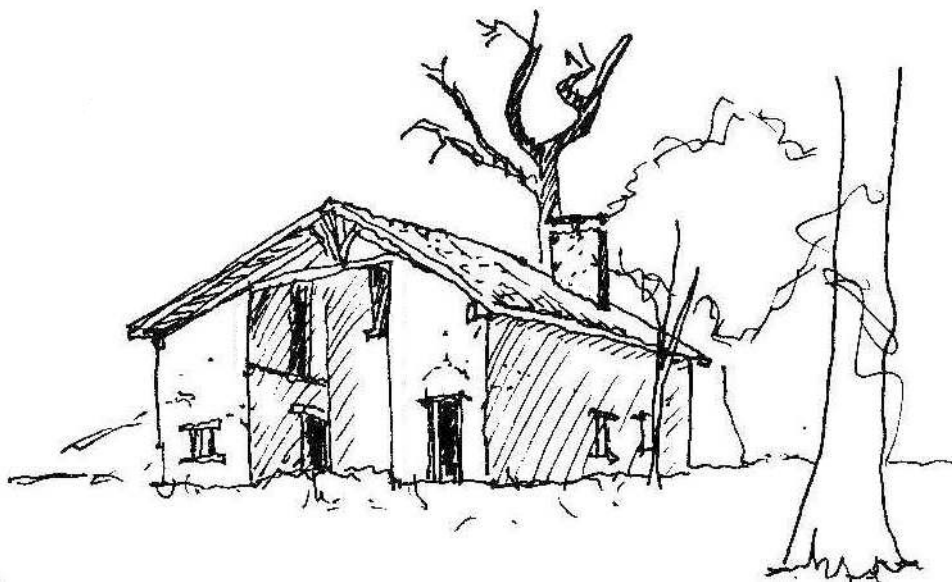


Figure 45, La façade enfoncée au centre du pignon génère un espace d'accueil entouré par le bâti.

Fiche 3 OBS Aerial

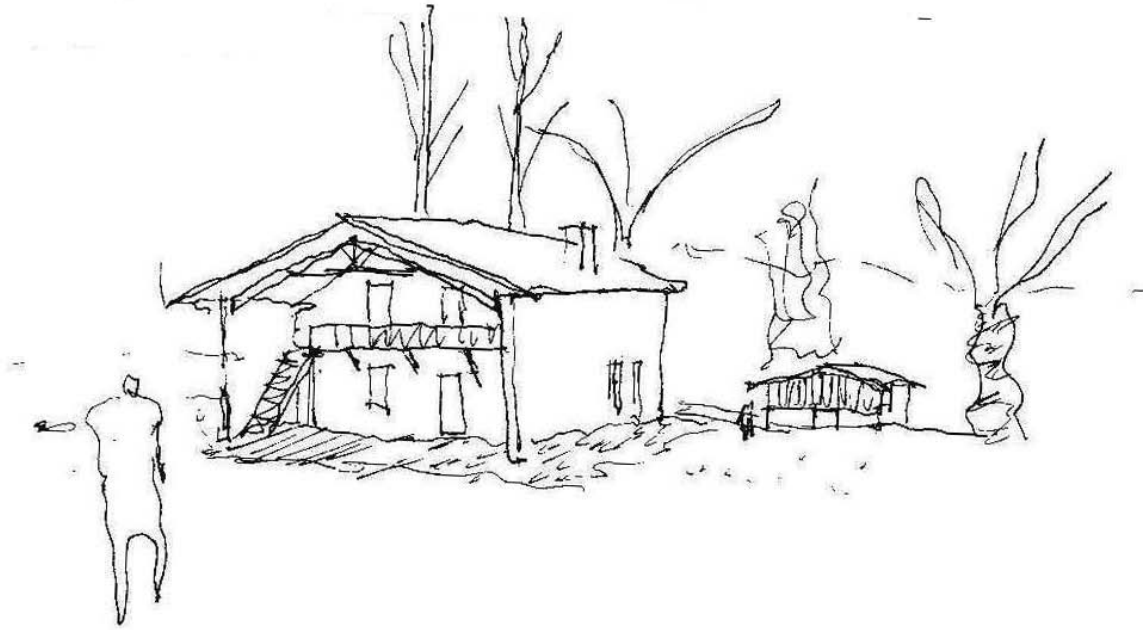


Figure 46, La maison encadrée dans sa propre volumétrie, génération d'une profondeur vers le dedans qui retient et le dehors oblique glissant se présentent en équivalence.

Fiche synthèse arial

L'élucidation de l'acte architectural

Suite aux observations architectoniques présentés ci dessous, nous avons retenu un petit nombre suffisant "d'actes" essentiels, le choix de leur nomination étant particulièrement important.

L'
A
C
T
E

LE DEDANS OUVERT S'EXPOSE D'UN COUP AU REGARD, L'OEIL PERCOIT AVANT LE PIED.

L'AUVENT SOULIGNE PAR SA PROFONDEUR LE SEUIL DEHORS/ DEDANS.

A
R
C
H
I
T
E
C
T
O
N
I
Q
U
E

2.5.4 Analyse, déconstruction de l'image extérieure de l'Airial.

Analyse de l'image : une lecture des caractéristiques visibles sur l'existant

Cette analyse de l'airial et ses bâtiments a été structurée en trois étapes : le Repérage, l'Identification et l'Interprétation.

L'étape de repérage s'agit d'une lecture de l'architecture patrimoniale du Pays des Landes de Gascogne. Elle a été effectuée en suivant des parcours sur des diverses routes des Landes et avec la prise des photos aussi que avec la élaboration d'observations architectoniques (croquis et notes).

L'étape d'identification consiste en une sélection des bâtiments reconnus comme « Architecture significative ». Cette architecture a été sélectionnée comme significative parce qu'elle reproduise au moins une des constantes visibles repérés dans la première étape de l'analyse tels que, l'orientation de la façade ver l'Est, l'Auvent central (volume Est enfoncé), le volume extrudé, le toit en croupe ver l'ouest (queue de palombe), la toiture enveloppante, la toiture décollée du sol, le soubassement..., les avancés frontale au latérale (paroi décalé), le découpage de façade, les résilles, les structures ouvertes, et les fenêtres.

Finalement l'étape d'interprétation a consisté en associer la constante visible aux caractéristiques de l'environnement géo-climatique.

Les constantes ont été groupées en quatre variables visibles majeures : la volumétrie pour l'orientation ver l'Est de la façade, pour l'auvent central (volume extrudé et volume enfoncé) et pour le toit en croupe. Le rapport au sol pour la toiture enveloppante, pour le soubassement et pour la distance au sol. L'enveloppe pour les parois décalées, pour le bardage découpé, pour les résilles, pour les structures visibles. Finalement les percements par rapport aux fenêtres.

L'analyse de l'image des habitats landais correspond à une lecture « synthétique » basée sur un choix précis de références : l'airial (habitat et annexes) ainsi que différentes dépendances présentes sur le territoire du Pays des Landes de Gascogne.

Cette sélection d'images fortes présentée ci-dessous est, en parallèle, appuyée par l'analyse théorique succinct justifiant des différents dispositifs.

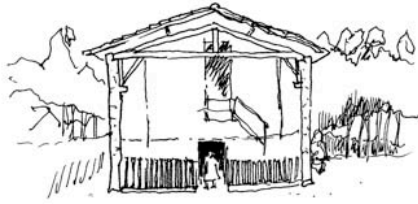
L'analyse que nous avons réalisée sur l'architecture « historique » de l'airial landais à cherché des relations de cause à effet entre l'environnement géo climatique et les réponses architectoniques. Le but a été de connaître les critères d'adaptation, des habitats et des annexes qui, ont permis à ces bâtiments de répondre aux exigences de son environnement géo climatique. Notre analyse a été centrée sur les conséquences sur la morphologie de l'habitat. Quelles sont également les adaptations constantes qui définissent l'architecture

propre à l'airial et celles que l'on peut repérer et qualifier d'identitaires du point de vue physique et du point de vue du fonctionnement.

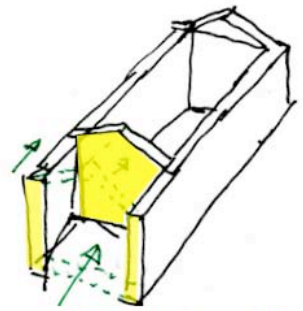
Ces principes définissent les éléments significatifs incarnant l'identité propre de l'architecture traditionnelle du Pays des Landes de Gascogne et sont à la base de la détermination des variables d'analyse de l'architecture vernaculaire. Ces variables ont été épurées et appelées Déterminants Architectoniques Visibles dans la construction d'un modèle mathématique qui nous présentons dans la partie 3. Etymologie du terme Aerial... Aerial est un terme francisé issu du gascon airiau¹. Il est exclusif des Landes. Son étymologie latine est area, aire; occitan : airal, aire, espace vacant, terrain autour d'une maison.⁵

⁵ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Aerial#.C3.89tymologie>

a. VOLUMETRIE fiche aerial 1



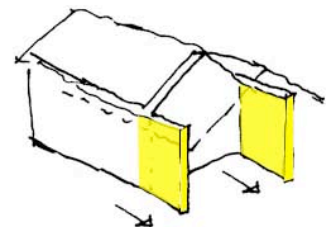
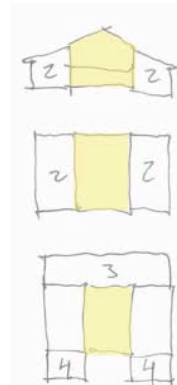
Volume originel central



Mur pignon reculé

Volume enfoncé - auvent central protégé par des murs

deux manières différentes d'interpréter l'image



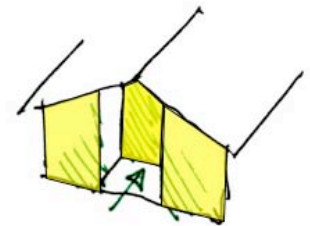
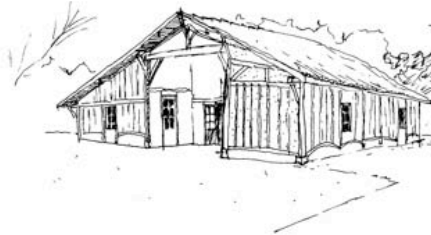
Murs latéraux qui avancent

- Paramètre climatique : vents dominants d'ouest / précipitations.
- Réponse d'adaptation constante : ORIENTATION EST façade / accès
- Avantages obtenus : profiter d'une façade protégée.

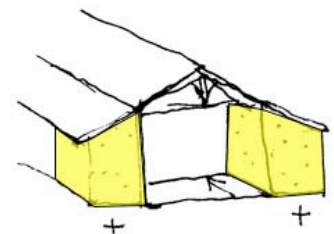
a. VOLUMETRIE fiche aerial 2

Volume évidé - auvent central ouvert protégé

deux manières différentes d'interpréter l'image



Mur déplacé



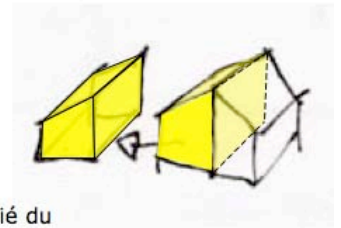
Volumes ajoutés

- Paramètre climatique : vents dominants d'ouest / précipitations.
- Réponse d'adaptation constante : ORIENTATION EST façade / accès
- Avantages obtenus : profiter d'une façade protégée.

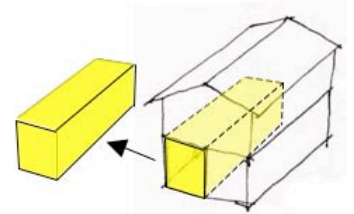
a. VOLUMETRIE fiche aerial 3

A
N
A
L
Y
S
E

Volume extrudé - espace latéral ou frontal couvert



Soustraction de la moitié du volume

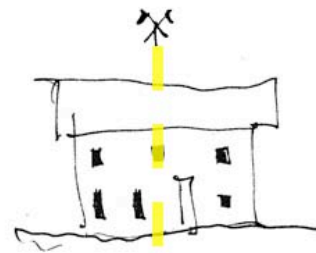
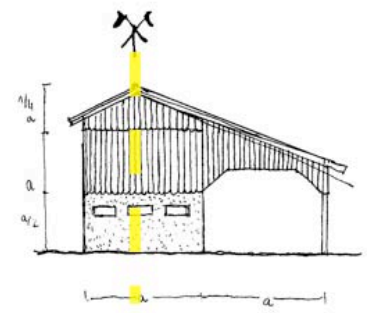
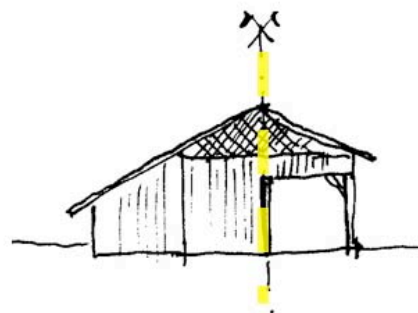


J
U
S
T
I
F
I
C
A
T
I
O
N

- Paramètre climatique : vents, précipitations.
- Réponse d'adaptation constante : EXTRUSION latérale ou frontale
- Avantages obtenus : protéger les outils de travail de la pluie.

a. VOLUMETRIE fiche arial 4

Dissymétrie –liberté de s'approprier l'espace, respect des proportions mais richesse du langage



Ouvertures

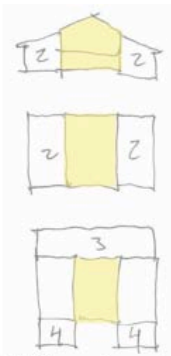
- | | |
|----------------------------------|--|
| - Paramètre climatique | : vents, précipitations. |
| - Réponse d'adaptation constante | : EXTENSION latérale de la toiture |
| - Avantages obtenus | : avoir un espace couvert pour protéger les outils de travail de la pluie. |
| | : diminuer la surface de murs (bois, torchis) exposé à la pluie. |

a. VOLUMETRIE fiche aerial 5

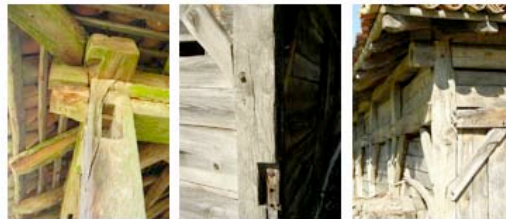


Éléments démontables

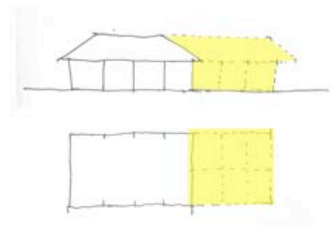
Modularité - Potentiel d'addition des volumes / d'extension



Addition de volumes
autour d'un noyau
original



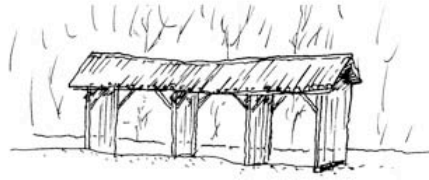
assemblages



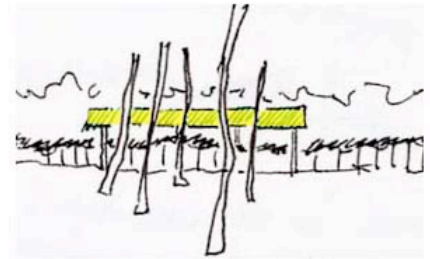
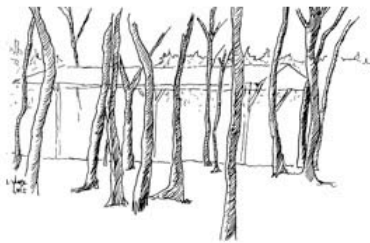
- Paramètre vie collective : nouveaux besoins en terme d'espace.
- Réponse d'adaptation constante : MODELE EVOLUTIF
- Avantages obtenus : gradation de l'espace intérieure, protection de l'espace intime.

a. VOLUMETRIE fiche aerial 6

Toiture décollée du sol - continuité physique et visuelle



Toiture sur poteaux



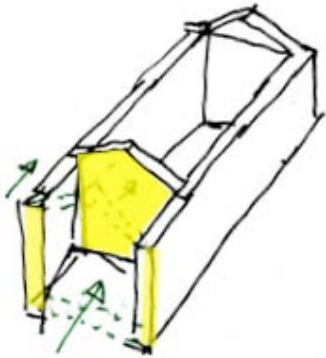
La structure disparaît

La toiture: contrepoint horizontal

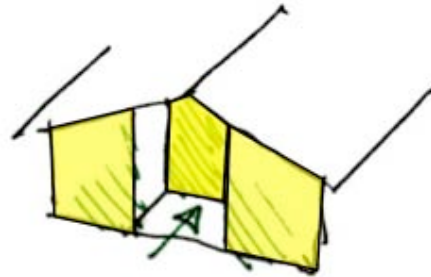
- Paramètre climatique : précipitations.
- Réponse d'adaptation constante : TOITURE UNIQUE
- Avantages obtenus : surface couverte protéger les outils de travail de la pluie.

Conclusions de l'analyse fonctionnelle de l'airial landais

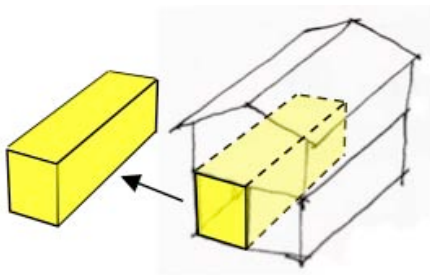
Images les plus remarquables.



Le volume enfoncé



Le volume évidé



Le volume extrudé



La dissymétrie



La modularité / extensibilité



La toiture décollée du sol

2.6 Conclusions sur la conduite de l'observation et de l'analyse de l'enveloppe

Nous avons analysé la morphologie extérieure des habitats vernaculaires en suivant deux méthodes différentes : d'un côté, l'observation architectonique et l'analyse fonctionnelle de l'enveloppe architectonique de l'autre. Cette méthode a permis de poser des questions concernant l'architecture de la ruca mapuche au Chili, aussi bien que de l'architecture de la maison landaise en France.

L'analyse permet d'identifier des déterminants architectoniques visibles (DAV) de la morphologie des maisons relativement au contexte culturel et à l'environnement géo climatique (EGC). Le premier relève des particularités de chaque culture ; de ce fait, il nécessite une analyse plus spécifique au *cas par cas*. Le deuxième relève de conditions géo climatiques suivant la classification de Köppen-Geiger (Peel et al., 2007) ce qui permet une généralisation via une modélisation des relations liant l'environnement aux déterminants architectoniques visibles.

Les relations d'influence entre l'EGC et les DAV seront formalisées suivant une approche qualitative qui s'appuie sur une représentation qualitative de la connaissance (Ndiaye et al., 2009). Cette représentation, à base des fonctions qualitatives, permettra d'effectuer un raisonnement automatique, à partir de la connaissance recueillie sur l'EGC, pour établir les DAV correspondants.

Une application possible serait la prédiction des caractéristiques de l'enveloppe extérieure visible d'une maison vernaculaire à partir des caractéristiques de l'environnement géo climatique locale ; ce qui apporterait une aide à la conception d'une maison adaptée à son EGC.

PARTIE III

3 Modélisation de l'influence de l'environnement géo-climatique sur l'architecture vernaculaire

Cette partie correspond à la représentation, sous forme de fonctions qualitatives, de la connaissance (Ndiaye et al., 2009). Le sujet traité est ici la relation entre la forme de l'habitat vernaculaire et son contexte géo-climatique. Il a été développé une modélisation permettant un raisonnement qualitatif sur les relations d'influence qui lient l'environnement géo-climatique aux déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire. Le modèle est basé sur un échantillon valide de 40 maisons de différentes zones climatiques dans la classification Köppen-Geiger (Peel M.C. et al., 2007).

Les variables significatives des déterminants architectoniques visibles et de l'environnement géo-climatique des habitats vernaculaires ont été choisies à partir des caractéristiques du contexte géo-climatique et de l'observation de la forme extérieure des maisons. Les relations d'influence entre les variables significatives de l'environnement géo-climatique et celles des déterminants architectoniques visibles ont été identifiées. Le graphe d'influence correspondant a été établi puis les relations explicitées sous forme de tables de décision.

Les fonctions qualitatives correspondant aux tables de décision dans l'algèbre qualitative de Ndiaye et al. (2009) ont été formulées. Cette écriture compacte permet une vision globale de la connaissance représentée ainsi qu'une manipulation calculatoire plus riche que celle des tables de décision (Kansou K., 2008).

L'architecture vernaculaire fait partie d'un savoir-faire local transmis de génération en génération qui est porteur d'une connaissance validée. Elle constitue un bon exemple des réponses architectoniques locales consacrées par l'usage. De ce fait il nous semble intéressant d'étudier l'influence de l'environnement naturel sur les déterminants visibles de la morphologie de l'habitat vernaculaire. L'environnement naturel de la maison vernaculaire sera représenté ici par des variables significatives de l'environnement géo climatique (EGC) que sont le rayonnement solaire sous ses formes direct et diffus, la température de l'air, la vitesse et la fréquence des vents, la force et la fréquence des pluies, l'humidité relative de l'air et la perméabilité du sol. Les déterminants architectoniques visibles (DAV) de la morphologie de l'habitat vernaculaire sont ici ceux de l'enveloppe externe d'une maison ; il sera pris en compte la pente et le débord de toiture, la taille relative des ouvertures par rapport à la surface de la façade (la proportion des percements) et la différence de niveau entre le socle de la maison et le sol.

La maison vernaculaire est bâtie avec des ressources locales suivant un savoir-faire qui prend en compte l'écosystème et le mode de vie locaux. Nous considérons que les caractéristiques des DAV de la maison vernaculaire témoignent d'une stratégie architecturale adaptée aux conditions de l'EGC. Ainsi la maison vernaculaire pourrait servir d'exemple pour la conception de bâtiments d'aujourd'hui. Pour cela il sera nécessaire d'appréhender ce qui a modelé les caractéristiques visibles dans l'architecture vernaculaire. De cette manière il sera possible de réutiliser, aujourd'hui, les critères latents des déterminants visibles des maisons vernaculaires pour une conception architectonique qui tire profit des caractéristiques locales de l'environnement géo climatique.

Comme il est établi dans la littérature que la maison vernaculaire constitue une réponse architectonique à son milieu naturel (Dollfus, 1954], (Olgyay, 2006), (Viaro, 1983), (Oliver, 1997), (Zhai, 2010), (Cañas, 2004) nous partons de l'hypothèse que l'environnement naturel local, via l'expression de l'environnement géo climatique, détermine l'architecture vernaculaire telle que nous la définissons (DAV). L'objectif ici est d'identifier puis de représenter les relations d'influence qui lient l'environnement géo climatique à l'architecture vernaculaire. La question posée est : *comment représenter formellement les relations d'influences qui lient l'environnement géo climatique aux déterminant architectoniques visibles?*

L'influence de l'environnement naturel local sur les déterminants architectoniques visibles pourrait être représenté suivant une modélisation qualitative. Cette modélisation sera basée sur une algèbre qualitative avec un espace des quantités unique (Ndiaye et al., 2009). Ainsi ce modèle nous permettra d'analyser les critères architectoniques afin de pouvoir préconiser des stratégies architecturales de réponse aux variables locales.

3.1 Sélection de 40 maisons vernaculaires représentatives de différentes zones climatiques

Concernant notre hypothèse citons quelques exemples : la maison vernaculaire Thaïlandaise, située dans une zone climatique tropical humide, des parois aérées permettent une bonne ventilation à hauteur d'homme, les avant-toits et les pilotis mettent le plancher habitable à l'abri de l'eau, l'orientation, souvent est-ouest, minimise les surfaces exposées au soleil et les larges avant-toits et les vérandas protègent du rayonnement solaire (Viaro, 1983). Par contre dans l'exemple de la maison vernaculaire de Osuna à Séville en Espagne, située dans une zone climatique tempérée sec et chaude, les fenêtres sont équipées de claire-voies à lamelles de bois en treillis qui protègent du rayonnement solaire (Cañas,

2004), les maisons sont bâties au niveau du sol et la faible pente de toiture est faible, ce qui correspond à des réponses caractéristiques d'un climat chaud et sec. (Fig. 47).

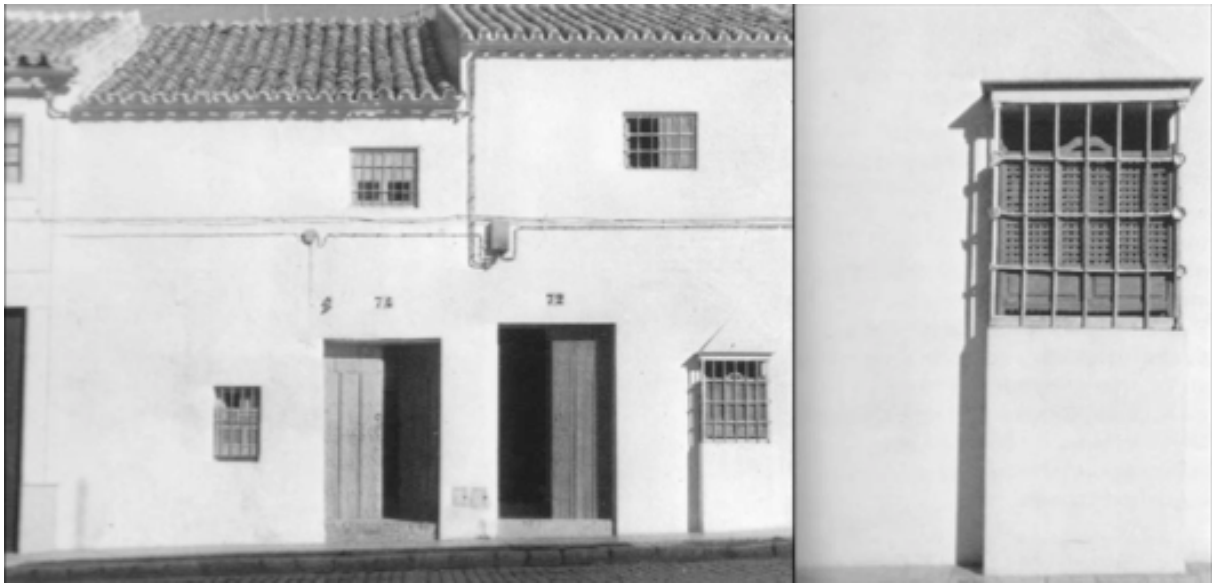


Figure 47, Maison populaire en Osuna, Sevilla, Espagne. Source I. Cañas 2004

Nous avons sélectionné 40 cas d'architecture vernaculaire dans différentes zones climatiques de la classification Köppen-Geiger (Peel, et al. 2007) : 23 cas sont issus de la base de données « le patrimoine mondial de l'UNESCO⁶ » et les 17 autres, qui ne sont pas déclarés patrimoine mondial de l'UNESCO, sont représentatifs de l'architecture vernaculaire. Les déterminants architectoniques visibles (pente de toiture, débord de toiture, proportion de percements et rapport au niveau du sol) des 40 cas d'architecture vernaculaire ont été observé relativement aux précipitations et températures de leur zone climatique (tropical, sec, tempéré, continental et polaire) et à de paramètres géo-climatiques nécessaires à une caractérisation spécifique du milieu naturel (latitude, altitude, températures moyennes annuelles de l'air, précipitations annuelles, amplitudes thermiques, vents, pluviométrie, fréquence du vent et perméabilité du sol). Cette observation a permis de constater des correspondances entre les déterminants architectoniques visibles et les caractéristiques de l'environnement géo-climatique.

⁶ La définition du patrimoine culturel et naturel d'UNESCO considère les : " ; groups of buildings: groups of separate or connected buildings which, because of their architecture, their homogeneity or their place in the landscape, are of outstanding universal value from the point of view of history, art or science; » (<http://whc.unesco.org/?cid=175> 10/02/2011, (definition of the cultural and natural heritage, Article 1)

3.1.1 Les déterminants architectoniques visibles liés à l'environnement géo-climatique.

Singh (2009) a établi que la pente d'un toit est une réponse à la force des pluies ; en particulier en Inde dans les zones à climat froid et nuageux les toits des maisons sont fortement pentus pour surmonter les pluies excessives. De même au Vietnam les pentes de toiture supérieures au 45% (20°) sont une réponse vernaculaire aux fortes pluies (Nguyen et al., 2011). Ici une pente de toiture sera considérée forte si elle est supérieure à 40%, moyenne si elle est comprise entre 20 et 40%. De ce fait une pente de toiture supérieure à la moyenne (pente>40%), est considéré comme une réponse aux fortes précipitations, tel est le cas dans les climats tropicaux humides (équatorial, de la savane, les moussons) aussi que dans les climats tempérés (océanique, méditerranéen, tempéré frais) qui ont une période de l'année pluvieuse. Si la pente de toiture est plus faible que la moyenne (pente <20%) cela indique que la toiture correspondra mieux à un climat plutôt sec (désertique chaud, désertique froid, pré désertique).

Il est accepté que le débord de toiture sert de masque d'occultation du rayonnement solaire, le rayonnement solaire est contrôlé par des avant toits. Par exemple dans l'architecture traditionnelle chinoise, coréenne et japonaise, comme protection contre le soleil, la profondeur de l'avant-toit est liée à la latitude (Kim, 2006). Cette relation est expliquée par l'angle solaire d'été qui sera plus faible là où la latitude augmente. Ainsi, à des latitudes plus élevées, les avant toits sont plus profonds pour protéger du soleil. (Kim, 2006). Nous allons considérer l'angle entre la base du mur et l'extrémité extérieure du débord de toiture pour déterminer le masque de protection solaire. De ce fait un angle, qui est en relation avec l'angle solaire, détermine l'échelle du débord de toit. Ainsi la présence de débord de toiture peut indiquer d'une part le besoin d'ombre qui servira à refroidir la structure, et selon le cas refroidir aussi autour de la maison pour éviter le stockage de chaleur du rayonnement solaire dans le sol proche de la maison. Cela sera approprié à un climat chaud à faible amplitude thermique comme est le cas des climats tropicaux. D'autre part le besoin de couverture comme protection par rapport à l'eau des précipitations sera un indicateur de l'abondance des précipitations comme est le cas dans des climats tropicaux et climats tempérés.

S'il n'y a pas débord de toiture ça peut mettre en évidence une volonté d'exposer les murs pour stocker la chaleur du rayonnement solaire dans l'enveloppe de la maison pour l'utiliser pendant la nuit. Cela peut indiquer un climat à fortes amplitudes thermiques entre le jour et la nuit comme est le cas des climats chauds et secs.

S'il n'y a pas débord de toiture cela peut indiquer que ce ne pas nécessaire de protéger la tête des murs de l'eau donc sera un indicateur de faible présence de pluie comme c'est le cas dans des climats secs.

Le débord de toiture répond donc à deux fonctions différentes : créer de l'ombre et protéger la structure de l'eau de pluie (Viaro, 1983). La surface d'ombre ainsi que la protection à l'eau sera fonction de la taille du débord de toiture.

Si la proportion de percements est supérieure à la moyenne (percements > 1/4 de la surface de la façade), cela peut indiquer :

- un faible éclairage naturel donc une manque de lumière dans la maison comme c'est le cas du climat tempéré frais,
- un climat froid donc le besoin de capter la chaleur du soleil à travers les percements pour chauffer la maison comme c'est le cas dans le climat froid sec,
- le besoin de ventiler comme c'est le cas dans un climat chaud humide,
- le besoin de refroidir donc le climat sera plutôt chaud,

La proportion de percements répond à quatre fonctions différentes : éclairer l'intérieur de la maison, contribuer à chauffer l'intérieur de la maison, contribuer à ventiler l'intérieur de la maison, refroidir l'intérieur de la maison.

Une maison enterrée peut être le signe des températures extrêmes donc d'un besoin de stabiliser la température à l'aide de la chaleur stocké dans la terre comme c'est le cas dans un climat sec froid, et aussi dans un climat chaud et sec. Si la maison est éloignée du sol cela peut correspondre à la présence d'eau dans le sol qui correspond à la maison comme c'est le cas quand il y a la présence de marais qui amènent l'eau sous les maisons. Si la maison est éloignée du sol cela peut indiquer le besoin de protéger par ventilation la structure de l'humidité de l'air comme c'est le cas dans un climat tropical, soit de l'eau contenue dans le sol donc écarter la structure de l'eau du sol donc insuffisante perméabilité du sol. Si la maison est éloignée du sol ça peut indiquer un besoin de refroidir par ombre le sol ou se pose la maison donc cette stratégie correspond a climat chaud humide à faible amplitude thermique.

Le rapport au niveau du sol répond à trois fonctions différentes : stabiliser la température intérieure de la maison, ventiler la structure de la maison, isoler la structure de la maison de l'eau au sol. Les maisons souterraines sont une réponse aux problèmes de régulation thermique posés par les températures extrêmes (trop froid, trop chaud, forte amplitude thermique), la ventilation de la structure de la maison et son isolement de l'eau sont fonction de l'écart de la maison par rapport au sol naturel.

3.1.2 Les variables de l'environnement géo-climatique.

Pour l'environnement géo climatique nous nous intéressons au rayonnement solaire sous la forme de rayonnement direct et rayonnement diffus, à la température de l'air, à la vitesse du vent à la fréquence du vent, à l'humidité de l'air, à la pluviométrie, à la fréquence de la pluie et à la perméabilité du sol.

Le rayonnement diffus sera qualifié selon son intensité qui est fonction de l'altitude, la latitude, l'humidité de l'air et albédo et l'énergie solaire réfléchie. Le rayonnement diffus est vu ici comme étant un éclairage naturel avec un faible pouvoir chauffant.

Le rayonnement direct sera qualifié selon son intensité qui est fonction de l'altitude, la latitude, l'humidité de l'air et la chaleur dissipée. Le rayonnement direct est vu ici comme une source de chaleur avec un pouvoir chauffant.

La température de l'air sera qualifiée selon son intensité qui est fonction de l'altitude, la latitude, l'humidité de l'air. La température de l'air est vue ici comme une source de chaleur avec un pouvoir chauffant.

La vitesse du vent sera qualifiée selon son intensité qui est fonction des différences de température dans la surface de la planète et par la rotation de la planète. La vitesse du vent est vue ici d'une part comme étant un accélérateur de transfert thermique et pour tant comme étant un refroidisseur et d'autre comme un facteur qui peut mettre en risque la stabilité du bâtiment.

La fréquence du vent sera qualifiée suivant sa persistance qui est fonction des différences de température dans la surface de la planète, de la rotation de la planète et de la géographie. Le vent est vu ici comme étant un accélérateur de transfert thermique et donc comme étant un refroidisseur et sécheur. Finalement le vent est vu comme un facteur qui peut mettre en risque la stabilité du bâtiment

L'humidité de l'air sera qualifiée selon son taux qui est fonction de la température et la pression de l'air. L'humidité est vue ici, pour le confort humain, comme un moyen d'échange de chaleur car l'augmentation d'humidité limite le refroidissement du corps par évaporation de la sueur. L'humidité de l'air est vue aussi comme un agent de moisissure qui peu détériorer la structure du bâtiment et mettre en risque la stabilité du bâtiment.

La pluviométrie sera qualifiée selon son intensité qui sera fonction de la quantité d'eau précipité dans un période de temps. La pluviométrie est vue ici comme une sollicitation à la structure du bâtiment.

La fréquence de pluie sera qualifiée selon la répartition de la pluviométrie durant l'année. La fréquence de pluie est vue aussi comme un agent de moisissure qui peu détériorer le confort et la stabilité du bâtiment.

La perméabilité du sol est la faculté de se laisser traverser par l'eau. Si la perméabilité du sol est trop faible s'installent des moisissures qui peuvent détériorer le confort et la stabilité du bâtiment.

3.2 Analyse qualitative de l'influence de l'environnement géo-climatique sur les déterminants de l'architecture de la maison vernaculaire.

Identification et représentation des relations d'influence qui lient l'environnement naturel via les l'environnement géo-climatique à l'architecture vernaculaire local

Nous nous intéressons à la construction d'une méthode d'identification des déterminants de l'environnement naturel local sous-jacents pour les caractéristiques visibles d'une maison vernaculaire quelconque. Pour faire cela nous avons uniquement l'image extérieure de la maison, alors à partir de ce qui est visible de l'extérieur de la maison nous allons déduire des fonctions qui vont nous amener à l'environnement géo-climatique (Fig. 57).

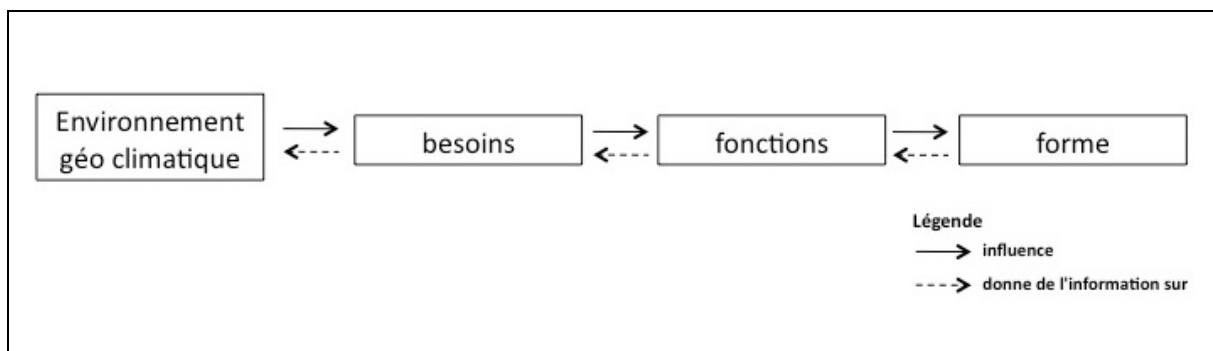


Figure 48, Graphe sur l'influence de l'EGC sur la structure de la maison vernaculaire.

Les éléments de l'environnement géo-climatique, c'est à dire l'ensoleillement, la température de l'air, les vents et la pluie apportent lumière, chaleur, froid et humidité à la surface de la terre. L'homme confronté à l'environnement géo-climatique a besoin de contrôler leurs effets dans son espace de vie pour être en sécurité. Donc contrôler les effets de l'environnement géo-climatique dans l'espace de vie implique de gérer la quantité de lumière et de chaleur, renouveler l'air et maintenir l'espace au sec. En conséquence ces besoins génèrent les fonctions d'éclairage, de chauffage, de couverture, de refroidissement, de ventilation et d'étanchéité auxquelles doit répondre la maison vernaculaire via des choix architectoniques. Ainsi les caractéristiques visibles de l'enveloppe architectonique, toiture, baies et soubassement des maisons vernaculaires donnent de l'information sur l'environnement géo-climatique. Pour identifier les caractéristiques visibles nous avons décomposé l'enveloppe

architectonique de l'habitat en trois parties : la couverture de la maison déterminé par la pente et le débord de toiture, le degré d'ouverture de l'enveloppe architectonique déterminée par la proportion de percement, le niveau de la maison par rapport au niveau du sol déterminé par la position de la maison par rapport au niveau du sol. La prise en compte architecturale des particularités de l'environnement géo-climatique (le rayonnement solaire diffus et direct, la température de l'air, la vitesse et la fréquence du vent, la pluviométrie, la fréquence de la pluie, l'humidité de l'air et la perméabilité du sol) passe par des fonctions d'éclairage, de chauffage, de refroidissement, de ventilation, d'étanchéité et de couverture de l'enveloppe architectonique. Chaque fonction de l'enveloppe architectonique est influencée par des éléments de l'environnement géo-climatique (Fig. 49).

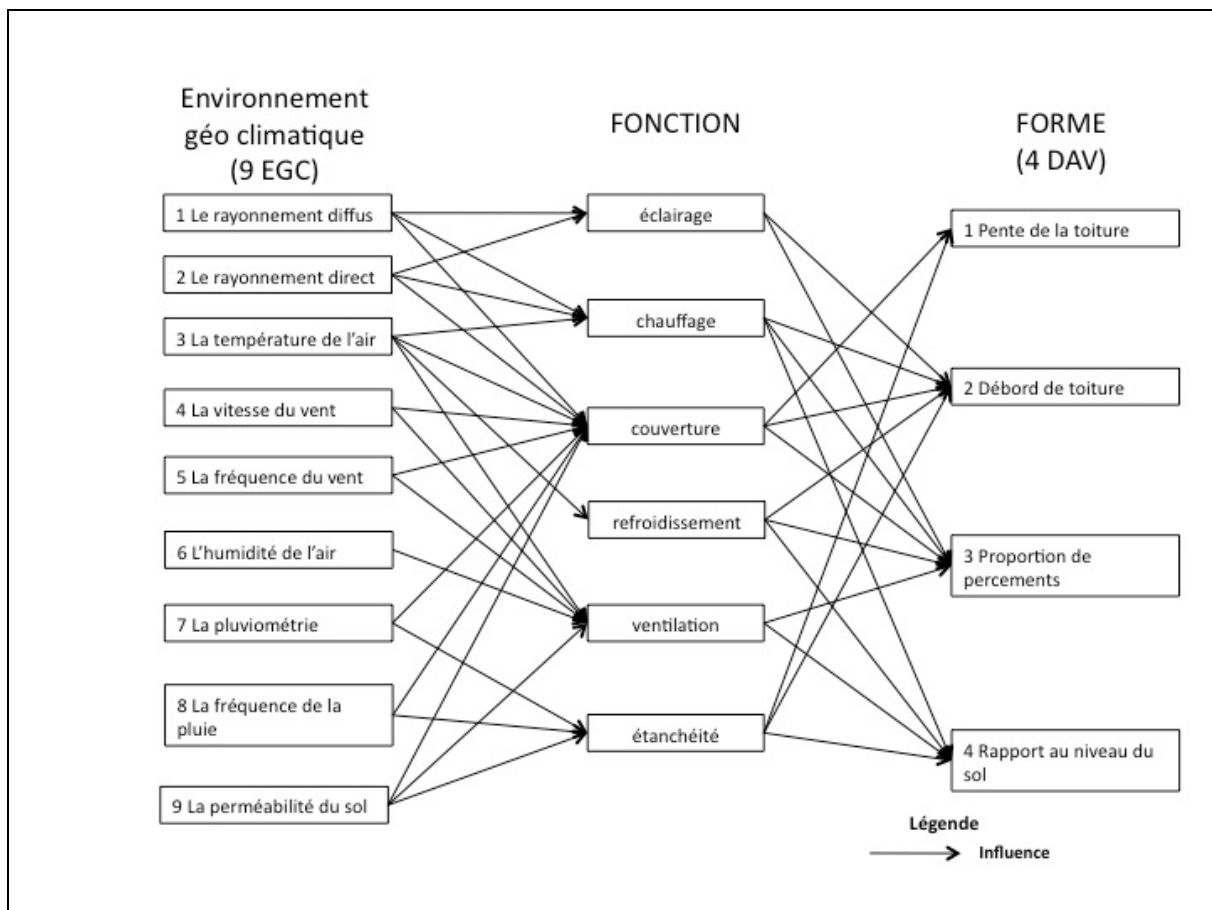


Figure 49, Graphe sur l'influence des variables de l'environnement géo-climatique sur les déterminants architectoniques visibles.

La fonction de la pente de toiture (DAV 1)

Nous avons déterminé la pente de toiture comme une caractéristique de l'enveloppe architectonique. Le Toit est défini comme la partie supérieure d'un bâtiment ou d'une construction qui a pour fonction d'isoler le logement de l'environnement, contre le froid, la chaleur, le vent, la pluie et/ou la neige (Fritz, 2004). La pente de toit correspond à l'angle de

la surface du toit par rapport à un plan horizontal et répond aux conditions climatiques, précipitations (pluie et neige). La pente sera exprimée en pourcentage (nombre d'unités en verticale par rapport à 100 unités en horizontale) (Fritz, 2004). La pente de toit a donc pour fonction d'assurer l'évacuation de l'eau de pluie et de limiter les surcharges dues à la neige cumulée et ainsi assurer la stabilité du toit (Fig. 59). C'est pour cela que nous pouvons obtenir de l'information de l'environnement géo climatique à partir de la pente de toiture, autrement dit notre analyse est centrée sur la pente de toiture en relation avec la force et la fréquence de la pluie et la neige. De ce fait une forte pente de toiture permet d'évacuer les eaux de fortes pluies. De même une faible pente de toiture est suffisante pour évacuer les eaux de pluies de faible force. Aussi une forte pente de toit ne permettra pas une cumulation importante de neige sur le toit. La prise en compte architecturale des particularités de l'environnement géo-climatique (la fréquence du vent, la pluviométrie, la fréquence de la pluie) passe par des fonctions d'étanchéité et de couverture de l'enveloppe architectonique). Ces fonctions de l'enveloppe architectonique sont influencées par des éléments de l'environnement géo-climatique (Fig. 59).

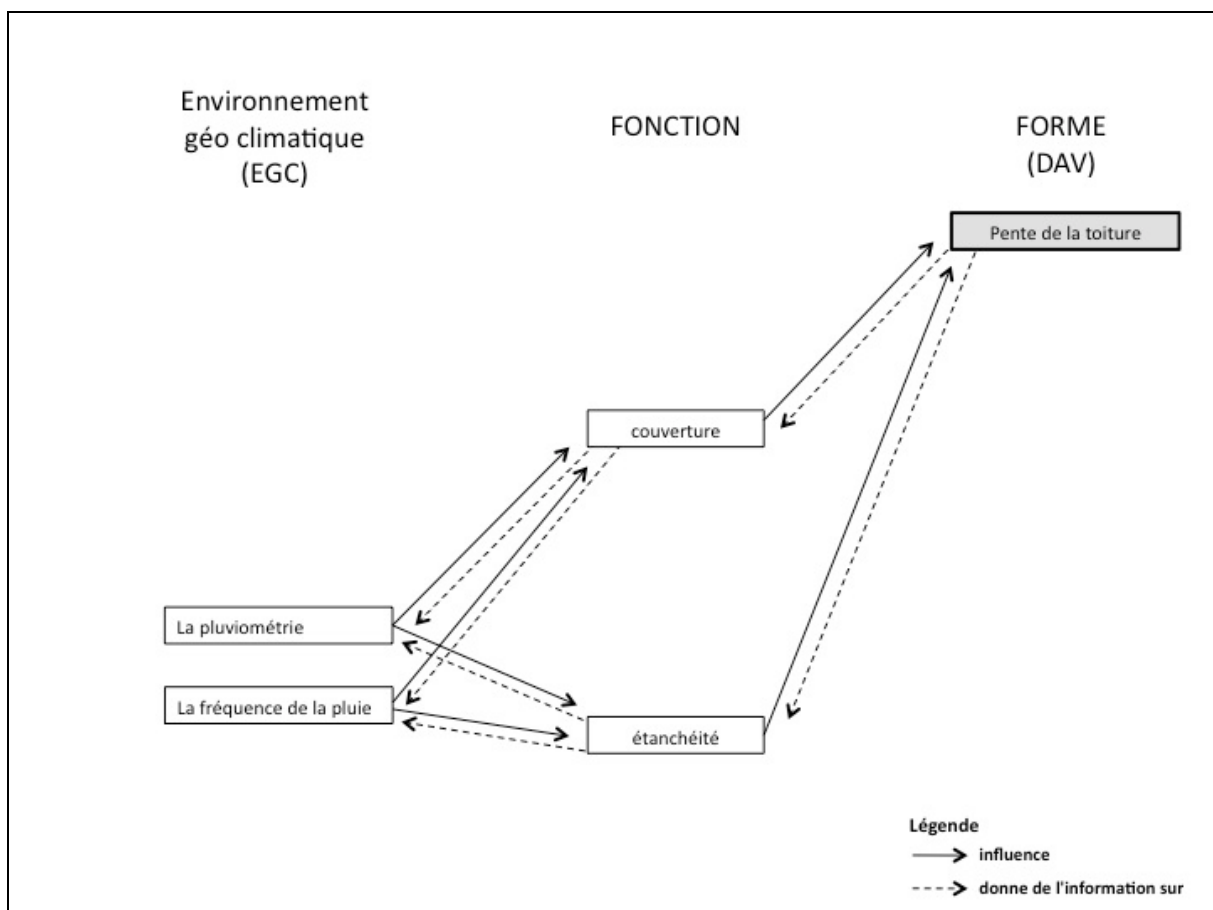


Figure 50, Graphe 3 Influence de l'environnement géo climatique sur la pente de la toiture.

La fonction du débord de toiture (DAV 2)

Le débord de toiture nous le définissons comme le niveau enveloppante du toit qui dépasse les murs et protège une partie de la façade contre les eaux de pluie et ou contre le rayonnement solaire (Fig. 60). Un grand débord de toiture sera plus protecteur qu'un petit débord de toiture. Aussi un petit débord de toiture sera moins sollicité aux arrachements face aux forts vents et moins sollicité aux surcharges dues au poids de la neige. La prise en compte architecturale des particularités de l'environnement géo climatique (le rayonnement solaire direct, le rayonnement solaire diffus, la pluviométrie, la fréquence de la pluie, et la perméabilité du sol) passe par des fonctions d'éclairage, de chauffage, de couverture et d'étanchéité de l'enveloppe architectonique. Chaque fonction de l'enveloppe architectonique est influencée par des éléments de l'environnement géo climatique (Fig. 58).

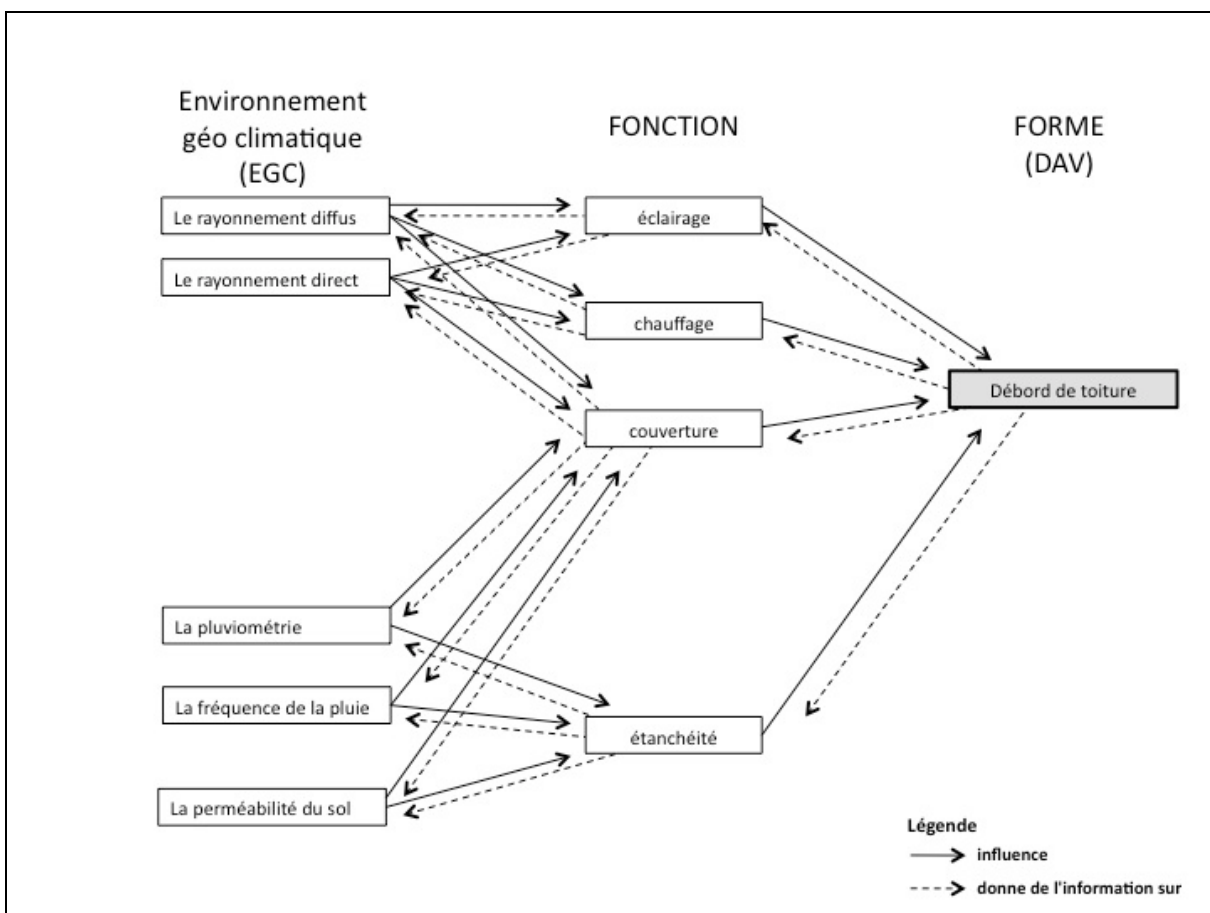


Figure 51, Graphe sur l'influence de l'environnement géo climatique sur le débord de toiture.

La fonction de la proportion de percements (DAV 3)

La proportion de percements a été définie comme le rapport des surfaces ouvertes sur la surface totale des murs de l'enveloppe externe ; elle permet l'entrée de la lumière, de la

chaleur et de l'air dans l'habitat. L'hypothèse communément admise est que l'on a besoin d'une quantité de lumière suffisante (le niveau d'éclairage minimum général pour le travail de bureau est de 200 lux, circulaire du 28 juin 1990 sur l'éclairage des locaux de travail, Code du Travail, AFNOR) en gardant un quantité de chaleur raisonnable à l'intérieur de l'habitat. Pour ce faire des volets et rideaux peuvent être adjoints aux ouvertures afin de pouvoir réguler la quantité de lumière et de chaleur. Une grande proportion de percements sera révélatrice d'un faible rayonnement solaire et une petite proportion de percements correspondra à un fort rayonnement solaire. Pareillement le pourcentage de percements peut être considéré comme un degré de exposition aux vents donc un faible pourcentage de percements correspondra à une stratégie de protection face à des forts vents. Aussi la proportion de percements est considérée comme une possibilité de régler les échanges d'air entre le l'intérieur et l'extérieur de la maison ainsi la proportion de percements varie en fonction de l'humidité de l'air car à plus d'humidité le besoin d'aération augmente et pour tant la proportion de percements est plus importante. La prise en compte architecturale des particularités de l'environnement géo climatique (rayonnement solaire diffus, le rayonnement solaire direct, la température de l'air, la vitesse du vent, la fréquence du vent et l'humidité de l'air) passe par des fonctions d'éclairage, de chauffage, de couverture, de refroidissement et de ventilation de l'enveloppe architectonique. Chaque fonction de l'enveloppe architectonique est influencée par des éléments de l'environnement géo climatique (Fig. 61).

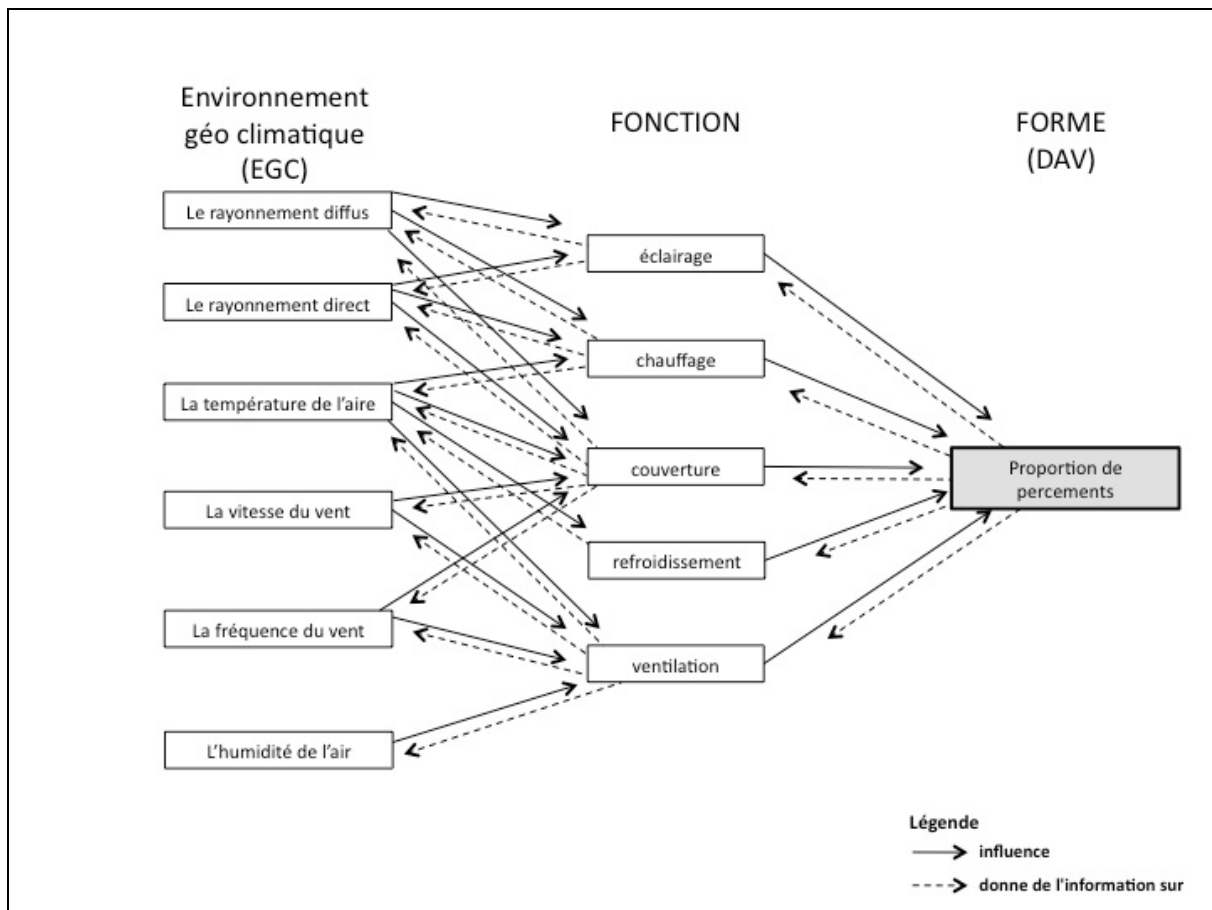


Figure 52, Graphe sur l'influence de l'environnement géo climatique sur le proportion de percements.

La fonction du niveau du sol (DAV 4)

Le rapport au niveau du sol a été défini ici comme le niveau du premier niveau de la maison (rez de chaussé, rez de jardin) par rapport au niveau du sol ; il sert à réguler la température à l'intérieur de la maison dans des zones à températures extrêmes et à protéger la maison de l'humidité du sol. Une maison enfoncée dans le sol sera révélatrice d'une zone à températures extrêmes et sans eaux stagnantes ou en circulation sur le sol. La prise en compte architecturale des particularités de l'environnement géo climatique (le rayonnement solaire direct, la température de l'air, l'humidité de l'air, la pluviométrie, la fréquence de la pluie, et la perméabilité du sol) passe par des fonctions de chauffage, de refroidissement de ventilation et d'étanchéité de l'enveloppe architectonique. Chaque fonction de l'enveloppe architectonique est influencée par des éléments de l'environnement géo climatique (Fig. 62).

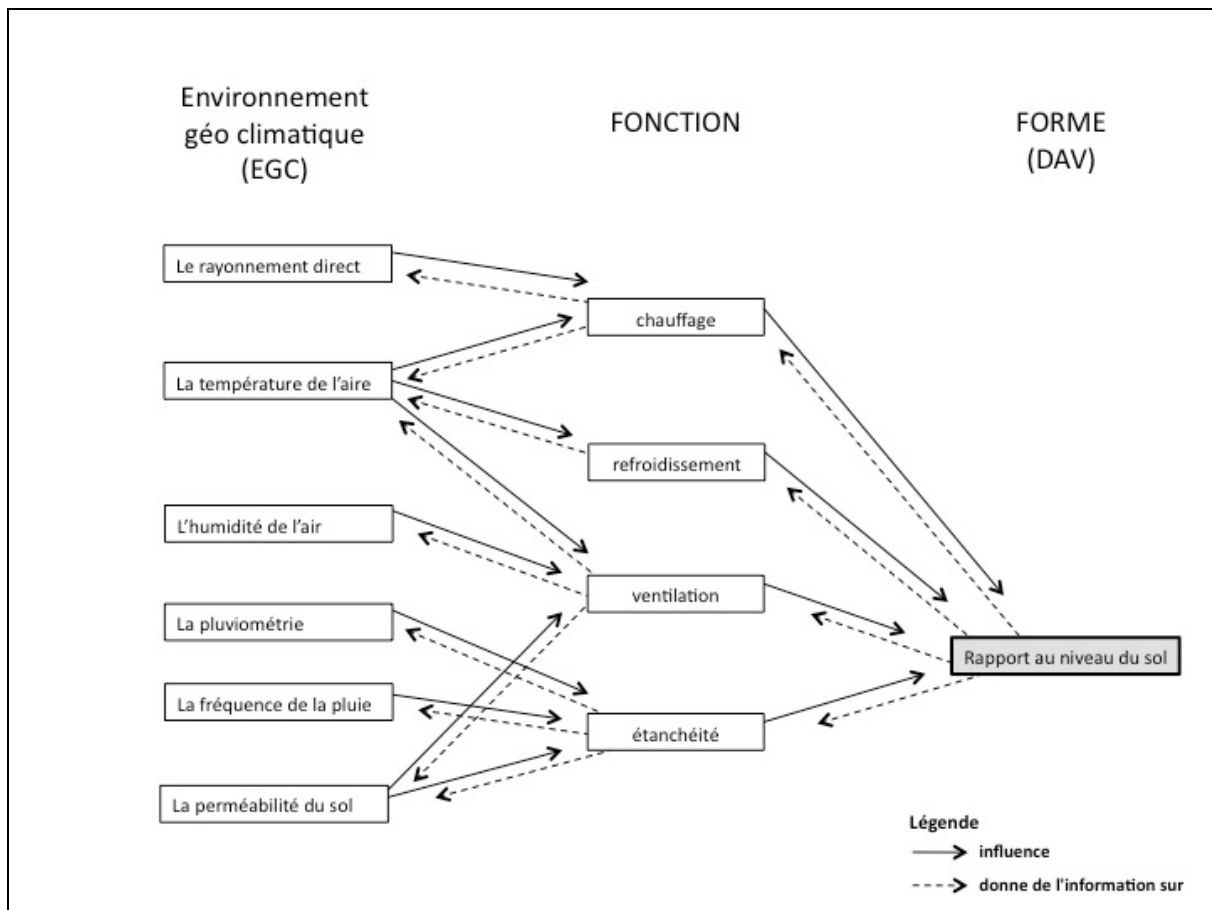


Figure 53, Graphe sur l'influence de l'environnement géo-climatique sur le rapport au niveau du sol.

3.2.1 Modélisation qualitative des relations identifiées

La modélisation correspond à une représentation et un raisonnement qualitatifs (Ndiaye et al., 2009). Nous proposons une modélisation qualitative des influences de l'environnement géo-climatique sur les déterminants architectoniques visibles. Cette modélisation cherche à établir des relations de cause à effet, dont les causes sont des variables de l'environnement géo-climatique, et les effets les déterminants architectoniques visibles qui sont des adaptations architecturales de l'enveloppe des habitations aux contraintes géo-climatiques. Nous avons utilisé des ordres de grandeur qualitatifs pour représenter les appréciations des éléments de l'environnement géo-climatique et les déterminants architectoniques visibles.

Les ordres de grandeur varient selon chaque variable de l'environnement géo-climatique puisque chaque variable a sa propre échelle de mesure : pour le rayonnement diffus correspond le lux, pour le rayonnement direct correspond le MJ/m²/Jour, pour la température de l'air correspond le degré Celsius, pour la vitesse du vent correspond le km/h, pour la force de pluie les mm/an ainsi que les jours pluvieux par mois et finalement pour

l'humidité correspond le pourcentage d'humidité de l'air. Cependant pour mesurer toutes les variables dans un seul modèle nous avons utilisé une échelle d'abstraction supérieure basée sur une échelle qualitative d'expert.

Pour le **rayonnement diffus (EGC 1)** extérieur nous nous intéressons à l'éclairage naturel disponible pendant la journée. L'éclairage naturel intérieur dans un bâtiment peut se traduire en valeur de Facteur Lumière du Jour (FLJ) exprimé en pourcentage par rapport à l'éclairage extérieur disponible selon l'échelle de Paule et al. (2008) (Tableau XX).

Tableau 1 Sensation de clarté en fonction du niveau de facteur de lumière du jour (Paule et al., 2008)

FL J	Moins de 1	De 1 à 2 %	De 2 à 4 %	De 4 à 7 %	De 7 à 12 %	Plus de 12 %
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Élevé	Très élevé
Zone considérée	Zone éloignée des fenêtres (distance env. 3 à 4 fois la hauteur de la fenêtre)			À proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux		
Impression de clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Impression visuelle du local	Cette zone semble être séparée de cette zone					
Ambiance	Le local semble être refermé sur lui-même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		

L'éclairage intérieur moyen, de FLJ 4 à 7%, traduit en lux correspondrait à un éclairage de 340 lux à 595 lux intérieur si on considère une moyenne de 8500 lux extérieur. De ce fait l'échelle de FLJ pourrait se traduire en lux intérieur 1% = 85 lux, 2% = 170 lux, 4% = 340 lux, 7% = 595 lux, 12% = 1020 lux. De même cette échelle d'éclairage intérieur traduite en lux d'éclairage extérieur nous sert pour déterminer les sept intervalles d'intensité lumineuse suivantes: [0,1500[lux est considéré « trop sombre », [1500, 3000[lux est considéré « sombre », [3000, 6000[lux est considéré « légèrement sombre », [6000, 11000[lux est considéré « normal », [11000, 15000[lux est considéré « un peu trop lumineux », [15000, 18000[est considéré « trop lumineux », [18000, [lux est considéré « beaucoup trop lumineux ».

Finalement, pour déterminer l'éclairage disponible pendant la journée, nous nous basons sur la probabilité d'atteindre un éclairage extérieur relativement à la latitude. La Commission Internationale de l'Eclairage (Paul B. et al. 2008) considère le pourcentage du temps entre 9h et 17h ou le niveau d'éclairage est égale ou supérieur à 8500 lux. La probabilité d'attendre un certain niveau d'éclairage extérieur peut s'estimer en fonction de la latitude selon (Paul, et al. 2008) (Fig. 57).

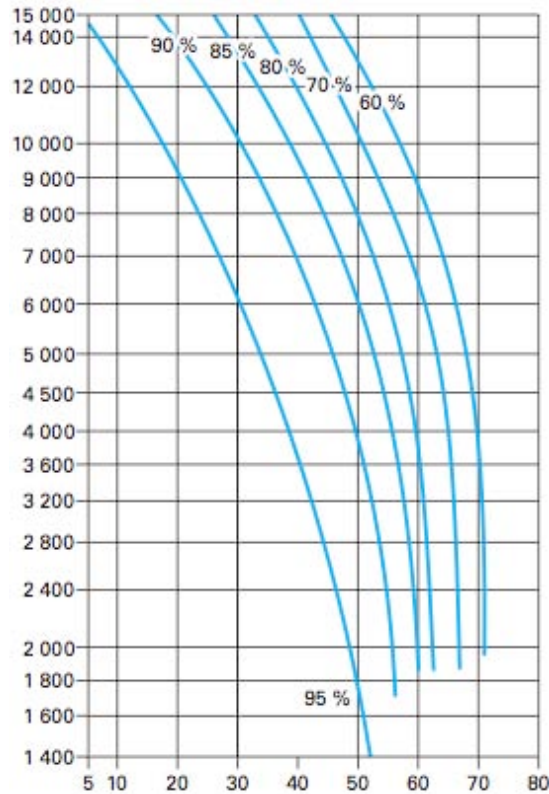


Figure 54: Probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairage extérieur en fonction de la latitude, B. PAULE et al., Éclairage naturel, C3315, Techniques de l'Ingénieur (2008).

Pour la modélisation le rayonnement diffus (rdif) est celui qui correspond au "pourcentage de temps dans l'intervalle comprise entre 9h et 17h pour lequel l'éclairage extérieur est supérieur à 8500 lux" : si rdif est inférieur à 60% alors il est *trop sombre*, s'il est compris entre 60% et 70% alors il est *sombre*, s'il est compris entre 70% et 75% alors il est *légèrement sombre*, s'il est compris entre 75% et 85% alors il est *normal*, s'il est compris entre 85% et 90% alors il est *un peu trop lumineux*, s'il est compris entre 90% et 95% alors il est *trop lumineux* et s'il est supérieur ou égale à 95% alors il est *beaucoup trop lumineux* (Tableaux 2).

Tableau 2 Le rayonnement diffus

rayonnement diffus (rdif)		
%	Interprétation	valeur qualitative
$rdif < 60$	<i>trop sombre</i>	vvl
$60 \leq rdif < 70$	<i>sombre</i>	vl
$70 \leq rdif < 75$	<i>légèrement sombre</i>	l
$75 \leq rdif < 85$	<i>normal</i>	m
$85 \leq rdif < 90$	<i>un peu trop lumineux</i>	h
$90 \leq rdif < 95$	<i>trop lumineux</i>	vh

Le **rayonnement direct (EGC 2)** est ramené à l'énergie solaire reçue sur une surface horizontale. Il est mesuré en mégajoule par mètre carré par jour (MJ/m²/Jour). Il sera considéré ici que si le rayonnement direct est inférieur à 9 MJ/m²/Jour alors il est "très faiblement chaud", entre 9 et 11 MJ/m²/Jour il est "faiblement chaud", entre 13 et 15 MJ/m²/Jour il est "normal", entre 15 et 17 MJ/m²/Jour il est "chaud", entre 17 et 19 MJ/m²/Jour il est "très chaud" et supérieur ou égale 19 MJ/m²/Jour il est "trop chaud" (Tableau 3).

Tableau 3 Le rayonnement direct

rayonnement direct (rdir)		
MJ/m ² /jour	Interprétation	valeur qualitative
rdir < 9	manque de chaleur	vl
9 \leq rdir < 11	léger manque de chaleur	l
13 \leq rdir < 15	normal	m
15 \leq rdir < 17	chaud	h
17 \leq rdir < 19	très chaud	vh
rdir \geq 19	trop chaud	vvh

Pour la **température de l'air (EGC 3)** nous nous intéressons à une température neutre que n'implique pas au corps un effort physiologique d'adaptation, c'est à dire une température ni froide ni chaude. C'est pour cela que nous nous basons sur la température optimale de (Brager, et Al. 1998) située entre 18 et 25 degrés Celsius selon un rang d'acceptation de 80% de personnes en activité principalement sédentaire. Avec cette température optimale nous avons déterminé les sept intervalles d'intensité de chaleur suivantes: si la température de l'air est inférieur à 0°C est considéré « très froid », entre 0 et 5°C est considéré « froid », entre 5 et 18°C est considéré « légèrement froid », entre 18 et 25°C est considéré « neutre », entre 25 et 27°C est considéré « légèrement chaud », entre 27 et 30°C est considéré « chaud » et entre 30 et 50°C est considéré très chaud (tableau 6).

Tableau 4 La température de l'air

température de l'air (T)		
°C	Interprétation	valeur qualitative
-50 \leq T < 0	très froid	vvl
0 \leq T < 5	froid	vl
5 \leq T < 18	légèrement froid	l

$18 \leq T < 25$	moyen	m
$25 \leq T < 27$	légèrement chaud	h
$27 \leq T < 30$	chaud	vh
$30 \leq T < 50$	très chaud	vvh

Pour la **vitesse du vent (EGC 4)** nous nous basons sur l'échelle de Beaufort qui correspond à une mesure empirique à 13 degrés de force du vent que nous avons simplifié aux sept intervalles de vitesse en km/h suivantes: si la vitesse du vent est inférieure à 1 km/h est considéré « très calme », entre 1 et 6 km/h est considéré « calme », entre 6 et 12 km/h est considéré « un peu calme », entre 12 et 20 km/h est considéré « normale », entre 20 et 29 km/h est considéré « un peu forte », entre 29 et 50 km/h est considéré « forte », et supérieur ou égale à 50 km/h est considéré « très forte » (tableau 5).

Tableau 5 vitesse du vent

vitesse du vent (vv)		
échelle de Beaufort	Interprétation	valeur qualitative
$vv < 1$	très calme	vvl
$1 \leq vv < 6$	calme	vl
$6 \leq vv < 12$	un peu calme	l
$12 \leq vv < 20$	normale	m
$20 \leq vv < 29$	un peu forte	h
$29 \leq vv < 50$	forte	vh
$vv \geq 50$	très forte	vvh

Pour la **fréquence du vent (EGC 5)** nous nous basons sur le nombre de mois par an avec des vents supérieurs à 150 km/jour selon la base de données Climwat⁷ et le logiciel Cropwat⁸, de FAO⁹. L'estimation à cinq intervalles considère les valeurs suivantes : <4 mois avec des vents supérieurs à 150 km/jour, la fréquence du vent est considéré « rare », entre 4 et 6 mois/an est considéré « peu fréquent », entre 6 et 7 mois/an est considéré « moyennement fréquent », entre 7 et 9 mois/an est considéré « un peu fréquent », et supérieur à 9 mois/an est considéré « très fréquent » (tableau 6).

⁷ CLIMWAT is a climatic database to be used in combination with the computer program CROPWAT. and allows the calculation of crop water requirements, irrigation supply and irrigation scheduling for various crops for a range of climatological stations worldwide.

⁸ CROPWAT is a decision support tool developed by the Land and Water Development Division of FAO.

⁹ Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Tableau 6 fréquence du vent

fréquence du vent (fv)	Interprétation	valeur qualitative
$fv < 4$	rare	vl
$4 < fv < 6$	peu fréquent	l
$6 < fv < 7$	moyennement fréquent	m
$7 < fv < 9$	un peu fréquent	h
$fv > 9$	très fréquent	vh

Pour l'**humidité de l'air (EGC 6)** nous nous basons sur le % d'humidité relative moyenne annuelle comme unité de mesure pour déterminer les sept intervalles d'humidité suivantes : si l'humidité de l'air est inférieure à 20% est considéré « trop sec », entre 20 et 30% est considéré « sec », entre 30 et 35% est considéré « un peu sec », entre 35 et 50% est considéré « normale », entre 50 et 60% est considéré « un peu humide », entre 60 et 76% est considéré « humide » et entre 76 et 100% est considéré trop humide (tableau 7).

Tableau 7 humidité relative de l'air

humidité relative de l'air (H)		
%	Interprétation	valeur qualitative
$H < 20$	trop sec	vvl
$20 \leq H < 30$	sec	vl
$30 \leq H < 35$	un peu sec	l
$35 \leq H < 50$	normale	m
$50 \leq H < 60$	un peu humide	h
$60 \leq H < 76$	humide	vh
$H \geq 76$	trop humide	vvh

Pour la **pluviométrie (EGC 7)**, le mm/an est l'unité de mesure des précipitations et les six intervalles suivants sont retenus: si la pluviométrie est inférieure à 50mm/an est considéré « très faible », entre 50 et 100mm/an est considéré « faible », entre 100 et 250mm/an est considéré « un peu faible », entre 250 et 500mm/an est considéré « moyenne », entre 500 et 1000mm/an est considéré «un peu forte », entre 1000 et 2000mm/an est considéré forte et supérieur ou égale à 3000mm/an est considéré « très forte » (tableau 8).

Tableau 8 La pluviométrie

pluviométrie (plu)

mm/an	Interprétation	valeur qualitative
plu < 50	très faible	vvI
50 < plu < 100	faible	vl
100 < plu < 250	un peu faible	I
250 < plu < 500	moyenne	m
500 < plu < 1000	un peu forte	h
1000 < plu < 2000	forte	vh
plu ≥ 3000	très forte	vvh

Pour la **fréquence de pluie (EGC 8)** nous nous basons sur le nombre de mois avec pluie par an. Nous avons déterminé les cinq intervalles de fréquence de pluie suivantes : <4 mois avec de la pluie, la fréquence de pluie est considéré "très faible", entre 4 et 6 mois/an est considéré "faible ", entre 6 et 7 mois/an est considéré "normal", entre 7 et 9 mois/an est considéré " un peu forte", et supérieur à 9 mois/an est considéré "très forte" (tableau 9).

Tableau 9 La fréquence de pluie

fréquence de pluie (fp)		
mois avec de la pluie/an	Interprétation	valeur qualitative
fp < 4	très faible	vl
4 ≤ fp < 6	faible	I
6 ≤ fp < 7	normal	m
7 ≤ fp < 9	un peu forte	h
fp ≥ 9	très forte	vh

Pour la **perméabilité du sol (EGC 9)** nous nous basons sur la capacité d'absorption du sol de FAO mesurée en cm/heure en fonction de sa texture (Argile 0,05 cm/heure, Argile silteuse 0,25 cm/heure, silte argileux, Limon 1,3 cm/heure, Limon sableux 2,5 cm/heure, Sable 5 cm/heure) selon les cinq intervalles suivantes : si la perméabilité du sol est inférieure à 0.05cm/heure est considéré « imperméable », entre 0.05 et 0.8cm/heure est considéré « un peu imperméable » entre 0.8 et 1.3cm/heure est considéré « normale », entre 1.3 et 5cm/heure est considéré « un peu perméable » et supérieur ou égale à 5cm/heure est considéré « perméable » (tableau 10). Cette échelle de perméabilité trop sommaire est insuffisant pour représenter la complexité réelle du sol car il néglige des autre facteurs : les fissures, la pente, la présence de fossés, la porosité et disposition de couches qui le composent. Cependant permet de modéliser de façon globale cette variable EGC.

Tableau 10 La perméabilité du sol

perméabilité du sol (ps) cm/heure	Interprétation	valeur qualitative
$ps < 0.05$	impermeable	vl
$0.05 \leq ps < 0.8$	un peu impermeable	l
$0.8 \leq ps < 1.3$	normale	m
$1.3 \leq ps < 5$	un peu permeable	h
$ps \geq 5$	permeable	vh

3.2.2 Formalisation de la relation des relations d'influence

Les relations d'influence identifiées (Fig. 49) sont formalisées pour chaque interaction identifiée, comme une matrice de relations à partir de données chiffrées issues de bases de données ou d'observations constituant notre capital de connaissances d'expert (Figures 55, a et 56, a). Également chaque matrice ainsi obtenue est transformée en tables de décisions qualitatives (Figures 55, b et 56, b) qui vont permettre d'établir et de valider des fonctions qualitatives (Figures 55, d et 56, b). Prenons deux exemples simples A et B.

A) Le premier exemple correspond à l'influence du rayonnement diffus (rdif) sur la proportion de percements (Pp),

a) Matrice de relation d'influence		b) Table de décision qualitative	
Le rayonnement diffus %	Proportion de percements (Pp) %	Le rayonnement diffus %	Proportion de percements (Pp) %
$rdif < 60$	$0 < Pp < 6$	vv1	vvh
$60 < rdif < 70$	$6 < Pp < 10$	vl	vh
$70 < rdif < 75$	$10 < Pp < 20$	l	h
$75 < rdif < 85$	$20 < Pp < 30$	m	m
$85 < rdif < 90$	$30 < Pp < 50$	h	l
$90 < rdif < 95$	$50 < Pp < 80$	vh	vl
$rdif > 95$	$Pp > 80$	vvh	vv1

c) Fonction qualitative	
$y = \text{proportion de percements et } x = \text{rayonnement diffus}$	
$y \approx l \otimes x$	

Figure 55, Représentation des effets du rayonnement diffus sur la proportion de percements : a) matrice de relation d'influence, b) table de décision qualitative, c) représentation fonctionnelle de la relation qualitative.

La fonction qualitative (Fig. 55, c), représentée comme une écriture compacte de la table de décision, permet une vision globale de la connaissance représentée ainsi qu'une manipulation simplifiée des tables de décision (Kansou K., 2010). Les relations d'influence peuvent être calculées et manipulées facilement. La fonction qualitative (Fig. 55c) correspond à la relation d'influence du rayonnement diffus sur la proportion de percements : " La proportion de percements inversement proportionnel au rayonnement diffus."

B) Le deuxième exemple est l'influence de la pluviométrie (plu) sur la pente toiture (Pt),

a) Matrice de relation d'influence		b) Table de décision qualitative	
Pluviométrie (plu)	Pente toiture (Pt)	Pluviométrie (plu)	Pente toiture (Pt)
mm/an	%	mm/an	%
0 < plu < 50	0 < Pt < 10	vvl	vl
50 < plu < 100	0 < Pt < 10	vl	vl
100 ≤ plu < 250	10 < Pt < 20	l	l
250 ≤ plu < 500	20 < Pt < 40	m	m
500 ≤ plu < 1000	40 < Pt < 60	h	h
1000 ≤ plu < 2000	60 < Pt < 80	vh	vh
2000 > plu ≥ 3000	60 < Pt < 80	vvh	vh

c) Fonction qualitative
y = pente de toiture et x = pluviométrie

$$y \approx \top(vh \otimes x \oplus h) + \perp(vh \otimes x \oplus l)$$

Figure 56 Représentation des effets de la pluviométrie sur la pente de toiture : a) matrice de relation d'influence, b) table de décision qualitative, c) représentation fonctionnelle de la relation qualitative.

La fonction qualitative (fig. 56c) correspond à la relation d'influence de la pluviométrie sur la pente de toiture : "la pente de toiture est proportionnelle à la pluviométrie", pour les autres des fonctions voir l'annexe de cette partie.

Pour représenter les ordres de grandeur des variables, nous avons utilisé un espace des quantités (Q) à sept niveaux (vvl, vl, l, m, h, vh, vvh) strictement ordonnés (vvl < vl < l < m < h < vh < vvh) avec l pour *low*, m pour *medium*, h pour *high* et v pour *very* (Guerrin, 1991). Cet espace des quantités permet d'établir les tables de décision qui lient les variables environnementales aux éléments architectoniques (tableau 11). Une algèbre qualitative (Q, ≈, ⊕, ⊗) [2] définie dans Q permet d'exprimer les tables de décision sous forme de fonctions qualitatives ; avec ≈ l'égalité qualitative, ⊕ l'addition qualitative et ⊗ la multiplication qualitative (Tableaux 11, 12, 13 et 14).

Tableau 11, Définitions de l'addition qualitative (\oplus) dans l'espace $Q \cup \{?\}$

\oplus	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	?
vvl	vvl	vvl	vvl	vvl	[vvl, vl]	[vvl, l]	?	?
vl	vvl	vvl	vvl	vl	l	m	[h, vvh]	?
l	vvl	vvl	vl	l	m	h	[vh, vvh]	?
m	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	?
h	[vvl, vl]	l	m	h	vh	vvh	vvh	?
vh	[vvl, l]	m	h	vh	vvh	vvh	vvh	?
vvh	?	[h, vvh]	[vh, vvh]	vvh	vvh	vvh	vvh	?
?	?	?	?	?	?	?	?	?

Avec [vvl, vl], [vvl, l], [h, vvh] et [vh, vvh] des intervalles de valeurs qualitatives, ? la valeur indéterminée.

Tableau 12, Définitions de la multiplication qualitative (\otimes) dans l'espace $Q \cup \{?\}$

\otimes	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	?
vvl	vvh	vvh	vvh	m	vvl	vvl	vvl	?
vl	vvh	vvh	vh	m	vl	vvl	vvl	?
l	vvh	vh	h	m	l	vl	vvl	?
m	m	m	m	m	m	m	m	m
h	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	?
vh	vvl	vvl	vl	m	vh	vvh	vvh	?
vvh	vvl	vvl	vvl	m	vvh	vvh	vvh	?
?	?	?	?	m	?	?	?	?

Tableau 13 Définitions de l'égalité qualitative (\approx) dans l'espace $Q \cup \{?\}$

\approx	[vvl, vl]	[vvl, l]	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	[h, vvh]	[vh, vvh]	?
[vvl, vl]	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	T
[vvl, l]	T	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	T
vvl	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	T
vl	T	T	F	T	F	F	F	F	F	F	F	T
l	F	T	F	F	T	F	F	F	F	F	F	T
m	F	F	F	F	F	T	F	F	F	F	F	T
h	F	F	F	F	F	F	T	F	F	T	F	T

vh	F	F	F	F	F	F	F	T	F	T	T	T
vvh	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T
[h, vvh]	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T	T
[vh, vvh]	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T
?	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

With T = true and F = False.

Tableau 14 Définition des fonctions spécifiques \top et \perp dans l'espace $QU\{?\}$

x	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	?
$\top(x)$	vvl	vl	l	m	m	m	m	?
$\perp(x)$	m	m	m	m	h	vh	vvh	?

Les fonctions spécifiques \top et \perp expriment une saturation de la relation d'influence, \top est assimilable à une fonction logarithmique et \perp est assimilable à une fonction exponentielle.

Tableau 15 : échelle de la relation d'influence de la variable de l'environnement géo-climatique *pluviométrie* sur les déterminants architectoniques visibles.

Déterminants architectoniques visibles	Pluviométrie (x)								Fonctions qualitatives correspondantes
	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh		
Pente de toiture (y_1)	vl	vl	l	m	h	vh	vh		$y_1 \approx \top(vh \otimes x \oplus h) \oplus \perp(vh \otimes x \oplus l)$
Débord de toiture (y_2)	m	m	m	m	h	vh	vvh		$y_2 \approx \perp(x)$
Rapport au niveau du sol humide (y_3)	m	m	m	m	h	h	h		$y_3 \approx \perp(h \oplus \top(x \oplus l))$

Les fonctions qualitatives définies expriment les relations qui lient les déterminants architectoniques visibles aux variables environnementales géo-climatiques et permettant de les calculer. Par exemple les fonctions qualitatives correspondantes à l'exemple du tableau 14 sont les suivantes :

Tableau 16

$$y_1 \approx T(vh \otimes x \oplus h) \oplus \perp (vh \otimes x \oplus l)$$

$$y_2 \approx \perp (x)$$

$$y_3 \approx \perp (h \oplus T(x \oplus l))$$

avec x la force de pluie, y_1 la pente de toiture, y_2 le débord de toiture et y_3 la distance au sol. Finalement, le calcul des fonctions qualitatives concernées de chaque EGC sur les DAV est confié au logiciel *Qualis*©.

Qualis© (Ndiaye et al., 1997 ; Ndiaye et al., 2001 ; Ndiaye, 2005) est une coquille de système expert, basée sur une logique d'ordre 1, qui offre des fonctionnalités. Ainsi QualiS a une structure modulaire en trois parties distinctes : une interface utilisateur graphique, un moteur d'inférence et une base de connaissances. Les fonctionnalités de ce logiciel sont :

- Capacité d'utiliser un langage de communication avec l'utilisateur directement compréhensible par ce dernier ;
- Capacité d'explication automatique, à la demande, des conseils/conclusions du système informatique ;
- Prise en main facile afin de ne pas trop contraindre le recueil des connaissances.
- Possibilité d'implémenter les modèles (qualitatifs et quantitatifs) par simple ajout dans la base de connaissances sans programmation informatique ;
- Possibilité de changer simplement, sans programmation, l'interface utilisateur afin de l'adapter aux évolutions de la base de connaissances implémentée.

3.3 Conclusions sur les apports de la modélisation

La modélisation développée en partenariat avec Amadou Ndiaye basée sur l'algèbre qualitative permet une écriture compacte des relations d'influence entre deux types de données différents : celles de l'environnement géo-climatique et celles des déterminants architectoniques visibles. Les fonctions formalisées permettent une vision globale des intuitions des experts et permettent de mettre en évidence des insuffisances dans les relations d'influence supposées.

Dans la suite on va tester la robustes du modèle avec sept exemples de notre échantillon. En suite on va tester le modèle sur six exemples d'architecture actuelle à priori non vernaculaire.

ANNEXE 1, fonctions qualitatives des relations d'influence

Le rayonnement diffus (EGC 1) sur :

1. la proportion de percements

$$I \otimes x$$

Le rayonnement diffus est inversement proportionnel à la proportion de percements.

Le rayonnement direct (EGC 2) sur :

2. la pente de toiture (chaud sec)

$$T(I \oplus \perp(I \otimes x \oplus v_h))$$

La pente de toiture est faiblement influencée à partir d'un rayonnement diffus un peu fort.

3. Le débord de toiture

$$\perp(x)$$

Le débord de toiture est proportionnel au rayonnement direct à partir d'un rayonnement direct moyen.

4. Le débord de toiture (stocker)

$$T(I \oplus \perp(I \otimes x \oplus v_h))$$

Le débord de toiture existe faiblement à partir d'un rayonnement direct fort.

5. La proportion de percements

$$I \otimes x$$

La proportion de percements est inversement proportionnelle au rayonnement direct.

6. Le rapport au niveau du sol (humide)

$$T(x) \oplus \perp(h \oplus T(x \oplus I))$$

Le rapport au niveau du sol commence à être influencé par le rayonnement direct "un peu fort".

7. Le rapport au niveau du sol (sec)

$$T(v \otimes (x \oplus I))$$

La maison est enterrée à partir d'un rayonnement direct fort.

La température de l'air (EGC 3) sur :

8. La proportion de percements

$$T(x) \oplus I \otimes \perp (x)$$

Les températures extrêmes réduisent la proportion de percements

9. Le rapport au sol (climat humide)

$$T(x \oplus h) \oplus \perp (h \oplus T(x \oplus vl))$$

Les températures extrêmes affectent le rapport au sol, les températures basses enterrent la maison, les températures hautes décollent la maison du sol.

10. Le rapport au sol (climat sec)

$$T(vl \otimes (x \oplus I))$$

Les températures hautes extrêmes enterrent la maison.

La vitesse du vent (EGC 4) sur :

11. Le débord de toiture

$$I \otimes \perp (x)$$

La vitesse du vent limite la dimension du débord de toiture

12. La proportion de percements

$$I \otimes \perp (x)$$

A partir d'une vitesse du vent moyenne la proportion de percements est inversement proportionnelle à la vitesse du vent.

13. Le rapport au niveau du sol (humide)

$$T(I \oplus \perp (I \otimes x \oplus h))$$

Le rapport au niveau du sol est un peu faible à partir d'une vitesse de vent un peu forte.

La fréquence du vent (EGC 5) sur :

14. Le débord de toiture

$$l \otimes \perp (h \oplus \top (x \oplus l))$$

Le débord de toiture est faiblement influencé par la fréquence du vent.

15. La proportion de percements

$$l \otimes \perp (x)$$

La proportion de percements est inversement proportionnelle à la fréquence du vent à partir d'une fréquence du vent un peu forte.

16. Le rapport au niveau du sol (climat humide)

$$\top (l \oplus \perp (l \otimes x \oplus h))$$

Le niveau du sol est faiblement influencé (enterré) par la fréquence du vent.

La pluviométrie (EGC 6) sur :

17. La pente de toiture

$$\top (v_h \otimes x \oplus h) + \perp (v_h \otimes x \oplus l)$$

La pente de toiture est proportionnelle à la pluviométrie.

18. Le débord de toiture

$$\perp (x)$$

Le débord de toiture est proportionnel à la pluviométrie à partir d'une pluviométrie un peu forte.

19. Le rapport au sol (humide)

$$\perp (h \oplus \top (x + l))$$

La distance au sol est grande à partir d'une pluviométrie forte.

La fréquence de pluie (EGC 7) sur :

20. La pente de toiture

$$\top (v_h \otimes x \oplus h) + \perp (v_h \otimes x \oplus l)$$

La pente de toiture est proportionnelle à la fréquence de pluie.

21. Le débord de toiture

$\perp(x)$

Il y a de débord de toiture à partir d'une pluviométrie un peu forte.

22. Le rapport au niveau du sol

$\top(l \oplus \perp(x \oplus v_h)) \oplus \perp(h \oplus \top(x \oplus v_l))$

Une faible fréquence de pluie permet enterrer la maison.

L'humidité relative (EGC 8) sur :

23. La proportion de percements

$\top(l \oplus \perp(x \oplus v_h)) + \perp(h \oplus \top(x \oplus l))$

La proportion de percements est proportionnelle à l'humidité relative.

24. Le rapport au niveau du sol

$\perp(h \oplus \top(x \oplus l))$

La maison est décollée du sol à partir d'une humidité un peu forte.

La perméabilité du sol (EGC 9) sur :

25. Le débord de toiture

$l \otimes \top(x)$

A partir d'une perméabilité du sol faible le débord de toiture est inversement proportionnel.

26. Le rapport au niveau du sol (humide)

$\perp(h \oplus \top(l \otimes x \oplus l))$

Une basse perméabilité du sol génère des maisons sur pilotis;

ANNEXE 2, Comment lire les fiches d'analyse, du modèle et des résultats

Il y a deux types de fiches pour chaque cas analysé, la FICHE M et la FICHE R. la première fiche correspond au recueil des informations nécessaires au modèle tant de l'environnement géo-climatique que des déterminants architectoniques visibles. La deuxième fiche correspond aux résultats de l'application du modèle et ses résultats.

La fiche modèle, FICHE M (fig. 66) recueille les informations en quatre parties, la première correspond aux informations de l'environnement géo climatique, la latitude, l'altitude et le climat. La deuxième montre les déterminants architectoniques visibles avec son échelle et sa valeur qualitative observés : la pente de toiture, le débord de toiture, la proportion de percements et le rapport au niveau du sol. La troisième illustre l'image analysée avec des photos et schémas utilisés pour estimer l'échelle de chaque déterminant architectonique visible. Finalement, la partie quatre de la fiche M correspond au tableau des variables de l'environnement géo climatiques qui influencent les déterminants architectoniques visibles.

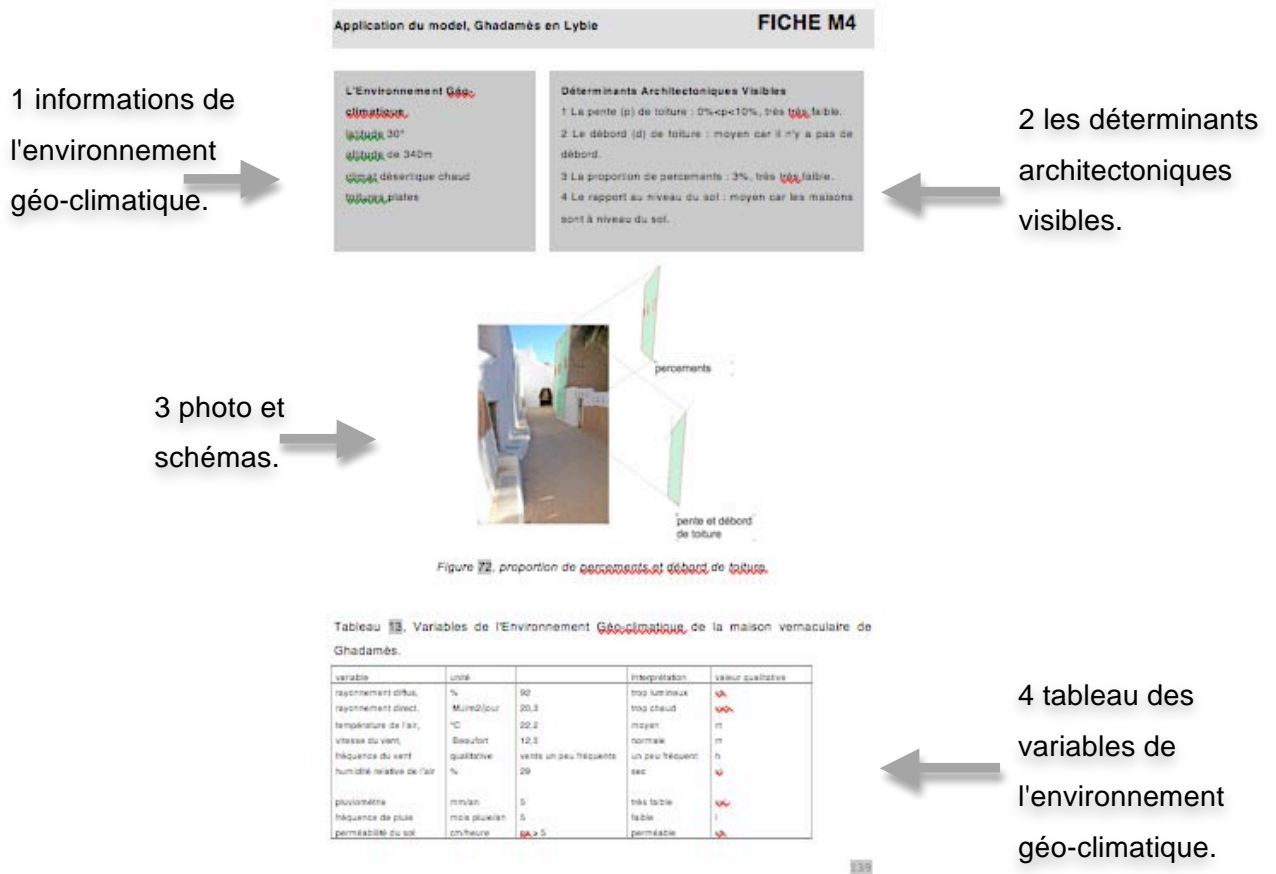


Figure 57, Fiche modèle, informations de l'environnement géo climatique et des déterminants

architectoniques visibles.

La fiche de résultats, FICHE R (fig. 61) est constituée de deux parties, la première partie est interface d'entrée du modèle c'est à dire les variables l'environnement géo climatique. La deuxième partie illustre le résultat du modèle avec l'échelle des déterminants architectoniques visibles, une représentation schématique de la maison et un graphique de radar avec les déterminants architectoniques visibles.

1 variables de l'environnement géo-climatique.

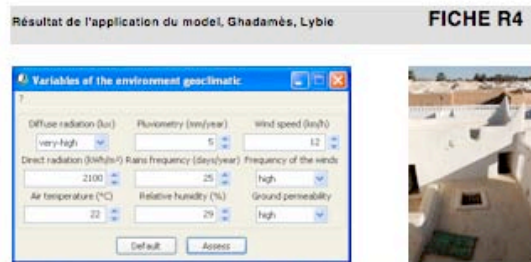


Figure 74. Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Ghadamès, Lybie.

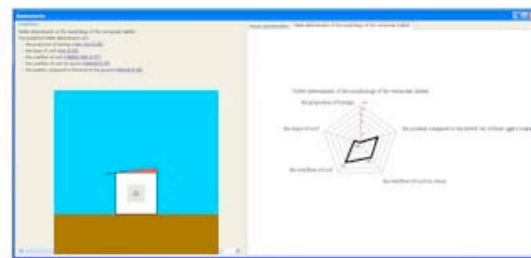


Figure 75. Ghadamès, house representation, and visible determinants of the vernacular habitat.

4 résultats du modèle, représentation de la maison et graphique radar.

Figure 58, fiche de résultats

PARTIE IV

4 Analyse critique du modèle, tester l'efficacité du codage

Le modèle construit précédemment représente formellement les relations d'influence qui lient l'environnement géo climatique aux déterminants architectoniques visibles. Dans cette Partie, la relation d'influence formalisée sera testée sur sept cas d'architecture vernaculaire dans des différents localisations du monde: Castro au Chili, Valence en Espagne, Marquèze en France, Ghadamès en Lybie, Tombouctou au Mali, Bergen en Norvège et Temuco au Chili. Le test permettra valider la robustes du modèle a partir de la comparaison entre les déterminants architectoniques visibles modélisés et les déterminants architectoniques visibles observés sur les maisons vernaculaires des environnements géo-climatiques choisis.

Deuxièmement le modèle sera essaye sur trois propositions théoriques d'architecture locale inspirées de la maison vernaculaire des Landes en France. De même le modèle sera appliqué au Chili sur trois cas d'architecture actuelle inspirée de l'architecture vernaculaire mapuche : *l'Aldea Intercultural Trawü Peyüm* à Curarrehue, le *Centro de Capacitación Indígena Afunalhue* à Licanrray et la *Ruca Ceremonial y Cultural* à Huechuraba, Chili. Cet essai permettra d'initier une discussion sur l'application du modèle sur l'architecture récente.

Ces deux tests du modèle seront réalisés à l'aide du logiciel *Qualis* © de l'INRA qui travaille avec les 9 variables de l'EGC comme entrée et donne les 4 variables de sortie DAV correspondants sous forme de données, une schématisation graphique de la maison et un graphique de radar.

Le graphique de radar représente, en couleur bleu, les résultats des DAV (pente de toiture, débord de toiture, proportion de percements et rapport au niveau du sol) obtenus de la modélisation. Nous avons complété cette représentation avec les DAV observés, cette fois en couleur rouge. Les valeurs obtenues, sur une échelle à sept niveaux (vvl, vl, l, m, h, vh, vvh) sont tracées le long des axes qui commencent au centre du graphique.

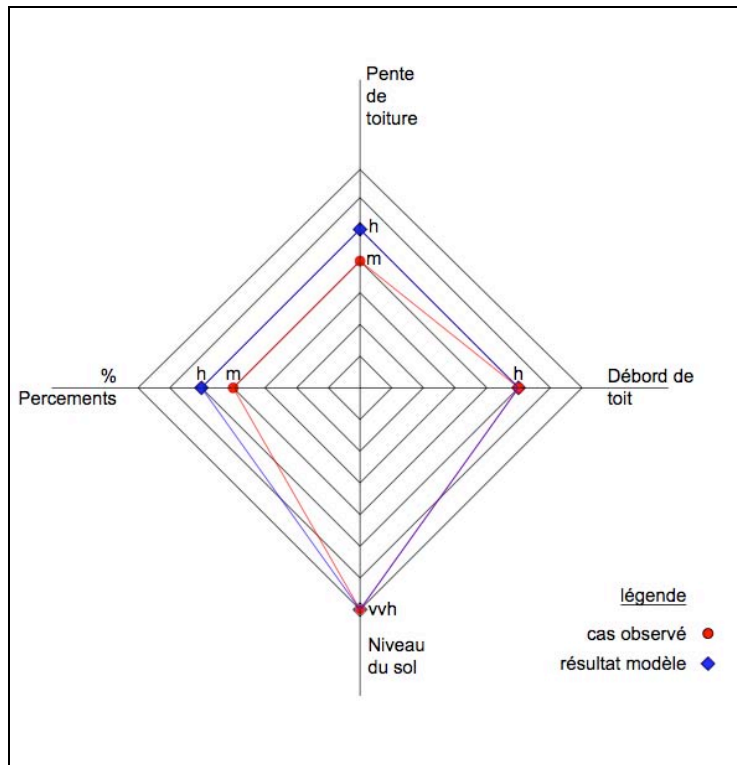


Figure 59, Exemple de graphique de radar DAV.

4.1 Application du modèle

4.1.1. Echelle qualitative des Déterminants Architectoniques Visibles (DAV)

Les déterminants architectoniques visibles des cas d'observés seront analysées selon l'échelle qualitative des DAV : la pente de toiture, le débord de toit, la proportion de percements et le niveau de la maison par rapport au sol (Tableaux 17 et 18).

Tableau 17, Echelle qualitative des Déterminants Architectoniques Visibles

échelle qualitative des DAV								
DAV		vvl	vl	l	m	h	vh	vvh
Pente de toiture	%	[0,5[	[5,10[	[10,20[	[20,40[	[40,60[	[60,80[	pente>80
débord de toit	h	sans	sans	sans	sans	[0, 0.25[	[0.25, 0.5[	débord >0.5
% percements	%	[0,6[	[6,10[	[10,20[	[20,30[	[30,50[	[50,80[	>80
niveau rapport au sol	h	< -1	[-1, -0.5[	[-0.5, 0[	0	[0, 0.5[	[0.5, 1[	>1

Tableau 18, interprétation de l'échelle qualitative des DAV

interprétation de l'échelle qualitative des DAV								
	vvl	vl	l	m	h	vh	vvh	
Pente de toiture	très faible	faible	un peu faible	moyenne	un peu forte	forte	très forte	
débord de toit	moyen	moyen	moyen	moyen	un peu grand	grand	très grand	
% percements	très faible	faible	un peu faible	moyen	un peu grand	grand	très grand	
niveau rapport au sol	enterré	semi enterré	un peu enterré	moyen	un peu haut	haut	très haut	

La pente de toiture qui correspond à l'angle de la surface du toit par rapport à un plan horizontal sera exprimée en pourcentage pour déterminer les sept intervalles de pente suivantes : entre 0% et 10% est considéré "très faible", entre 10% et 20% est considéré "faible", entre 20% et 40% est considéré "moyen", entre 40% et 60% est considéré "un peu forte", entre 60% et 80% est considéré "forte" et supérieur à 80% est considéré "très forte".

Le débord de toit qui correspond au sailli du toit vers l'extérieur des murs sera considéré comme une protection de la façade extérieur du mur en proportion à la hauteur (h) du mur pour déterminer les quatre intervalles de débord suivantes : entre 0 et 0,1m sans débord, entre 0 et 0.25h sera considéré "un peu grand", entre 0.25h et 0.5h sera considéré "grand", et d>0.5h sera considéré "très grand".

La proportion de percements qui correspond au rapport entre murs et ouvertures dans le mur de la maison sera exprimé en pourcentage pour déterminer les sept intervalles suivantes : entre 0% et 0.6% est considéré "très faible", entre 0.6% et 10% est considéré "faible", entre 10% et 20% est considéré "un peu faible", entre 20 et 30% est considéré "moyen", entre 30% et 50% est considéré "un peu forte", entre 50 et 80% est considéré "forte" et 80% et supérieur sera considéré "très forte".

Le niveau de la maison par rapport au sol naturel sera exprimé comme une proportion par rapport à la hauteur de la maison (hm) pour déterminer les sept intervalles suivantes : < -1hm est considéré "enterré", entre -1hm et -0.5hm est considéré "semi enterré", entre -0.5hm et 0hm est considéré "un peu enterré", 0hm est considéré "moyen", entre 0hm et 0.5hm est considéré "un peu haut", entre 0.5hm et 1hm est considéré "haut" et supérieur à 1hm est considéré "très haut".

4.1.2 Choix des cas d'analyse

La modélisation a été faite sur 7 cas d'habitats vernaculaires dans lesquels nous avons observé :

- des maisons sur pilotis (Palafitos) avec un niveau de plancher très haut par rapport au niveau du sol à Castro dans l'Archipel de Chiloé au Chili, situé dans la latitude 42°S à une altitude de 11m sous un climat tempéré frais et humide,
- des maisons enterrées avec un niveau de plancher très bas par rapport au sol à Valence en Espagne situées sur la latitude 39°N à une altitude de 70m sous un climat méditerranéen semi-aride,
- des façades avec un très bas pourcentage de percements à Marquèze en France situé sur la latitude 44°N à une altitude de 80m sous un climat tempéré frais,
- des maisons à toiture plate au Ghadamès en Lybie situé sur la latitude 30°N à une altitude de 340m sous un climat désertique chaud,
- des maisons à toiture plate à Tombouctou au Mali situé sur la latitude 16°N à une altitude de 270m sous un climat désertique chaud,
- des maisons à toiture pentue à Bergen en Norvège situé sur la latitude 60°N à une altitude de 5m sous un climat tempéré frais
- et en fin des maisons sans fenêtres à Temuco au Chili situé sur la latitude 38°S à une altitude de 150m sous un climat tempéré frais.

Tableau 19, Déterminants Architectoniques Visibles remarquables dans 7 cas d'habitat vernaculaire

Cas	Latitude	altitude m.	climat	pente de toiture	débord de toiture	% percements	rapport au niveau du sol
Castro	42°S	11	tempéré frais et humide	moyenne	grand	moyen	très haut
Valence	39°N	70	méditerranéen semi-aride	très faible	moyen	faible	très bas
Marquèze	44°N	80	tempéré frais	moyenne	grand	très faible	moyen
Ghadamès	30°N	340	désertique chaud	très faible	moyen	très faible	moyen
Tombouctou	16°N	270	désertique chaud	très faible	moyen	très faible	moyen
Bergen	60°N	5	tempéré frais	très forte	moyen	grand	moyen
Temuco	38°S	150	tempéré frais	très forte	grand	faible	moyen

Tableau 20, Déterminants Architectoniques Visibles observés dans 7 cas d'habitat vernaculaire

Valeur qualitative des Déterminants Architectoniques Visibles observés				
Cas	pente de toiture	débord de toiture	% percements	niveau rapport au sol
Castro	m	h	m	vvh
Valence	vvf	m	l	vvf
Marquèze	m	h	vvf	m
Ghadamès	vvf	m	vvf	m
Tombouctou	vvf	m	vf	m
Bergen	vvh	h	h	m
Temuco	vvh	h	l	m

4.1.3 Les donnes climatiques

Les documents utilisés sont : le Facteur Lumière du Jour (FLJ) disponible >8500 lux CIE - Commission Internationale de l'Eclairage, Climwat et Cropwat, FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Energyplus, U.S Department of Energy et Worldweather de L'Organisation météorologique mondiale (OMM), des Nations Unies.

Le critère de sélection des bases de données climatiques a été défini par l'accès à une information universelle. Des différentes sources d'information des données climatiques contiennent de l'information pour obtenir les caractéristiques de l'environnement géo-climatique nécessaires au modèle : EnergyPlus Energy Simulation Software de U.S. Department of Energy/ Energy Efficiency & Renewable Energy ;The World Meteorological Organization (WMO) institution spécialisée des Nations Unies; CROPWAT 8.0 a FAO computer program for the calculation of crop water requirements and irrigation requirements based on soil, climate and crop data. backward compatibility to allow use of data from

CLIMWAT database. Possibility to estimate climatic data in the absence of measured values; CIE - Commission Internationale de l'Eclairage (graphique de Pourcentage d'heures entre 9h00 et 17h00 où le niveau d'éclairage est disponible ou dépassé (Paul B. et al. 2008).

La fiabilité des sources a été vérifiée en observant la précision de l'unité de mesure. Pour déterminer Le rayonnement diffus l'unité de mesure utilisé a été le Facteur Lumière du Jour (FLJ), spécifiquement la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairage extérieur en fonction de la latitude. Pour le rayonnement direct Cropwat FAO donne MJ/m²/day de radiation solaire directe, Energyplus donne Wh/m² de radiation solaire directe. Pour la température de l'air Cropwat FAO donne °C (Min, Max), Energyplus donne Dry Bulb temperatures °C (Daily Avg) et Worldweather.wmo, °C (Daily Minimum, Daily Maximum).

Pour la pluviométrie Cropwat FAO donne la précipitation totale annuelle en avec une précision de mm, et The World Meteorological Organization avec une précision de mm sur le "Mean Total Rainfall". Pour les Rains frequency (days/year) nous avons utilisé The World Meteorological Organization. Pour la Relative humidity (%) nous disposons de Cropwat FAO avec une unité de pourcentage par rapport à un pourcentage annuel, aussi Energyplus avec le pourcentage moyen annuel. Pour le Wind speed (Km/h) nous avons utilisé Cropwat avec km/jour comme unité et Energyplus avec les vitesses maximales du vent en m/s.

Tableau 21, Documents utilisées, les données retenues sont soulignées en gras.

variable	document	unité de mesure	donnée utilisé
Rayonnement diffus	Cropwat FAO	sun hours (day)	moyenne annuelle
	Energyplus	Wh/m ²	moyenne mensuelle
	FLJ	% temp disponibilite de 8500 lux ext.	
Rayonnement direct	Cropwat FAO	MJ/m²/day	moyenne
	Energyplus	Wh/m ²	moyenne
Température de l'air	Cropwat FAO	°C (Min, Max)	moyenne
	Energyplus	Dry Bulb temperatures °C (Daily Avg)	statistique mensuelle
	worldweather.wmo	°C (Daily Minimum, Daily Maximum)	moyenne
Pluviométrie	Cropwat FAO	mm	Précipitation totale annuelle
	worldweather.wmo	mm	extrêmes moyennes
Fréquence de pluie	Cropwat FAO	mm	total mensuel
	worldweather.wmo	Rain Days (Month)	moyenne
Humidité relative de l'air	Cropwat FAO	%	moyenne annuelle
	Energyplus	% (Daily Avg)	moyenne annuelle
Vitesse du vent	Cropwat FAO	km/day	moyenne annuelle

	Energyplus	m/s	extrêmes
Fréquence du vent	Cropwat FAO	à estimer sur wind speed (monthly)	estimation
	Energyplus	à estimer sur Monthly Statistics for Wind Speed m/s	
Perméabilité du sol	Classification de sols FAO	type de sol	estimation

4.1.4 Application du modèle sur 7 cas d'architecture vernaculaire

L'application du modèle est présentée selon les fiches d'analyse suivantes : la fiche du modèle (Fiche M) et la fiche de résultats (Fiche R). La fiche M correspond au recueil des informations tant de l'environnement géo-climatique que de l'observation des déterminants architectoniques visibles, nécessaires pour la vérification du modèle. Pareillement La fiche R correspond à l'application du modèle et ses résultats. La fiche M contient des Déterminants Architectoniques Visibles observés et les caractéristiques de l'Environnement Géo-climatique. La Fiche R contient l'entrée dans le modèle, à travers l'interface du logiciel *Qualis* ©, des variables de l'Environnement Géo-climatique et les Déterminants Architectoniques Visibles sortis du modèle aussi qu'un graphique de radar pour représenter les DAV de la maison vernaculaire.

L'Environnement Géo-

climatique

latitude : 41°S

altitude : 11m

climat: tempéré frais et humide

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente (p) de toiture : entre 20% et 40%, moyenne.

2 Le débord (d) de toiture : <1/4h, un peu grand.

3 La proportion de percements : 20%, moyenne.

4 Le rapport au niveau du sol : >1, très haut.

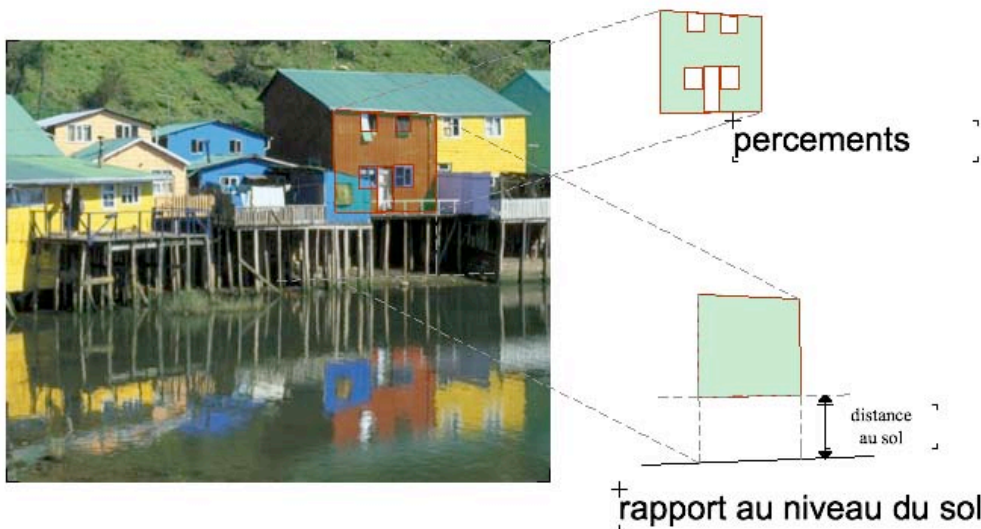


Figure 60, Proportion de percements et rapport au niveau du sol de la maison vernaculaire de Castro.

Tableau 22, Variables de l'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Castro

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	85	normal	m
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	8,5	manque de chaleur	vl
température de l'air,	°C	9,6	légèrement froid	l
vitesse du vent,	Beaufort	18	normale	m
fréquence du vent	qualitative		moyennement fréquent	m
humidité relative de l'air	%	88	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	1154	forte	h
fréquence de pluie	mois pluie/an	12	très forte	vh
perméabilité du sol	cm/heure	< 0.05	impermeable	vl

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Castro

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 41°S (correspondant à Castro) est de 85% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus "normal".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT:

- le rayonnement direct moyen annuelle à Castro est de 8,5 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "très faiblement chaud",
- la température moyenne annuelle de l'air est 9,6. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré "un peu froid".
- la vitesse du vent est 18 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré "normale".
- la fréquence du vent est vents moyennement fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée " moyennement fréquent ".
- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 88%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "trop humide".
- la pluviométrie annuelle est 1154mm. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée "forte".
- la fréquence de la pluie est 12 mois avec la présence de pluie. Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée "très forte".

Finalement, il s'agit d'un cas où le sol est saturé d'eau donc sera considérée comme "imperméable".

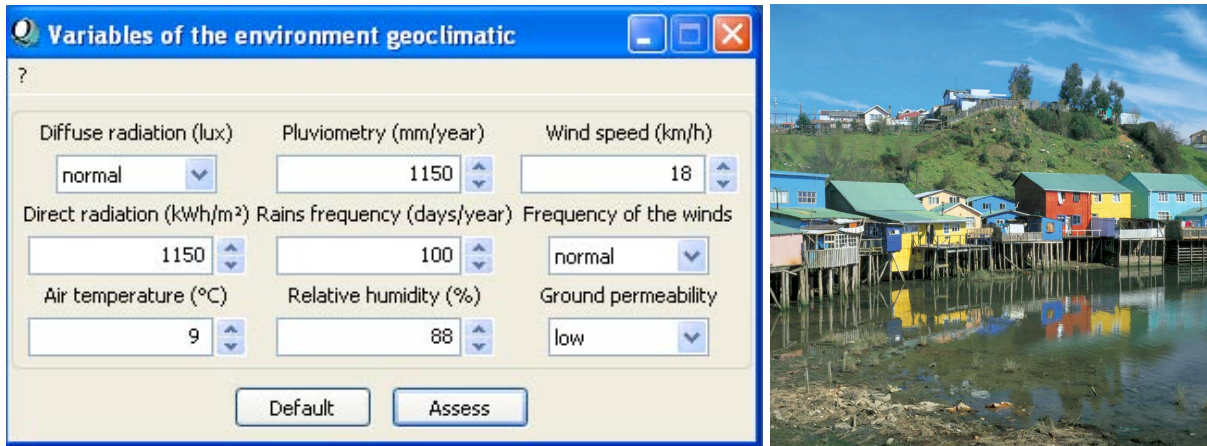


Figure 61, variables de l'environnement géo climatique et maisons sur pilotis au archipel de Chiloé, Chili.

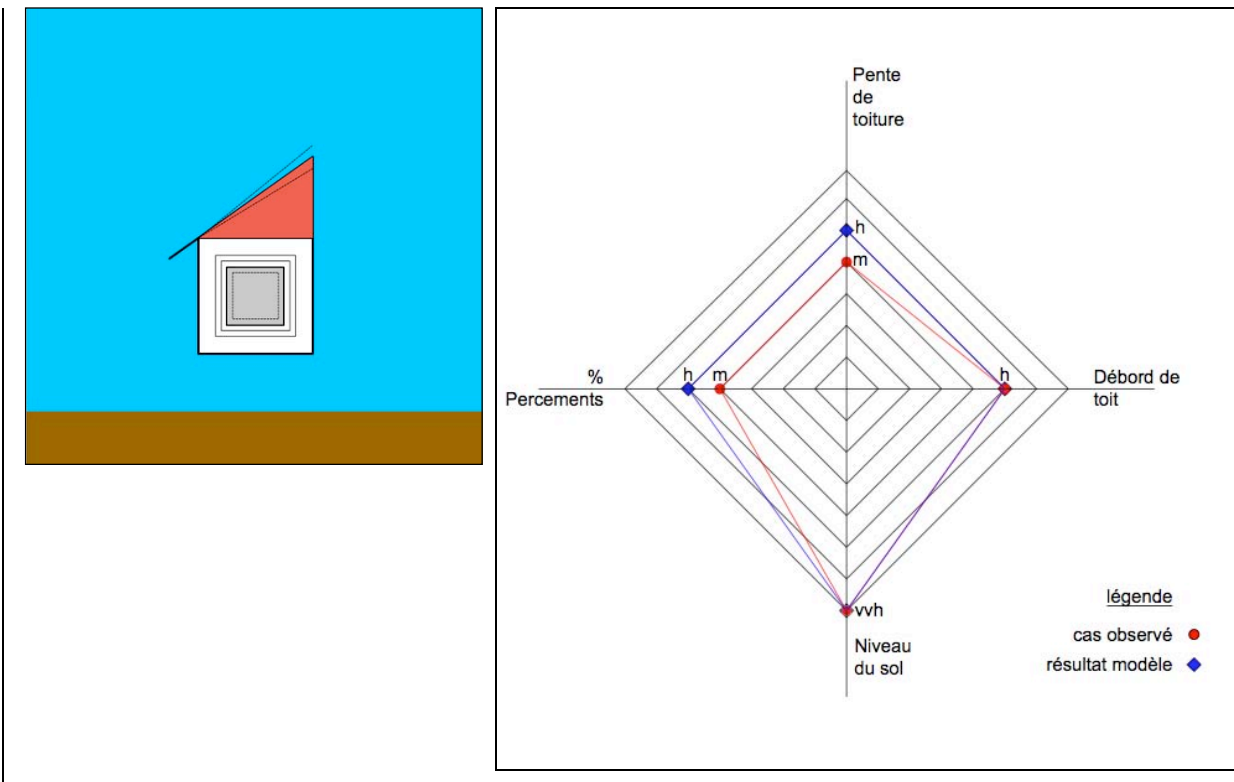


Figure 62, Castro, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 1 du modèle, ville de Castro dans l'Archipel de Chiloé au Chili

L'application 1 du modèle montre que les DAV représentés tels que la proportion de percements "un peu grand" (h), la pente de toit "un peu forte" (h), le débord de toiture "un peu grand" (h), et la position de la maison par rapport au sol naturel "très haut" (vvh) correspondent bien aux DAV observés dans la maison vernaculaire de Castro car ils sont dans l'écart inférieur à 2 niveaux dans l'échelle qualitative ce qui est considéré "acceptable".



<p>L'Environnement Géo-climatique</p> <p>latitude 39°N</p> <p>altitude 70m</p> <p>climat méditerranéen semi-aride</p>	<p>Déterminants Architectoniques Visibles</p> <p>1 La pente (p) de toiture : <10%, très faible.</p> <p>2 Le débord (d) de toiture : moyen car il n'y a pas dans le cas observé.</p> <p>3 La proportion de percements : 17%, faible.</p> <p>4 Le rapport au niveau du sol : très bas car il s'agit de maisons enterrées.</p>
--	---

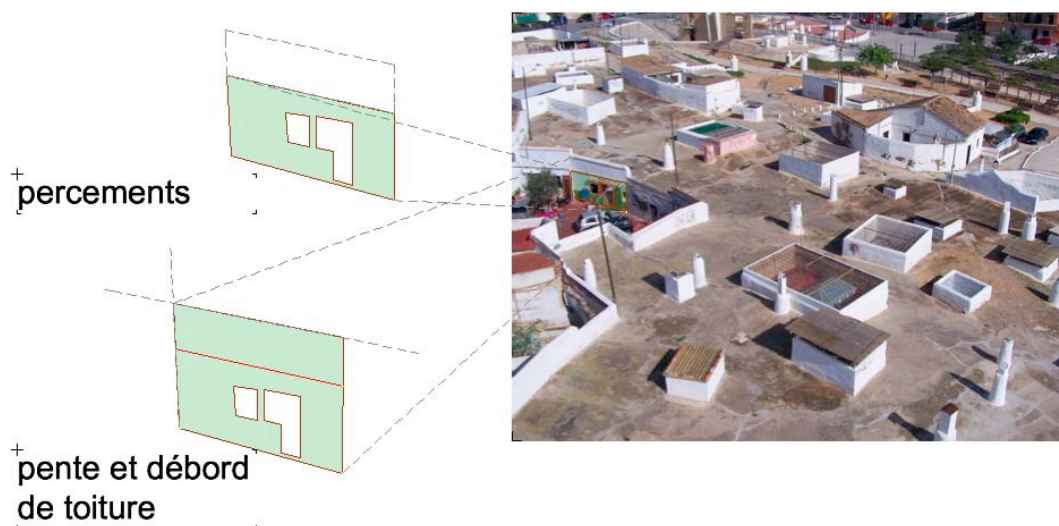


Figure 63, Valence, proportion de percements, pente et débord de toiture.

Tableau 23, Variables de l'environnement géo climatique de la maison vernaculaire de Valence

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	87,5	<i>un peu trop lumineux</i>	h
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	14,1	normal	m
température de l'air,	°C	17,5	moyen	m
vitesse du vent,	Beaufort	15	normale	m
fréquence du vent	qualitative		moyennement fréquent	m
humidité relative de l'air	%	65	humide	vh
pluviométrie	mm/an	433	un peu faible	l
fréquence de pluie	mois pluie/an	4	faible	l
perméabilité du sol	cm/heure	entre 1.3 et 5	un peu perméable	h

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Valence en Espagne

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 39°N (correspondant à Valence) est de 87,5% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus "un peu trop lumineux".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT:

- le rayonnement direct moyen annuel à Valence est de 14,1 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "très faiblement chaud".
- la température moyenne annuelle de l'air est 17,5. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré "moyen".
- la vitesse du vent est 15 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré "un peu calme".
- la fréquence du vent est vents moyennement fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée " moyennement fréquent ".
- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 65%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "humide".
- la pluviométrie annuelle est 433mm. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée " un peu faible ".
- la fréquence de la pluie est 4 mois avec la présence de pluie (qui dépassent sa pluviométrie moyenne annuelle). Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée "faible".

Finalement, selon la perméabilité moyenne de sols de textures différentes (cm/heure) FAO, il s'agit d'un cas où le sol est de type calcaire donc sera considérée comme "perméable".

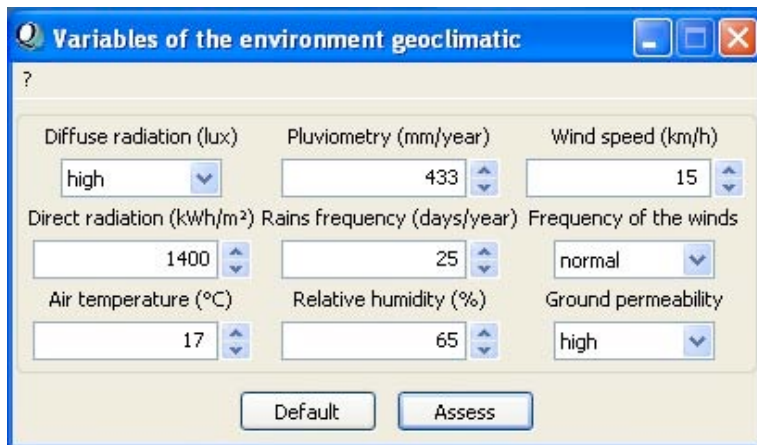


Figure 64, Variables de l'environnement géo climatique et des maisons souterraines en Valence, Espagne.

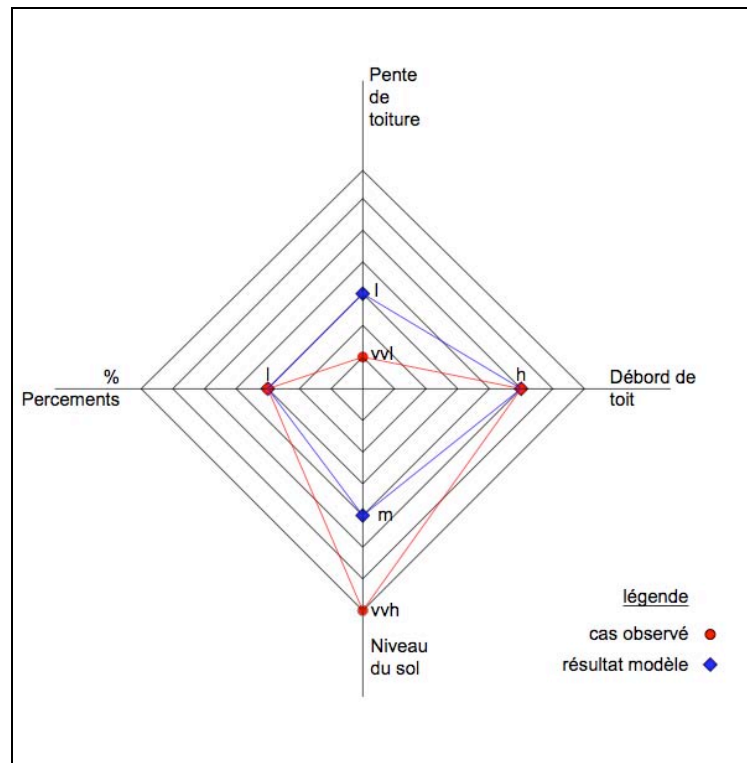
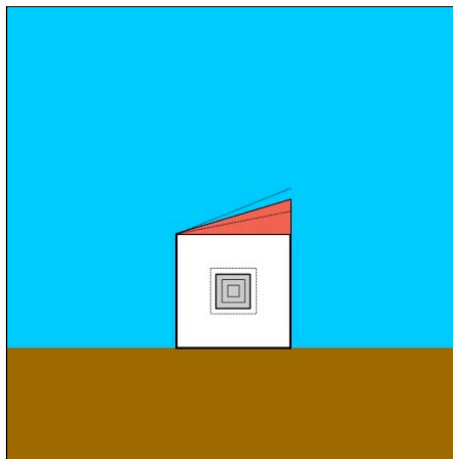


Figure 65, Valence, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 2 du model, Valence, Espagne.

L'application 2 du model montre que les DAV représentés tels que : la proportion de percements " un peu faible" (l), le débord de toiture "sans" (l), correspondent bien aux DAV observés. Cependant la pente de toiture "un peu faible" (l) a un écart de deux niveaux dans l'échelle qualitative. Aussi la position de la maison par rapport au sol naturel "moyen" (m) n'est pas bien représentée car nous avons observé des maisons enterrées.

La différence dans le DAV *pente de toiture et position de la maison par rapport au sol naturel* entre le cas de la maison observée et le résultat du modèle concerne les fonctions de couverture et étanchéité ainsi que les fonctions de chauffage, refroidissement, ventilation et étanchéité respectivement.

Par conséquent, les fonctions couverture et étanchéité sont influencés par les variables de l'EGC suivantes : la pluviométrie et la fréquence de la pluie.

Pareillement, les fonctions de chauffage, refroidissement, ventilation et étanchéité sont influencés par les variables de l'EGC suivantes : le rayonnement direct, la température de l'air, l'humidité de l'air, la pluviométrie, la fréquence de la pluie et la perméabilité du sol.

Des motivations socio culturels seraient à l'origine des maisons enterrées de Paterna, Valence, Espagne car elles correspondraient à un héritage culturel de l'invasion arabe en Espagne.

L'Environnement Géo-

climatique

latitude 44°N

altitude de 80m

climat tempéré frais

c

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente (p) de toiture : entre 20% et 40%, moyenne.

2 Le débord (d) de toiture : <math>< 1/4h</math>, un peu grand.

3 La proportion de percements : 3%, très faible.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

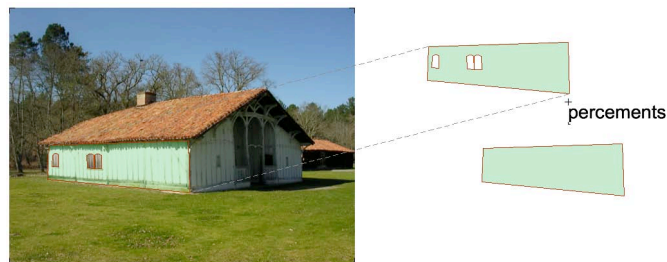


Figure 66, Aerial landais, proportion de percements.



Figure 67, Aerial landais, débord de toiture et pente de toiture.

Tableau 24, Variables de l'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Marqueze,.

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	83	normal	m
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	11,7	léger manque de chaleur	l
température de l'air,	°C	16,8	légèrement froid	l
vitesse du vent,	Beaufort	11,3	un peu calme	l
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	82	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	923	moyenne	m
fréquence de pluie	mois pluie/an	12	très forte	vh
perméabilité du sol	cm/heure	≥ 5	perméable	vh

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Marqueze, France

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 44°N (correspondant à Marqueze) est de 83% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus "normal".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT:

- le rayonnement direct moyen annuel à Castro est de 11,7 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "très faiblement chaud".
- la température moyenne annuelle de l'air est 16,8. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré "légèrement froid".
- la vitesse du vent est 11,3 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré "un peu calme".
- la fréquence du vent est vents moyennement fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée " un peu fréquent ".
- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 82%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "trop humide".
- la pluviométrie annuelle est 923mm. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée " moyenne ".
- la fréquence de la pluie est 12 mois avec la présence de pluie (qui dépassent sa pluviométrie moyenne annuelle). Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée " très forte".

Finalement, selon la perméabilité moyenne de sols de textures différentes (cm/heure) FAO, il s'agit d'un cas où le sol est de type sableux donc sera considérée comme "perméable".

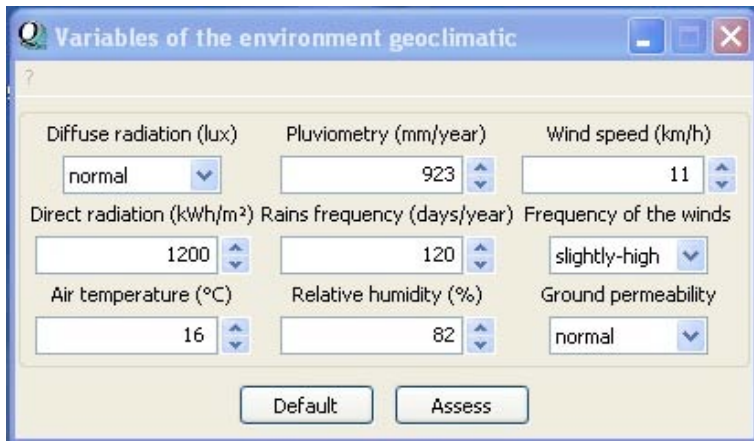


Figure 68, Variables de l'environnement géo-climatique et des maison vernaculaire des Landes, France.

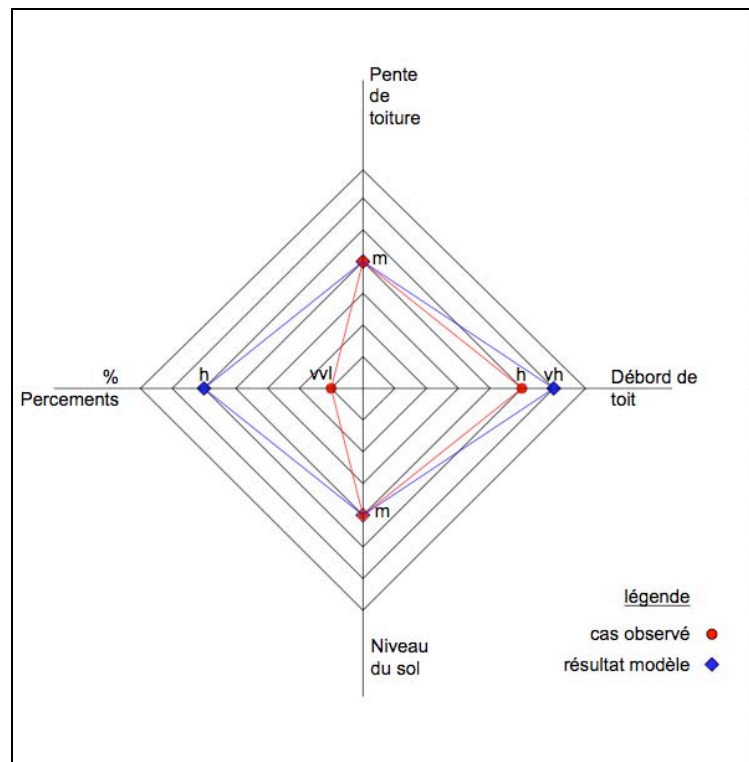
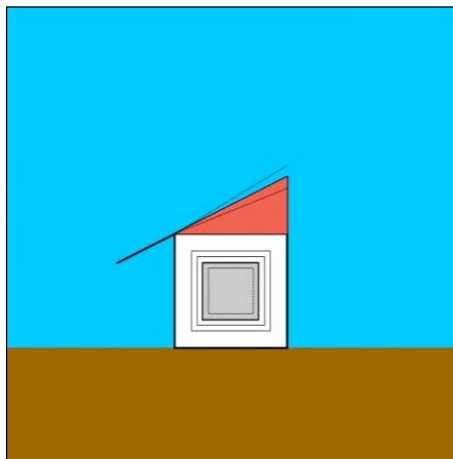


Figure 69, Marquèze, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 3 du modèle, l'Aïrial de Marqueze, France.

L'application 3 du modèle montre que les DAV représentés tels que : la pente de toit "moyenne" (m), le débord de toiture "un peu grand" (h), et la position de la maison par rapport au sol naturel "moyen" (m) correspondent bien aux DAV observés dans la maison vernaculaire des Landes, France. Cependant la proportion de percements "moyen" (h), ne représente pas le cas observé dont la proportion de percements est "très faible" (vvl) donc deux niveaux d'écart dans l'échelle qualitative entre la proportion modélisée et le cas observé. La différence dans le DAV *proportion de percements* entre le cas de la maison observée et le résultat du modèle concerne les fonctions de éclairage, chauffage, refroidissement, et de ventilation. Par conséquent, le cas observé à Marquèze implique les variables de l'EGC suivantes : Le rayonnement direct, la température de l'air, l'humidité de l'air, la pluviométrie, la fréquence de la pluie et la perméabilité du sol.

L'Environnement Géo-climatique

latitude 30°

altitude de 340m

climat désertique chaud

toitures plates

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente (p) de toiture : <10%, très très faible.

2 Le débord (d) de toiture : moyen car il n'y a pas de débord.

3 La proportion de percements : 3%, très très faible.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car les maisons sont à niveau du sol.

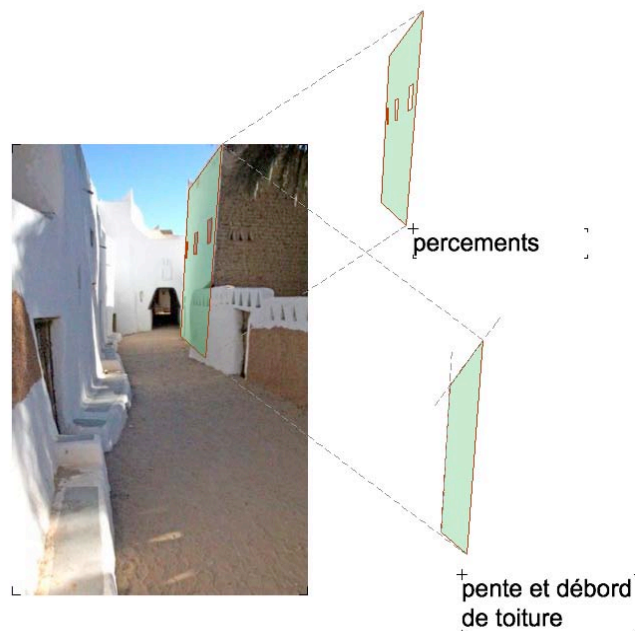


Figure 70, proportion de percements et débord de toiture.

Tableau 25, Variables de l'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Ghadamès.

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	92	trop lumineux	vh
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	20,3	trop chaud	vvh
température de l'air,	°C	22,2	moyen	m
vitesse du vent,	Beaufort	12,5	normale	m
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	29	sec	vl
pluviométrie	mm/an	5	très faible	vv
fréquence de pluie	mois pluie/an	5	faible	l
perméabilité du sol	cm/heure	5	perméable	vh

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Ghadamès

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 30°N (correspondant à Ghadamès) est de 92% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus " trop lumineux ".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT,

- le rayonnement direct moyen annuel à Castro est de 20,3 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "trop chaud".

- la température moyenne annuelle de l'air est 22,2. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré "moyen".

- la vitesse du vent est 12,5 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré "normale".

- la fréquence du vent est vents moyennement fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée " un peu fréquent ".

- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 29%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "sec".

- la pluviométrie annuelle est 5 mm. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée " très faible ".

- la fréquence de la pluie est 5 mois avec la présence de pluie (qui dépassent sa pluviométrie moyenne annuelle). Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée " faible".

Finalement, selon la perméabilité moyenne de sols de textures différentes (cm/heure) FAO, il s'agit d'un cas où le sol de type sableux donc sera considérée comme "perméable".

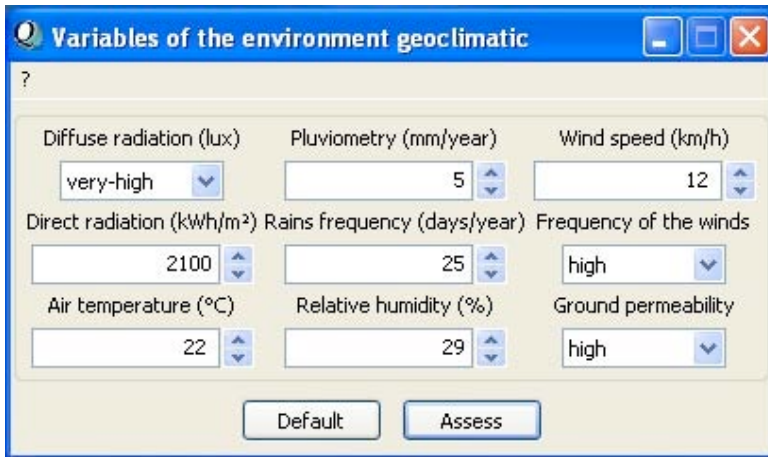


Figure 71, Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Ghadamès, Lybie.

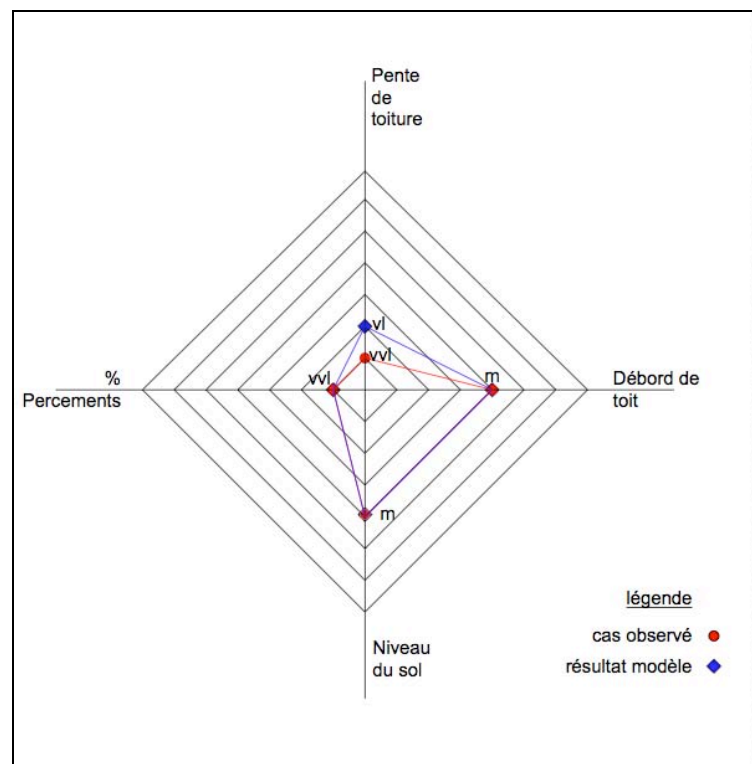
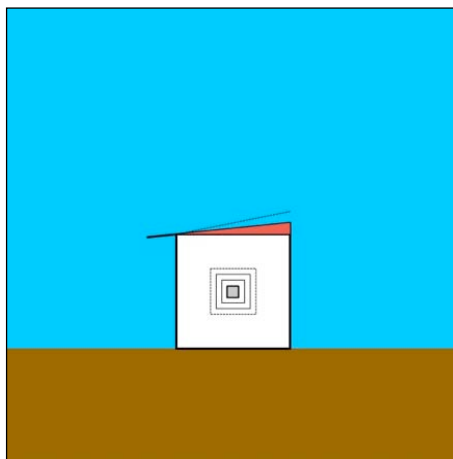


Figure 72, Ghadamès, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 4 du modèle, Ghadamès, Lybie.

L'application 4 du model montre que les DAV représentés tels que : la proportion de percements "très faible" (vvl), la pente de toit "faible" (vl), le débord de toiture "moyen" (m), et la position de la maison par rapport au sol naturel "un peu enterré" (l) correspondent bien aux DAV observés dans la maison vernaculaire de Ghadamès, Lybie.

L'Environnement

Géo-climatique

Latitude 16°N

Altitude 270m

Climat désertique chaud

Toitures plates

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente (p) de toiture : <10%, très faible.

2 Le débord (d) de toiture : moyen car il n'y a pas de débord dans le cas observé.

3 La proportion de percements : 8%, faible.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car les maisons sont à niveau du sol.

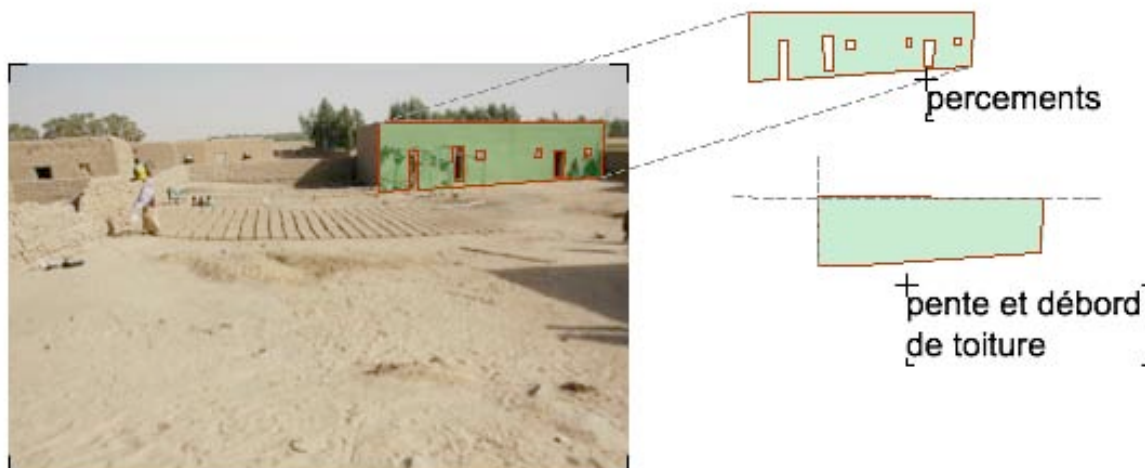


Figure 73, Proportion de percements = 8% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 8% correspond à l'échelle qualitative faible (vl).

Tableau 26, Variables de l'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Tombouctou.

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	95	beaucoup trop lumineux	vvh
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	20,4	trop chaud	vvh
température de l'air,	°C	28,65	chaud	vh
vitesse du vent,	Beaufort	8,6	un peu calme	l
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	38	normale	m
pluviométrie	mm/an	160,9	faible	vl
fréquence de pluie	mois pluie/an	4	faible	l
perméabilité du sol	cm/heure	≥ 5	perméable	vh

ANNEXE FICHE M5

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire de Tombouctou, Mali

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 16°N (correspondant à Tombouctou) est > 95% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus " beaucoup trop lumineux ".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT,

- le rayonnement direct moyen annuelle à Tombouctou est de 20,4 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "trop chaud".

- la température moyenne annuelle de l'air est 29. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré "chaud".

- la vitesse du vent est 8,6 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré "un peu calme".

- la fréquence du vent est vents un peu fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée " un peu fréquents".

- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 38%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "normale".

- la pluviométrie annuelle est 160,9 mm. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée " faible ".

- la fréquence de la pluie est 4 mois avec la présence de pluie (qui dépassent sa pluviométrie moyenne annuelle). Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée " faible".

Finalement, selon la perméabilité moyenne de sols de textures différentes (cm/heure) FAO, il s'agit d'un cas où le sol de type sableux donc sera considérée comme "perméable".

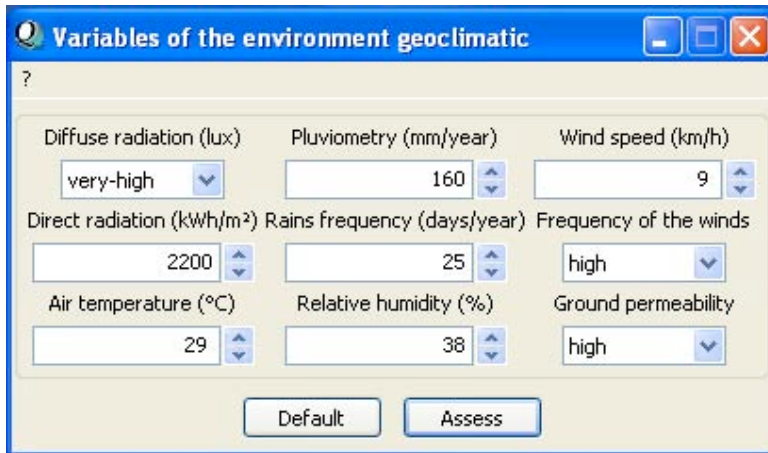


Figure 74, variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Tombouctou, Mali.

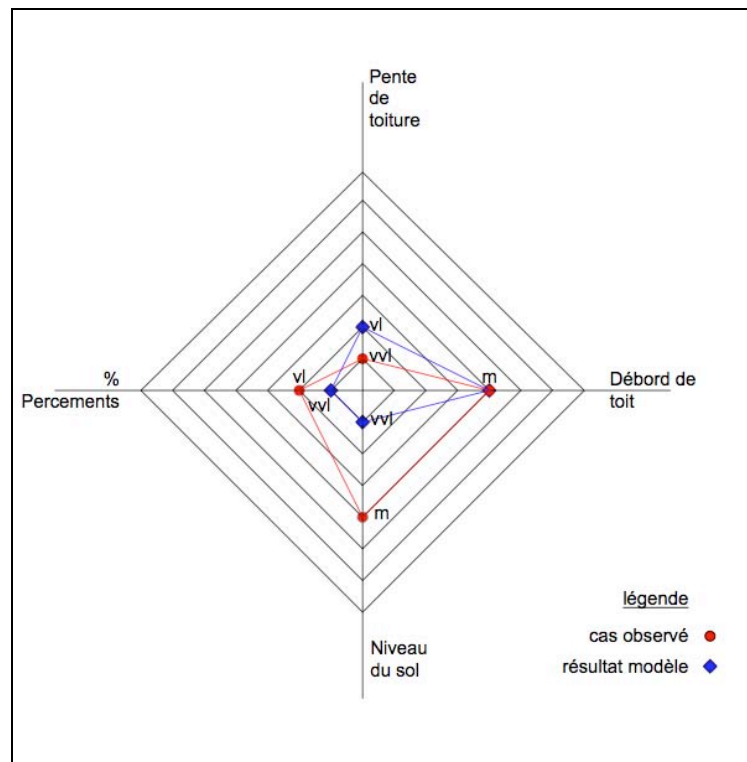
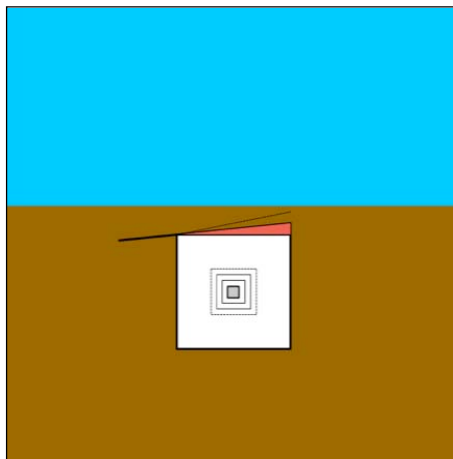


Figure 75, Tombouctou, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 5 du modèle, Tombouctou, Mali.

L'application 5 du modèle montre que les DAV représentés tels que : la proportion de percements "faible" (vl), la pente de toit "faible" (vl), le débord de toiture "sans" (m). Correspondent bien aux DAV observés dans la maison vernaculaire de Tombouctou, Mali. Cependant le résultat du modèle indique une position de la maison par rapport au sol naturel "enterré" (vvl) donc un écart avec le cas observé de deux niveaux dans l'échelle qualitative.

La différence dans le DAV *position de la maison par rapport au sol naturel* entre le cas de la maison observée et le résultat du modèle concerne les fonctions de chauffage, de refroidissement, de ventilation et d'étanchéité.

Par conséquent, le cas observé à Tombouctou implique les variables de l'EGC suivantes : Le rayonnement direct, la température de l'air, l'humidité de l'air, pluviométrie, la fréquence de la pluie et la perméabilité du sol. Les variables EGC pluviométrie, fréquence de pluie et perméabilité du sol sont considérées comme des variables qui pourraient empêcher une construction enterrée. Toutefois le résultat du modèle indique "enterré" pour ce DAV donc l'effet des trois variables EGC : pluviométrie, fréquence de la pluie et perméabilité du sol reste insignifiant. Nous estimons que cette différence peut être due à une insuffisance dans l'échelle de perméabilité choisie qui manque d'information pour représenter la complexité de la variable perméabilité du sol (DAV 9).

L'Environnement**Géo-climatique**

latitude 60°N

altitude de 5m

sous un climat tempéré frais,

toitures pentues

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente de toiture : 100%, très forte.

2 Le débord (d) de toiture : <0.5, un peu grand.

3 La proportion de percements : 40%, grande.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

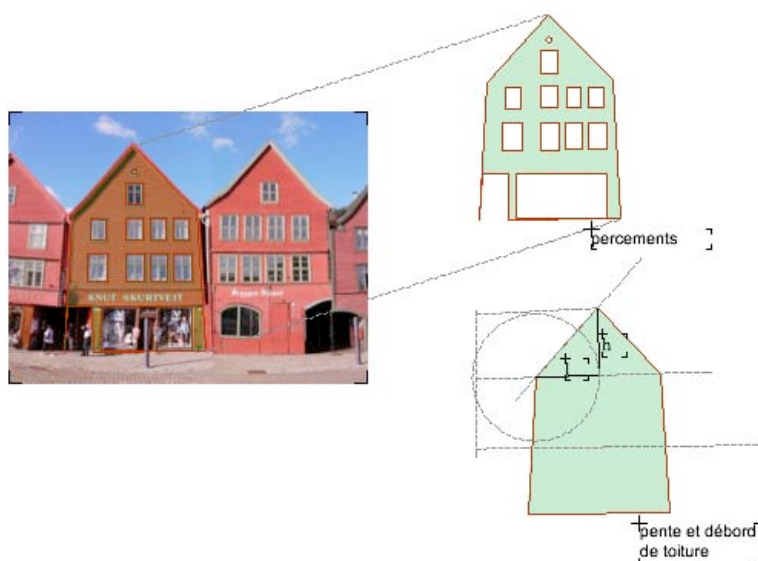


Figure 76, Proportion de percements = 40% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 40% correspond à l'échelle qualitative grand pourcentage de percements (h).

Tableau 27, Variables de l'Environnement Géo-climatique des maison vernaculaires de Bergen.

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	62	sombre	vl
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	8,9	manque de chaleur	vl
température de l'air,	°C	3,2	froid	vl
vitesse du vent,	Beaufort	11,3	un peu calme	l
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	83	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	570	moyenne	m
fréquence de pluie	mois pluie/an	6	normal	m
perméabilité du sol	cm/heure	entre 1.3 et 5	un peu perméable	h

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire Bergen en Norvège

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 60°N (correspondant à Bergen) est de 62% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus "sombre".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT,

- le rayonnement direct moyen annuelle à Bergen est de 8,9 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "manque de chaleur".

- la température moyenne annuelle de l'air est 3,2. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré "froid".

- la vitesse du vent est 11,3 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré "un peu calme".

- la fréquence du vent est vents moyennement fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée "un peu fréquent".

- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 83%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "trop humide".

- la pluviométrie annuelle est x 570. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée "moyenne".

- la fréquence de la pluie est 6 mois avec la présence de pluie (qui dépassent sa pluviométrie moyenne annuelle). Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée "normal".

Finalement, il s'agit d'un cas où le sol est de type limon sableux donc sera considérée comme "un peu perméable".

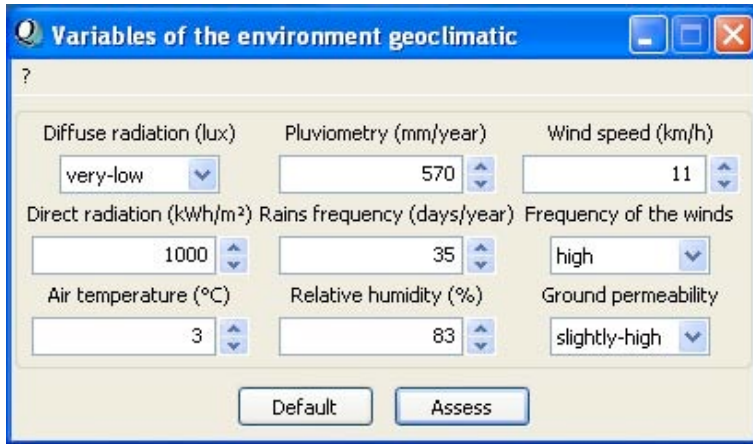


Figure 77, Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Bergen, Norvège.

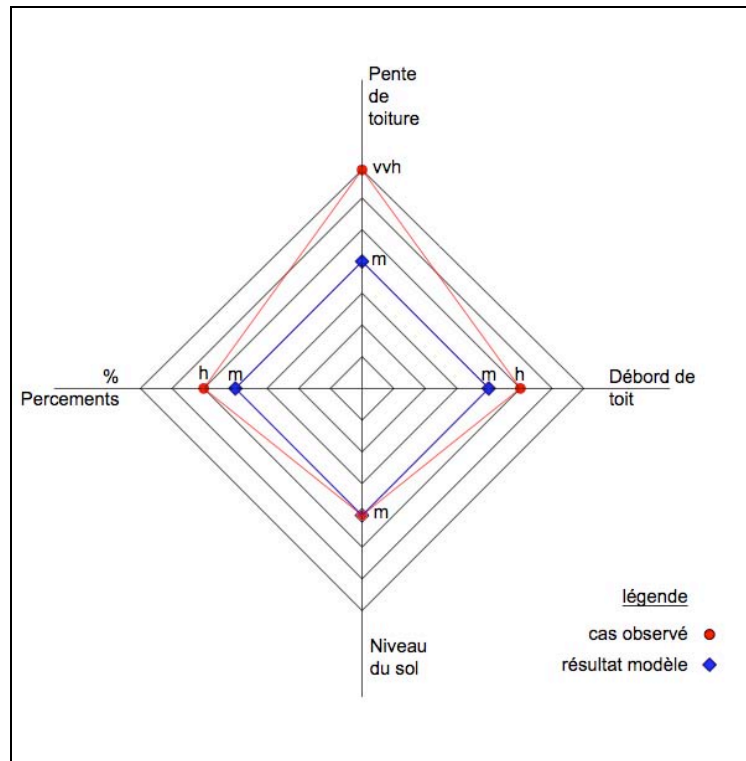
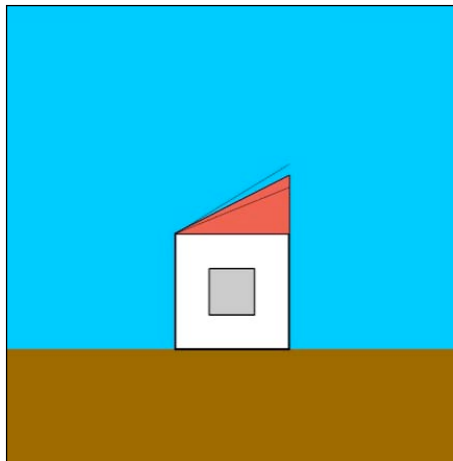


Figure 78, Bergen, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 6 du modèle, Bergen, Norvège.

L'application 6 du modèle montre que les DAV représentés tels que : la proportion de percements "moyen" (m), le débord de toiture "moyen" (m), et la position de la maison par rapport au sol naturel "moyen" (m) correspondent bien aux DAV observés dans la maison vernaculaire de Bergen, Norvège. Cependant la pente de toiture modélisée "moyenne" (m) a un écart de deux niveaux avec la pente observée "très forte" (vvh).

La différence dans le DAV *pente de toiture* entre le cas de la maison observée et le résultat du modèle concerne les fonctions de couverture et d'étanchéité. Par conséquent, le cas observé à Bergen à une pente plus prononcée que celle du modèle donc évacue plus rapidement les précipitations des variables de l'EGC suivantes : la pluviométrie et la fréquence de la pluie.

L'Environnement

Géo-climatique

latitude 38°S

altitude de 150m

sous un climat tempéré frais,

toitures pentues

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente de toiture : 100%, très forte.

2 Le débord (d) de toiture : <0.25, un peu grand.

3 La proportion de percements : 17%, un peu faible.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

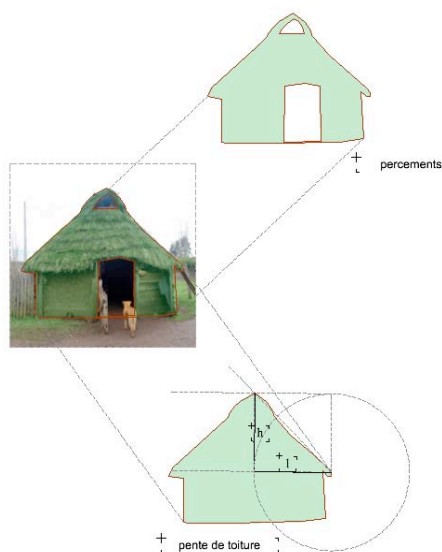


Figure 79, Proportion de percements = 17% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 17% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (I).

Tableau 28, Variables de l'EGC de la maison vernaculaire de Temuco.

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	87	un peu trop lumineux	h
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	12,2	léger manque de chaleur	l
température de l'air,	°C	12,7	légèrement froid	l
vitesse du vent,	Beaufort	5,4	calme	m
fréquence du vent	qualitative		moyennement fréquent	m
humidité relative de l'air	%	78	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	1157,4	forte	h
fréquence de pluie	mois pluie/an	7	un peu forte	h
perméabilité du sol	cm/heure	entre 0.8 et 1.3	normal	m

L'Environnement Géo-climatique de la maison vernaculaire à Temuco au Chili

Selon l'échelle de rayonnement diffus, la probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairement extérieur en fonction de la latitude 38°S (correspondant à Temuco) est de 87% ce qui correspond à un niveau de rayonnement diffus " un peu trop lumineux ".

Selon les données FAO obtenus de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT,

- le rayonnement direct moyen annuel à Temuco est de 12,2 MJ/m²/jour. Cette valeur correspond à un niveau de rayonnement direct "léger manque de chaleur".

- la température moyenne annuelle de l'air est 12,7. Cette valeur correspond à un niveau de température considéré " légèrement froid ".

- la vitesse du vent est 5,4 km/h Cette valeur correspond à une vitesse du vent considéré " calme ".

- la fréquence du vent est vents moyennement fréquents. Cette valeur correspond à une fréquence du vent considérée " moyennement fréquent ".

- l'humidité de l'air moyenne annuelle est 78%. Cette valeur correspond à une humidité considérée "trop humide".

- la pluviométrie annuelle est 1157,4. Cette valeur correspond à une pluviométrie considérée " forte ".

- la fréquence de la pluie est 7 mois avec la présence de pluie (qui dépassent sa pluviométrie moyenne annuelle). Cette valeur correspond à une fréquence de pluie considérée "un peu forte".

Finalement, il s'agit d'un cas où le sol de type silte argileux donc sera considéré comme " un peu perméable ".

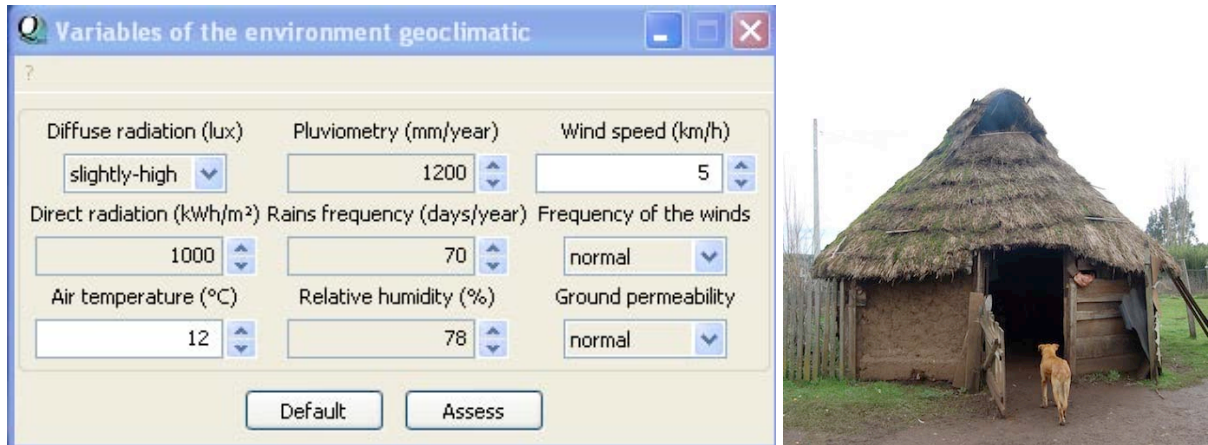


Figure 80, Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Temuco, Chili.

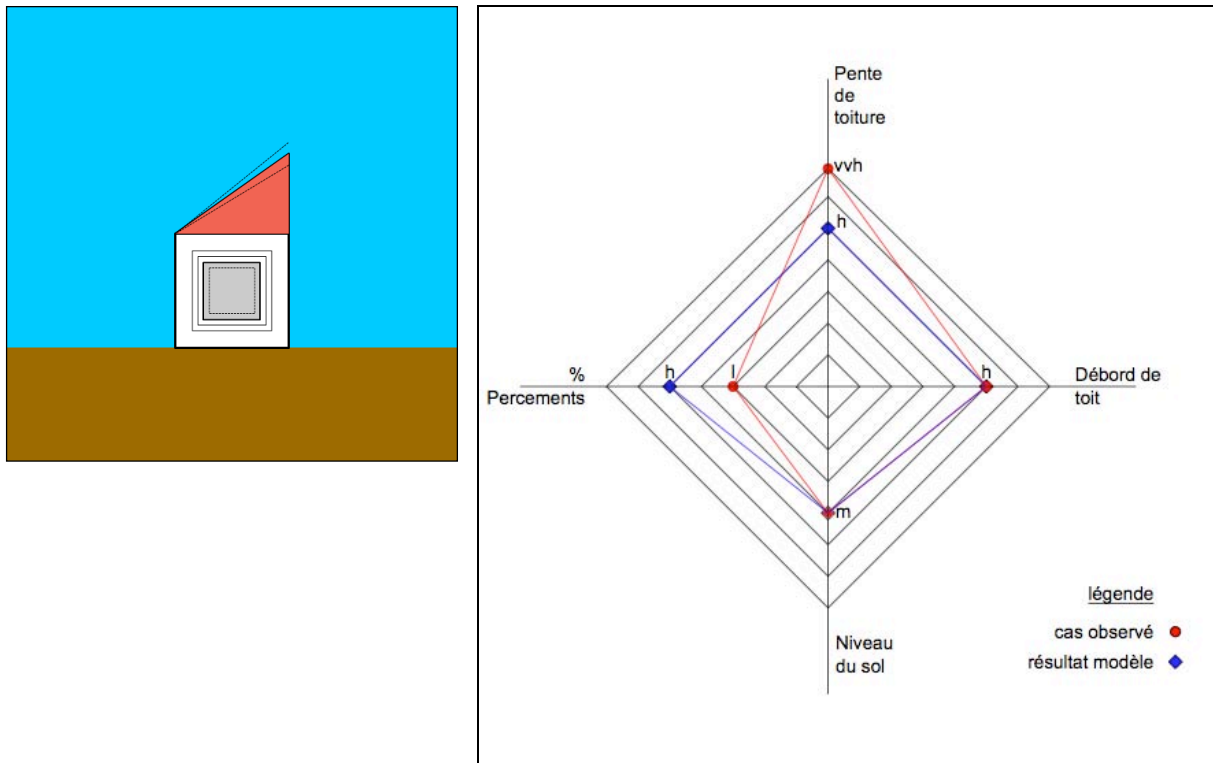


Figure 81, Temuco, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.

Conclusions résultat 7 du modèle, Temuco, Chili.

L'application 7 du modèle montre que les DAV représentés tels que : le pente de toiture "très forte" (vvh), le débord de toiture "un peu grand" (h), et la position de la maison par rapport au sol naturel "moyen" (m) correspondent bien aux DAV observés dans la maison vernaculaire de Temuco, Chili. Cependant le résultat du modèle proportion de percements "un peu grande" (h) présente un écart de deux niveaux avec la proportion de percements observée "un peu faible" (l).

Des motivations socio culturels spécifiques de la cosmovision mapuche peuvent être à l'origine de la différence entre le cas observé (maison sans fenêtres avec sa porte unique orienté à l'EST) et le DAV sortis du modèle (Voir Partie I).

Pareillement, la différence dans le DAV proportion de percements observée entre le cas de la ruca mapuche et le résultat du modèle concerne les fonctions de éclairage, chauffage, couverture, refroidissement et ventilation. En conséquence, la ruca mapuche est moins exposée de ce qui préconise le modèle aux variables de l'EGC suivantes : le rayonnement diffus, le rayonnement direct, la température de l'air, la vitesse du vent, la fréquence du vent et l'humidité de l'air.

4.1.5 Conclusion application du modèle

Le niveau de pertinence du modèle a été déterminé selon un marge d'écart maximum acceptable dans l'échelle qualitative à sept niveaux suivante, vvl, vl, l, m, h, vh, vv. Pour être considéré "acceptable" l'écart dans l'échelle qualitative du modèle ne doit pas être supérieur de un niveau relativement à l'échelle qualitative de la réalité observé. Par exemple dans le modèle un résultat DAV d'échelle "h" sera considéré concordant avec la réalité observé si dans l'échelle observé la variable DAV se trouve dans l'intervalle [m,vh].

Nous avons comparé les variables DAV du modèle et de la réalité observée dans sept cas d'architecture vernaculaire. Ainsi de un total de 28 configurations (4 variables dans 7 cas = 28 configurations) 22 correspondent à la réalité observée (Tableau 15). Ainsi dans les 7 cas modélises les tendances montrent que les déterminants architectoniques visibles du modèle représentent la réalité observée de 79%.

Tableau 29, Comparaison entre configurations DAV du modèle et des DAV observés

Cas	Pente modèle	Pente observé	Débord modèle	Débord observé	Percements modèle	Percements observé	Niveau modèle	Niveau observé
Castro	h	m	h	h	h	m	vvh	vvh
Valence	l	vvl	m	m	l	l	m	vl
Marquèze	m	m	vh	h	h	vvl	m	m
Ghadamès	vl	vvl	m	m	vvl	vvl	m	m
Tombouctou	vl	vvl	m	m	vvl	vl	vvl	m
Bergen	m	vvh	m	h	m	h	m	m
Temuco	h	vvh	h	h	h	l	m	m

Les variables en rouge correspondent aux cas dont l'écart n'est pas acceptable. Considérant que ces erreurs ne sont pas systématiques, ces cas seront analysés selon les questions suivantes :

- il est lié à des déterminants socio culturels?
- il est associé à un héritage culturel?
- il est lié à une évolution géo climatique?

Nonobstant le DAV "rapport au niveau du sol" peut être révisé car deux des variables qui le déterminent, la température et la perméabilité du sol présentent à l'heure actuelle des limitations. La première car la valeur d'entrée au modèle, que correspond à la moyenne

annuelle de température, ne permet pas de prendre en compte les températures extrêmes qui seraient à l'origine de maisons enterrées. La deuxième parce la perméabilité du sol ne peut pas être déterminé seulement avec le type de sol, elle est résultante des autres caractéristiques comme les fissures, la pente, la présence de fossés, la porosité et disposition de couches qui composent le sol.

Finalement, la modélisation réalisée sur ces derniers sept cas d'architecture vernaculaire montre que les DAV, la pente de toit, le débord de toiture, la proportion de percements et le niveau du socle relativement au niveau du sol sont variables irréductibles et suffisantes pour représenter la relation de influence de l'EGC sur les DAV de la maison vernaculaire. De ce fait il est possible de dire que cette relation de influence formalisée serait à l'origine de la conception de la maison vernaculaire. La connaissance de cette origine va à faciliter une conception architectonique sensé, adaptée, harmonisée avec l'EGC.

4.2 Ce qu'apporte le modèle

Après avoir étudié les sept cas d'habitats vernaculaires on se pose les questions suivantes :

Est-ce le modèle sert d'appui à la conception architectonique?

Est-ce que on gagne du temps dans le repérage de l'environnement géo-climatique grâce à l'ADN apporté par le modèle?

Est-ce qu'on gagne de l'efficacité grâce au modèle?

Est-ce qu'on gagne de la performance?

4.3 Un exemple d'application du modèle dans la conception d'une architecture locale landaise et d'une architecture locale mapuche.

Le modèle est essayé sur trois propositions théoriques d'architecture locale inspirées de la maison vernaculaire des Landes en France. De même il est appliqué au Chili sur trois cas d'architecture actuelle inspirée de l'architecture vernaculaire mapuche.

4.3.1 Propositions d'habitats landais aujourd'hui

A partir des adaptations constantes identifiées nous avons conçu une image de maison qui tiendrait en compte l'origine des réponses tant symboliques que climatiques. Il s'agit des propositions théoriques non matérialisés servant de démonstrateur pour une architecture local. L'objectif a été de récupérer dans les adaptations constantes de l'architecture traditionnelle landaise pour les réutiliser. Toutefois cette réutilisation a été faite avec un regard critique car l'objectif été de mettre en valeur une connaissance vernaculaire sans reproduire nécessairement une image paysagère reconnue comme locale.

Nous allons présenter trois propositions d'image architectonique inspirée de l'architecture locale landaise, le Volume Décalé, la Toiture Enveloppante (boîtes latérales) et la Toiture enveloppante (boite centrale). Ces trois propositions ont été inspirées des constantes locales tels que, l'orientation Est (auvent centrale), le dos à l'Ouest (façade bouclier), le toit Ouest en croupe (bouclier), la toiture enveloppante, l'espace intermédiaire (l'auvent central, le double mur), les proportions, et la silhouette, le volume extrudé.

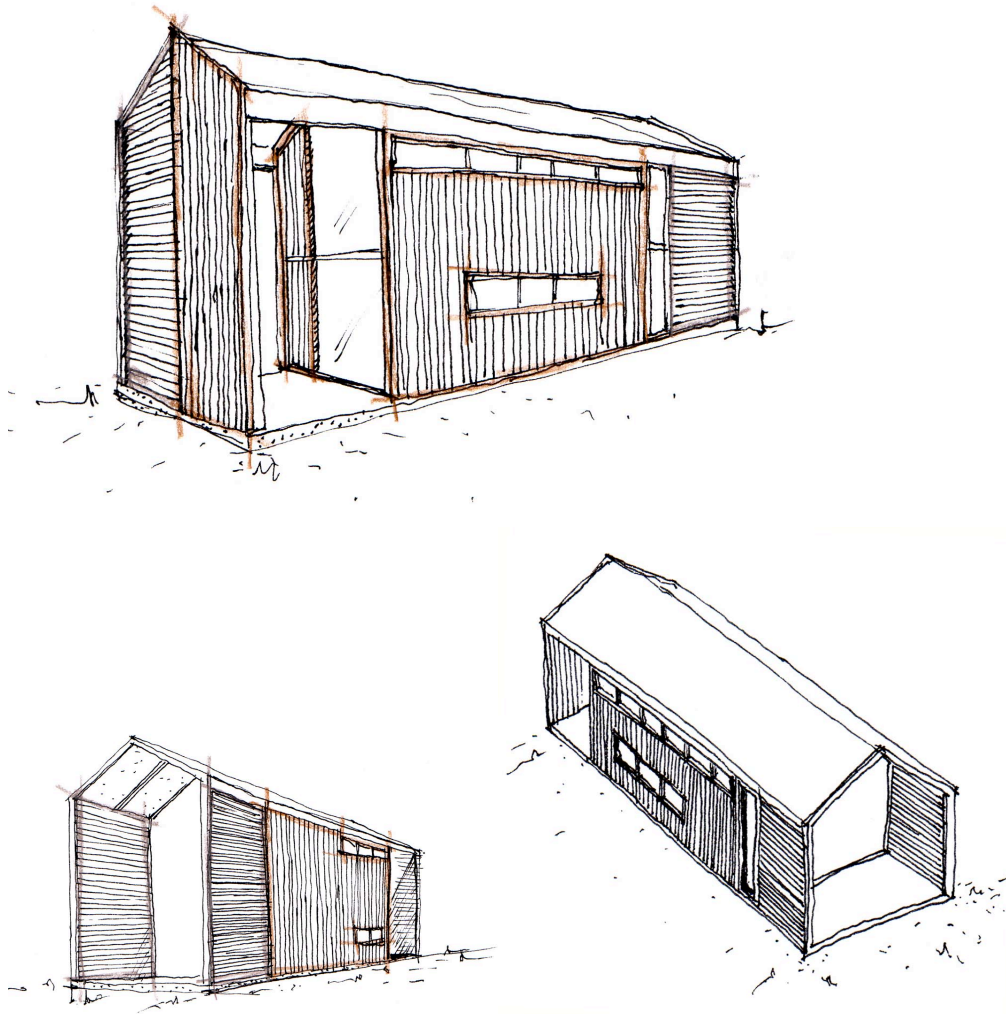


Figure 82, Images de proposition d'habitat.

Constantes liées au climat

Constantes symboliques

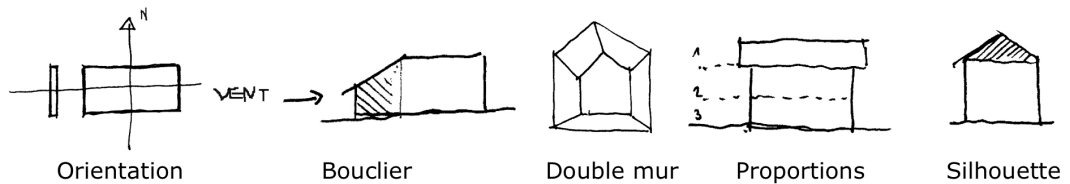


Figure 83, Adaptations constantes retenues.

Cette fiche présente une proposition architectonique issue de l'analyse des adaptations constantes des landes.

L'Environnement Géo-climatique

latitude 44°N
 altitude de 80m
 climat tempéré frais

Déterminants Architectoniques Visibles

- 1 La pente de toiture : 35%, moyenne.
- 2 Le débord (d) de toiture : $d < 0.25$, moyen.
- 3 La proportion de percements : 18%, un peu faible.
- 4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

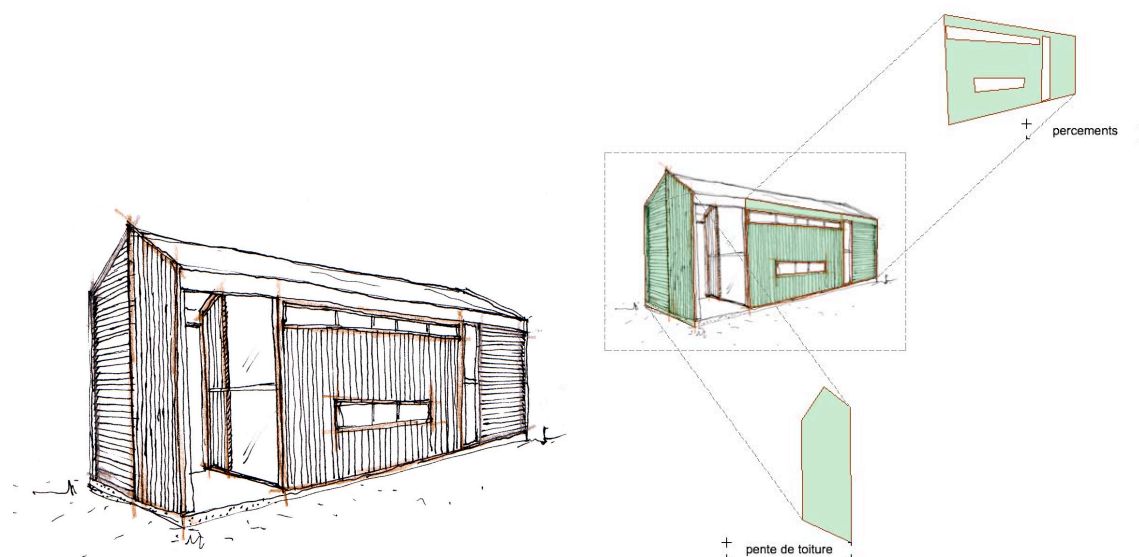


Figure 84, Proportion de percements = 18% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 18% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (I).

Tableau 30, Variables de l'Environnement Géo-climatique des Landes

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	83	normal	m
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	11,7	léger manque de chaleur	l
température de l'air,	°C	16,8	légèrement froid	l
vitesse du vent,	Beaufort	11,3	un peu calme	l
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	82	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	923	moyenne	m
fréquence de pluie	mois pluie/an	12	très forte	vh
perméabilité du sol	cm/heure	≥ 5	perméable	vh

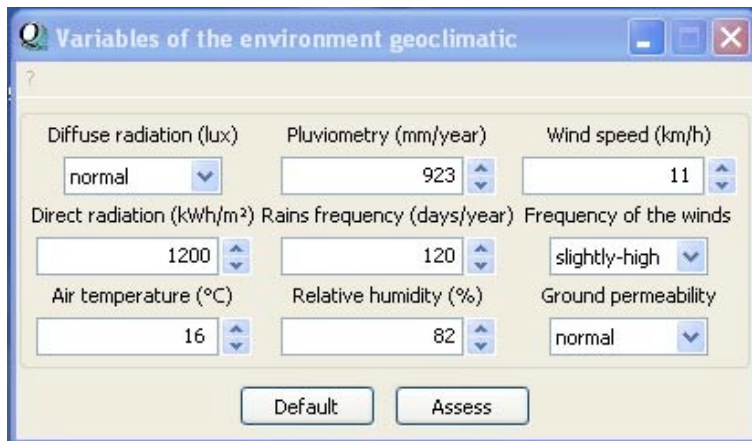


Figure 85, Variables de l'environnement géo climatique des Landes, France.

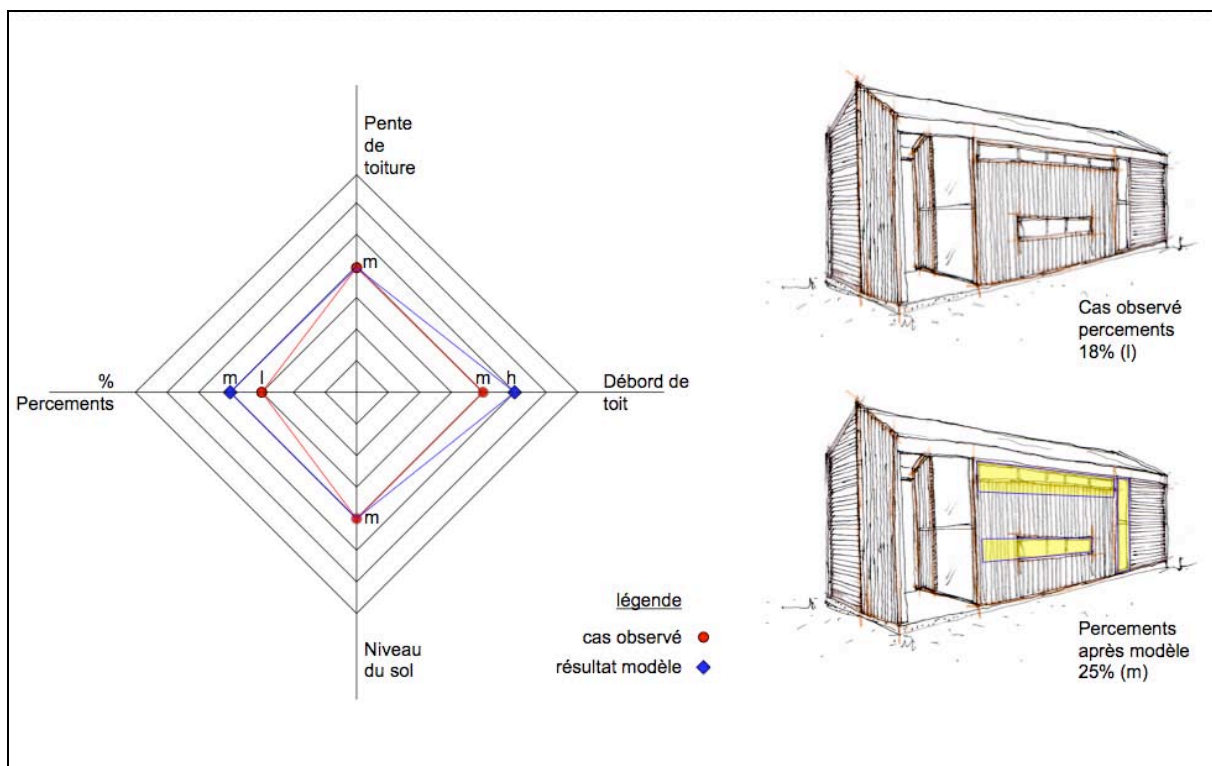


Figure 86, représentation de la maison : résultats du modèle.

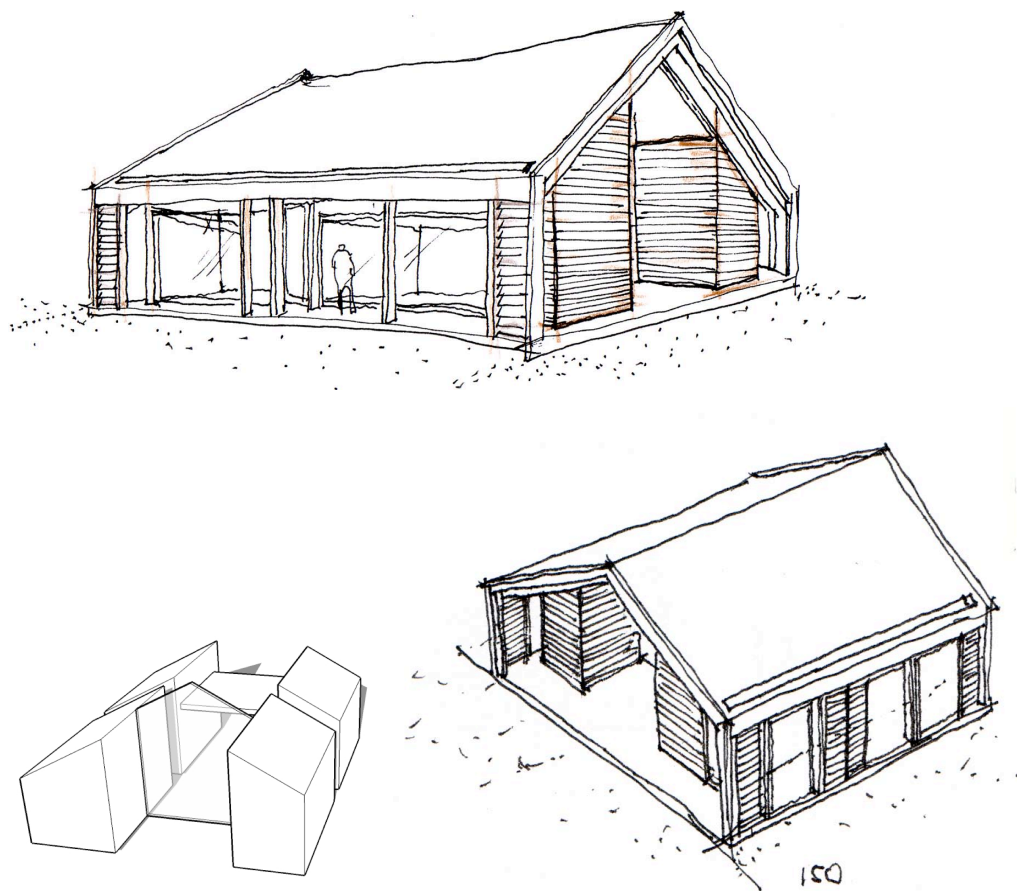


Figure 87, Images de proposition d'habitat.

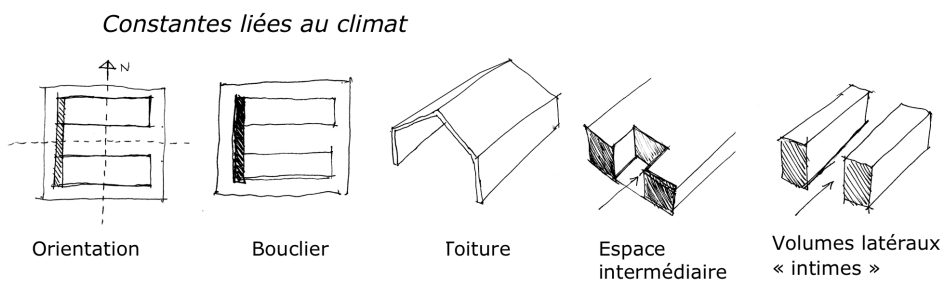


Figure 88, Adaptations constantes retenues.

Cette fiche *présente* une proposition architectonique issue de l'analyse des adaptations constantes des landes.

L'Environnement Géo-climatique

latitude 44°N
 altitude de 80m
 climat tempéré frais

Déterminants Architectoniques Visibles

- 1 La pente de toiture : 35%, moyenne.
- 2 Le débord (d) de toiture : $d < 0.25$, grand.
- 3 La proportion de percements : 48%, grand.
- 4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

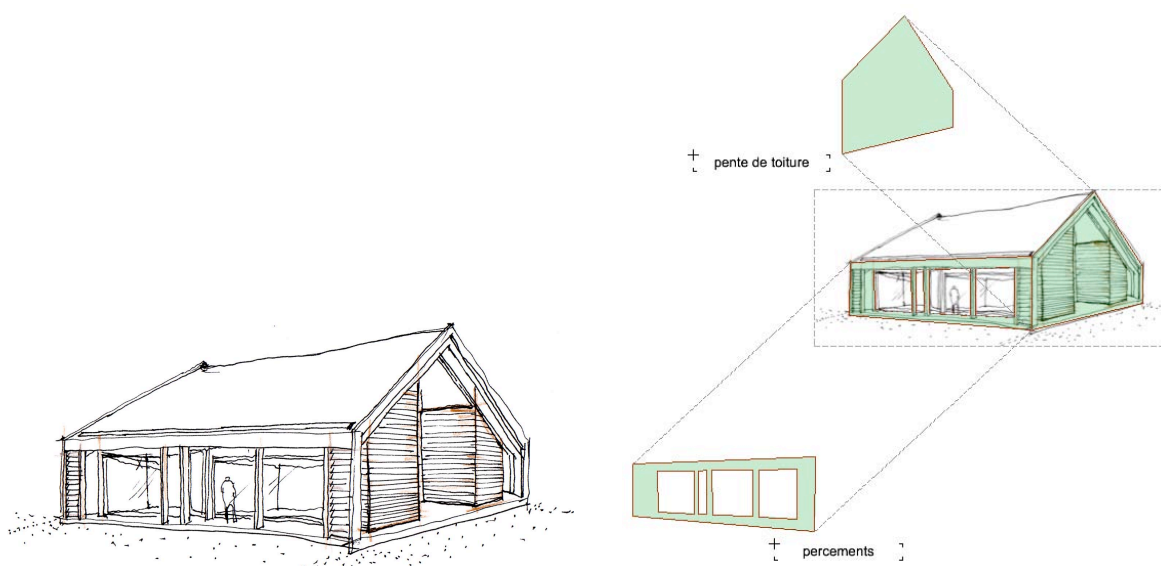


Figure 89, Proportion de percements = 18% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 18% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (I).

Tableau 31, Variables de l'Environnement Géo-climatique des Landes

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	83	normal	m
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	11,7	léger manque de chaleur	l
température de l'air,	°C	16,8	légèrement froid	l
vitesse du vent,	Beaufort	11,3	un peu calme	l
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	82	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	923	moyenne	m
fréquence de pluie	mois pluie/an	12	très forte	vh
perméabilité du sol	cm/heure	≥ 5	perméable	vh

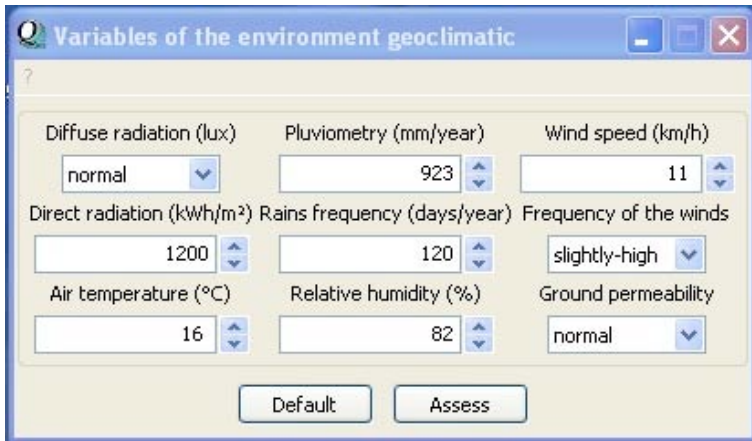


Figure 90, Variables de l'environnement géo climatique des Landes, France.

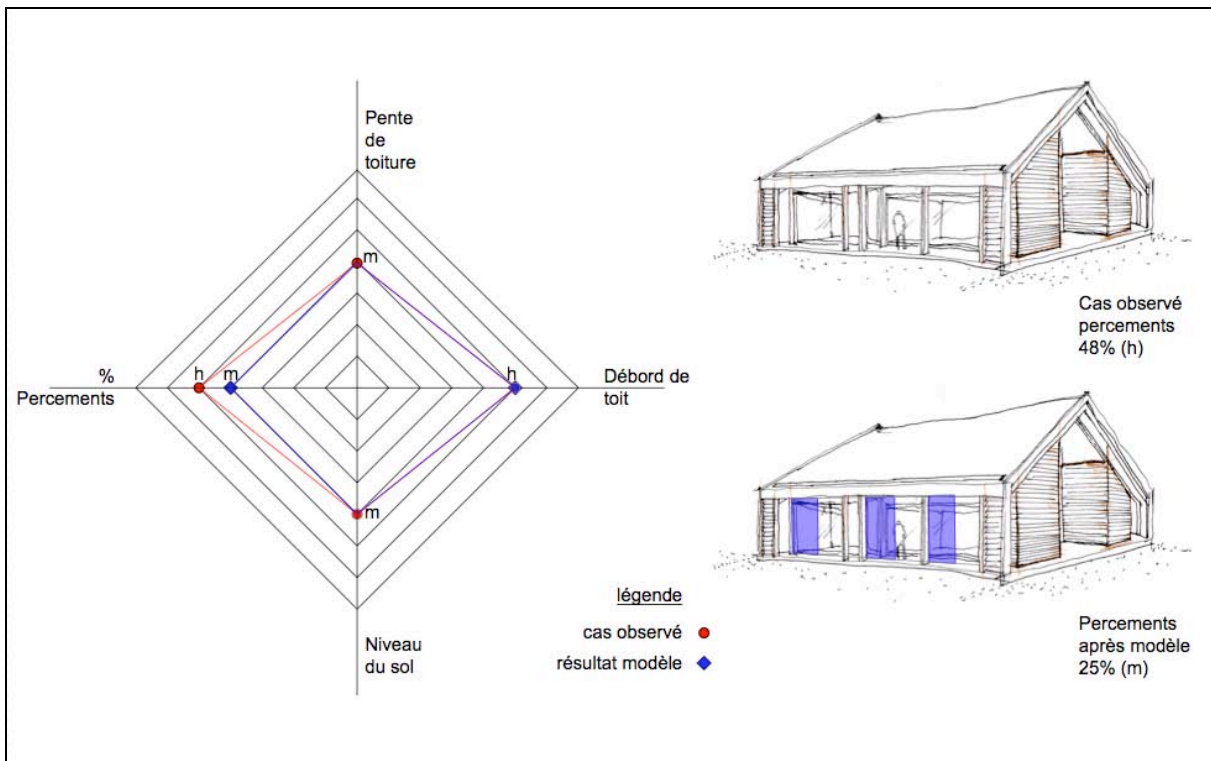


Figure 91, représentation de la maison : résultats du modèle.

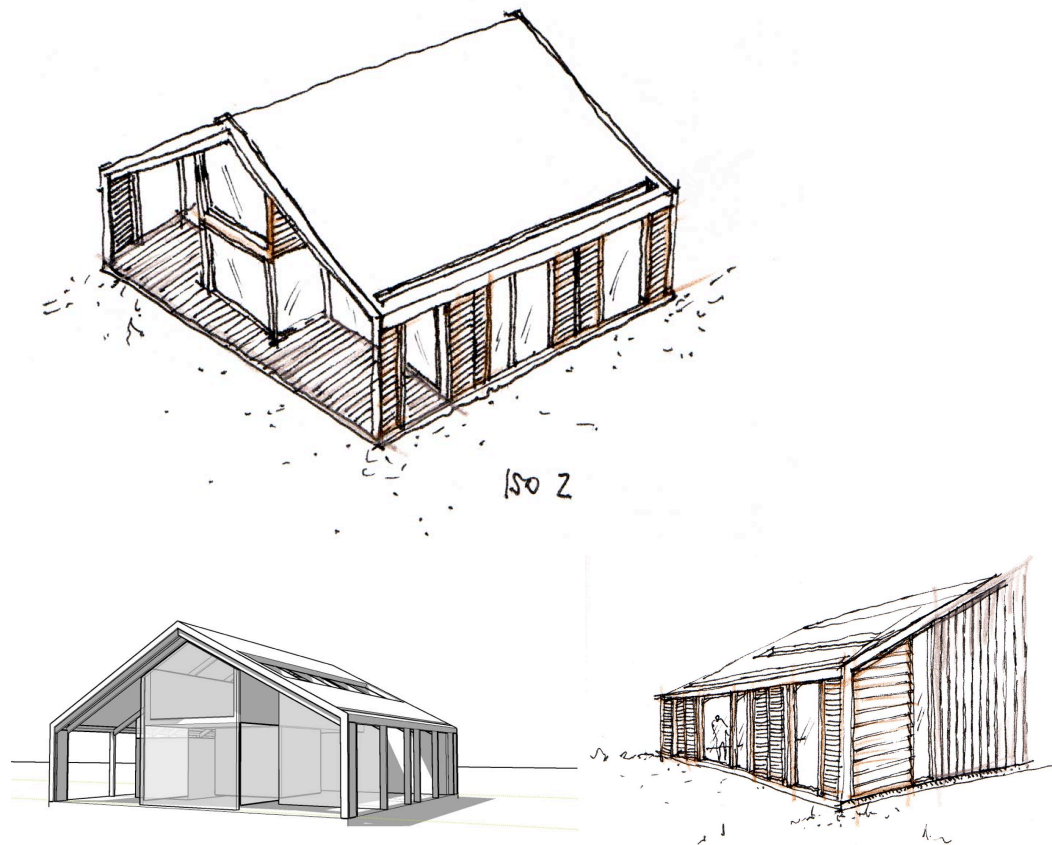


Figure 92, Images de proposition d'habitat.

Constantes liées au climat

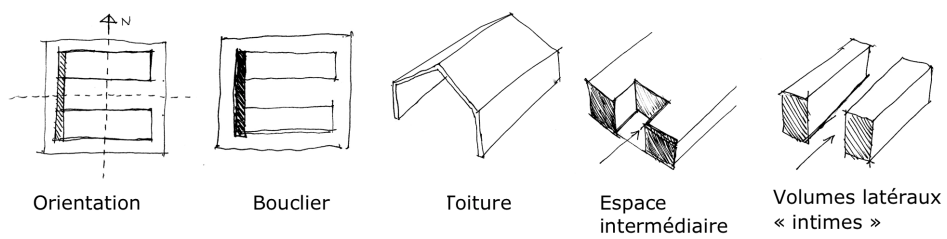


Figure 93, Constantes retenues.

L'Environnement Géo-climatique

latitude 44°N
 altitude de 80m
 climat tempéré frais

Déterminants Architectoniques Visibles

- 1 La pente de toiture : 35%, moyenne.
- 2 Le débord (d) de toiture : $d < 0.25$, grand.
- 3 La proportion de percements : 32%, grand.
- 4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

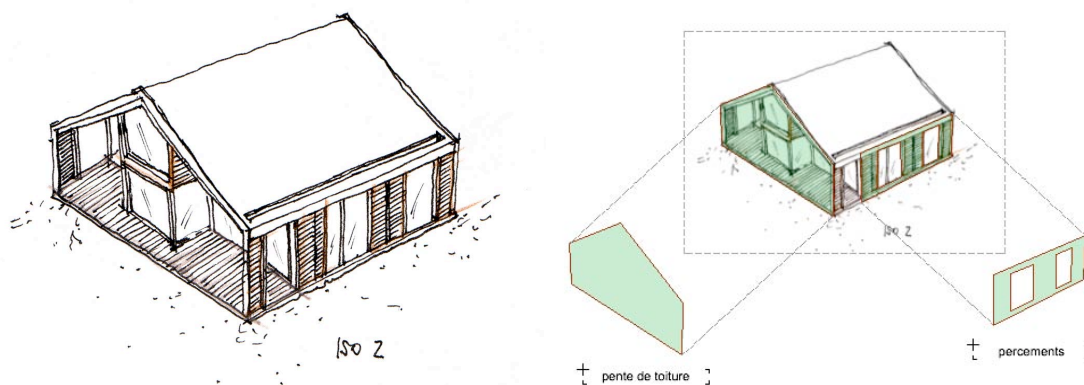


Figure 94, Proportion de percements = 18% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 18% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (l).

Tableau 32, Variables de l'Environnement Géo-climatique des Landes

variable	unité		Interprétation	valeur qualitative
rayonnement diffus,	%	83	normal	m
rayonnement direct,	MJ/m2/jour	11,7	léger manque de chaleur	l
température de l'air,	°C	16,8	légèrement froid	l
vitesse du vent,	Beaufort	11,3	un peu calme	l
fréquence du vent	qualitative		un peu fréquent	h
humidité relative de l'air	%	82	trop humide	vvh
pluviométrie	mm/an	923	moyenne	m
fréquence de pluie	mois pluie/an	12	très forte	vh
perméabilité du sol	cm/heure	≥ 5	perméable	vh

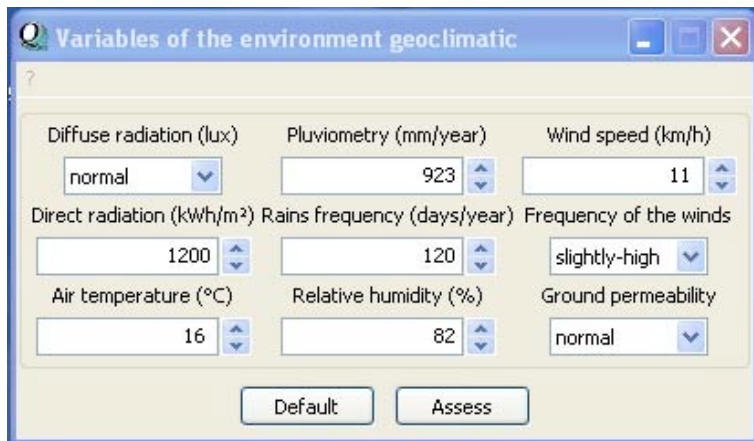


Figure 95, Variables de l'environnement géo climatique des Landes, France.

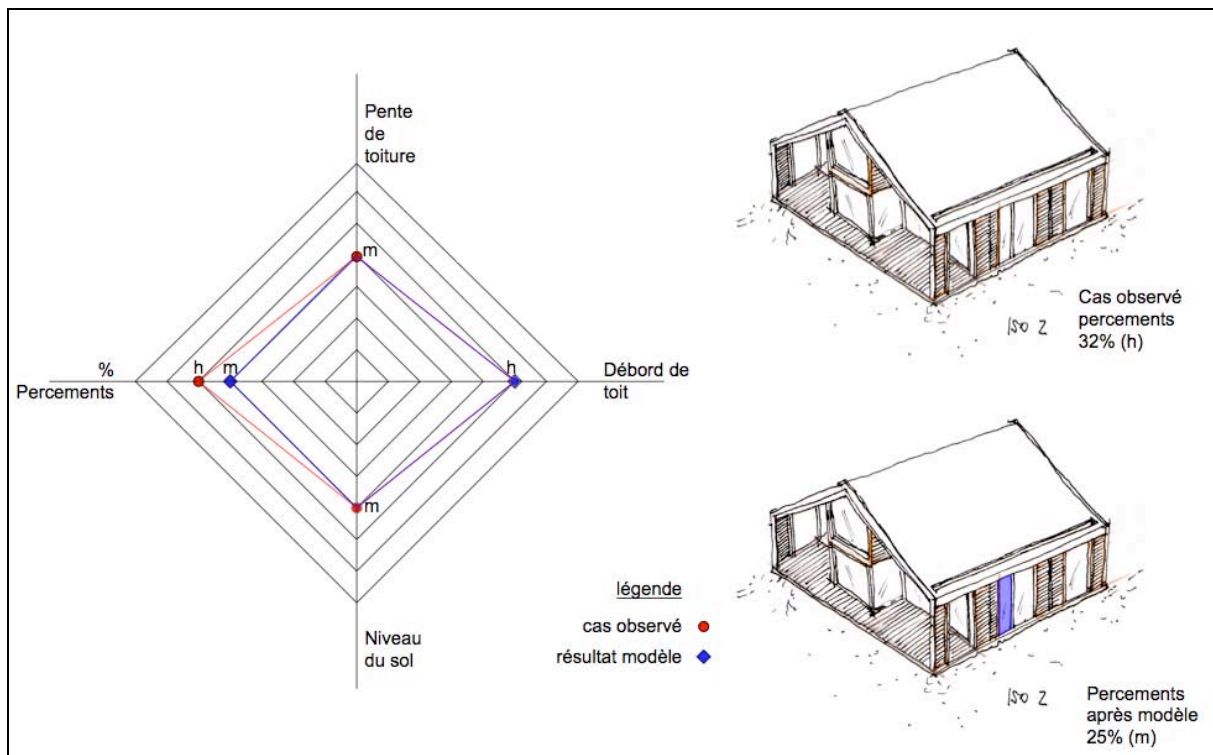


Figure 96, représentation de la maison : résultats du modèle.

4.3.2 Conclusions application du modèle dans les landes

L'application du modèle sur les propositions architectoniques théoriques permet de valider les choix formels des propositions et en même temps d'optimiser les DAV des propositions selon les DAV sortis du modèle.

4.3.3 Propositions, la Ruca Mapuche revisitée

Nous présentons ici trois propositions architectoniques inspirées de la cosmovision du peuple originaire Mapuche, *l'Aldea Intercultural Trawü Peyüm* à Curarrehue, *le Centro de Capacitación Indígena Afunalhue* à Licanrray et la *Ruca Ceremonial y Cultural* à Huechuraba. Ces trois bâtiments, conçus par des différents architectes, ont été construits au Chili suivant une réinterprétation architectonique des principales constantes architectoniques de la Ruca Mapuche. Il s'agit des bâtiments publics actuels destinées aux communautés mapuches donc au monde mapuche. Dans ces bâtiments il est possible de voir des interprétations cherchant à harmoniser l'architecture avec son environnement cultural ainsi que naturel. De ce fait l'habitat traditionnel mapuche a servi de source de inspiration pour une architecture qui cherche à être contextuelle.

Nous avons analysé ces propositions architectoniques suivant l'analyse fonctionnelle et le modèle qualitatif présentés dans les chapitres 2 et 3 de cette recherche. Cette analyse est présenté ici sous forme de fiches tant pour les propositions (Fiches P) que pour l'application du modèle (Fiches M):



Figure 97, Aldea Intercultural Trawü Peyüm, Curarrehue.

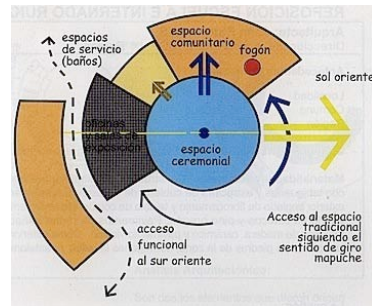
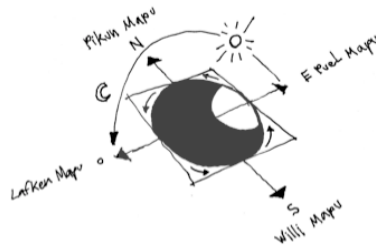


Figure 98, Détail "huencos" et schéma analyse architectonique, Ministerio de Obras Públicas (2003).



Orientation des espaces principaux vers l'Est

Solution de couverture architectonique réutilisée, le "huenco" tronc évide.

L'Environnement

Géo-climatique

latitude 39°S

altitude de 400m

sous un climat tempéré frais,

Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente de toiture : 100%, très forte.

2 Le débord (d) de toiture : sans, moyen.

3 La proportion de percements : 42%, grande.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.

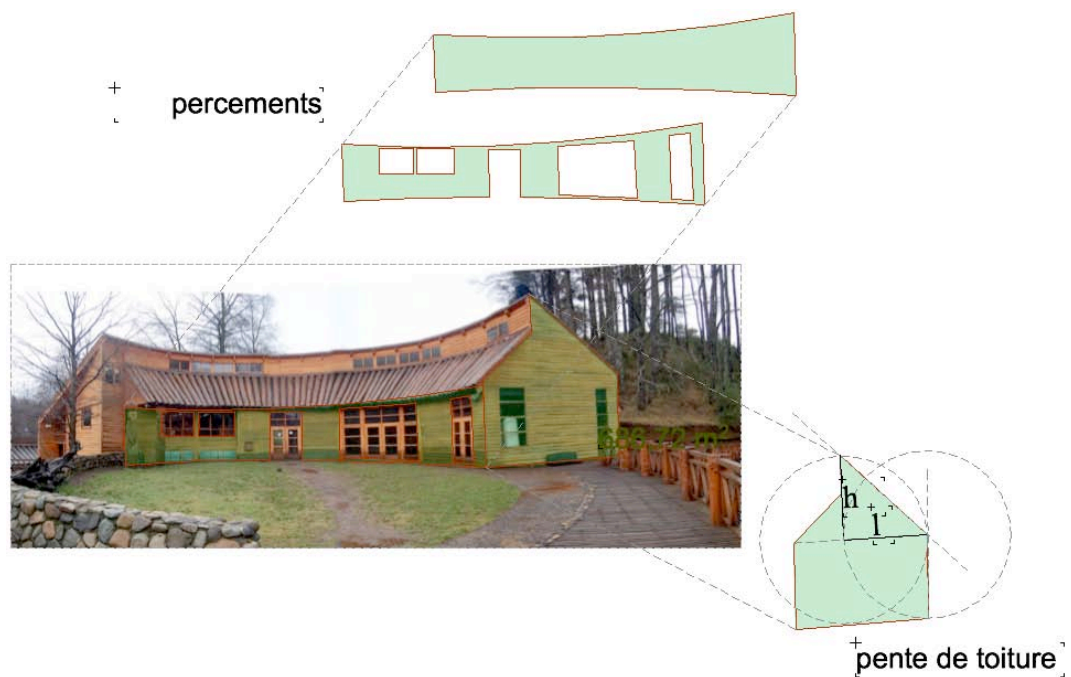


Figure 99, Aldea Intercultural Trawü Peyüm à Curarrehue, percements et pente de toiture.

Analyse architectonique de l'Aldea Intercultural Trawü Peyüm à Curarrehue

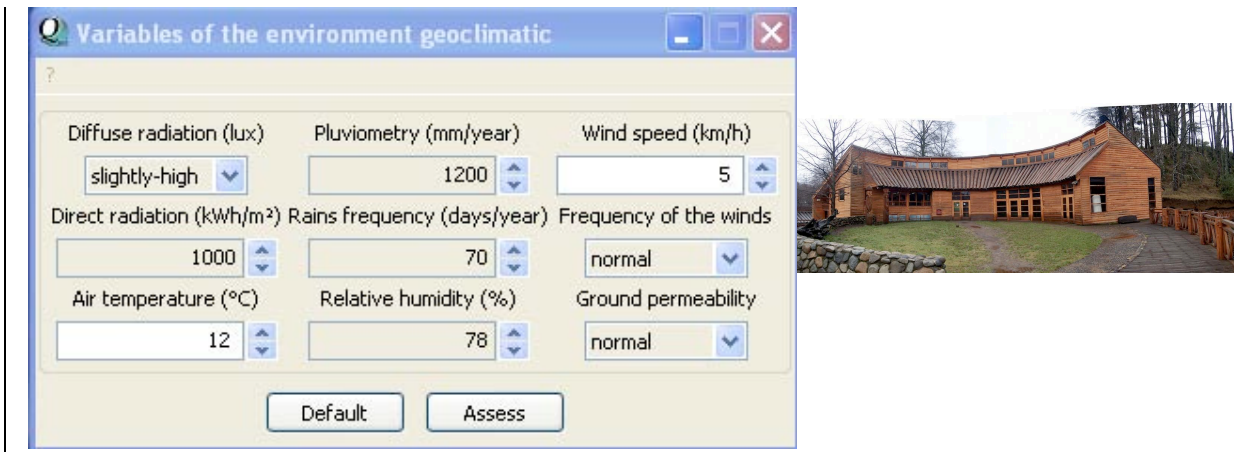


Figure 100, Variables de l'environnement géo climatique.

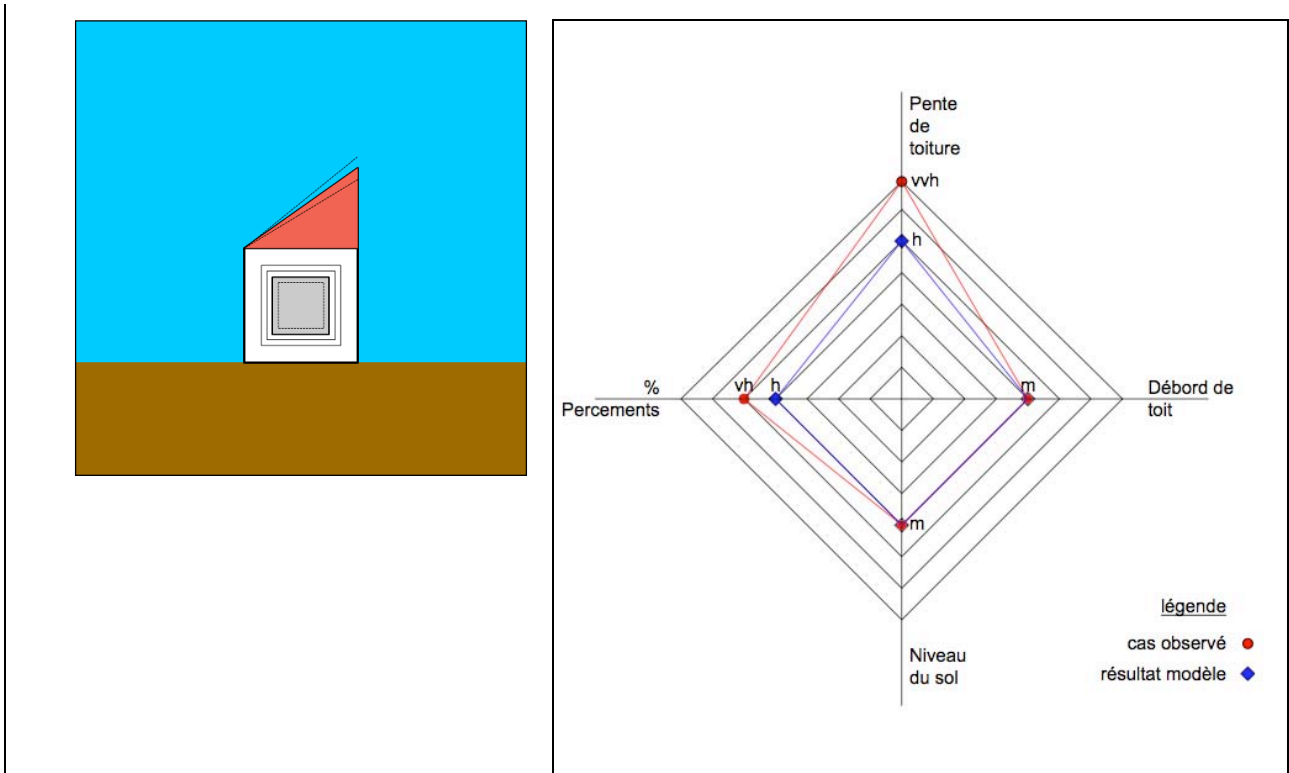


Figure 101, représentation de la maison : résultats du modèle.

Conclusions résultat 13 du modèle

Cette application montre que les DAV représentés tels que : le débord de toit (m) le pourcentage de percements (h) et la position de la maison par rapport a au sol naturel (m)

correspondent bien aux DAV observés. Cependant la "pente de toiture "un peu forte" (h) ne représentent bien la réalité observé car la pente de toiture observé es "très forte" (vvh).



Figure 102, Afunalhue, Licanray, Chili.

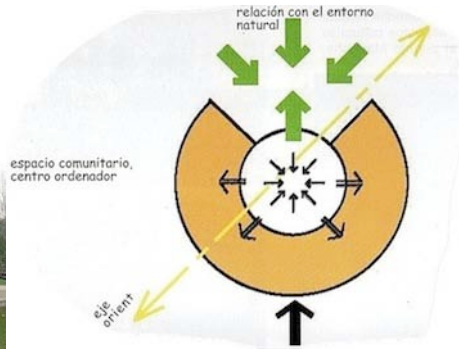


Figure 103, Schéma analyse architectonique, Ministerio de Obras Públicas (2003).

L'Environnement

Géo-climatique

latitude 39°S

altitude de 400m

sous un climat tempéré frais,

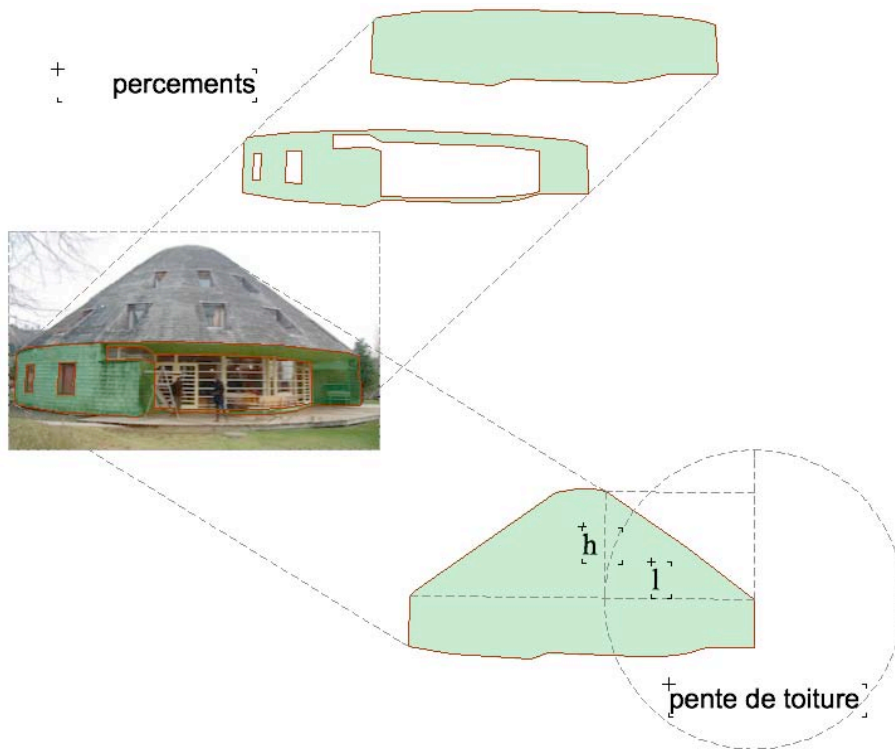
Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente de toiture : 70%, très forte.

2 Le débord (d) de toiture : sans, moyen.

3 La proportion de percements : 42%, grande.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.



Analyse architectonique de Afunalhue

Orientation des espaces principaux vers l'Est

Matérialité bois locale, bardeaux "Alerce"

Solution de couverture architectonique réutilisée, bardeaux.

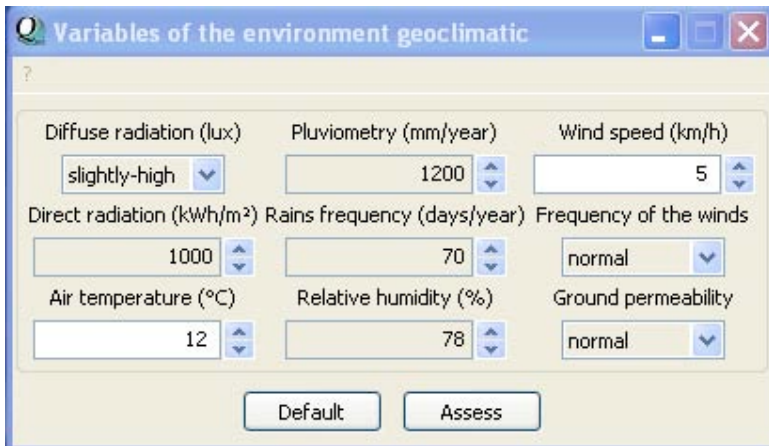


Figure 104, Variables de l'environnement géo climatique.

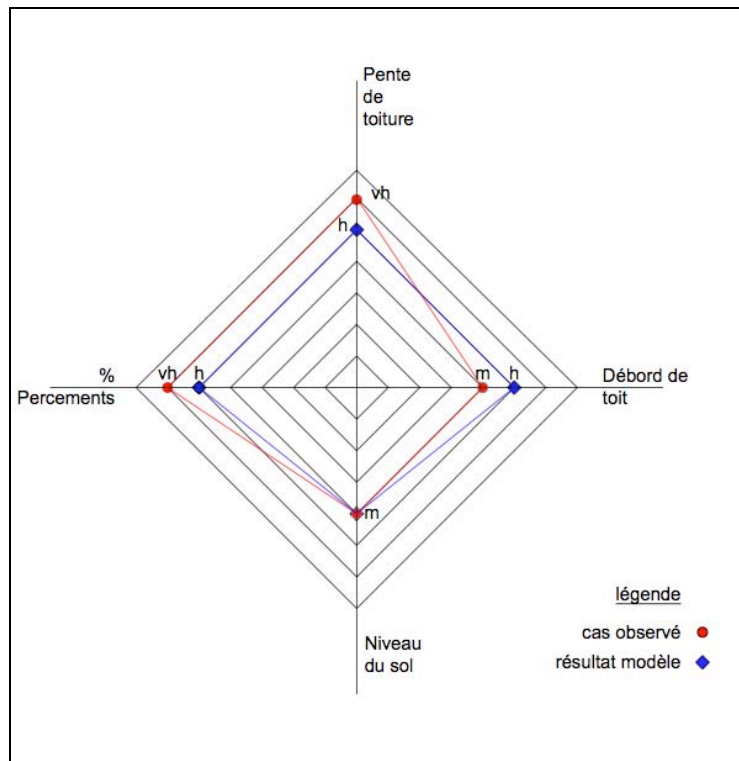
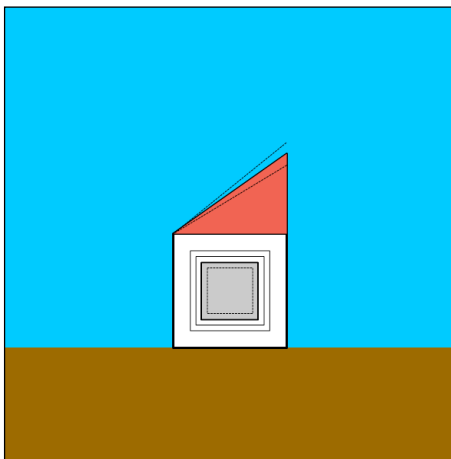


Figure 105, représentation de la maison : résultats du modèle.

Conclusions résultat 13 du modèle

Cette application montre que les DAV représentés tels que : la pente de toiture "un peu forte" (h), le débord de toit "un peu grand" (h), la proportion de percements "un peu grand" (h) et la position de la maison par rapport a au sol naturel (m) correspondent bien aux DAV observés.

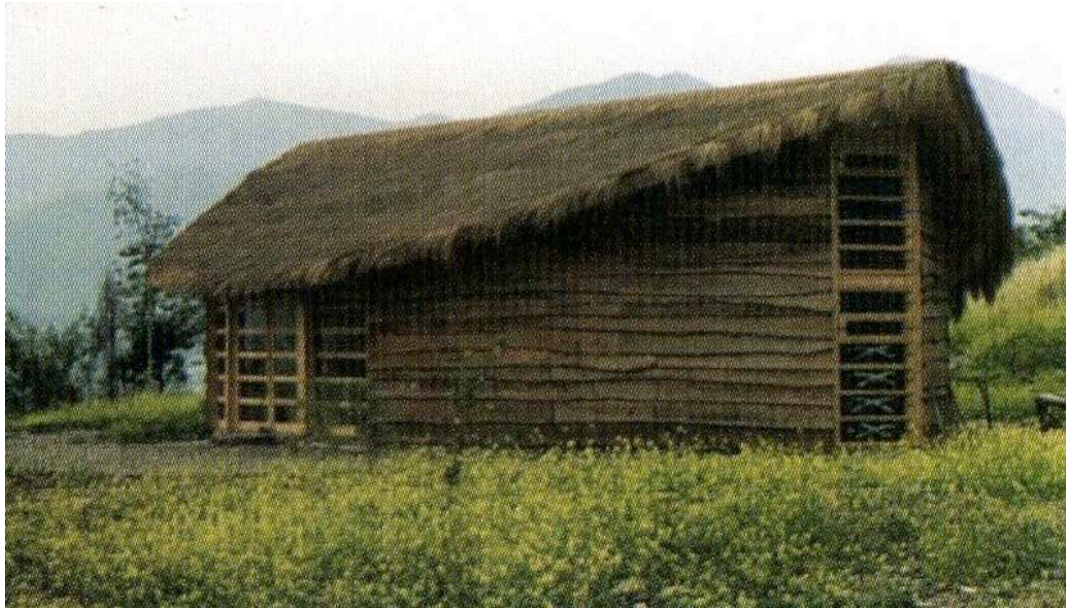


Figure 106, *Ruca Ceremonial y Cultural, Huechuraba, Chili*, source : *Ministerio de Obras Públicas (2003)*.

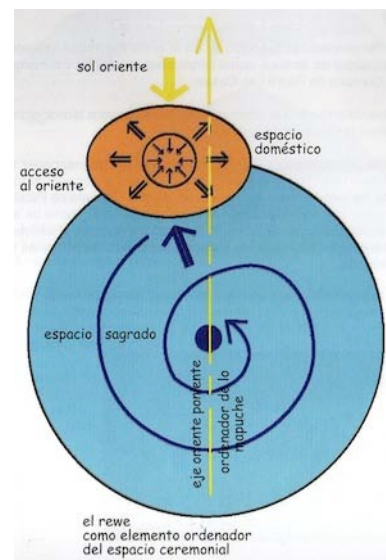


Figure 107, *Photo et schéma analyse architectonique, Ministerio de Obras Públicas (2003)*.

L'Environnement

Géo-climatique

latitude 33°S

altitude de 560m

sous un climat tempéré frais,

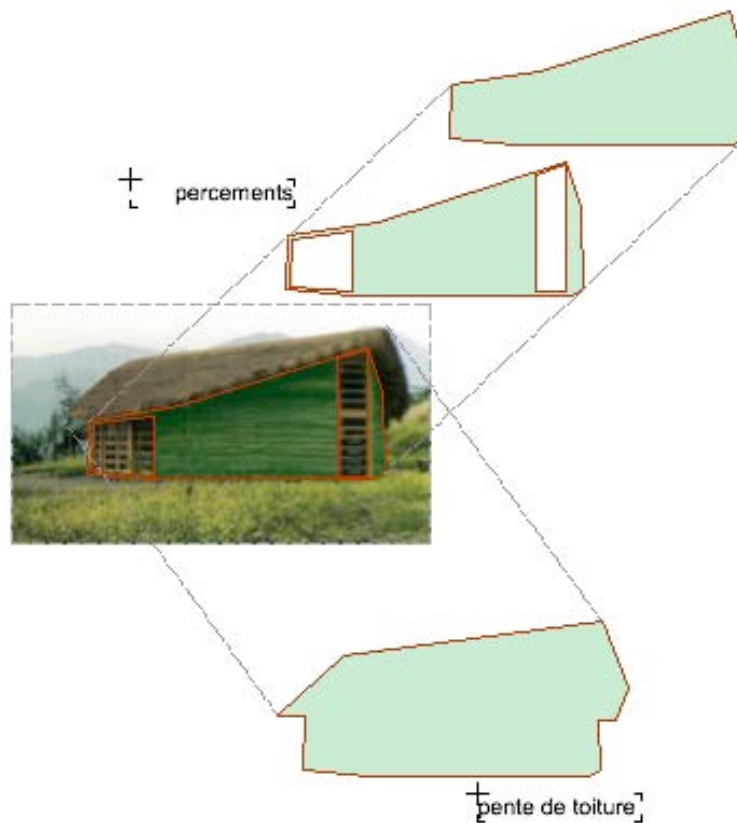
Déterminants Architectoniques Visibles

1 La pente de toiture : 70%, forte.

2 Le débord (d) de toiture : grand.

3 La proportion de percements : 26%, moyenne.

4 Le rapport au niveau du sol : moyen car la maison est à niveau du sol.



Analyse architectonique de Ruca Ceremoniel y culturel, Huechuraba, Chili

Orientation des espaces principaux vers l'Est

Solution de couverture architectonique réutilisée, paille.

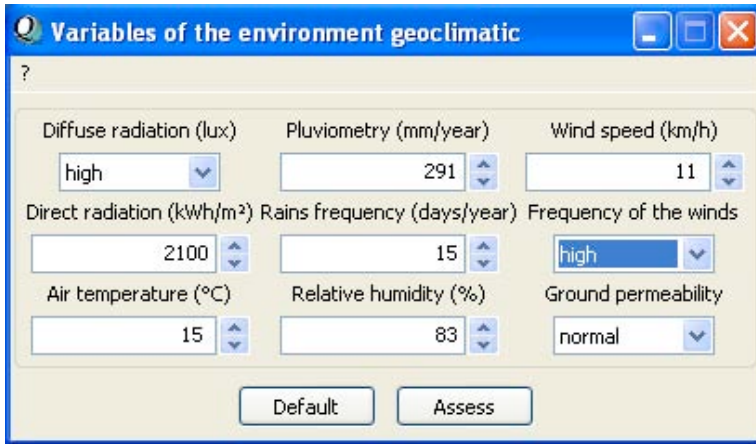


Figure 108, Variables de l'environnement géo climatique.

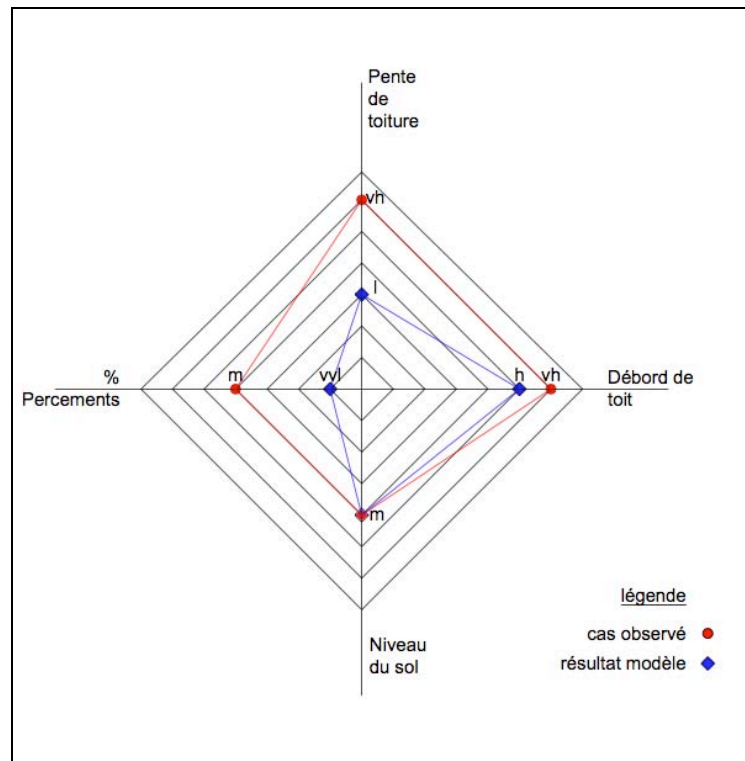
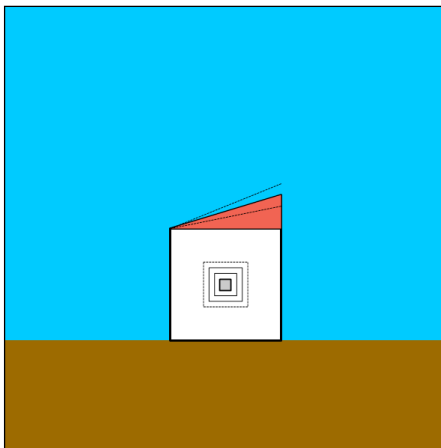


Figure 109, représentation de la maison : résultats du modèle.

Conclusions résultat 13 du modèle

Cette application montre que les DAV représentés tels que : le débord de toit (h) et la position de la maison par rapport a au sol naturel (m) correspondent bien aux DAV observés. Cependant la "pente de toiture très faible" (vvl) et la proportion de percements "très faible" (vvl) ne représentent bien la réalité observé car la pente de toiture observé es "forte" (vh) et la proportion de percements et "un peu faible" (l).

Cette Ruca cérémonial inspirée de la culture mapuche se trouve à Santiago du Chili (latitude 33 S) sept cent kilomètres au Nord du territoire mapuche actuel (39 S). Cette différence de latitude peut expliquer l'écart trouvé dans les DAV "proportion de percements" et "pente de toiture" car ils ne sont pas adaptés au climat de Santiago.

4.3.2 Conclusions application du modèle dans l'architecture inspirée de l'habitat vernaculaire mapuche

Ces trois bâtiments ont été conçues en considérant des constantes représentatives du monde mapuche aussi que en gardant des caractéristiques visibles de la Ruca traditionnelle. Un premier obstacle sur ces trois cas d'architecture est qu'il ne s'agit pas de maisons si non de centres communautaires.

Nous pouvons reconnaître les adaptations constantes suivantes :

- Les principaux espaces son orientés vers l'Est,
- Les toitures son pentues,
- Les bâtiments sont à niveau du sol naturel.
- La matérialité reste locale

Suite à l'application du modèle seule la variable *proportion de percements* "un peu grande" sortie du modèle ne correspond pas à la *proportion de percements observée* dans la ruca traditionnelle mapuche. Cette différence entre le cas mapuche observé (maison sans fenêtres avec sa porte unique orienté à l'EST) et le DAV sortis du modèle s'explique par les motivations socio culturels spécifiques de la cosmovision mapuche.

Les différences trouvés sur la Ruca Ceremonial et cultural à Huechuraba, Santiago montrent que les DAV correspondent à un EGC déterminé et ne sont pas dé localisables.

4.3.1 Variables de l'EGC identifiées à partir des DAV

Les fonctions de la variable DAV 1 **penne de toiture** sont : la couverture et l'étanchéité du bâtiment. Relativement au DAV concerné, la couverture et l'étanchéité sont influencées par deux variables de l'EGC, la pluviométrie et la fréquence de la pluie. En conséquence une différence dans la penne de toiture préconisée par le modèle et la penne de toiture analysée indique que les fonctions concernées ne seront pas résolues par les DAV.

Les fonctions de la variable DAV 2 **débord de toiture** sont : l'éclairage, le chauffage, la couverture et l'étanchéité du bâtiment. Relativement au DAV concerné, l'éclairage et le chauffage sont influencés par deux variables de l'EGC, le rayonnement diffus et le rayonnement direct. Relativement au DAV concerné la couverture est influencée par le rayonnement diffus, le rayonnement direct, la pluviométrie, la fréquence de la pluie et la

perméabilité du sol. En conséquence une différence dans le débord de toiture préconisée par le modèle et le débord de toiture analysée indique que les fonctions concernées ne seront pas résolues par les DAV. En conséquence une différence dans le débord de toiture préconisé par le modèle et le débord de toiture analysé indique que les fonctions concernées ne seront pas résolues par les DAV.

Les fonctions de la variable DAV 3 **pourcentage de percements** sont : l'éclairage, le chauffage, la couverture, le refroidissement, et la ventilation du bâtiment. Relativement au DAV concerné, l'éclairage est influencé par deux variables de l'EGC, le rayonnement diffus et le rayonnement direct. Le chauffage est influencé par trois variables de l'EGC, le rayonnement diffus, le rayonnement direct et la température de l'air. La couverture est influencé par cinq variables de l'EGC, le rayonnement diffus, le rayonnement direct, la température de l'air, la vitesse du vent et la fréquence du vent. Le refroidissement est influencé par une variable de l'EGC, la température de l'air. Finalement la ventilation est influence par quatre variables de l'EGC, la température de l'air, la vitesse du vent, la fréquence du vent et l'humidité de l'air. En conséquence une différence dans le pourcentage de percements préconisé par le modèle et le pourcentage de percements analysé indique que les fonctions concernées ne seront pas résolues par les DAV.

Les fonctions de la variable DAV 4 **rapport au niveau du sol** sont : le chauffage, le refroidissement, la ventilation et l'étanchéité. Relativement au DAV concerné, le chauffage est influencé par deux variables de l'EGC, le rayonnement diffus et le rayonnement direct. Le refroidissement est influencé par une variable de l'EGC, la température de l'air. La ventilation est influencée par trois variables de l'EGC, la température de l'air, l'humidité de l'air, et la perméabilité du sol. Finalement l'étanchéité est influencée par trois variables de l'EGC, la pluviométrie, la fréquence de la pluie et la perméabilité de sol. En conséquence une différence dans le rapport au niveau du sol préconisée par le modèle et le rapport au niveau du sol analysé indique que les fonctions concernées ne seront pas résolues par les DAV.

Conclusion générale

Le point de départ de ce travail consacre l'analyse de la performance de la forme de l'habitat vernaculaire comme réponse fonctionnelle aux contraintes d'un environnement local donné. L'architecture vernaculaire est une invention de l'humanité qui répond à des besoins concernant deux domaines différents : celui de la culture et celui de l'environnement. La culture est une dimension particulière, elle répond aux questions liées à la conception du monde. De ce fait, extraire des conclusions universelles, en relation avec la forme "culturelle" de l'habitat, reste hasardeux. Nous avons fait le choix dans notre approche, de privilégier l'analyse de l'habitat vernaculaire en fonction des caractéristiques de son environnement géo climatique. L'objectif visé étant de donner à ce modèle une ambition plus universelle.

A partir de l'observation de cas d'habitations vernaculaires sélectionnées, nous avons déterminé les variables géo climatiques qui influencent la forme de ces constructions. En constituant ainsi un socle de connaissances traduisant le savoir de "l'expert en architecture vernaculaire", une approche cognitive qualitative a été développée pour établir un modèle prédictif traduisant la relation d'influence de l'environnement géo climatique sur les déterminants architectoniques visibles d'un lieu.

Les déterminants architectoniques visibles (DAV) retenus dans ce processus sont au nombre de 4 : pente et débord de toiture, proportion de percements et rapport au sol.

Les variables de l'environnement géo climatique (EGC) prises en compte comme paramètres essentiels d'une situation locale sont fixées à 9 : rayonnement solaire diffus et direct, température et humidité relative de l'air, pluviométrie et fréquences des précipitations, vitesse et fréquence du vent, perméabilité du sol.

Le modèle a été construit et testé sur 7 cas d'architecture vernaculaire et puis sur 6 cas d'architecture actuelle (3 cas inspirés des maisons traditionnelles Landaises et 3 cas de maisons issues de la culture Mapuche). Les 7 premiers exemples ont permis de valider l'efficacité du modèle qui met en évidence les lignes de forces majeures synthétisant l'architecture vernaculaire d'un contexte local. Le modèle proposé permet, dans cette configuration, de faire une analyse fiable à 79%. Les 6 cas suivants, permettent d'évaluer la capacité du modèle en tant qu'outil d'estimation de la performance de la forme d'une construction par rapport à un EGC donné. Dans cette application, l'outil proposé peut

participer à l'évaluation d'un projet existant mais aussi à la démarche globale de conception d'un nouveau projet.

Le modèle géo-climatique comme outil d'analyse de l'existant

Le modèle permet de réaliser une évaluation de la performance de la forme extérieure du bâtiment en relation à son environnement géo-climatique. L'évaluation se fait à partir d'une comparaison entre les DAV vernaculaires sortis du modèle et les DAV observés sur un bâtiment donné.

Le modèle permet d'identifier les points de singularité d'une architecture contemporaine par rapport aux DAV. Autrement dit, il permet de repérer les points faibles de la forme extérieure analysée en relation avec son EGC. Finalement les points faibles servent à déterminer les variables de l'environnement géo climatique qui peuvent mettre en risque la performance du bâtiment. Une réponse architectonique qui s'éloigne du modèle nécessitera une solution technique ou technologique pour corriger l'écart observé qui aura nécessairement une influence sur le coût et l'impact environnemental de la construction.

Le modèle géo-climatique dans la conception architectonique performante

Dans un lieu quelconque le modèle permet saisir les contraintes géo-climatiques qui auront une influence significative sur la performance du bâtiment. Ces contraintes restent qualitatives (ordres de grandeur) donc facilement intégrables dès le début de la conception architectonique. Le modèle permet de donner de nouveaux critères à l'architecte pour structurer sa réflexion. L'architecte se re-positionne ainsi, dès l'amont du projet, comme interlocuteur central d'une démarche globale de conception intégrant des enjeux environnementaux actuels. Nous pensons que mettre en relation forte l'EGC avec la morphologie des habitats constitue un exemple d'économie de ressources qui mérite une attention particulière. Donner une place centrale à une réflexion sur la morphologie des constructions participe d'une logique de construction durable et responsable qui contrebalance la logique de confiance démesurée et presque exclusive accordée aux matériaux et aux systèmes. La pérennité de la démarche semble plus stable. La forme d'une construction devient une réponse efficace, économique, et indépendante de la disponibilité des matériaux. A la différence des ressources naturelles, le savoir faire est un patrimoine inépuisable.

Le modèle géo-climatique comme registre du patrimoine

Nous avons représenté le contexte environnemental avec une modélisation qualitative qui nous permet de récupérer des connaissances vernaculaires sous la forme de fonctions ouvrant sur une utilisation universelle.

L'objectif de cette recherche est d'apprendre des solutions vernaculaires pour favoriser une évolution raisonnée de l'architecture locale. Les DAV qui intègrent de fait la dimension "patrimoine local" servent de guide vers une nouvelle architecture, ouverte à de nouvelles propositions mais cohérente avec son EGC et sans doute avec une identité culturelle locale. Ainsi, prendre connaissance de l'utilité des DAV face à l'EGC permet de sauver et faire évoluer l'architecture locale vers de nouvelles réponses en la libérant des contraintes paysagères imposées.

Notre recherche aide à légitimer la conception architecturale au centre de la discussion. Cela est possible grâce à la validation de la forme architectonique comme réponse performante. La démarche permet d'élaborer de nouvelles propositions au regard des enjeux liés au développement durable et autorise une alternative aux réflexes de standardisation et de banalisation de l'architecture.

Finalement, le modèle peut aider à sauvegarder et valoriser la connaissance vernaculaire comme une mémoire patrimoniale inépuisable et accessible à tous.

Perspectives

La première piste identifiée pour la suite de ces travaux consiste à enrichir le modèle avec l'incorporation des nouvelles variables qui peuvent influencer la forme de l'habitat vernaculaire. Il serait possible de perfectionner l'analyse du modèle pour améliorer la pertinence de l'approche. Les principales variables à intégrer dans cette évolution du modèle concernent la composition du sol, l'orientation des façades exposées au soleil. La performance des matériaux pourrait venir compléter la démarche en intégrant des contraintes supplémentaires dans la détermination des DAV.

Une seconde piste d'évolution du modèle consiste à enrichir le modèle avec des paramètres traduisant le comportement ou la réponse interne d'une construction tels que l'efficacité d'un l'éclairage naturel ou plus globalement la dimension du confort. Ce prolongement pourrait être appréhendé dans un premier temps en détaillant mieux la variable *proportion de*

percements à partir d'une analyse plus fine (monitorisation) de cas d'architecture vernaculaire.

Bibliographie

Amaldi, P. *Architecture Profondeur Mouvement*. Infolio, Collection Projet & Théorie, 2012, 495 p.

Auping, M. *Du béton et d'autres secrets de l'architecture*. L'Arche, Collection Tête à tête, 2007, 126 p.

Bergeron, C. « La signification, oui, mais jusqu'où et comment ? » Actes : Culture française d'Amérique, Les Presses de l'Université Laval, 1992, pp.119-134

De Dear, R., Brager, G., Cooper, D. « Developing an adaptative model of thermal comfort and préférence ». *Results of Cooperative Research between the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., and Macquarie Research, Ltd.* Final Report, ASHRAE RP - 884, 1997, 312 p.

Cañas, I., Martin, S. « Recovery of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture ». *Building and Environment*, Volume 39, Issue 12, pp. 1477-1495, 2004

Pact des Landes, CEREL ARIM Aquitaine, Electricité de France – Direction de la distribution. « Le Bâti Ancien dans les Landes ». Collection Connaissance de l'habitat existant. Paris : Electricité de France, 1983, 127 p.

Courgey, S., Oliva, J.-P. *La conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation*. Terre vivante, L'Ecologie Pratique, Collection : Techniques de pro, 2006, 240 p.

Cruz Covarrubias, A., Pérez Oyarzun, F., Pérez de Arce, R. *Escuela de Valparaiso ciudad abierta*. Sevilla : Tanais Ediciones SA, 2003, 168 p.

Cruz, A. *Exposición 20 años Escuela de Arquitectura UCV*. Publicado por e[ad], Categoría : Coleccion Oficio, 1972. Disponible sur <http://www.ead.pucv.cl/1972/exposicion-20-anos-escuela-de-arquitectura-ucv/> (consulté le 02/05/2012)

Cruz, F. *La Observación Arquitectónica y del Diseño*. Publicado por e[ad], Categoría : Coleccion Oficio, 1998-2007

Da Vinci, Leonardo *Tratado de la Pintura*. Ed Nacional, Madrid, 1983.

Dollfus, J. *Les aspects de l'architecture populaire dans le monde*. Paris : Editions Albert Morancé, 1954, 134 p.

Donnadieu, B. *L'apprentissage du regard, leçons d'architecture de Dominique Spinetta*. Paris : Editions de la Villette, Savoir-faire de l'Architecture, UA 844, 2002

Eco, U. *La structure absente*. Paris, Mercure de France, 1972, 447 p.

Eliade, M. *Le sacré et le profane*. Paris : Ed. Gallimard, 2005

Faguet, G., Rodriguez, G. « De quelle manière habiter aujourd'hui dans les Landes de Gascogne ? », *Mémoire de master II : Sciences et technologies, Mécanique et ingénieries, parcours « Concevoir et Réaliser avec le bois »*, ENSAyP Bordeaux, 2006

Frampton, K. *L'architecture moderne. Une histoire critique*. Paris : Ed. Thames & Hudson, Collection Beaux-livres, 2010, 400 p.

Gedda Ortiz, M. *Patrimonio de la Araucanía-Chile. Manual de interpretación y puesta en valor, Villarrica*. Ediciones Sede Regional Villarrica Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010, 1000 exemplaires, 305 p. Disponible sur <http://issuu.com/andreaaavedra/docs/patrimoniodelaaraucaniachile> (consulté le 02/05/2012)

Giedion, S. *Espace, temps, architecture*. Paris : Denoël, Coll. Médiations, 2004, 534 p.

Goetz, B. *La Dislocation. Architecture et philosophie*. Paris : Passion, 2001, 192 p.

Grebe, M. E. « Cosmovisión mapuche ». *Cuadernos de la Realidad Nacional, N°14*, Separata, Santiago, 1972

Guerrin, F. « Qualitative reasoning about an ecological process : interpretation in hydroecology ». *Ecological Modelling*, Volume 59, Issues 3-4, 1991, pp. 165-201

Hegel, F. *Esthétique*. Paris : Presses Universitaires de France, Coll. « Grands Textes », 1998, 232 p.

Heidegger, M. *Essais et conférences*. Gallimard, Coll. Tel, Numéro 52, 1980, 378 p.

Heidegger, M. *Remarques sur art - sculpture - espace*. Rivages, Rivages Poche/Petite Bibliothèque, Numéro 640, 2009, 96 p.

Hetzl, J. *Indicateurs du développement durable dans la construction*. AFNOR Editions, Coll. Indicateurs et tableaux de bord, 2009, 184 p.

Kansou, K., G. Della Valle and A. Ndiaye (2008). Qualitative modelling to prospect expert's reasoning. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications: STAIRS 2008*. 179: 94-105. DOI: 10.3233/978-1-58603-893-9-94

Le Corbusier. *Vers une architecture*. Paris : Flammarion, Coll. Champs, 2008, 260 p.

Lévi-Strauss, C. *Tristes tropiques*. Paris : éd. Plon, Coll. Terre humaine, 1990, 504 p.

Levy, A. « Sémiotique de l'architecture : Contribution à une étude du projet architectural ». *Actes Sémiotiques*, 111, 2006. Disponible sur : <http://epublications.unilim.fr/revues/as/2993> (consulté le 02/05/2012)

Marzia, E. *Le guide de la maison solaire*, Editions Parenthèses, 2005, 340 p.

Ministerio de Obras Públicas. « Guía de diseño Mapuche para edificios y espacios públicos ». Temuco, Imprenta Austral, 2003

Monnier, G. *La Porte : instrument et symbole*. Paris : Editions Alternatives, 2004, 119 p.

Ndiaye, A., G. Della Valle and P. Roussel (2009). "Qualitative modelling of a multi-step process: The case of French breadmaking." *Expert Systems with Applications* 36(2, Part 1): 1020-1038. DOI: 10.1016/j.eswa.2007.11.006.

Norberg-Schulz, C. *La signification dans l'architecture occidentale*. Liège : Editions Mardaga, 1997, 447 p.

Norberg-Schulz, C. *Genius Loci*. Liège : Editions Mardaga, 1981, 217 p.

Oldani, J. *La météorologie. Connaître, prévoir le temps et comprendre les phénomènes météorologiques*. Editions De Vecchi, 2007, 125 p.

Olgay, V. *Arquitectura y clima : manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Ed. Rustica, 2013, 216 p.

Oliver, P. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Editée par Paul Oliver. Cambridge, UK. New York : Cambridge University Press, 3 volumes, 1997, 2500 p.

Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne / Pays Landes de Gascogne, *Livre blanc*.
Edition : Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne / Pays Landes de Gascogne
Conception et Mise en Page : Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne / Pays
Landes de Gascogne Impression : Copytel Mdm - Juin 2005 ©, 138 p.

Rapoport, A. *Pour une anthropologie de la maison*. Paris : Dunod, Coll. Aspects de l'urbanisme, 1973, 221 p.

Ricoeur P., *Histoire et Vérité*, Seuil, Paris, 1955, 408 p.

Rivera, J. E. Entretien dans « Una Belleza Nueva. Conversaciones con Cristián Warnken ». 2003. En écoute sur : <http://www.unabellezanueva.org/jorge-eduardo-rivera/>

Rodriguez, G. "Le bois dans la ville, à la recherche des espaces perdus". *Cahier architecture & industrie*, Collectif INNOVAPIN, Bordeaux, 2012.

Segaud, M. *Anthropologie de l'espace. Habiter, fonder, distribuer, transformer*. Paris : Armand Colin, Collection U, 2010, 245 p.

Stahl, P.-H., Rapoport, A. « Pour une Anthropologie de la maison ». *Revue L'Homme*, Volume 14, n°2, 1974, pp. 166-167. Disponible sur : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/hom_0439-4216_1974_num_14_2_367472 (consulté le 02/05/2012)

Supic, P. « L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire ». *Trimestriel scientifique Architecture & Behaviour*, Volume 10, n°1, 1994, pp. 27-47. Disponible sur : http://lasur.epfl.ch/images/stories/editions_du_lasur_pdf/AC/AC%20Vol%2010%20No.1/SUPIC.pdf (consulté le 02/05/2012)

Viaro, A. M., Ziegler A. « Habitat traditionnel dans le monde. Eléments pour une approche ». UNESCO, 1983. Disponible sur : <http://unesdoc.unesco.org/images/0005/000581/058151fb.pdf> (consulté le 02/05/2012)

Vitruve. *Les dix livres d'architecture*. Paris : Editions Errance, 2006, 159 p.

Viu, D., Buzaglo, A. « Ciudad abierta en Ritoque. Modernidad en América y la Escuela de Arquitectura de Valparaíso ». *A&P N° 15, Revista de la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño de la UNR*, 2001. Disponible sur : http://www.viubuzaglo.com.ar/publicaciones/Escuela_de_Valparaiso.pdf (consulté le 02/05/2012)

Vellinga, M. Oliver, P., Bridge, A. *Atlas of Vernacular Architecture of The World*. New York : Routledge, 2008, 160 p.

Venturi, R. *De l'ambiguïté en Architecture*. Paris : Dunod, 1999, 142 p.

Weissenstein, A., Bignon, J.-C. « Environmental design of a building, Climatic context ». Colloque - PLEA 2011, 27th International conference on Passive and Low Energy Architecture, 13-15 July 2011, Louvain-la-Neuve, Belgium

Zhai, Z.J., Previtali, J. M. « Ancient vernacular architecture : characteristics categorization and energy performance evaluation », *Energy and Buildings 42*, 357-365, 2009. Disponible sur : http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/Engineering/research/CenterSustainableUrbanInfrastructure/LowCarbonCities/Documents/Zhai/Zhai_AncientVen.pdf (consulté le 02/05/2012)

Szepertyski, B., Goulaze, H., Lalanne, F. et al. *Airiaux des Landes de Gascogne*. Parc naturel régional des Landes de Gascogne, avec le concours de l'Union européenne, du Ministère de la culture et de la communication, du Ministère de l'équipement et de la région Aquitaine, 2 tomes (analyse et documents annexes), 2002

Toulgouat, P. *La Maison de l'Ancienne Lande*. Pau : Editions Marrimpouey Jeune, 1977, 135 p.

Charte de Paysage et d'Urbanisme - Communauté de Communes du Pays d'Albret. Equipe d'étude : Atelier Palimpseste, Guillaume Laizé, paysagiste DPLG et Christophe Broichot, architecte DPLG

Ouvrage collectif. « L'airial, un exemple de démarche environnemental ». In : Connaître et Restaurer un Aerial. Editions du Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne, 2006, 31 pages + CD

Figures

Figure 1, Gokayama, Japon, toitures enveloppantes à forte pente et Bergen, Norvège, toitures à forte pente.	43
Figure 2 Toitures plates à Taos, Etats-Unis et à Tombouctou, Mali ; photos UNESCO.....	43
Figure 3, Ghadamès, Lybie et Djénné, Mali, toitures plates sans débord de toiture.....	44
Figure 4, Bédik, Sénégal et Landes, France dans ces deux exemples le toit déborde les murs.	45
Figure 5, Ksar d'Aït-Ben-Haddou, Maroc, les fenêtres sont très petites par rapport à la surface des murs, Ladakh, Cachemire en Inde les fenêtres sont grandes par rapport à la surface des murs; photo www.partirou.com.....	45
Figure 6, Villages souterrains près de Loyang au nord de la Chine; origine: RUDOFISKY, B.: Architecture without architects.	46
Figure 7, Maisons sur pilotis Chiloé, Chili et habitat Batak en Indonésie; photo Frey P. Learning From Vernacular.	47
Figure 8, Extérieur de Cap Sciences, face à la Garonne, le vent persistant comme horizon sonore en continuité. La façade d'un volume fermé et lisse est pénétrée perpendiculairement par le balcon qui réaffirme l'axe du pont sur l'eau. La façade devienne pénétrable grâce au reflex, tout en retenant le regard dans sa profondeur virtuelle.....	51
Figure 9, Fiche observation architectonique.	53
Figure 10, Fiche d'analyse des caractéristiques visibles de l'habitat vernaculaire.	55
Figure 11, Territoire Mapuche (Chili et Argentine) avant l'arrivée des espagnols, [Ministerio de Obras Públicas, 2003].....	56
Figure 12, Territoire Mapuche (Chili) réduit par les espagnols, Ministerio de Obras Públicas (2003).....	57
Figure 13, A gauche, la Ruca Williche, normalement de plan carre, a ses murs bardés dans le sens horizontal et son toit incliné en paille. A droite La Ruca Pewenche de plan carre est matérialisé complètement (toit et murs) en bois sous forme de canoës. Cette matérialité permet de bien supporter le poids de la neige cumulé sur la toiture pendant les périodes froides. Cette ruca correspond au territoire de montagne. Photos (Ministerio de Obras Públicas, 2003)	59
Figure 14, A gauche, la Ruca Lafkenche (côtière) de plan circulaire structuré a base de poteaux bois est constituée intégralement de paille (toiture et murs). A droite la Ruca Nagche de plan oval : structure à base de poteaux - poutres bois, toiture en paille et	

murs bardés avec des lames de bois verticaux. Malgré ces différences dans la matérialité et dans la morphologie, l'orientation vers l'Est de la porte de la Ruca est systématique : la porte est alors orientée vers l'aube, vers les premiers rayonnements solaires du jour. Photos [Ministerio de Obras Públicas, 2003].....	59
Figure 15, Route S20 "Camino a Mollulco", http://maps.google.com/ 11/12/2012.	60
Figure 16, Apparition saillante de la ruca dans une terre vallonnée, cependant il s'agit d'une silhouette au profil doux. (Intégration de la construction dans son contexte).	62
Figure 17, On arrive par l'arrière de la construction, en la contournant d'Ouest en Est dans un espace entonnoir entre clôtures et rucas. En contournant la ruca, l'espace continu invite à la découverte. L'œil et le pied doivent avancer en simultanéité.	62
Figure 18, L'arrivée est douce et non frontale, la ruca ne découvre pas son intérieur immédiatement, elle se déplie quand on se dirige vers sa façade, ici découvrir implique marcher.....	63
Figure 19, L'accès unique de la Ruca Nagche est orienté vers l'Est, sans fenêtres ; l'intérieur reste dans la pénombre.	63
Figure 20, L'espace de la ruca apparaisse compacté autour d'elle, la ruca se ferme sur elle en suivant une spirale concentrique.	64
Figure 21, forme adoucie, enveloppe continue, sans arêtes... ..	64
Figure 22 Toiture pentue de la Ruca Nagche met en évidence la volonté de éviter la stagnation des eaux pluie sur la toiture en paille.	67
Figure 23 Ruca Nagche, proportion hauteur de toiture et hauteur des murs, 2/3 correspondent à la toiture et 1/3 correspond à la hauteur des murs.	68
Figure 24 La porte rongé dans la toiture de la Ruca Nagche met en évidence la volonté de protection enveloppante de la toiture.....	69
Figure 25, Le plan ovale de la Ruca Nagche suit le sens de la course du soleil au même temps qui conforme un espace concentrique qui donne forme à l'acte de se réunir au tour du feu.....	70
Figure 26, Surface gauche du toit produite par l'union entre la structure ovale du plan avec le faîtage droit.	71
Figure 27, Se poser sur la terre sans différencier le sol extérieur du sol intérieur, la Ruca est l'espace de domestication du naturel, mais n'est pas un espaces de différenciation entre le naturel et le bâti. Le bâti se fait avec les matériaux de la terre, le bâti fait partie de la terre.....	72
Figure 28, Le toit et les murs de la Ruca Lafquenche créent une continuité depuis le faîtage jusque au sol.....	73
Figure 29, Orientation de La Porte, seul accès, seule fenêtre de la Ruca. Il est orienté vers le premier rayonnement du soleil du jour.....	74

Figure 30, Ruca Pewenche.....	75
Figure 31, structure et enveloppe à base de "huencos", troncs évidés.	75
Figure 32, Les Landes	77
Figure 33, l'airial de Marquèze à Sabres.....	79
Figure 34, Plan de masse de l'airial de Marquèze à Sabres.....	79
Figure 35, le poulailler perché.....	80
Figure 36, baradeaux de drainage.....	80
Figure 37, Aerial landais, façade Nord, profile de la toiture en croupe vers l'Ouest.....	84
Figure 38, Aerial de Marquèze à Sabres, auvent central charpenté.....	85
Figure 39, soubassement de la maison à colombage des Landes.....	86
Figure 40, Coupe schématique de la maison de l'Aerial de Marquèze à Sabres.....	86
Figure 41, Aerial de Marquèze à Sabres, espace "inter bâti".....	88
Figure 42, La façade Est de la maison constitue un volume enfoncé, un dedans ouvert qui en s'exposant comme une façade reculée, ralentit le passage entre dehors et dedans.	90
Figure 43, L'espace enfoncé de la maison expose son dedans d'un coup, l'œil arrive avant que le pied le fasse.....	90
Figure 44, La façade pignon évidé génère un dedans ouvert, un lieu intermédiaire qui marque le passage entre l'extérieur et l'intérieur de la maison et retient le regard.....	91
Figure 45, La façade enfoncée au centre du pignon génère un espace d'accueil entouré par le bâti.....	91
Figure 46, La maison encadrée dans sa propre volumétrie, génération d'une profondeur vers le dedans qui retient et le dehors oblique glissant se présentent en équivalence.....	92
Figure 47, Maison populaire en Osuna, Sevilla, Espagne. Source I. Cañas 2004	108
Figure 48, Graphe sur l'influence de l'EGC sur la structure de la maison vernaculaire.....	112
Figure 49, Graphe sur l'influence des variables de l'environnement géo-climatique sur les déterminants architectoniques visibles.....	113
Figure 50, Graphe 3 Influence de l'environnement géo climatique sur la pente de la toiture.....	114
Figure 51, Graphe sur l'influence de l'environnement géo climatique sur le débord de toiture.....	115
Figure 52, Graphe sur l'influence de l'environnement géo climatique sur le proportion de percements.....	117
Figure 53, Graphe sur l'influence de l'environnement géo climatique sur le rapport au niveau du sol.....	118
Figure 54: Probabilité d'atteindre un certain niveau d'éclairage extérieur en fonction de la latitude, B. PAULE et al., Éclairage naturel, C3315, Techniques de l'Ingénieur (2008).	120

Figure 55, Représentation des effets du rayonnement diffus sur la proportion de percements : a) matrice de relation d'influence, b) table de décision qualitative, c) représentation fonctionnelle de la relation qualitative.	125
Figure 56 Représentation des effets de la pluviométrie sur la pente de toiture : a) matrice de relation d'influence, b) table de décision qualitative, c) représentation fonctionnelle de la relation qualitative.	126
Figure 57, Fiche modèle, informations de l'environnement géo climatique et des déterminants architectoniques visibles.	134
Figure 58, fiche de résultats	135
Figure 59, Exemple de graphique de radar DAV.	139
Figure 60, Proportion de percements et rapport au niveau du sol de la maison vernaculaire de Castro.	145
Figure 61, variables de l'environnement géo climatique et maisons sur pilotis au archipel de Chiloé, Chili.	147
Figure 62, Castro, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	147
Figure 63, Valence, proportion de percements, pente et débord de toiture.	149
Figure 64, Variables de l'environnement géo climatique et des maisons souterraines en Valence, Espagne.	151
Figure 65, Valence, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	151
Figure 66, Aerial landais, proportion de percements.	153
Figure 67, Aerial landais, débord de toiture et pente de toiture.	153
Figure 68, Variables de l'environnement géo-climatique et des maison vernaculaire des Landes, France.	155
Figure 69, Marquèze, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	155
Figure 70, proportion de percements et débord de toiture.	157
Figure 71, Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Ghadamès, Lybie.	159
Figure 72, Ghadamès, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	159
Figure 73, Proportion de percements = 8% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 8% correspond à l'échelle qualitative faible (VI).	161
Figure 74, variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Tombouctou, Mali.	163

Figure 75, Tombouctou, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	163
Figure 76, Proportion de percements = 40% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 40% correspond à l'échelle qualitative grand pourcentage de percements (h).....	165
Figure 77, Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Bergen, Norvège.....	167
Figure 78, Bergen, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	167
Figure 79, Proportion de percements = 17% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 17% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (l).	169
Figure 80, Variables de l'environnement géo-climatique et des maisons vernaculaires à Temuco, Chili.	171
Figure 81, Temuco, représentation de la maison et déterminants architectoniques visibles de l'habitat vernaculaire.	171
Figure 82, Images de proposition d'habitat.	176
Figure 83, Adaptations constantes retenues.....	176
Figure 84, Proportion de percements = 18% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 18% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (l).	177
Figure 85, Variables de l'environnement géo climatique des Landes, France.....	178
Figure 86, représentation de la maison : résultats du modèle.	178
Figure 87, Images de proposition d'habitat.	179
Figure 88, Adaptations constantes retenues.....	179
Figure 89, Proportion de percements = 18% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 18% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (l).	180
Figure 90, Variables de l'environnement géo climatique des Landes, France.....	181
Figure 91, représentation de la maison : résultats du modèle.	181
Figure 92, Images (l) de proposition d'habitat.	182
Figure 93, Constantes retenues.	182
Figure 94, Proportion de percements = 18% de la surface des murs. Un pourcentage de percements de 18% correspond à l'échelle qualitative un peu faible pourcentage de percements (l).	183
Figure 95, Variables de l'environnement géo climatique des Landes, France.....	184

Figure 96, représentation de la maison : résultats du modèle.	184
Figure 97, Aldea Intercultural Trawü Peyüm, Curarrehue.....	187
Figure 98, Détail "huencos" et schéma analyse architectonique, Ministerio de Obras Públicas (2003).....	187
Figure 99, Aldea Intercultural Trawü Peyüm à Curarrehue, percements et pente de toiture.	188
Figure 100, Variables de l'environnement géo climatique.....	189
Figure 101, représentation de la maison : résultats du modèle.	189
Figure 102, Afunalhue, Licanrray, Chili.	191
Figure 103, Schéma analyse architectonique, Ministerio de Obras Públicas (2003).....	191
Figure 104, Variables de l'environnement géo climatique.....	193
Figure 105, représentation de la maison : résultats du modèle.	193
Figure 106, Ruca Ceremonial y Cultural, Huechuraba, Chili, source : Ministerio de Obras Públicas (2003).	194
Figure 107, Photo et schéma analyse architectonique, Ministerio de Obras Públicas (2003).	194
Figure 108, Variables de l'environnement géo climatique.....	196
Figure 109, représentation de la maison : résultats du modèle.	196

Annexes

Annexe 1. Echantillon de 40 maisons vernaculaires

	Pays	Ville	latitude	altitude m	altitude ft	climat	Pente de toiture	Proportion de percements	Débord de Toiture	Rapport au niveau du sol
1	Afghanistan	ghazni	33°32N		2209	désertique chaud	l	vl	m	m
2	Alger	Vallée du M'Zab Ghardaia	32°N 28'		1615	pré-désertique	l	l	m	m
3	Allemagne	Cochem, Vallée du Haut- Rhin moyen	50°N 10'		300	tempère frais	h	h	h	m
4	Autriche	Hallstatt- Dachstein / Salzkammergut	47°N 33'		1700	tempère frais	h	h	h	m
5	Autriche	Wachau	48°N 21'		750	tempère frais	h	h	h	m
6	Cambodge	Campong Cham	12N		15	équatorial humide et regime de moussons	h	vh	vh	vvh
7	Chili	Caspana	22°S 19'		10660	pré-désertique	m	vvl	h	m
8	Chili	Machuca	22°S 35'		13146	pré-désertique	m	vl	h	m
9	Chili	Camino Mollulco	38°S 42'		536	tempère frais	h	m	h	m
10	Chili	Castro	41°S	11		tempère frais et humide	m	m	h	vvh
11	Chili	Curarrehue	39°S 20'		1225	tempère frais	m	vl	h	m
12	Chile	Henan	34°N	90		tempère humide	m		m	vvl
13	Chine	Lijiang	26°N 52'		7886	océanique	m	h	h	m
14	Chine	Mont Wutai	39°N 1'			tempère froid à été chaud	m	h	oui	h
15	Colombie	Leticia			276	équatorial humide et regime de moussons	h	vh	oui	oui
16	Egypte	Sainte- Catherine	28°N 33'			pré-désertique	l	m	oui	m
17	Espagne	Cuevas Paterna	39°N	70		méditerranéen semi-aride	m	l	m	vvl
18	France	Jurisdiction de Saint-Émilion	44°N 53'		221	tempère frais	m	m	oui	m
19	France	Ecomusée de Marqueze	44°N 10'		260	tempère frais	m	l	oui	m
20	Inde	Landakh					m	vh	m	m
21	Indonésie	Célèbes	2S 120E			équatorial humide et regime de moussons	vvh		vvh	vvl

22	Indonésie	Lemo Tongkonan	1 59S		4272	équatorial humide et regime de moussons	h		vh	vvl
23	Iran	Bam	29°N 07'		3430	pré-désertique	l	l	m	m
24	Japon	Villages historiques de Shirakawa-go et Gokayama	36°N 24'N 136°52'51E	340	1600	océanique	h	m	oui	oui
25	Lao People's Democratic Republic	Ville de Luang Prabang	19°N 53'		980	de la savane	h		oui	oui
26	Libye	Ghadamès	30°N 7'		1120	désertique chaud	l	vl	m	m
27	Mali	Tombouctou	16°N 46'		895	désertique chaud	l	vl	m	m
28	Mali	Villes anciennes de Djenné	13°N 54'		907	pré-désertique	l	vl	m	m
29	Maroc	Ksar d'Ait-Ben-Haddou	31°N2'	1280	4200	pré-désertique	l	vl	m	m
30	Népal	Kathmandu	27°42N		1336	océanique	h	h	oui	oui
31	Norvege	Bergen	60°N	5			vvh	vh	h	m
32	Romania	Sibiu	45°N 47'		1414	tempère frais	h	m	oui	m
33	Senegal	Bédik	12°N31'		650	de la savane	h	vl	h	m
34	Togo	Koutammakou	10°N 4'		749	de la savane	h	vl	h	m
35	Tunisie	Matmata	33°N	900		désertique chaud	m	l	m	vvl
36	Turquie	Ville de Safranbolu	N41 15 36				m	vh	h	m
37	USA	Taos	36°N 26'	2150		pré-désertique	l	vl	m	m
38	Vietnam	Kon Tum	14 21N		1804	de la savane	h	vh	h	vh
39	Yemen	Ancienne ville de Shibam	15°N 55'			désertique chaud	l	l	m	m
40	Yemen	Sana'a	15°N 21'		7407	pré-désertique	l	m	m	m