

Audit des logements a Huamachuco sur une base typologique



Travail de fin d'études réalisé en vue d'obtention du grade
de Master en Ingénieur civil Architecte par Houmam MELIANI

Promoteur : J. TELLER Co-Promoteur: S. ATTIA

Dédicaces :

Je dédie ce travail à ma mère, grande poétesse,
Pour l'amour qu'elle m'a donné.
Pour l'amour qu'elle a nourrit en moi, l'amour des gens, l'amour des êtres...

Je dédie ce travail à mon père, artiste dans l'âme,
Qui a su donner et se donner complètement pour me voir réussir.

Ce travail est le fruit de l'éducation qu'ils m'ont inculqué, et du sacrifice énorme qu'ils ont consenti à faire pour moi.

Je dédie ce travail à Madame Danielle DUMOULIN, femme exceptionnelle au grand cœur,
Qui a pu garder en moi, malgré les difficultés et les entraves, la flamme ardente du courage avec laquelle j'avais débuté mes études supérieures.

Je dédie aussi ce travail à mon petit frère, champion d'échecs, qui représente le Maroc, et des fois l'Afrique, dans des compétitions internationales.

Je dédie finalement ce travail à tous les habitants de la ville de Huamachuco.

Remerciements :

Je voudrais tout d'abord exprimer à Mr Le Professeur Jacques TELLER ma profonde gratitude pour m'avoir permis cette chance inouïe de partir en découverte du pays extraordinaire qu'est le Pérou, de m'avoir guidé tout au long de cette année académique et de m'avoir orienté vers les voies les plus judicieuses.

Je voudrais également exprimer ma reconnaissance à Mme Marta VILELA MALPARTIDA de m'avoir accordé un peu de son temps précieux, que ce soit pour l'obtention du visa, de l'accueil chaleureux qu'elle m'a réservé à Lima, mais surtout pour son attention et son suivi.

Je remercie Mr Le Professeur Shady ATTIA qui a accepté de me prêter son matériel personnel, faisant preuve d'une grande confiance envers moi. Je le remercie pour tout le temps qu'il m'a consacré ainsi que tout ce qu'il m'a enseigné. Collaborer avec lui durant ce travail m'a permis de découvrir le grand homme qu'il est, dont la cordialité est l'une de ses grandes qualités.

Je tiens à remercier tout particulièrement Madame Samia BENRAJEB qui, grâce à ses qualités aussi techniques que humaines, j'ai pu améliorer la qualité de ce travail avec beaucoup de motivation et d'enthousiasme.

Je remercie vivement le Fond Mobilité Ulg pour l'octroi de ma bourse de voyage.

Je remercie Mr le Professeur Martin WIESER pour m'avoir permis de suivre un de ses cours à l'université catholique de Lima et d'avoir partagé avec moi une partie de son savoir et ses connaissances techniques. Les remerciements s'adressent aussi à sa collègue Adriana SCALETTI CARDENAS pour son suivi et ses conseils.

Je remercie les membres de l'organisation internationale « Cuerpo de Paz » pour m'avoir accompagné dans mes visites et m'avoir trouvé une famille d'accueil où je me suis senti comme membre de la famille.

Je remercie L'enseignant d'anglais Mr Francisco VILLANUEVA VERA pour m'avoir accompagné lors de mes entretiens et de m'avoir traduit les réponses des habitants interviewés.

Un grand merci à tous ces ouvriers qui m'ont accueilli chaleureusement lors de mes visites de chantiers et qui ont partagé avec moi leur savoir avec le sourire et la bonne humeur.

Je remercie les universités UPAO, UCV et UPN de Trujillo pour m'avoir ouvert les portes de leurs bibliothèques et m'avoir aidé dans mes recherches.

Je remercie Monsieur le Professeur Luc COURARD et ses assistants ; Frédéric MICHEL, Sophie GRIGOLETTO, Amaury DARAS pour m'avoir permis d'utiliser le laboratoire de la faculté des sciences appliquées pour mes tests sur la brique d'adobe. Je les remercie pour m'avoir assisté et m'avoir fourni toute la documentation et surtout les normes que j'ai suivies pour mener à bien les tests.

Je remercie Madame Anne THIRY, de l'institut des langues modernes de Liège (ILM) pour m'avoir permis une rapide progression en espagnol durant une période assez courte.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les habitants de la ville de Huamachuco, et plus particulièrement aux 110 familles qui ont accepté de m'ouvrir la porte de leurs maisons et ont partagé avec moi leurs vécus. Je les remercie pour leur gentillesse, leur aide et leur soutien. Grâce à eux, mon séjour s'est déroulé dans de très bonnes conditions tant sur le plan pratique que sur le plan relations humaines.

Merci à toutes ces personnes qui n'avaient rien et qui m'ont tant apporté...

Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail de fin d'étude.



Présentation à Lima

le 03 Mars 2015

De gauche à droite :

Moi-même, Adriana SCALETTI CARDENAS, Marta VILELA MALPARTIDA, Martin WIESER.



Photo avec l'une des 110 familles qui nous ont ouvert la porte de leur chez-soi.



Réunion Skype le 25 Mai 2015

De gauche à droite :

Adriana SCALETTI CARDENAS, Martin WIESER, Alejandro GONZALES.

Typological Analysis and Audit for Dwellings in Huamachuco, Peru

Keywords: housing quality - typology - comfort - climate - construction

This study aims to establish a data bank on housing in Huamachuco, a city located 3200 meters north of Peru. The research objective is to highlight the concept of architectural quality and approach methods that can guarantee a good quality of habitat. The research went several phases that range from data collection, field measures including sketching and creation of a technical report with a typological analysis and documentation of Huamachuco. This research audience is mainly anyone wishing to obtain information on the architecture of Huamachuco. The significance of this work lies in the fact that it is the first systematic inventory and audit applied to the city.

The first part of the study is a typological analysis for most dwellings. This study is based on a particular methodology, carefully designed after a careful pilot field survey. This includes the visit of more than hundred dwelling to follow the evolution of homes and embrace the possible trends across four different typologies classified according to four criteria (roof; geometry of the plan; building material; percentage of windows).

The second part is a field audit aiming to identify areas likely fuel use, fuel efficiency, indoor environmental quality and comfort, as well as factors influencing the habitat quality taking into account social and cultural characteristics of the inhabitants. Thus, 10 dwellings have been thoroughly studied using special equipment to collect data relating to temperature, carbon dioxide concentration, relative humidity, light autonomy and intensity and thermal imaging for envelope airtightness and hygrothermal characteristics. Also, the study reports the synthesis of a series of surveys of Huamachuco inhabitants. The examination of these aspect provided input on subjective comfort. Finally, the study propose and discuss a developed some architectural prototypes and describes their quality performance as referential architectonic benchmark for future construction in the city of Huamachuco.

Abstract :

Titre de la recherche : Audit des logements à Huamachuco sur une base typologique.

Mots clés : habitabilité – qualité – typologie – confort – climat – pisé - adobe - morphologie

Ce travail a pour but de constituer une banque de données sur les logements de Huamachuco, ville située à 3200 mètres d'altitude au nord du Pérou.

Il se donne pour objectif de mettre en évidence un concept de la qualité architecturale et d'approcher les méthodes qui peuvent la garantir au niveau de l'habitat. Ce travail se compose d'un ensemble de phases qui vont de la collecte des données et mesures à la restitution avec rédaction et présentation d'un rapport incluant une analyse de ces données. La présente recherche est destinée à toute personne désirant se documenter sur l'architecture de Huamachuco.

L'importance de ce travail réside dans le fait que c'est le premier audit appliqué à des cas d'étude à Huamachuco.

La première partie du travail est une étude typologique de l'essentiel du cadre bâti des habitations. Cette étude repose sur une méthodologie particulière, soigneusement élaborée et issue d'un dépouillement judicieux du terrain. Ainsi, la visite de 110 maisons nous a permis de suivre l'évolution de l'habitation et d'embrasser les tendances possibles à travers 4 types expliqués liés aux techniques de construction (pisé, adobe, béton et briques et finalement la technique mixte). Ces types se répartissent à leur tour en différents sous-types définis suivant des critères appliqués aux architectures rencontrées (organisation du plan, pourcentage des baies par rapport à la surface de la façade, types de toitures, localisation en ville ou dans la campagne...)

La deuxième partie sera consacrée à une étude sur terrain de maisons, représentant un cas de chaque type défini, pour pouvoir relever les éléments susceptibles d'alimenter une conception de « qualité », ou dans le cas contraire les facteurs influençant cette dernière tout en prenant en compte certaines spécificités sociales et culturelles des habitants. Ainsi, 10 maisons ont été minutieusement étudiées en utilisant un équipement spécifique pour récolter les données se rapportant à la température, le CO₂, l'humidité relative, la quantité de lumière et l'analyse d'images thermiques...

Parallèlement à cette étude, nous effectuerons un ensemble d'enquêtes auprès de l'habitant. L'examen de celles-ci nous permettra de savoir le niveau de confort subjectif des occupants de chaque type.

La dernière partie est dédiée à l'étude des certains projets pilotes en terre crue en vue d'obtenir des pistes d'amélioration des habitations pour atteindre la qualité et le confort ciblés à Huamachuco.

Sommaire :

<u>Chapitre 1 :</u> Introduction et problématique.....	1
1 – 1 – Introduction.....	1
1 – 2 – Problématique	2
<u>Chapitre 2 :</u> Etat de l’art.....	4
2 – 1 – Revue de littérature	4
2 – 2 –Habitat	6
2 – 3 –logement	7
2 – 4 –habitation	8
2 – 5 – Confort.....	8
2 – 6 – Qualité.....	10
2 – 7 – habitabilité.....	10
2 – 7 – 1 – Les exigences psycho-physiologiques.....	11
2 – 7 – 2 – Les exigences sociologiques ou exigences d’adaptation du logement à la vie de l’individu ou de la famille.....	13
<u>Chapitre 3 :</u> Méthodologie d’approche concernant l’étude des maisons.....	14
3 – 1 – Elaboration de la typologie d’habitat.....	14
3 – 2 – Choix des 10 maisons étudiées.....	14
3 – 3 – Observations relatives aux maisons.....	14
3 – 4 – Elaboration d’un outil mesurant le degré d’habitabilité.....	14
3 – 5 – Audit.....	15
3 – 6 – Matériel utilisé pour l’audit.....	16
3 – 7 – Récolte des mesures.....	17
3 – 8 – Estimer le confort thermique par la méthode Fanger.....	18
3 – 9 – Entretiens.....	19
3 – 10 – Vérification de la capacité portante de l’enveloppe.....	19
<u>Chapitre 4 :</u> Cas de Huamachuco.....	21
4 – 1 – Huamachuco.....	21
4 – 2 – Caractéristiques bioclimatiques de Huamachuco.....	22
4 – 3 – Elaboration de la typologie des habitations à Huamachuco.....	24
4 – 4 – Examen des caractéristiques dominantes et résultats.....	27
4 – 5 – Les matrices de la genèse de la typologie.....	37
<u>Chapitre 5 :</u> Etude des maisons en pisé.....	43
5 – 1 – Le pisé ou la construction en terre crue damée entre des planches.....	45
5 – 2 – Maison 1.....	48
5 – 3 – Maison 2.....	54
5 – 4 – Maison 3.....	60
5 – 5 – Maison 4.....	66
<u>Chapitre 6 :</u> Etude des maisons en adobe.....	73
6 – 1 – Construire en adobe, une tradition millénaire.....	74
6 – 2 – Tests de compression et de flexion sur brique d’adobe.....	77
6 – 3 – Maison 5.....	82
6 – 4 – Maison 6.....	88
<u>Chapitre 7 :</u> Etude des maisons à structure en béton et remplissage en briques de terre cuite.....	95
7 – 1 – Etapes de construction de briques en terre cuite.....	97
7 – 2 – Immeuble en ville.....	98

<u>Chapitre 8</u> : Maisons hybrides.....	105
8 – 1 – Maison 8.....	106
8 – 2 – Maison 9.....	112
8 – 3 – Maison 10.....	118
<u>Chapitre 9</u> : Conclusion à propos de l'instrumentation des 10 maisons.....	124
<u>Chapitre 10</u> : Vers un retour à la terre.....	126
6 – 1 – Introduction	126
6 – 2 – Institutions mondiales pour la promotion de l'architecture de terre.....	126
6 – 3 – Projets pilotes réalisés en terre crue.....	129
6 – 4 – Avis d'un expert.....	133
<u>Chapitre 11</u> : Conclusion générale.....	135
12 – Références bibliographiques.....	137
13 – Listes des figures	139
14 – Annexes	145

« Il n'y a d'homme complet que celui qui a beaucoup voyagé, qui a changé vingt fois la forme de sa pensée et de sa vie. Les habitudes étroites et uniformes que l'homme prend dans sa vie régulière et dans la monotonie de sa patrie sont des moules qui rapetissent tout : pensée, philosophie, religion, caractère, tout est plus grand, tout est plus juste, tout est plus vrai chez celui qui a vu la nature et la société de plusieurs points de vue. Il y a une optique pour l'univers matériel et intellectuel. Voyager pour chercher la sagesse était un grand mot des anciens ; ce mot n'était pas compris de nous ; ils ne voyageaient pas pour chercher seulement des dogmes inconnus et des leçons de philosophes, mais pour tout voir et tout juger. Pour moi, je suis constamment frappé de la façon étroite et mesquine dont nous envisageons les choses, les institutions et les peuples ; et si mon esprit s'est agrandi, si mon coup d'œil s'est étendu, si j'ai appris à tout tolérer en comprenant tout, je le dois uniquement à ce que j'ai souvent changé de scène et de point de vue. Etudier les siècles dans l'histoire, les hommes dans les voyages et Dieu dans la nature, c'est la grande école ; nous étudions tout dans nos misérables livres, et nous comparons tout à nos petites habitudes locales ; et qui est-ce qui a fait nos habitudes et nos livres ? des hommes aussi petits que nous. Ouvrons le livre des livres ; vivons, voyons, voyageons : le monde est un livre dont chaque pas nous tourne une page ; celui qui n'en a lu qu'une, que sait-il ? »¹

¹ Œuvre de LAMARTINE, Paris, Ador Libraire-éditeur, 1836, p.179-180

Chapitre 1 : Introduction et problématique

1 – 1 – Introduction :



Figure 1: Calligraphie de Hassan MASSOUDY :

*« Voyage si tu ambitionnes une valeur certaine, c'est en parcourant les cieux que le croissant devient pleine lune »
Ibn Qalakis, 11^{ème} siècle.*

Choisir ce travail de fin d'études dans le cadre d'un séjour à l'étranger, précisément au Pérou, est né d'une soif d'assouvir plusieurs attentes personnelles.

Etant né au Maroc, ayant fait mes études supérieures en France puis en Belgique, le fait d'avoir passé 5 mois en Italie dans le cadre d'un échange Erasmus puis ma participation à un workshop au Japon m'ont exposé à des « bombardements cérébraux » ; la richesse que j'ai acquise durant ces voyages m'ont permis de me desquamer, tel un serpent, de tout ce que j'ai pu accumuler comme certitudes ou croyances issues de ma culture d'origine et de sortir, par conséquent, de la « zone de confort ». Ces changements de paradigmes, de façons de voir le monde et de le penser, m'ont ouvert la voie de l'universalité et m'ont permis de transcender mes frontières culturelles. La volonté de développer une « kleptomanie » envers le répertoire des cultures du monde et les apports des « autres », est vite née en moi et, l'opportunité que m'offrait Monsieur le Professeur Jacques TELLER de partir au Pérou ne pouvait que m'enchanter. Partir à Huamachuco, au fin fond du Pérou, me faisait penser aux aventures de Michel LEIRIS, ethnologue et grand écrivain dont LEVI-STRAUSS l'avait qualifié du plus grand prosateur du XX^{ème} siècle. Son récit le plus fameux est celui narrant sa participation à l'expédition Dakar-Djibouti organisée par son maître Marcel GRIAULE et dont le but était de parcourir tout l'empire français pour aller explorer, jusqu'aux petits villages, afin de démontrer que leurs occupants ont une vraie culture, et surtout de grandes productions artistiques. Michel LEIRIS a cette faculté de faire rêver son lecteur de mondes différents auxquels il est parvenu, et où il a fréquenté des indigènes parlant une autre langue que la sienne, avec d'autres coutumes et avec qui il était amené à vivre. Après un certain temps, il réussissait à parler leur langue et après un temps encore plus long, il réussissait à rêver dans leur langue... C'est cette plongée radicale dans l'altérité qui me poussait à entreprendre ce mémoire.

Heureusement pour moi, ce séjour a été une réussite sur tous les plans, notamment sur le plan humain. La visite des 110 maisons à Huamachuco, et puis les 10 maisons retenues étudiées, a été l'occasion de concrétiser la magie et l'alchimie des rencontres avec des inconnus, des personnes qui m'ont fait confiance, une confiance hors du commun au point que je me demande si je suis capable d'offrir cette même confiance à des inconnus. Ils m'ont ouvert la porte de leur chez-soi, la porte de leur intimité et de leur univers. Les côtoyer pendant les trois mois et demi du séjour m'a appris la vraie nudité ; la nudité du cœur, celle qui permet aux hommes, dans leur diversité, d'apprendre à se connaître, d'apprendre à se comprendre, de vivre ensemble et peut-être à s'aimer. Leur rendre hommage est si agréable pour toute la beauté qu'ils m'ont transmise. Mais ce séjour a aussi été imprégné de moments de grand doute, où on perd toute confiance et, à la fin du voyage, on se rend compte que chacune de ces expériences étaient nécessaires. La difficulté est d'en avoir conscience au moment où on les vit.

« Trop de gens attendent tout du voyage sans s'être jamais soucié de ce que le voyage attend d'eux [...] Le voyage ne vous apprendra rien si vous ne lui laissez pas aussi le droit de vous détruire. C'est une règle vieille comme le monde. Un voyage est comme un naufrage, et ceux dont le bateau n'a pas coulé ne sauront jamais rien de la mer. Le reste, c'est du patinage ou du tourisme. »¹

¹ Nicolas BOUVIER, Le vide et le plein, Carnet du Japon, Hoëbeke, 2004, p.158

1 – 2 – Problématique :



Figure 2 : Vue de Huamachuco depuis le haut de la colline « cerro cacaian ».

A l'aube du troisième millénaire, de très nombreux pays souffrent d'une crise en logements qui a, à la fois, un aspect quantitatif et qualitatif. Les facteurs derrière cette situation sont la croissance démographique, la mondialisation, la décentralisation et l'important apport migratoire advenant du milieu rural... Ces changements engendrent de nouveaux besoins dans les villes en matière d'habitat.

La production populaire et l'architecture sans architectes sont quelques-unes des répercussions de ces phénomènes. Malgré leur rôle dynamisant, dans le sens où elles permettent de créer de l'emploi et de consommer des matériaux de construction, elles restent problématiques.

Si au niveau quantitatif l'effort est considérable, au niveau qualitatif, la situation est critique. Un hiatus sépare le conçu et les besoins. Au niveau de l'habitation, par manque de surface, pour des raisons sociales ou d'ordre économique, un ensemble de contraintes font que la qualité y est faiblement tenue en compte ; la question d'insalubrité et le manque de confort influent sur l'habitabilité des logements. La qualité habitable a demeuré insatisfaisante dans la plupart des tissus d'habitat, voire médiocre dans d'autres. Le rôle de l'architecte est de chercher constamment les meilleures réponses afin de garantir une bonne qualité architecturale, en vue de satisfaire les besoins changeants des usagers et du bien-être de l'humanité.

Dans le but de répondre aux besoins immédiats en logements et sans penser à long terme, cette urbanisation de masse se fait, depuis plusieurs années, en matériaux non respectueux de l'environnement, comme le béton dont la conception entraîne une consommation d'énergie non négligeable et qui peut nécessiter l'utilisation d'additifs nocifs et néfastes pour notre écosystème.

Le devoir de réformer notre rapport à l'environnement est plus que nécessaire. Utiliser les ressources naturelles de façon plus consciente, selon une nouvelle conception de gestion durable est l'une des solutions clés pour pouvoir offrir aux générations futures un avenir meilleur. Le secteur du bâtiment est l'un des plus concernés. Revenir à des techniques de construction plus respectueuses de la nature devrait devenir le leitmotiv de la génération des futurs architectes.

« Dans un contexte d'évolution en hausse du coût de l'énergie, le retour à un savoir perdu, à un art de bâtir dont le secret aurait disparu semble s'imposer. »¹

¹ Georges ALEXANDROFF, Alain LIEBARD, *L'habitat solaire : comment ?*, édition L'Equerre, 1979, p. 59



Figure 3 : Habitat à majorité en béton et briques, en bordure d'une artère importante de la ville, et habitat traditionnel en terre crue en zone rurale, Huamachuco.



Figure 4 : Cohabitation d'architecture traditionnelle et des nouvelles constructions en béton et briques, Huamachuco.

Chapitre 2 : Etat de l'art

2 – 1 – Revue de littérature :

La première partie de ce travail de fin d'études se consacre à une recherche bibliographique dont l'objet a été, par le biais de différents ouvrages (dictionnaires, articles, mémoires, livres philosophiques, religieux...) et de divers langues (français, arabe, anglais, espagnol, allemand...), de voir ce qui a été déjà fait dans le cadre de l'objet d'étude de notre travail. Il ne s'agit pas de partir d'une feuille blanche mais de s'inspirer de ce qui a été déjà réalisé de similaire.

Ci-dessous sont cités les ouvrages qui ont eu le plus d'impact sur la manière d'envisager notre mémoire, ils ont été soit conseillés par les promoteurs Monsieur le Professeur Jacques TELLER et Monsieur le Professeur Shady ATTIA, soit trouvés sur les systèmes de recherches Orbi, Google Scholar ou ScienceDirect:

- Le premier, par ordre d'importance en ce qui concerne son influence sur le présent travail, est «Fontaine N., *La trame verte comme outil de développement durable de la ville intermédiaire. Cas d'étude : Pérou, ville intermédiaire de Huamachuco*, 2014 ». Ce travail de fin d'études traite du développement durable des villes intermédiaires. Il propose une articulation des espaces publics par le biais d'une trame verte avec comme thème central la mobilité lente, la réflexion est appliquée à l'échelle de la ville de Huamachuco et de son territoire.

- Le second est «Louis N., *Logements, habitations, habitants. Cas d'étude de Sipe Sipe, Cochabamba, Bolivie*, 2009 ». Ce travail de fin d'études est basé sur la collaboration et les échanges avec les habitants du village de Sipe Sipe à travers lequel une analyse est portée sur les trois notions ; logement, habitation et habitant, leurs relations ainsi que leurs articulations.

- Le troisième est « Geinsendorf E., Schüepp J., Stanescu A., Tönshoff H. *Dichte, individuelle Wohnbauformen : Eine systematische Beispielsammlung*, 1983 ». Ce travail porte sur la qualité d'habitation « Wohnqualität » de différentes formes d'habitat (la maison individuelle, l'immeuble et l'habitat groupé). C'est l'ouvrage dont nous nous sommes largement inspirés pour sa structure, il est divisé en trois parties qui constituent des étapes à suivre :

- 1) Constituer un catalogue de critères déterminants pour la qualité d'habitations qui vont servir à la comparaison des diverses formes du bâti retenues.
- 2) Répertorier tout le spectre des formes d'habitat possible par une approche combinatoire, c'est-à-dire concevoir une typologie basée sur les combinaisons possibles des diverses unités conceptuelles. En effet, l'étude se base sur les modes d'agencement des unités de logement, ce qui a eu comme répercussion de créer des types comme : Le point P (unités individuelles) ; La ligne L (unités agencées linéairement) ; La surface S (unités agencées en surface)... A nos yeux, la systématique de la démarche est particulièrement attrayante mais présente un désavantage notoire : cette approche ne se préoccupe ni du fréquent, ni du caractéristique, elle ne distingue guère le particulier du général. C'est pour cette raison qu'on a associé, dans la démarche proposée, une étude statistique pour avoir une idée des caractéristiques les plus dominantes et les plus répandues dans l'échantillon sélectionné.
- 3) Réunir et analyser une collection d'exemples illustrant des solutions élaborées pour des cas nationaux comme internationaux, réalisés ou restés en projets.

- Le quatrième est « Van Vaerenbergh M., *Les critères de qualité du logement*, 1980 » qui a pour terme privilégié d'améliorer le cadre de vie incluant divers éléments de base tels que l'habitat, les services médico-sociaux, les lieux de production et de gestation, les transports, les centres d'enseignement, les lieux de sports ou de loisirs... et en considérant le logement comme une prestation globale et individuelle.

- Le cinquième est «Bardou P., Arzoumanian V. *Archi de terre*, 1978 ». Cet ouvrage présente d'une manière exhaustive le « béton de terre », les différentes techniques de bâtir en terre (pisé, adobe, torchis, SOD, briques faites mécaniquement...). Ensuite, il présente des habitations traditionnelles en Côte d'Ivoire, Mexique, Espagne... Enfin, il consacre sa dernière partie à des projets contemporains de son époque qui s'inscrivent dans l'approche de l'architecture bio-climatique.

- Le sixième est « Blachère G., *Savoir bâtir, habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*, 1966 » où l'auteur met l'accent sur le mode de penser scientifique – ce dont on est sûr par évidence expérimentale – qui doit régir la construction des logements et prendre possession du bâtiment.

- Le septième est « Franck R., Jover G., Hovorka F. *L'efficacité énergétique du bâtiment*, 2014 ». Ce manuel professionnel décrit les composantes techniques, organisationnelles, méthodologiques et managériales d'une démarche de maîtrise de l'énergie. Un chapitre tout entier est consacré aux différentes campagnes d'audits énergétiques, et donne les étapes à suivre pour la réalisation de l'audit allant de la première phase qui consiste en le rassemblement des données énergétiques et de patrimoine jusqu'à la dernière phase qui est la restitution sous forme de prérapport et rapport final. Il offre en annexe des exemples

d'audits énergétiques. A cela s'ajoute la description de nombreux projets déjà réalisés témoignant de la pertinence de la démarche de maîtrise de l'énergie.

- Le huitième est « Adra N. *Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais*, 2001 ». Cette thèse de doctorat propose une procédure de certification pour l'habitat en distinguant consommation standard et consommation réelle. Le but est la maîtrise de l'énergie et la réduction de la consommation énergétique au Liban où aucune réglementation thermique ou énergétique n'est appliquée pour les constructions.

- Le neuvième est « Nguyen T. *Sustainable housing in Vietnam : Climate responsive design strategies to optimize thermal comfort*, 2013 ». Cette thèse de doctorat a pour dessein de développer des stratégies pour atteindre le confort tout en créant des maisons éco énergétiques et à moindre coût. Un aperçu des performances thermiques des 3 types majeurs d'habitations vietnamiennes (maisons en rangée, maisons détachées et les immeubles d'appartements) ont été évaluées pour servir de références pour les rénovations et les améliorations à apporter. La thèse prend en compte l'étude des maisons traditionnelles vietnamiennes en ce qui concerne leurs atouts face aux conditions climatiques et en tire des leçons à transposer dans les constructions modernes.

- Le dixième est « Attia S., Carlucci S. *Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate*, 2015 ». Cet article compare l'influence du choix entre différents modèles pour déterminer le confort hygrothermique intérieur sur l'énergie consommée dans un climat chaud. Ainsi, l'article compare l'application du modèle Fanger, du modèle de Givoni, ASHRAE 55 et finalement le modèle EN 15251 par rapport à l'énergie consommée et les performances thermiques. La comparaison des performances énergétiques et le confort thermique se fait entre deux situations : le cas de coupler une ventilation naturelle et un refroidissement mécanique et l'autre en ayant en même temps une ventilation naturelle, un refroidissement mécanique et des ventilateurs de plafond.

- Le onzième est « Singh M., Mahapatra S., Teller J. *Relation between indoor thermal environment and renovation in Liege Residential buildings*, 2014. Cet article se penche sur le contrôle de l'ambiance thermique intérieure dans 20 bâtiments résidentiels à Liège ainsi que les résultats d'une enquête auprès d'occupants de 85 maisons afin de cerner leurs attentes par rapport à l'ambiance thermique intérieure que ce soit en été ou en hiver. Les résultats montrent qu'un changement de vitrage a un apport très peu quantifiable ou des fois un effet inverse sur l'ambiance intérieure dû à une isolation défectueuse.

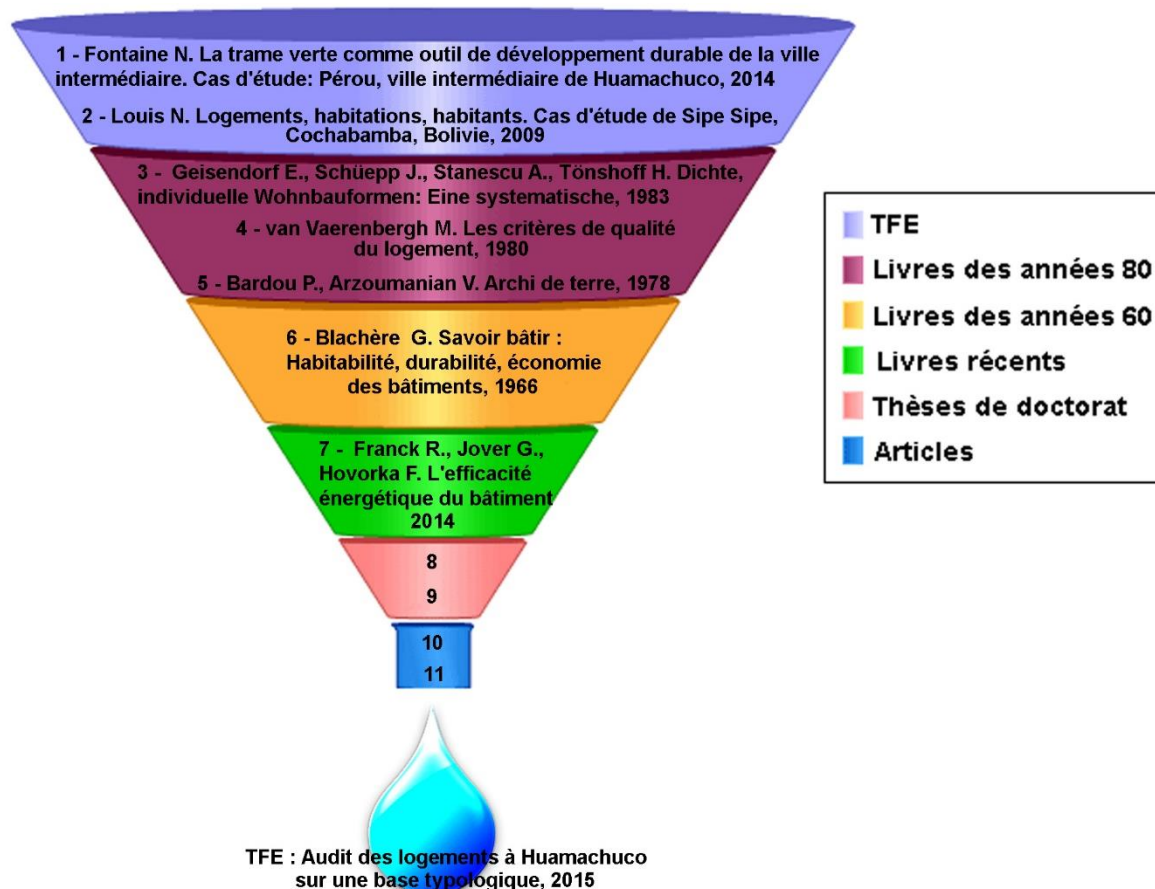


Figure 5 : Ouvrages ayant eu le plus d'impact sur le mémoire

Nous situerons notre contribution, par le biais de ce chapitre, comme la volonté d'éclairer le débat et de démêler la pelote conceptuelle qui associe les termes : habitat, habitation et logement. Ces termes, dans un premier temps, peuvent sembler synonymes mais un hiatus se place entre chacun de ces mots. Nous nous intéresserons ensuite à la notion de qualité et ce qui détermine l'habitabilité d'un lieu. Pour se faire, on est obligés de revenir à l'histoire de l'habitat, se pencher sur la vision de philosophes chez qui on trouve des considérations sur « l'habitat » et « l'habiter ». La diversité des sources consultées a pour objectif d'avoir une vision globale de l'objet d'étude, en respectant l'incitation d'Edgar MORIN à la complexité en partant du principe qu'une pensée simplifiante est une pensée mutilante.

2 – 2 – Habitat:

Dans le dictionnaire le grand Robert de la langue française de 2001, tome III, le verbe *habiter* dérive du latin *habitar*, de *habere* « avoir », qui veut dire « avoir sa demeure, en un lieu, quelque part ». Habiter est donc équivalent à « demeurer », « résider », « loger », et « vivre ». Dans le verbe « habiter », il y a cette dimension de vie selon un état ou dans une atmosphère ou une ambiance.

Habitus en latin qui désigne « manière d'être, état » de *habitu*, est aussi un supin de *habere* « avoir, se trouver dans un état ». De ce terme, dérive « habitus » qui désigne l'habitude du corps et la manière d'être. C'est un concept fondamental de la sociologie française, réinterprété par Pierre BOURDIEU comme les gestes, les pensées, les manières d'être que l'on a acquis et incorporé au point d'en oublier l'existence.

Quant au mot « habitat », c'est un mot qui a été transposé de discipline à une autre au fur du temps, ayant des sens assez éloignés de ce que le concept peut désigner aujourd'hui.

En 1801, il relève du domaine de la botanique et de la zoologie. Il définit le lieu occupé par une plante à l'état naturel.

En 1881, il désigne le milieu géographique réunissant les conditions favorables à la vie d'une espèce animale ou végétale.

C'est au début du XXème siècle que le mot « habitat » a été étendu au milieu dans lequel l'homme peut évoluer, que ce soit dans sa manière de l'organiser ou de le peupler.

Dans la période de l'entre-deux-guerres, habitat va indiquer les conditions de logement. C'est à partir de cette époque que les confusions entre habitat et logement vont se propager.

Le 5 août 1951, Martin HEIDEGGER a donné une conférence « Bauen, wohnen, denken » (Bâtir, habiter, penser) où il a fait de l'habiter une activité constructive et constitutive de l'être humain, le trait fondamental de la condition humaine, où l'homme accède à l'être. Habiter, c'est être homme. L'homme est, dans son être même, un habitant.

La notion d'habitat va intégrer l'ensemble des éléments matériels et humains qui qualifient les modes de résidence des hommes. Le mode d'organisation et de localisation des habitations humaines a conduit à opposer l'habitat urbain de l'habitat rural. Ce dernier est caractérisé par l'association du lieu de vie familial et de l'exploitation agricole.

La notion d'habitat permettait d'établir une classification des différents modes de répartition dans l'espace, de l'habitat dispersé à l'habitat dense, donnant lieu à différentes configurations (hameau, villages, villes, métropole...)

L'habitat urbain n'intègre pas seulement la fonction résidentielle de la ville mais également les autres fonctions qui permettent à l'homme de substituer et de s'approprier cet espace¹. Christian NORBERG-SCHULZ dote l'habitat de la faculté d'orienter et d'identifier un lieu en sa qualité d'œuvre de l'homme en relation au paysage².

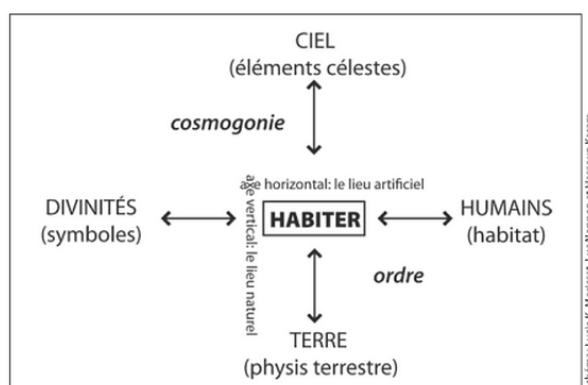


Figure 6 : « Habiter », concept qui condense 4 « variétés » dont la cosmogonie et les conditions physiques du lieu, selon Christian NORBERG-SCHULZ³.

¹ Logement et habitat. L'état des savoirs, sous la direction de Marion SEGAUD, Catherine BONVALET et Jacques BRUN, éditions la découverte, 1998, p.5 à p.6

² L'art du lieu architecture et paysage, permanence et mutations, Christian NORBERG-SCHULZ, Le moniteur, 1997, p.120

³ Cité dans La ville : phénomène de représentation, sous la direction de Lucie K. MORISSET et Marie-Eve BRETON, presses de l'université du Québec, 2005, p. 41

La notion d'habitat suppose impérativement des habitants, humains ou non-humains. Elle est inhérente à la présence d'une entité douée d'un certain niveau de conscience. L'habitat apporterait donc à la demeure une présence qui éprouve des émotions et crée des interactions affectives fortes de l'Homme (ce qui nous intéresse, c'est la présence humaine) avec l'espace où il habite.

Le koran, datant du 7^{ème} siècle, nous renseigne dans la sourate des abeilles 16, verset 80 :

« Et Allah vous a fait de vos maisons [bouyout] un endroit de quiétude. » وَاللّٰهُ جَعَلَ لَكُم مِّنْ بُيُوتِكُمْ سَكَنًا

Il associe donc le fait d'habiter à l'action de se procurer la « sakiinah », quiétude et repos.

En arabe, le mot « bouyout » est le pluriel du mot « bayt » qui désigne en même temps le lieu pour habiter et le vers en poésie, faisant écho à la vision de HEIDEGGER, empruntée à Hölderlin qui considère que « l'Homme habite en poète ».

Henri LEFEBVRE développe cette approche Heideggérienne dans son ouvrage « la révolution urbaine » où il écrit :

« L'être humain (ne dirons pas l'homme) ne peut pas ne pas habiter en poète. Si on ne lui donne pas, comme offrande et don, une possibilité d'habiter poétiquement ou d'inventer une poésie, il la fabrique à sa manière »¹

2 – 3 – Logement :

Dans le dictionnaire le grand Robert de la langue française de 2001, tome IV, le verbe *loger*, signifie « avoir sa demeure » dans sa forme intransitive, et « établir quelqu'un sous un toit, dans une maison, de manière temporaire ou durable » dans sa forme transitive.

D. Jonge donne une définition concise du logement : « Le logement est un « domaine propre », payé entièrement ou partiellement par l'habitant ; il en a la disposition exclusive et y réside de façon plus ou moins permanente »²

Contrairement à l'habitat, le logement comprend que les parties situées à l'intérieur de la porte d'entrée. Catherine FURET définit le logement comme l'intérieur de l'habitation³. Etant considéré avant tout comme un bien matériel, il est possible de l'identifier à partir de sa localisation, sa forme architecturale ou ses occupants. Le logement est donc associé au ménage mais d'une manière plus conventionnelle. Maurice Van VAERENBERGH le réduit à une adresse fixe à laquelle il sera toujours possible de joindre le ménage.

C'est avec les CIAM (Congrès Internationaux de l'Architecture Moderne) que le logement s'est retrouvé au centre de réflexions visant l'amélioration des conditions de vie dans la période de l'entre-deux-guerres. Dans la Charte d'Athènes de 1933, Le Corbusier place le logement dans la première fonction principale de l'urbanisme moderne qui est « assurer aux hommes des logements sains ». En effet Le Corbusier a adopté dans ses traités une pensée hygiéniste basée sur une tendance à la standardisation. Partant du principe que les besoins sont très identiques à tous les hommes, il a pensé le logement comme un auxiliaire technique pour combler les faiblesses face au monde et aux rigueurs du climat. Les maîtres-mots de sa vision sont espace, air pur et soleil, conditions qui doivent être assurées pour un logement sain. Ce dernier, quant à lui, est conçu selon des règles de la géométrie basées sur Le Modulor, système de mesures et de mouvements spécifiques, idéaltype conforme au fonctions de l'homme. Le logement chez Le Corbusier est alors conçu avec la vision où c'est la dimension corporelle de l'homme qui prime, au détriment de ses dimensions psychique ou spirituelle. Cette conception techniciste et purement fonctionnelle s'oppose radicalement à Heidegger du moment qu'on se demande comment l'homme pourrait habiter poétiquement une machine...

La pensée de Le Corbusier avait suscité de fortes réactions, parmi lesquelles, celle de René GUENON qui avait stigmatisé le règne de la quantité et pointé du doigt les dangers de la standardisation et l'uniformisation :

« Ces hommes réduits à de simples « unités » numériques, on veut les loger, nous ne dirons pas dans des maisons, car ce mot même serait impropre, mais dans des « ruches » dont les compartiments seront tous tracés sur le même modèle, et meublés avec ces objets fabriqués « en série », de façon à faire disparaître, du milieu où ils vivront, toute différence qualitative ; il suffit d'examiner les projets de certains architectes contemporains (qui qualifient eux-mêmes ces demeures de « machines à habiter ») pour voir que nous n'exagérons rien ; que sont devenus en tout cela l'art et la science traditionnels des anciens constructeurs, et les règles rituelles présidant à l'établissement des cités et des édifices dans les civilisations normales ? »⁴

En guise de conclusion, « Habitat » est riche de sens. Le verbe « habiter » ne peut être réduit à une action simple comme « se loger ». L'action d'habiter porte en elle une dimension qui dépasse et déborde de celle de se loger. A travers les

¹ La révolution urbaine, Henri LEFEBVRE, édition Gallimard, 1970, p.113

² Cité par Maurice Van VAERENBERGH. *Les critères de qualité du logement*, 1980, p.11

³ Revue Urbanisme, n°298, Janvier/Février 1998, p.49

⁴ Le règne de la quantité et les signes des temps, René GUENON, 1945, p.44

pensées de certains philosophes, on ne peut nier une corrélation entre « habitat » et « être ».

Si le logement est donc l'endroit où des personnes doivent pouvoir se sentir « chez eux », un abri où ils peuvent s'installer et en prendre possession. L'habitat, par contre, correspond à une notion très large, dont les limites restent assez floues tant il recouvre différents aspects. Chez certains auteurs l'habitat peut englober l'habitation, l'environnement bâti, voire même l'industrie... On peut alors conclure que la notion d'habitat est beaucoup plus vaste et plus complexe et englobe le concept de logement, elle désigne les rapports entre le logement et son environnement.

Pour résumer, l'habitat est un logement enrichi conceptuellement dont l'essence a été prolongée. L'habitat a un supplément d'âme par rapport au logement qui, quant à lui, reste cantonné à l'aspect matériel et « technique » et qui se présente comme un concept plus concret.

Cette conclusion est résumée par une citation de Martin HEIDEGGER à qui on doit la distinction désormais admise entre « habiter » et « se loger » :

« Un logement construit selon les prescriptions économiques et techniques s'éloigne de l'habiter autant que le langage des machines de la poésie »¹

2 – 4 – Habitation :

Le Larousse du XXème siècle, tome III, définit l'habitation comme « action d'habiter, séjour dans un même lieu » en considérant les cavernes comme les premières habitations de l'homme.

Christian NORBERG-SCHULZ souligne que « Habitation veut donc dire quelque chose de plus que « refuge ». L'habitation implique que les espaces, où la vie se déroule, soient des lieux au vrai sens du mot. Un lieu est un espace doté d'un caractère qui le distingue. »²

L'habitation serait donc le centre, le cœur même de l'habitat. L'habitation pourrait se résumer au logement couplé à l'habitat. Jean-François STASZAK, géographe français, met l'accent sur le rôle de l'habitation à révéler des modes de vie. Il la définit comme élément du paysage, preuve de l'interaction entre l'homme et le milieu avec une insistance sur les matériaux de construction employés. Il stigmatise finalement le détournement des acteurs classiques de l'espace domestique, considéré comme non-géographique et secondaire dans les approches urbaines³

Marcel Mauss considérerait l'habitation comme faisant partie des « industries de la protection et du confort »⁴. C'est-à-dire que l'homme, depuis son apparition, a œuvré à conditionner les éléments de son environnement pour optimiser son confort. Cette notion de confort recouvre tout ce qui constitue le bien-être de l'être humain, sa sécurité et sa sérénité.

2 – 5 – Confort :

Dans le dictionnaire Le grand Robert de la langue française de 2001, tome II, le mot confort qui vient de conforter, dérivant lui-même du latin *confortare*, veut dire « secours, assistance matérielle ou morale ». Ce n'est qu'au début du XIXème siècle qu'il va désigner le « bien-être matériel ».

Pour Olivier LE GOFF, l'idée de confort et du progrès économique sont liés⁵ :

« Le confort est présenté comme une conséquence « naturelle » du progrès. Ceux qui vivent sans ne sont que des sauvages incultes, incapables de se hisser au rang véritable d'homme. »⁶

L'évolution des sociétés, notamment avec le technicisme, s'est accompagnée d'une amélioration des attentes du confort et du niveau de vie. La distribution d'eau potable, la découverte de l'électricité, les travaux d'assainissement témoignent tous des changements qui ont amélioré le quotidien des hommes. Il fut un temps où la maison qui était desservie en eau et l'électricité relevait du plus grand confort. Aujourd'hui, c'est le minimum basique qui doit l'équiper.

« Le droit au confort, c'est avant tout la constitution d'un confort minimum et garanti par la technique. Le chauffage et l'eau courante sont les deux éléments principaux de ce confort minimum et populaire »⁷

Ce minimum confortable est rattaché chez LE GOFF, à partir du domaine du logement, aux « Trente Glorieuses ». Sa thèse fait émerger trois séquences historiques liées à « l'âge d'or du confort » qui correspond justement à cette période. L'avant cet âge décrit l'invention du confort, et l'après coïncide avec la crise économique des années 70 et des conséquences du progrès technique comme l'invasion encombrante et polluante de l'automobile.

Parmi les types de confort qui régissent le lien entre l'occupant et l'habitation, figure parmi les plus déterminants, le confort thermique. C'est l'état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique. Baruch GIVONI lui confère une

¹ Cité par Henri LEFEBVRE, Du rural à l'urbain, édition anthropos, 1970, p.159

² Revue Urbanisme, n°298, Janvier/Février 1998, p.48

³ STASZAK J.-F., L'espace domestique : pour une géographie de l'intérieur, Annales de Géographie, 2001, n°620, p.339-363

⁴ Cité par Serge BAHUCHET, Les pygmées AKA et la forêt centrafricaine, édition cnrs, 1985, p. 499

⁵ Cité par Monique PINCON-CHARLOT, Revue française de sociologie, 1996, volume 37, n°37-1, p.136-137

⁶ Olivier LE GOFF, L'invention du confort. Naissance d'une forme sociale, Presses Universitaires de Lyon, 1994, p. 36

⁷ Olivier LE GOFF, Op. Cité, p.53

place principale pour le bien-être et la santé.

« Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort. Cela implique de conserver la température des tissus constituant le corps à l'intérieur d'un domaine étroit, indépendamment des variations relativement larges de l'environnement extérieur. »¹

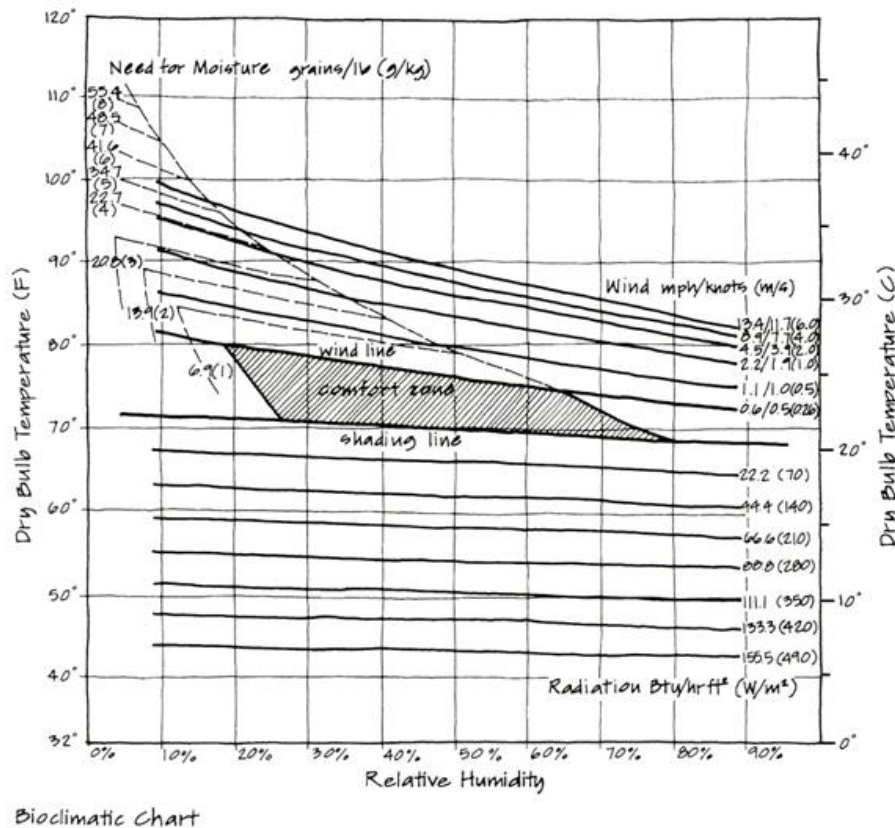


Figure 7 : Méthode de Olgyay

Il existe différentes méthodes pour déterminer le confort thermique. Selon Olgyay, Le confort thermique ne peut être estimé à partir du seul paramètre qu'est la température, il est dépendant de plusieurs considérations qui varient d'une personne à l'autre. Cependant, en mettant en relation les quatre variables climatiques majeures intervenant sur le confort, soit l'**humidité relative**, la **température ambiante**, le **déplacement d'air** et le **rayonnement solaire**, Olgyay propose un diagramme bioclimatique où la zone de confort est variable en fonction de la prédominance de certains facteurs (figure).

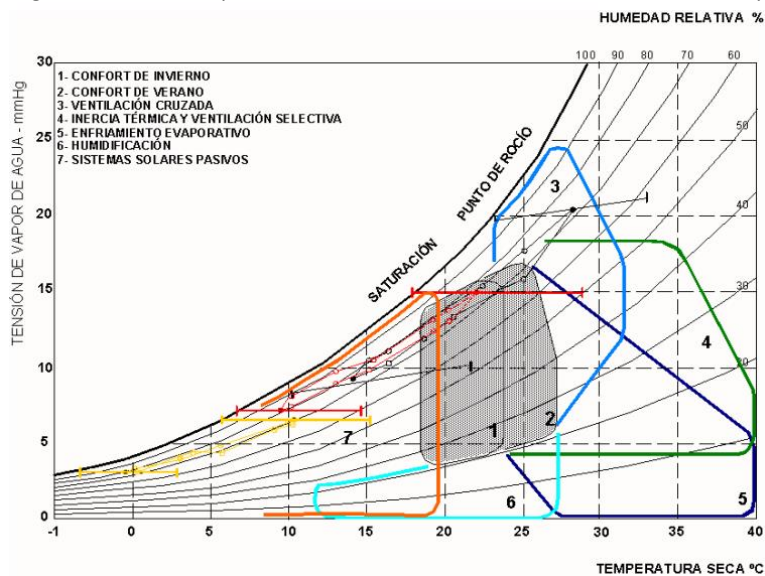


Figure 8 : Méthode de Givoni

B. Givoni aborde la notion de confort thermique en se basant sur des études concernant le métabolisme et les diverses voies d'échanges thermiques entre le corps et l'environnement. Il a inventé un diagramme qui prend en compte la température sèche en abscisse, la tension de vapeur d'eau en ordonnée en plus des courbes de l'humidité relative. Les conditions de confort sont établies à partir de l'indice de la contrainte thermique qui donne le taux de sudation requis en fonction du métabolisme et des échanges avec l'environnement. Les zones délimitées représentent les limites des ambiances confortables :

- * La zone en gris correspond au confort thermique.
- * La zone de confort est entourée de zones dites de « conditions supportables »

¹ Baruch GIVONI, L'homme, l'architecture et le climat, édition du Moniteur, 1978, p.39

La notion de confort dans le bâtiment est responsable de la production d'une architecture de **qualité**.

2 – 6 – Qualité :

Le guide de lecture AFAQ de la certification qualité à l'usage de la maîtrise d'ouvrage définit la qualité comme « *l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites des utilisateurs, et sur lesquels les fournisseurs se sont engagés.* »

La démarche qualité n'est pas apparue à un moment précis de l'histoire. C'est un élément fondamental du comportement de l'homme, qui a été plus ou moins développé selon les circonstances et les nécessités.

Si nous remontons à l'origine des civilisations, l'histoire nous apprend que les professionnels de la qualité débutent dans leur activité dès la mise en place d'un pouvoir centralisé, dirigé par des chefs de tribu, des rois ou des pharaons.

En 2150 avant J.C, la qualité de la construction des maisons est décrite dans le code Hammourabi dans le chapitre CCXXIX qui précise :

« *Si un maçon a construit une maison et que celle-ci n'est pas suffisamment solide et que la maison s'écroule et tue ses occupants, le maçon devrait être tué.* »



Figure 9 : Partie supérieure de la stèle de plus de 2m de haut où sont gravées les lois de Hammurabi. Musée du Louvre, Paris.

« *La qualité architecturale ne résulte pas seulement d'une fonctionnalité optimale, du bon usage des matériaux et de l'harmonie des volumes bâtis avec leur environnement urbain, ou leur environnement naturel, etc... mais aussi de ce qu'on reconnaîtra dans la construction une certaine expression des besoins et de la personnalité de ses habitants, ou des dominantes d'une société...* »¹

On peut en conclure que la qualité est ce qui va constituer **l'habitabilité** d'un espace, ce qui va le rendre habitable ; habitable dans la mesure où il répond aux divers usages et besoins de ses occupants et est capable de s'adapter aux besoins changeant de la société tout en respectant ses fondements culturels.

2 – 7 – Habitabilité :

Dans le dictionnaire Le grand Robert de la langue française de 2001, tome III, le mot « habitable » dérive du mot latin *habitabilis* qui lui-même vient de *habitare* qui veut dire habiter. Habitable veut dire où l'on peut habiter et vivre.

Habitabilité est la **qualité** de ce qui est habitable ou qui comprend les conditions où l'on peut habiter².

L'habitabilité est un objectif toujours présent chez l'usager qui essaye de l'atteindre par tous les moyens disponibles.

Si pour certains, elle est conditionnée uniquement par le facteur de sécurité et de salubrité, d'autres pensent que « l'habitabilité renvoie aussi bien aux éléments de confort, de durabilité qu'aux conditions d'occupation du logement qui sont fortement dépendantes de chaque contexte socio-culturel »³

Gérard BLACHERE donne une définition « exigentielle » des bâtiments et établit les exigences d'habitabilité correspondant à :

- **Exigences physiologiques** : manifestées par l'Homme en tant qu'animal vivant
- **Exigences psychologiques** : manifestées par l'Homme en tant qu'être pensant
- **Exigences sociologiques** : manifestées par l'homme en tant que qu'être social⁴

« *Elles sont, avec évidence, d'importance variable. Néanmoins, il apparaît inutile d'établir entre elles une hiérarchie, car elles doivent être toutes respectées* »⁵

Aristote définit l'homme comme un « zoôn politikon »⁶, c'est-à-dire un animal politique ; il est doté du « logos » (faculté de raisonner, d'avoir un discours, structurer une parole et porter un jugement...) mettant ainsi en valeur sa capacité à créer une cité en vue de réaliser le Bien commun. BLACHERE en dit à peu près la même chose ; l'homme est un animal social et pensant. Cependant, à travers les exigences énoncées par BLACHERE, la dimension spirituelle a été complètement éclipsée. La définition « exigentielle » de BLACHERE des bâtiments se traduit par la liste des exigences suivantes :

¹ Maurice Van VAERENBERGH. *Les critères de qualité du logement*, 1980, p.53

² Revue Urbanisme, n°298, Janvier/Février 1998, p.46

³ Fathallah DEBBI, *La problématique de l'habitat insalubre au Maroc*, les cahiers de l'ANHI, « Almaouil », n°1, juin 1991, p.6

⁴ Gérard BLACHERE, *Savoir bâtir, habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*, Eyrolles, 1966, p.5

⁵ Gérard BLACHERE, Op. Cité, p.10

⁶ Aristote, *Les politiques* (environ 325-323 av. J.C.), Livre I, chapitre 2, 1253 a 8, trad. par P. PELLEGRIN, GF, 1990, p.91

2 – 7 – 1 – Les exigences psycho-physiologiques :

a – Exigence acoustique :

L'exigence de confort acoustique est fixée entre 20 dB qui correspond à la valeur du silence générateur d'angoisse, et 85 dB qui correspond aux bruits jugés douloureux et entraînant à la longue des lésions.

b – Exigence hygrothermique :

Cette exigence vise à assurer une ambiance de confort au sein de l'habitation. L'ambiance est définie par la température de l'air, son hygrométrie, la température des parois, la vitesse des courants d'air.

A noter qu'il n'y a pas d'exigence absolue vers le froid ; l'homme se couvre pour résister aux températures les plus basses.

Pour l'hiver, la température résultante sèche (qui correspond à la demi-somme de la température de l'air et de celle des parois) doit être égale à 22°, et l'hygrométrie ne doit pas passer sous la barre des 30%.

Pour l'été, la température effective (qui intègre l'effet de la température résultante et l'humidité) ne doit pas dépasser 24°¹.

L'ambiance intérieure doit permettre d'éviter les courants d'air. La vitesse de l'air ne doit pas dépasser 0,10 m/s.

L'exigence de siccité (qualité de ce qui est sec) des parois doit être complète aussi bien à la vue qu'au toucher dans toutes les pièces autres que les pièces de service.

c – Exigence de pureté de l'air :

Bien que ce domaine soit si important, les exigences fonctionnelles restent floues. Elles concernent 3 aspects :

- La poussière et les microorganismes, il n'y a pas de dispositions constructives à prendre contre les microbes hormis la ventilation. Il s'agit de lutter contre elles en empêchant la pollution générale de l'atmosphère et non pas en prévoyant des dispositifs de filtrage pour l'air des logements.
- Le problème des gaz est plus important. Les concentrations des gaz produits dans le logement doivent être inférieures à :
Pour le CO₂ : 0,1%
Pour le CO : 0,003%²
- L'exigence olfactive doit être assurée par une ventilation sans recyclage.

d – Exigence d'éclairage et qualité de la lumière :

Plusieurs critères interagissent pour déterminer le confort visuel :

- Luminance minimum :
Les exigences concernent l'éclairage qui doit être au minimum de 20 lux. Les niveaux d'éclairage minimums et recommandés donnés par BLACHERE proviennent de l'Association Française d'Eclairage, publiés par l'Institut National de Sécurité en 1963 (voir tableau de gauche). Depuis plusieurs normes ont été mis en place pour régir la lumière et l'éclairage comme les normes NF EN 12665 (novembre 2002), NF EN 15193 (novembre 2007) ou NF EN 12193 (mars 2008) mais les valeurs recommandées n'ont pas beaucoup changé depuis 1963 (tableau de droite)

	Minimum lux	Recommandé lux
<i>Salles de bains : Eclairage général</i>	50	100
<i>Miroirs (sur le visage)</i>	200	500
<i>Chambre à coucher : Eclairage général</i>	50	—
<i>Lits et miroirs</i>	200	500
<i>Cuisine : Fourneaux, évier, tables</i>	100	200
<i>Chambres d'enfants</i>	70	200
<i>Pièce commune, salle de séjour : Eclairage général</i> <i>sur le plan de travail</i>	70	200
<i>Lecture intermittente</i>	150	—
<i>Lecture prolongée</i>	300	500
<i>Couture intermittente</i>	200	500
<i>Travail d'écolier à la maison</i>	300	500
<i>Etabli de petit atelier</i>	150	300

Figure 10 : Exigences d'éclairage³

	E [lx]
Circulations	
. couloirs	100
. escaliers	150
Habitat	
. en général	300
. cuisine	300
. chambre (éclairage localisé)	200
. salle de bains	300
Hôtels	
. réception, halls	200
. salles à manger	200
. cuisines	300
. chambres et annexes	300
Bureaux et locaux administratifs	
. en général	500
. secrétariat, postes informatiques	500
. bureaux paysagés	750
. salles de dessin	1000

Figure 11 : Eclairages recommandés⁴

¹ Gérard BLACHERE, *Savoir bâtir, habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*, Eyrolles, 1966, p.13

² Op cité, p.14

³ Op cité, p.15

⁴ Roger CADIERGUES, *L'éclairage artificiel (guide RefCad nR27.a)*, p. 12

- Luminance maximum :
Ce maximum ne se trouve atteint que par l'exposition directe au soleil, qui, au-delà d'un seuil critique peut provoquer la fatigue, la diminution de l'acuité visuelle puis l'apparition de légions.
Il est alors nécessaire d'abriter du soleil les plans de travail.
- Contrastes de luminances :
Il faut éviter qu'aucune zone pouvant se trouver dans le champ de vision n'ait une luminance plus de dix fois plus grande ou moins de dix fois plus faible que la luminance du champ de travail.
Les contrastes peuvent créer l'éblouissement.
- Stabilité de la luminance :
Le taux de papillotement des lampes ne doit guère dépasser 20%.
- Spectre de la lumière :
L'éclairage ne doit pas modifier sensiblement les couleurs.

e – Exigence d'ambiance spatiale intérieure :

Il faut considérer un minimum absolu pour la plus petite dimension de la pièce d'habitation et une limite à l'allongement, la hauteur ne doit pas dépasser la plus petite dimension. Les minimas ne sont pas spécifiés mais il est recommandé d'éviter que la plus petite dimension soit inférieure à 2,50 m et que le rapport entre longueur et largeur soit au-delà de 1,6. Finalement la hauteur doit être au minimum de 2,25 m, hauteur qui correspond à un homme bras tendu¹.

f – Exigence d'irradiation :

BLACHERE distingue les radiations nocives des radiations naturelles bienfaisantes à l'homme, qui sont essentiellement le rayonnement solaire. Ce dernier contient l'ultra-violet bactéricide et l'ultra-violet antirachitique en plus des rayons infrarouges et les rayons de grande longueur d'onde. Les deux dernières radiations se retrouvent dans la lumière diffusée par la coûte du ciel, et par conséquent, il est peu important à e point de vue que les fenêtres soient exposées au nord ou au midi.

Les radiations nocives sont la radioactivité des matériaux par exemple. L'homme ne doit pas recevoir plus de 5 rems en moyenne par an selon la commission nationale américaine pour la protection des travailleurs contre les rayonnements atomiques. Il faut noter qu'un rem est équivalent à 1,2 roentgen en alpha et bêta.

Pour avoir une idée sur la radioactivité des matériaux, une maison en bois donnerait une dose de 0,01 roentgen par an, celle en brique 0,04 roentgen et finalement une maison en granit donnerait 0,04 à 0,05 roentgen².

g – Exigence esthétique :

Elle est relative à l'aspect intérieur du logement ; sa couleur, la liberté qu'on peut prendre avec le canon du logement traditionnel, la rectitude des lignes et des angles, l'aplomb, l'équerrage, le grain des surfaces...

h – Exigence de sécurité :

Ce critère, tant important, englobe plusieurs types d'exigences de sécurité dont les plus importants sont :

- Exigence de non effondrement de la totalité ou d'une partie de l'habitation soit sous son propre poids, soit sous l'effet de surcharges qu'elle peut recevoir.
- Exigence de sécurité face aux intrusions humaines malfaisantes, comme par exemple, l'absence de points faibles pouvant être atteints par escalade.
- Exigence de sécurité face à l'intrusion d'animaux dangereux ou indésirables.
- Exigence de jouir de son habitation sans courir de risques domestiques. Ce point traite par exemple de la sécurité de la circulation au sein de son logement ; glissance limitée des sols, absence d'obstacles au sol, absence d'obstacle à hauteur d'homme aussi bien dans les circulations horizontales que verticales.

i – Facilité d'accès depuis la voie publique :

L'habitation doit être accessible à tous à partir de la voie publique que ce soit par des rampes ou des escaliers, dans des conditions de sécurité et ayant un éclairage assurant la protection des usagers. La disposition des accès doit non seulement permettre l'entrée et la sortie dans les meilleures conditions de personnes, mais aussi le transport de divers objets...

¹ Gérard BLACHERE, *Savoir bâtir, habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*, Eyrolles, 1966, p.17

² Op cité, p.18

2 – 7 – 2 – Les exigences sociologiques ou exigences d’adaptation du logement à la vie de l’individu ou de la famille:

a – Exigence d’intimité :

Le logement doit être adapté à la taille de la famille avec la possibilité d’offrir de l’espace individuel au sein de l’espace familial. Des seuils de surface sont donnés selon le degré de confort visé, par exemple 14 m² de surface utile par personne en confort modeste¹.

b – Exigence d’adaptation au mode de vie :

Le logement doit être caractérisé par une distribution qui corresponde au mode de vie de la famille à loger. La présence de commodités utiles à l’exercice des activités familiales est nécessaire pour la meilleure jouissance de son logement. Pour les pièces de vie, il est préférable de ne pas concentrer diverses fonctions au sein de la même pièce.

c – Exigence en desserte des fluides :

Le logement doit disposer de l’eau courante, de l’électricité, d’une distribution du gaz que ce soit en bouteille ou de distribution publique. A cela s’ajoute la nécessité de disposer d’un appareil de production d’eau chaude et d’une salle de bain.

d – Exigence en évacuations :

Le logement doit permettre d’évacuer les eaux-usées et les eaux-vannes par canalisation sans risques de stagnation ou de retour de liquides, de matières ou de gaz...

Le vide-ordures est à ne pas négliger pour la prévention d’une ambiance olfactive convenable.

e – Exigence en télécommunication :

Le logement doit bénéficier d’une possibilité d’antenne radio, de télévision ou de téléphone pour garder un certain lien avec le monde.

f – Exigence d’aisance et de facilité d’entretien :

Le logement doit être facile d’entretien et doit permettre une manœuvre de ses équipements des plus aisées.

g – Exigence de clouabilité des parois :

Le logement doit contenir, dans ses diverses pièces, une paroi au moins qui soit *clouable* ou qui soit compatible avec un système de fixation.

¹ Gérard BLACHERE, *Savoir bâtir, habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*, Eyrolles, 1966, p.22

Chapitre 3 : Méthodologie d'approche concernant l'étude des maisons

Pour mener à bien le travail sur terrain, pour atteindre les objectifs tracés tout en respectant les délais établis, nous avons procédé étape par étape :

3 – 1 – Elaboration de la typologie :

Nous avons élaboré notre typologie en prenant en considération 4 critères : la situation de l'habitation en zone rurale ou en ville, la technique de construction utilisée, l'existence d'un espace extérieur et le mode d'organisation des pièces et finalement le pourcentage de fenêtres.

A partir de ces 4 critères nous avons pu classer les 110 maisons visitées en l'espace d'un mois et demi. Nous avons alors obtenu 21 combinaisons différentes des 4 critères qui ont engendré les 110 maisons qui forment l'échantillon.

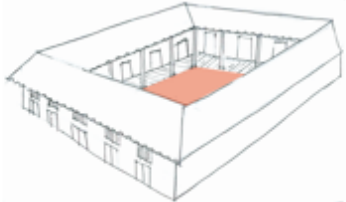
ENSEMBLE 1 : - Organisation sur centre - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
--	---

Figure 12 : Exemple de combinaison des 4 critères qui ont engendré un sous-type.

3 – 2 – Choix des 10 maisons étudiées :

Nous nous sommes fiés à la répétition du sous-type pour le choix des maisons à étudier, partant du principe qu'en instrumentant la maison la plus fidèle au sous-type qui se répète le plus était équivalent à l'instrumentation d'un grand nombre de maisons ayant les mêmes caractéristiques.

Ainsi, nous avons élu les 8 sous-types ayant le plus grand taux de répétition au sein de l'échantillon puis nous avons pris 2 cas des sous-types ayant le taux de répétition le plus faible (0.9%). Le but est d'avoir une idée aussi sur les cas les plus marginaux.

3 – 3 – Observations relatives aux maisons :

Il s'agit de scruter l'habitation et son voisinage selon divers aspects ; physique, esthétique, sensoriel, sécuritaire, sociologique et en terme d'équipement... Les observations sont inspirées de l'étude portée sur les exigences de l'habitabilité énoncées en première partie.

3 – 4 – Elaboration d'un outil mesurant le degré d'habitabilité :

A partir des observations portant sur les divers aspects et exigences pour une habitation de qualité, en prenant en compte les résultats de l'estimation du confort hygrothermique, du taux de CO2 et de la quantité de lumière que reçoit la maison, nous allons dresser un outil de mesure de la qualité habitable ; l'**habitomètre**, par le biais duquel il sera possible d'estimer le degré d'habitabilité des habitations étudiées.

Il s'agit d'appliquer et de noter les différents critères de la qualité d'une habitation donnée dans le livre « Van Vaerenbergh M., *Les critères de qualité du logement*, 1980 ». La note, qui correspond à un code couleur, est indexée selon si le critère répond parfaitement ou partiellement à sa fonction ou est, au contraire défaillant :

Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	

Figure 13 : Exemple de critères notés pour une maison



signifie que la maison répond parfaitement au critère sélectionné

signifie que la maison répond moyennement au critère sélectionné.

signifie l'état alarmant de la maison vis-à-vis du critère sélectionné.

3 – 5 – L’audit :

La démarche suivie pour constituer notre audit est inspiré par le passage suivant :

« Un audit énergétique complet d’un bâtiment consiste à :

- 1- Analyser l’état et les caractéristiques techniques de l’enveloppe et des systèmes
- 2- Prendre en compte les données patrimoniales disponibles et l’historique d’évolution du bâtiment
- 3- Prendre en compte les conditions d’usages
- 4- Acquérir et analyser les données de consommations électriques
- 5- Etablir une liste d’actions d’améliorations destinées à réduire ces consommations
- 6- Elaborer et comparer différents scénarios de plans d’actions combinant plusieurs des améliorations identifiées, afin de donner au propriétaire les éléments d’arbitrage nécessaires»¹

Le point 1 est traduit par les différentes courbes de variation des températures et de l’humidité relative pour respectivement l’ambiance intérieure et extérieure. Ces courbes sont obtenues par l’enregistrement de ces données par les data-loggers pour une durée d’une semaine durant laquelle ils ont été placés au sein des 10 maisons sélectionnées. La comparaison des courbes obtenues nous permettra de porter un jugement quant à l’enveloppe du bâtiment du point de vue de son efficacité en ce qui concerne sa capacité de réguler l’ambiance intérieure vis-à-vis de l’ambiance extérieure.

Le point 2 et le point 3 ont été pris en considération dans les observations et les interviews réalisés avec les familles vivant dans ces maisons.

Les points 4 et 5 ont été interprétés différemment. Puisqu’à Huamachuco nous avons une absence totale de techniques de chauffage ou de ventilation électrique, et puisque nous nous intéressons principalement au confort thermique et au taux d’humidité de l’habitation, nous avons pensé les améliorations portant principalement sur des intentions architectoniques et non pas se rapportant à une stratégie de réduction de consommation électrique.

¹ Richard FRANCK, Guy JOVER, Frank HOVORKA, *L’efficacité énergétique du bâtiment*, Eyrolles, p.94

3 – 6 – Matériel utilisé pour l’audit :

1 – Data logger Hobo (x4) :

Ces petites machines permettent d’enregistrer la courbe de variation de température, de l’humidité relative et de l’intensité lumineuse à chaque minute. Le fait d’en avoir 4 nous a permis d’instrumenter deux maisons simultanément à chaque fois. Un data logger est placé dans la salle la plus occupée par les habitants tandis que le second est placé à l’extérieur de la maison. Le but est d’avoir deux courbes pour chaque habitation, l’une correspondant à l’ambiance intérieure de la maison tandis que la seconde courbe correspond à l’ambiance extérieure. La durée d’enregistrement sera à chaque fois de 7 jours.



Figure 14 : data logger Hobo



2 – Caméra thermique Flir :

Elle sera utilisée essentiellement pour détecter les défauts de construction qui créent des zones où nous avons des déperditions thermiques tels les joints entre les briques d’adobe ou entre les tuiles de la toiture.

NB : Les heures affichées sur les images thermiques correspondent à l’heure belge !
Il faut soustraire 6h pour estimer l’heure à laquelle l’image a été prise au Pérou.

Figure 15 : Caméra thermique

3 – Indicateur et enregistreur de CO2 WÖHLER CDL 210 :

Cet appareil permet de mesurer et d’enregistrer la teneur en CO2 à l’intérieur des maisons.

Il sera aussi utilisé pour déterminer le confort thermique selon la méthode Fanger car il affiche également la température de l’air ambiant et le taux d’humidité de l’air.

Contrairement aux data-loggers qui ont une batterie interne, cet appareil nécessite de se brancher à une prise de courant, situation qui déplaisait généralement aux occupants craignant une consommation accrue de l’électricité.

A cause de l’absence d’électricité dans certaines maisons et aux coupures très courantes du courant à Huamachuco, nous ne parviendrons pas à avoir les données relatifs à la variation du taux de CO2 pour l’ensemble des maisons instrumentées.

La durée d’enregistrement sera pour chaque maison de trois jours.



Figure 16 : Indicateur et enregistreur de CO2



4 – Luxmètre Mastech MS6610 :

Le luxmètre permet d’établir l’estimation de l’intrusion lumineuse. Il estime la quantité de lumière qui se propage à l’intérieur des demeures.

A cause des ouvertures très réduites des habitations de Huamachuco, les résultats en général sont alarmants quant à l’ensoleillement des maisons.

Figure 17 : Luxmètre Mastech

5 – Appareil de mesure de température à infrarouge Powerfix :

Il permet une prise de mesure rapide et sans contact des parois. Il sera très utilisé pour la détermination du confort thermique selon la méthode Fanger.



Figure 18 : Appareil de mesure de température à infrarouge

3 – 7 – Récolte des mesures :

Nous avons laissé à chaque fois deux data-loggers dans chaque maison élue pour une durée de 7 jours. L'un à l'extérieur pour récolter les données de l'ambiance extérieure et le second dans la pièce la plus fréquentée pour avoir les données relatives à l'ambiance intérieure.

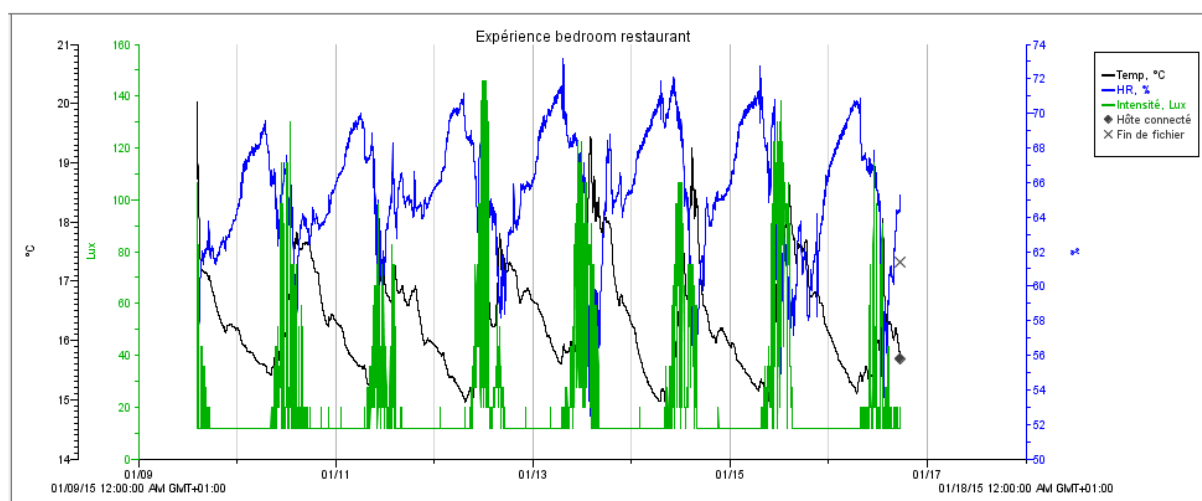


Figure 19 : Exemple de données obtenues par le data-logger après une semaine d'enregistrement.

Le logiciel permettant d'extraire les données récoltées par le data-logger nous donne des courbes comme à la figure 19. Une grande partie du travail a été de retraiter les données, de dissocier celles relatives à la température de celle relatives à l'humidité relative, de finalement celles relatives à l'intensité lumineuse.

Le traitement des données est la tâche qui a pris le plus de temps car il a aussi fallu combiner toutes les données des deux ambiances intérieure et extérieure pour chaque maison et y rajouter la zone de confort.

La zone de confort hygrométrique au sein d'une habitation est estimée entre 40 et 60%.

La zone de confort, pour le confort thermique, a été calculée à partir de l'équation citée dans l'article «Attia S., Carlucci S. *Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate*, 2015 » :

$$t_{\text{conf}} = 0.33 \cdot t_{\text{rm}} + 18.8 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

où T_{rm} est la température extérieure.

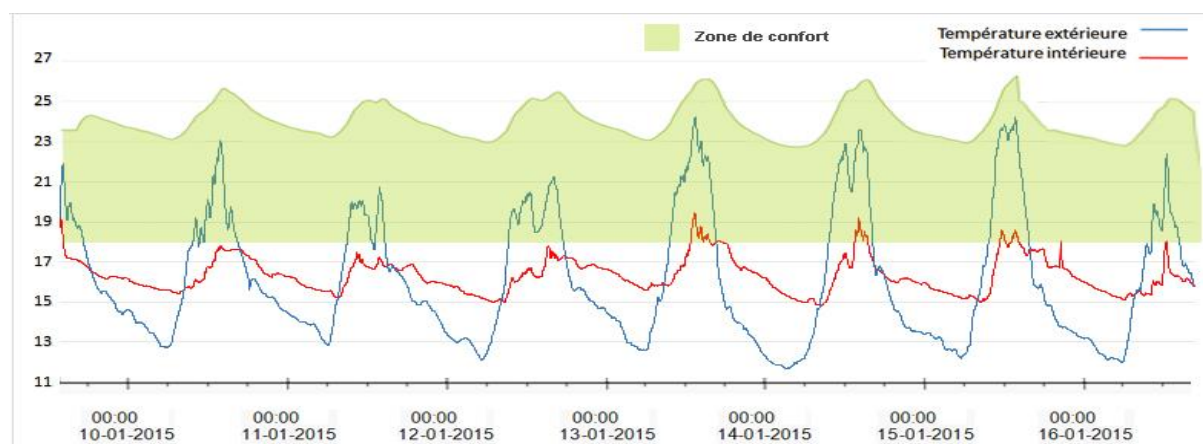


Figure 20 : Exemple du résultat du traitement des données récoltées.

C'est grâce au logiciel Excel que nous avons réussi à obtenir les graphes tels que représentés à la figure 20. Le graphe combine 3 données :

- Les données enregistrées par le premier data-logger placé à l'extérieur.
- Les données enregistrées par le second data-logger placé à l'intérieur.
- La courbe verte, qui nous donne les températures maximales pour assurer le confort thermique, elle est obtenue grâce aux résultats de l'équation citée plus haut. La valeur minimale de la zone de confort thermique est admise à 18°C.

3 – 8 – Estimer le confort thermique par la méthode Fanger :

Lors de notre séjour à Lima, nous avons été invités à suivre un cours de Mr WIESER, professeur à l'université catholique de Lima, qui nous a initié à la méthode Fanger pour l'estimation du confort thermique.

Le confort thermique selon cette méthode est déterminé par 6 variables :

- La température ambiante, obtenue grâce à l'indicateur de CO2.
- L'humidité relative de la pièce étudiée, aussi obtenue grâce à l'indicateur de CO2.
- La vitesse du vent, valeur conseillée par Mr WIESER : $V = 0,2$ m/s
- Le taux d'activité, pris égal à la valeur 1,2 Met donnée par le tableau (voir annexes p. 156) et qui correspond à des activités domestiques, à des activités à l'école ou au travail de bureau.
- Le niveau de vêtement, pris égal à 0,91 qui est la somme des vêtements qu'un occupant porte en hiver.
- La température radiante peut être obtenue en prélevant la température des 6 parois de la pièce grâce à l'appareil de mesure de température à infrarouge. Chaque température des 6 parois doit être multipliée par la surface de la paroi qui lui correspond. nous obtenons la température radiante grâce à l'équation :

$$\bar{T}_r \cong \frac{\sum_j S_j T_{sj}}{\sum_j S_j}$$

où S_j est la surface de chaque paroi et T_{sj} est sa température.

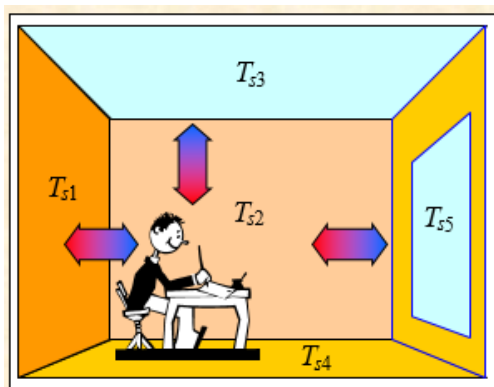


Figure 21 : Surfaces influençant la température radiante.



Figure 22 : valeur en Met d'une activité domestique.

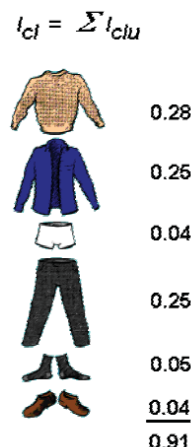


Figure 23 : somme des valeurs des vêtements.

Les 6 variables sont ensuite introduites dans une application qui permet d'évaluer le « predicted mean vote » et le « percentage of people dissatisfied » et d'estimer si on se trouve bien dans une zone de confort, de surchauffe de l'habitation ou au contraire, dans des températures trop basses pour assurer le confort thermique.

Dans cet exemple, nous nous trouvons au sein d'une ambiance au-delà de la zone de confort, où il fait chaud pour l'occupant.

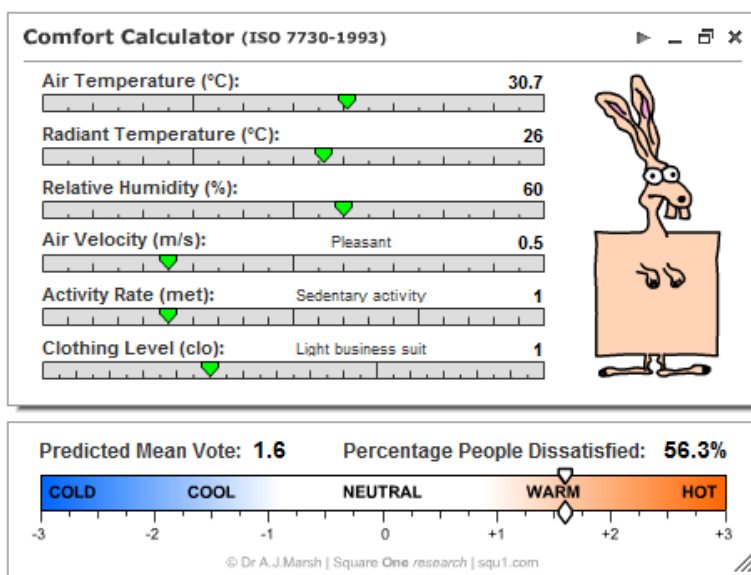


Figure 24 : Exemple d'estimation du confort thermique par la méthode Fanger.

3 – 9 – Entretiens :



Notre travail ne se limite pas uniquement à l'habitation. Il s'agit aussi de s'intéresser à l'habitant par le biais d'une série d'entretiens avec une personne représentative de la famille vivant dans les 10 maisons élues. Le but est de partager le vécu et le quotidien des habitants ; connaître leur mode de vie et leurs habitudes, savoir de combien de membres se composent les ménages, avoir une idée sur leur parcours de vie avant de s'installer à Huamachuco... Les entretiens duraient de 30 min à 1h30 selon l'affinité avec la personne et selon son vécu. Pour se faire aider, nous étions à chaque fois, accompagnés d'un enseignant d'anglais pour nous traduire les réponses mal comprises.

Figure 25: Entretien avec le père de famille de l'une des 10 maisons sélectionnées

De gauche à droite :

L'enseignant d'anglais Mr Francisco VILLANUEVA VERA, moi-même, le dernier enfant de la famille dont la maison fait l'objet d'étude, Elias Edilbrando AMARANTO ALBARADO, père de famille.

3 – 10 – Vérification de la capacité portante de l'enveloppe :



Afin de valider la capacité portante des habitations en adobe, nous avons rapporté une brique d'adobe de Huamachuco afin de la soumettre à différents tests au laboratoire du bâtiment (B52) de la faculté des sciences appliquées de l'université de Liège. Nous avons soumis la brique au test de compression et au test de flexion. Le but est d'avoir une idée sur les caractéristiques de ce matériau à base de terre crue et surtout de le comparer à des normes reconnues mondialement.

Figure 26 : découpage de la brique d'adobe.

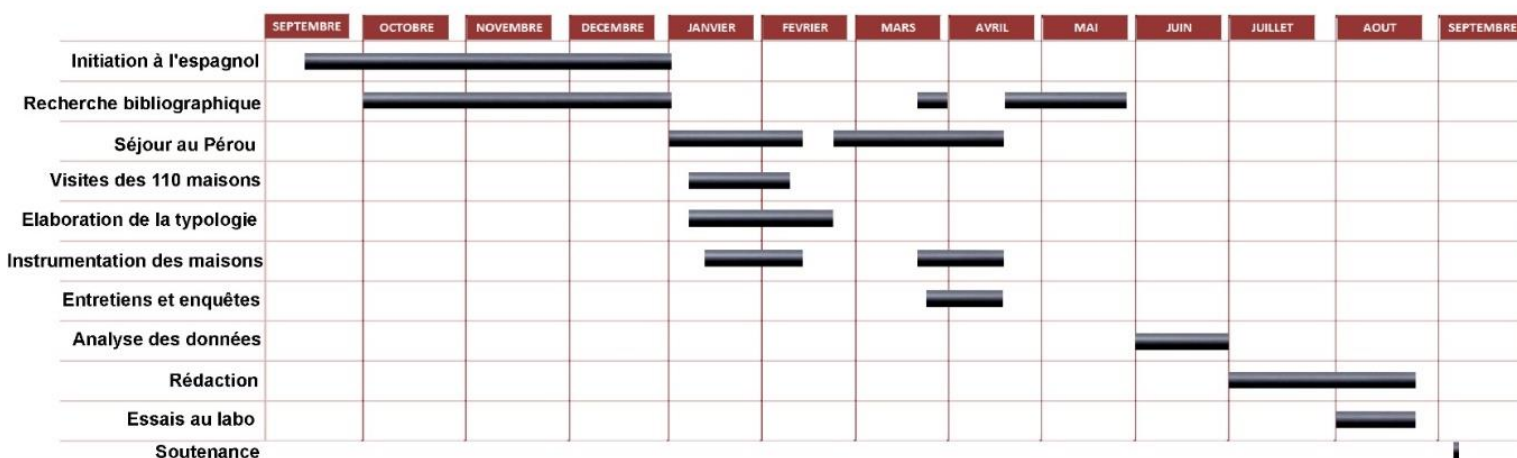


Figure 27 : Gantt Chart

Donc, ce travail de fin d'études se structure autour de trois parties majeures :

- 1- Une étude théorique, agrégative et documentaire
- 2- Une étude pratique et contextuelle
- 3- Réflexions

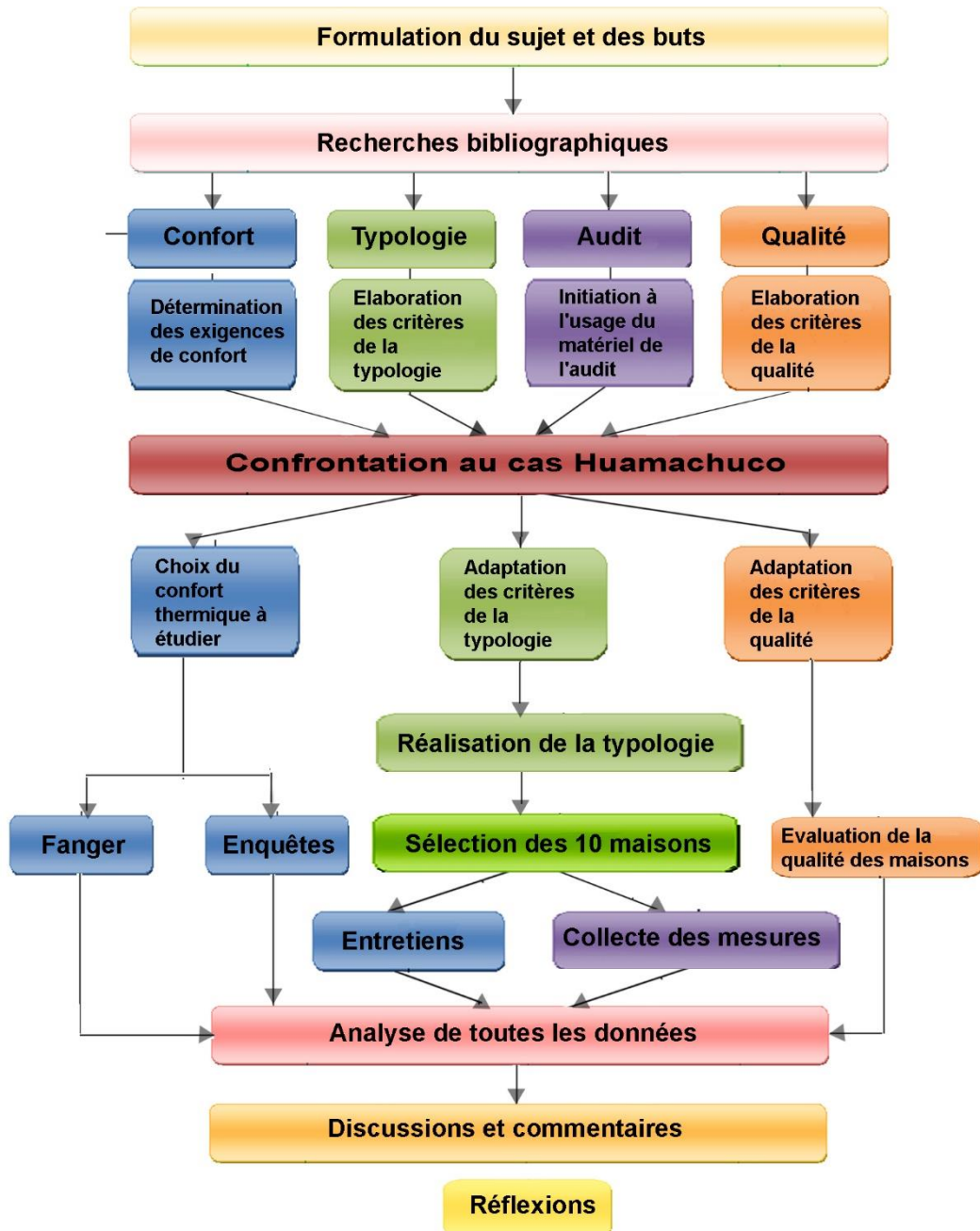


Figure 28 : Organigramme des tâches effectuées.

Chapitre 4 : Cas de Huamachuco

4 – 1 – Huamachuco :

La ville de Huamachuco est la capitale de la province de Sanchez Carrion et se trouve à 184 km de Trujillo. Elle est située à 3290 m d'altitude. La ville a été découverte par les prêtres augustiniens envoyés par le roi d'Espagne en 1551.

La Bataille de Huamachuco a eu lieu le 10 Juillet 1883 entre les forces Péruviennes et les forces Chiliennes lors de la guerre de l'Océan Pacifique.

Huamachuco est connue pour son art du tricotage, sa gastronomie et surtout ses sites touristiques comme le fameux site archéologique Marcahuamachuco qui est l'un des plus importants du nord du Pérou, ou encore Wiracochapampa, qui forme un ensemble de vestiges d'une ville témoignant des échanges culturels entre la culture Huamachuco et les Huari.

La ville bénéficie aussi de sa proximité de sites naturels et de bains thermaux comme Yanasara ou El Eden.

Aujourd'hui les activités principales de la ville sont l'agriculture (notamment les pommes de terre et le maïs) et le secteur minier (or, argent et charbon)

Tous ces éléments font de Huamachuco une ville où il fait bon vivre.

Selon le recensement de 2007, la ville a une population estimée à 28.300 habitants dont 57% de population urbaine.

Selon des études menées par l'université de Lima, 77% des logements sont en terre crue (adobe et pisé), 69% des habitants de la ville sont satisfaits d'y vivre et 20% en sont très satisfaits.



Figure 29 : Localisation de Huamachuco sur la carte du Pérou.

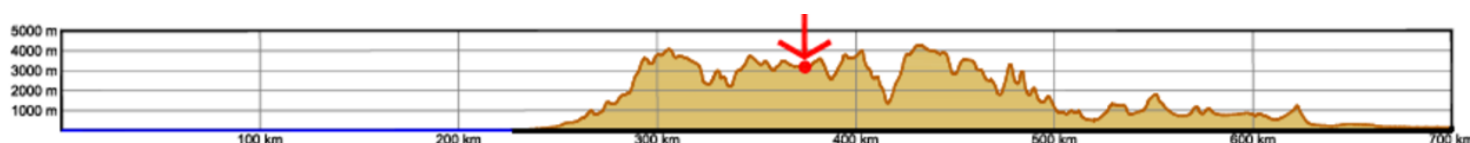


Figure 30 : Localisation de Huamachuco dans la vallée « interdandino ».

Departamento:	La Libertad	Provincia:	Sánchez Carrlón	
Latitud:	07°50' S	Longitud:	78°03' W	Altitud: 3,290 m.s.n.m.
Población:	29,970 hab.			
Región natural:	Quechua o Templada.			
Ecoreglón:	Serranía Esteparia.			

La ville de Huamachuco se trouve dans la partie basse de la vallée « interdandino » sur un relief relativement plat et entouré de montagnes.

Le climat est tempéré avec des nuits froides et des journées ensoleillées. La pluie est considérable de Janvier à fin avril et d'octobre à la fin de l'année et rare durant les mois de Mai à septembre.

4 – 2 – Caractéristiques bioclimatiques de Huamachuco :

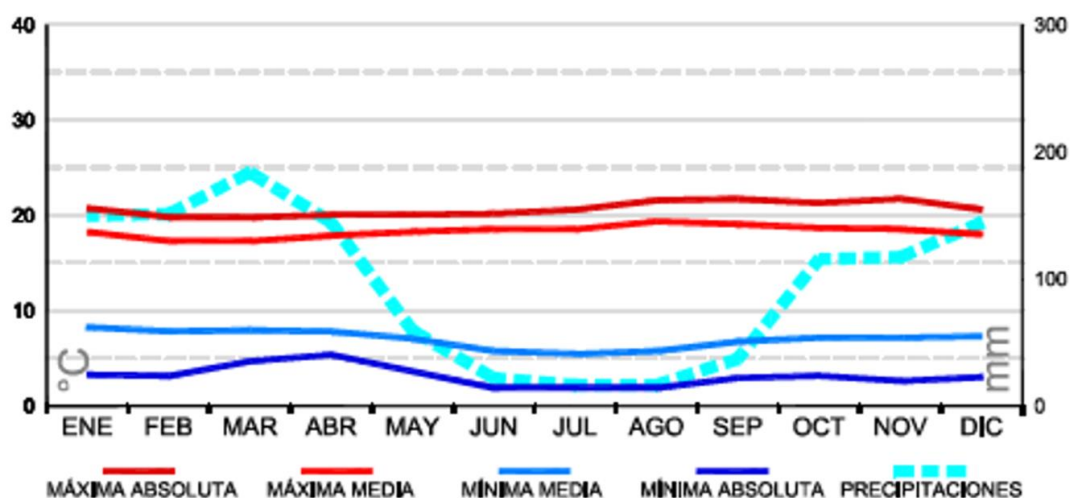


Figure 31 : Températures, précipitations et humidité relative du climat de Huamachuco

Les températures légèrement basses sont modérées et invariantes durant toute l'année avec une oscillation thermique normale : climat tempéré durant le jour (18° et 19° comme valeurs moyennes maximums) et froid durant l'aube (entre 6° et 8° comme valeurs moyennes minimum). Les variations durant les saisons sont principalement liées à la présence de la pluie, étant considérable durant les mois d'été et rares en hiver (autour de 150 et 20 mm respectivement).

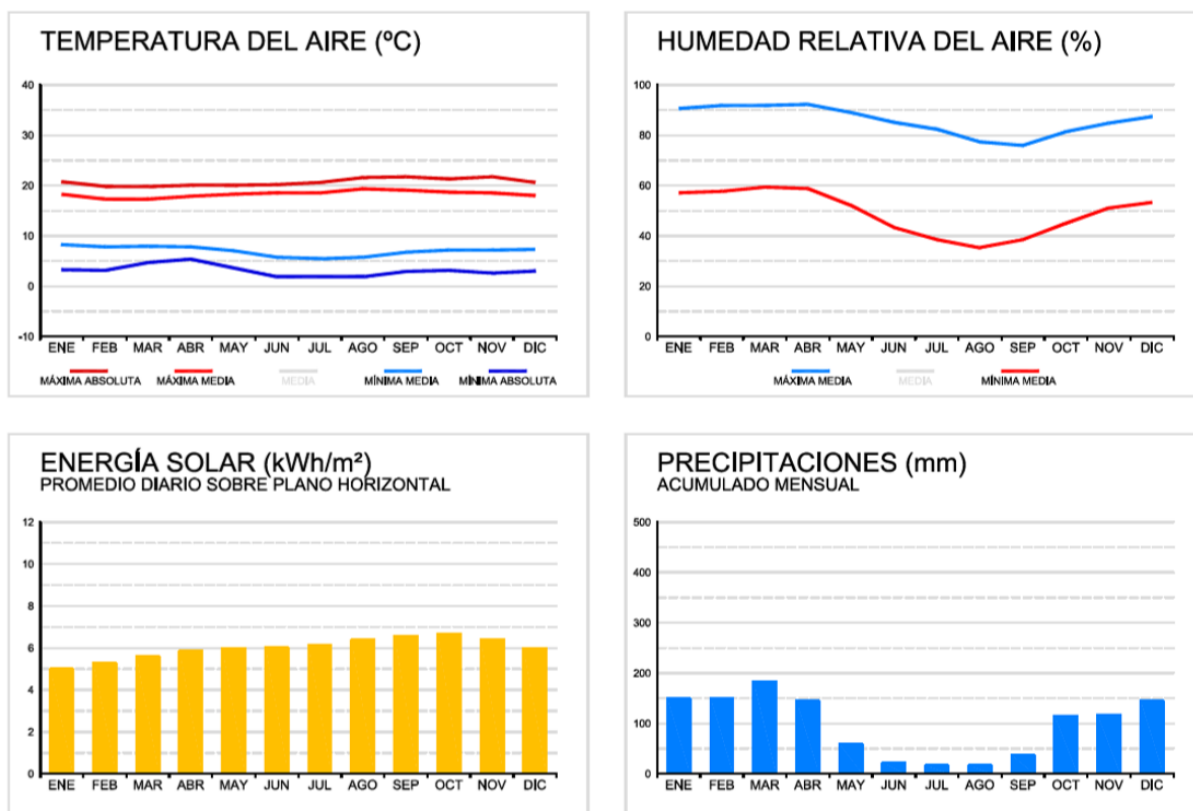


Figure 32 : Caractéristiques bioclimatiques de Huamachuco

Dans la mesure où le ciel est trop nuageux avec des précipitations, l'humidité relative en été est modérée, avec une radiation solaire, malgré qu'elle soit élevée (autour des 5 kWh/m²), est sensiblement inférieure qu'en hiver (6,5 kWh/m²). L'humidité relative durant le jour en hiver est basse (moins de 40 %) et la présence de radiation solaire directe est significativement plus élevée.

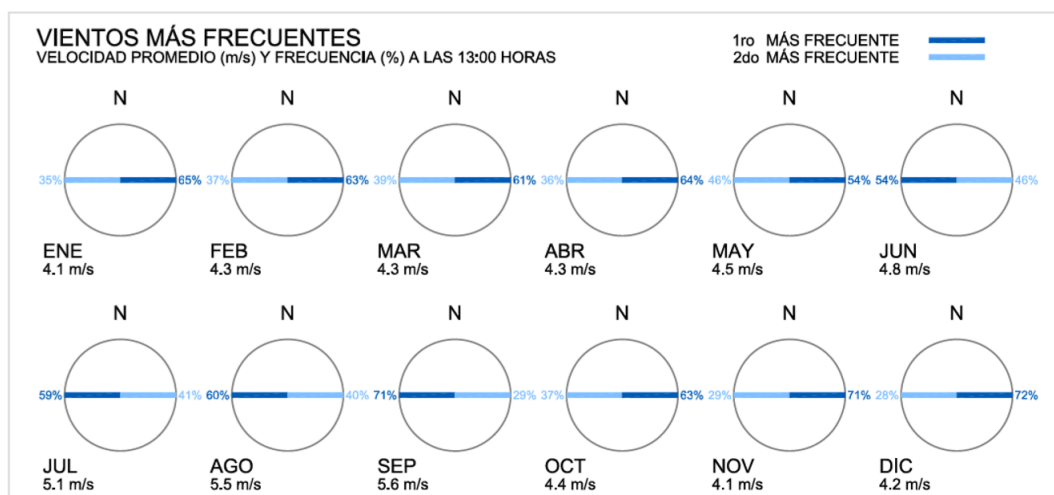


Figure 33 : Vents les plus fréquents à Huamachuco

Les vents dans le milieu de la journée ont souvent une vitesse constante et modérée durant toute l'année et une direction également constante (vers l'est), sauf durant les mois de Juin à Septembre où les vents viennent de l'ouest.

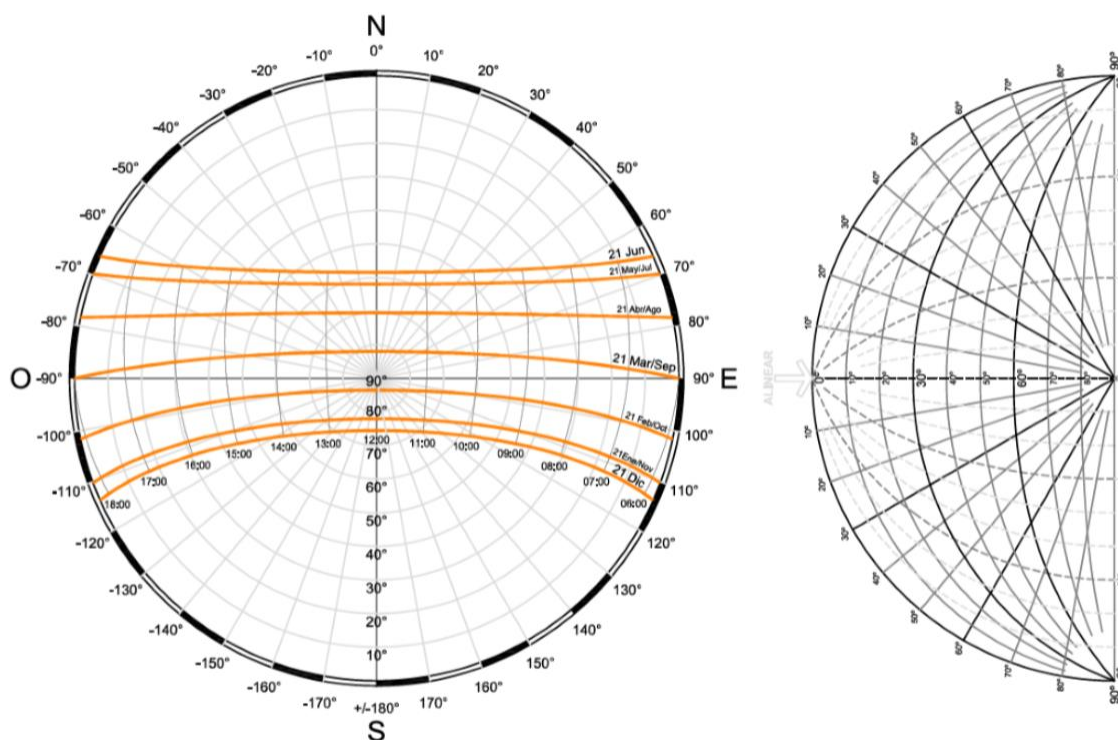


Figure 34 : Diagramme solaire de Huamachuco

Le mouvement apparent du soleil révèle la proximité de l'emplacement de la ligne équatoriale (autour de 8°). Cette proximité est la cause de la projection verticale constante des rayons du soleil durant toute l'année, ce qui a pour conséquence une durée des jours qui est la même que ce soit en hiver ou en été. La projection verticale des rayons solaires conditionne également l'importance de l'intensité des rayons solaires durant toute l'année principalement lors des heures proches du milieu de la journée. **En décembre, la course du soleil marque sa plus grande inclinaison vers le sud, approximativement à quelques 74° par rapport à l'horizon** (en milieu de la journée). **En Juin, se marque la plus importante inclinaison vers le nord (59°)** et lors des équinoxes (21 mars et 21 septembre approximativement) le soleil en milieu de journée est à quelques 82° vers le nord par rapport à l'horizon.

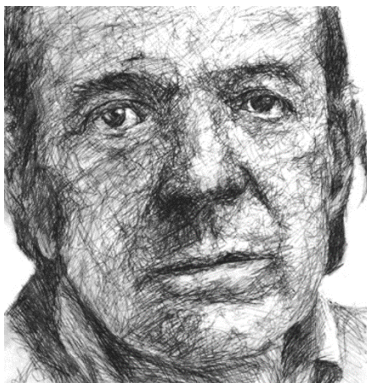
4 – 3 – Elaboration de la typologie :

Le problème que pose la typologie est en premier lieu un problème de méthode. L'établir, c'est d'abord élaborer une manière de l'approcher.

En effet, il existe des indications générales sur des méthodes qui peuvent s'appliquer à différents objets. Elles se basent essentiellement sur l'observation et le classement. Mais chaque type correspond à une démarche donnée, disons une démarche qui se définit suivant la nature de l'objet à étudier et suivant les caractéristiques d'un tel objet. La démarche proposée se caractérise par le fait qu'elle soit autant générale que spécifique. Générale, dans le sens où elle peut donner des résultats concrets quelle que soit la ville pour laquelle on aimerait effectuer une typologie d'habitat. Spécifique car elle est appliquée directement au cadre dans lequel nous opérons ; la ville de Huamachuco.

Nous examinerons également les moyens utilisés et la manière avec laquelle nous avons élaboré les types.

4 – 3 – 1 – Variables descriptives :



« L'architecture est une série de plans.
2 plans principaux:
un plan pour s'affranchir de la topographie,
un plan pour s'abriter de la pluie,
et après,
les autres plans sont faits pour sélectionner les
parties du paysage... »

Gilles Deleuze

Figure 35 : Citation de Deleuze

Nous nous sommes basés sur une citation de Deleuze concernant l'architecture. Deleuze met en exergue des « plans » pour définir une architecture. Pour caractériser les maisons auxquelles nous serons confrontés, nous préconisons d'utiliser un instrument de travail minutieusement élaboré, explicitant l'habitation selon les plans principaux qui la caractérisent. Il s'agit d'une grille de description comportant des informations générales telles que :

- Plan de la maison : L'organisation de l'habitat.
- Plan donnant sur l'espace public : La façade.
- Plan servant d'abri des intempéries : La toiture.
- Le système constructif.

Ces quatre paramètres décortiquent l'habitation et permettent de la connaître. En addition à ces plans, nous prenons en compte la localisation de l'habitation (ville/ zone rurale).

Problème de l'échantillonnage :

S'il y a des types, l'échantillon doit être choisi de façon à n'en oublier aucun, et doit être représentatif des rapports réels dans lesquels ces types se trouvent dans le tissu urbain, d'où la nécessité de choisir un échantillon à partir de l'hypothèse selon laquelle un certain nombre de caractéristiques doivent entraîner l'apparition de types particuliers. Il s'agit de caractéristiques physiques, formelles ou historiques.

Ci-dessous, nous expliquons les 3 aspects qui ont permis de sélectionner les 110 maisons constituant notre échantillon :

A - Insertion de l'objet:

Ce paramètre traite l'environnement de l'objet. Dans notre cas, nous nous sommes intéressés aux habitations localisées en ville mais aussi à celles se trouvant en zone rurale partant du constat que les deux localisations génèrent des architectures distinctes.

B - Caractère physique :

Grâce à une pré-enquête sur le terrain et à l'aide du plan parcellaire fourni par la municipalité de Huamachuco, nous avons avancé une hypothèse de choix relatant quatre critères, à savoir :

- La hauteur ou nombre d'étages (RDC, R+1...)
- La taille de la parcelle (petite, moyenne et grandes parcelles)
- La forme de la parcelle (régulière et irrégulière)

- Le « linéaire » de la façade sur l'espace extérieur.

C – Le type d'îlot :

Afin de couvrir toute la ville de Huamachuco, nous nous sommes appuyés sur le découpage en types d'îlots établi par Nicolas Fontaine dans son travail « *La trame verte comme outil de développement durable de la ville intermédiaire. Cas d'étude : Pérou, ville intermédiaire de Huamachuco*, 2014 » en supposant que le caractère socio-urbain de ce dernier a pu permettre l'apparition de types particuliers d'habitations.

4 – 3 – 2 – Relevés et description :

Le travail sur le terrain qui a pris à peu près un mois consistait à relever et à décrire, conformément aux points soulignés dans la grille de description 110 maisons répertoriées dans la carte de la page suivante. Ce chiffre nous paraissait raisonnable par rapport à la durée de temps dont nous disposions et suffisant pour éliminer les risques d'erreurs. Ci-dessous, nous expliquons comment les quatre critères ont été pris en compte lors de la visite:

A - Organisation :

Ce paramètre permet de dégager le rapport topologique entre les éléments de l'espace qui peuvent être socialement ou physiquement reconnus. Il s'agit de :

- Dresser une liste des éléments physiquement ou socialement reconnus.
- Dessiner les différents plans.
- Dessiner schématiquement un organigramme fonctionnel.
- **Repérer la maison est dotée d'un espace extérieur.**

B - Façades :

Pour les façades, il s'agit de savoir :

- Leurs formes.
- Leurs compositions
- Leurs états de surface et leurs couleurs.
- La taille, la forme et le positionnement des ouvertures.
- Les figures (motifs, encadrements, lignes etc...)
- **Le taux d'ouverture, qui est le rapport de la somme des surfaces des ouvertures sur la surface totale de la façade.**

C - Système constructif :

Dans le système constructif, nous examinons généralement **de quel matériau est fait la maison**, les fondations, les sols, les éléments porteurs, les murs, les franchissements, les ouvertures, les planchers, les couvertures et les ouvrages particuliers.

D - La toiture :

Nous nous intéressons à la forme de la toiture, le nombre de versants et surtout le matériau.

4 – 3 – 3 – Elaboration des types :

Etablissement des catégories par paramètre :

Nous avons procédé, dans un premier lieu, par chercher les caractéristiques dominantes, et en deuxième lieu, par les examiner.

Caractères dominants des paramètres :

Après la visite sur terrain, il s'est avéré nécessaire de simplifier chacun des paramètres A, B ou C cités plus haut, à l'une de ses caractéristiques fortes. Ainsi, du paramètre « organisation », nous avons choisi en plus de l'organigramme fonctionnel – parce que ce dernier permet une lecture assez synthétique et permet aussi de déceler facilement les différences et les analogies des plans – de prendre en considération le rapport à l'espace extérieur pour créer les sous-types.

« La façade » a été simplifiée au pourcentage des ouvertures parce que non seulement elle différencie les habitations, mais permet d'avoir un corollaire entre la façade et le système constructif.

En ce qui concerne le « système constructif », la technique de construction paraît comme une caractéristique importante à prendre en compte, du moment qu'elle agit sur la forme des espaces internes, de la façade et permet ainsi la distinction des particularités entre habitations.

Page suivante :

Figure 36 : Localisations des 110 maisons visitées à Huamachuco.

CARTOGRAPHIE

Morphologie de la trame urbaine



RIO GRANDE

Cerro Sazon

3; 22; 28; 29; 31; 72

38; 40

32; 33

71

41; 54; 55

74

27; 56; 57

26

9; 10; 11

6

86

91

92

25; 94

78; 79

6; 66

73

76; 77

65

64

61; 62; 63;

58; 59; 60;

51; 52; 53;

1; 4; 14; 18

19; 20; 46

37; 42; 43

5; 16; 17 ; 21; 96; 97

110

105; 106; 107; 108; 109;

100; 101; 102; 103; 104;

2; 5; 7; 8; 23; 47; 48; 99;

44; 45

30; 49

39

50

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

34

98

35; 36

75

4 – 4 – Examen des caractéristiques dominantes et résultats :

A - Le rapport à l'espace extérieur:

Pour distinguer le mode d'organisation des maisons, nous nous sommes fiés à la présence ou non d'un **espace extérieur**. Ce dernier a une grande incidence sur l'habitabilité en termes de quantité de lumière qui va pénétrer la maison et de renouvellement de l'air permis par son biais, il joue aussi un rôle prépondérant en sa qualité d'extension de la maison, offrant un espace extérieur dédié à la détente ou à la possession et l'élevage d'animaux...

Les trois cas de figures qui caractérisent les habitations à Huamachuco sont l'organisation autour d'un centre (patio), l'organisation à progression linéaire ou bien la distribution par un couloir.

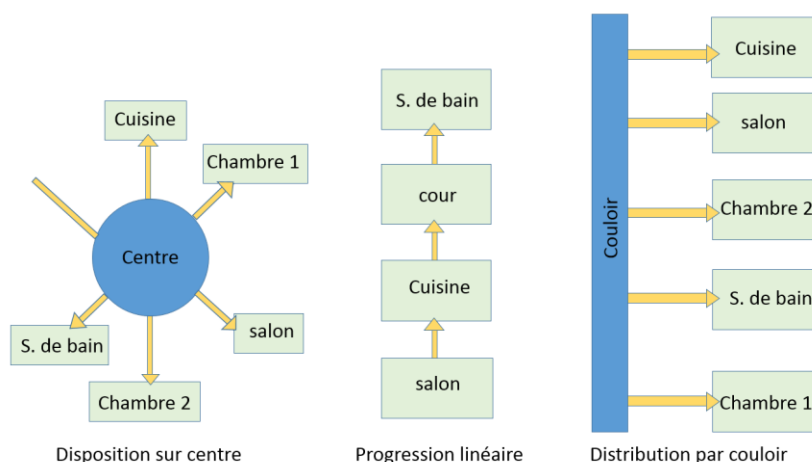


Figure 37 : Types de géométries du plan des habitations de Huamachuco

Nous avons pu distinguer 3 types d'organisation en rapport à un espace extérieur :

- L'organisation de la maison autour d'un ou plusieurs centres extérieurs.
- L'organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur.
- L'organisation sans espace extérieur.

Nous avons alors réparti l'échantillon selon les 3 types cités ci-dessus :

Types d'organisation	Habitations n°
Organisation autour d'un centre extérieur (A)	1->5 ; 7 ; 8 ; 12 ; 14 ; 15 ; 19->23 ; 26->28 ; 30 ; 31 ; 35->43 ; 46 ; 48 ; 51 ; 52 ; 54->56 ; 58->65 ; 69->74 ; 79 ; 83->85 ; 87->89 ; 92 ; 99 ; 100 ; 94->97 ; 105 ; 110
Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur (B)	13 ; 16 ; 17 ; 18 ; 24 ; 33 ; 49 ; 50 ; 57 ; 68 ; 91 ; 93 ; 101 ; 102 ; 103 ; 104 ; 108
Organisation sans espace extérieur (C)	6 ; 9 ; 10 ; 11 ; 25 ; 29 ; 32 ; 34 ; 44 ; 45 ; 47 ; 53 ; 66 ; 67 ; 75 ; 76 ; 77 ; 78 ; 80 ; 81 ; 82 ; 86 ; 90 ; 98 ; 106 ; 107 ; 109

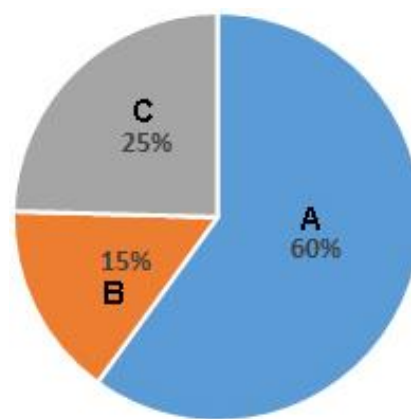


Figure 38 : Répartition de l'échantillon selon le type d'organisation.

B - Les façades :

La distinction entre habitat urbain et habitat rural :

Nous nous retrouvons face à une dichotomie en ce qui concerne la densité du bâti : concentré en centre-ville et plus aéré avec des maisons isolées en zone rurale. Tenant compte du fait que la concentration du bâti est une information de base pour qualifier un espace anthropisé, la distinction entre habitat rural et habitat urbain est prépondérante dans l'élaboration de la typologie. D'autant plus que le langage architectonique des façades varie entre la ville et la partie rurale en ce qui concerne les habitations en pisé ou en adobe. La façade rurale présente **un espace intermédiaire** entre le dedans et le dehors qu'on ne retrouve nullement en ville.



Figure 39: Façades d'habitations localisées en zone rurale.

Grâce à l'observation, nous avons alors pu distinguer deux grandes familles de façades ; les façades rurales et les façades en ville.

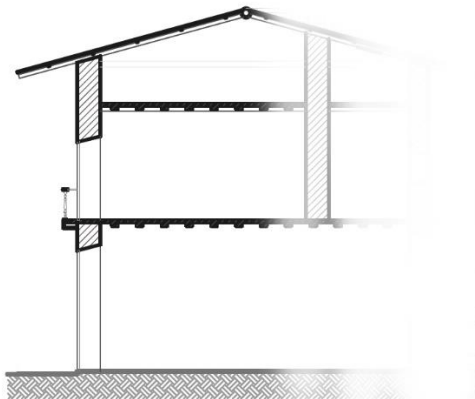


Figure 40 : Coupe schématique d'une façade en ville

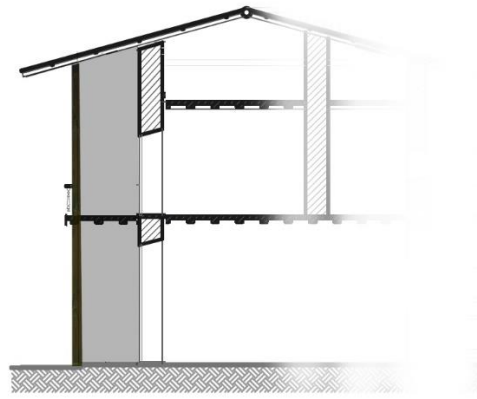


Figure 41 : Coupe schématique d'une façade rurale
(l'espace intermédiaire est de couleur grise)

Le taux d'ouverture des façades :

Pourcentage d'ouvertures de la façade	Habitation n°
De 5% à 24%	1-> 5 ; 7-> 12 ; 14-> 21 ; 23 ; 26->28 ; 30->35 ; 37-> 44 ; 46-> 49 ; 51-> 56 ; 59-> 97 ; 99-> 110
De 30% à 48%	6 ; 13 ; 22 ; 24 ; 25 ; 29 ; 36 ; 45 ; 50 ; 57 ; 58 ; 98

Figure 42 : Répartition de l'échantillon selon le pourcentage d'ouvertures de la façade.

Le manque de luminosité à l'intérieur des habitations à Huamachuco est un réel souci lié à la technique de construction en terre qui n'a guère connu d'évolution. En effet, comme le montre le calcul établi sur les façades des 110 maisons, il y a une corrélation entre pourcentage d'ouverture et technique de construction. Les constructions bénéficiant d'un taux d'ouverture convenable (de 30 à 48%) coïncident avec les habitations en structure à poteaux-poutres. Par conséquent, ce phénomène a des répercussions directes sur le mode de vie des habitants de la ville dont le plus conséquent est l'appropriation de l'espace juste devant l'habitation pour diverses activités :



Figure 43 : Activité de couture qui se développe devant le chez-soi pour bénéficier de la lumière du jour.



Figure 44 : Femme se mettant sur le trottoir devant sa maison avec ses enfants pour tricoter.



Figure 45 : Lavage du linge dans la rue devant l'habitation.

Les façades à Huamachuco servent souvent de panneaux publicitaires de différents partis politiques moyennant une somme dérisoire pour les propriétaires. (20 soles=5,81 euros renouvelable tous les 4 ans)



Figure 46 : Façades, support de slogans de partis politiques



Figure 47 : Façades utilisées comme panneaux d'annonces ou pour la publicité :

C - Toitures :



Il se trouve à Huamachuco une diversité de toitures. Ces toitures se constituent soit d'éléments unitaires comme c'est le cas de la majorité des versants de toitures où l'on trouve l'utilisation des tuiles de terre, soit par des surfaces préfabriquées comme c'est le cas de l'eternit ou la calamine.

Figure 48 : Exemple de toitures de maisons à Huamachuco.



Pour la protection des murs en terre contre les intempéries, on établit des dépassements de toitures assez généreux. Par conséquent, la toiture est un élément architectonique qui participe pleinement à la dynamique et l'identité des rues de Huamachuco.

Figure 49 : Rue de Huamachuco caractérisée par le dépassement de toitures des habitations.



Selon le type de toiture choisie, on agence les pièces de bois qui supportent la partie en porte-à-faux de la toiture, pour créer des rythmes et créer ce rapport remarquable au ciel.

Figure 50 : Exemple d'agencement de pièces de bois qui servent de supports pour les tuiles.



Figure 51 : Motifs obtenus par l'agencement des pièces de bois.



Figure 52 : Partie basse d'un dépassement de toiture.



Figure 53 : Partie basse d'un dépassement de toiture.

Typologie des toitures :

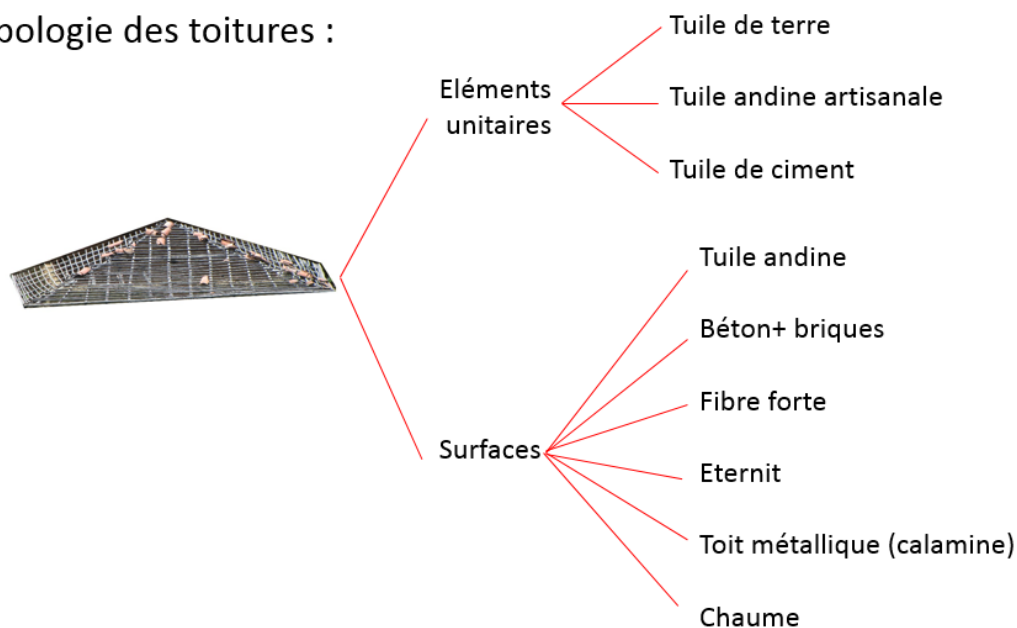


Figure 54 : Tous les types de toitures rencontrées à Huamachuco.

Type de toiture		Habitation n°
Eléments unitaires	Tuiles de terre (A)	2->5 ; 8->11 ; 14->16 ; 18-> 23 ; 27 ; 28 ; 31 ; 32 ; 34 ; 35 ; 37->42 ; 47 ; 51 ; 53 ; 54 ; 59 ; 61-> 66 ; 68->73 ; 75 ; 78 ; 79 ; 81 ; 84 ; 85 ; 91 ; 92 ; 94->97 ; 99-110
	Tuile andine artisanale (B)	49 ; 67 ; 80 ; 83 ; 86 ; 90
	Tuiles de ciment	
Surfaces	Tuile andine	
	Béton+ briques (C)	6 ; 13 ; 24 ; 25 ; 29 ; 36 ; 45 ; 50 ; 57 ; 58 ; 98
	Fibre forte (D)	5 ; 33 ; 63 ; 97
	Eternit (E)	12 ; 19 ; 22 ; 26 ; 30 ; 33 ; 43 ; 44 ; 46 ; 48 ; 52 ; 55 ; 60 ; 62 ; 65 ; 73 ; 76 ; 85 ; 87 ; 88 ; 89 ; 93 ; 97
	Toit métallique – calamina (F)	1 ; 5 ; 7 ; 9 ; 14 ; 17 ; 22 ; 30 ; 33 ; 55 ; 56 ; 74 ; 77 ; 89
	Chaume (G)	82

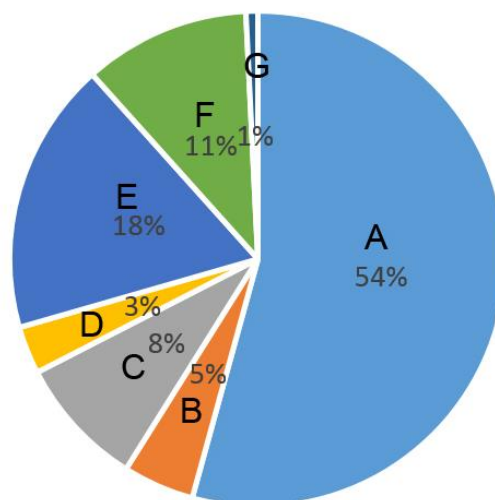


Figure 55 : Répartition de l'échantillon selon le type de toiture.

Devant une telle profusion de types de toitures (voir annexe p.151), ce critère ne sera finalement pas retenu comme critère engendrant un nouveau type de maisons pour limiter le nombre de type d'habitations et surtout donner l'importance aux critères plus déterminant à engendrer des types comme l'organisation ou la technique de construction.

D - Le système constructif :

L'architecture vernaculaire traditionnelle de Huamachuco est édifée exclusivement en matériaux à base de terre. On distingue les murs en pisé, plus connu sous l'appellation « Tapial » au Pérou et les murs érigés selon la technique ancestrale des briques d'adobe.



Figure 56 : Maison en adobe



Figure 57 : Maison en pisé (tapial)

A côté de l'architecture vernaculaire, on trouve des habitations modernes en béton.

Ce qui nous amène à l'affirmation qu'à Huamachuco, on érige les habitations exclusivement selon 3 techniques de construction :

- Le pisé.
- Les briques d'adobe.
- La technique moderne qui se base sur le coulage du béton pour la structure et le remplissage en briques.

Comme le montre l'image ci-contre, il n'est pas rare qu'on combine différents types de briques pour une seule construction ; adobe en rez-de-chaussée et briques de terre cuite au premier étage.



Figure 58 : Maison utilisant divers types de matériaux.

A noter que l'architecture de terre est fortement délaissée par la population de Huamachuco au profit des nouveaux matériaux (structure en béton et remplissage en briques de terre cuite). Ces derniers ont même l'appellation « materiales nobles » par la population qui apprécie tous les avantages qu'ils procurent aux habitations : apport de lumière, stabilité, longévité et surtout les diverses formes que permet la structure en béton entre ondulations et formes convexes (**voir annexes p.152**)



Figure 59 : Importance des baies permises par le principe de la façade libre grâce au système à base de poteaux-poutres.



Figure 60 : Photo montrant l'émergence de plus en plus de constructions en poteaux-poutres.

Au cœur de la ville et aux alentours de la plaza de armas, les habitations en béton sont très peu présents. La majorité étant des habitations traditionnelles avec toitures à deux versants :



Figure 61 : Centre historique de Huamachuco.¹

¹ Photo offerte par un photographe située à la plaza de armas de Huamachuco



Figure 62 : Vue depuis le toit d'une maison.

Sur certaines vues panoramiques de la ville, les nouvelles constructions en béton et briques sont si fréquentes, dominantes mais aussi plus hautes, qu'elles obstruent complètement les maisons traditionnelles. Il faut remarquer, comme c'est le cas au premier plan, que les derniers étages des structures en poteaux-poutres se caractérisent par le fait que les armatures émergent du toit, donnant cette impression d'une construction encore en chantier.

Cela s'explique par la volonté des occupants de rajouter, dans l'avenir, des étages quand ils auront les moyens. Ainsi, les maisons en poteaux-poutres sont des « constructions en devenir ». Cela est un autre avantage de cette nouvelle technologie ; ne pas aboutir à une construction figée mais à une structure flexible qui s'adapte aux changements de la famille et de la société.

Technique de construction	Habitation n°
Pisé (A)	1->5 ; 7 ; 8 ; 15 ; 16 ; 17 ; 19 ; 20 ; 21 ; 23 ; 27 ; 28 ; 31 ; 37 ; 39 ; 41 ; 46 ; 47 ; 51 ; 52 ; 53 ; 60 ; 61 ; 63->66 ; 69 ; 72 ; 73 ; 82 ; 84 ; 91 ; 94 ; 96 ; 99->102 ; 104->107 ; 109
Adobe (B)	9 ; 11 ; 12 ; 18 ; 26 ; 32 ; 34 ; 35 ; 38 ; 40 ; 42 ; 43 ; 49 ; 67 ; 68 ; 74->78 ; 80 ; 81 ; 83 ; 86 ; 88 ; 89 ; 90 ; 93 ; 95
Béton + Briques (C)	6 ; 13 ; 24 ; 25 ; 29 ; 36 ; 45 ; 50 ; 57 ; 58 ; 98
Hybride (D)	10 ; 14 ; 22 ; 30 ; 33 ; 44 ; 48 ; 54 ; 55 ; 56 ; 59 ; 62 ; 70 ; 71 ; 79 ; 85 ; 87 ; 92 ; 97 ; 103 ; 108 ; 110

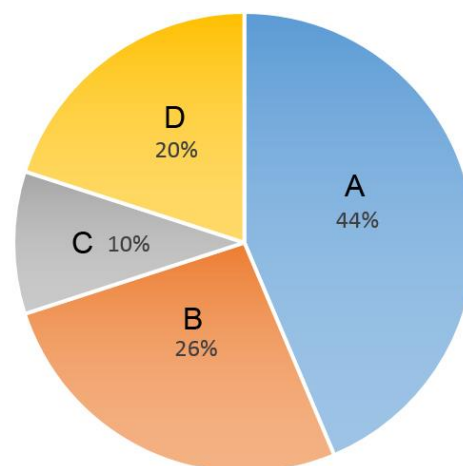


Figure 63 : Répartition de l'échantillon selon la technique de construction

L'usage de la structure en poteaux-poutres en béton est fort apprécié pour les décrochements des étages supérieurs et ainsi le gain d'espace pour chaque étage par rapport à la superficie initiale de la parcelle d'origine (**voir annexes p.153**)

Le délaissement et l'abandon des matériaux de l'architecture traditionnelle vernaculaire est vivement encouragé par les différentes publicités qu'on rencontre en se baladant à Huamachuco (**voir annexes p. 154**) avec des slogans convaincants comme :

- Construye una casa segura (construire une maison sûre)
- Construyendo el futuro de los demas. (construire le futur des autres)

Aperçu sur les salles de bain des habitations traditionnelles:

Les salles de bain des maisons de Huamachuco ont, à part ce qui concerne les habitations modernes édifiés en poteaux-poutres, ce point commun qui est qu'elles sont toujours dissociées de l'habitat. Souvent placées à des mètres du milieu de vie, on doit traverser le patio ou la cour extérieure pour pouvoir y accéder.

On a alors une sorte de « cabine téléphonique » pour le cas des toilettes rudimentaires ou bien une pièce parallélépipédique pour une salle de bain convenable.



Figure 64 : Cas de « cabines téléphoniques » en dehors de l'habitation et représentant des toilettes rudimentaires.



Figure 65 : Cas de toilettes des plus rudimentaires qu'on retrouve dans les maisons de la rue San Francisco.



Figure 66 : Pièces parallélépipédiques représentant une salle de bain convenable.

Pour le classement de l'ensemble de l'échantillon, nous avons dressé un tableau indiquant les caractères dominants et leurs variations, sur lequel nous avons porté, variable par variable, l'ensemble des habitations indiquées par leurs numéros :

Paramètres	Catégories	Désign.	Habitation n°
Types d'organisation	Organisation autour d'un centre extérieur	A	1->5 ; 7 ; 8 ; 12 ; 14 ; 15 ; 19->23 ; 26->28 ; 30 ; 31 ; 35->43 ; 46 ; 48 ; 51 ; 52 ; 54->56 ; 58->65 ; 69->74 ; 79 ; 83->85 ; 87->89 ; 92 ; 99 ; 100 ; 94->97 ; 105 ; 110
	Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur	B	13 ; 16 ; 17 ; 18 ; 24 ; 33 ; 49 ; 50 ; 57 ; 68 ; 91 ; 93 ; 101 ; 102 ; 103 ; 104 ; 108
	Organisation sans espace extérieur	C	6 ; 9 ; 10 ; 11 ; 25 ; 29 ; 32 ; 34 ; 44 ; 45 ; 47 ; 53 ; 66 ; 67 ; 75 ; 76 ; 77 ; 78 ; 80 ; 81 ; 82 ; 86 ; 90 ; 98 ; 106 ; 107 ; 109
Technique de construction	Pisé	E	1->5 ; 7 ; 8 ; 15 ; 16 ; 17 ; 19 ; 20 ; 21 ; 23 ; 27 ; 28 ; 31 ; 37 ; 39 ; 41 ; 46 ; 47 ; 51 ; 52 ; 53 ; 60 ; 61 ; 63->66 ; 69 ; 72 ; 73 ; 82 ; 84 ; 91 ; 94 ; 96 ; 99->102 ; 104->107 ; 109
	Adobe	F	9 ; 11 ; 12 ; 18 ; 26 ; 32 ; 34 ; 35 ; 38 ; 40 ; 42 ; 43 ; 49 ; 67 ; 68 ; 74->78 ; 80 ; 81 ; 83 ; 86 ; 88 ; 89 ; 90 ; 93 ; 95
	Béton + Briques	G	6 ; 13 ; 24 ; 25 ; 29 ; 36 ; 45 ; 50 ; 57 ; 58 ; 98
	Hybride	H	10 ; 14 ; 22 ; 30 ; 33 ; 44 ; 48 ; 54 ; 55 ; 56 ; 59 ; 62 ; 70 ; 71 ; 79 ; 85 ; 87 ; 92 ; 97 ; 103 ; 108 ; 110
Pourcentage d'ouvertures de la façade	De 5% à 24%	I	1->5 ; 7->12 ; 14->21 ; 23 ; 26->28 ; 30->35 ; 37->44 ; 46->49 ; 51->56 ; 59->97 ; 99->110
	De 30% à 48%	J	6 ; 13 ; 22 ; 24 ; 25 ; 29 ; 36 ; 45 ; 50 ; 57 ; 58 ; 98
Localisation	ville	K	1->8 ; 12->25 ; 27->34 ; 37->43 ; 46->66 ; 71->74 ; 93->110
	Zone rurale	L	9->11 ; 26 ; 35 ; 36 ; 44 ; 45 ; 67->70 ; 75->92

Figure 67 : Tableau récapitulatif de la répartition de l'échantillon selon les 4 critères établis.

Pour faciliter la lecture, chacune des catégories est désignée par une lettre ; ainsi pour l'organisation sur centres extérieurs, on notera « A », pour la maison construite en pisé, on notera « E », etc...

L'habitation n° 7 est représentée par la matrice : $(A \ E; I \ K)$. Nous notons alors note : $7 = \begin{pmatrix} A & E \\ I & K \end{pmatrix}$

Le tableau en annexes p. 150 nous a donc permis de lier chaque habitation à une matrice de caractéristiques.

4 – 5 - Les matrices de la genèse de la typologie:

A partir du tableau page 150 en annexes, nous avons relevé les matrices qui se répètent et qui ont généré les 110 maisons. Chaque sous-type va naître de l'une de ces matrices:

ENSEMBLE	Matrices	Habitations n°	Pourcentage
E1	$\begin{pmatrix} A & E \\ I & K \end{pmatrix}$	1->3 ; 5 ; 7 ; 8 ; 15 ; 19->21 ; 23 ; 27 ; 28 ; 31 ; 37 ; 39 ; 41 ; 46 ; 51 ; 52 ; 60 ; 61 ; 63->65 ; 72 ; 73 ; 94 ; 96 ; 99 ; 100 ; 105 (total=32)	29 %
E2	$\begin{pmatrix} B & E \\ I & K \end{pmatrix}$	4 ; 16 ; 17 ; 47 ; 101 ; 102 ; 104 (total=7)	6 %
E3	$\begin{pmatrix} C & E \\ I & K \end{pmatrix}$	53 ; 66 ; 106 ; 109 ; 110 (total=5)	4,5 %
E4	$\begin{pmatrix} A & E \\ I & L \end{pmatrix}$	69 ; 84 (total=2)	1,8 %
E5	$\begin{pmatrix} B & E \\ I & L \end{pmatrix}$	91	0,9 %
E6	$\begin{pmatrix} C & E \\ I & L \end{pmatrix}$	82	0,9 %
E7	$\begin{pmatrix} A & F \\ I & K \end{pmatrix}$	38 ; 95 (total=2)	1,8 %
E8	$\begin{pmatrix} B & F \\ I & K \end{pmatrix}$	12 ; 18 ; 40 ; 49 ; 74 ; 93 (total=6)	5,4 %
E9	$\begin{pmatrix} C & F \\ I & K \end{pmatrix}$	32 ; 34 (total=2)	1,8 %
E10	$\begin{pmatrix} A & F \\ I & L \end{pmatrix}$	26 ; 89 (total=2)	1,8 %

E11	$\begin{pmatrix} B & F \\ I & L \end{pmatrix}$	35 ; 67 ; 68 ; 88 (total=4)	3,6 %
E12	$\begin{pmatrix} C & F \\ I & L \end{pmatrix}$	9->11 ; 75->78 ; 80 ; 81 ; 86 ; 90 (total=11)	10 %
E13	$\begin{pmatrix} B & G \\ J & K \end{pmatrix}$	13 ; 24 ; 50 ; 57 ; 58 (total=5)	4,5 %
E14	$\begin{pmatrix} C & G \\ J & K \end{pmatrix}$	25 ; 29 ; 98 (total=3)	2,7 %
E15	$\begin{pmatrix} A & G \\ I & L \end{pmatrix}$	36	0,9 %
E16	$\begin{pmatrix} C & G \\ J & L \end{pmatrix}$	45	0,9 %
E17	$\begin{pmatrix} A & H \\ I & K \end{pmatrix}$	14 ; 22 ; 30 ; 42 ; 43 ; 48 ; 54 ; 55 ; 56 ; 59 ; 62 ; 71 ; 97 (total=13)	11,8 %
E18	$\begin{pmatrix} B & H \\ I & K \end{pmatrix}$	33 ; 83 ; 103 ; 107 ; 108 (total=5)	4,5 %
E19	$\begin{pmatrix} C & H \\ J & K \end{pmatrix}$	6	0,9 %
E20	$\begin{pmatrix} A & H \\ I & L \end{pmatrix}$	70 ; 79 ; 85 ; 87 ; 92 (total=5)	4,5 %
E21	$\begin{pmatrix} C & H \\ I & L \end{pmatrix}$	44	0,9 %

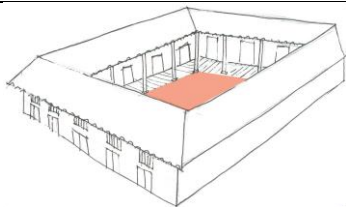
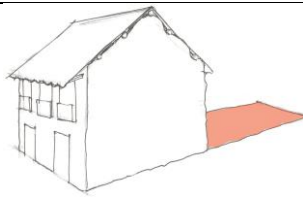
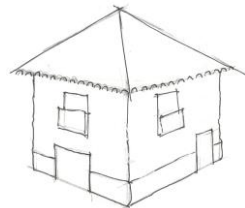
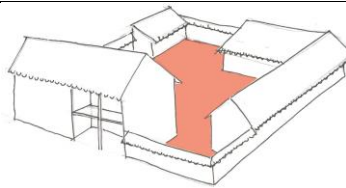
Figure 68 : Matrices générant les 110 maisons visitées.

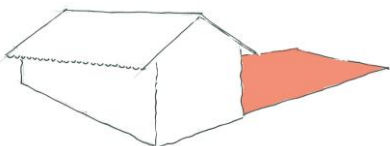
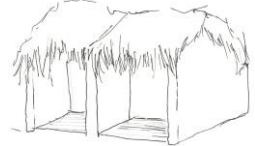
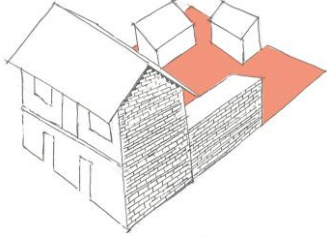
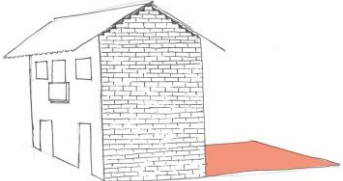
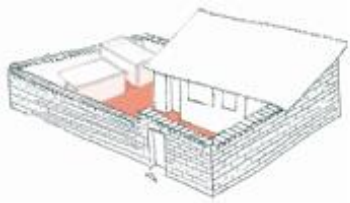
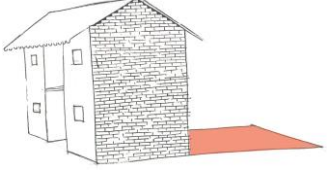
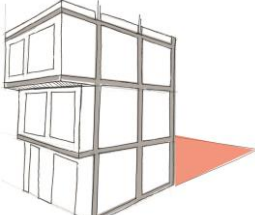
On passe d'un ensemble à un autre lorsqu'au moins un caractère change.

8 maisons qui ont été choisies dans l'étude des cas correspondent aux sous-types avec le plus grand taux de pourcentage de l'ensemble de l'échantillon. (29% ; 11,8% ; 10% ; 6% ; 5,4% ; 4,5%)

2 maisons ont été choisies représentant les ensembles les plus marginaux (en bleu avec un taux de répétition de moins de 1%)

Si nous revenons aux caractères dominants, les ensembles retenus se distingueront de la manière suivante :

ENSEMBLE 1 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 2 : - Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 3 : - Organisation sans espace extérieur - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 4 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	

ENSEMBLE 5 : - Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 6 : - Organisation sans espace extérieur - Construction en pisé - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 7 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction en adobe - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 8 : - Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur - Construction en adobe - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 9 : - Organisation sans espace extérieur - Construction en adobe - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 10 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction en adobe - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 11 : - Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur - Construction en adobe - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 12 : - Organisation sans espace extérieur - Construction en adobe - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 13 : - Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur - Construction en béton et briques - De 30% à 48% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	

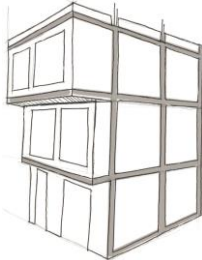
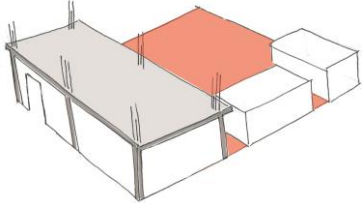
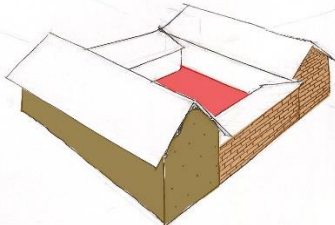
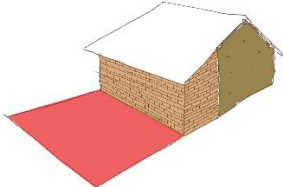
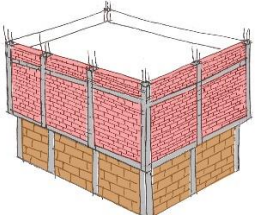
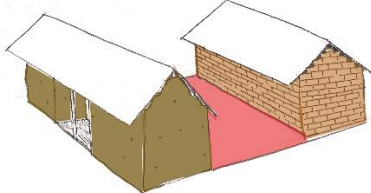
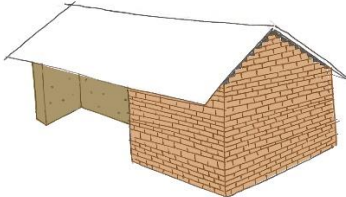
ENSEMBLE 14 : - Organisation sans espace extérieur - Construction en béton et briques - De 30% à 48% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 15 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction en béton et briques - De 30% à 48% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 16 : - Organisation sans espace extérieur - Construction en béton et briques - De 30% à 48% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 17 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction mixte - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 18 : - Organisation à base d'une progression linéaire ou d'un couloir incluant un espace extérieur - Construction mixte - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 19 : - Organisation sans espace extérieur - Construction mixte - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en ville	
ENSEMBLE 20 : - Organisation autour d'un centre extérieur - Construction mixte - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	
ENSEMBLE 21 : - Organisation sans espace extérieur - Construction mixte - De 5% à 24% de taux d'ouvertures de la façade - Localisation en zone rurale	

Figure 69 : Ensembles correspondant aux matrices générant les 110 maisons visitées.

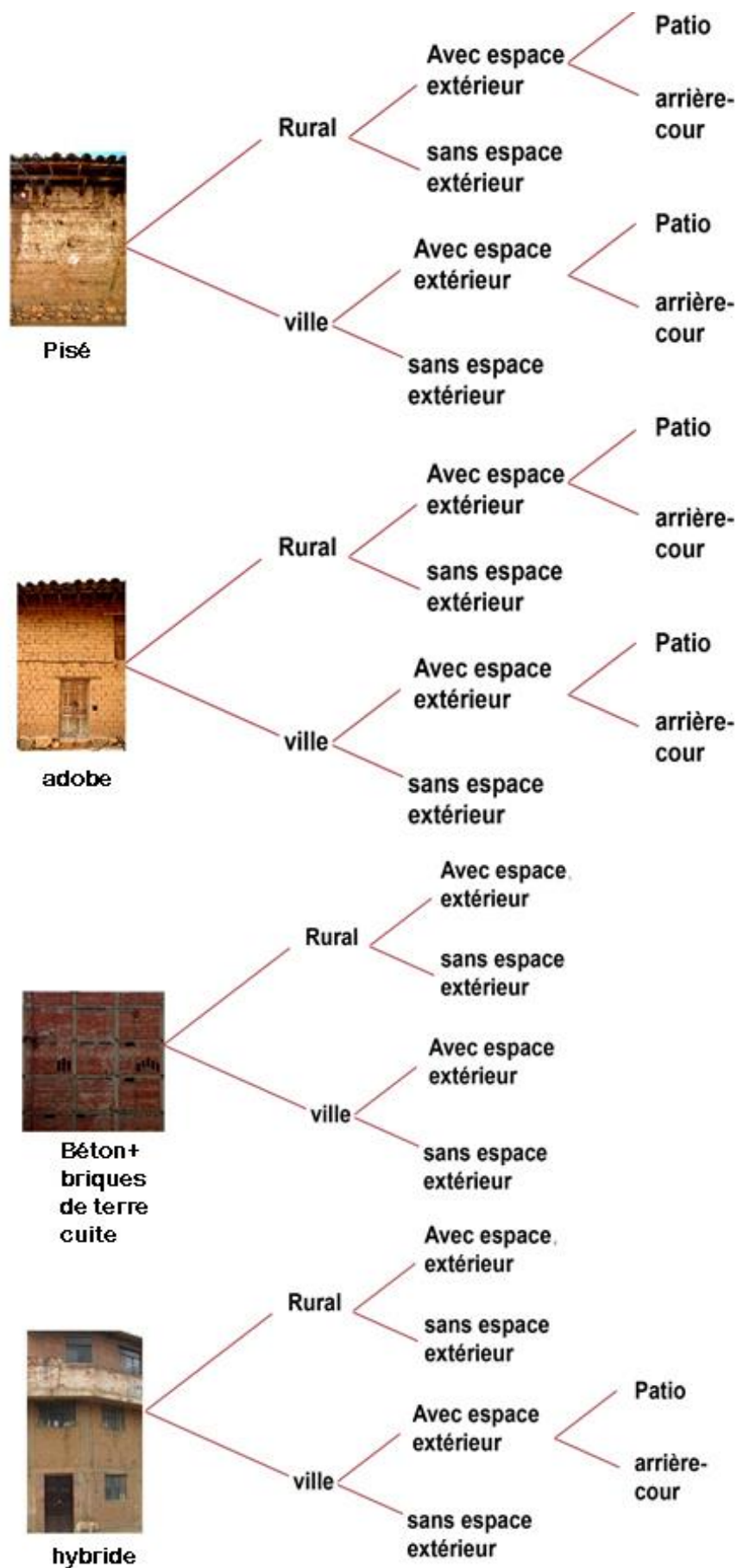


Figure 70 : Typologie des habitations de Huamachuco.



Chapitre 5 : Etude des maisons en pisé

5 – 1 – Le pisé ou La construction en terre crue damée entre des planches

François COINTERAUX est un professeur d'architecture rurale, c'est grâce à lui que le pisé a connu une renaissance au siècle des Lumières à travers plus de 70 fascicules sur le sujet du pisé traduits et diffusés sur toute la planète, il définit le pisé comme suit:

"Le pisé est un procédé d'après lequel on construit les maisons avec de la terre, sans la soutenir par aucune pièce de bois, et sans la mélanger de paille, ni de bourre. Il consiste à battre, lit par lit, entre des planches, à l'épaisseur des murs ordinaires de moellons, de la terre préparée à cet effet. Ainsi battue, elle se lie, prend de la consistance, et forme une masse homogène qui peut être élevée à toutes les hauteurs données pour les habitations."

La technique de construction en terre est certainement la première qu'a découverte l'homme depuis son apparition sur le globe. Les vestiges les plus anciens de constructions en pisé sont à Mehgrah, dans la vallée de l'Indus au Pakistan.

Un peu partout dans le monde, on trouve un héritage architectural en pisé. La plus grande construction en pisé du monde est La citadelle d'Arg-é Bam, en Iran. D'une superficie de 200 km², Arg-é Bam est une citadelle vieille de près de deux mille ans qui protégeait la ville historique de Bam, entièrement détruite par le séisme meurtrier du vendredi 26 décembre 2003. La citadelle possédait deux grandes tours espacées de presque 40 mètres, construites il y a environ cinq siècles. Elle était entourée, dans sa partie sud, par quatre murailles. L'une d'entre elles avait une hauteur de 18 mètres, et était destinée à protéger les habitants des bandits de grands chemins.¹



Figure 71 : Citadelle d'Arg-é Bam



Figure 72 : Technique du pisé en Chine

En Chine, c'est avec la dynastie des Han (qui régna de 206 av. J.-C. à 220 après J.-C.) qu'apparaissent les premières fortifications en pisé.

Plusieurs tronçons de la Grande Muraille sont réalisés en terre damée :

« Le pisé (de la grande muraille) était constitué de terre argileuse et de cailloux compressés dans des coffrages, à l'aide des pieds. Ils utilisaient généralement un mélange constitué de 15 % d'argile et de 60 % de sable, le reste étant des graves et parfois de la chaux. Ils tassaient la terre par couche de 15 cm environ, la largeur du mur banché étant de 50 cm. La muraille était donc un mur stratifié. La résistance à la compression pouvait atteindre 5 MPa voire plus avec un liant hydraulique. La terre utilisée pure, sans paille, ne devait pas être trop humide. Elle était donc extraite du sol au printemps. La proportion des composants du pisé, leur origine et leur nature chimique donnent lieu à une palette de couleur variée selon le territoire, allant du brun ocre au brun clair. »²

L'exemple le plus éloquent et le plus spectaculaire témoignant indéniablement de l'ingéniosité, de la grandeur et de la pérennité de l'architecture en terre demeure la ville de Shibam au Yémen, dénommée « Manhattan du désert ».

Construites en pisé, sur des fondations de pierre, ces maisons, dont la hauteur peut atteindre huit niveaux, forment de véritables gratte-ciel. L'impression est accentuée par leur étroitesse et l'alternance de fenêtres larges, ornées de moucharabiehs de bois sculpté, et d'étroites fenêtres qui servaient de meurtrières.



Figure 73 : Ville de Shibam

¹ <http://www.teheran.ir/spip.php?article389#gsc.tab=0>

² <http://www.gwoc.info/index.php?page=terre>



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11

La technique du pisé est utilisée en maçonnerie porteuse extérieure. La technique est simple à mettre en œuvre mais demande un maçon habile, et qui ne craint pas sa peine.

- 1- Le coffrage est constitué de long pièces de bois dont la stabilité est assurée par les montants eux même reliés entre eux par la corde.
- 2- La verticalité des parois du coffrage est une étape indispensable, elle est vérifiée par l'usage du fil à plomb.
- 3- Les vides éventuels entre le coffrage et la partie déjà réalisée du mur sont bouchés à l'aide de terre humide.
- 4- Un tas de terre est constitué en se servant de la pioche et en la prélevant directement du terrain jouxtant le mur. Le choix de la terre se porte sur une terre relativement graveleuse et d'humidité peu excessive.
- 5- La terre est versée à l'intérieur du coffrage sans adjonction de paille coupée ou d'eau.
- 6- On se sert dans un premier temps de sa main pour bien répartir la terre.
- 7- Le tassement de la terre commence avec les pieds.
- 8- A l'aide du psoir (grande masse en bois dur) on enchaîne des mouvements pour battre la terre en se servant de la partie arrondie basse du psoir.
- 9- On continue de battre la terre avec plus de force et de tenacité en se servant de la face la plus grande et plate du psoir.

Le processus de remplissage se fait par superposition de couches. Chaque couche de remplissage suivie d'un tassement permet de réaliser une section du mur dont l'épaisseur est d'environ 50 cm.



12



13



14



15



16



17

- 10- Une fois toute la hauteur du coffrage remplie, on verse une mince couche de terre sableuse.
- 11- Le tassement de la dernière couche mince se poursuit en utilisant le côté latéral du psoir
- 12- On défait la corde pour libérer les montants.
- 13- On creuse à l'aide de la pioche une fente sur la partie suivante du mur qui va recevoir le coffrage.
- 14- On met en place la traverse sur laquelle seront fixés les montants.
- 15- On fait translater le coffrage jusqu'à ce qu'il tienne sur la traverse.

Figure 74 : Quelques étapes de la construction d'une maison en pisé.

- 16 – On fixe l'épaisseur grâce à la pièce de bois d'espacement. On relie les montants avec de la corde.
- 17 – On enlève ce qui a pu dépasser du coffrage pour avoir un mur bien lisse.

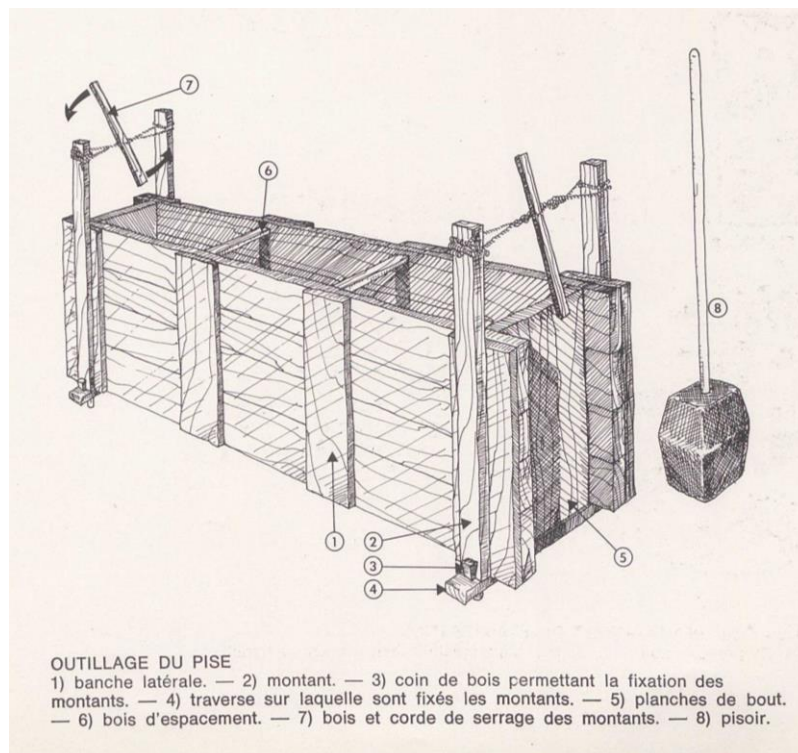


Figure 75 : Outillage du pisé¹

¹ Bardou, P., & Arzoumanian, V. *Archi de terre*, p.9

5 – 2 – Maison 1 : isolée en pisé et en zone rurale (représente l'ensemble 6)



Figure 76 : Localisation de la maison au sud de la ville.

La maison est située en dehors de Huamachuco, dans une région surélevée du sud de la ville. En haut d'un terrain escarpé, elle culmine au sommet de cette partie de la campagne. La maison est très ancienne. Le père de famille qui a aujourd'hui 53 ans y a passé une grande partie de son enfance. Elle se distingue par son côté isolé, un peu éloignée des autres maisons. Son toit en chaume lui confère un caractère singulier.

Figure 77 : façade avant de la maison 1 étudiée.



Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Absence de la salle de bain, d'électricité, de distribution du gaz et de production d'eau chaude...

Aspect physique :

- Insuffisance du nombre des pièces
- Eclairage naturel quasi-absent à l'intérieur de l'habitation. La seule fenêtre dont bénéficie la cuisine est bouchée par un tissu fort épais empêchant tout rayon du soleil de le traverser.
- Absence de ventilation dans les deux pièces formant la maison.

Aspect esthétique :

Aucun revêtement n'est présent ni sur le sol, ni sur les murs.

Aspect sensoriel :

Ambiance olfactive défavorable à cause du manque de ventilation dû à l'absence de fenêtres.

Aspect sécuritaire :

L'absence d'électricité rend les déplacements nocturnes très contraignants.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Absence de tout équipement de quartier ; école, crèche...

Aspect sociologique :

Voisinage restreint et éloigné.

Le voisin peut être source de conflit à cause des limites admises des terrains.

Aspect sensoriel :

Très bonne ambiance olfactive à proximité de la nature.

Aspect esthétique :

absence de recherche esthétique extérieure.

Aspect physique :

- A part les motos et les moto-taxis, les rues aux alentours ne sont pas accessibles aux véhicules.
- Absence d'espaces réservés au ramassage des ordures.

Aspect sécuritaire :

Absence d'éclairage public.

Sécurité insatisfaisante par rapport aux incendies à cause de l'inaccessibilité de cette partie de la campagne aux camions des sapeurs-pompiers.

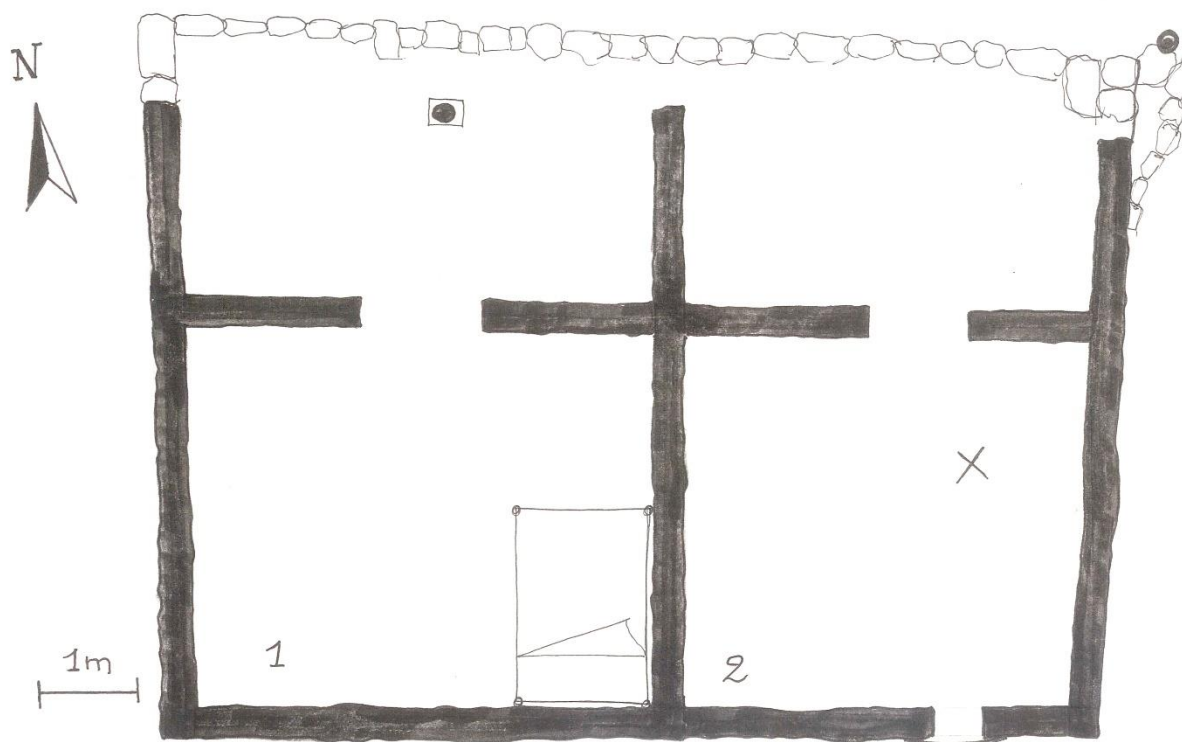


Figure 78 : Plan de la maison 1.

Le X indique l'emplacement où a été placé le data-logger.



Figure 79 : Espace intermédiaire entre dedans et dehors

C'est ici que le père de famille et son fils aménagent une place pour dormir la nuit, pour être à proximité des animaux de peur qu'ils se fassent voler.



Figure 80 : Terre cultivable devant la maison



Figure 81 : Cuisine (indiquée par le chiffre 2 sur le plan)

La cuisine sert aussi de chambre à coucher pour la mère de famille et sa fille.



Figure 82 : Chambre à coucher
(indiquée par le chiffre 1 sur le plan)

Température :

Température extérieure :

Pour cette maison située sur les hauteurs encerclant la partie sud de la ville de Huamachuco, les températures sont plus basses qu'en ville, car plus on monte en altitude, moins l'atmosphère est réchauffée par l'induction thermique de la Terre. La température varie de 7° à 18° (11° de différence pour le jour qui connaît le plus d'écart).

En général, nous remarquons des pics de température aux alentours de midi et qui atteignent 18°C à l'extérieur (valeur maximale nettement inférieure aux valeurs maximales enregistrées en ville).

La température la plus basse est au début du jour, vers 6h du matin et descend à 8°C.

Température intérieure :

La température à l'intérieur de la cuisine, mais qui sert aussi de chambre à coucher durant la nuit et de salle à manger durant le jour, suit les pics de l'ambiance extérieure mais avec un intervalle de variation plus restreint (entre 10 et 16°C)

Nous notons qu'à aucun moment de la journée, l'ambiance intérieure n'atteint la zone de confort.

Nous avons alors pour des différences de température extérieure de **11° de différence** une variation intérieure plus restreinte de **6° de différence**.

L'enveloppe du bâtiment ne réussit pas tout à fait à garder l'intérieur de l'habitation indépendant des variations de la température extérieure, ceci peut être dû à plusieurs raisons ; la principale est l'état très dégradé des murs dont les trous qui résultent du coffrage se sont agrandis avec le temps. A cela s'ajoutent les vides entre les murs et la partie basse de la toiture (voir l'image thermique de gauche) et finalement la porte qui reste constamment ouverte servant d'unique source de lumière du jour.

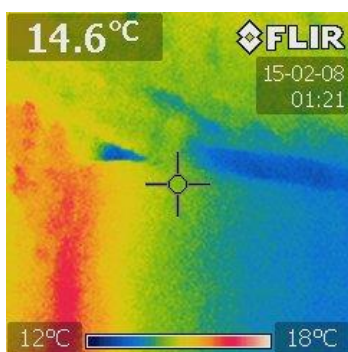


Figure 83 : Image thermique montrant le vide (bleu le plus foncé) entre la partie supérieure du mur et la toiture.



Figure 84 : Pignon de la maison montrant l'importance des trous dont le diamètre s'est élargi au fur et à mesure des années.

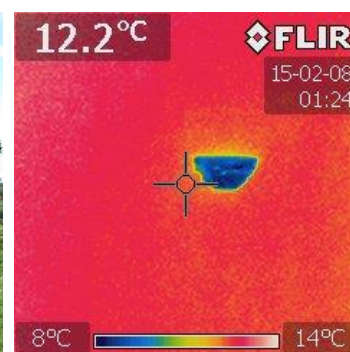


Figure 85 : Image thermique de l'un des nombreux trous de l'enveloppe qui est une source de déperdition de la chaleur intérieure.

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure :

Nous remarquons un taux élevé en humidité relative, elle dépasse les 75% durant la majorité de la journée sauf de midi à 18h où le taux chute à 60, 50, voir même 35%.

Humidité relative intérieure :

Nous remarquons qu'elle reste stable aux alentours de 75% la majorité de la journée sauf durant les séquences (10 ou 12h à 18h) caractérisées par la chute du taux d'humidité relative extérieure. Durant ces plages horaires, le taux d'humidité relative intérieure coïncide avec celui de l'ambiance extérieure. C'est durant ces horaires que le taux d'humidité descend en dessous du seuil des 60% offrant ainsi un milieu confortable aux occupants.

Nous pouvons en conclure une concordance entre le taux HR de l'ambiance intérieure avec celui de l'ambiance extérieure confirmant la défaillance de l'enveloppe à garder l'intérieur indépendant de l'extérieur.

La durée de temps où l'ambiance hygrométrique atteint la zone de confort reste marginale en comparaison avec toute la durée des mesures et se passe entre midi et 17h pour le deuxième et troisième jour de récolte des données.

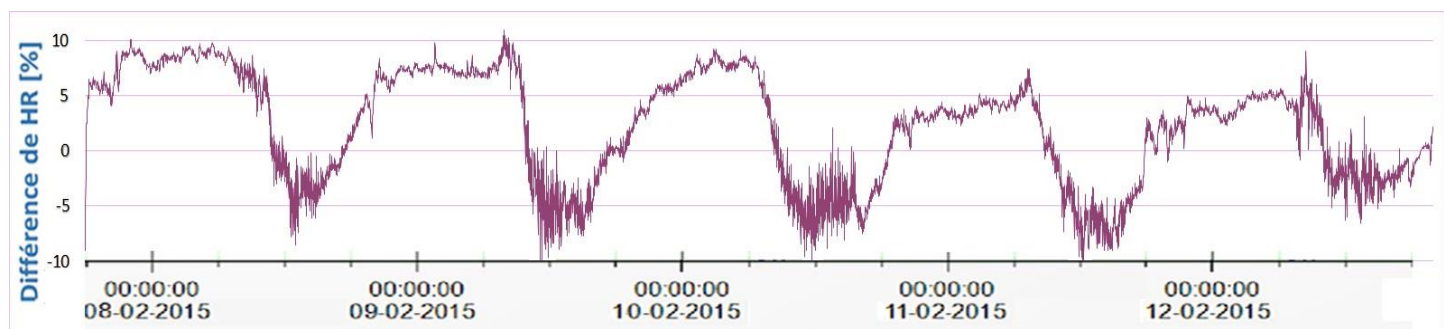
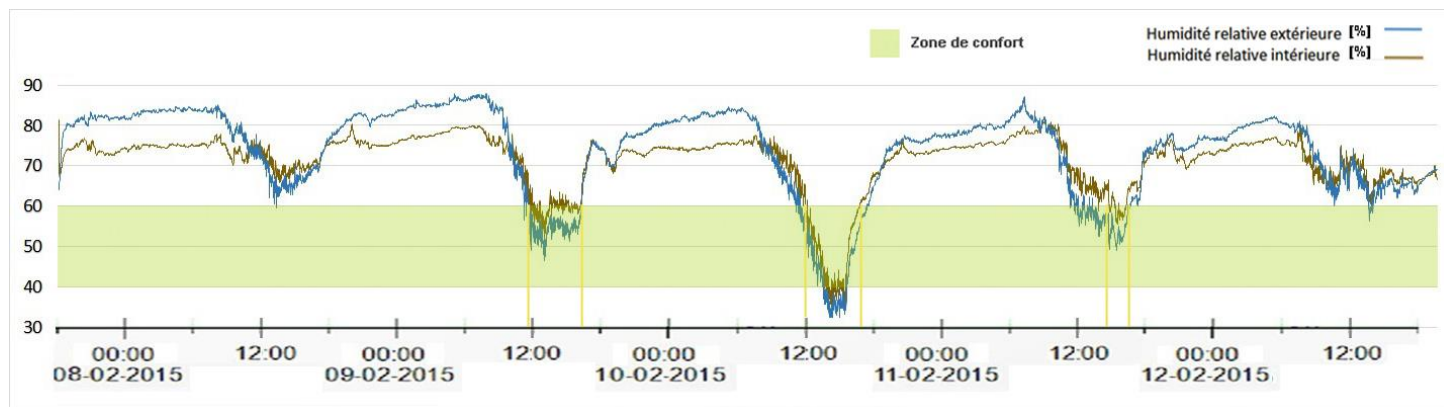
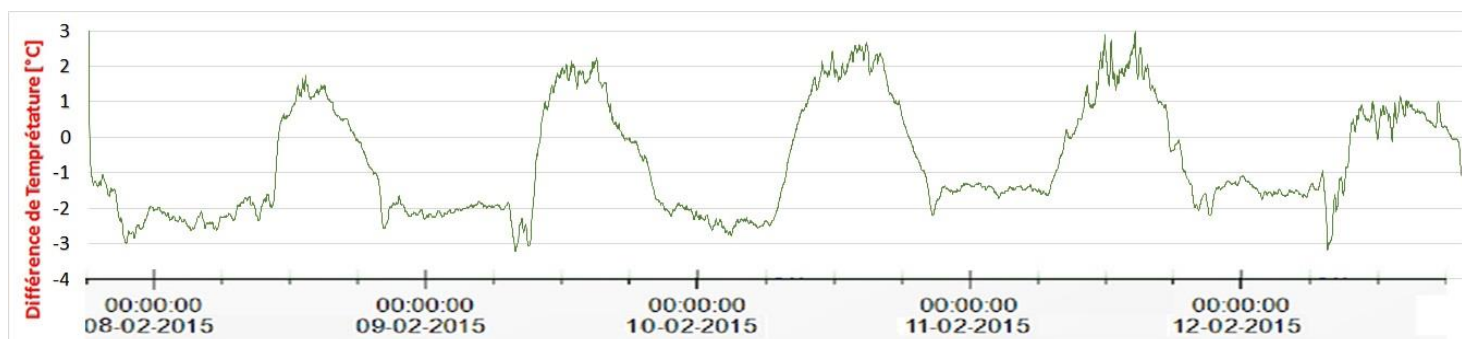
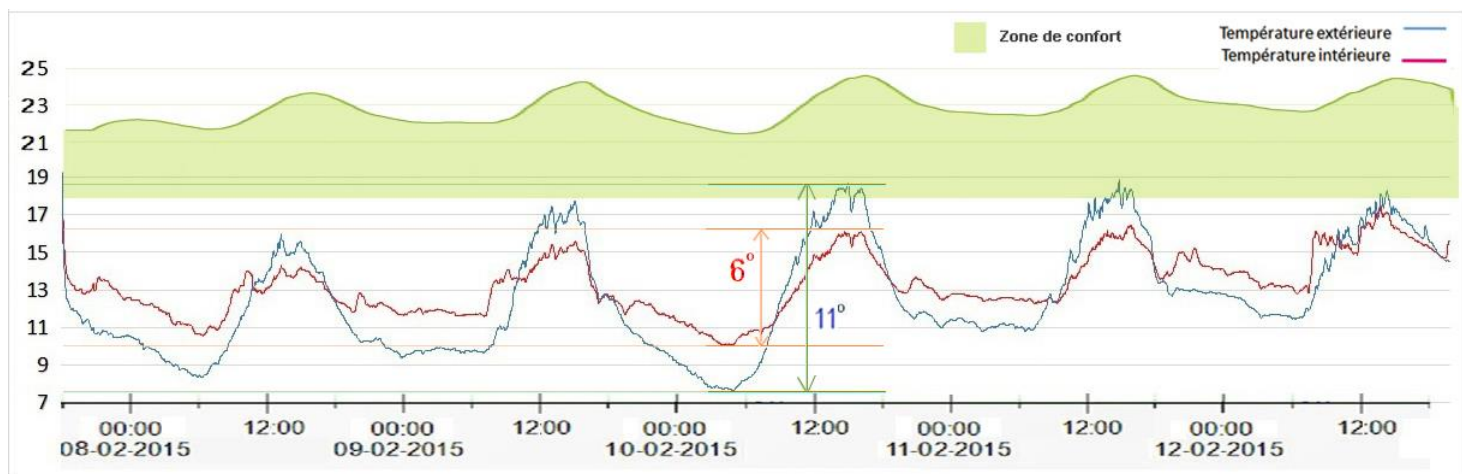


Figure 86 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 1.

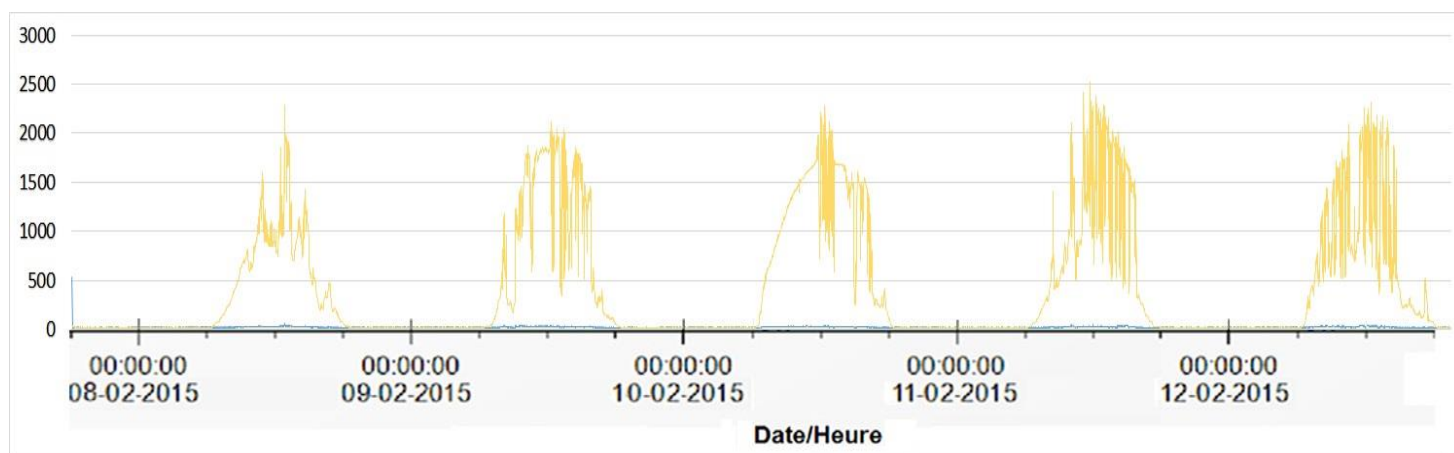


Figure 87 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 1.

L'intensité lumineuse :

La cuisine n'ayant que la porte d'entrée comme source d'apport de lumière du jour, l'éclairage y est très insuffisant n'atteignant jamais les 100 lux.

Quant à l'extérieur et comme le data-logger est disposé dans un emplacement protégé par le dépassement de la toiture, les valeurs enregistrées restent modestes et n'atteignent que 2000 ou 2500 lux à midi.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (1 personne a répondu)

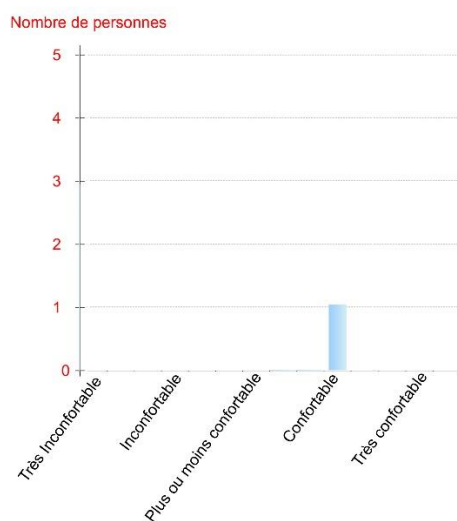


Figure 88 : Confort subjectif en été

Score subjectif = 1 x 1 = 1

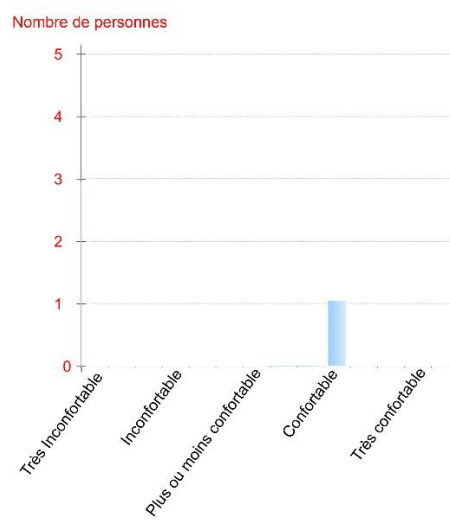


Figure 89 : Confort subjectif en hiver

Score subjectif = 1 x 1 = 1

Habitomètre 1 : Maison isolée en pisé et en zone rurale	10	7	23
--	-----------	----------	-----------

Figure 90 : Habitomètre 1 (détails en annexes p. 163)

Entretien 1 :

Dans cette maison en plein campagne de Huamachuco, vit une famille composée des parents, de trois garçons et deux filles. L'un des garçons et la fille la plus âgée ne vivent plus sous le toit familial. Alfredo, 28 ans et toujours célibataire, vit à Trujillo depuis plus de sept ans où il a réussi à trouver du travail. La fille la plus âgée est femme au foyer, elle a 32 ans, elle est mère de deux enfants et réside dans la partie nord-ouest de Huamachuco, à la rue Watchimin dans le quartier Fatima.



Figure 91 : Photo avec les membres vivant dans la maison¹

De gauche à droite :

Carlos qui a 13 ans, la plus jeune enfant de la famille, son frère qui a une maladie mentale mais qui se porte mieux depuis quelque temps, leur père qui a 53 ans, Lucila CARBAJAL CERNA, la mère de famille est âgée de 54 ans et moi-même.

Le père vivait dans la maison depuis tout petit avec sa mère. Lorsqu'ils sont venus y habiter, il n'y avait pas de toiture. Ils ont choisi le toit en chaume car il ne leur a rien coûté. Le père avait alors participé aux travaux de construction de la toiture à l'âge de 10 ans. Le toit a besoin d'être renouvelé tous les 15 ans. D'ailleurs il faut le refaire aujourd'hui car il y a des fuites considérables quand il pleut.

Après son mariage, il s'est installé à Payamarca, un quartier proche du site touristique Wiracochapampa où il a vécu avec sa femme durant 7 ans. Quand le père de famille a perdu sa mère, le propriétaire de la maison lui a offert l'opportunité de revenir vivre dans sa maison à condition de protéger, prendre soin et de continuer à cultiver le terrain autour de la maison, comme le faisait sa mère. Ils y sont alors revenus où ils y sont depuis plus de 25 ans.

« Ce que j'aime dans cette maison, c'est la tranquillité... Mais ce qui me fait enrager, c'est le fait qu'elle ne m'appartienne pas, et par conséquent, le propriétaire ne rate pas l'occasion de me faire des remarques désobligeantes quant au fait que je ne prenne pas soin de sa propriété...Je ne peux pas non plus procéder à aucun changement sans sa permission »

Les animaux reviennent très souvent au cours de l'entretien. Ils possèdent 6 vaches, un petit troupeau de mouton, des cochons, des ânes, des poules, des cochons d'inde et un chien. Les revenus principaux du ménage viennent de l'élevage des animaux. Un mouton peut être vendu entre 150 et 200 sols, l'équivalent de 42 à 56 euros. Un cochon vaut entre 250 et 300 sols, l'équivalent de 70 à 85 euros. Une vache peut rapporter 1700 sols, l'équivalent de 482 euros.

« Si je pouvais acquérir une maison, le critère principal que je chercherai est qu'elle soit dotée d'un grand terrain extérieur pour mes animaux »

C'est la mère, qui ne quitte presque jamais la maison qui prend soin des animaux. Les raisons qui poussent la mère à sortir en ville sont l'approvisionnement en divers produits du marché, les convocations des parents des élèves à l'école et finalement le programme « Juntos », il s'agit d'aides sociaux aux plus démunis (200 soles par mois, l'équivalent de 56 euros). Le père travaille tôt le matin, il coupe des arbres notamment des eucalyptus, utilisés en charpente de toiture. La famille ne prend jamais de mototaxis. Ils préfèrent marcher. Le centre-ville n'est qu'à 30 min si on ne traîne pas en route. Le problème auquel ils font face depuis plus d'un an est la perte de l'électricité. En effet, le jeune homme qui a une maladie mentale avait connu une crise aiguë et s'en est pris brutalement à la maison, détruisant tout ce qui se trouvait face à lui. Il a fracassé les portes, cassé des objets de cuisine et a coupé tous les câbles qui alimentaient la maison en électricité... Depuis ce jour, ils sont en conflit avec le propriétaire, très souvent en déplacement à Trujillo, qui refuse de faire le nécessaire pour signer les papiers avec la firme responsable de fournir l'électricité. A cause de l'absence d'électricité, la famille a organisé ses heures de sommeil en adéquation avec la lumière du jour. Ils se couchent très tôt, au plus tard à 20h pour se réveiller tôt, vers 5h du matin. Pour s'éclairer le soir, ils utilisent des bougies ou les casques-torches des mineurs ou des fois juste le téléphone portable qu'ils rechargent chez les voisins ou en ville contre 1 sol (0,28 euros). Pour ce qui est de l'eau, la maison est située proche d'une source.

La famille estime que la maison est suffisante pour les cinq membres. La mère et sa fille dorment dans la cuisine, le jeune homme malade dort dans la chambre, le père et l'enfant de 13 ans dorment dehors de peur qu'ils se fassent voler les animaux durant la nuit. C'est grâce aux « rondas », des rondes bénévoles nocturnes que les vols d'animaux ont baissé.

« Ce qui nous pousse à rester dans cette maison, c'est que nous ne devons rien payer au propriétaire... Mais ce qui m'a fait mal au cœur durant ces années, c'est de penser à la distance que doivent traverser mes enfants pour aller à l'école. Lorsqu'il pleut, nous sommes obligés d'attendre que ça cesse, ce qui fait perdre des heures de cours aux enfants. »

5 – 3 – Maison 2 : en ville, en pisé et à patios (représente l'ensemble 1)



Figure 92 : Localisation de la maison 2



La seconde maison étudiée se trouve à 5 min de la plaza de armas. Elle se compose d'une partie en pisé dédiée à la location, d'un restaurant édifié récemment en béton et briques et d'une partie privative également en pisé qui donne sur le second patio où la famille vit. La maison a une superficie de plus de 500 m² et bénéficie d'un patio autour duquel s'organisent les chambres et d'un jardin à l'entrée servant de prolongement de l'espace du restaurant durant les jours ensoleillés.

Figure 93 : jardin en lien avec le restaurant de la maison 2. A gauche de l'image se trouve la porte du restaurant construit récemment en béton et briques. Au fond se trouve la partie de la maison dédiée à la location.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Maison bien équipée.

Aspect physique :

- Nombre de pièces en adéquation avec le nombre des occupants.
- Manque d'éclairage naturel à l'intérieur des chambres.
- Absence de ventilation dans la plupart des pièces de vie.

Aspect esthétique :

Recherche esthétique par la couleur ou l'alternance des matériaux des toitures.

Aspect sensoriel :

Taux élevé d'humidité à l'intérieur de certaines pièces et manque d'ensoleillement.

Aspect sécuritaire :

Pas de problème à signaler.

Aspect sociologique :

L'organisation spatiale est concentrique autour des patios, ce qui favorise les contacts entre les occupants.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Emplacement stratégique, à proximité de tout : plaza de armas, marché, écoles, lycées...

Aspect sociologique :

Brassage social très important par la cohabitation de différentes couches sociales.

Aspect physique :

Absence de places de stationnement et des espaces de ramassage des ordures.

Aspect esthétique :

Esthétique exprimée par la couleur sur les murs.

Aspect sensoriel :

Ambiance olfactive et sonore acceptables.

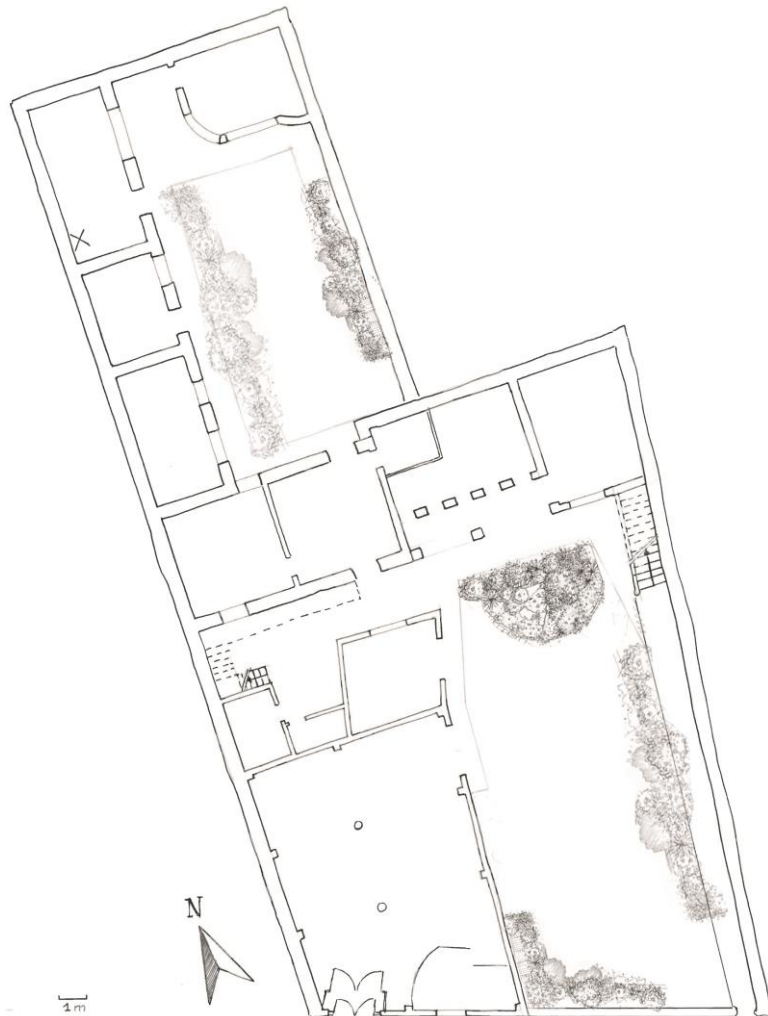


Figure 94 : Plan de la maison 2.

Le X indique l'endroit où a été placé le data-logger (dans ce cas c'est la chambre à coucher des parents)



Figure 95 : Patio privé.



Figure 96 : Cuisine en béton et briques de la partie privative.



Figure 97 : Façade discrète sur rue.



Figure 98 : Aile gauche de la partie dédiée à la location.



Figure 99 : Salle de bain pour les locataires.

Température :

Température extérieure :

Nous remarquons des pics de température aux alentours de midi et qui atteignent 24°C à l'extérieur (dans le patio).

La température la plus basse est toujours vers 6h du matin et descend à 11,5°C.

Température intérieure :

La température à l'intérieur de la chambre à coucher suit les pics de l'ambiance extérieure mais avec un intervalle de variation plus restreint. Ce dernier est limité entre 15 et 19°C.

Nous avons alors pour une différence de température extérieure de 12 à 24° (**12° de différence**) une variation intérieure plus restreinte de 15 à 18° (**3° de différence**)

On peut conclure que l'enveloppe joue un rôle modérateur en gardant la pièce plus fraîche lors des pics de température les plus élevées et prévient les chutes de température quand il fait froid la nuit en ayant comme température la plus basse 15°C.

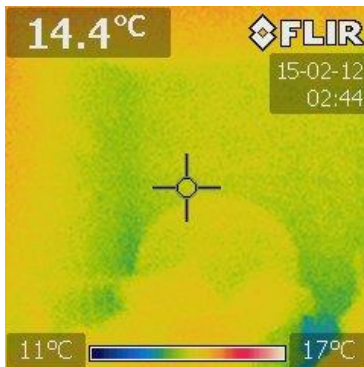
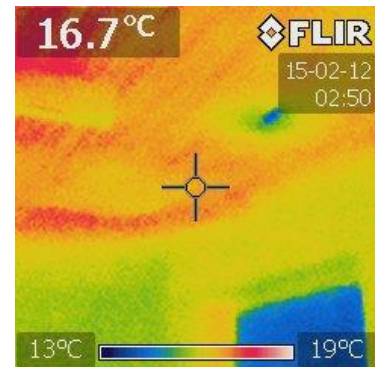


Figure 100 (à gauche): Image thermique prise à 20h44 : elle montre que les surfaces de la chambre à coucher ont des températures assez proches.

Figure 101 (à droite): Image thermique prise à 20h50 : Elle montre que la surface dont la température est la plus élevée est celle du plafond en bois (18°C)



Il est très rare où la température intérieure dépasse les 18°C durant les jours de mesures. Par conséquent, il est très rare où l'on atteigne la zone de confort thermique. Les seuls moments de confort thermique sont les plages horaires entre midi et 15h enregistrés les derniers jours.

La méthode Fanger confirme que le confort thermique n'est pas atteint durant la journée (détails en annexes p. 156)

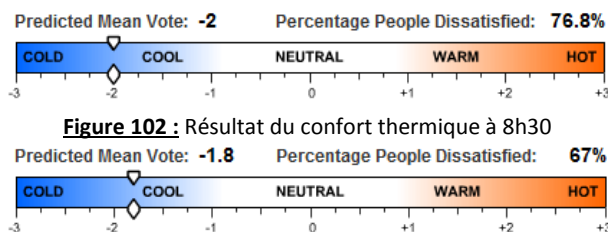


Figure 102 : Résultat du confort thermique à 8h30

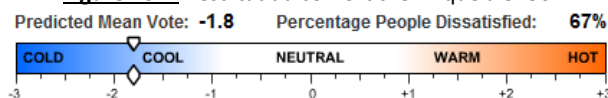


Figure 104 : Résultat du confort thermique à 14h30

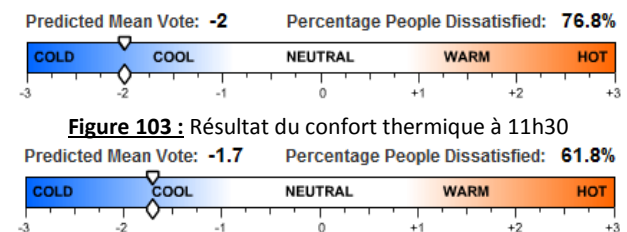
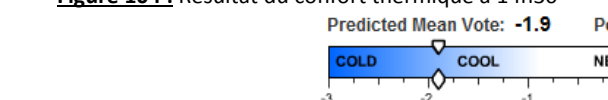


Figure 105 : Résultat du confort thermique à 17h00

Figure 106 : Résultat du confort thermique à 21h00

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure :

Elle monte en flèche d'un taux qui avoisine les 45% à partir de 14h. A partir de 18h l'accroissement du taux se poursuit mais d'une manière moins rapide. Le taux atteint sa valeur maximale qui peut monter à 77%, aux alentours de 6h du matin.

Humidité relative intérieure :

Les graphes montrent une dissymétrie quant à la variation entre les pics hauts et les pics bas de l'humidité relative. Pour les pics hauts, l'humidité suit conformément l'ambiance extérieure en la dépassant des fois ou en se confondant parfois avec cette dernière.

L'humidité relative atteint des taux maximaux à chaque fois vers 6h du matin (jusqu'à 73%)

Mais pour les pics bas, l'ambiance intérieure ne connaît guère de chutes du taux d'humidité comme c'est le cas dehors. Le taux le plus bas est toujours vers midi et atteint 53%.

En général, l'enveloppe empêche l'humidité relative intérieure de suivre les chutes de l'humidité relative extérieure en la gardant dans l'intervalle 55 à 70% alors qu'en dehors les fluctuations ont un intervalle qui va de 42 à 77%.

Le confort hygrométrique est rarement atteint, les seules fois où le taux de HR intérieure passe en dessous de la valeur de 60%, c'est entre midi et 15h lors des derniers jours de récolte des données.

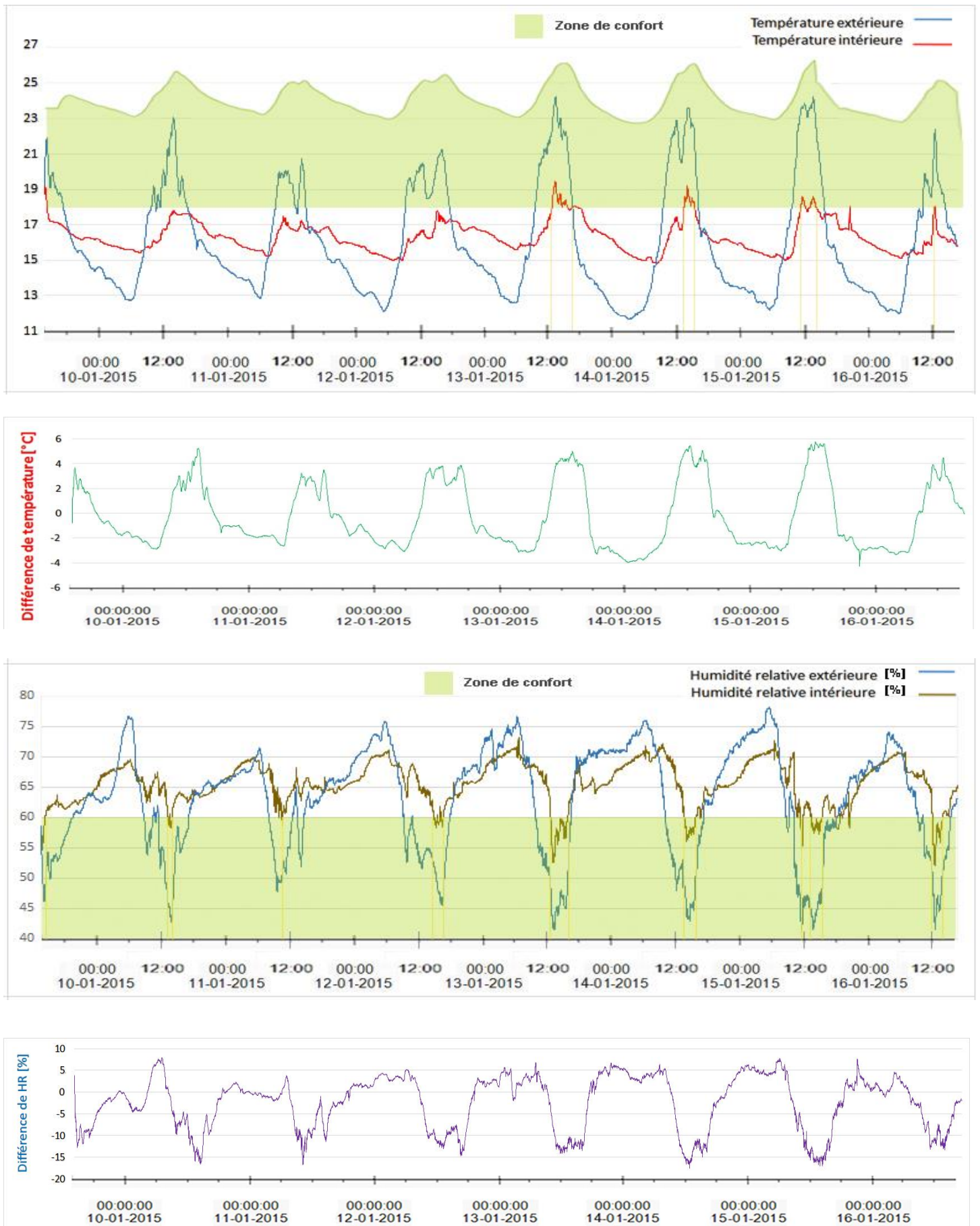


Figure 107 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 2.

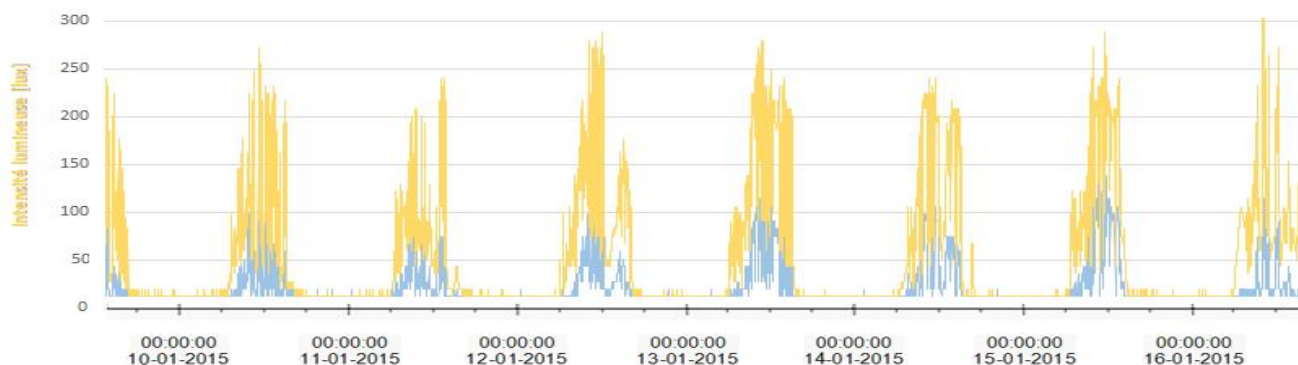


Figure 108 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 2.

L'intensité lumineuse : Le data logger, étant placé dans la galerie entourant le patio et protégée par une toiture en fibre forte réduisant l'ensoleillement, les valeurs maximales d'intensité lumineuse restent très modestes atteignant des pics entre 250 et 300 lux à midi. L'intérieur de la chambre à coucher reçoit une lumière qui atteint un intervalle entre 100 et 130 lux en temps de midi.

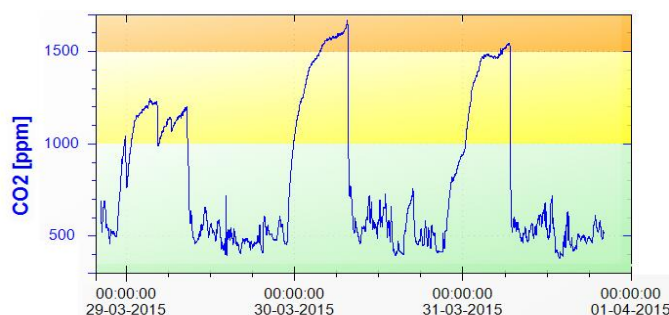


Figure 109 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 2.

Le taux de CO2 : Le taux de CO2 reste dans un intervalle de 400 à 700 ppm sauf à l'heure de 23h où l'on remarque qu'il monte en flèche pour dépasser les 1500 ppm. Le taux chute verticalement vers 9h pour se stabiliser pour le reste de la journée. On rappelle que la pièce étudiée est une chambre à coucher et que les pics coïncident avec les moments de sommeil des occupants qui sont au nombre de 3 personnes (le père, la mère et leur petit-fils). La chute du taux de CO2 vers 9h du matin coïncide avec l'instant où on aère la chambre au moment où on la quitte pour aller travailler. L'OMS a fixé la limite de 1000 ppm pour une bonne ambiance intérieure, la pièce étudiée la dépasse largement.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (4 personnes ont répondu)

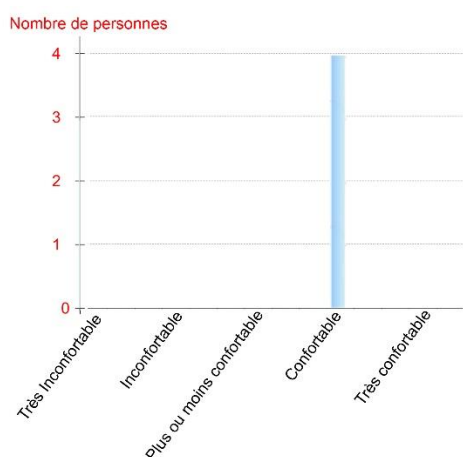


Figure 110 : Confort subjectif en été

Score subjectif = $\frac{1}{4}(4 \times 1) = 1$

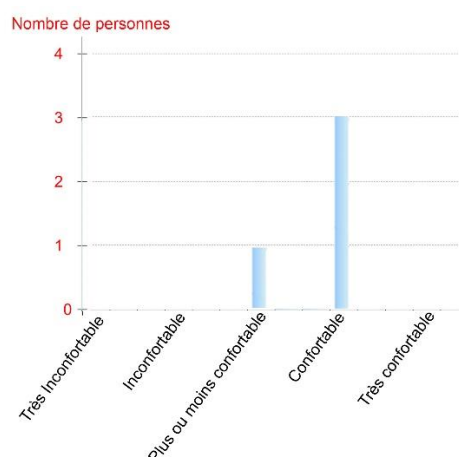


Figure 111 : Confort subjectif en hiver

Score subjectif = $\frac{1}{4}[(0 \times 1) + (3 \times 1)] = 0,75$

Habitomètre 2 : Maison en ville, en pisé et à patios	35 	1 	4 
---	---	--	--

Figure 112 : Habitomètre 2 (détails en annexes p. 164)

Entretien 2 :

Dans cette maison vit la famille Torres composée de 5 personnes : Les parents, les deux filles et le fils de l'une des filles. La maison est occupée par de nombreuses personnes : les parents, le fils de l'une des filles qui a 4 ans, les femmes de ménages, une nourrice, une famille de quatre personnes qui louent l'aile droite de l'étage du haut de la partie en location, deux enseignants dans l'aile gauche et enfin une famille de trois personnes qui louent l'étage d'en bas.

Les deux filles vivent à Trujillo. L'ainée, âgée de 22 ans, étudie la médecine vétérinaire et l'autre, âgée de 16 ans, vient de débiter des études en génie civil. Le père de famille, Maximo RAMIREZ LURADO, âgé de 50 ans, a aussi étudié à Trujillo. Il y avait passé 9 ans et a obtenu un diplôme en comptabilité. Il travaille actuellement à la municipalité. Il participe à promouvoir les attraits touristiques de la ville de Huamachuco. Il fait partie du groupe « AHORA : asociación de hoteles restaurantes y afines » dont l'une des préoccupations est de partager le savoir-faire et les exigences pour bien gérer un restaurant ou un hôtel. Son épouse est enseignante.

Avant d'emménager dans cette maison, la famille a vécu pendant 10 ans dans la maison des parents du père située à quelques minutes du campanile. En 2007, la famille a acheté cette maison qui répondait aux critères qu'ils cherchaient dans une habitation : une grande maison avec patio à proximité de la plaza de armas. Le fait que la maison soit construite en terre ou en béton importait peu dans le choix. L'orientation ou la quantité de lumière qui pénétrait l'intérieur importaient peu aussi. La famille avait bénéficié d'un prix attractif : 25 000 dollars américains pour l'achat de cette demeure, soit l'équivalent de 22 700 euros. L'année suivant l'achat, l'activité minière a débuté à Huamachuco provoquant une bulle immobilière. Deux ans après, la maison valait 180 000 dollars américains (l'équivalent de 163 440 euros).

Les habitations à louer se composent d'une grande chambre à coucher, un salon, une cuisine et une salle de bain avec l'eau courante durant toute la journée. Les loyers varient de 200 à 300 sols par mois (l'équivalent de 57 à 86 euros). A ce montant se rajoute la facture d'électricité. Les dépenses les plus importantes de la maison sont les frais de l'université de médecine vétérinaire qui s'élèvent à 480 sols par mois (l'équivalent de 137 euros), et les frais de l'université de génie civil. Comme leur fille est de Huamachuco, la famille bénéficie d'un tarif réduit, les frais sont alors de 200 sols par mois (l'équivalent de 57 euros). En fin de liste des dépenses, on trouve l'électricité avec une moyenne de 400 sols par mois (114 euros), l'eau coûte 8 sols par mois (2,30 euros). Pour la boire, il est nécessaire de la bouillir.

« La raison principale pour laquelle j'aime beaucoup ma maison est le fait qu'elle est très grande, elle contient 13 chambres ! Ensuite, j'aime le fait qu'elle me permette de gagner de l'argent par la location... Je ne vois aucun désavantage à ma maison ! »

Les transformations majeures qu'a subies la maison depuis l'acquisition sont l'implantation des arbres, le rajout de toitures en fibres fortes translucides pour les passages encerclant les patios, l'agrandissement ou la création de nouvelles fenêtres par un spécialiste du pisé, et finalement la construction du restaurant il y a trois ans.

« Ma femme est une artiste. Après concertation avec ses filles, elle a choisi les couleurs et elle a pensé à alterner tuiles andines et toiture en fibres fortes pour créer des jeux d'ombres et de lumières dans les moments de passage. »



Figure 113 : Galerie du second patio



Figure 114 : Galerie du premier patio

Les deux espaces extérieurs ont différents statuts : le premier à l'entrée relève du domaine semi-privé car il sert aux clients du restaurant. Le patio se trouvant dans la partie arrière est l'espace où la famille se réunit et passe beaucoup de temps quand il ne pleut pas. Il se prête à diverses activités : c'est d'abord un espace de détente, un lieu où les enfants peuvent courir et jouer, ou tout simplement laver et laisser sécher le linge.

Les plantes sont très présentes dans la maison que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur. Prendre soin des plantes est l'une des nombreuses passions de la mère de famille qui aime aussi peindre. Ses tableaux constituent une grande partie de la décoration de la maison notamment le restaurant.

Le seul moyen de transport dont bénéficie la famille est la moto de service prêtée par la municipalité. Mais les membres de la famille préfèrent marcher lors de chaque sortie car la maison jouie d'un emplacement stratégique. Le lieu de travail du père est à 5 min à pieds. Quand les filles étaient encore au collège ou au lycée, ça ne leur prenait que dix minutes de marche pour s'y rendre. Le jardin d'enfant se situe également à 10 min de la demeure.

Durant la majeure partie de l'année, la famille ne quitte jamais sa maison, sauf pour passer les vacances de Janvier et Février durant lesquels ils vont à Trujillo. Ils y possèdent un appartement utilisé par leurs deux filles pour leurs études.

« Pour rien au monde je ne changerai de maison »

5 – 4 – Maison 3 : en ville, en pisé et à arrière-cour (représente l'ensemble 2)



Figure 115 : localisation de la maison 3.



La troisième maison étudiée se situe à 15 min de la plaza de armas. Elle est entièrement en pisé. Les seules modifications qu'a connues la maison sont l'ajout d'une salle de bain dans l'arrière-cour et la reconstruction du mur de séparation avec la maison voisine.

La maison a deux entrées car dans le passé elle était louée à deux familles différentes ; l'une occupant l'étage du bas et l'autre l'étage du haut.

Figure 116 : façade sur rue de la maison 3.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Maison bien équipée en équipements les plus élémentaires.

Aspect physique :

- Grande inadéquation entre le nombre des pièces et le nombre des occupants.
- Manque d'éclairage dans tous les espaces comme c'est le cas du séjour situé au rdc et qui ne reçoit la lumière naturelle qu'à travers la porte d'entrée.
- Dimensions très restreintes des espaces de la maison, surtout de la chambre à coucher où plus de 6 personnes y passent la nuit.

Aspect esthétique :

Aucun revêtement du sol n'est présent, le même sol de la rue se poursuit à l'intérieur de la l'habitation.

Aspect sensoriel :

- Ambiance olfactive défavorable dû au manque de ventilation.
- L'ensoleillement des pièces de vie est très faible.

Aspect sécuritaire :

Problème sécuritaire relatif à la conception des escaliers trop raides.

Aspect sociologique :

Absence totale d'intimité dans les pièces de vie.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Présence de différents équipements de quartier.

Aspect sociologique :

Brasage social assez moyen dû au fait que le quartier n'abrite que des familles de la classe moyenne.

Aspect sensoriel :

Ambiance sonore favorable dans les zones résidentielles.

Aspect physique :

- Rues accessibles à toutes sortes de véhicules.
- Absence d'espaces réservés au dépôt des ordures ménagères.

Aspect esthétique :

Recherche esthétique se réduisant à des essais de couleurs sur les façades.

Aspect sécuritaire :

Aucun problème de sécurité.

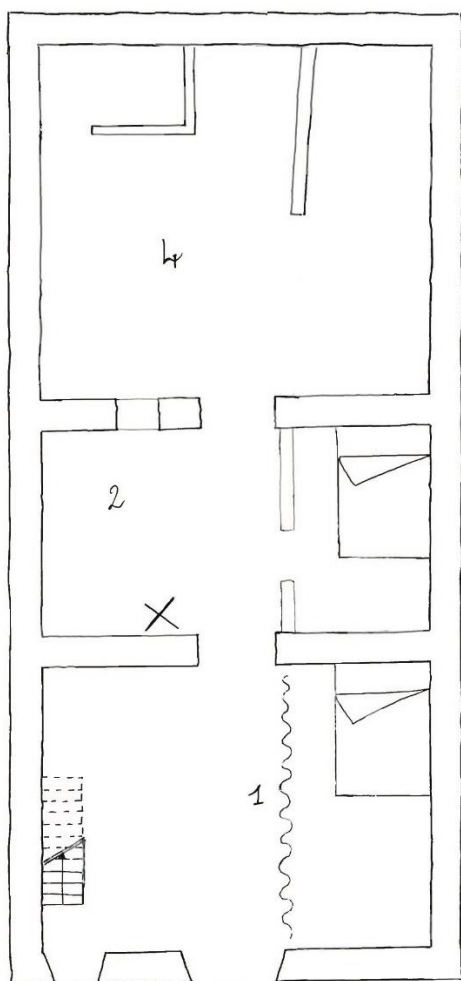


Figure 117 : Plan Rdc de la maison 3.

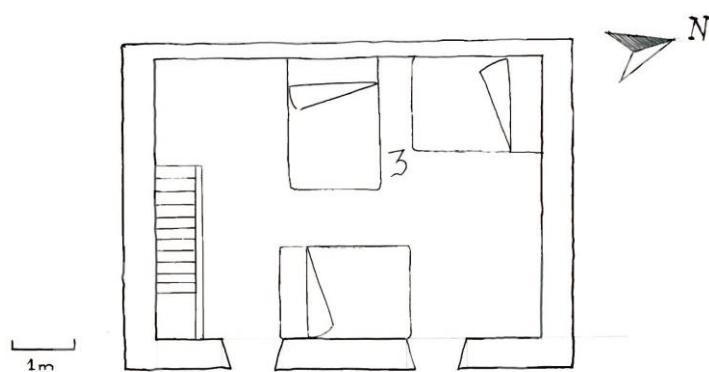


Figure 118 : Plan de la chambre à coucher située au premier étage.



Figure 119 : Salon (indiqué par le chiffre 1 sur le plan)



Figure 120 : Cuisine (indiquée par le chiffre 2 sur le plan)



Figure 121 : Chambre à coucher située à l'étage.



Figure 122 : Arrière-cour
(indiquée par le chiffre 4 sur le plan)

Température :

Température extérieure :

L'ambiance extérieure connaît des pics de température à chaque fois à 13h30. Le pic le plus élevé atteint une température de 28° C (le data-logger étant placé dans la cour-arrière).

La température la plus basse est toujours à 6h du matin et descend à 9°C.

Température intérieure :

La température à l'intérieur, dans la cuisine, ne suit pas la variation de l'ambiance extérieure. Nous remarquons trois petits pics à chaque fois vers 7h, vers midi et vers 20h. Comme la cuisine sert aussi de salle à manger, nous pouvons affirmer que ces petits pics coïncident avec les heures de repas où toute la famille se réunit dans la même pièce.

La température intérieure semble stable, elle varie en général dans l'intervalle allant de 15 à 18°C. Les pics de température intérieure ne sont nullement engendrés par l'ambiance extérieure, elles sont dues à la présence de plusieurs personnes dans le même lieu.

Nous avons pour une différence de température extérieure de 9 à 28° (**19° de différence**) une variation intérieure beaucoup plus restreinte, de 15 à 18° (**3° de différence**)

Entre les pics, la température intérieure semble rester constante (entre 15 et 16°). On peut en conclure que l'enveloppe joue un rôle isolant en conservant une température constante malgré les hausses et baisses de la température à l'extérieur.

Les moments où l'on atteint le confort thermique sont marginaux, ils sont dus aux pics engendrés par la réunion de toute la famille dans la cuisine, vers midi et vers 19h.

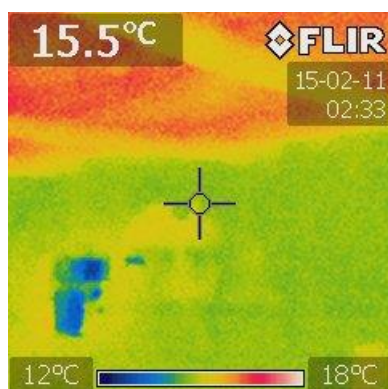


Figure 123 : Image thermique prise à 20h33 :

Elle a été prise dans la chambre à coucher du premier étage. Elle montre que la température y est inférieure à 18° C (valeur minimale pour être dans la zone du confort thermique)

L'image thermique montre aussi que la surface qui a gardé le plus de chaleur est le plafond construit en bois (point commun avec la maison 2).

L'estimation du confort thermique par la méthode Fanger confirme que l'ambiance intérieure est froide et inconfortable (détails en annexes p. 157)

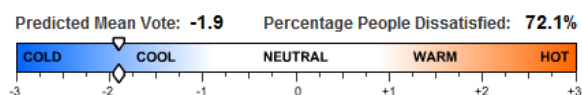


Figure 124 : Résultat du confort thermique à 8h30

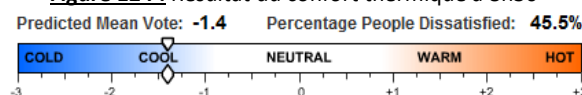


Figure 126 : Résultat du confort thermique à 15h30

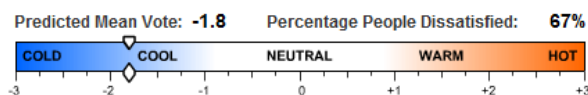


Figure 125 : Résultat du confort thermique à 12h00

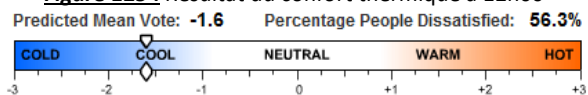


Figure 127 : Résultat du confort thermique à 18h00

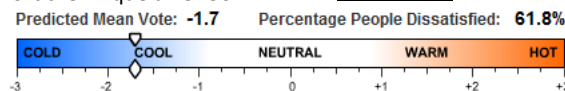


Figure 128 : Résultat du confort thermique à 21h30

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure :

L'humidité relative extérieure varie entre 40 et 95 % avec des pics vers le bas à chaque fois aux alentours de midi où elle chute à 40%.

Humidité relative intérieure :

L'humidité relative intérieure semble rester constante, généralement entre 75 et 85 %. Bien qu'il y ait une relation entre les moments où le taux baisse et les pics vers le bas de l'ambiance extérieure, le taux ne descend jamais en-dessous de 70%.

La comparaison entre les taux d'humidité intérieure et extérieure confirme que l'enveloppe assure son rôle de protection de l'ambiance intérieure contre les fluctuations hygrothermiques de l'extérieur.

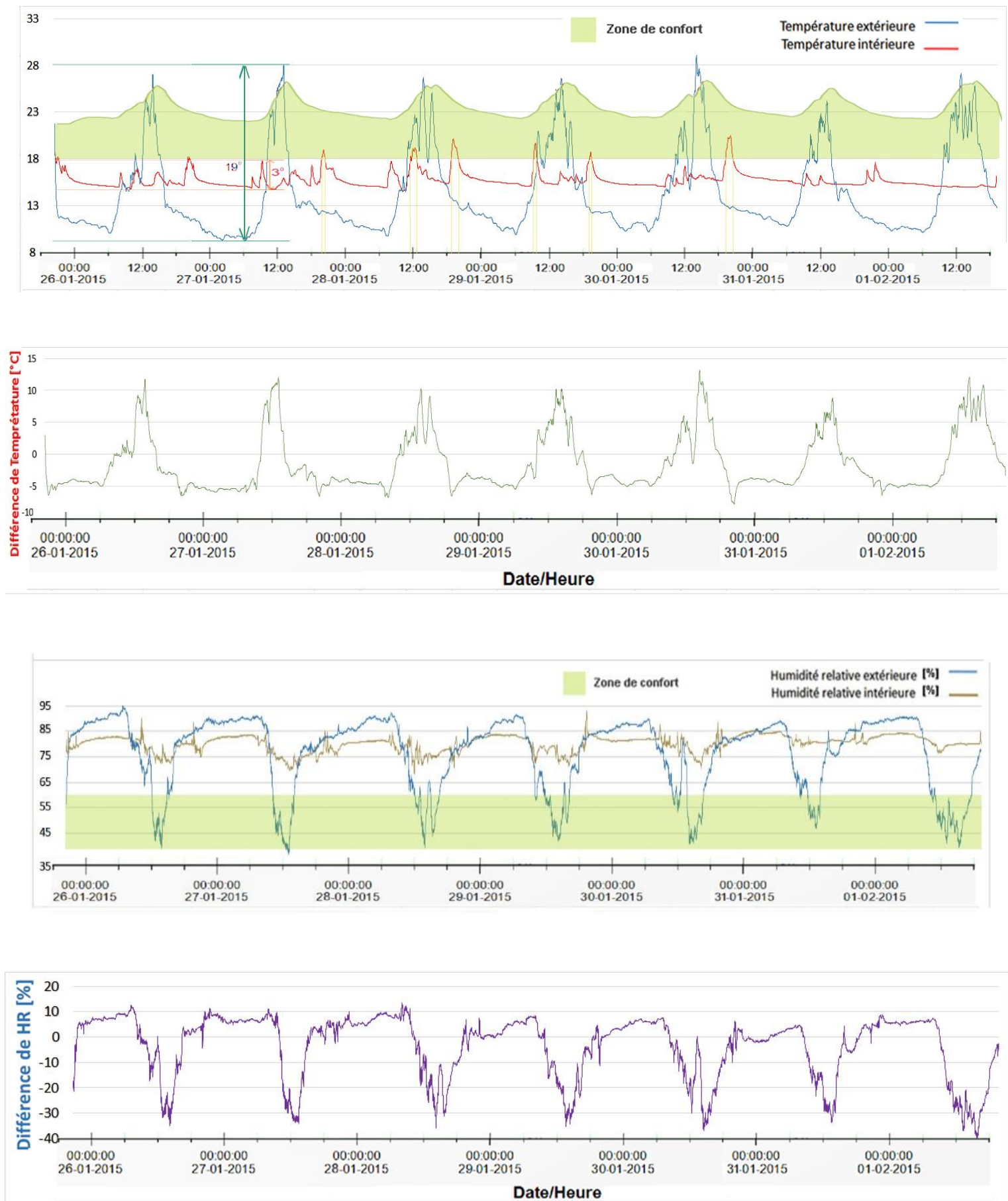


Figure 129 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 3.

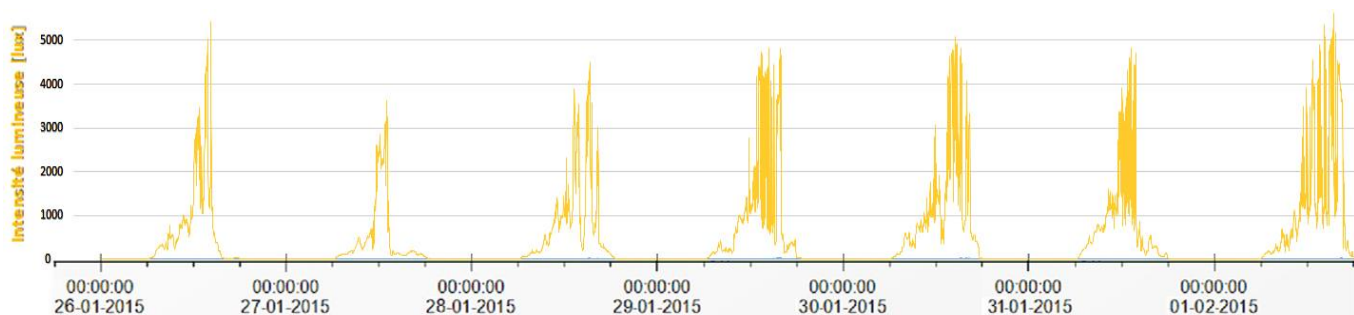


Figure 130 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 3.

L'intensité lumineuse : Le data logger, étant placé dans un lieu abrité dans la cour arrière et protégé par une toiture en calamine réduisant l'ensoleillement, les valeurs maximales d'intensité lumineuse restent modestes atteignant des pics entre 3500 et 5500 lux à midi. L'intérieur de la cuisine, en comparaison avec la lumière que reçoit la cour-arrière, reçoit une intensité lumineuse presque nulle.

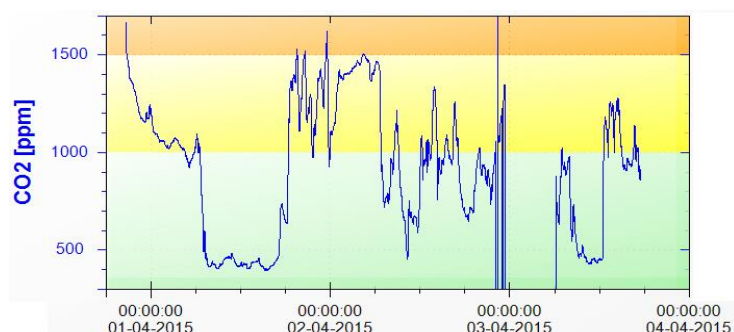


Figure 131 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 3.

Le taux de CO2 :

La pièce où l'indicateur de CO2 a été placé est une chambre à coucher mais comme elle contient un grand écran plasma, elle est fortement occupée durant la journée pour regarder la télé. Le taux de CO2 monte verticalement à 18h et reste élevé dépassant les 1500 ppm, il chute à 6h du matin puis selon la journée adopte des attitudes différentes ; reste stable aux alentours de 400 ppm lors de la première journée d'enregistrement ou varie dans un intervalle entre 500 et 1200 ppm lors de la seconde journée d'enregistrement. Malheureusement à cause des coupures fréquentes du courant à Huamachuco, on a une perte de données entre 23h et 6h du matin lors de la troisième journée mais on peut prévoir une montée en flèche et un taux maximal durant cet intervalle puisqu'il correspond à la période de sommeil des 3 occupants de la chambre (sœur aînée, son mari et leur bébé). Dans l'ensemble, le taux de CO2 dépasse au cours de la majorité de la durée d'enregistrement la limite de 1000 ppm autorisée par l'OMS. Cette chambre, du fait de l'inexistence de fenêtres pour aérer présente un danger potentiel pour les occupants notamment pour le bébé qui y passe la majeure partie de son temps.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (9 personnes ont répondu)

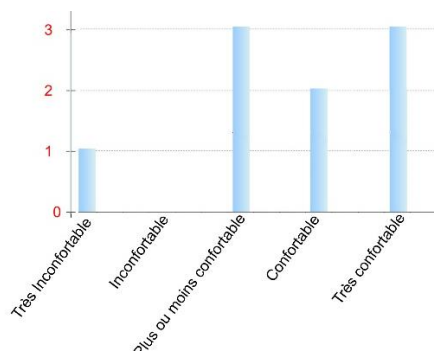


Figure 132 : Confort subjectif en été

Score subjectif = $1/9[(-2 \times 1) + (0 \times 3) + (2 \times 1) + (3 \times 2)] = 0,67$

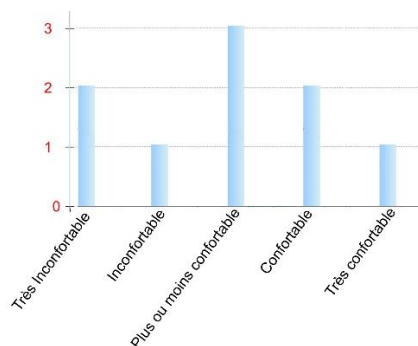


Figure 133 : Confort subjectif en hiver

Score subjectif = $1/9[(-2 \times 2) + (-1 \times 1) + (0 \times 3) + (2 \times 1) + (1 \times 2)] = -0,11$

Habitomètre 3 : Maison en ville, en pisé et à arrière-cour	18	8	14
---	----	---	----

Figure 134 : Habitomètre 3 (détails en annexes p. 165)

Entretien 3 : réalisé le 3 Avril 2015 avec Fidencia TICLIO INFANTES, la mère de famille

Cette maison représente une particularité, quatre générations se retrouvent sous le même toit ; les grands- parents, les parents, certains de leurs enfants et finalement le fils de la fille ainée âgé de quelques mois, pour un total de 13 personnes. Les parents ont sept enfants dont deux vivent ailleurs. Le mari de la fille ainée vit avec la famille. La maison ne dispose que de 3 chambres. Toutefois, la famille estime que c'est suffisant pour tous les occupants.



Figure 135 : Famille avec les membres de la maison 3.

De gauche à droite et de haut en bas:

Le père de famille, sa fille ainée, son frère, le nourrisson qui est le fils de la fille ainée, moi-même, la mère de famille, le gendre, l'enfant des voisins, le dernier fils de la famille. Le mur au fond a été rebâti en briques car le précédent qui était en pisé, était trop vieux et pas assez haut.

Avant de s'installer à Huamachuco où ils y habitent depuis 25 ans, la famille vivait à Succhapampa, située en plein campagne. La raison derrière ce déménagement est la volonté d'offrir aux enfants la meilleure éducation en leur permettant de s'inscrire à des écoles privées de Huamachuco.

La famille ne vit dans cette maison que depuis 6 ans après avoir vendu la précédente. La maison est la propriété de la tante de la mère de la famille. Ils la louent pour la somme de 100 sols mensuels (l'équivalent de 28,50 euros). Depuis qu'ils s'y sont installés, ils ont fait construire la salle de bain dans l'arrière-cour, ils ont repeint les murs en blanc pour donner une sensation d'éclat à l'intérieur. Les activités qui rassemblent la famille sont de regarder la télé et les repas familiaux. Ils passent tout leur temps dans cette maison sauf durant les vacances de janvier et février où ils voyagent à Trujillo pour voir la famille. Des fois durant l'année scolaire, la mère voyage seule, soit pour rendre visite à son fils qui étudie à Trujillo, soit pour voir ses parents qui vivent à Retamas, située à 12h de Huamachuco.

« Nous aimons vivre dans cette maison, même si elle est vieille, car elle est très proche de la plaza de armas. Mais ce qui nous dérange c'est que la lumière du jour n'y rentre pas. Nous devons nous servir de la lumière artificielle toute la journée. »

Pour bénéficier d'un tout petit peu de la lumière du jour, la porte d'entrée doit rester ouverte, ce qui crée un fort inconfort dû aux courants d'air ou bien provoque un sentiment d'inquiétude quant à l'introduction de membres étrangers. L'arrière-cour au fond de la maison sert de lieu de jeux pour les enfants et c'est aussi un prolongement de la cuisine puisqu'au fond on trouve le four pour préparer le pain. On utilise l'arrière-cour aussi pour laver et laisser sécher le linge, mais aussi pour garder les animaux, notamment les cochons d'inde dans le local spécialement aménagé pour cela.

Dans la famille, seulement trois personnes travaillent ; le père est enseignant de mathématiques, le gendre a une mototaxi et sa femme travaille dans un restaurant. La mère aussi travaille des fois dans un restaurant. Pour arrondir les fins de mois, la famille organise « la pension » qui veut dire que des personnes extérieures à la famille viennent partager les repas contre une somme hebdomadaire. Les dépenses de la maison sont, en tête de liste l'éducation des enfants ; le jeune homme étudie la mécanique dans une université à Trujillo dont les frais sont de 300 sols par mois (l'équivalent de 85,50 euros) à cela s'ajoute le loyer à Trujillo qui est de 100 sols (l'équivalent de 28,50 euros), deux des fils sont inscrits dans des écoles privées, les frais pour chacun s'élèvent à 100 sols (l'équivalent de 28,50 euros), l'électricité qui varie entre 40 et 60 sols mensuels (l'équivalent de 11,40 à 17 euros).

Pour leurs sorties en ville, la famille aime se déplacer en mototaxi. Le trajet coûte 2 sols (l'équivalent de 0,57 euros), ou bien marcher comme c'est le cas pour aller chercher l'eau à boire de la source « agua de pajaritos » une fois par semaine. Pour les autres besoins en eau, la famille utilise l'eau du robinet qu'ils doivent payer 8 sols par mois (l'équivalent de 2,30 euros)

« Si j'avais les moyens et si la maison était à moi, je la détruirai pour reconstruire une nouvelle en « matériaux nobles », car c'est beaucoup plus beau et plus confortable !

Je mettrai du vitrage aux fenêtres, du carrelage au sol, j'achèterai des meubles... »

5 – 5 – Maison 4 : en ville, en pisé et sans espace extérieur (représente l'ensemble 3)



Figure 136 : Localisation de la maison 4 en face de la plaza de armas.



Cette maison est à la fois le lieu d'habitation et le lieu de travail de son occupant. Le Rdc est dédié à une papeterie tandis que l'étage du haut est consacré au lieu de vie. En occupant l'angle, la maison bénéficie d'une double orientation. Malgré cela, la quantité de lumière qui parvient à l'intérieur est très très faible. Les couleurs extérieures de la façade ont été choisies par la municipalité.

Figure 137 : Façades de la maison 4.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Absence de salle de bain.

Aspect physique :

- Manque d'éclairage dans tout l'étage du haut.
- Dimensions excessivement restreintes de la cuisine

Aspect sécuritaire :

Problème sécuritaire relatif à la conception des escaliers ; trop étroits et trop raides.

Aspect esthétique :

- L'espace de vente est joliment décoré.
- Les façades sont bien entretenues.
- Présence d'un balcon dont le garde-corps est en bois sculpté.
- Présence de revêtements des sols dans toutes les pièces de l'habitation.

Aspect sensoriel :

Ambiance olfactive défavorable dû au manque de ventilation et à la présence des WC dans l'espace de circulation tout près de la cuisine.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Présence de différents équipements de quartier.

Aspect sociologique :

La maison se situe juste en face de la plaza de armas, le cœur de la ville qui est fréquenté par tous, on a donc un très fort brassage social.

Aspect sensoriel :

Ambiances olfactive et visuelle sont très agréables grâce à la proximité de la plaza de armas.

Aspect physique :

- Rues accessibles à toutes sortes de véhicules.
- Présence de places de stationnement, d'espaces de jeux et de détente...

Aspect esthétique :

Recherche esthétique très riche en toitures, fenêtres, balcons dû au fait qu'on se situe en plein cœur historique.

Aspect sécuritaire :

Aucun problème de sécurité.

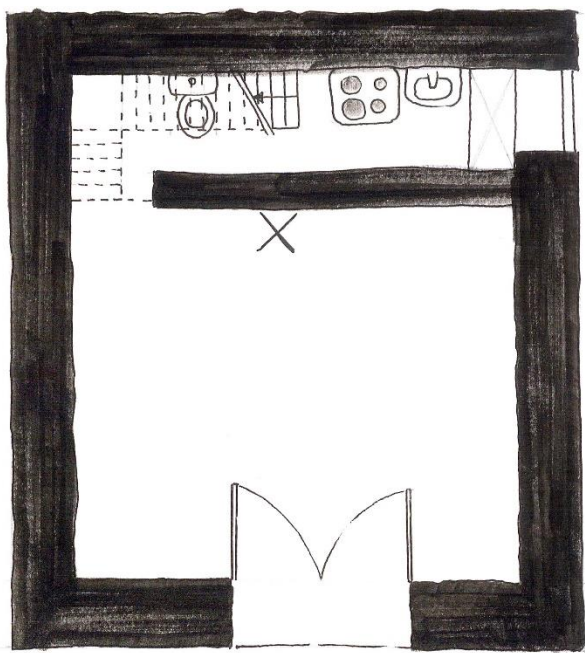


Figure 138 : Plan Rdc de la maison 4.
Le X indique l'emplacement où a été placé le data-logger.

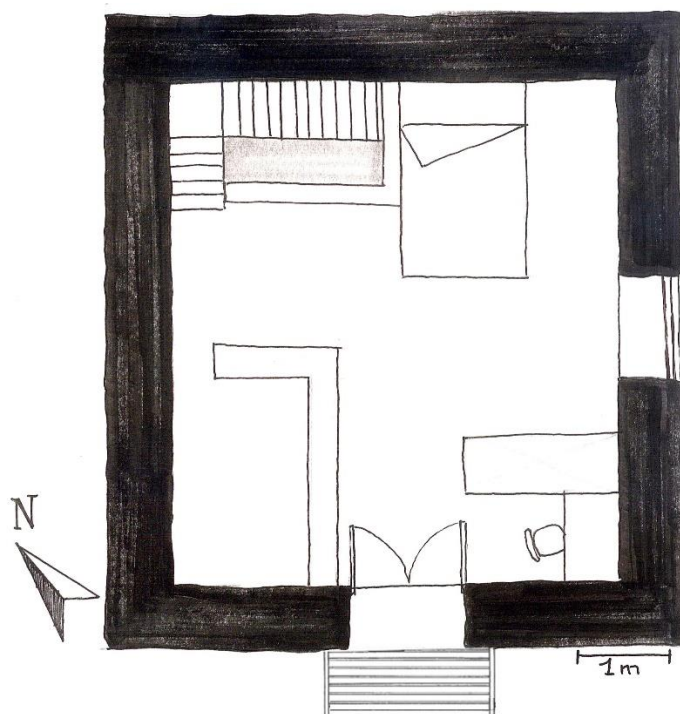


Figure 139 : Plan de l'étage de la maison 4.



Figure 140 : Boutique en Rdc



Figure 141 : Coin de lecture et de travail à l'étage



Figure 142 : Vue sur la plaza de Armas depuis le balcon à l'étage

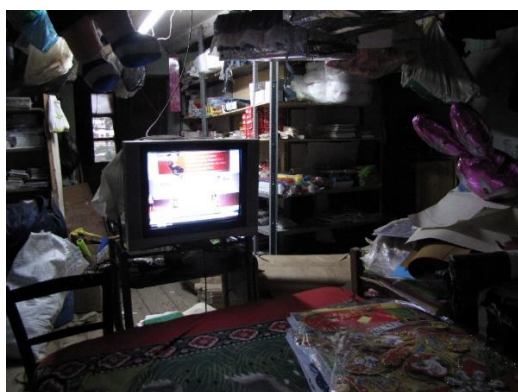


Figure 143 : Chambre à coucher servant aussi de lieu de stockage de marchandises



Figure 144 : Cuisine



Figure 145 : Coin wc

Température :

Température extérieure :

La température extérieure varie avec des cycles à peu près semblables. Elle monte en flèche à partir de 6h et entame une chute dès 18h. Les fluctuations montrent des pics de température aux alentours de midi, qui atteignent 23° ou 24° C les derniers jours de mesures.

La température la plus basse est toujours vers 6h du matin et descend à 10°C.

Température intérieure :

La température à l'intérieur de la chambre qui se situe au premier étage reste relativement constante aux alentours de 15 et 16°C avec des petites hausses qui coïncident avec les pics de la température extérieure mais ne dépassant jamais les 19° C.

Nous avons alors pour une différence de température extérieure de 10 à 22° (**12° de différence**) une variation intérieure plus restreinte de 16 à 19° (**3° de différence**)

On peut en conclure que **l'enveloppe joue son rôle d'isolant** en empêchant l'ambiance intérieure de subir les chutes de température de l'extérieur et en gardant une différence considérable entre les pics des climats intérieur et extérieur (19° à l'intérieur tandis qu'à l'extérieur on enregistre un pic de 25°C lors de la journée du 29 janvier à midi.)

Les moments où le confort thermique est atteint sont très rares, aux alentours de midi ou de 15 à 17h. Ils ont été atteints lors de seulement trois jours sur les sept jours de mesures.

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure :

L'humidité relative à l'extérieur varie à son tour selon des cycles à peu près analogues. L'intervalle avec les taux élevés (entre 83 et 90 %) se situe entre 18h et 6h du matin lors de la première moitié de la durée d'enregistrement. La seconde moitié des enregistrements montre une hausse plus graduelle et moins brutale.

L'intervalle de variation du taux d'humidité relative reste considérable, de 45 à 90%.

Humidité relative intérieure :

Le caractère isolant de l'enveloppe se confirme avec la courbe de l'humidité relative intérieure où on remarque une humidité relative à peu près constante entre 63 et 73% sauf en temps de midi où la variation connaît des pics vers le bas dus aux chutes du taux d'humidité relative extérieure.

Le taux d'humidité extérieure varie de 45 à 90% alors que le taux d'humidité intérieure a un intervalle de variation plus restreint, de 55 à 70%. L'enveloppe assure son rôle de modération des fluctuations entre les deux ambiances extérieure et intérieure.

La zone de confort est rarement atteinte. Les rares moments sont aux alentours de midi ou de 15h à 17h.

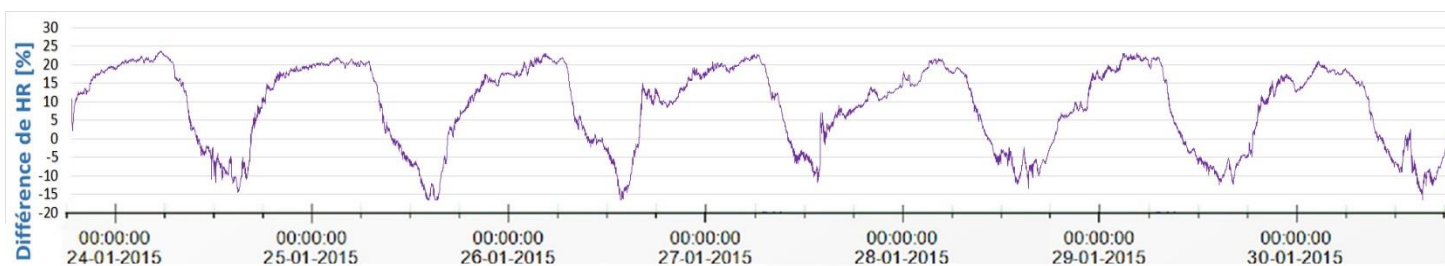
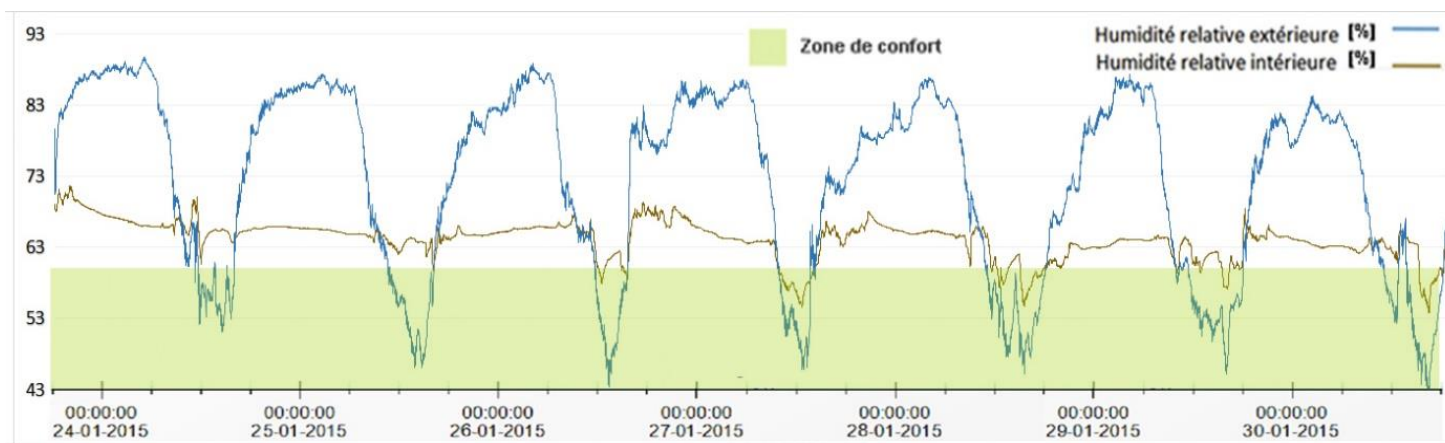
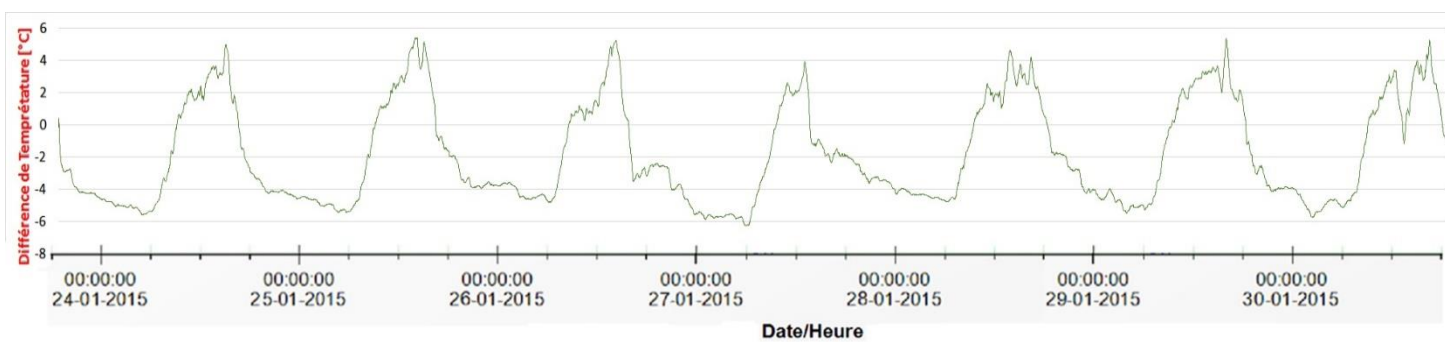
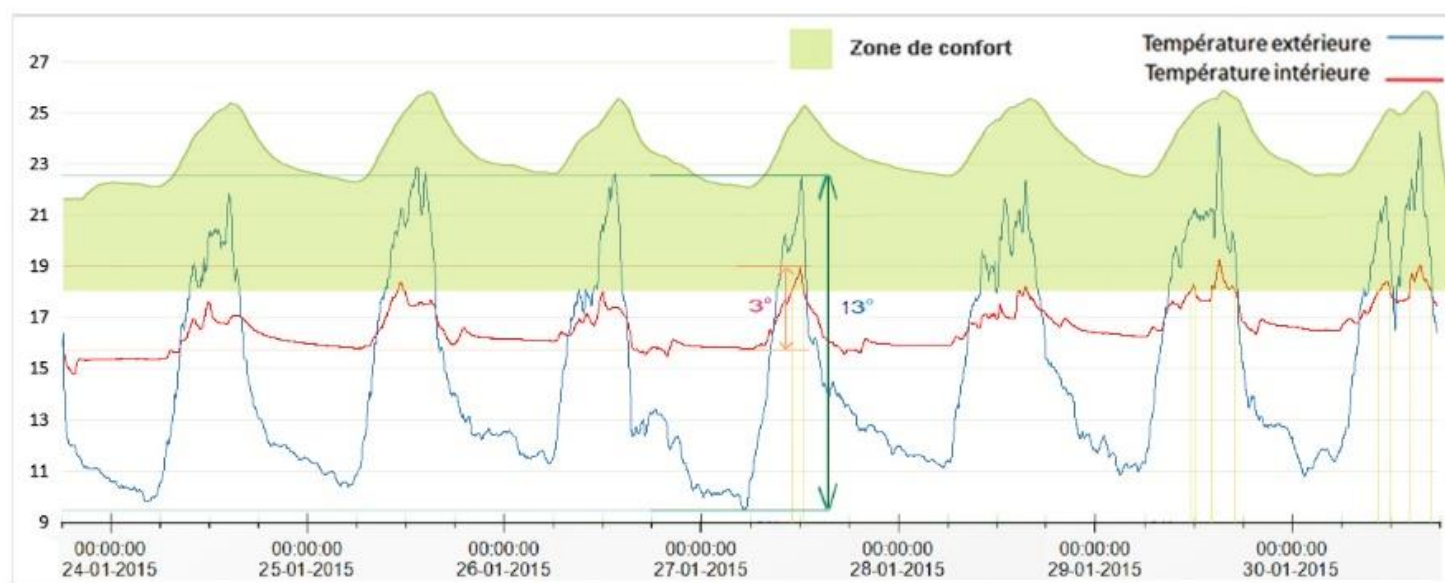


Figure 146 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 4.

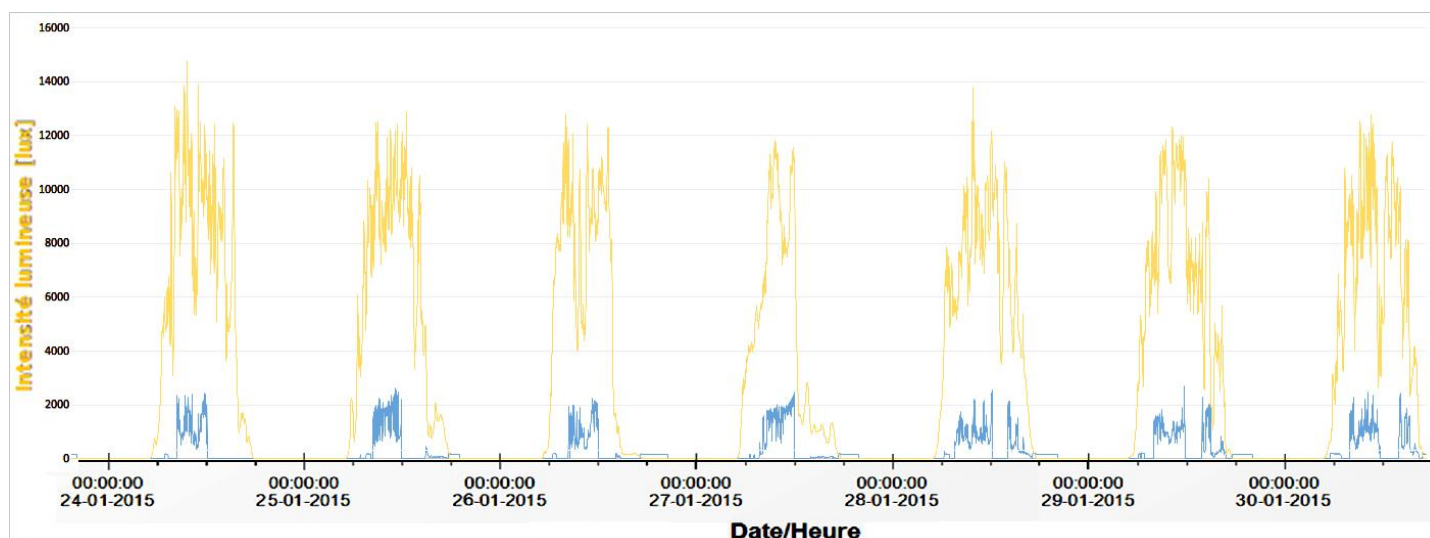


Figure 147 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 4.

L'intensité lumineuse :

Le data-logger, étant placé dans le balcon du premier étage, reçoit un fort éclairage. L'intensité lumineuse atteint les 14000 lux. Les pics prennent naissance à 6h du matin pour se réduire à zéro à 18h.

L'intensité lumineuse que reçoit la boutique située en RDC, de par la grande ouverture du portail, permet un éclairage important de l'intérieur. C'est la pièce qui montre la plus forte quantité d'intensité lumineuse enregistrée dans les diverses habitations étudiées.

Nous remarquons que l'obscurité règne à l'intérieur à partir de midi pour les quatre premières journées d'enregistrement. Cela s'expliquerait certainement par la fermeture de la boutique durant cette période. Les trois autres journées d'enregistrement présentent une intensité lumineuse qui renaît lors des après-midi à partir de 14h pour prendre fin à 18h.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (1 personne a répondu)

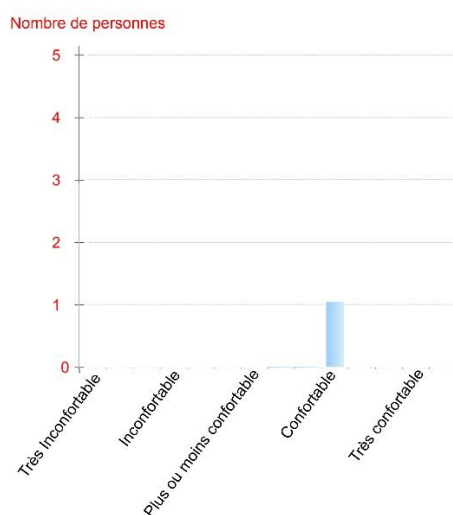


Figure 148 : Confort subjectif en été
Score subjectif = 1 x 1 = 1

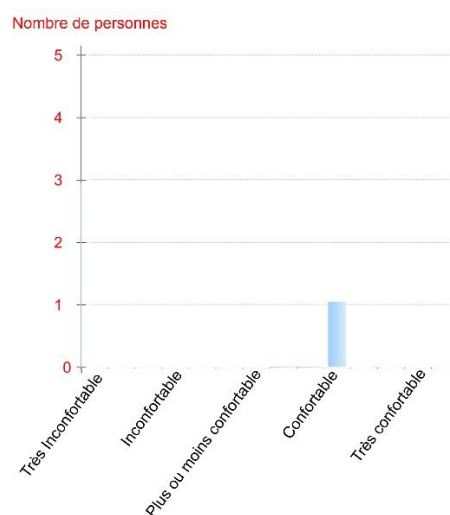


Figure 149 : Confort subjectif en hiver
Score subjectif = 1 x 1 = 1

Habitomètre 4 : Maison en ville, en pisé et sans espace extérieur	23	8	9
--	----	---	---

Figure 150 : Habitomètre 4 (détails en annexes p. 166)

Entretien 4 :

Cette petite maison est occupée par Pedro BENITES MENDEZ, âgé de 49 ans. Il vit seul, il a eu un fils avec une femme dont il s'est séparé et qui vit à Trujillo. Pedro est né à Lima et à l'âge de 8 ans, sa famille est revenue s'installer dans la ville d'origine de son père, qui est Huamachuco. A l'âge adulte, il a vécu 9 ans à Trujillo puis 2 ans à Quiruvilca pour finalement revenir s'installer définitivement à Huamachuco il y a 15 ans. Il a hérité d'un terrain qu'il continue à cultiver en parallèle de son activité de gérant à la papeterie.



Figure 151 : Photo avec Pedro et son ami.

De gauche à droite :

Jeune homme qui aide Pedro dans la papeterie,
Moi-même, Pedro, gérant de la papeterie.

Il y a 15 ans, il a décidé avec l'aide de sa sœur et son mari de louer cette habitation pour y faire une papeterie et avec qui il s'est associé pour la faire tourner. Au moment de l'acquisition, plusieurs travaux étaient nécessaires ; changer les planchers, remodeler le plan, réparer le toit, nettoyer, peindre, acquérir des présentoirs et des meubles... un vrai projet de rénovation qui l'avait occupé pendant un certain temps.

Durant les années passées et avant d'aller s'installer à Lima, sa belle-sœur lui tenait compagnie car elle vendait des fritures de poulet à l'entrée sur une petite charrette. Pedro est depuis un homme solitaire qui n'aime pas trop bouger depuis qu'il s'est installé définitivement à Huamachuco. Il aime sa routine où il trouve son confort. Il se lève à 5h du matin, il commence sa journée par 30 min de sport à l'intérieur de la maison, il sort chercher du pain encore chaud et revient prendre son petit déjeuner chez lui. Il passe le balai, fait briller les vitrines et ouvre la papeterie à 8h du matin. Durant le temps de midi, il ferme une heure pour aller manger chez sa sœur et revient reprendre son travail de 14h jusqu'à 21h. Il retourne une seconde fois dîner chez sa sœur puis rentre se coucher.

Il passe la majeure partie de son temps dans cette maison. Il ne la quitte que pour aller manger avec la famille de sa sœur ou pour utiliser leur machine à laver. Ne disposant d'aucun moyen de transport, il aime beaucoup la marche. Des fois pour aller chez sa sœur, il se rend en mototaxi contre la somme de 2 sols, l'équivalent de 0,57 euros.

Les dépenses pour l'électricité varient de 20 à 25 sols par mois (l'équivalent de 5,70 à 7 euros) et l'approvisionnement en eau se fait contre un tarif unifié à l'échelle de la ville qui est de 8 sols (2,30 euros) mais il faut la bouillir pour ensuite pouvoir la boire.

A part le toit qui a du mal à résister à la grêle, Pedro est satisfait de la demeure, notamment du premier étage qu'il trouve confortable, pas froid et qui dispose d'un balcon avec une vue imprenable sur la plaza de armas. Le balcon lui permet aussi de ne rien rater des défilés des élèves des lycées lors de la célébration de la fin d'année scolaire.

« J'aime cette maison car elle est juste en face de la plaza de armas, j'ai une très belle vue depuis le balcon, le commerce est rentable et le loyer n'est pas très élevé pour une habitation aussi bien localisée. Je paye mensuellement 1000 sols (l'équivalent de 285 euros) et je ne vois pas de désavantages majeurs à cette demeure à part le fait que l'espace intérieur est très petit pour les clients et que je n'ai pas accès à internet... »

Pedro estime que l'épaisseur des murs est un réel handicap pour la construction en pisé.

« Si la maison était à moi, je l'aurais détruite pour reconstruire une nouvelle en « matériaux nobles ». J'aurais plus d'espace intérieur vu que les murs ne feraient plus 70 cm d'épaisseur. La séparation entre l'espace de vente et la cuisine ne serait plus aussi épaisse, me permettant de gagner de précieuses dizaines de centimètres. J'en profiterais pour construire une salle de bain au premier étage... »



Chapitre 6 : Etude des maisons en adobe

6 – 1 – Construire en adobe, une tradition millénaire :

L'étymologie du mot « adobe » nous renvoie au mot arabe « attoubi » الطوبي qui désigne l'argile mélangée à de l'eau et une faible quantité de paille hachée ou un autre liant. Ce mélange est façonné en briques qu'on laisse sécher au soleil.

Le rapport entre l'Homme et l'argile remonte à des millénaires comme attestent les tous premiers écrits sumériens (2500 ans avant JC). L'argile est même considérée comme substance miraculeuse première de la création de l'Homme en Mésopotamie. Cette relation entre l'Homme et l'argile se retrouve aussi dans la Bible et dans le Koran.

« Il a formé les hommes et femmes avec de l'argile »¹ (texte sumérien)

« Et lorsque ton seigneur dit aux anges : Je vais créer un homme d'argile crissante, extraite d'une boue malléable » (Koran, sourate 15, verset 29)

وَلِذَٰلِكَ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰٓئِكَةِ اِنِّیْ خَلِیْقٌ بِشَرٍّ اَمِّنٍ صَلٰصَلٍ مِّنْ حَمَإٍ مَّسْنُوْنٍ

Utiliser l'argile, matière importante à cette époque, a fort marqué le quotidien des hommes que ce soit pour la fabrication d'artisanat ou en architecture. C'est ainsi que des civilisations ont marqué l'Histoire d'une encre indélébile qui est cette architecture d'adobe. Les premières cités découvertes dans l'ancienne Mésopotamie étaient construites en terre crue, avant même l'invention de l'écriture. On estime en effet à 10 000 ans la naissance des premières agglomérations urbaines édifiées en terre. Les Sumériens, les Egyptiens, les Perses ou encore les Assyriens nous ont légué un trésor inestimable dont une partie est faite de constructions monumentales et invraisemblables, faites de ces minuscules briques d'adobe et dont les dimensions de l'édifice final continuent de surprendre et d'intriguer l'humanité des siècles et des siècles plus tard...



Figure 152 : Arche de Ctésiphon en Irak



Figure 153 : Temple de Nabuchodonosor II en Irak

Au Pérou, des prouesses architecturales à base d'adobe sont tellement nombreuses.

La capitale Lima garde un exemple de ces chefs d'œuvres qui ont résisté jusqu'à nos jours défiant le temps et résistant aux défis sismiques, témoignant ainsi de la durabilité de la technique d'adobe.

La Huaca Pucllana, située à Miraflores à Lima, est une grande pyramide qui date de la civilisation Wari, édifée entre 800 et 1000 après JC. L'édifice est dans son ensemble formé par des adobes qui ont cette particularité d'avoir été placés verticalement au lieu de la position traditionnelle en horizontal. Par cette disposition, les édifices étaient plus résistants aux tremblements de terre.



Figure 154 : Choc des civilisations
Bâtiments modernes du quartier Miraflores jouxtent la pyramide millénaire en terre.
(Site visité le 07 Mars 2015)

¹ Cité par Pierre JOVANOVIC, *Le mensonge universel*, Le jardin des livres, 2007, p.17



Figure 155 : Statue d'un homme fabricant l'adobe sans moule.

Nous remarquons au fond la disposition des adobes selon la position verticale. (musée en plein air de la Huaca Pucllana)



Figure 156 : Pyramide de Cahuachi

Au sud de Lima, dans la région d'Ica et à 18 Km de Nazca, se trouve le centre cérémoniel Cahuachi de la civilisation Nazca. Le site contient plus de quarante hauts monticules avec des structures en adobe.

(Site visité le 08 Mars 2015)



Figure 157 : Chan Chan.

Au nord de Lima, situé non loin de Trujillo, se trouve le site archéologique de Chan Chan. Cette cité en adobe occupe une superficie d'environ 20Km² et fut construite entre 850 et 1470 après JC. Elle est l'œuvre du royaume de Chimor. Il s'y trouve des palais des rois Chimù, des ateliers, des habitations, des temples...

(Site visité le 23 Mars 2015)



Figure 158 : Temple du soleil de Moche

Non loin de Trujillo, se trouvait la ville de Moche, principal centre de la culture Moche. Edifiée en l'an 100 de notre ère, elle était située entre Le temple du soleil et le temple de la lune. Le premier est un monument colossal en adobe, le plus grand du Pérou, de 228m de haut et édifée sur une base de 136m. (Site visité le 23 Mars 2015)



Figure 159 : Différentes sortes de briques d'adobe de différentes tailles.

En bas et pour donner l'échelle, un téléphone portable d'environ 11cm de longueur.



Figure 160 : La brique d'adobe la plus volumineuse du musée du temple du soleil et de la lune à Moche.



1



2

La technique de l'adobe consiste à fabriquer des briques à base de terre sableuse et argileuse à laquelle est rajouté de l'eau (image2)



3



4

Du foin est rajouté au mélange qui doit être bien malaxé avec les pieds.



5



6

Le mélange de terre, d'eau et de foin est rassemblé en un tas avec la pelle. Une seconde personne vient se servir dans le tas.



7



8

A l'aide d'un moule simple en bois, le mortier de terre est disposé généreusement.



8



9

Le damage est le compactage est essentiel dans le processus. Après le damage à la main, on procède au nivelage en évacuant l'excès du mélange.



La dernière étape est le démoulage. Ensuite, les briques sont laissées afin de sécher directement au soleil durant 2 à 3 semaines et sans cuisson. Cette durée nécessite une atmosphère assez sèche pour assurer une bonne résistance à la compression aux briques. Les dimensions de la brique sont de 40x27x13cm.

Figure 161 : Etapes de fabrication d'une brique d'adobe.

Le temps de séchage de l'adobe est de 8 jours dans un climat chaud et de 15 jours les jours de pluie. Deux personnes peuvent réaliser entre 100 et 150 briques d'adobes par jour.

6 – 2 – Tests de compression et de flexion sur brique d'adobe :



Figure 162 : Découpage de la brique d'adobe.

Une brique d'adobe réalisée ce jour-là a été ramenée en Belgique afin d'être soumise à des tests au laboratoire. Le but étant de valider la capacité portante d'une telle brique.

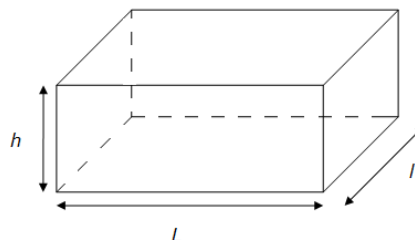


Figure 163 : Dimensions initiales de la brique
h = 12 cm ; L = 37,5 cm ; l = 23,5



Figure 164 : Echantillons obtenus.

Nous avons scié la brique d'adobe de manière à obtenir 6 éprouvettes. Nous avons suivi la norme européenne EN 772-1 qui spécifie la méthode à suivre pour la détermination de la résistance à la compression des éléments de maçonnerie. La préparation des surfaces est une étape incontournable.

Le surfacage :

Nous avons utilisé un mortier de ciment/sable pour le surfacage des éprouvettes afin de parvenir à des surfaces planes sur lesquelles la charge sera appliquée. Nous avons déposé sur une plaque une couche uniforme de mortier d'environ 5 mm d'épaisseur et de dimensions supérieures à celles de l'élément. Nous avons pressé fermement la face de pose de l'éprouvette sur la couche de mortier de sorte que l'axe vertical de l'éprouvette soit perpendiculaire au plan de la plaque. L'épaisseur du lit de mortier doit être d'au moins 3 mm sur toute la surface. Il faut couvrir ensuite l'éprouvette et le mortier d'un chiffon humide et laisser durcir. Le lendemain, nous avons posé la deuxième face de la même manière que la première en se servant du même mortier.



Figure 165 : Application d'une surface d'enduit.



C'est le test de compression qui est déterminant pour valider si l'on peut utiliser telle brique en construction.

Les courbes des 4 éprouvettes donnent des valeurs qui sont à chaque fois très proches, par conséquent, le résultat est assez fiable. La proximité nous renseigne aussi sur la nature du matériau qui est très homogène dans son ensemble. La rupture survient après une durée très courte entre 45 et 48 secondes après le début du mouvement de la presse. La charge maximale qui a provoqué la rupture des 4 éprouvettes varie de 29225 à 35520 N.

La valeur moyenne obtenue de la résistance en compression est de 2,3 MPa.

Figure 166 : Epreuve soumise au test de compression.

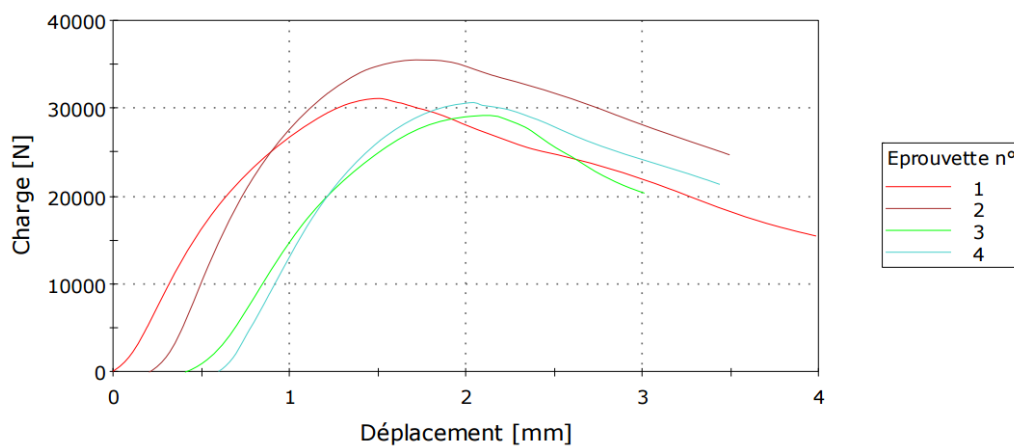
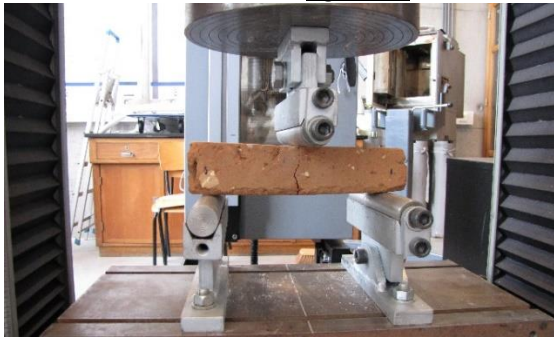


Figure 167 : Courbes résultantes de l'essai de compression.



Bien que la flexion ne soit pas un des critères utilisés pour justifier l'utilisation de briques en construction et n'est pas une grandeur de référence, nous avons soumis la brique à ce test pour déterminer son comportement face à ce genre de sollicitation. Il est remarquable que le craquement survienne un instant après que la brique ait atteint sa résistance maximale qui n'est pas toujours visible à l'œil nu.

La valeur moyenne obtenue de la résistance en flexion est de 0,2 N/mm², qui est équivalent à 23, 2 kg.

Figure 168 : Epreuve soumise au test de flexion.

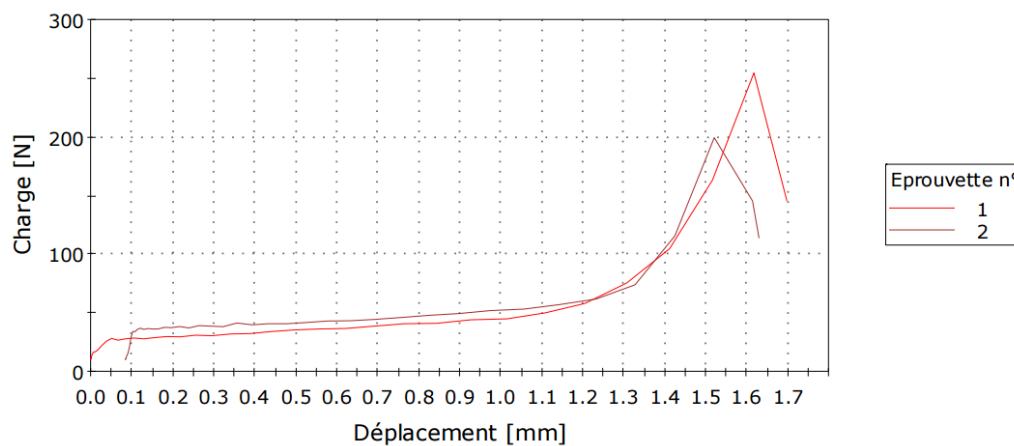


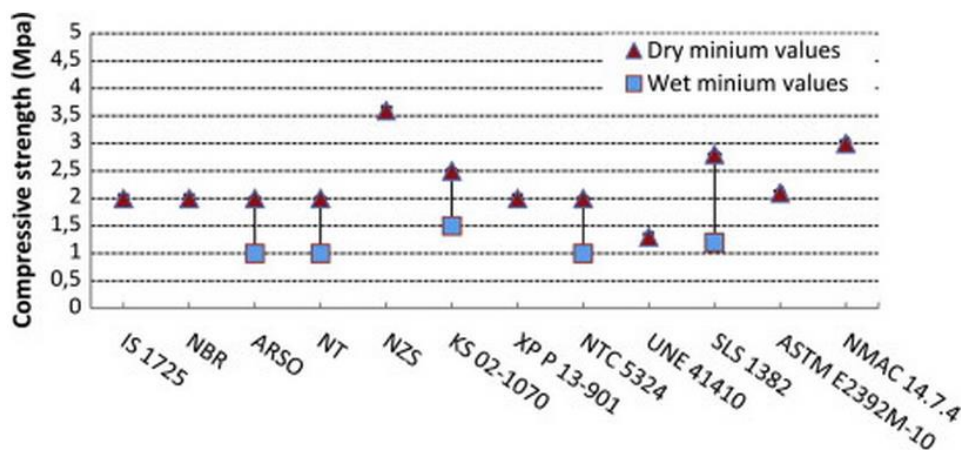
Figure 169 : Courbes résultantes de l'essai de flexion.

	Longueur [mm]	Largeur [mm]	Hauteur [mm]	Charge max [N]	Contrainte Charge max [MPa]	Temps rupture [s]	Dépl rupture [mm]
1	120	111	123	31142	2,3	47	1,5
2	132	112	123	35520	2,4	48	1,5
3	111	116	123	29225	2,3	45	1,7
4	114	113	123	30676	2,4	47	1,4
Moy.	119	113	123	31641	2,3	47	1,5
E-T	9,29	2,16	0,00	2711,60	0,06	1,17	0,11

Figure 170 : Données et résultats relatifs au test de compression.

	Largeur [mm]	Epaisseur [mm]	Masse [g]	Maximum Charge [N]	Contrainte Max [N/mm ²]	Masse Volumique [kg/m ³]	Charge [Kg]
1	61,00	53,00	1394,00	254,7	0,22	1819	26,0
2	59,00	53,00	1323,00	199,7	0,18	1785	20,4
Moyenne	60,00	53,00	1358,50	227,2	0,20	1802	23,2
Ecart-type	1,4	0,0	50,2	38,9	0,0	24,1	4,0

Figure 171 : Données et résultats relatifs au test de flexion.



Compressed earth blocks: standards

Fig. 2. Minimum values of dry and wet compressive strength in all international standards (CEB).

Figure 172 : Résistance en compression minimale admissible pour les BTC¹

Nous n'avons pas trouvé de normes qui précisent l'exigence de la résistance minimale en compression pour des briques d'adobe. Néanmoins, nous avons trouvé une série de normes qui spécifient les propriétés mécaniques exigées pour des BTC (briques de terre comprimée). Les normes suivantes : IS 1725 (Inde), NBR (Brésil), ARS (Afrique), NT (Tunisie), NZS (Nouvelle-Zélande), KS 02-1070 (Kenya), XP P13-901 (France), NTC 5324 (Colombie), UNE 41410 (Espagne), SLS 1382 (Sri Lanka), ASTM E2392M-10 (Amérique), NMAC 147,7 (Nouveau-Mexique) donnent la résistance en compression minimale admissible pour les BTC (pour un état sec et un état humide). Malgré les différences entre les normes, la majorité fixe la résistance minimale en compression à 2Mpa pour admettre que les BTC soient utilisables pour la construction. Bien que les adobes sont différentes des BTC, nous pouvons imaginer qu'on peut exiger les mêmes valeurs pour ce type de briques. Au vu des résultats obtenus par l'essai de compression, la résistance moyenne à la compression est estimée à 2,3Mpa. La brique d'adobe ramenée du Pérou répond donc à l'exigence minimale établie par les normes et par conséquent peut tout à fait convenir à la construction.

¹ Cañas, I., Cid-Falceto, J., & Mazarrón, F. (2012). « Assessment of compressed earth blocks made in Spain : International durability tests », p.739



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



Figure 173 : Quelques étapes de la construction d'une maison en adobe.

6 – 3 - Maison 5 : en adobe en zone rurale (représente l'ensemble 12)



Figure 174 : Localisation de la maison 5



Cette maison se situe à la périphérie de la ville, dans le quartier de « la cuchilla ». Elle se compose de deux parties : une petite pièce couverte d'un toit en calamine qui sert de lieu de stockage et de garage à la moto et d'une habitation construite en briques d'adobe. Elle a été édifée sur les ruines d'une ancienne maison en pisé. Elle fait partie d'un ensemble de maisons toutes regroupées autour d'une grande cour centrale équipée d'un seul robinet pour l'ensemble des maisons. Cette cour est très prisée par les occupants que ce soit pour laver la vaisselle et le linge, se rafraichir les jours de chaleur ou tout simplement pour passer du temps avec son voisin.

Figure 175 : Maison étudiée vue depuis la cour centrale.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Absence de la salle de bain et de la production d'eau chaude.

Aspect esthétique :

Aucun revêtement n'est présent ni sur le sol, ni sur les murs.

Aspect sensoriel :

Ambiance olfactive défavorable dans la cuisine à cause de la présence d'animaux (cochons d'Inde...)

Aspect sécuritaire :

La seule prise d'électricité présente dans la maison est surchargée.

Aspect sociologique :

Absence totale d'intimité.

Aspect physique :

- Insuffisance du nombre des pièces.
- Eclairage naturel quasi-absent à l'intérieur de l'habitation. La maison ne possède aucune fenêtre. Ce sont les portes d'entrée des pièces qui servent de source de lumière du jour.
- Rapport entre les surfaces non équilibré, à cause du surdimensionnement de la petite cour couverte qui sert de garage pour la moto par rapport au reste des espaces.
- Hauteur sous plafond insuffisante dans la cuisine.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Absence de tout équipement de quartier ; école, crèche...

Aspect sociologique :

- Brassage social très faible car tous les voisins sont de la même classe sociale.
- Esprit d'entraide et de fraternité entre voisins.

Aspect sensoriel :

Très bonne ambiance olfactive à proximité de la nature.

Aspect physique :

- Rues accessibles aux voitures.
- Absence d'espaces réservés au ramassage des ordures.

Aspect esthétique :

Absence de toute recherche esthétique.

Aspect sécuritaire :

Proximité de la piste d'atterrissage de mini-avions.



Figure 176 : Vue d'ensemble de la maison 5.

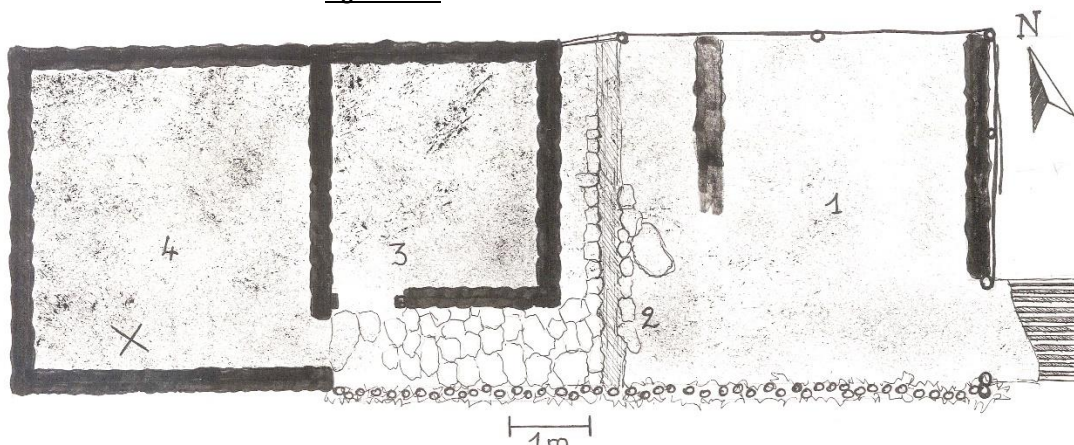


Figure 177 : Plan de l'habitation

Le X indique l'emplacement où a été laissé le data-logger.



Figure 178 : Petite pièce couverte d'une toiture en calamine (indiquée sur le plan par le chiffre 1)



Figure 179 : Entrée de la chambre à coucher sur la gauche (indiquée sur le plan par le chiffre 2)



Figure 180 : Cuisine (indiquée sur le plan par le chiffre 3)



Figure 181 : Chambre à coucher (indiquée sur le plan par le chiffre 4)
à droite : lit des parents ; à gauche : lit des enfants
Le plastique vert collé au mur a pour but de se protéger des chutes de particules résultant de l'effritement des murs.

Température :

Température extérieure : Durant les jours de mesures, la température varie d'une manière régulière, les fluctuations vont en général de 10° à 27°C. Durant la journée où l'on note l'écart le plus considérable, la différence atteint 23° (le 4/02). La température la plus basse est enregistrée tous les jours à 6h du matin, elle varie de 8° à 10°C. A partir de 6h, la température monte en flèche et nous remarquons une série de pics durant un intervalle régulier (de 11h à 15h) et qui atteignent jusqu'à 30°C.

Température intérieure : La température intérieure suit conformément la variation de la température extérieure.

Néanmoins, nous remarquons deux sortes d'attitude de la température intérieure ; une concordance presque totale entre les deux températures durant les séquences de temps allant de 18h à 6h du matin où l'écart est négligeable et varie de 0 à 2°C (voir diagramme de différence des températures). Puis une variation qui suit les pics de l'ambiance extérieure mais avec une valeur maximale ne dépassant jamais les 22°C, créant ainsi des différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur qui peuvent atteindre 9° C (voir diagramme de différence des températures). Nous avons alors pour des différences de température extérieure de **23° de différence** une variation intérieure de **14° de différence**.

Cette proximité du profil de variation des températures intérieure et extérieure nous informe sur l'état alarmant de l'enveloppe. Ceci peut être dû à plusieurs raisons ; comme la partie supérieure du mur en briques d'adobe est « en escalier » afin d'épouser l'inclinaison de la toiture, des vides de taille conséquente rythment la partie supérieure du pignon empêchant l'enveloppe de répondre convenablement à sa fonction d'assurer l'étanchéité. Une ventilation importante de l'intérieur est la conséquence la plus importante de cet agencement des briques du pignon.

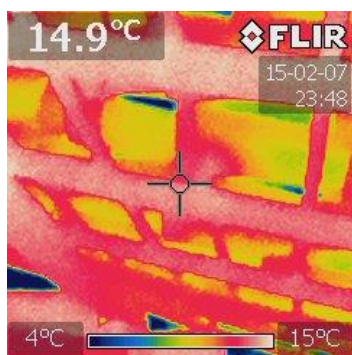


Figure 182 : Image thermique montrant les localisations des pertes thermiques dans la toiture et entre celle-ci et le mur

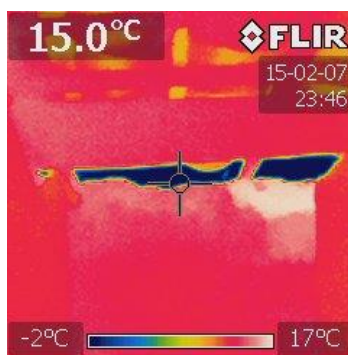


Figure 183 : Vide entre la partie haute du mur et la toiture qui repose sur lui.

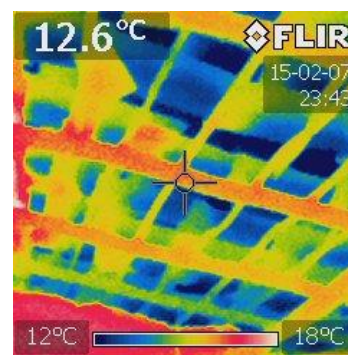


Figure 184 : Défauts d'étanchéité de la toiture dus à la mauvaise disposition des tuiles.

Contrairement aux maisons en pisé, nous remarquons que la **température intérieure atteint la zone de confort, généralement aux alentours de midi**, cette remarque est confirmée par les résultats du confort thermique estimé par la méthode Fanger et qui montrent qu'on atteint une zone de confort à midi (**détails en annexes p. 158**).

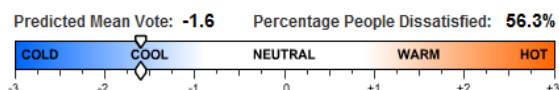


Figure 185 : Résultat du confort thermique à 9h00

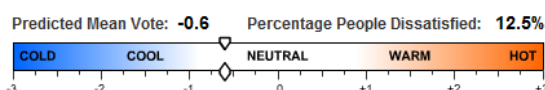


Figure 186 : Résultat du confort thermique à 12h00

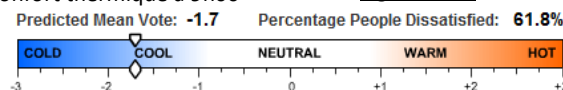


Figure 187 : Résultat du confort thermique à 15h30

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure : Nous remarquons une variation régulière du taux d'humidité relative extérieure. Il monte en flèche tous les jours à partir de 15h, se stabilise autour de 80% pour chuter à partir de 7 du matin jusqu'à un taux de 35% aux alentours de midi.

Humidité relative intérieure : Comme nous l'avons constaté pour la température intérieure, l'humidité relative intérieure varie selon un profil quasi-similaire à l'humidité relative extérieure. La concordance est presque parfaite pour les valeurs les plus élevées avec des différences seulement de 0 à 5% (voir diagramme de différence des HR). Lorsque le taux d'humidité extérieure chute, le taux intérieur le suit conformément mais avec un écart de 10 à 25% (voir diagramme de différence des HR). Tout comme le cas de la température, la proximité si rapprochée des deux profils des variations nous renseigne sur l'absence du rôle de l'enveloppe pour ce qui est de la préservation de l'ambiance intérieure indépendante de l'extérieur.

La zone de confort est atteinte pour la majorité des jours lors des séquences horaires allant de 11h à 18h.

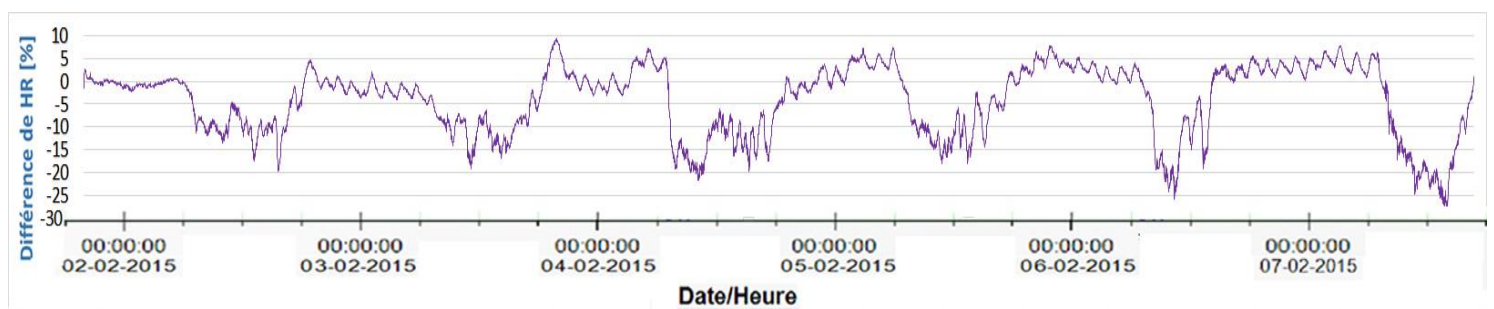
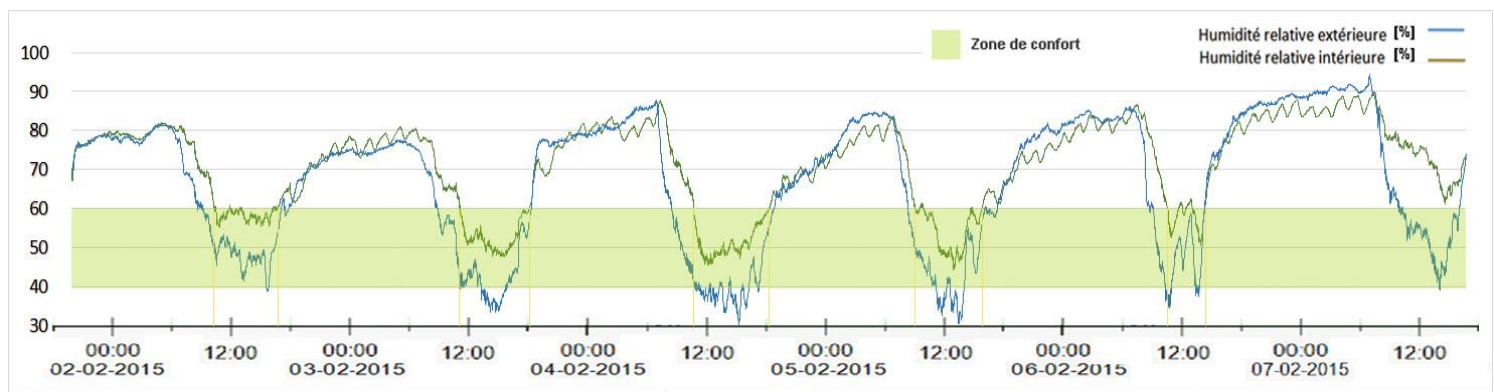
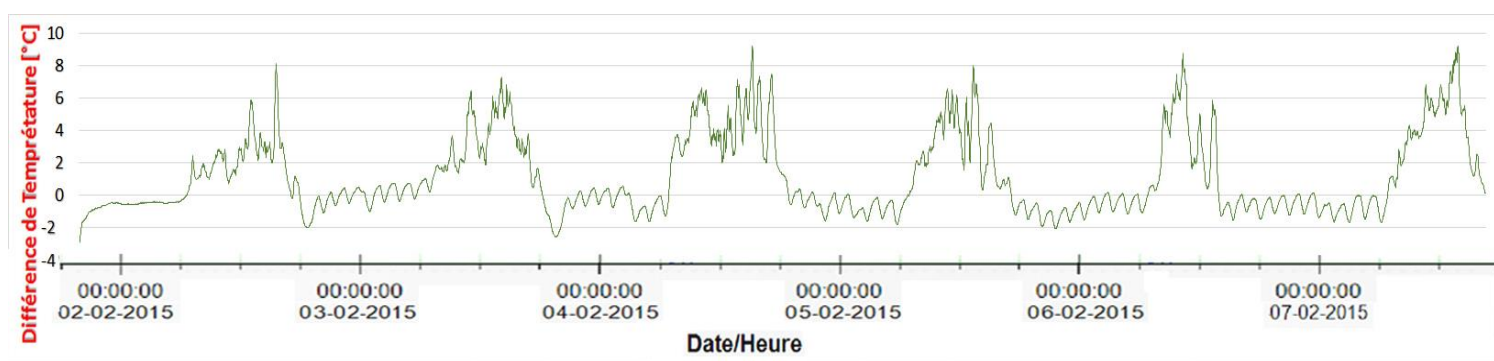
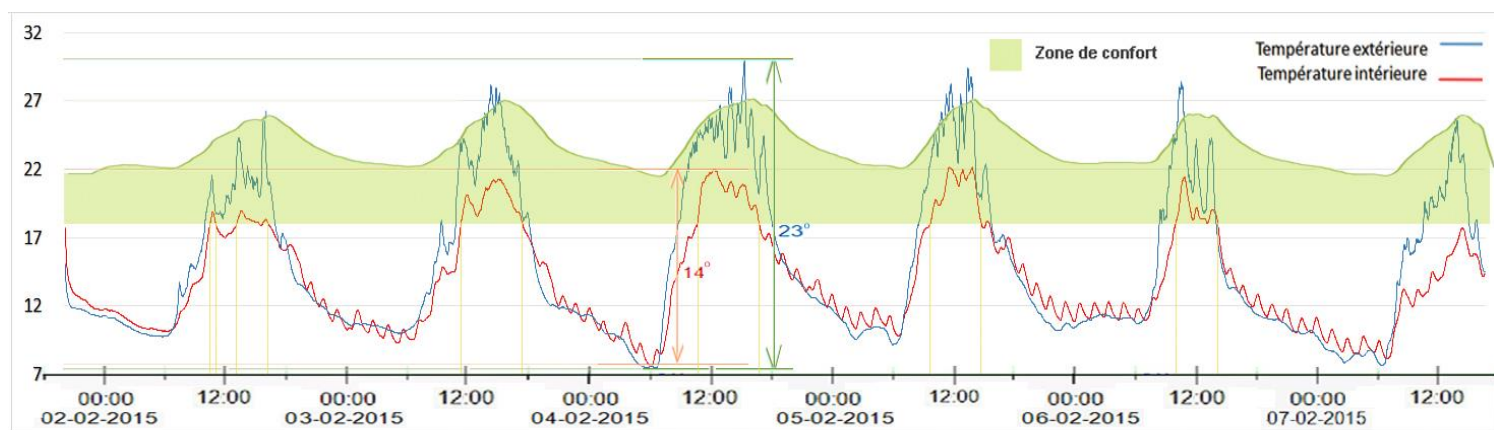


Figure 188 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 5.

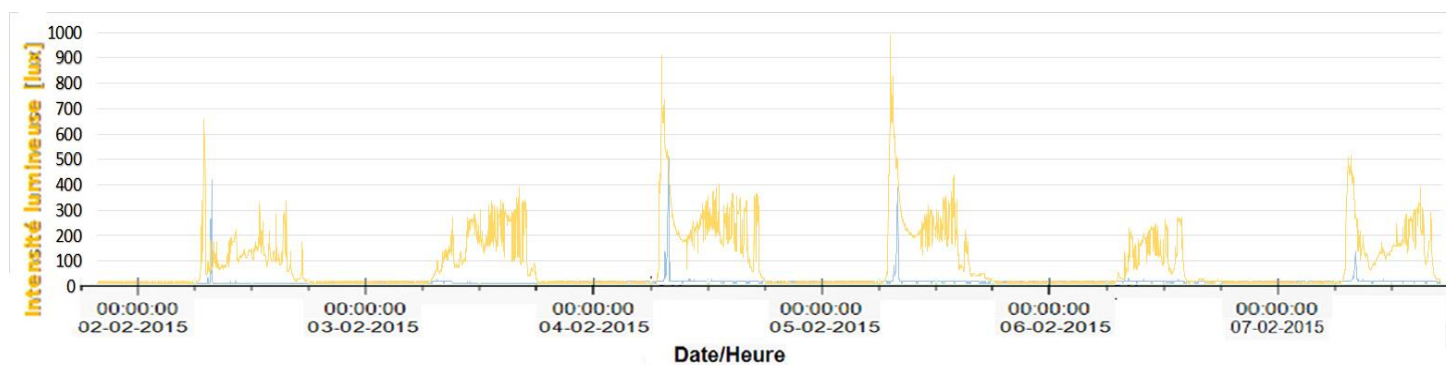


Figure 189 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 5.

L'intensité lumineuse :

Etant placé à l'extérieur sous la toiture du garage, Le data logger n'est pas très exposé à la lumière naturelle, ce qui explique les très faibles quantités d'intensité lumineuse extérieure.

Comme la pièce de vie de la famille ne dispose d'aucune fenêtre, il est tout à fait logique que l'intensité lumineuse intérieure avoisine 0 sauf certains jours où l'on remarque un pic vers 7h du matin.

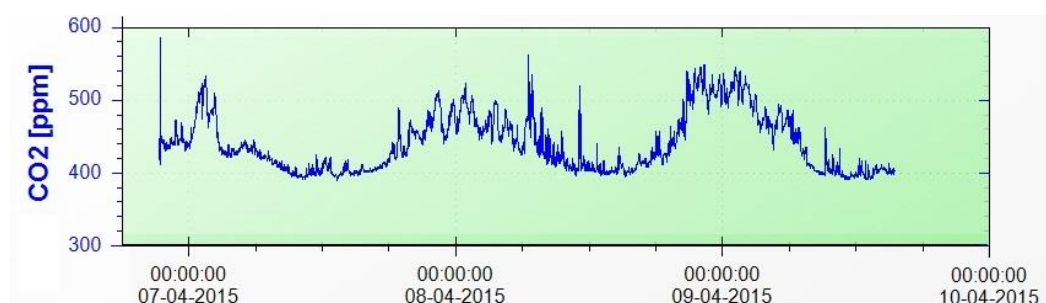


Figure 190 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 5.

Le taux de CO2 :

Le profil de variation du taux de CO2 dans la chambre à coucher confirme l'hypothèse qu'il s'agit d'une habitation très ventilée. En effet, bien que 4 personnes dorment dans la même pièce, le taux de CO2 reste stable autour de 400 ppm avec une légère hausse pour atteindre les 500 ppm à partir de 20h et qui dure jusqu'à 6h du matin (durée de sommeil des occupants). Ce taux si faible de CO2 confirme qu'on est confronté à une habitation dont l'air se renouvelle continuellement.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (2 personnes ont répondu)

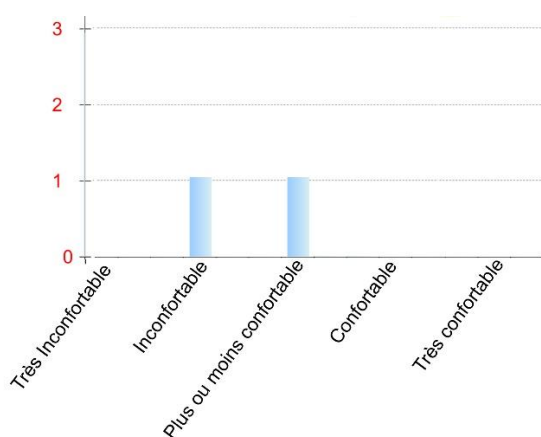


Figure 191 : Confort subjectif en été
Score subjectif = $\frac{1}{2}[(-1 \times 1) + (0 \times 1)] = -0,5$

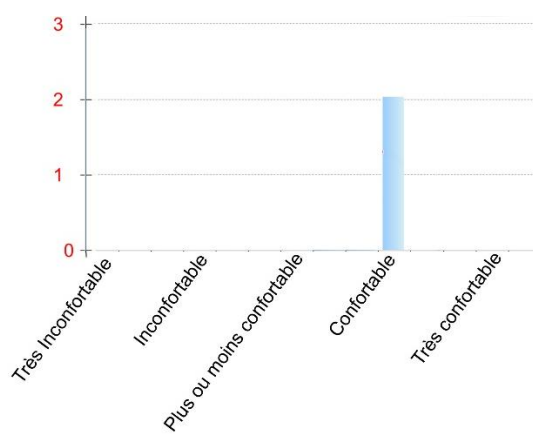


Figure 192 : Confort subjectif en hiver
Score subjectif = $\frac{1}{2}(2 \times 1) = 1$

Habitomètre 5 : Maison en adobe en zone rurale	12	6	22
---	----	---	----

Figure 193 : Habitomètre 5 (détails en annexes p. 167)

Entretien 5 : réalisé le 9 Avril 2015 avec Isidora RUIZ, la mère de famille :

Dans cette maison très éloignée du cœur de la ville, vit une famille recomposée de 4 personnes ; la mère, sa fille de 7 ans, son dernier enfant de 3 ans, et son second mari. Ce dernier n'a pas de travail fixe. Il travaille selon les offres d'emplois qu'il peut trouver. Il a déjà travaillé en tant que mineur, dans l'agriculture et en tant que chauffeur de mototaxi...



Isidora est née à San Alfonso. A l'âge de 15 ans, elle a quitté son village natal pour commencer à travailler en tant que femme de ménage à Trujillo puis à Huamachuco. Elle s'est mariée avec son premier mari qui vivait à Huamachuco et depuis elle n'a plus quitté la ville. Elle s'est installée dans cette partie un peu reculée de la ville, la « Cuchilla » pour vivre avec son second mari. Elle est femme au foyer, elle prend soin d'un petit troupeau de moutons. Elle a deux autres filles âgées de 16 et 14 ans. L'aînée vit à Trujillo. La femme de 37 ans bénéficie d'un projet d'aide sociale « Palabra de mujeres » (parole de femmes). C'est un programme qui sert à des femmes qui ne travaillent pas de manière continue d'avoir des prêts auprès de la banque, pour lancer des petits projets.

Figure 194 : Photo avec les membres de la famille de la maison 5.

De gauche à droite : Isidora RUIZ, son dernier enfant et moi-même.

La maison a été construite il y a 8 ans, par le second mari, sur les vestiges d'une ancienne maison qui était occupée par sa tante. Le terrain appartient au père du mari. Le choix des briques d'adobe est purement une question d'économie des moyens. C'est le mari qui les a fabriquées. Les tuiles qui constituent le toit ont été offertes par une connaissance de la famille. La construction de la maison n'a rien coûté ! Les membres de la famille sont satisfaits de leur petite maison mais prévoient de changer pour une plus grande habitation à l'avenir, où les parents auraient leur intimité, séparés des enfants.

« Nous avons réussi à acquérir un petit terrain pas loin d'ici, si on arrive à rassembler un peu d'argent, on y bâtera alors une habitation en « matériaux nobles » car cela permet de gagner en superficie de la maison, mais surtout cela permet de rajouter des étages par la suite, et d'utiliser le toit comme espace de vie pour les poules... »

La maison est située proche d'une école primaire, elle est à 10 min à pieds de la route qui mène à Huamachuco où ils peuvent prendre des mototaxis pour s'y rendre. Mais, le fait que l'habitation soit construite sur le terrain du père a été une source de conflits avec la belle-famille dans le passé. Ce qui est contraignant dans le quotidien de la famille est principalement le manque d'espace et la promiscuité, ensuite l'absence de fenêtre et par conséquent, l'obscurité totale de l'intérieur. Le seul moyen d'avoir un peu de clarté est de garder la porte ouverte, ce qui crée des situations d'inconfort durant les jours très froids ou à cause du vent, notamment durant les deux mois de juillet et août. Parmi ce qui manque à la maison, il y a les armoires ou les tiroirs pour ranger les habits. La famille a mis en place un faux plafond en bois et utilise l'espace sous la toiture comme espace de rangement. Il y a aussi le problème de rongeurs qui s'introduisent à la maison créant de nombreux trous dans les murs. La toiture pose aussi problème car elle ne résiste pas comme il faut lorsqu'il y a de la grêle. La seule dépense du ménage pour vivre dans la maison est la facture d'électricité qui varie entre 15 et 25 sols par mois (l'équivalent entre 4,30 et 7 euros). La maison n'est pas approvisionnée en eau. Néanmoins, toutes les maisons de la zone ont accès à un robinet pas loin qui leur achemine l'eau potable. Une contribution de 10 sols par an doit être payée pour ce service (l'équivalent de 2,85 euros). Pour se laver, un coin a été aménagé derrière la maison.

La famille se lève tôt le matin à 6h. La mère s'occupe de préparer le repas et aider sa fille à se préparer à aller à l'école. Cette dernière se trouve à Huamachuco. Des voitures font le trajet pour emmener les enfants à l'école contre la somme de 50 centimes de sols (0,14 euros). Les cours ne sont dispensées que durant les matinées, de 8h à 13h. La famille se retrouve pendant le temps de midi pour manger dans la cuisine. Ensuite, le père retourne travailler. Il dispose d'une moto pour se rendre à ses lieux de travail. Il ne revient que vers 17h. A partir de cette heure, la famille se retrouve pour passer du temps ensemble à l'extérieur de la maison profitant de la nature. A part les jours de célébrations particulières, la famille mange toujours à la maison, dans la cuisine. La chambre à coucher ne leur sert que pour dormir ou regarder la télé. C'est à l'extérieur, en pleine nature et à quelques pas de la maison que les enfants préfèrent jouer et que les parents aiment passer la plus grande partie de leur temps libre en compagnie des voisins et des amis. La petite pièce couverte n'a pas vraiment de fonction particulière. Elle sert en partie de garage de la moto et on y laisse sécher le linge.

La famille est depuis quelques années meurtrie par la situation particulière de la seconde fille qui a aujourd'hui 14 ans. Elle a été victime de viol à l'âge de 11 ans par une personne qui l'a kidnappée ensuite. La situation est ambiguë ; les parents poursuivent en justice l'homme responsable du drame mais ce dernier accuse à son tour le second mari d'avoir violé la victime. A présent, la fille a accouché de l'enfant et vit avec l'homme accusé de viol. Sa mère, à bout de souffle, la cherche sans cesse. C'est la raison principale qui la pousse à sortir de sa maison. Elle sort soit pour se rendre au poste de police, soit pour consulter des avocats, soit pour chercher des personnes susceptibles de l'aider...

6 – 4 - Maison 6 : en adobe à arrière-cour et sur terrain escarpé (représente l'ensemble 8)

Il existe à Huamachuco un type de maisons en adobe qui se développe sur des terrains escarpés. La maison se met en lien avec le niveau le plus haut (la rue). Par conséquent, elle semble n'avoir qu'un niveau du point de vue de la rue, mais en réalité elle contient toute une partie souterraine qui se développe sur la pente. Cette partie en contre bas constitue la partie privative et est en lien avec le niveau le plus bas, où est située la cour. Ces maisons sont très nombreuses dans le quartier Fatima.



Figure 195 : Maisons en adobe sur terrain escarpé.



Figure 196 : Localisation de la maison 6



Cette maison se situe à 5 min de l'une des artères principales de la ville, l'avenue Sanchez CARRION.
La maison est entièrement en briques d'adobe et est couverte d'une toiture en éternit.
La maison à l'allure très sobre possède deux entrées ; l'entrée de droite mène directement au cœur de l'habitation tandis que l'entrée de gauche est utilisée pour rentrer, stocker mais aussi pour vendre les récoltes.

Figure 197 : Vue de la maison 6 depuis la rue.

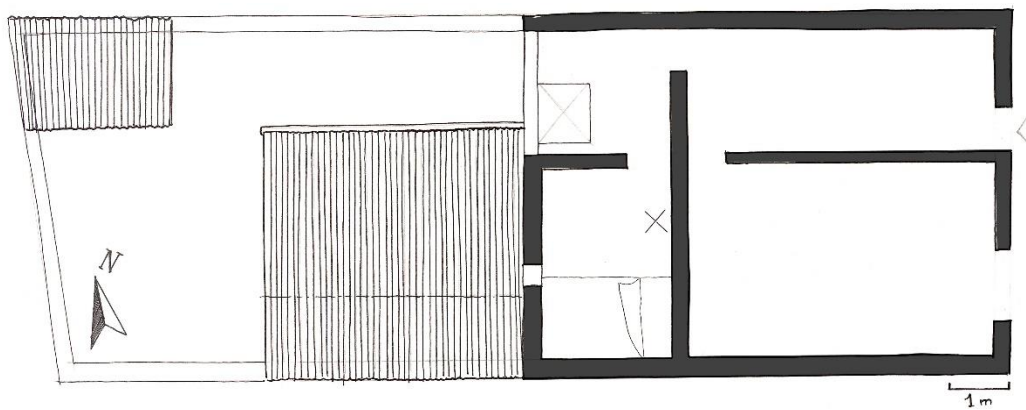


Figure 198 : Plan niveau Rdc (niveau rue)
Le X indique l'emplacement où a été placé le data-logger.

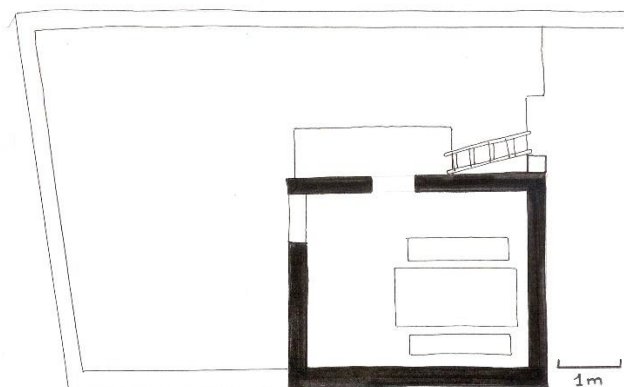


Figure 200 : Plan niveau intermédiaire (cuisine)

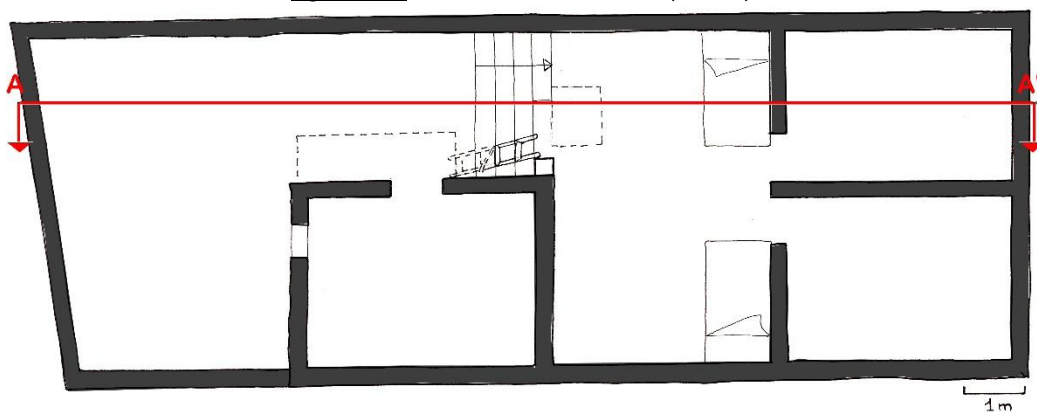


Figure 202 : Plan R-1 (niveau arrière-cour)

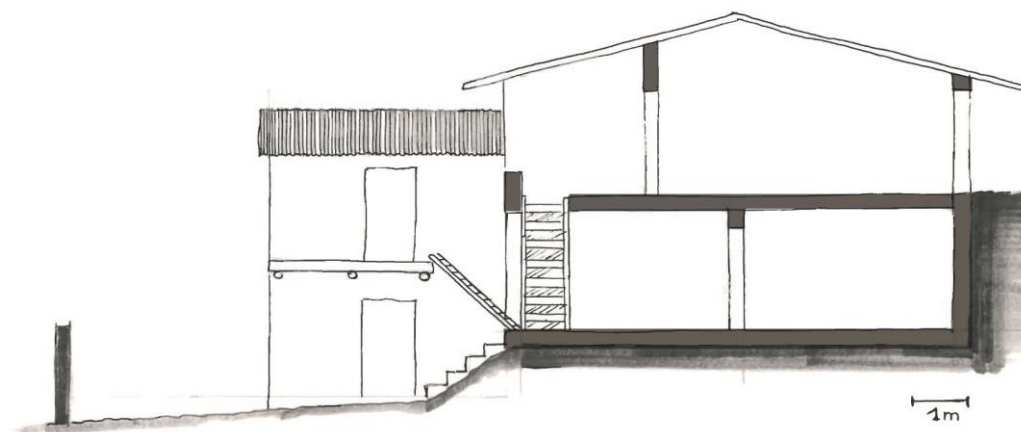


Figure 204 : coupe longitudinale



Figure 199 : Cour arrière
photographiée depuis le niveau haut



Figure 201 : Accès à la cuisine



Figure 203 :
Echelle reliant les deux niveaux et lits
disposés à l'extérieur des chambres
par manque de place.



Figure 205 : Façade arrière

Température :

Température extérieure : A part la journée du 10/02, la température extérieure varie de manière régulière (de 8° à 22°C). La température la plus basse est à chaque fois enregistrée aux alentours de 6h, puis juste après, la température monte en flèche pour décrire un seul pic à chaque fois à midi et finalement chute pour se stabiliser durant la plage horaire qui commence à 18h et dure jusqu'à 6h du matin.

La journée qui connaît l'écart le plus marqué nous donne une différence de 23°C.

Température intérieure : La température intérieure suit et se confond presque quasiment avec la température extérieure, le diagramme de différence des températures montre un rapprochement entre les deux profils (1° de différence) sur toute sa longueur sauf à l'endroit des pics de midi où l'on remarque des différences entre les valeurs maximales qui vont de 4 à 8°C.

Nous notons que c'est avec la maison 10 les seuls cas parmi les maisons étudiées où la température intérieure dépasse la température extérieure sur presque toute la durée des mesures.

Les fluctuations sont analogues bien que les écarts entre la température la plus basse et la température la plus haute semblent différer certains jours. Nous avons alors pour un écart de 23° de température extérieure, une variation intérieure de 14°.

Cette quasi-similarité du profil de variation des températures intérieure et extérieure nous rappelle le cas précédent, bien que les contextes soient très différents. La recherche des défaillances de l'enveloppe montre les mêmes points dérangeants ; les vides qui sont à la fois présents entre la toiture et le mur de la façade donnant sur rue, et en partie haute des pignons qui sont en escalier, engendrant ainsi une discontinuité de l'enveloppe. Ceci a pour effet une ventilation de l'intérieur dont la température demeure très fidèle à la température de l'extérieur.

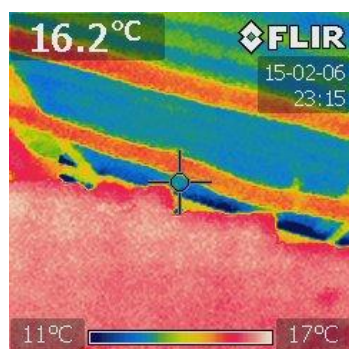


Figure 206 :

Image thermique prise à 17h15 (heure du Pérou) à l'intérieur de l'habitation montrant les déperditions thermiques dues à la forme en escalier de la partie supérieure du mur.

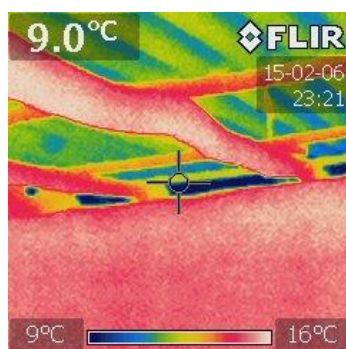


Figure 207 :

Image thermique prise à l'intérieur de l'habitation montrant les vides entre les poutres posées sur le mur pour soutenir la toiture.

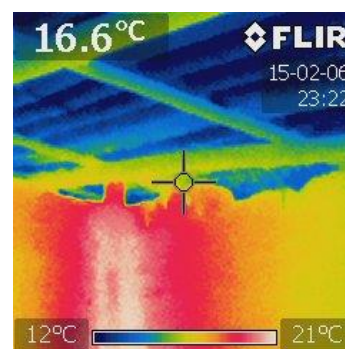


Figure 208 :

Image thermique prise à l'intérieur de l'habitation montrant que le toit en eternit retient beaucoup moins la chaleur que les murs en briques d'adobe.

La température intérieure atteint la zone de confort tous les jours et ceci a lieu majoritairement entre 11h et 17h. Nous remarquons des surchauffes de midi à 15h les deux derniers jours.

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure : L'humidité relative à l'extérieur varie régulièrement sauf pour la journée qui a été marquée par le pic de chaleur de 31°C qui a eu pour conséquence une chute du taux à 25%, valeur la plus basse qui a été enregistrée. Le taux d'humidité relative extérieure reste stable entre 80 et 90% de 18h jusqu'à 9h du matin où il chute à 50 ou 55% aux alentours de midi.

Humidité relative intérieure : L'humidité relative intérieure varie selon un profil quasi-similaire à l'humidité relative extérieure.

La différence est minime (de 0 à 5% pour les paliers stables). L'écart peut atteindre 20% en ce qui concerne les plages où le taux connaît un pic vers le bas (voir diagramme de différence des HR).

Les conditions hygrométriques intérieures offrent un cadre confortable entre midi et 18h.

A travers l'étude de ces deux habitations en briques d'adobes, ayant obtenu les mêmes résultats et montrant les mêmes défaillances de l'enveloppe quant à la préservation d'une ambiance protégée des changements extérieurs, nous pouvons émettre l'hypothèse que, de la construction en adobe, résulte des habitations dont l'intérieur connaît une ventilation importante, ce qui a ses répercussions sur le confort hygrothermique.

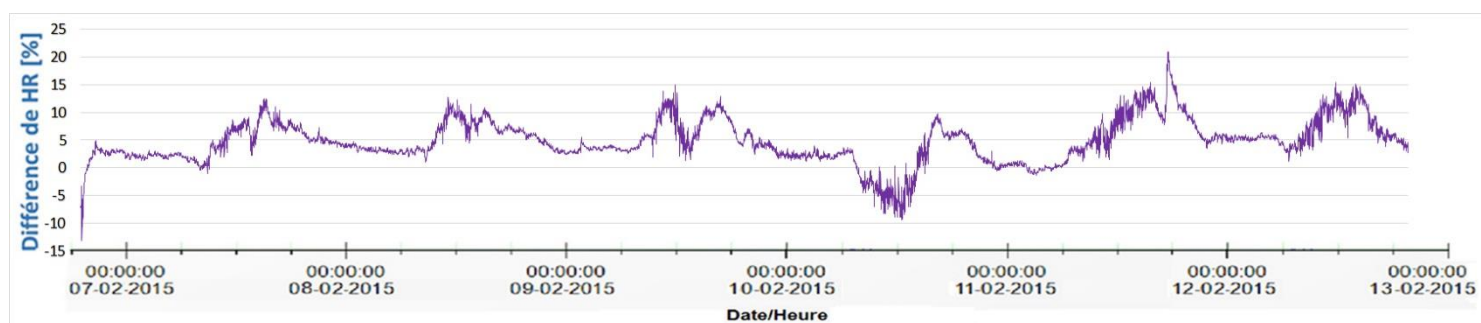
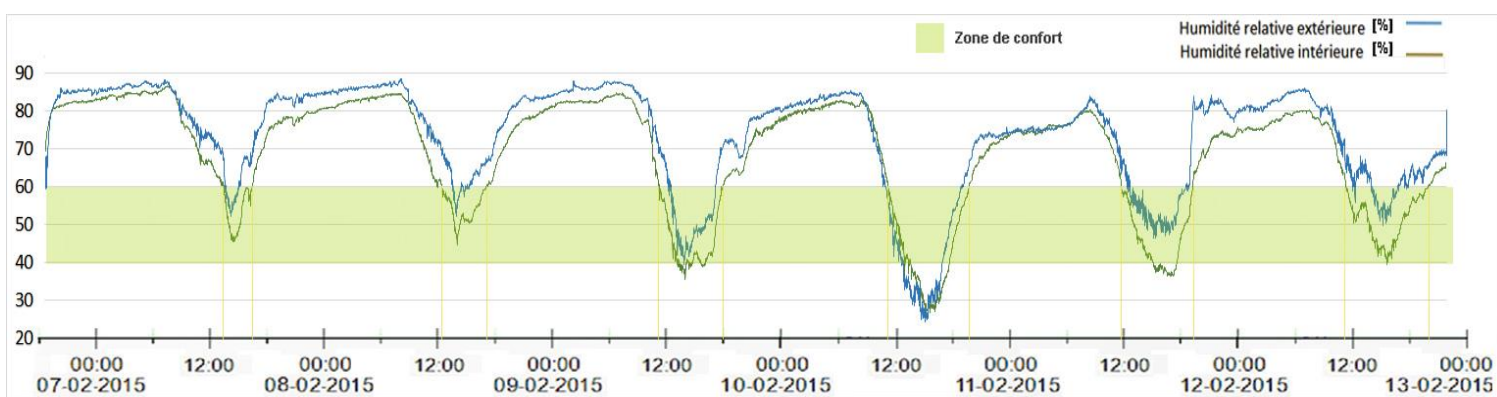
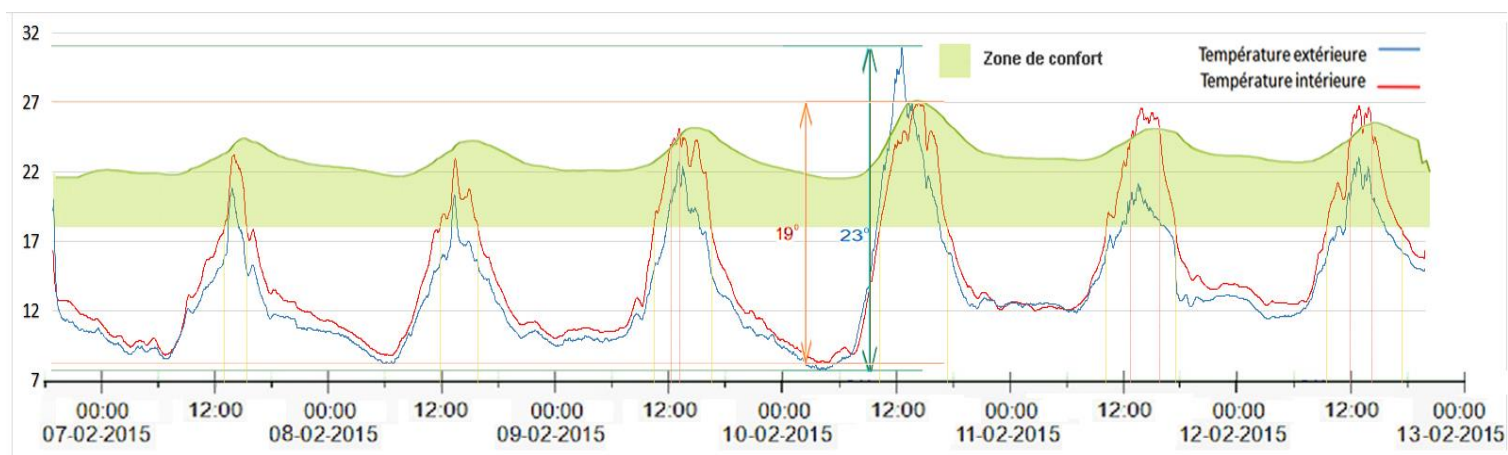


Figure 209 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 6.

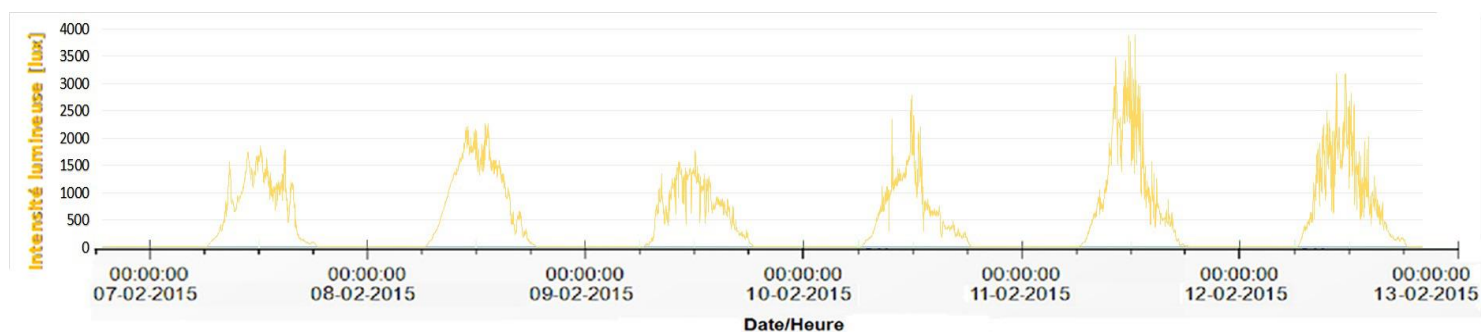


Figure 210 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 6.

L'intensité lumineuse :

Le jour se lève à 6h du matin, la quantité d'intensité lumineuse que reçoit la cour extérieure monte en flèche pour atteindre des valeurs maximales qui diffèrent selon les jours, de 2000 jusqu'à 3750 lux.

A l'intérieure, les dimensions de la seule baie de la pièce instrumentée sont si petites que la lumière naturelle n'y parvient presque pas, donnant par conséquent un profil ne s'éloignant guère de la valeur nulle.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (2 personnes ont répondu)

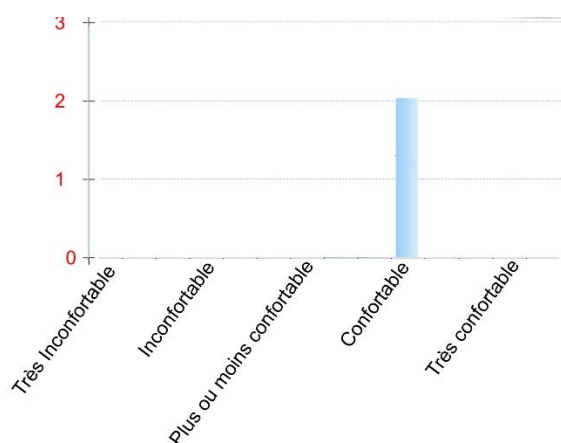


Figure 211 : Confort subjectif en été
Score subjectif = $\frac{1}{2}(2 \times 1) = 1$

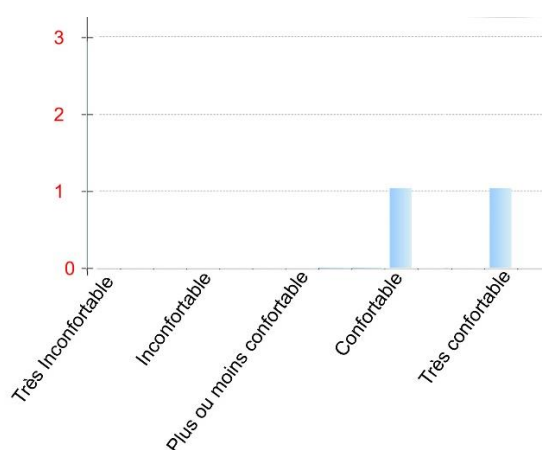


Figure 212 : Confort subjectif en hiver
Score subjectif = $\frac{1}{2}[(1 \times 1) + (2 \times 1)]$

Habitomètre 6 : Maison en adobe sur terrain escarpé	15 	5 	20 
--	--	---	--

Figure 213 : Habitomètre 6 (détails en annexes p. 168)

Entretien 6 : réalisé le 14 Avril 2015 avec Renilda RAMOS ESCABEDO, fille aînée de la famille

La famille se compose des parents, de 3 garçons et 3 filles, en plus d'un oncle qui vit sous le même toit. Le fils aîné, suite à un conflit avec le père a quitté sa famille pour aller s'installer seul. Pour gagner de quoi vivre, il est mineur.

Il est très difficile de rencontrer les parents durant les jours de la semaine. Ils sont rarement chez eux car ils possèdent un petit terrain à quelques kilomètres de la maison où ils cultivent maïs, pomme de terre, blé...

Durant la nuit le père participe aux « Rondas », des rondes nocturnes qui permettent aux personnes du quartier de se sentir en sécurité.



Les parents sont originaires de Huamansaña de Curgos. Ils ont fait le choix de venir s'installer à Huamachuco dans le but d'offrir à leurs enfants la meilleure éducation possible. Avant de s'installer dans cette maison, la famille vivait dans la même maison que le frère du père. C'était une situation critique car la maison était trop petite pour tous les occupants. Une fois qu'ils ont pu réunir l'argent qu'il fallait, la famille a acheté le terrain sur lequel la maison sera édifiée. Le père a imaginé le plan et a fait appel à un « maestro de obra », un maître-maçon. Deux personnes étaient suffisantes pour construire la maison. Les travaux ont duré deux mois. Le coût était de 30 sols (8,54 euros) par jour pour chaque personne en plus de leur offrir les repas. Le choix d'utiliser les briques d'adobe était essentiellement dû à des raisons économiques. La structure en béton et la brique cuite coûtent beaucoup trop cher. Le choix de l'éternit comme matériau pour la toiture était justifié par la volonté d'avoir un toit qui ne chauffe pas et garder une ambiance tempérée pour protéger les récoltes (remarque confirmée par l'image thermique p.91)

Figure 214 : La mère de famille avec ses enfants les plus jeunes.

Bien que la famille vit dans cette maison depuis 5 ans, il reste encore certains travaux inachevés ; aucune fenêtre n'est vitrée, les sols ont besoin de revêtement et des parties de la toiture sont dégradées laissant passer les gouttes de pluie. Les pièces ne sont pas en adéquation avec le nombre d'occupants. C'est ce qui pousse certains membres à dormir dans l'espace qui donne sur l'arrière cour.

« J'aime notre maison car je m'y sens en sécurité. Je m'y sens bien aussi car durant la nuit, je n'ai pas froid. Mais il y a beaucoup d'inconvénients à vivre dans cette maison ; d'abord, je dois partager mon lit avec ma sœur, puis nous ne disposons pas de salle de bain, c'est ce qui nous pose problème pour prendre des douche, enfin, je trouve qu'il fait très sombre dans la maison, on a besoin de plus de fenêtres. Enfin, je trouve qu'ici, on est trop loin du centre. Si j'avais le choix, je quitterais cette maison pour aller s'installer tout près de la plaza de armas. Je pourrais alors participer aux activités organisées le dimanche matin, notamment l'apprentissage des chorégraphies... »

Renilda qui a 15 ans, commence sa journée tôt le matin, elle se réveille à 4h du matin pour aider sa mère à préparer les repas de la journée. Ensuite elle part travailler dans différentes maisons où elle prend soin des enfants durant l'absence des parents. Elle revient souvent prendre le repas de midi à la maison avec ses frères et sœurs. A partir de 20h, toute la famille se retrouve à la maison. Ils passent du temps ensemble soit dans la pièce de la télévision, soit sur le balcon.

Les activités domestiques de Renilda sont variées, sa préférée est le tricotage ; elle passe environ deux semaines à tricoter un puncho qu'elle revend sur le marché à 25 ou 30 sols (7,12 ou 8,54 euros)

Les dépenses du ménage sont la facture d'électricité qui varie selon les mois de 22 à 33 sols (6,26 à 9,40 euros) qu'ils partagent avec une seconde famille, le collège des jeunes qui coûte 10 sols par mois (2,84 euros) pour chaque personne puis les dépenses alimentaires à leur tête le sac de riz de 49 kg qui dure 2 mois et qui coûte 120 sols (34,18 euros) et le sac de sucre de 52 kg qui dure 4 mois et qui coûte de 90 à 100 sols (de 25,64 à 28,49 euros). Pour ce qui est de l'eau, la famille bénéficie de la distribution des eaux Huaylillas provenant de la montagne. Cette eau est de meilleure qualité que l'eau distribuée dans le centre ville de Huamachuco mais il est impératif de la faire bouillir avant de la boire.

Ne possédant aucun moyen de transport, la famille utilise les mototaxis pour ses déplacements, notamment pour se rendre au centre ville. Deux mototaxis sont nécessaires pour le déplacement de toute la famille, les frais reviennent à 3 sols (0,85 euros) pour chaque déplacement.

« Mes parents font tous pour qu'on reste une famille soudée, par exemple durant les dimanches, on fait des sorties ; on va au lac Saosacocha ou bien à MarcaHuamachuco... »



Chapitre 7 : Etude des maisons à structure en béton et remplissage en briques de terre cuite

7 – 1 – Fabrication des briques de terre cuite :



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

Figure 215 : Etapes de fabrication de briques de terre cuite

7 – 2 - Immeuble en ville : structure en béton et remplissage en briques (représente l'ensemble 13)



Figure 216 : Localisation de l'immeuble situé à proximité du stade et de l'hôpital de Huamachuco.



Cet immeuble situé à 5 min de l'hôpital et du stade est occupé en majorité par diverses personnes travaillant la semaine à Huamachuco et revenant à Trujillo le week-end. Les propriétaires ont leur propre appartement situé au premier niveau. Au rdc se trouve une grande salle où s'organisent des fêtes familiales et le local situé sur la gauche de la façade est une épicerie tenue par la mère de famille.

Figure 217 : Façade de l'immeuble étudié.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

L'immeuble est bien équipé en équipements nécessaires ; présence de diverses salles de bain, production d'eau chaude, distribution en gaz, cuisines bien équipées...

Aspect esthétique :

- Le tracé de la façade est animé par une partie courbe et une partie droite.
- Tous les murs et tous les sols ont un revêtement.

Aspect sensoriel :

Bonne ambiance olfactive.

Aspect social :

Brassage social satisfaisant car les occupants des chambres sont de divers classes sociales.

Aspect physique :

- Organisation en longueur pour exploiter la forme de la parcelle. Un couloir central dessert une série de chambres situées sur les deux côtés latéraux du couloir.
- Eclairage naturel staisfaisant des chambres.
- La terrasse est accessible aux habitatns de l'immeuble, ayant pour fonction primaire le séchage du linge, mais c'est aussi un lieu de rencontres.

Aspect sécuritaire :

Pas de problèmes à signaler.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Emplacement stratégique : présence d'écoles, de collèges, de commerces, de l'hôpital, du stade...

Aspect sociologique :

Quartier fréquenté par l'ensemble de la diversité des acteurs de la population de Huamachuco.

Aspect sensoriel :

Ambiance olfactive influencée par la proximité au trafic.

Aspect physique :

Réponse totale aux différents critères.

Aspect esthétique :

Côté éclectique exprimé par le mélange d'architectures traditionnelles et d'habitations modernes.

Aspect sécuritaire :

Réponse totale aux différents critères.

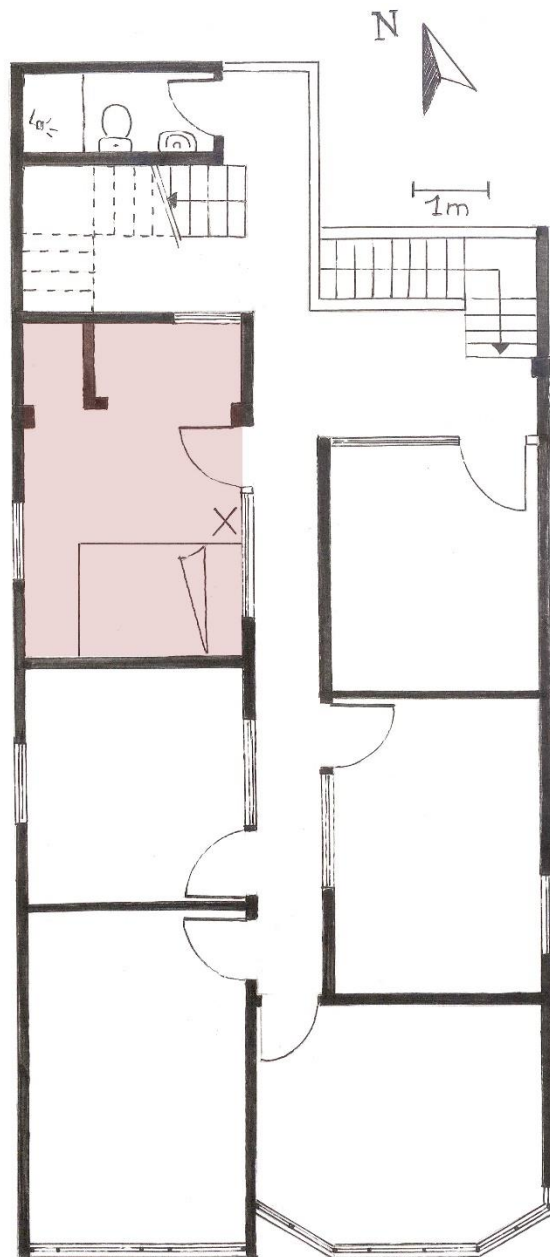


Figure 218 : Plan étage courant de l'immeuble.

La pièce étudiée en rouge grenat. Le X indique l'emplacement où a été placé le data-logger.



Figure 219 : Couloir.



Figure 220 : Façade de l'immeuble.



Figure 221 : Salle de bain commune.

Température :

Température extérieure : Nous remarquons que la température extérieure varie en suivant deux types de cycles : un premier cycle où la température augmente verticalement à 6h du matin pour atteindre un pic lors des premières heures du jour aux alentours de 22° C, elle se stabilise ensuite aux alentours de 18° et cela durant les quatre premières journées d'enregistrement. Tandis que lors des trois derniers jours, le profil de la température extérieure décrit des pics à 6h du matin et qui atteignent les 37° C (lors de la journée du 04/02). Après le pic, la température se stabilise aux alentours de 22° C et cela jusqu'à 15h. La température la plus basse est toujours à 6h du matin et descend à 8° C.

Température intérieure : Nous observons que la température à l'intérieur de la chambre décrit une courbe qui, pour la première et unique fois par rapport aux 9 autres habitations présente une sorte de décalage dans les montées et chutes de la température. Ce phénomène est dû à l'inertie du matériau. C'est la faculté du matériau de l'enveloppe à absorber et à stocker du chaud ou du froid. C'est ce phénomène qui donne ce profil de variation. Les murs dégagent le surplus de chaleur emmagasiné durant la journée ce qui fait que la chambre reste chaude quelques heures après le début de la chute des températures à l'extérieur. Le phénomène est réversible. C'est-à-dire que dès qu'il commence à faire chaud dehors, la pièce reste froide dû au froid qui a été emmagasiné et relâché par les murs.

On peut conclure que l'enveloppe joue un rôle de régulateur de l'ambiance intérieure en offrant un cadre stable où la température varie entre 13 et 18° C (**5° de différence**) alors que dehors, cette dernière peut varier entre 8 et 37° C (**29° de différence**)

Le confort thermique n'est jamais atteint sauf lors des deux journées où la température a augmenté jusqu'à 37°C. Grâce à cette température extérieure élevée et au phénomène d'inertie, l'ambiance intérieure a connu alors une température qui a dépassé le seuil des 18°C en soirée.

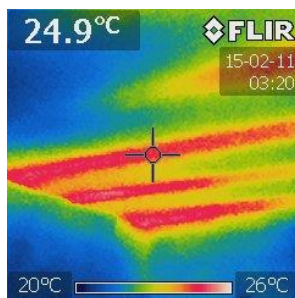


Figure 222 :

Image thermique prise à 21h20. Les poutrelles en béton du plancher sont celles qui gardent le plus de chaleur après la tombée de la nuit.

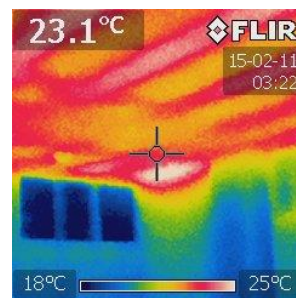


Figure 223 :

Image thermique prise à 21h22. C'est le plafond qui contribue majoritairement à chauffer l'intérieur de la pièce par effet d'inertie.

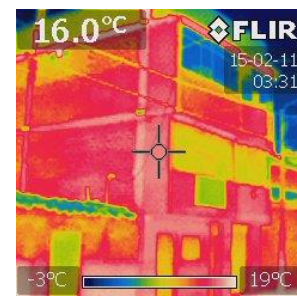


Figure 224 :

Image thermique prise à 21h31. La structure en poteaux-poutres de béton est celle qui stocke le plus de chaleur (structure en couleur blanche)

Résultats de la méthode Fanger pour estimer le confort thermique (détails en annexes p. 159)

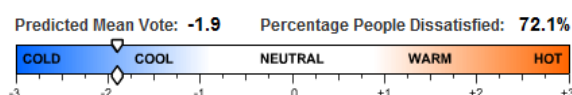


Figure 225 : Résultat du confort thermique à 8h00

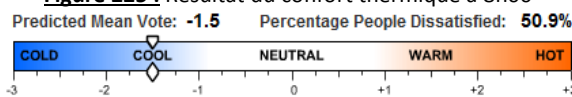


Figure 227 : Résultat du confort thermique à 15h15

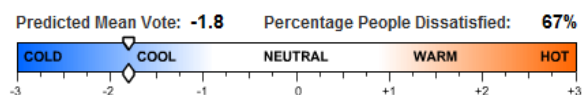


Figure 226 : Résultat du confort thermique à 11h45

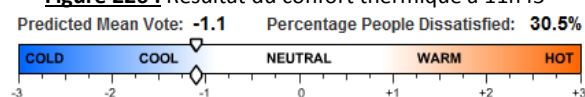


Figure 228 : Résultat du confort thermique à 19h00

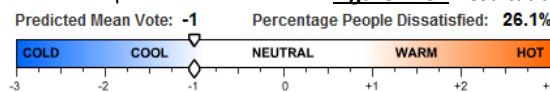


Figure 229 : Résultat du confort thermique à 21h30

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure : A l'extérieur, le taux d'humidité relative tout au long de la même journée diffère d'un jour à l'autre. Néanmoins, nous remarquons que les valeurs les plus basses sont généralement obtenues à chaque fois dans l'intervalle compris entre 7h et 15h. Les valeurs les plus basses enregistrées sont de 25% à 9h lors des deux derniers jours d'enregistrement.

Le taux le plus élevé avoisine les 97 % et est enregistré vers 15h de la première journée.

Humidité relative intérieure : Le taux d'humidité relative intérieure ne change guère tout le long de la durée d'enregistrement. Le résultat est une droite proche des 80 %.

L'enveloppe joue donc un rôle de garder un taux d'humidité relative constant indépendamment des fluctuations de l'ambiance extérieure.

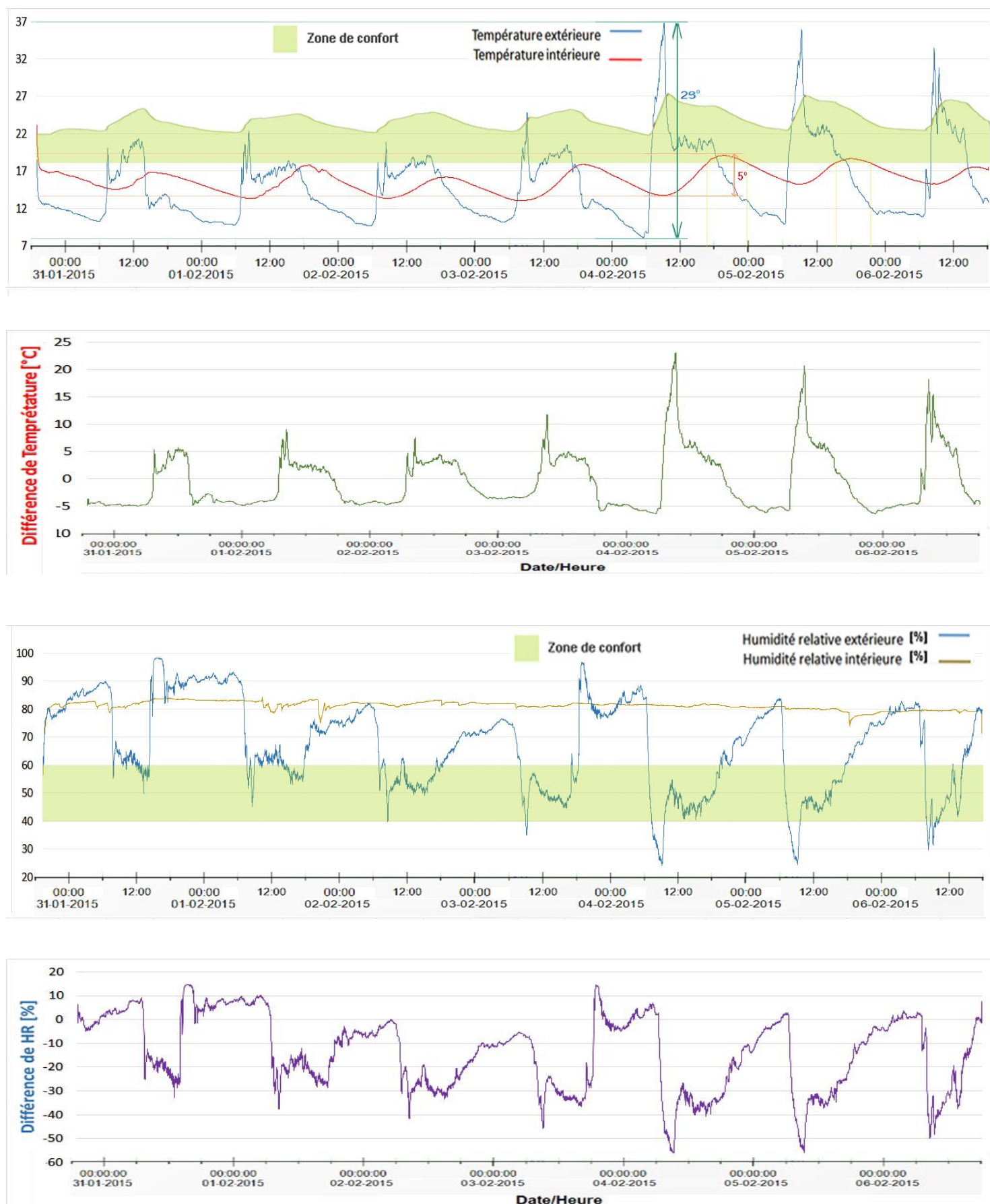


Figure 230 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 7.

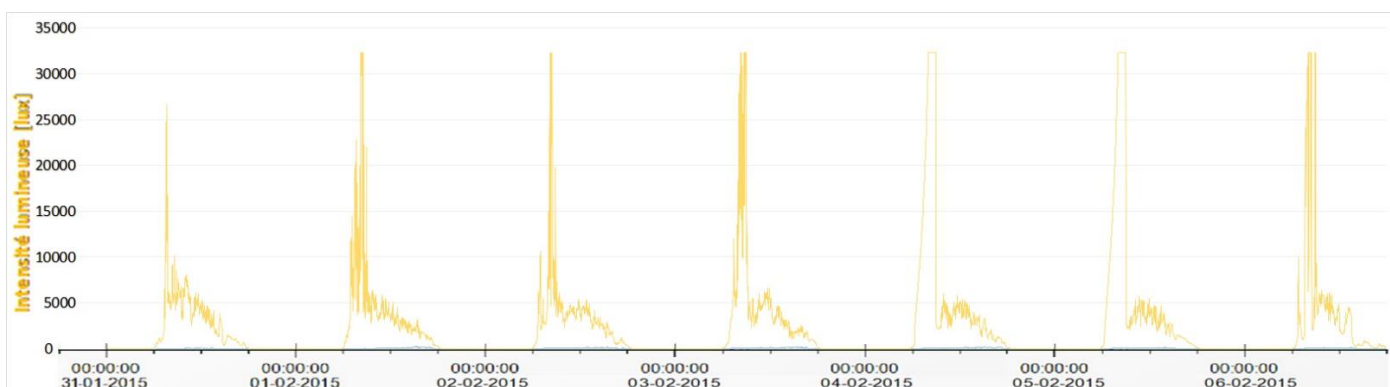


Figure 230 : Diagramme de l'intensité lumineuse de la maison 7.

L'intensité lumineuse :

Le data-logger, étant placé en haut de l'immeuble (sur la terrasse), il enregistre des valeurs d'intensité lumineuse très élevées qui atteignent les 32500 lux quelques minutes après le lever du jour à 6h du matin. Face à ces valeurs si élevées, l'intensité lumineuse à l'intérieur de l'habitation est presque nulle et ne peut être comparée à l'extérieur.

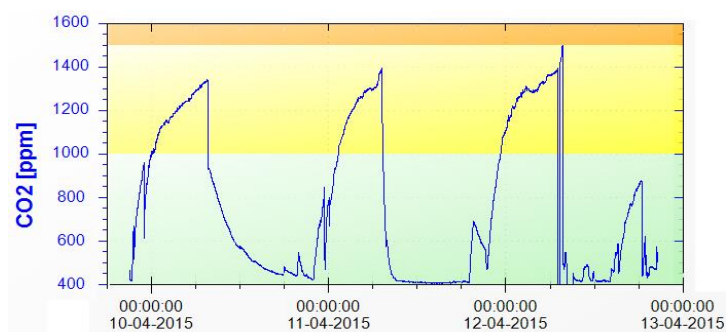


Figure 232 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 7.

Le taux de CO2 :

Le taux de CO2 monte en flèche dès qu'on passe 23h. Il chute brutalement à partir de 8h du matin pour se stabiliser autour des 400 ppm pour le reste de la journée. Le data-logger étant placé dans une chambre où l'occupant dort, les phases à haut taux de CO2 correspondent au moment de sommeil. Le taux le plus élevé atteint presque les 1500 ppm.

La chute verticale du taux de CO2 a lieu tous les jours à 8h00 précise, heure à laquelle l'occupant se réveille et ouvre la fenêtre pour aérer.

Le fait qu'on dépasse les 1000 ppm conseillées par l'OMS expose le sommeil de l'occupant à une situation nuisible.

Résultats du questionnaire sur le confort thermique : (1 personne a répondu)

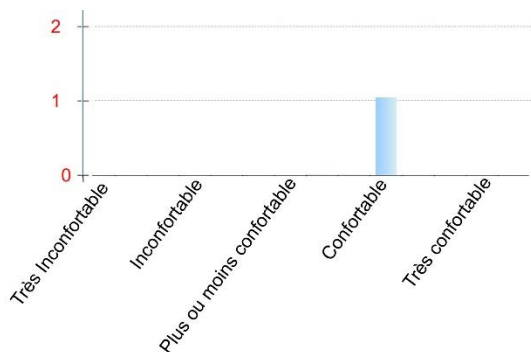


Figure 233 : Confort subjectif en été

Score subjectif = 1 x 1= 1

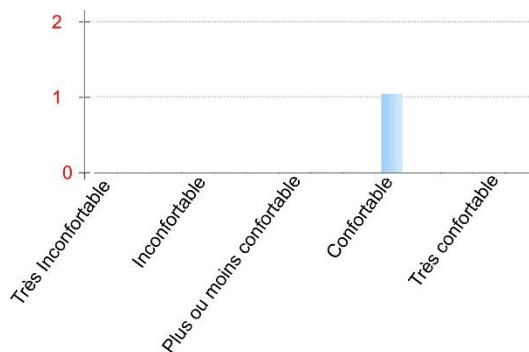


Figure 234 : Confort subjectif en hiver

Score subjectif = 1 x 1= 1

Habitomètre 7 : Immeuble en ville, en béton et briques	32	4	4
--	----	---	---

Figure 235 : Habitomètre 7 (détails en annexes p. 169)

Entretien 7 : réalisé le 13 Avril 2015 avec Carlos Alberto CAMARGO LOPEZ

Ce jeune ingénieur en agronomie fraîchement diplômé vit au dernier étage de l'immeuble familial. Il a 27 ans et est né à Rioja. A l'âge de 10 ans, il est venu s'installer avec sa famille à Huamachuco après avoir hérité du terrain sur lequel sera construit l'immeuble. Dans le passé, la famille a d'abord vécu à Rioja puis à Trujillo. Il a deux frères et trois sœurs. L'un de ses frères et l'une de ses sœurs vivent à Trujillo où ils ont trouvé du travail. Son père, originaire de Huancayo travaille dans une entreprise de transport dans l'industrie minière. Sa mère est née à Huamachuco, elle gère une épicerie au pied de l'immeuble.



Figure 236 : Photo avec Carlos et sa mère.
De gauche à droite :
Carlos, sa mère et moi-même.

La construction de l'immeuble s'est réalisée en étapes. D'abord construire le premier niveau, attendre de réunir plus d'argent, ensuite continuer avec les niveaux supérieurs petit à petit...

10 ans étaient nécessaires pour aboutir à l'état actuel de l'immeuble.

Carlos pense que l'un des facteurs qui ont poussé ses parents à élire la construction en béton et briques est la capacité à offrir une ambiance intérieure sans trop d'humidité.

Le toit est très prisé par la famille, on s'y retrouve pour se relaxer les jours où il fait beau !

La famille a une autre maison à Trujillo où ils vont pour passer les vacances ou les week-ends.

La famille loue des chambres à 7 personnes, 17 personnes au total vivent dans cet immeuble. Carlos participe au frais de l'électricité en payant à sa mère 20 sols mensuels (l'équivalent de 5,70 euros). Pour ce qui est de l'eau, Carlos se rend une fois par semaine à la source « agua de pajaritos » pour s'approvisionner en eau potable.

« J'aime bien ma chambre car je suis à proximité de ma famille. Je m'y sens confortable car il n'y fait guère froid et qu'il n'y a pas de problème d'humidité. Je pense avoir entre 20 et 25 m², une surface largement suffisante pour moi.

L'avantage aussi est que je ne paye pas de loyer. Ça me permet de ramasser de l'argent car je souhaite quitter Huamachuco. La seule chose qui me manque, c'est d'avoir ma propre salle de bain ! »

Carlos se lève à 6h30 du matin. Il prend le petit déjeuner avec sa famille avant de se rendre au travail en marchant car il ne dispose d'aucun moyen de transport. Les seules fois où il prend un mototaxi, c'est quand il craint d'arriver en retard. Cela lui coûte 2 sols (l'équivalent de 0,57 euros). Tous les repas, c'est à la maison qu'il les prend en compagnie de sa famille. C'est à 21h qu'il s'endort en regardant la télé. Une fois par mois, Carlos aime aller visiter les sites touristiques de Huamachuco comme Cajabamba ou Yanasara pour se ressourcer.



Figure 237 : Intérieur de la chambre de Carlos.

« Même si je trouve que la chambre ne reflète pas vraiment mon style de vie, j'essaie de lui donner une originalité, à travers les couleurs que j'ai moi-même choisi ou par les posters... »

Je trouve les fenêtres très hautes, je ne peux rien voir de ce qui se passe à l'extérieur.

Si j'avais les moyens, je changerais mon vieux poste de télé contre un écran plat ! »



Chapitre 8 : Maisons hybrides

8 – 1 - Maison 8 : hybride en ville alliant adobe, béton et briques (représente l'ensemble 19)



Figure 238 : Localisation de la maison 8



La maison est repérable de loin car elle se distingue par son langage moderne. Le rdc est construit en briques d'adobe tandis que le niveau du haut a une structure en béton et un remplissage en brique.

Figure 239 : Vue de la maison 8 depuis la rue.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Réponse totale vis-à-vis de divers équipements ; maison équipée d'une citerne d'eau, présence de plusieurs salles de bain, production d'eau chaude, distribution en gaz, buanderie équipée d'une machine à laver, cuisine équipée en four, micro-ondes...

Aspect esthétique :

- La volumétrie a un langage moderne, animé par un jeu de vides et de pleins et caractérisé par un porte-à-faux qui met en valeur l'angle.
- Seuls les murs intérieurs ont un revêtement.

Aspect social :

Brassage social satisfaisant par la diversité d'origine des personnes qui louent les chambres car la famille a un accord avec l'organisation « Cuerpo de Paz » pour accueillir les volontaires de passage à Huamachuco.

Aspect physique :

- Rapport entre les surfaces non équilibré, à cause du surdimensionnement du salon situé au rdc et rarement occupé.
- Eclairage naturel satisfaisant des chambres.
- Grande terrasse au dernier étage qui a diverses fonctions ; abri d'animaux comme des poules, des cochons d'Inde, séchage du linge et c'est aussi un lieu de rassemblement de toute la famille durant les jours d'été.

Aspect sensoriel :

Bonne ambiance olfactive.

Aspect sécuritaire :

Pas de problèmes à signaler.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

La quartier est essentiellement réservé à la résidence. Il y a quelques épiciers et une boulangerie.

Aspect sociologique :

Fort brassage social.

Aspect sensoriel :

Bonne ambiance olfactive car on se trouve loin du trafic.

Aspect physique :

Rues accessibles à divers véhicules.

Aspect esthétique :

Recherche esthétique au niveau des façades.

Aspect sécuritaire :

Réponse totale aux différents critères.

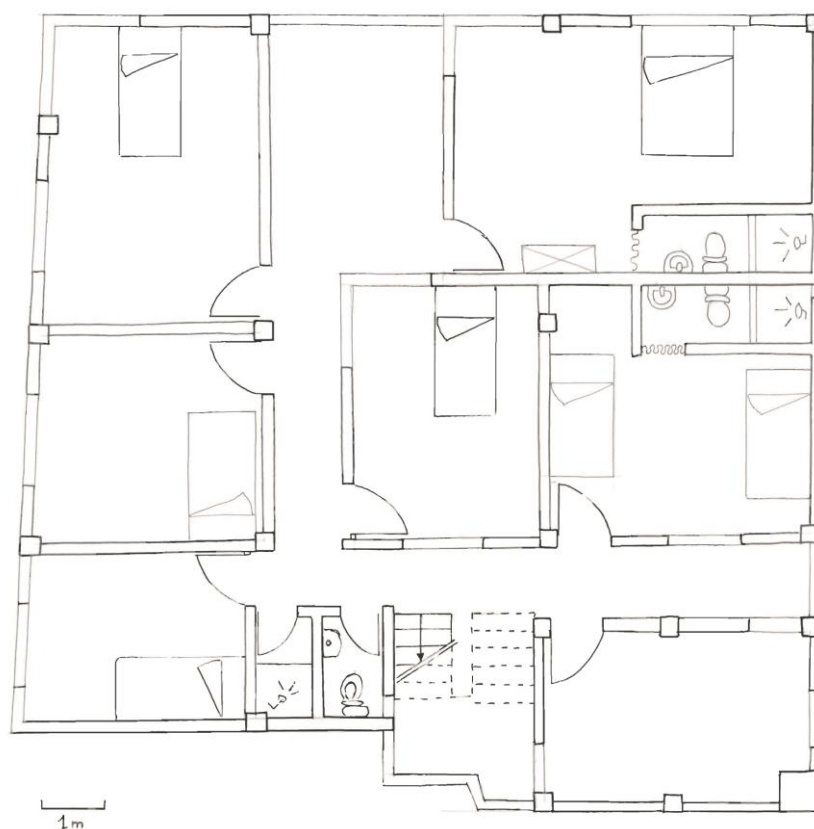


Figure 240 : Plan de l'étage de la maison 8

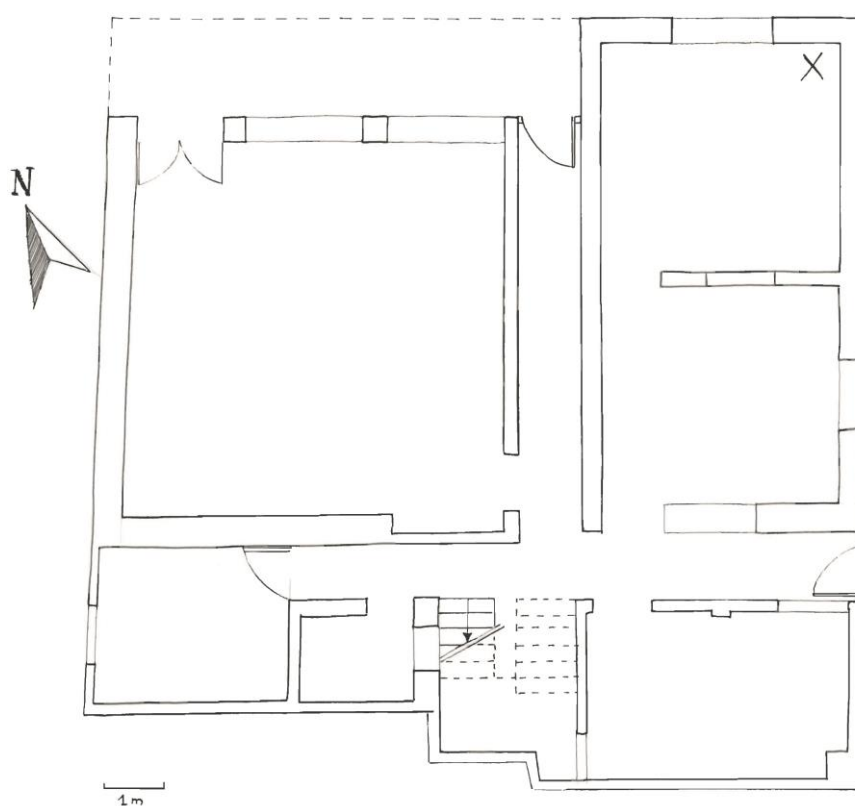


Figure 241 : Plan Rdc de la maison 8

Le X indique où le data-logger a été placé (dans la salle à manger)

Température :

Température extérieure : La température extérieure varie selon des cycles de différentes amplitudes. Elle monte en flèche à partir de 6h du matin où elle est à sa valeur la plus basse (entre 9° et 10°C). Le profil de variation de température extérieure décrit un pic qui se passe tous les jours entre 14 et 15h. Il atteint 44° C lors de la seconde journée d'enregistrement.

Les derniers jours d'enregistrement sont marqués par des températures plus clémentes (la plus haute est de 27° C)

Température intérieure : La température à l'intérieur de la salle à manger ne varie point ; elle décrit une ligne qui oscille entre 16 et 17°C.

Lors de la journée du 13/01, nous avons pour une différence de température extérieure de 10 à 44° (**34° de différence**) une température intérieure presque constante entre 16 à 17° (**1° de différence**)

C'est le cas qui présente la meilleure isolation remarquée en comparaison avec les 9 autres cas étudiés. Il faut noter que cette isolation est permise grâce aux murs épais d'adobe (les briques d'adobe ont été posées perpendiculairement au mur) à cela s'ajoute le cimentage de tous les murs, ce qui a pour effet de boucher les pores de l'adobe.

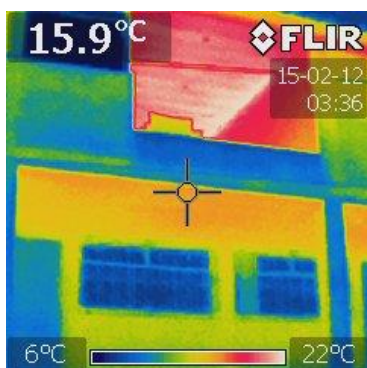


Figure 242 :

Image thermique de la façade principale prise à 21h36 :

Comme nous l'avons remarqué pour la maison 7, durant la nuit, le sol de la terrasse dégage la chaleur emmagasinée durant la journée.

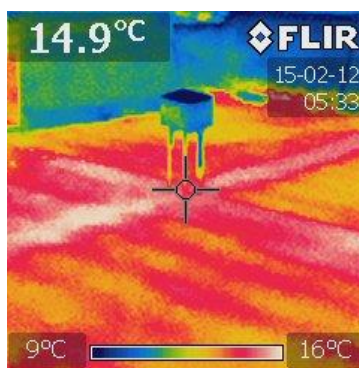


Figure 243 :

Image thermique de la terrasse prise à 23h33 :

C'est en effet les poutres en béton (couleur blanche) qui se croisent qui sont capables de stocker le plus de chaleur et ainsi la relâcher par effet d'inertie.

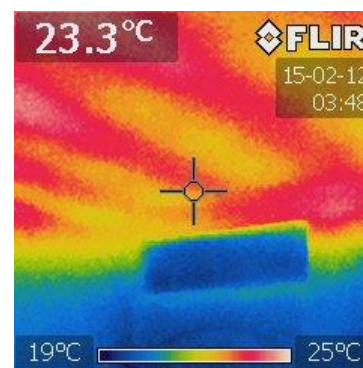


Figure 244 :

Image thermique du bureau situé au premier étage prise à 21h48 :

Au sein des pièces du dernier étage, le plafond joue un rôle prépondérant dans le réchauffement de la pièce.

Estimations du confort thermique selon la méthode Fanger : (détails en annexes p. 160)

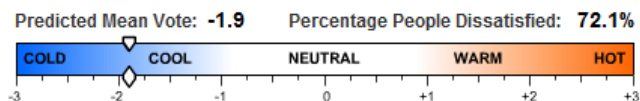


Figure 245 : Résultat du confort thermique à 00h00

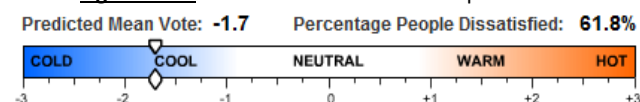


Figure 247 : Résultat du confort thermique à 08h30

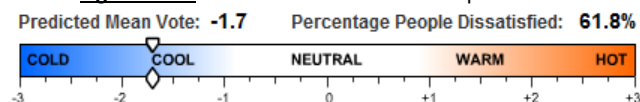


Figure 249 : Résultat du confort thermique à 16h00

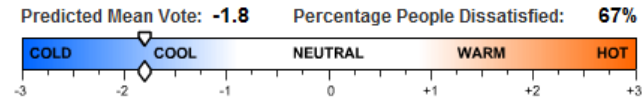


Figure 246 : Résultat du confort thermique à 04h00

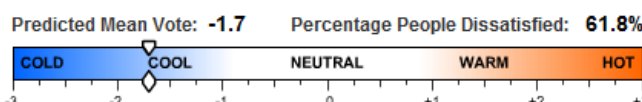


Figure 248 : Résultat du confort thermique à 12h00

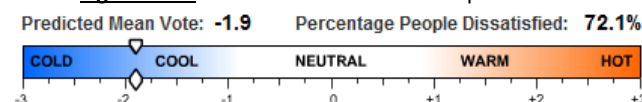


Figure 250 : Résultat du confort thermique à 20h00

La proximité des résultats obtenus par la méthode Fanger à différents moments de la journée et de la nuit confirme le profil invariable obtenu par le data-logger.

Que ce soit les résultats du data-logger ou par la méthode Fanger, l'ambiance au sein de la salle à manger du Rdc se caractérise par une température ne garantissant nullement le confort thermique.

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure : L'humidité relative extérieure atteint des taux maximaux à chaque fois vers 6h du matin (entre 85 et 90 %) puis chute brusquement. C'est lors de l'intervalle compris entre midi et 15h que se dessinent les pics vers le bas. Son taux chute jusqu'à 20% lors des premiers jours.

Humidité relative intérieure : Tout comme la température, le taux d'humidité relative intérieure semble ignorer complètement les fluctuations de l'ambiance extérieure et par conséquent, oscille légèrement entre 60 et 70%.

A aucun moment le confort hygrothermique n'est assuré.

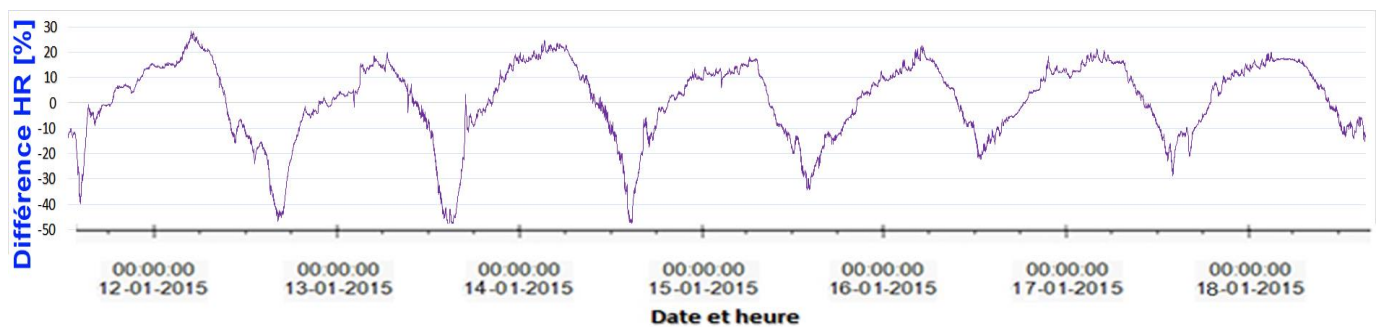
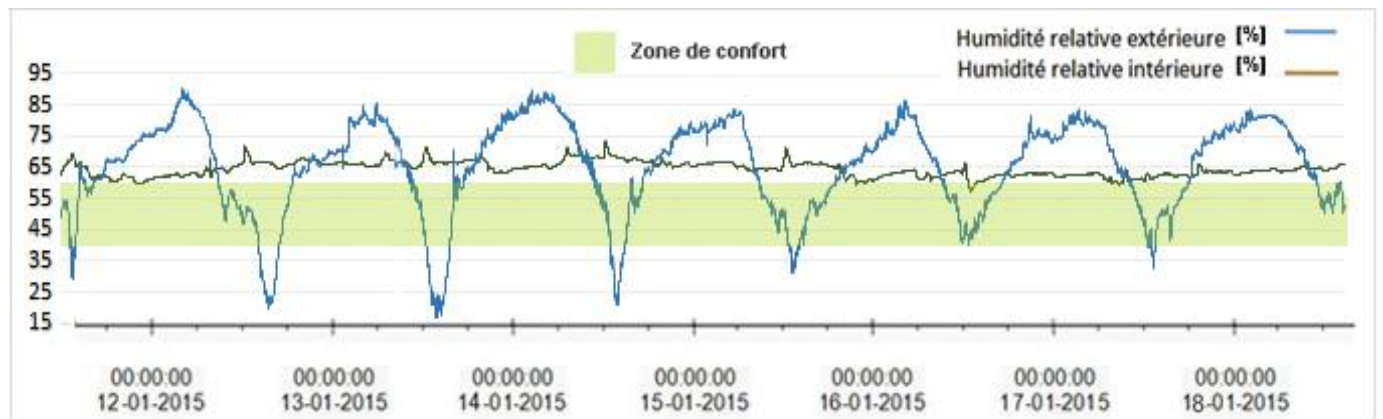
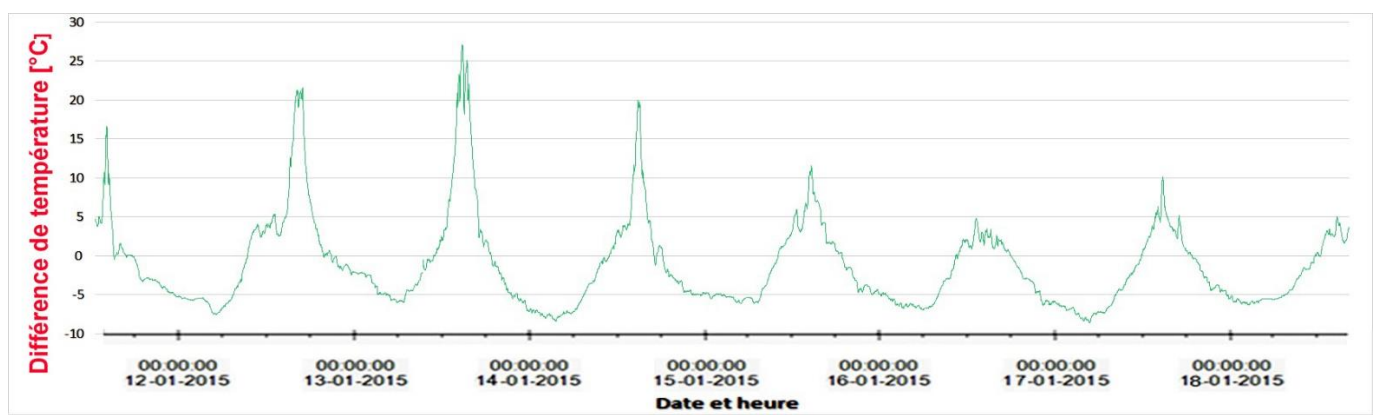
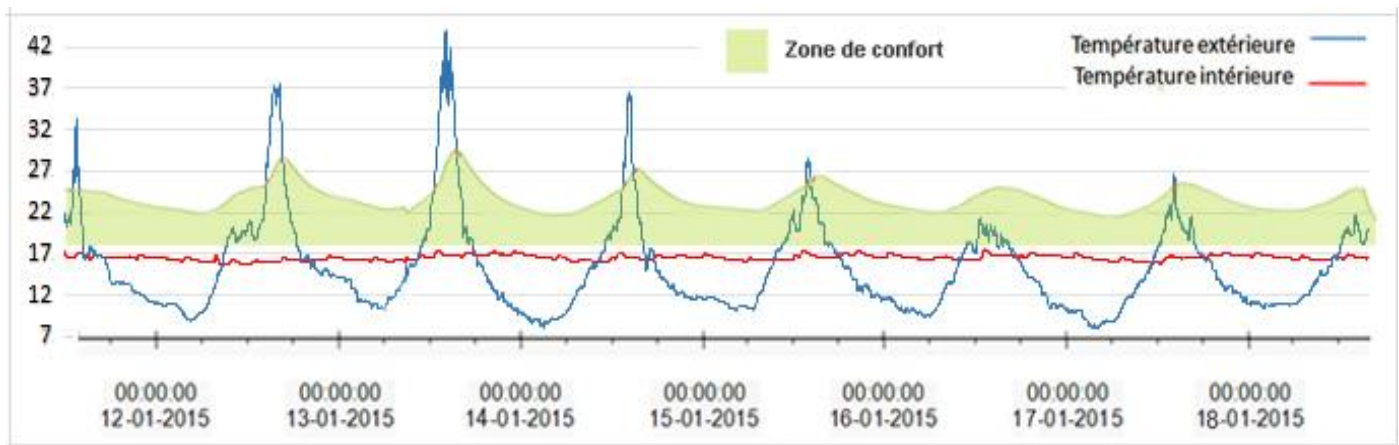


Figure 251 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 8.

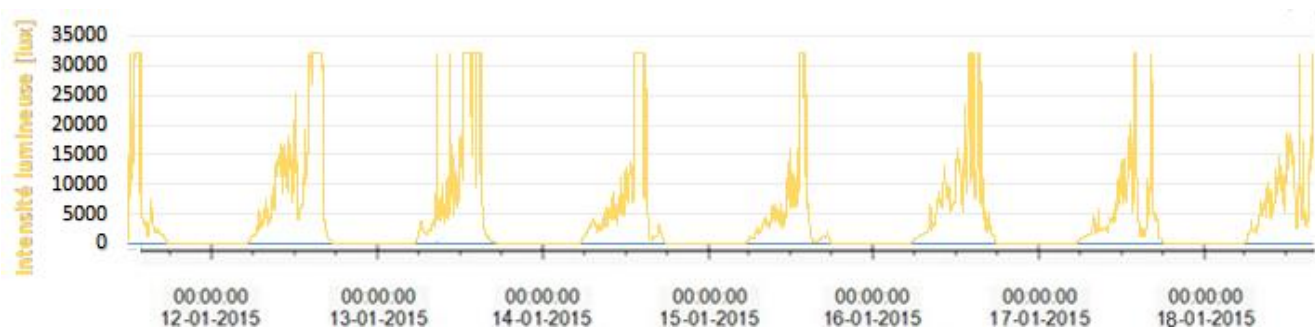


Figure 252 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 8.

L'intensité lumineuse :

Due à la différence immense de quantité d'intensité lumineuse que reçoit la terrasse de la maison (atteint 32500 lux entre midi et 16h). La comparaison ne peut être effectuée.

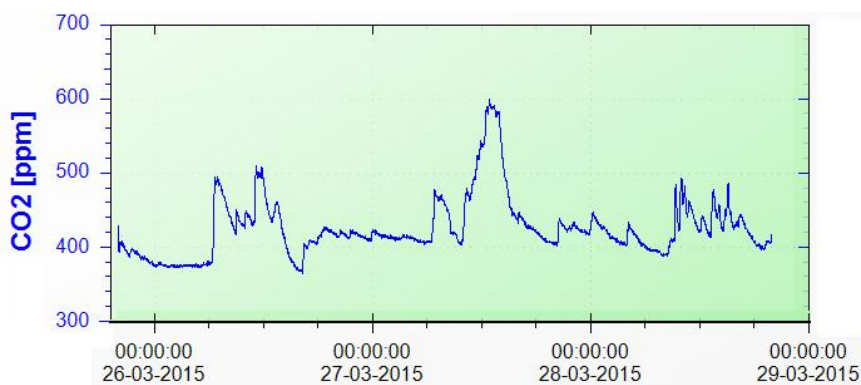


Figure 253 : Diagramme de CO2 de la maison 8.

Le taux de CO2 :

Le taux de CO2 reste dans un intervalle compris entre 400 et 600 ppm. Nous remarquons des petits pics aux heures des repas (à 7h et à midi) dû au fait que la famille se réunit dans cette pièce pour partager le petit déjeuner et le repas de midi. Le repas du soir est pris individuellement soit à l'extérieur, soit à la cuisine.

Ce taux de CO2 n'atteignant jamais la limite admise par l'OMS qui est fixée à 1000 ppm, on peut en conclure que l'environnement est sain pour les occupants.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (4 personnes ont répondu)

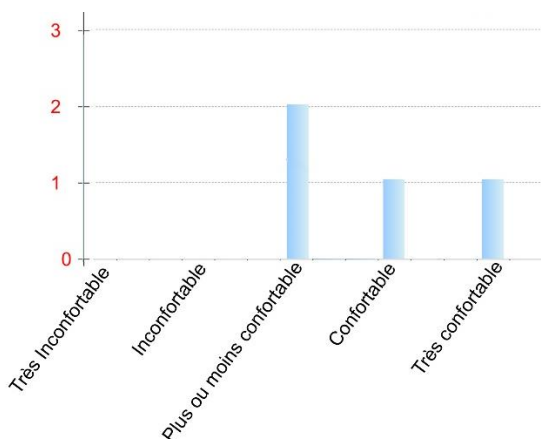


Figure 254 : Confort subjectif en été
Score subjectif = $\frac{1}{4}[(0 \times 2) + (1 \times 1) + (2 \times 1)] = 0,75$

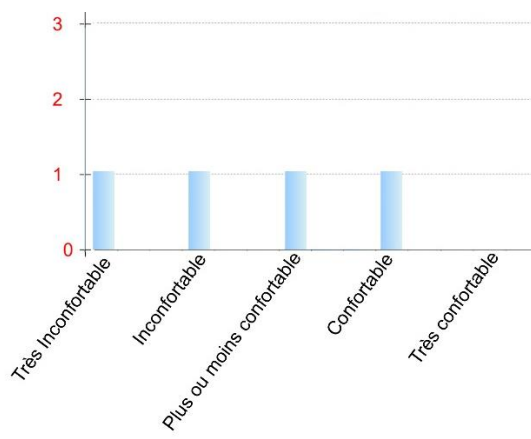


Figure 255 : Confort subjectif en hiver
Score subjectif = $\frac{1}{4}[(-2 \times 1) + (-1 \times 1) + (0 \times 1) + (1 \times 1)] = -0,5$

Habitomètre 8 : Maison hybride en ville alliant adobe et béton briques	29	7	4
--	----	---	---

Figure 256 : Habitomètre 8 (détails en annexes p. 170)

Entretien 8 : réalisé le 13 Avril 2015 avec Julio Constante TORRES ULLOA, le père de famille

Dans cette maison à l'allure moderne habite la famille TORRES. Depuis 6 ans, Les parents vivent séparés de leurs deux enfants ; Marlon, l'ainé est marié et vit avec sa famille pas loin de la plaza de armas, et la fille Viviana vit à Trujillo où elle étudie l'ingénierie civile.



La famille loue les chambres restées vides et par conséquent, des personnes extérieures à la famille partagent le quotidien des parents. Parmi ces personnes, il y a une américaine, membre de l'association « Cuerpo de paz » (corps de la paix), Franck, psychologue à l'hôpital de Huamachuco et un ingénieur.

Figure 257 : Photo avec la famille TORRES.

De gauche à droite :

Margarita, mère de famille, Franck, psychologue, Carolina, belle-fille, moi-même, Enith, amie de la famille, Alejandra et Cheyenne, membres de « Cuerpo de Paz » et finalement Julio, le père de la famille TORRES.

Julio est né à Huamachuco, sa femme Margarita est née à Lima. Elle est venue s'installer avec sa famille dans la ville natale de son père, Huamachuco, à l'âge de 12 ans. Juilo qui est âgé de 55 ans aujourd'hui, enseigne les sciences naturelles dans un collège tandis que son épouse travaille dans la bibliothèque municipale de Huamachuco. Le père a étudié à Ayacucho où il y a vécu 8 ans. Avant de s'installer dans la maison actuelle, Julio a vécu 3 ans sous le même toit que sa mère en compagnie de sa femme. En 1988, ils ont changé de maison lorsque les parents de Margarita ont décidé de quitter définitivement Huamachuco et d'aller s'installer à Lima, leur cédant la maison où ils vivaient. C'était une petite maison en pisé. Ils y ont vécu jusqu'en 2005 et lorsqu'ils avaient suffisamment d'argent, ils l'ont détruite pour bâtir la maison actuelle en béton et briques. Le premier niveau est presque entièrement en briques d'adobe disposées perpendiculairement au sens du mur, ce qui donne une largeur de 45 cm au mur. La raison derrière le recours à l'adobe était pour une économie de moyens. C'est Julio qui a dessiné les plans et qui a établi l'emplacement des colonnes pour supporter le second étage, il n'a eu recours ni à un ingénieur ni à un architecte car il estime qu'il a suffisamment de connaissances dans ce domaine. La construction a pris longtemps car elle s'est faite par étapes ; d'abord le premier niveau en adobe, la destruction d'une partie du premier niveau et le remplacement par des briques, le rajout des colonnes, le second niveau en béton et briques... Cela s'est étendu de 2005 à 2009. En ce qui concerne le chantier, seulement deux personnes étaient suffisantes ; le beau-frère et un maçon. La seule fois où la famille a eu recours à plusieurs personnes, c'était lors du coulage de la dalle de béton. Depuis 2009, il n'y a plus eu de travaux, mais la famille envisage de peindre l'intérieur en blanc et la façade en couleur crème avec l'intention de créer des cadres en pierre pour les fenêtres. Pour ce qui est de l'intérieur, Julio estime que les couloirs ont besoin d'être dotés d'un beau carrelage et il pense à fermer le balcon du second niveau et le rendre faisant partie de l'espace intérieur de la maison évitant ainsi les courants d'air qui participent à refroidir la maison. Julio a aussi le projet de transformer de faire des transformations sur l'espace du salon qu'il juge surdimensionné. Il a l'intention de le diviser en deux et de transformer la moitié qui donne sur rue en une papeterie.

« Nous avons choisi les « matériaux nobles » car c'est plus confortable et ça donne une meilleure présentation de la maison, c'est plus moderne ! Nous nous y sentons beaucoup mieux et quand nous recevons des personnes, on est contents de les accueillir dans notre maison »

Il est rare que Julio quitte sa maison pour une longue durée. Une fois par an, il accompagne son épouse à Lima pour rendre visite à sa famille mais il ne reste jamais plus de 15 jours. Pour voir sa fille, il va des fois 2 ou 3 jours à Trujillo. Julio se lève très tôt le matin, vers 4h, car il aime le silence de la nuit pour avancer dans ses travaux et recherches. Il prend son petit-déjeuner à 6h30 et une heure après, il se rend au collège qui est à 10 minutes de marche de la maison. Il s'estime chanceux de travailler que les matinées car cela lui permet d'avoir le temps d'avancer dans ses lectures personnelles. Il revient à la maison vers 15h, il prend son déjeuner puis fait une sieste d'une ou deux heures. Le soir il se consacre à sa famille et va se coucher vers 22h. Durant la journée, toutes les personnes quittent la maison pour aller travailler, seule la femme de ménage qui vient du lundi au vendredi, y reste pour préparer à manger ou nettoyer la maison. Les dépenses du ménage sont l'université d'ingénierie civile qui coûte 400 sols mensuels (114 euros) c'est le tarif réduit dont bénéficient les personnes originaires de Huamachuco. On trouve ensuite la facture de l'électricité qui varie de 60 à 90 sols par mois (17 à 25,70 euros) et pour ce qui est de l'eau du robinet, la famille paye le tarif universel mensuel de 8 sols (2,28 euros) mais avec l'avantage de disposer de l'eau 24 heures par jour.

« Je n'ai aucune intention de quitter ma maison, j'y suis très content, j'ai une chambre où je dors et une autre où je travaille. J'ai construit cette maison pour y rester et c'est là que je vais mourir... »

8 – 2 - Maison 9 : en ville constituée d'un bloc en pisé et d'un bloc en adobe (représente l'ensemble 17)



Figure 258 : Localisation de la maison 9



La maison 9 occupe l'angle d'un ilot et se distingue des autres habitations voisines par ses façades attrayantes. Elle est composée d'un volume principal construit en pisé et d'une seconde partie dédiée à la location, en U et formant un appendice à la maison familiale.

Figure 259 : Maison 9 occupant l'angle d'un ilot.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Maison équipée en divers équipements ; présence d'au moins une salle de bain par étage, production d'eau chaude, distribution en gaz, cuisine équipée en four, micro-ondes...

Aspect esthétique :

- Les façades sont agréablement composées, bien décorées et très bien entretenues.
- Tous les sols et tous les murs intérieurs sont dotés de revêtements.

Aspect sensoriel :

Bonne ambiance olfactive.

Aspect physique :

- Organisation spatiale concentrique autour du patio.
- Bon rapport entre les surfaces. Les chambres sont bien dimensionnées.
- Eclairage naturel insatisfaisant des chambres. Certaines pièces n'ont aucune fenêtre comme le salon.

Aspect sécuritaire :

Pas de problèmes à signaler.

Aspect social :

Brassage social satisfaisant par la diversité des personnes qui louent les chambres. L'organisation autour du patio favorise davantage les contacts entre d'une part, les membres de la famille et d'autre part, avec les locataires.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

La quartier est essentiellement réservé à la résidence. Il y a quelques épiceries et une boulangerie.

Aspect sociologique :

Fort brassage social.

Aspect sensoriel :

Bonne ambiance olfactive car on se trouve loin du trafic.

Aspect physique :

Rues accessibles à divers véhicules.

Aspect esthétique :

- Recherche esthétique au niveau des façades.
- Cohabitation entre architecture traditionnelles et quelques habitations modernes.

Aspect sécuritaire :

Réponse totale aux différents critères.

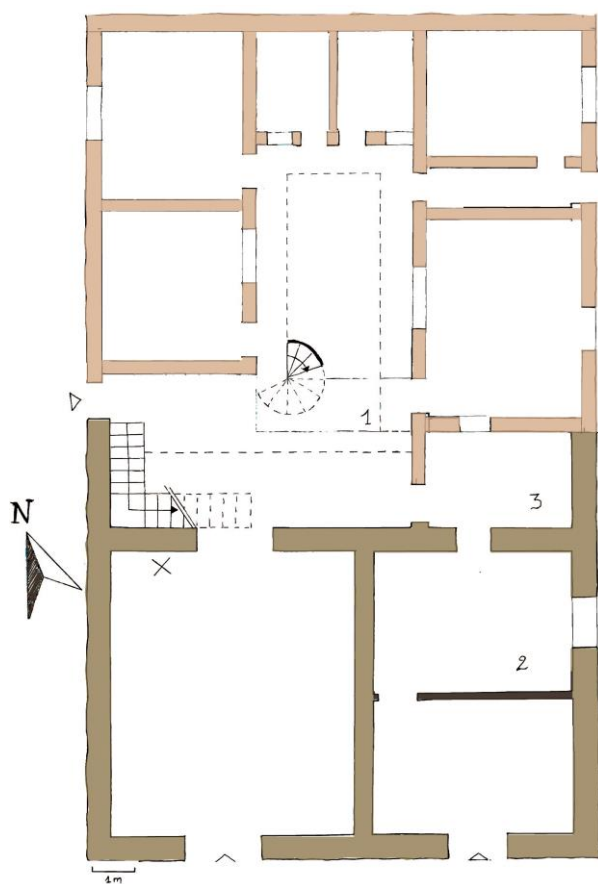


Figure 260 : Plan Rdc

Le X indique l'endroit où a été placé le data-logger.

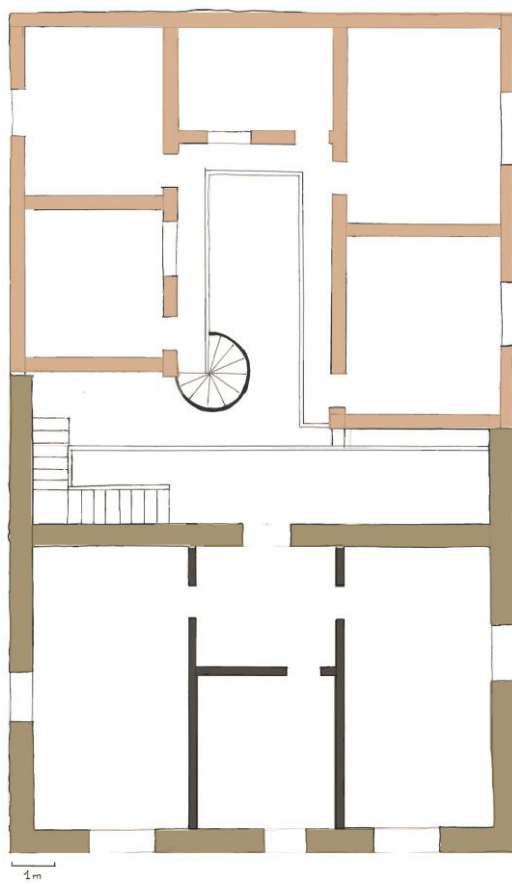


Figure 261 : Plan Etage



Figure 264 : Patio couvert
(indiqué par le chiffre 1 sur le plan du Rdc)



Figure 265 : Salle à manger
(indiqué par le chiffre 2 sur le plan du Rdc)



Figure 262 : Bloc en pisé



Figure 263 : Bloc en adobe



Figure 266 : Cuisine
(indiquée par le chiffre 3 sur le plan du Rdc)

Température :

Température extérieure :

Les pics de la température extérieure varient selon les jours. Certains jours, nous remarquons un seul pic à midi, et durant d'autres, nous remarquons une série de petits pics sur l'intervalle entre midi et 15h.

Durant la journée où l'on note l'écart le plus considérable, la différence atteint 19° (le 17/01).

La température la plus basse est enregistrée tous les jours à 6h du matin, elle varie de 8° à 11°C. A partir de 6h, la température monte en flèche puis redescend soit en décrivant un seul pic soit une série de petits pics. La température connaît une chute importante durant l'intervalle entre 15h et 18h puis continue de baisser durant toute la nuit mais de manière plus atténuée jusqu'à 6h du matin.

Température intérieure :

Le profil de variation de la température intérieure décrit une ligne droite qui décroît de 16° C le premier jour à 14°C le dernier jour de l'enregistrement. Quelques légères variations viennent perturber la rectitude de la droite. Ces changements de température se déroulent à midi, aux alentours de 18h et finalement entre 21h et 23h30. Nous pouvons supposer que ces variations coïncident avec les moments où la famille se retrouve dans le salon pour passer du temps ensemble. Ces variations ne sont nullement engendrées par le climat extérieur.

Nous avons alors pour des différences de température extérieure de **19° de différence** une variation intérieure de **0° de différence** (le 17/01).

Nous pouvons alors affirmer que la température intérieure ignore complètement les fluctuations de la température extérieure et en est indépendante. Nous rappelons que la pièce où le data-logger a été placé est le salon. Cette pièce n'a aucune fenêtre sur l'extérieur ou sur le patio. L'ambiance intérieure est de ce fait, complètement isolée de l'ambiance extérieure. L'enveloppe joue dans ce cas son rôle d'isoler l'intérieur et de le garder à ambiance constante.

Toutefois, **nous remarquons qu'à aucun moment la température intérieure n'atteint la zone de confort.**

La méthode Fanger confirme qu'à aucun moment le confort thermique n'est assuré (**détails en annexes p. 161**)

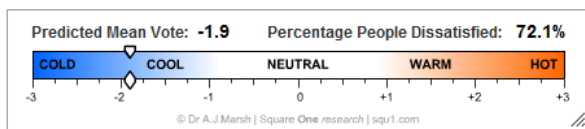


Figure 267 : Résultat du confort thermique à 08h30

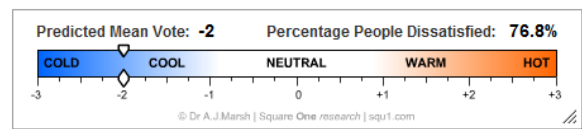


Figure 268 : Résultat du confort thermique à 12h00

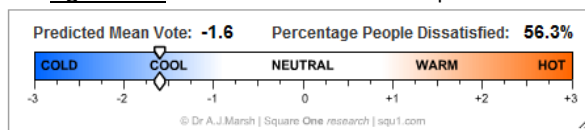


Figure 269 : Résultat du confort thermique à 15h30

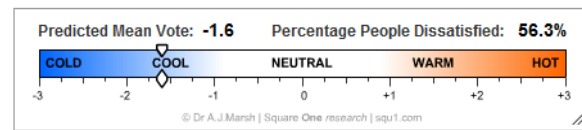


Figure 270 : Résultat du confort thermique à 18h30

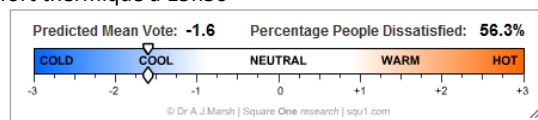


Figure 271 : Résultat du confort thermique à 21h00

La méthode de Fanger appliquée à divers moments de la journée du 06 Avril 2015 (détails en annexes p.) nous confirme le fait qu'à aucun moment nous nous situons dans la zone de confort mais bien dans une ambiance à basse température. La proximité des valeurs obtenues du PMV (de -2 à -1,6) confirme aussi l'état constant de l'ambiance intérieure.

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure :

Le taux d'humidité relative varie de manière régulière que ce soit pour les deux premiers jours des mesures ou les 5 derniers jours. Il monte en flèche à partir de midi, se stabilise à partir de 18h aux alentours de 90% puis chute brusquement à partir de 6h du matin.

Humidité relative intérieure :

Tout comme le profil de variation de la température intérieure, la variation du taux d'humidité relative intérieur décrit une droite allant de 65% à 70%. Les quelques perturbations qui cassent la rectitude de la droite se passent aux mêmes instants que les variations remarquées de la température intérieure. Nous pouvons alors affirmer qu'elles sont dues à la présence d'occupants et non pas au climat extérieur.

La constance du taux d'humidité relative confirme que l'enveloppe joue parfaitement son rôle d'isoler l'intérieur des fluctuations de l'extérieur.

Pour ce qui est du confort hygrothermique, à aucun moment les conditions de confort ne sont remplies.

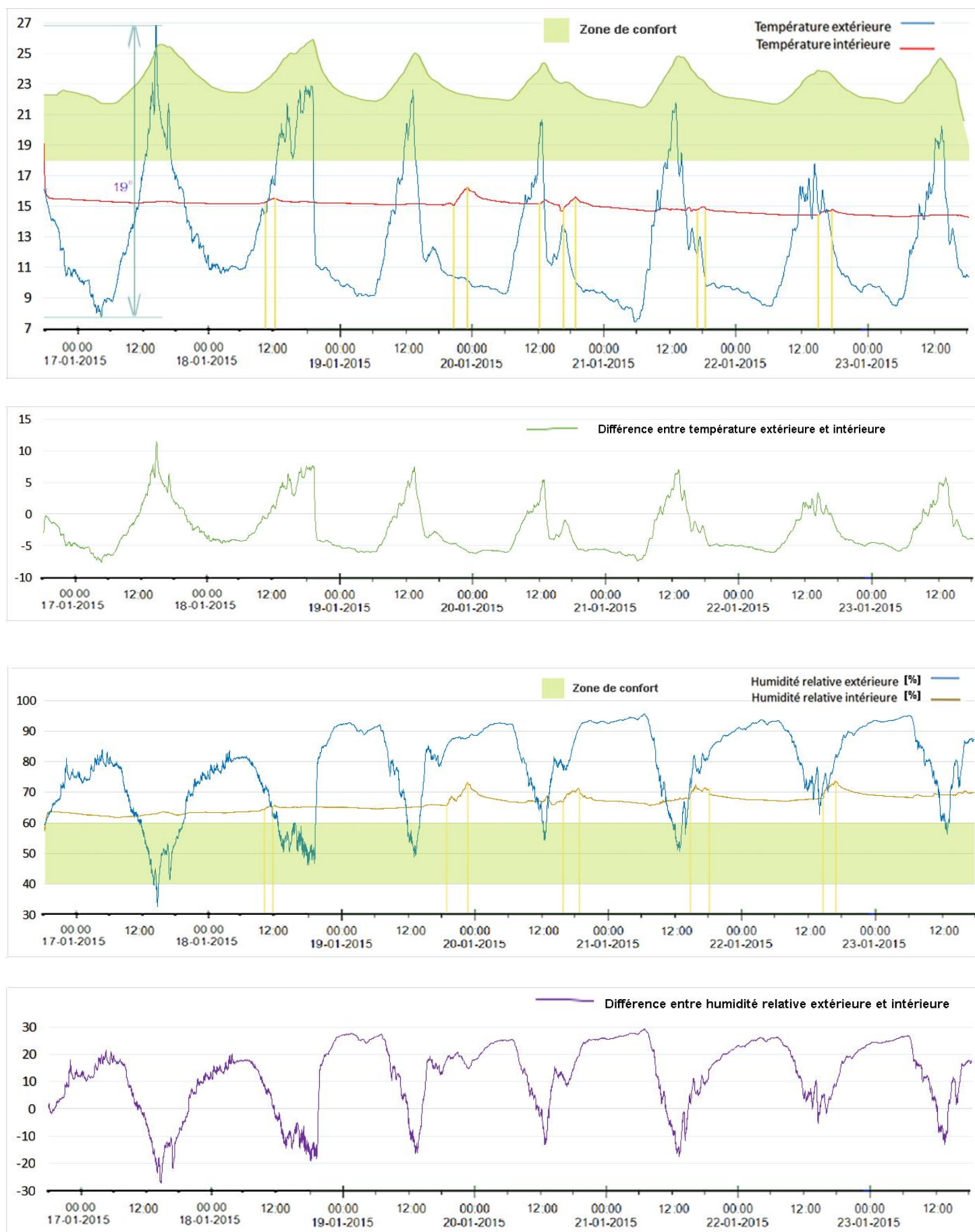


Figure 272 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 9.

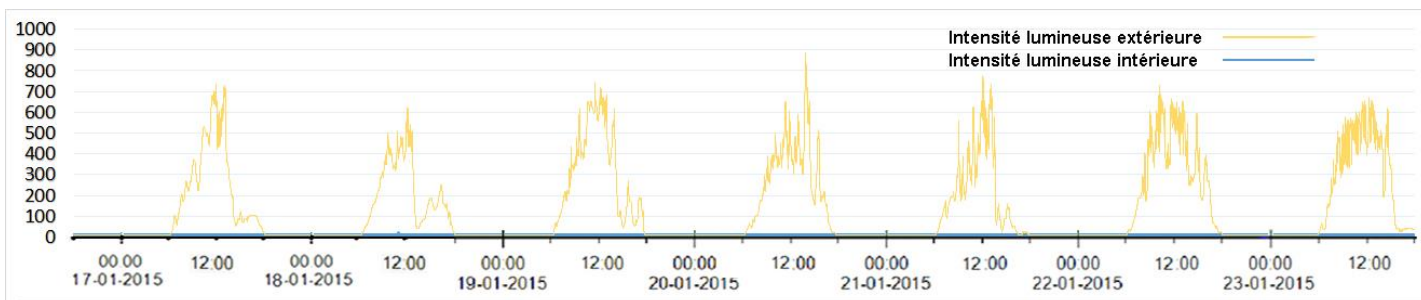


Figure 273 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 9.

L'intensité lumineuse :

La pièce mesurée ne dispose d'aucune fenêtre sur l'espace extérieur, il est tout à fait normal que la quantité de lumière qui pénètre l'intérieur reste nulle.

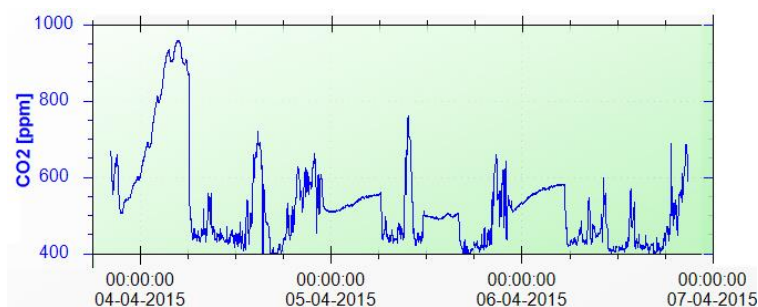


Figure 274 : Diagramme du taux de CO2 de la salle à manger de la maison 9.

Le taux de CO2 :

Le première nuit de mesure a coïncidé avec une petite fête organisée par la famille et qui a duré jusqu'au petit matin. Nous remarquons la montée en flèche du taux de CO2 à partir de 21h, dû à la présence grandissante des conviés. A partir de 6h du matin, le taux de CO2 chute à son état ordinaire et, dès lors varie entre 400 et 600 ppm n'atteignant jamais la valeur critique des 1000 ppm. Les pics du taux de CO2 se passent aux alentours de 15h durant la journée et aux alentours 21h durant la soirée. Ce qui correspond aux heures de repas. Durant la nuit, entre minuit et 6h du matin, le taux de CO2 croît lentement de 500 à 550 ppm.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (5 personnes ont répondu)

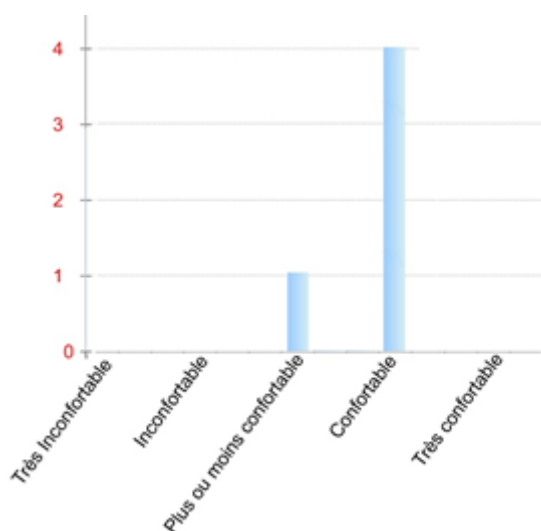


Figure 275 : Confort subjectif en été
Score subjectif = $1/5[(0 \times 1) + (4 \times 1)] = 0,8$

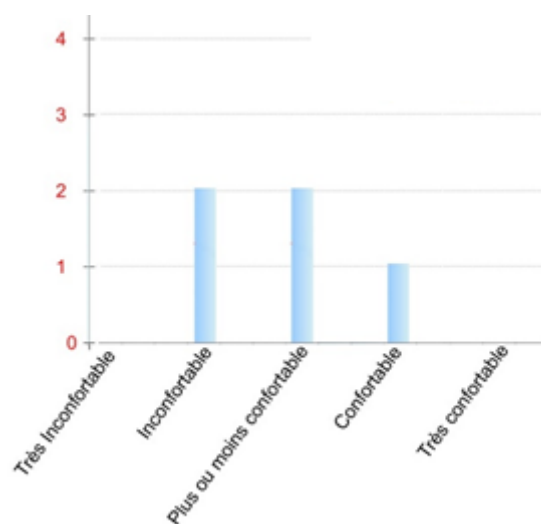


Figure 276 : Confort subjectif en hiver
Score subjectif = $1/5[(-1 \times 2) + (0 \times 2) + (1 \times 1)] = -0,25$

Habitomètre 9 : Maison en ville constituée d'un bloc en pisé et d'un bloc en adobes

33  3  4 

Figure 277 : Habitomètre 9 (détails en annexes p. 171)

Entretien 9 : réalisé le 3 Avril 2015 avec Enrique PAREDES CASTALLO, le père de famille

C'est dans cette maison à une quinzaine de minutes de la plaza de armas que vit la famille CASTALLO. Elle est composée des parents, de trois filles et du fils de l'une d'entre elle, un septième membre ne vit plus sous le toit familial car il étudie depuis 2 ans à Trujillo. A trois heures de Huamachuco se trouve la ville natale d'Enrique, Chougay. Son épouse est née à Huamachuco. C'est dans cette dernière que la famille vit depuis 1987, année de mariage des parents.

Ils ont toujours vécu dans cette maison mais des travaux étaient de rigueur lorsque la famille a commencé à s'agrandir. La seule raison qui pousse la famille à quitter la maison est le besoin de visiter leurs proches à Trujillo. C'est la seule famille parmi les 10 avec qui nous sommes entretenus qui dispose d'une voiture. Malgré cela, pour les déplacements courts, la famille préfère prendre une mototaxi car c'est plus simple et c'est moins cher, seulement 3 sols l'aller-retour (l'équivalent de 0,85 euros).



Dans le ménage, quatre personnes travaillent ; les deux parents sont enseignants, la fille aînée travaille dans un bureau d'avocats, la deuxième est infirmière et la dernière est encore au collège.

Figure 278 : Photo avec la famille CASTALLO.

De gauche à droite :
Enrique, sa fille Daisy, moi-même et la mère de famille.

Quand Enrique a acheté la maison, elle n'était constituée que de la partie en pisé, bénéficiant d'une grande arrière-cour. Le choix de cette demeure a été justifié par le prix, la proximité de la plaza de armas et surtout du collège où il enseigne. Aucune attention n'a été prêtée à l'orientation ou l'éclairage que recevait la maison, seulement le prix et sa localisation ! La maison n'est pas très loin non plus de la source « agua de pajaritos » d'où ils s'approvisionnent en eau potable. Au fur des années, la nécessité d'agrandir l'habitation se faisait de plus en plus ressentir. Enrique a alors décidé de sacrifier l'arrière-cour en la transformant en un petit patio et de regrouper l'extension autour de ce dernier. Il a dessiné lui-même les plans et a ensuite, fait appel à un ouvrier de l'adobe pour l'édification de la nouvelle partie. Cette dernière permet d'avoir 8 chambres de plus dont certaines sont louées, ce qui permet de s'assurer un gain en plus des salaires des personnes qui travaillent. Pour donner une certaine unité à l'ensemble, Enrique a procédé à un cimentage des façades donnant sur rues, et a peint les deux parties des mêmes couleurs ayant comme intention de rendre sa maison attrayante car il a cette vision que la façade de la maison ne sert pas uniquement aux occupants mais c'est aussi la meilleure manière de rendre une rue agréable. C'est l'ensemble des membres de la famille qui se sont concerté pour élire la composition des couleurs. Le dernier changement apporté à la maison est la couverture du patio pour se doter d'un espace protégé des intempéries. Cet espace couvert a de nombreuses fonctions ; c'est un lieu de rencontre entre les locataires et la famille, c'est un espace de jeu pour les enfants et c'est aussi un prolongement de la cuisine, on y lave la vaisselle et le linge. Les changements envisagés sont d'ouvrir plus de fenêtres car à part le patio central, le reste de la maison est continuellement plongé dans l'obscurité.

« Je trouve les maisons en pisé un peu rustiques à mon goût. Les dimensions des fenêtres y sont trop petites ne permettant pas d'avoir suffisamment de lumière naturelle. C'est pour cela que j'ai opté pour les briques d'adobe pour l'extension, elles m'ont permis aussi d'avoir plus de surface libre à l'intérieur. J'aurais pu choisir les « matériaux nobles » mais c'est beaucoup trop cher en comparaison avec l'adobe... »

Enrique est fier de la nouvelle organisation de sa maison. Chacun vit dans sa chambre qu'il peut décorer de la manière qu'il souhaite, jouissant d'une intimité et d'une superficie allant de 16 à 20 m².

Enrique est matinal, il se lève à 5h du matin et ne travaille que les matinées. A Huamachuco, les cours à l'école ne sont données que durant la moitié de la journée. Cela permet aux parents de s'alterner à aller travailler pendant que l'un des deux reste à la maison pour gérer la boutique.

« A l'avenir, je songe sérieusement à démolir la partie la plus ancienne en pisé et reconstruire une nouvelle habitation en « matériaux nobles », nous bénéficierons alors de plus de lumière du jour... »

8 – 3 - Maison 10 : hybride en ville alliant adobe et pisé (représente l'ensemble 18)



Figure 279 : Localisation de la maison 10



La maison 10 est une habitation construite en pisé. Les cloisons intérieures et la cuisine sont, quant à eux, érigés en briques d'adobe.

Le muret devant la maison se caractérise par des slogans politiques.

« - Pourquoi y a-t-il des slogans de partis politiques sur votre façade ?

- C'était durant la campagne des élections, on est venu frapper à ma porte pour avoir ma permission pour peindre la façade. J'étais content car cela me permettrait d'avoir de la couler sur ma façade. Avec ces slogans, la maison est devenue facilement repérable pour les personnes qui veulent venir acheter des briques d'adobe. »

Figure 280 : Muret peint de slogans politiques séparant la cour de la maison de l'espace public de la rue.

Observations relatives à la maison :

Aspect équipement :

Absence de la salle de bain et de la production d'eau chaude

Aspect physique :

- Insuffisance du nombre des pièces
- Eclairage naturel quasi-absent à l'intérieur de l'habitation.
- Absence de ventilation dans les chambres à coucher.
- Circulation intérieure difficile.

Aspect sensoriel :

Ambiance olfactive défavorable à cause du manque de ventilation dû à l'absence de fenêtres.

Aspect esthétique :

- Aucun revêtement n'est présent ni sur le sol, ni sur les murs.
- Absence totale de recherche esthétique.

Aspect sécuritaire :

Sécurité insatisfaisante par rapport aux moyens d'accès à l'habitation à partir de la cour. Seule une vieille échelle assure la liaison. Cette dernière est instable et durant la nuit aucun éclairage n'assure la visibilité des lieux.

Aspect social :

Absence totale d'intimité entre les parents et leurs enfants.

Observations relatives au voisinage :

Aspect équipement :

Absence de plusieurs équipements de proximité notamment la crèche, l'école, le centre de santé...

Aspect sociologique :

Brassage social assez faible.

Aspect sensoriel :

Bonne ambiance olfactive car peu de trafic.

Aspect physique :

Les rues sont accessibles à divers véhicules.

Aspect esthétique :

Recherche esthétique rappelant le tissu traditionnel.

Aspect sécuritaire :

Pas de problème à signaler.

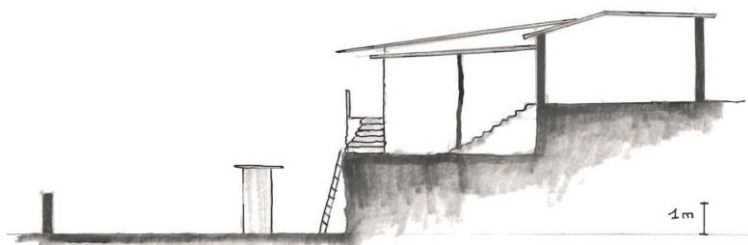


Figure 281 : Coupe longitudinale sur le terrain de la maison.

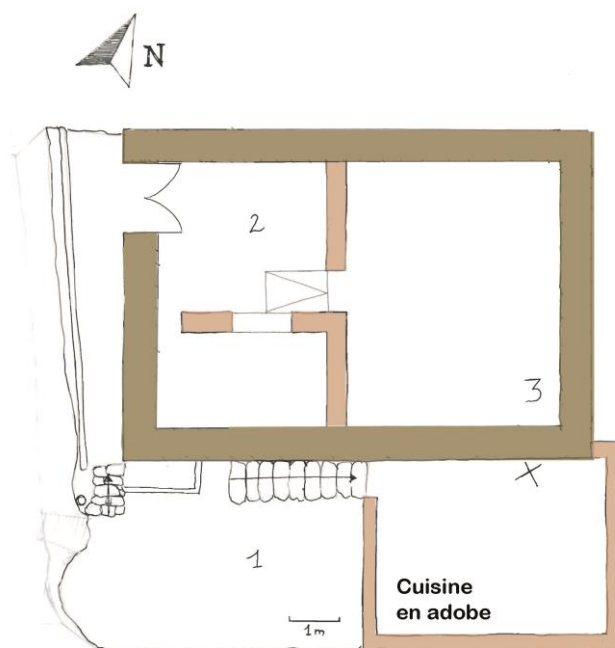


Figure 282 : Plan de l'habitation 10.
Le X indique l'endroit où a été placé le data-logger.



Figure 283 : Cabine de WC qui sert aussi de lieu de douche



Figure 284 : Espace de repos et de tissage de laine
(indiqué par le chiffre 1 sur le plan)



Figure 285 : Salon
(indiqué par le chiffre 2 sur le plan)



Figure 286 : Chambre à coucher
(indiquée par le chiffre 3 sur le plan)

Température :

Température extérieure : La température extérieure varie presque de la même manière durant ces jours de mesures. Elle monte en flèche à partir de 6h du matin et atteint sa valeur maximale tous les jours à midi. Elle chute ensuite pour se stabiliser et ne plus trop varier durant tout l'intervalle qui va de 18h au lendemain à 6h.

Température intérieure : Tout comme nous l'avons déjà remarqué pour les habitations érigées en briques d'adobe, la variation de température de la cuisine suit conformément la variation de la température extérieure à un tel point que les deux courbes peuvent se superposer. Nous pouvons lire sur le diagramme des différences de température que durant la majeure partie des mesures, seulement 2 ou 3° séparent les deux ambiances, sauf à midi où l'écart atteint jusqu'à 8°C. Nous avons lors de la journée du 21/01, pour une différence de température extérieure de 7 à 22° (**15° de différence**) une variation intérieure qui va de 11 à 28° (**18° de différence**)

Le lien si étroit entre les deux courbes nous fait connaître l'état défaillant et alarmant de l'enveloppe.

Ceci s'explique par le fait que cette enveloppe est discontinue en certaines zones. En effet, de gros vides séparent les murs et la toiture. D'autres interstices de parfois 1 cm s'intercalent entre les briques d'adobe. C'est ce qui rend l'enveloppe défaillante et permet une ventilation de l'intérieur de la pièce provoquant l'absence totale d'une quelconque isolation. Le confort thermique est assuré tous les jours généralement de 10 à 13h, cela peut durer jusqu'à 17h lors des deux derniers jours d'enregistrement.

Nous constatons des cas de surchauffes qui surviennent presque tous les jours aux alentours de midi.

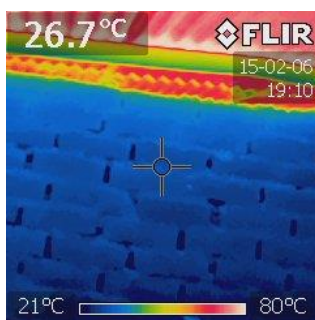


Figure 287 (à gauche) :

Image thermique prise à 13h10 :

Elle montre l'importance des déperditions de chaleur par le biais des interstices entre les briques d'adobe. La différence de température entre la paroi et la toiture en calamine est extrêmement importante.

Figure 288 (à droite) :

Image thermique prise à 13h08 :

Elle montre les déperditions de chaleur à travers le vide situé entre la toiture et le mur. A noter l'importante chaleur qui émane de la toiture.



Les images thermiques nous montrent que la surchauffe que connaît la cuisine aux alentours de midi est en effet due à sa couverture en calamine. La calamine, faite en métal, est extrêmement conductrice de la chaleur.

Estimations du confort thermique par la méthode Fanger (détails en annexes p. 162)

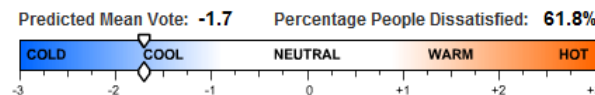


Figure 289 : Résultat du confort thermique à 9h00

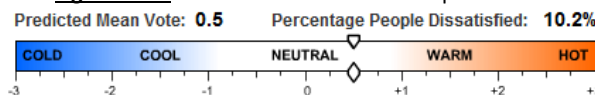


Figure 291 : Résultat du confort thermique à 15h00

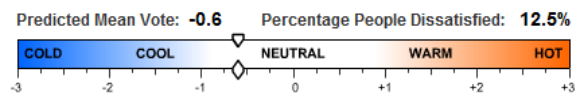


Figure 290 : Résultat du confort thermique à 13h00

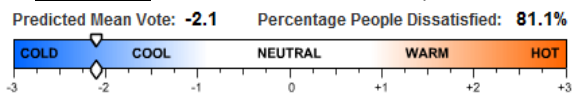


Figure 292 : Résultat du confort thermique à 18h00

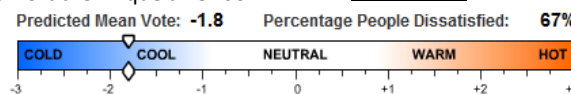


Figure 293 : Résultat du confort thermique à 21h30

Les résultats si différents entre les divers instants d'estimation du confort thermique par la méthode Fanger convergent avec les résultats obtenus par le data-logger comparés à la zone de confort. Aux alentours de midi, nous nous situons dans une ambiance confortable, on frôle la surchauffe à 15h et le reste du temps, on est en dehors de la zone de confort.

L'humidité relative :

Humidité relative extérieure : Elle varie selon des cycles similaires ; elle chute à partir de 6h du matin, Elle atteint tous les jours sa valeur minimale à midi puis monte en flèche. A partir de 18h et jusqu'au lendemain à 6h, le taux n'augmente que de 5 ou 10%.

Humidité relative intérieure : Les remarques émises pour la température intérieure s'appliquent parfaitement à l'humidité relative intérieure.

Les deux courbes relatives aux deux ambiances intérieure et extérieure peuvent se superposer. Aucune différence dans la manière de varier du taux d'humidité relative n'est perceptible entre l'ambiance intérieure et extérieure. Nous constatons que la seule différence est que le climat extérieur connaît un taux plus important durant la majeure partie du temps de mesure de 10 à 15 % (voire le diagramme des différences d'humidités).

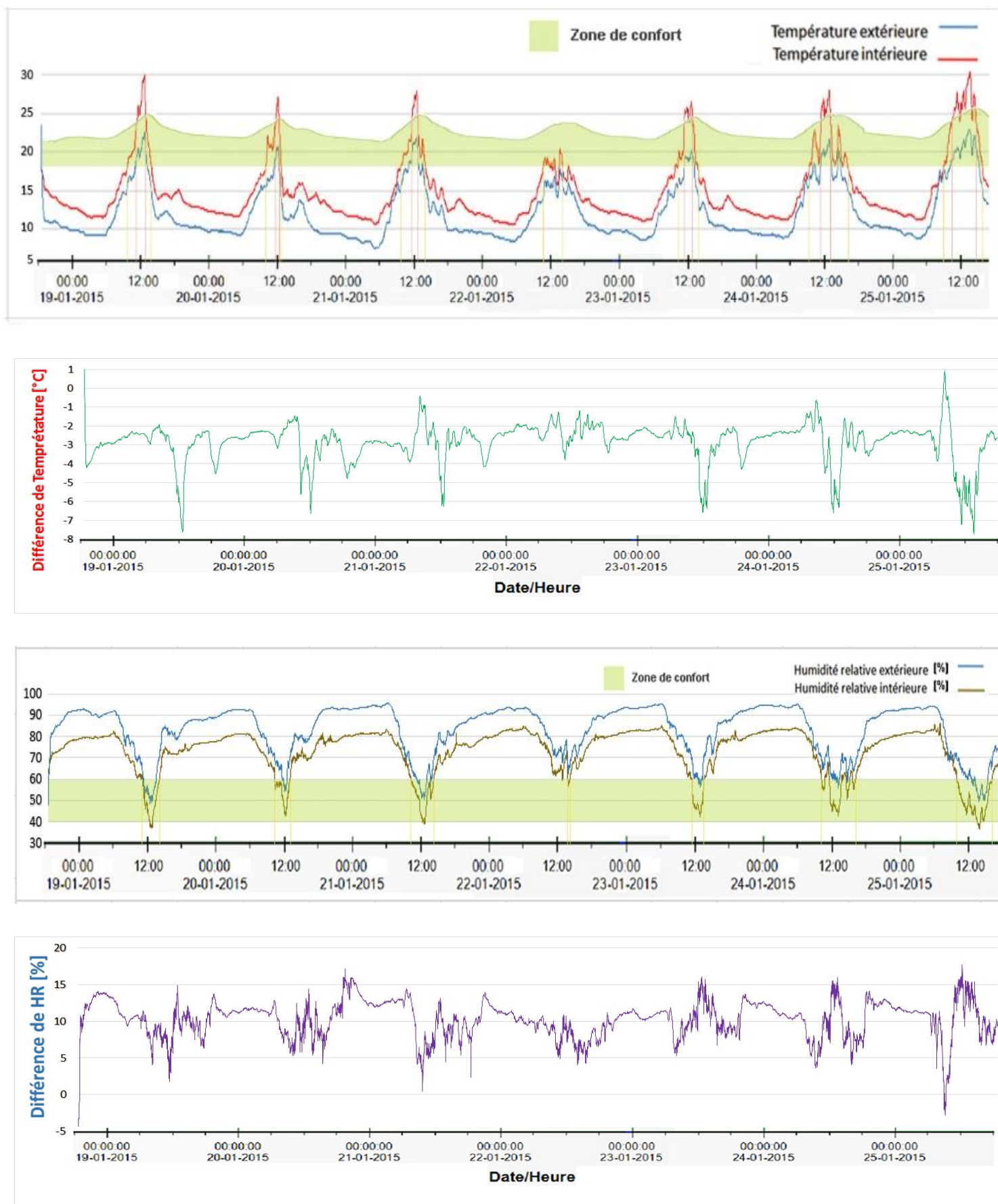


Figure 294 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 10.

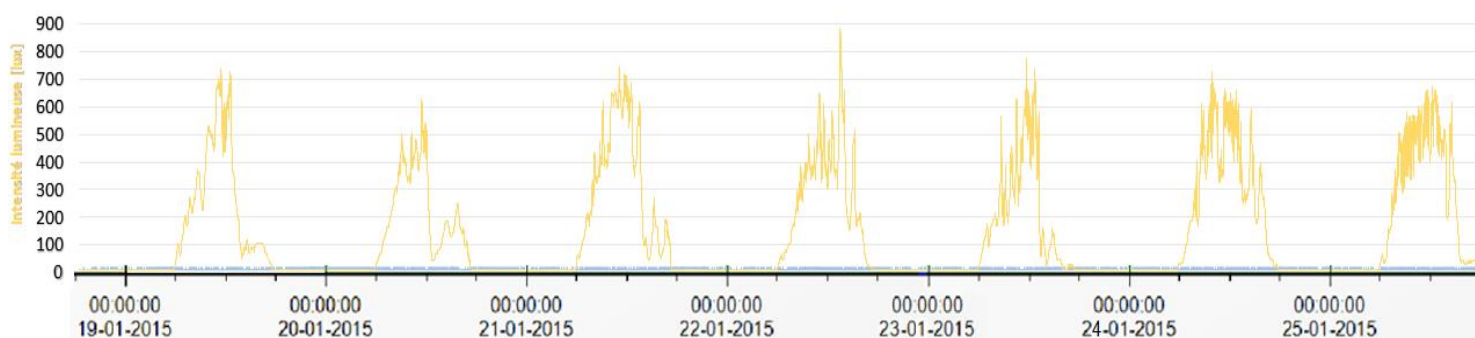


Figure 295 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 10.

L'intensité lumineuse :

Le data logger, étant placé dans un lieu de travail devant la cuisine protégé par une toiture en calamine réduisant l'ensoleillement, les valeurs maximales d'intensité lumineuse restent modestes atteignant des pics entre 700 et 900 lux à midi. La cuisine dépourvue de fenêtre, est plongée dans le noir quel que soit l'heure de la journée.

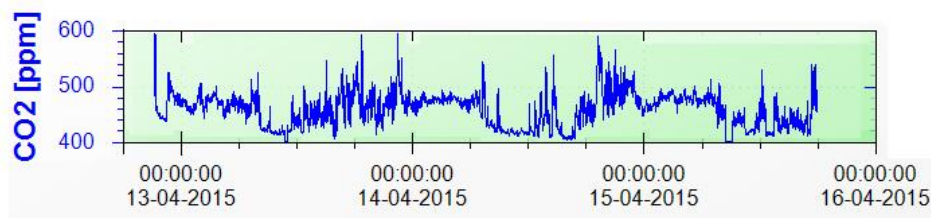


Figure 296 : Diagramme de variation du taux de CO2 de la maison 10.

Le taux de CO2 :

Grâce à la ventilation continue de la pièce par le biais de la discontinuité de l'enveloppe, le taux de CO2 reste dans un intervalle entre 400 et 600 ppm.

Nous remarquons que la variation du taux de CO2 varie d'une manière cyclique : de minuit à 7h du matin, le taux reste constant et équivaut à 500 ppm puis il chute progressivement à 400 ppm pour connaître à nouveau une hausse vers midi.

Résultat du questionnaire sur le confort thermique : (4 personnes ont répondu)

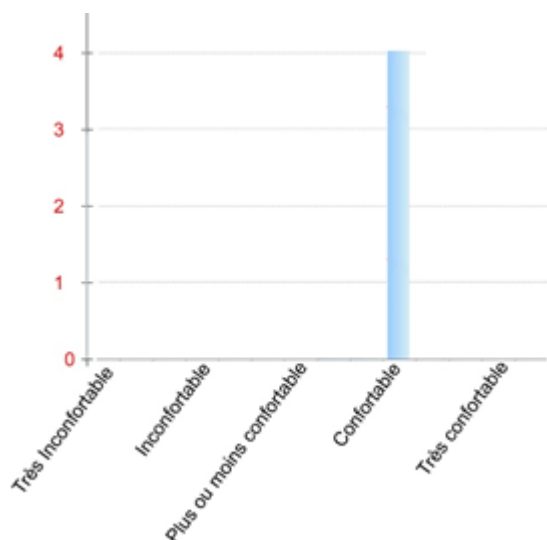


Figure 297 : Confort subjectif en été
Score subjectif = $1/4(4 \times 1) = 1$

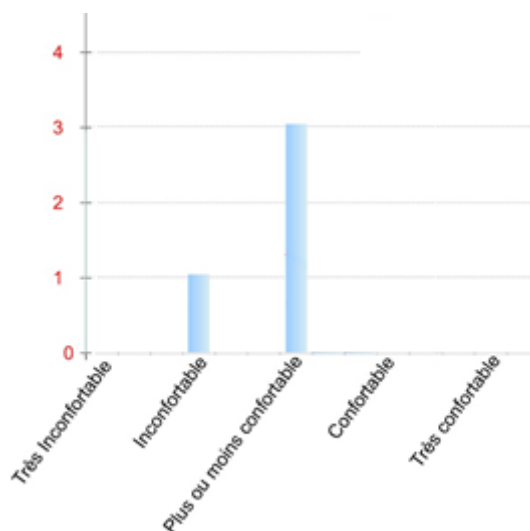


Figure 298 : Confort subjectif en hiver
Score subjectif = $\frac{1}{4}[(-1 \times 1) + (0 \times 3)] = -0,25$

Habitomètre 10 : Maison hybride en ville alliant adobe et pisé	11	11	18
---	----	----	----

Figure 299 : Habitomètre 10 (détails en annexes p. 172)

Entretien 10 : réalisé le 10 Avril 2015 avec Elias Edilbrando AMARANTO ALBARADO

Dans cette maison du quartier Fatima au nord de Huamachuco, se trouve la maison de la famille AMARANTO.

Elias est né à Santa Rosa Uninganbal, il a 7 frères et une sœur. A l'âge de 13 ans, il a quitté sa ville natale pour s'installer avec sa famille à Viru, située à 1h30 de Trujillo. Sa femme est originaire de Huamachuco, elle a 3 frères et 2 sœurs.



C'est une famille recomposée, la mère vit avec ses deux premiers enfants avec Elias, 42 ans, avec qui elle a eu deux autres enfants. Elias a deux emplois, il travaille dans la fabrication de matériaux de construction et est aussi en tant qu'agriculteur. C'est pour cette raison qu'il doit retourner à Santa Rosa Uninganbal chaque deux ou trois mois où se trouve le terrain qu'il cultive.

Figure 300 : Photo avec la famille ALBARADO. De gauche à droite :

Milton, 14 ans, second fils du premier mariage de la mère, Luis, 9 ans, et Katie, 2 ans, sont les enfants du second mariage, moi-même, la mère et Elias, le père de famille.

Avant de s'installer à Huamachuco en 2011, la famille vivait à Viru. La raison principale derrière ce déménagement est la volonté d'offrir une bonne éducation aux enfants. C'est donc en 2011 qu'ils ont construit la maison mais Elias avait déjà acheté le terrain en 2001. C'est un terrain de 20x10 m, il l'a eu au prix de 3000 sols (854,70 euros). Il estime que c'est l'affaire de sa vie car après la bulle immobilière de 2008, les prix ont monté en flèche et à présent le m² vaut 1000 sols (285 euros). Avec l'aide de son beau-frère, Elias a construit la maison petit à petit. Cette dernière a été conçue pour servir d'abri temporaire car le projet initial de la famille était de se servir de la terre du terrain qui était en forte pente pour réaliser des briques d'adobe destinées à la vente. Quand tout le terrain sera au même niveau que la rue, alors la famille pourra bâtir sa nouvelle maison qui sera permanente. Une partie importante de cet investissement viendrait justement du projet de vente des briques d'adobe. Au départ, l'habitation n'était constituée que d'une seule et grande pièce construite en pisé. Le choix du pisé était justifié pour des raisons économiques. Il suffisait de louer le coffrage appelé « parada » qui coûte 37 sols par jour (10,50 euros). L'édification des murs en pisé a pris 6 jours. L'intention était d'avoir où se loger le plus rapidement possible. Ensuite, Elias a procédé à la division de cet espace en se servant des briques d'adobe qu'il avait moulées en parallèle, créant ainsi une chambre à coucher, une petite chambre indépendante pour la fille aînée ainsi qu'une pièce qui peut être assimilée à un salon. La cuisine a été rajoutée en dernier. Pour le toit, la famille avait commencé par utiliser des plaques d'éternit mais cela leur a coûté tellement cher qu'ils ont opté pour la calamine – qui coûte 4 fois moins cher – pour couvrir le reste. La toiture a coûté en tout 1100 sols (313,40 euros). La consommation en électricité coûte au ménage approximativement 10 sols mensuels (2,85 euros). La lumière artificielle n'est pas disponible dans toutes les parties de la maison. La famille utilise les casques des mineurs dotés d'une torche durant la nuit pour aller aux toilettes situées dans la cour. L'eau revient à 6 sols par mois (1,70 euros). A cela s'ajoute la taxe sur la propriété du terrain qui est de 27 sols annuels (7,70 euros) et la location d'un petit morceau de terre pas loin de la maison où ils cultivent du maïs.

« Quand j'ai voulu construire ma maison, j'ai commencé par fabriquer les briques d'adobe. En attendant que les briques sèchent, j'ai bâti en pisé la pièce principale qui a servi d'abri. Quand l'adobe était prêt à l'emploi, j'ai continué en adobe car si j'avais poursuivi en pisé, j'aurais dû payer la location du coffrage... »

Elias est satisfait de son habitation. Le seul inconvénient est le fait que sa famille n'a pas accès à l'eau continuellement. Il y a, en effet, des jours déterminés par la municipalité où l'eau n'est pas distribuée dans la zone où il habite. Il est très rare que la famille quitte son logement. La dernière fois qu'ils ont été en voyage remonte à deux ans où ils sont retournés à Viru passer les vacances de Noël avec la famille du père. Pour ses déplacements en ville, la famille privilégie la bicyclette comme moyen de transport. Elle en possède trois. La seule fois où la famille utilise un mototaxi c'est quand les parents sont chargés lors du retour du marché du dimanche. Le tarif pour retourner du marché est de 2 sols (0,57 euros). Elias se lève tous les jours à 5h du matin, il commence par fabriquer de l'adobe dans sa maison et à 8h, il se rend en bicyclette à son lieu de travail situé à Chochocanda, c'est un site un peu éloigné de la zone résidentielle, on y fabrique des briques de terre cuite appelées dans le jargon « ladrillo king kong ». Il revient tous les jours à midi pour manger avec sa femme. Il quitte son travail à 18h, il prend une douche avec de l'eau froide dans la cabine des toilettes qu'il a aménagée dans la cour. Il se couche à 20h après une journée bien chargée. Quant à la mère, elle passe tout son temps à la maison, elle aide son mari dans la fabrication de briques d'adobe et tricote des couvertures de lits en laine.

« J'aimerais réaliser ma future maison en « matériaux nobles » car c'est plus beau que la terre. C'est vrai que c'est cher mais c'est un investissement qu'on va devoir payer une seule fois, car c'est cela qui distingue une maison en briques cuites et une maison en adobe. Celle en adobe nécessite des frais de réparation fréquents comme le remplacement des poutres en bois des planchers tous les 10 ou 12 ans, alors que la maison en béton dure plus longtemps, on paye donc qu'une seule fois... »

Chapitre 9 : Conclusion à propos de l'instrumentation des 10 maisons

Les résultats des maisons en pisé ont tous montré le même phénomène : réduction importante de l'amplitude des fluctuations de l'ambiance intérieure. Ceci est dû en partie à l'inertie du matériau permise par l'épaisseur des murs qui atteint 70 cm. Mais nous remarquons aussi que les maisons en pisé offrent un cadre intérieur connaît des températures basses et qui n'atteint que très rarement la zone de confort thermique (de 95 à 100% du temps total de la durée des mesures est en dehors de la zone de confort)

Pour les maisons en adobe, nous assistons à un résultat paradoxal ; il va contre l'intuition tenant compte de l'épaisseur du mur qui atteint les 40 cm. Cette épaisseur est supposée donner de l'inertie qui consiste à déphaser la température et réduire l'amplitude. Or les résultats obtenus montrent que les maisons en adobe fonctionnent comme des milieux ayant une enveloppe sans inertie. C'est un résultat contre-intuitif. Néanmoins, en tenant compte qu'il y a plus d'échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, les maisons en adobe atteignent la zone de confort pour des durées plus importantes que celles en pisé (de 75 à 82 % du temps total de la durée des mesures est en dehors de la zone de confort).

Les maisons modernes à structure en poteaux-poutres se distinguent par une inertie très prononcée. Mais la durée de temps où la zone de confort thermique est atteinte reste comparable aux maisons en pisé avec à peu près 92% de la durée des mesures qui est en dehors de la zone de confort.

Pour les maisons hybrides, les résultats dépendent de la pièce de l'habitation ayant fait l'objet de l'étude. Pour le dernier cas (maison 10), la pièce était construite en adobe et nous obtenons des résultats similaires aux maisons en adobe en termes de la durée en dehors de la zone de confort (80%).

	Maison	Temp. MIN	Temp. MAX	Moyenne	% de temps en dehors du confort thermique	Score subjectif moyen été	Score subjectif moyen hiver
Pisé	Maison 1 : pisé en zone rurale	10°	17°	13,5°	100 %	1	1
	Maison 2 : pisé à patio	15°	19°	17°	93,52 %	1	0,75
	Maison 3 : pisé à arrière-cour	15°	20,5°	17,75°	97 %	0,67	-0,11
	Maison 4 : pisé sans esp ext	15°	19°	17°	94,80 %	1	1
Adobe	Maison 5 : adobe en zone rurale	8°	22°	15°	82,20 %	-0,5	1
	Maison 6 : adobe en ville	8°	27°	17,5°	75,14 %	1	1,5
Béton	Maison 7 : immeuble en ville	13°	20°	16,5°	91,85 %	1	1
Technique Mixte	Maison 8 : maison moderne	16°	17°	16,5°	100 %	0,75	-0,5
	Maison 9 : pisé/ adobe	15°	16°	15,5°	100 %	0,8	-0,25
	Maison 10 : pisé / adobe	11°	30°	20,5°	80,11%	1	-0,25

Figure 301 : Tableau comparatif.

L'étude contextuelle a permis de déceler les défaillances et les problèmes d'habitabilité qui se présentent dans la réalité, et qui se résument principalement à une absence de confort thermique. Ces constats nous permettent de faire émerger des pistes de solutions adéquates sur un niveau stratégique où seront proposées des orientations relatives à un apport de chaleur soit grâce à l'énergie géothermique soit en incluant la course du soleil dans la conception de l'habitat. Ces pistes ne seront pas présentées de manière exhaustive, le but est de donner des indications aux personnes susceptibles de reprendre le travail là où le nôtre prend fin.

Les diagrammes de températures pour les différentes maisons montrent que la zone de confort est rarement atteinte. Il s'agit par cette réflexion de chercher un apport en chaleur qui aurait pour conséquence une augmentation de la température intérieure.

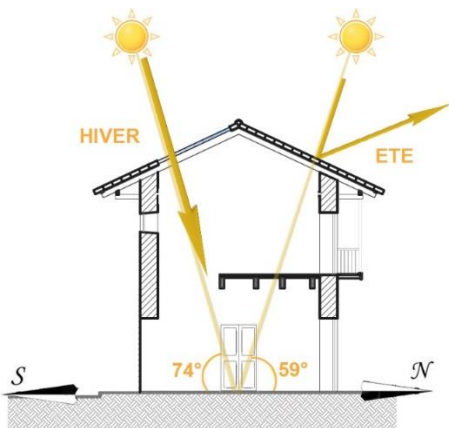


Figure 302 : Apport de chaleur à travers une toiture translucide

L'architecture solaire :

Un bâtiment solaire est conçu pour capter le rayonnement du soleil afin de chauffer et éclairer les espaces intérieurs. Pour le cas de Huamachuco, la proximité de la ligne équatoriale a pour incidence la projection verticale constante des rayons du soleil durant toute l'année. Il serait alors envisageable d'ouvrir la 5^{ème} façade pour capter l'apport solaire qui permettra aussi d'augmenter l'intensité lumineuse que reçoit l'intérieur. Par l'introduction d'une mezzanine en premier étage, l'éclairage naturel pourrait bénéficier au rdc aussi.

Ce dispositif a pour vocation de capter l'énergie solaire, stocker le rayonnement solaire et le restituer par convection et par rayonnement, avec un étalement dans le temps la chaleur accumulée dans le matériau. Il faut aussi envisager la maîtrise de cet apport en ensoleillement direct grâce à des protections solaires pour éviter tout risque de surchauffes. La conception solaire est un moyen non négligeable qui va permettre un accroissement significatif du confort intérieur.

Le puits canadien :

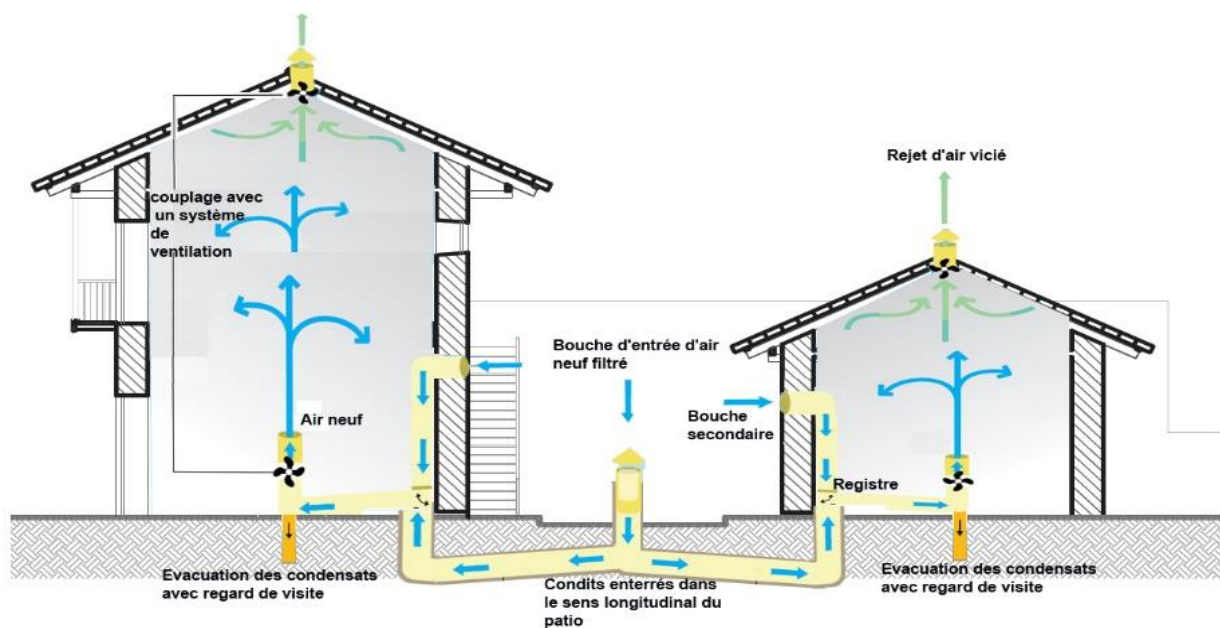


Figure 303 : Puit canadien pour les habitations à patio.

Le puits canadien, appelé aussi puits provençal est une méthode qui cible à faire rentrer de l'air de l'extérieur qui va participer soit à l'augmentation de la température intérieure en hiver soit à la faire baisser en été. Son principe est d'une grande simplicité, il se base sur l'exploitation de l'énergie géothermique du sol.

Dans le sol, vers une profondeur de 2m, la température ne varie que de quelques degrés au cours de l'année. Pour que l'air se réchauffe avant de parvenir à l'habitation, il suffit de le faire cheminer 20 à 100 mètres dans un tuyau d'au moins 15 cm de diamètre enterré à environ deux mètres de profondeur. Il est insufflé dans ce tuyau par un ventilateur avant de pénétrer dans les locaux. Pour envisager cette piste, il faut se baser sur la température du sol à Huamachuco et calculer si effectivement ce dispositif est capable d'apporter un apport en chaleur qui va réchauffer l'intérieur de quelques degrés.

Chapitre 10 : Vers un retour à la terre

6 – 1 – Introduction :

Il est consternant de constater le peu de cas qu'on réserve à l'avenir de l'architecture de terre à Huamachuco. Les chantiers où l'on peut voir la mise en œuvre de maisons en terre se font de plus en plus rares. Nous avons mis trois mois pour enfin trouver un seul chantier sur lequel on construit une maison en pisé et durant toute la durée du séjour, nous n'avons pu assister qu'à deux chantiers où l'on construisait en adobe, alors que les chantiers où l'on met en œuvre le béton sont innombrables. Il est très clair que l'avenir des maisons à Huamachuco est en train d'être construit en délaissant la terre. Ce dernier chapitre se compose en deux parties ; la première a pour vocation de montrer que sur l'échelle mondiale, nous assistons à une renaissance de l'intérêt vis-à-vis de la terre, à travers d'importants organismes œuvrant pour la promotion du savoir-faire lié à la construction en terre. La seconde partie vise, à travers une série de projets, à voir la qualité à laquelle on peut aboutir en utilisant la terre comme matière première de construction.

6 – 2 – Institutions mondiales pour la promotion de l'architecture de terre

1 - La chaire UNESCO d'architecture de terre



Figure 304 : Logotype de la Chaire UNESCO

Le dessein à travers cette chaire établie en 1998 à l'Ecole d'Architecture de Grenoble en France est de garantir l'accessibilité, le transfert et l'adaptation des connaissances à l'intérieur et au-delà des frontières. Elle œuvre à accélérer la diffusion, au sein de la communauté internationale, des savoirs scientifiques et techniques sur l'architecture de terre dans les deux domaines qui touchent l'environnement et le patrimoine mondial, puis l'environnement et les établissements humains-habitat. Parmi ses principales activités, on trouve la mise en place d'activités d'enseignement, que ce soit sous forme de sensibilisation dans la formation initiale ou dans le domaine de la formation spécialisée, des activités de recherche en capitalisant des expériences antérieures ou en développant des méthodologies, des activités d'expérimentation et de communication au sein d'institutions partenaires de l'enseignement supérieur et enfin des activités de la recherche scientifique et de la formation professionnelle à l'échelle internationale.

2 – CRATERre

CRATERre est un laboratoire de recherche et centre international de la construction en terre. Il a été fondé en 1979 à l'école nationale supérieure d'architecture de Grenoble. C'est devenu une référence mondiale dans la diffusion des savoirs et savoir-faire de la construction en terre crue.

Il est impliqué dans tous les secteurs qui touchent à la construction en terre, allant de la préservation des monuments et sites historiques jusqu'à la mise en place des filières industrielles de production et de construction.



Figure 305 : logotype de CRATERre

CRATERre qui est habilité par le ministère de la culture et de la communication, structure ses recherches autour des matières et matériaux que ce soit ce qui touche les matières premières ou les techniques de construction, du patrimoine notamment en veillant à la valorisation et la conservation des biens culturels puis enfin autour de l'habitat, en œuvrant dans le domaine de l'économie de la production et le développement local.

3 - Rammed Earth Works et la technique du PISE :

RAMMED EARTH WORKS

Figure 306 : Logotype de Rammed Earth Works

C'est une entreprise américaine fondée par David Easton qui depuis le jour où il a découvert la terre, qu'il qualifie « d'incroyable, humble et vénérable matériau »¹, œuvre pour l'amélioration des techniques et le développement de nouvelles technologies pour mieux construire en se servant de la terre naturelle.

¹ The virtues of Earth, David Easton, conférence sur Youtube (instant 5'59)

David Easton est connu pour son ensemble de publications sur la construction en terre mais surtout pour sa technique révolutionnaire qu'il a nommé PISE (Pneumatically Impacted Stabilized Earth). C'est une technique de terre stabilisée et compactée d'une manière pneumatique, ce qui rappelle la technique du béton projeté. En se servant d'un coffrage latéral et une haute pression à air, on peut réaliser jusqu'à 1200 pieds carrés de murs de 18" d'épaisseur¹.

Rammed Earth Works œuvre aussi dans le partage de l'avancée des techniques de construction en terre. Elle a ainsi transféré ses technologies en Kenya, au Nicaragua, au Brésil et au Japon mais aussi d'une manière indirecte par les cours et les conférences de David Easton à un ensemble de pays des 5 continents.



Figure 307 : Technique PISE

4 - CAL-Earth et la technique du superadobe

CAL-Earth est l'institut californien de l'art, de la terre et de l'architecture, organisation de recherche et d'enseignement de la technique superadobe à but non lucratif. Il a été fondé par l'architecte américain d'origine iranienne Nader KHALILI en 1991.

C'est en hommage à la construction en terre et plus précisément à l'adobe que l'architecte a nommé son invention « superadobe » dont l'intention était de permettre à chacun d'accéder au logement tout en utilisant des ressources locales. La construction des dômes superadobe ne nécessite que des sacs en textile résistant que l'on va remplir de terre humide, de préférence argileuse, qui peut être additionnée de chaux pour obtenir de meilleures propriétés, et du fil barbelé pour fixer les sacs entre eux. Ces derniers doivent être tassés puis empilés les uns sur les autres de façon à former un dôme qu'on recouvre d'un enduit résistant à la pluie.

La construction de tels habitats assez faciles pour être mis en œuvre par des personnes n'ayant aucune connaissance en architecture, peut être réalisée en quelques semaines. Ces maisons ont reçu l'appellation d'eco-dome en raison de l'excellence de leur bilan environnemental. Depuis, la technique a essimé et se transmet petit à petit un peu partout dans le monde.



Figure 308 : Logotype de Cal-Earth



Figure 309 : Dômes superadobe.

Elle a été adaptée au Brésil par Fernando PACHEKO pour devenir l'**hyperadobe**. La principale différence est l'utilisation de filets indémaillables, ce qui permet de réduire de moitié la consommation de matières nécessaires à leur fabrication. A cela s'ajoute l'avantage que ces filets ont la capacité de se souder les uns aux autres, ce qui permet d'abandonner l'utilisation du fil barbelé. L'adhérence des enduits y est meilleure que sur les sacs.

5 – CLAYTEC

CLAYTEC®

Figure 310 : Logotype de ClayTec

ClayTec est une entreprise allemande qui s'était démarquée dans les années 80 en tant que première entreprise active dans l'argile. CLAY signifiant argile et TEC fait référence à la technique, l'entreprise s'est illustrée dans le développement, la production et la commercialisation de matériau de construction moderne à base d'argile. L'entreprise a innové avec la proposition de panneaux de construction en argile qui ont été récompensés du prix de l'innovation « Techtextil Innovation Prize 1997 », de briques argile-paille, de terre pisée ClayTec, de divers mortiers, tous ces produits sont prêts à l'emploi. ClayTec a eu un impact dans le redémarrage de la construction en terre crue en Europe. L'entreprise s'est fait une place sur le marché grâce aussi aux blocs de terre comprimés faites à partir d'un mélange d'argile, de sable et de paille. Ces blocs de terre comprimés se caractérisent par de bonnes propriétés acoustiques et participent à la régulation de la température et l'humidité.

6 – L'institut Terre d'Auroville :



Figure 311 : Logotype de Auroville.

¹ <http://semmesco.com/our-methods/pise-rammed-earth/>

L'institut Terre d'Auroville en Inde est une organisation à but non-lucratif fondée en 1989. Il œuvre à l'élargissement de l'utilisation de la terre et en faire un matériau principal de construction. Il est parmi les centres qui occupent le devant de la scène en ce qui se rapporte à l'architecture en terre.

Travaillant avec 35 pays, il vise à rechercher, développer, promouvoir et transférer les technologies en lien avec la construction en terre. Ses moyens de partage des savoirs sont les cours, les formations, les conférences, les ateliers... Plus de 10600 personnes de 79 pays ont bénéficié du savoir de l'institut.

La construction de la mosquée Al Medy présente un exemple réussi de transfert de savoir-faire en matière de construction en terre, c'était le premier entre l'institut et l'Arabie Saoudite. Il est à noter que parmi les recherches de l'institut, une volonté à renouveler les techniques utilisées dans la construction des arcs, des voûtes et des dômes.

En matière de résistance sismique, deux types de maçonnerie en blocs de terre comprimée creux ont vu le jour :

le bloc carré creux 245 permettant de réaliser des constructions jusqu'à deux ou trois planchers, et le bloc rectangulaire creux 295 utilisé pour les RDC.



Figure 312 : Construction de la mosquée de Medy d'Al au Riyadh en Arabie Saoudite.

7 – Association pour le Développement d'une Architecture et d'un Urbanisme Africains (ADAUA)

ADAUA est une organisation rassemblant architectes, ingénieurs, économistes, directeurs dont la plupart sont d'origine africaine. Fondée en 1975 à Ouagadougou, en Burkina Faso, l'ADAUA vise à faire renaître et promouvoir l'architecture africaine indigène et à sensibiliser et former les habitants locaux en matière de techniques de construction appropriées.

L'association se structure autour de trois ateliers :

- Développement de l'urbanisme et de l'architecture, en créant de grands projets de construction.
- La recherche et le développement des matériaux de construction locaux notamment la construction en terre.
- Etudes sociologiques.

L'hôpital Kaédi est l'un des projets phares de l'association. Les architectes ont développé un nouveau langage architectonique pour abriter les installations prévues en optant pour une technologie moins onéreuse et en privilégiant les matériaux et compétences locaux, les ouvriers ont été formés sur place pour atteindre les buts escomptés.



Figure 313 : Couloir de l'hôpital Kaédi

Les associations et entreprises œuvrant pour le renouveau et le retour à la terre sont très nombreuses de par le monde, de l'Amérique à l'Europe passant par l'Afrique et jusqu'en Océanie avec les deux associations EBANZ (Earth Building Association of New Zealand) et EBAA (Earth Building Association of Australia), nous constatons que l'architecture de terre est plus que jamais d'actualité. Ces organismes font un travail colossal que ce soit en actions de conservation, de normalisation, de partages et de recherches d'envergure pour faire avancer les techniques liées à la construction en terre. Ainsi, au moment où la culture constructive à base de terre connaît un essor, essaime et jouit d'une vitalité, Huamachuco tourne le dos à son héritage historique et se tourne vers une architecture nouvelle à base de béton.

Conclusion :

Nous estimons que le désintérêt et l'oubli des traditions constructives séculaires seraient une grande perte à Huamachuco en termes d'identité culturelle. Nous jugeons impératif de trouver les mesures afin de réinsuffler la vie en la terre, de la préserver et surtout de la pérenniser en rendant le processus de construction en terre aussi actif que dans le passé participant ainsi au développement de toute la région.

« L'avenir de l'Architecture est aussi dans son passé » est une célèbre citation d'un grand écrivain et médecin marocain Mohamed SIJELMASSI qui a œuvré à relier les deux bouts de la chaîne culturelle qui sont la tradition séculaire et la création moderne. La connaissance du passé, l'appropriation du patrimoine et la réinvention des traditions sont les vecteurs pour se projeter dans l'avenir.

Nous pouvons en conclure qu'un processus de renouveau culturel intégrant les valeurs du patrimoine peut être la catalyseur de l'émergence d'une modernité des architectures de terre qui participeraient à la réappropriation de formes identitaires en adéquation avec les exigences du présent, à savoir le développement durable.

6 – 3 – Projets pilotes réalisés en terre crue

Introduction :

Ce chapitre a pour vocation de passer en revue des projets remarquables en terre crue. Le but est de voir le niveau de qualité atteint et d'avoir des cas pratiques par rapport aux théories des organisation et association œuvrant pour la promotion de la terre qui ont redoré le blason de la terre en mettant en exergue ses bonnes performances en tant que matériau de construction.

1 – Le domaine de la terre

« Au lendemain de la deuxième crise mondiale du pétrole, il est nécessaire de chercher des alternatives aux matériaux de construction industrialisés dévoreurs d'énergie fossile. » affirmait l'architecte belge Jean Dethier en 1981 à l'occasion de l'exposition au centre « des architectures de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire »¹

Dethier a l'intention de relancer la construction en terre par un projet exemplaire qui aura lieu sur les hauteurs de Villefontaine. C'est un ensemble de 65 logements sociaux composé de maisons individuelles et de petits collectifs disposés à flanc de colline. Les 11 îlots du quartier sont tous construits en terre crue.

« Je me plais dans cette maison. On s'y sent bien. Fraîche en été, confortable en hiver. Moi, j'aime les murs de terre sans rien dessus. C'est beau et ça ne demande aucun entretien. Le seul bémol, c'est le chauffage électrique. Ils ont changé les radiateurs récemment mais la note reste élevée ! » témoignage de Sabine HRYCENKO, locataire depuis l'origine.²

L'opération a été réalisée avec trois grandes familles de construction en terre :

1 – Le pisé non stabilisé : Les bâtiments du bloc F, très bel exemple d'architecture contemporaine en terre, sont constitués de deux corps séparés d'une cour. Ils ont été réalisés grâce à des banches métalliques et des banches en bois confectionnées avec des planches récupérables. L'épaisseur des murs est de 50cm en pisé laissés bruts, cela a donné un gain de performance thermique de 20 % par rapport aux standards. Grâce à son inertie thermique et son bon comportement hygrométrique, le pisé a offert un très bon confort global. Le confort thermique est aussi assuré à travers la distribution interne des espaces et leur orientation (nord-ouest et sud).



Figure 314 : Vue des deux édifices du bloc F

2 – Les blocs de terre : Le bâtiment le plus haut du quartier (en R+5) propose une dualité de langage, la tour élancée est en pisé et autour de celle-ci, une masse compacte de logements en blocs de terre viennent l'ancrer au sol. La proximité des deux techniques donne une forte identité à la composition. Comme la mise en œuvre du bloc de terre est identique à celle du parpaing de ciment, il n'y avait pas besoin d'un savoir-faire.

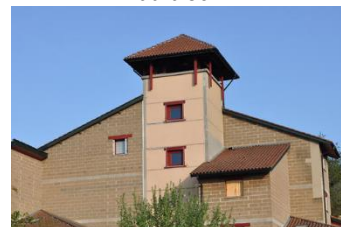


Figure 315 : Tour en pisé et logements en blocs de terre.

3 – La terre paille : La paille joue le rôle d'un raidisseur offrant la possibilité de mieux résister à la traction. La paille limite les fissurations et les craquèlements en améliorant la souplesse.

Pour sa mise en œuvre, la terre est d'abord dispersée dans l'eau jusqu'à l'obtention de la barbotine qu'on mélange avec la paille. Ce mélange va servir à remplir les ossatures et à construire les murs. Ce projet compte au final 45% de logements en pisé, 45% en blocs de terre et 10% en terre paille.

Le domaine de la terre est un village très réussi qui fait partie des 45 trésors de développement durable de la région Rhône-Alpes. Il se démarque par la pertinence technologique de la mise en œuvre de la terre, de sa modernité, démontrant ainsi que ce matériau est tout à fait légitime comme moyen de construction à l'ère contemporaine au regard des exigences techniques nouvelles et du langage architectural qu'il peut renvoyer. En 1987, L'ONU a reconnu le Domaine de la Terre comme « opération-pilote de portée internationale ». Mais les barrières qui se dressent tels que ceux qui proviennent du lobby des cimentiers et des grands industriels, l'absence de suivi de la part des pouvoirs publics... font que la réappropriation de la terre comme matériau de construction n'en est qu'à ses balbutiements.

Après 30 ans, la terre crue a très bien vieilli ne montrant aucune dégradation.

¹ Revue « EcologiK » numéro 12, p.71

² Revue « Maisons paysannes de France » n°176, p.31

2 – L'île de Mayotte dans l'océan indien

L'île de Mayotte souffrait de précarité de son habitat traditionnel et son manque d'hygiène. Les principales causes de cet état d'insalubrité étaient dues aux matériaux végétaux utilisés, qui donnait une durée de vie maximale de dix ans à l'habitation, et aux techniques de mises en œuvre déficientes.

La population était portée par le rêve d'avoir des cases réalisées en parpaing de ciment et tôles mais les conditions économiques rendaient cette aspiration utopique.

Face à cet état alarmant, la direction des équipements et la Société Immobilière de Mayotte (SIM) ont mis en place une politique sur 20 ans dont le but est d'améliorer les conditions et la qualité des logements et en produire un bon nombre qui répond aux exigences du confort et de la durabilité.

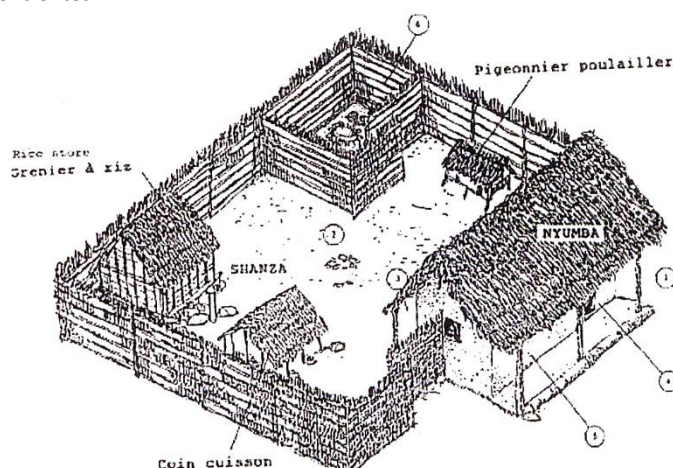


Figure 316 : Organisation de l'habitat traditionnel mahorais.

Par le biais d'études géologiques, il s'est avéré que l'île possédait de grands gisements d'argiles d'altération latéritique et des roches pouzzolaniques présentes en quantité importante. C'est en se basant sur ces matières locales que l'administration représentée par la SIM et l'assistance du CRATERre ont pensé les matériaux de constructions alternatifs.

Les recherches et les expérimentations ont abouti à élire la technique du bloc de terre comprimée et stabilisée comme la réponse la plus adéquate à la situation de Mayotte. La nature très argileuse de la terre à Mayotte exigeait l'ajout d'un dégraissant. La pouzzolane, quant à elle, dotait le matériau d'une bonne structure améliorant ainsi sa résistance. Pour la production des blocs, des presses TESTARAM et des CINVARAM ont été distribués sur 18 briqueteries, ce qui a eu comme résultat une production allant de 800 à 1200 blocs par jour. Les blocs produits sont stabilisés à 6% ou 8% et répondent largement aux exigences de résistance de tous types de bâtiments en terre qui sont construits.



Figure 317 : Fabrication des blocs de terre comprimée et stabilisée.

Les blocs de terre comprimée (BTC) peuvent être utilisés en tant que structure porteuse ou en remplissage de structures en béton armé ou associés à d'autres matériaux tel que le bois.

Pour ce qui est de la proposition architecturale des nouveaux logements sociaux, une étude sociologique très exhaustive a été menée en amont sur l'habitat traditionnel mahorais et son architecture locale. Le but était d'éviter de parachuter un mode d'habitat hors contexte et de répondre adéquatement aux aspirations des habitants. A la lumière de cette étude, les nouveaux logements proposés étaient une sorte de variation de la case traditionnelle qui a servi de source d'inspiration.

En participant à la construction, 6000 ménages ont pu accéder à la propriété d'un nouveau logement subventionné à 75%. En effet, l'un des principes qui ont garanti le succès de cette expérience est l'information des usagers et la formation des hommes ç tous les niveaux de l'intervention.



Figure 318 : Logements destinés aux fonctionnaires français.

Ainsi, ce programme de développement d'habitat social qui a duré près de 7 ans a pu créer 2500 réalisations d'habitat social, 130 logements locatifs et 170 bâtiments publics. La force de ses réalisations réside dans le fait qu'elles sont issues des ressources locales. Le leitmotiv était de mettre en œuvre des matériaux locaux plutôt que d'avoir recours à des produits importés, et de développer des formations en vue de surmonter le manque de personnel qualifié sur place. Ainsi, les intervenants ont joué le rôle, tour à tour de bâtisseurs, formateurs et inventeurs pour réaliser une nouvelle architecture en harmonie avec l'identité de l'habitat traditionnel à Mayotte.

Cet exemple édifiant montre que la terre, sous sa forme de bloc de terre comprimée (BTC), a été à la hauteur des intentions du projet. Ces dernières étaient de créer un habitat neuf, de qualité et inspiré de l'architecture traditionnelle, un habitat qui répond à la politique de construire vite et surtout, un habitat économique qui s'intègre dans la dimension du développement durable.

Avec la participation très large de la population, le respect des traditions locales et en exploitant les ressources de l'île, Le cas de Mayotte est un exemple à suivre et qu'on peut transposer à tous les pays souffrant de crise du logement.

3 – La communauté Vikas à Auroville, en Inde

Ce projet de 23 appartements, quelques maisons individuelles et des équipements communs, constitue l'une des plus remarquables et admiratives réalisations de l'institut Terre d'Auroville. Il allie plusieurs aspects et principes du développement durable comme l'utilisation de matériaux sains et respectueux de l'environnement, la terre stabilisée y est utilisée comme le principal matériau de construction allant des fondations jusqu'aux toits.



Figure 319 : Bloc de la communauté comprenant 4 appartements.

Outre le matériau terre dont l'utilisation a bénéficié de l'avancée des études menées au sein de l'institut de Terre à Auroville, d'autres technologies y ont été expérimentées tel le ferrociment, la gestion écologique de l'eau et l'utilisation des énergies renouvelables (solaire et éolienne). Grâce à ces aspects, le projet a été qualifié aux finales pour la récompense 2000 de l'habitat du monde.

Parmi les défis relevés par le matériau terre dans ce projet, figure l'édification de bâtiments à plusieurs niveaux (R+3 avec sous-sol) et la réduction **des épaisseurs des murs à 24cm** constitués en bloc de terre comprimée et stabilisée. Parmi les intentions du projet, figure une volonté de réduire au maximum l'utilisation de matériaux tels que l'acier et le béton. La terre est utilisée pour constituer les éléments porteurs allant des fondations (pisé stabilisé à 5% au ciment), colonnes et poutres composites, peintures et enduits en terre stabilisée, jusqu'aux planchers avec des tuiles en blocs de terre comprimée stabilisée avec 5% de ciment... l'utilisation de la terre dans les éléments porteurs contribue à assurer la stabilité de l'ensemble.

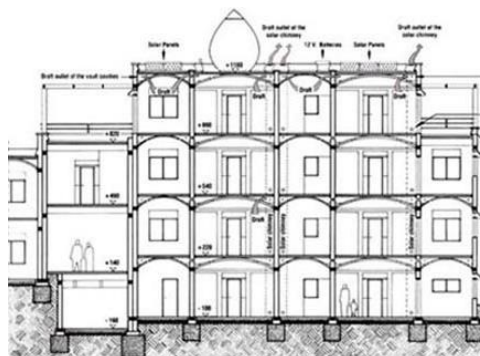


Figure 320 : Coupe sur le 3^{ème} bâtiment de la communauté de Vikas.

La gestion des ressources de terre constitue l'une des premières priorités, dès lors, l'une des caractéristiques du projet est la prise en compte dans la conception d'édifier des bâtiments auto-suffisant en ce qui concerne la quantité de terre qui leur est nécessaire. Cette quantité est obtenue, pour certains bâtiments, en creusant la partie du sous-sol qui se trouve sous 1,20m au-dessous du niveau original du sol. Le volume de terre excavé était suffisant pour la production de tous les blocs en terre comprimée du troisième bloc de 13 appartements, soit 819m² couvrant la surface sur quatre niveaux.



Figure 321 : Carrière de terre intégrée en sous sol du 3^{ème} bâtiment.

Pour ce qui est la gestion des eaux de pluie, un cratère peu profond a été réalisé à l'entourage immédiat des bâtiments. La terre enlevée a été réutilisée pour l'édification des bâtiments et même à d'autres projets à Auroville qui ne pouvaient pas se doter d'un sous-sol. La majorité des planchers et toits sont sous forme de voûtes ou dômes très peu bombés comprenant un système de ventilation des plus sophistiqués. Ces voûtes et dômes ont été réalisés en blocs de terre comprimée et stabilisée. Le dôme ou la voûte est une caractéristique du langage architectural propagé par l'institut de terre d'Auroville.

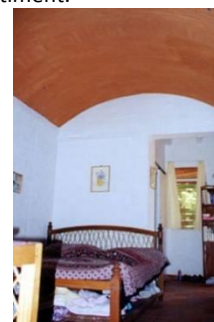


Figure 322 : Chambre à coucher couverte par une voûte très plate.

Le fait de présenter ce projet est une réponse à certains qui méprisent la construction en terre partant du constat que les murs sont dotés d'une épaisseur énorme consommant ainsi de la surface habitable et que la terre ne permet pas de réaliser des bâtiments en hauteur. Certes il faut la technologie qui fait avancer la manière de faire, mais la terre permet de réaliser des prouesses architectoniques.

La recherche scientifique apparaît, de ce fait, primordiale pour le développement des techniques. La fondation d'un institut tel que l'institut de terre d'Auroville est nécessaire pour la promotion des qualités de la terre en levant le discrédit idéologique portant sur les techniques archaïques qui pèsent sur ce matériau.

4 – L'école primaire de Gando

Gando est un village burkinabais à 200 Kms d'Ouagadougou, la capitale. Cette école primaire terminée en Juillet 2001 et qui se caractérise par une architecture si particulière, accueille plus de 400 élèves. L'architecte Diébédo Francis Kéré est fier d'avoir apporté une nouvelle façon de faire, de transmettre ce qu'il a appris en Europe et d'apporter sa contribution pour l'amélioration du cadre de son village où l'enseignant se retrouve avec les élèves. Le projet avait bénéficié de l'appui de LOCOMAT, organisme au Burkina Faso, pour former des fabricants de briques de terre comprimée et stabilisée.

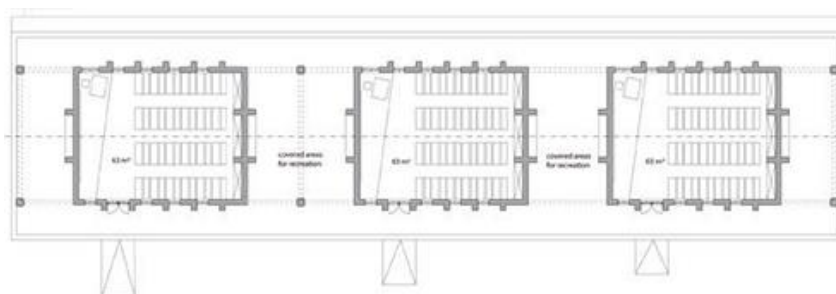


Figure 324 : Plan de l'école.

La structure porteuse de l'école est assurée par des murs construits en terre comprimée et stabilisée à 8% avec du ciment industriel.

Le béton armé n'a été utilisé que pour les poutres du haut du bâtiment notamment celles le traversant selon sa largeur et qui soutiennent la structure métallique. Cette dernière est constituée de tirants qui acheminent les charges aux poutres qui, à leur tour les transmettent aux murs porteurs et aux poteaux détachés du bâtiment évitant ainsi d'avoir des appuis à l'intérieur des salles d'enseignement.

L'école est protégée des rayons du soleil par une toiture en tôle ondulée métallique qui surplombe l'ensemble des salles. Elle est fixée aux poutres par le biais de la structure en acier. Sous la tôle ondulée se trouve un plafond formé de blocs de terre comprimée stabilisée posés sur une nappe en acier. Le bâtiment a, en effet, été conçu pour une bonne ventilation naturelle des salles de cours. Le toit répond aux exigences pratiques du village où on ne pouvait bénéficier d'engins de levage ou de moyen d'acheminer de grands éléments à l'endroit du projet. La structure métallique est alors formée de petites barres qu'on pouvait facilement réaliser en utilisant une scie et une petite machine de soudure.

Les blocs de terre ont été confectionnés sur le chantier par le biais d'une presse manuelle et ils sont joints par un mortier de terre.

Les bases sont en pierre et en béton.

La terre comprimée stabilisée a été aussi employée pour les galettes hexagonales du sol.

L'école affiche un taux de 74% de l'obtention du certificat d'études primaires, contre 68% pour la moyenne régionale, une source de fierté pour les villageois qui se sont beaucoup investis dans la construction de l'école. Les qualifications apprises par ces derniers ont été appliquées à d'autres initiatives dans le village et ailleurs.

Ce projet qui a reçu le prix Aga Khan d'architecture représente un modèle transposable au milieu rural de Huamachuco où les matériaux locaux, dont la terre, peuvent jouer un rôle notoire dans la scolarisation des enfants et l'amélioration des conditions de vie instaurant ainsi les bases du développement durable.



Figure 323 : Vue de l'école primaire au village de Gando

Le plan a été conçu pour intégrer les considérations climatiques. Trois salles de classe sont arrangées d'une manière linéaire et séparées par des aires extérieures couvertes qui peuvent servir aussi bien à l'enseignement qu'à la récréation.

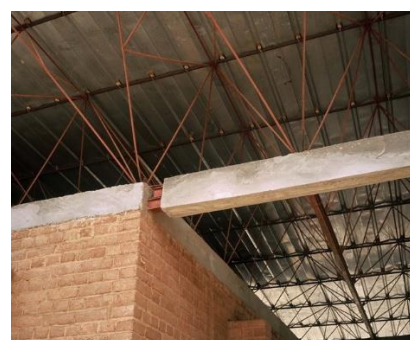


Figure 325 : Poutres en béton armé.

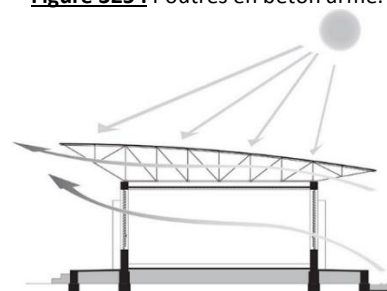


Figure 326 : Coupe transversale.



Figure 327 : sol en terre comprimée.

6 – 4 – Avis d'un expert :

1 – Interview avec Shady ATTIA, professeur à l'université de Liège : (31 Juillet 2015)

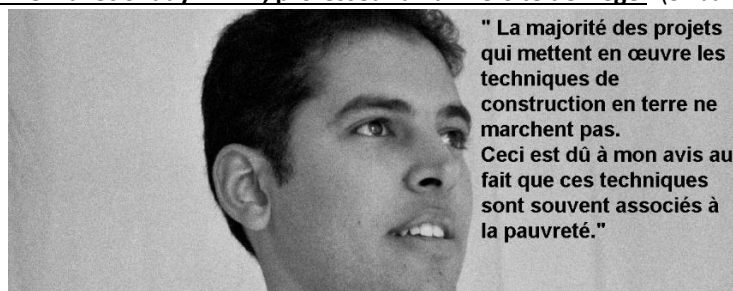


Figure 328 : Citation de Shady ATTIA.

Shady ATTIA a commencé à s'intéresser à l'architecture de terre et son lien à l'homme en partant du principe qu'un architecte a le devoir de se préoccuper des besoins de personnes autres que les puissants et les riches. Un bon architecte ne devrait pas être un artiste isolé des autres et obnubilé par ses propres fantasmes, l'architecte d'aujourd'hui doit avoir le regard d'un humaniste qui regarde en premier lieu les besoins d'une société toute entière, et particulièrement des démunis qui constituent encore la grande majorité vivant durant l'ère contemporaine, qui se veut être une ère d'égalité et de prospérité. Mr ATTIA suit depuis quelques années l'évolution des techniques de construction à base de matériaux naturels et comment ces derniers peuvent changer le quotidien de personnes dans les pays en voie de développement. Il a côtoyé la star égyptienne des années 90, Hassan FATHY, récipiendaire du premier prix Nobel alternatif en 1980. En 2013, il a contribué à la rédaction du manuel « Planning and Building with Earth, couse handbook for architects, civil engineers and urban planners ». Le livre se présente comme une série de cours relatifs aux techniques de constructions à base de terre, et tout ce qui a un lien avec ces techniques en termes de performances attendues, de machines servant à leur fabrication, ou d'énergies se rapportant à ses techniques...



Mr Attia a bénéficié, par le biais de BASE habitat, d'une formation dispensée par la Chaire Unesco en Autriche entre le 15 et le 31 Juillet 2014 qui portait sur la construction en bambou, sur la paille, sur les briques de terre comprimée et enfin sur le pisé. La formation a débuté par 2 jours de théorie et le reste était dédié à la pratique sur chantier. Durant ces 15 jours de travail intensif, il a participé à la construction de 4 bâtiments.

Figure 329 : participation de shady ATTIA à la formation de BASE habitat.

« Je pense que l'on devrait intégrer, durant les 5 ans de la formation à l'université de Liège, un module de 2 ou 3 ects qui reste au choix de l'étudiant et où il aura l'occasion d'être sensibilisé à l'une des techniques de la construction écologique. Le but est que le champ de connaissances de l'étudiant ne se limite pas à l'acier, au béton et aux matériaux high-tech, mais qu'il couvre aussi le domaine du low-tech, à savoir les techniques de construction en terre, en paille, en bambou... »

Mr Attia a participé au projet « Chalatine ». Le projet a duré 2 ans était financé par l'agence américaine et s'intéressait aux nomades de la région de la ville de Chalatine, située au sud-est de l'Egypte, à la frontière soudanaise. Le projet avait pour dessein de sédentariser cette population en introduisant un habitat qui briserait le paradigme du nomadisme. Les intentions dissimulées derrière le projet étaient de contrôler le trafic d'armes dont les nomades de la région étaient les protagonistes. Différentes étapes structuraient le déroulement du projet ; une étude anthropologique puis typologique de l'habitat des nomades qui s'intéressait notamment aux matériaux et aux techniques de construction. Cette phase a duré 3 mois. Puis, s'en est suivie la phase de production de prototypes s'inspirant et réinterprétant les traditions locales. Malgré la qualité des nouvelles habitations et le degré de finition atteint, elles n'étaient pas suffisantes pour retenir les nomades, ni même de les intéresser profondément vu qu'elles ont servi principalement d'abris aux animaux. Pour ces gens, rester dans la même maison ne fait pas partie de leur culture. 90 à 98% de leur temps, c'est dehors qu'ils le passent. Le problème qu'il y a eu ensuite est l'absence d'un suivi procédural et systématique pour évaluation. Ce qui a entravé à la détermination de pistes d'avancement.

Il est vrai que ce projet était un échec mais il y a des projets en Egypte comme les projets d'Eco-log qui sont de réelles réussites et qui participent au développement du secteur touristique.

Ce qu'il faut clarifier, c'est si le recours à ces techniques s'est fait par manque de choix ou justement par richesse de choix. Le problème des techniques de terre est que dès le début, on les associe à la pauvreté ou à des situations de crises. On trouve ce genre de constructions chez des riches ou des personnes très conscientes des valeurs écologiques mais dans l'ensemble, chez la personne lambda, psychologiquement c'est associé à la pauvreté.

« On peut alors parler de gentrification de l'habitat car on accentue le cantonnement des pauvres par le biais de ces techniques... »

Les projets qui fonctionnent bien sont les projets d'écoles comme ce que Diébédo Francis KERE a fait à Gando dont la devise est d'utiliser ces techniques comme si on faisait des projets élités. Tout est une question de méthodologie. Il ne faut pas considérer que vu que c'est en Afrique, et en prenant en considération la pauvreté de la population donc on va avoir recours aux techniques à base de terre mais, il faut stabiliser toutes les conditions pour une école traditionnelle ; être reconnue par le gouvernement, avoir un budget... donc avant d'avoir recours à ses techniques, il faut établir les cahiers de charges, trouver des budgets officiels, impliquer l'Etat dans le projet, et surtout considérer que le projet va servir sa communauté pour au moins 200 ans.

Le meilleur moyen pour inciter les gens à revenir à la terre, c'est d'avoir un bâtiment dont ils seront fiers et qui, justement est fait avec ces techniques alternatives. Si les bâtiments en terre restent cantonnés aux logements sociaux, aux pauvres et surtout à un manque de choix, la technique sera toujours perçue négativement. Du moment qu'on décide de bâtir la plus belle école en pisé, en ayant les ressources et en mobilisant les gens, en suivant les performances du bâtiment après sa construction et en lui faisant de la publicité... c'est la seule manière pour vraiment réussir !

Ce domaine a besoin d'une union nationale ou internationale qui s'équipe de ses techniques alternatives, il y a un besoin de plus de publications et de conférences, d'industriels qui vont donner des subsides pour que l'on puisse espérer un quelconque avenir pour l'architecture de terre.

« Ce que je remarque c'est que ces techniques sont majoritairement associées à du logement social, on tue ainsi l'idée de ce que ces techniques peuvent offrir ! C'est toujours leur coût bas qui est le leitmotiv pour les faire connaître, c'est très rare où on les valorise pour le confort qu'elles offrent ou pour le respect de l'environnement... »

Le cadre légal est un réel handicap dans le domaine des techniques écologiques. Si on prend l'exemple des techniques de construction modernes, on trouve des normes et des processus d'industrialisation avec des politiques de marketing et sponsoring très robustes. C'est ce à quoi on assiste avec l'industrie du ciment, du béton et de l'acier, la réglementation tient une place prépondérante. Avant de lancer un nouveau brevet ou une nouvelle technique, une équipe de l'entreprise se spécialise et se consacre à créer une norme. Cet aspect manque complètement à ceux qui œuvrent pour promouvoir l'architecture de terre qui restent dans des approches individuelles ou locales, limitées à un petit groupe de personnes. Ces approches sont loin d'être professionnelles. Cela a comme conséquence que ces techniques ne sont pas prêtes de pouvoir intégrer le mécanisme et la logique qui régissent le monde d'aujourd'hui et qui sont centrés sur l'industrialisation.

« A mon avis l'un des points cruciaux pour développer l'architecture de terre est de se demander de quelles normes on dispose aujourd'hui ? Quelle est leur fiabilité ? Et comment transférer ces normes dans les pays émergents ? »

Pour faire revivre l'architecture de terre et stimuler les gens à y adhérer, il faut respecter ces 3 points :

- Développer des codes et des règlements nationaux et standards reconnus, les introduire dans les écoles et lieux de formations des architectes et des constructeurs en général.
- Avoir des bâtiments exemplaires et de qualité qui inspirent la fierté, des projets en lien avec l'innovation pour montrer qu'on peut réaliser des prouesses avec ces techniques.
- Avoir des suivis et des « post-occupancy evaluation » de ce genre de projets.

Ce qui empêche l'architecture de terre de se développer c'est aussi la volonté de densifier la ville. Nous assistons à un phénomène mondial de migration vers les villes d'où un besoin grandissant en termes de logements. On y répond par de plus en plus de constructions verticales comme les tours dont la stabilité est assurée par une structure en béton ou en acier. Alors que les architectures résultant des techniques écologiques restent souvent liées à un développement et une croissance horizontaux.

En résumé, si on arrive à développer ces techniques d'une manière à ce qu'elles répondent aux exigences de densification verticale, et d'éviter d'avoir recours à ces techniques seulement dans le cadre de crises et en vue d'offrir un logement pour les pauvres, alors l'architecture de terre a toutes ces chances de renaitre.

Chapitre 11 : conclusion générale

Une lecture synthétique de ce travail nous permet de relever les différents points suivants :

Au niveau de l'étude typologique :

- La méthodologie que nous avons élaborée nous a permis de connaître avec précision la réalité du bâti. La prise en compte des deux contextes du cadre bâti que ce soit en ville ou en zone rurale nous a permis de comparer l'agencement des pièces et des unités d'habitations ainsi que la façon de penser la façade.
- Les types d'habitations relevés correspondent à des réalités différentes. Ils se sont produits essentiellement sous l'effet de deux facteurs : culturel et économique.
- Le principe de « l'organisation sur centre » reste le type le plus dominant (60% de l'échantillon des 110 maisons visitées). Il est le mieux accepté parce qu'il répond à un mode de vie local.
- Les façades à Huamachuco connaissent un taux faible d'ouverture. Ceci est dû à la technique de construction qui n'a pas connu d'évolution. La population cherche à ce que leur habitation s'ouvre de plus en plus sur l'extérieur et bénéficie de plus de lumière du jour en ayant recours à la structure en poteaux-poutres.
- La construction en terre crue est en train d'être délaissée pour plusieurs raisons ; le peu d'ouvertures qu'on peut avoir, mais surtout pour des raisons relatives à l'espace intérieur ; ce dernier est limité par l'importance de l'épaisseur des murs (jusqu'à 70 cm pour les murs en pisé), il est aussi voué à être figé, car on ne peut rajouter des étages par la suite comme c'est le cas des habitations dont la structure est en poteaux-poutres.

Au niveau des 10 maisons étudiées :

- 1/10 maison n'est pas équipée en électricité.
- 3/10 maisons n'ont pas de salle de bain.
- 5/10 maison sont inadéquates par rapport au nombre de personnes qui vivent dedans.
- 8/10 maisons ne bénéficient pas d'un éclairage naturel suffisant.
- 2/10 maisons présentent des conditions de circulations intérieures inconfortables (échelles instables reliant deux niveaux par exemple)
- Grâce à l'outil élaboré « habitomètre », nous avons pu vérifier la défaillance des maisons étudiées en évaluant le degré de réponse des critères à leur fonction.

Au niveau du confort hygrothermique :

- Aucune maison étudiée n'assure les conditions d'un bon confort hygrothermique.
- Les maisons en adobe ont donné des résultats paradoxaux, les résultats montrent une défaillance importante de l'enveloppe.
- La construction dont la structure est en béton se caractérise par une forte inertie.

Le taux de CO2 :

Il y a un corollaire entre le taux d'humidité relative et le type de construction ; les maisons en adobe n'atteignent jamais le seuil critique des 1000 ppm et gardent un taux stable. Cela confirme que de leur mode de construction, résulte des habitations ventilées.

Au niveau des entretiens :

Le choix de venir s'installer à Huamachuco pour les personnes issues des environs est principalement motivé par la volonté d'offrir un cadre scolaire de bonne qualité à leurs enfants et de trouver des emplois comme dans le secteur minier.

L'habitant n'est guère rattaché à l'héritage architectural local et aspire à des améliorations comme la stabilité, la solidité, la lumière, l'adaptabilité de la construction... Tous ces aspects, aux yeux de l'habitant, convergent uniquement dans les habitations dont la structure est en béton et à poteaux-poutres.

Au niveau des perspectives d'avenir :

Pour atteindre le confort en architecture, nous avons proposé de se diriger vers la conception écologique et durable. Concevoir et construire selon les principes du développement durable signifie être attentif comme il se doit aux ressources ambiantes, aux problèmes relatifs à la santé et aux processus de construction. L'architecture solaire est par ailleurs une solution adéquate à la problématique d'absence de confort thermique au sein des habitations de Huamachuco.

La population de Huamachuco rejette la construction en terre crue pour les raisons citées ci-dessus en faveur du béton dont l'industrie est très énergivore. Les choix technologiques et les modes de construction ne peuvent être ainsi, réduits à la seule logique techniciste ou marchande, d'autres préoccupations liées à des considérations culturelles, sociales, économiques et environnementales doivent dorénavant présider en amont toute démarche. Comme en témoignent les projets pilotes cités auparavant, l'architecture de terre comme une des alternatives durables, a prouvé sa fiabilité, sa maturité et ses potentialités impressionnantes et très prometteuses. A l'issue de cette réflexion, il s'est révélé qu'il est désormais possible de construire un habitat où la préservation culturelle, l'équité sociale, le développement économique et la protection de l'environnement pourraient devenir une réalité grâce à la mise en place de politiques innovantes, pragmatiques et viables. Il est temps de penser de manière durable et d'inclure tous les acteurs de l'habitat en se basant sur les éclairages, les enseignements, les forces et les faiblesses des expériences pilotes déjà entreprises en la matière. Il est aujourd'hui important de révolutionner la manière de considérer l'habitat, il est impératif d'adopter une nouvelle conscience durable qui concilie l'homme, la culture et l'environnement. C'est ainsi qu'on sera amené à concrétiser et à apporter les réponses attendues. Une sensibilisation aux techniques de l'architecture en terre crue devrait être organisée pour promouvoir ce matériau local auprès de la population en le rendant fiable, durable, efficace, esthétique et attractif. Cette sensibilisation peut prendre divers aspects ; des salons de la construction en terre, des cours dispensés aux étudiants en architecture et en ingénierie civile, des journées « portes ouvertes » à des projets remarquables... plusieurs actions doivent être entreprises pour que ce matériau retrouve toute la considération qu'il mérite. L'état actuel des choses fait profiler un futur sombre et inquiétant pour le patrimoine de l'architecture traditionnelle de Huamachuco. L'absentéisme et l'indifférence des politiques du secteur d'habitat qui laissent faire les solutions classiques, fragiles et rapides n'ont rien de bon pour l'avenir de cette culture constructive locale. Si ce savoir-faire est amené à disparaître, c'est tout un pan de la culture de Huamachuco qui sera voué à l'oubli. Il faut donc allier la culture du passé et le progrès technique d'aujourd'hui pour construire l'avenir avec les matériaux du passé.

Puisse ce travail même modestement contribuer à ouvrir un débat sur une voie vers la résolution de la crise de l'habitat, à actualiser et à capitaliser les expériences oubliées dans ce domaine et à ressusciter le débat sur la construction en terre comme une des alternatives possibles et capables d'apporter une réponse partielle à la crise aussi bien qualitative que quantitative du logement.

12 – Références bibliographiques :

- Adra, N. (2001). *Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais* (Thèse de doctorat). Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Attia, S., Hamdy, M., Carlucci, S., Pagliano, L., Bucking, S. and Hasan, A. (2015). Building performance optimization of net zero-energy buildings, in *Modeling, Design, and Optimization of Net-Zero Energy Buildings* (eds A. Athienitis and W. O'Brien), Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, Germany. doi : 10.1002/9783433604625.ch05
- Bardou, P., & Arzoumanian, V. (1978). *Archi de terre*. Marseille, Editions Parenthèses.
- Bartra, J.B. (2010). *Arquitectura vernácula peruana : Un análisis tipológico*. Lima, Editor Carlos Cosme Mellarez.
- Bertoncello, J.-F., Fouin, J. (2006). *Les matériaux naturels ; décorer, restaurer et construire*. Rodez, Editions du Rouergue.
- Blachère, G. (1966) *Savoir bâtir, habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*. Paris, Editeur Eyrolles.
- Cañas, I., Cid-Falceto, J., & Mazarrón, F. (2012). « Assessment of compressed earth blocks made in Spain : International durability tests ». *Construction and Building Materials*, 37, pp. 738-745.
- Chelghoum, Z., Belhamri, A. (2001) « Habitat à bas profil énergétique ». *Revue des Energies Renouvelables*, pp.59-64.
- Courard, L. (2012). *Matériaux de construction*. Liège, Centrale des Cours de l'AEES asbl.
- Del Rio M., Forsyth P., Barrios F., Kornhuber A. (2011). *La libertad : cultura que perdura*. Lima, Asociación Marsa.
- EcologiK (2009, Décembre – 2010, Janvier). « Terre contemporaine ». *EcologiK*, 12, pp.80-90.
- Fezzioui, N., Draoui, B., Benyamine, M., & Larbi, S. (2012). « Performance énergétique d'une maison à patio dans le contexte maghrébin (Algérie, Maroc, Tunisie et Libye) ». *Revue des Energies Renouvelables*, 15, n°3, pp.399-405.
- Fezzioui, N., Draoui, B., Benyamine, M., & Larbi, S. (2008). « Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien ». *Revue des Energies Renouvelables*, 11, n°1, pp. 25-34.
- Fontaine, N. (2014). *La trame verte comme outil de développement durable de la ville intermédiaire. Cas d'étude : Pérou, ville intermédiaire de Huamachuco* (Travail de fin d'études). Université de Liège.
- Franck, R., Jover, G., & Hovorka, F. (2014). *L'efficacité énergétique du bâtiment, optimiser les performances énergétiques, le confort et la valeur des bâtiments tertiaires et industriels*. Paris, Eyrolles.
- Geinsendorf, E., Schüepp, J., Stanescu, A., & Tönshoff H. (1983). *Dichte, individuelle Wohnbauformen : Eine systematische Beispielsammlung*, maison d'édition Neggli.
- Givoni, B. (1978). *L'homme, l'architecture et le climat*. Editions du Moniteur.
- Guénou, R. (1945). *Le règne de la quantité et les signes des temps*. Paris, Edition Gallimard.
- Guillaud, H., & Houben, H. (1995). *Traité de construction en terre* (2^{ème} édition). Marseille, Editions Parenthèses.

- Jannot, Y., & Djiako, T. (1994). « Economie d'énergie et confort thermique dans l'habitat en zone tropicale ». *Rev. Int. Froid*, 17, n°3, pp. 166-173.
- K. Morisset, L., & Breton, M.-V. (2005). *La ville : phénomène de représentation*. Québec, Presses de l'université du Québec.
- Kemajou, A., & Mba, L. (2011). « Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude, application au cas des régions climatiques camerounaises ». *Revue des Energies Renouvelables*, 14, n°2, pp.239-248.
- Lefebvre, H. (1970). *Du rural à l'urbain*. Édition anthropos.
- Lefebvre, H. (1970). *La révolution urbaine*. Paris, Edition Gallimard.
- Le Goff, O. (1994) *L'invention du confort. Naissance d'une forme sociale*. Lyon, Presses Universitaires de Lyon.
- Louis, N. (2009). *Logements, habitations, habitants. Cas d'étude de Sipe Sipe, Cochabamba, Bolivie* (Travail de fin d'études). Université de Liège.
- Medjelakh, D., & Abdou, S. (2008). « Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment ». *Revue des Energies Renouvelables*, 11, n°3, pp. 329-341.
- Nguyen, T. (2013) *Sustainable housing in Vietnam : Climate responsive design strategies to optimize thermal comfort* (Thèse de doctorat). Université de Liège.
- Nguyen, T., Singh, M.K., & Reiter S. (2012). « An adaptive thermal comfort model for hot humid south-east Asia ». *Building and Environment*, 56, pp.291-300.
- Nicol, J.F., & Humphreys M.A. (2002). « Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings ». *Energy and Buildings*, 34, pp. 563-572.
- Norberg-Schulz, C. (1997) *L'art du lieu architecture et paysage, permanence et mutations*. Paris, Le moniteur.
- Segaud M., Bonvalet C., & Brun J., (1998) *Logement et habitat, l'état des savoirs*. Éditions la découverte.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., & Erelle, E. (2009). « The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate ». *Landscape and Urban Planning*, 92, pp. 179-186.
- Singh, M., Mahapatra, S., & Teller, J. (2014) « Relation between indoor thermal environment and renovation in Liege Residential buildings ». *Thermal Science*, 18, n°3, pp. 889-902.
- Staszak, J.-F., (2001). « L'espace domestique : pour une géographie de l'intérieur », *Annales de Géographie*, n°620, pp.339-363.
- Panerai, P., Depaule J.-C., Demorgon, M. (1999). *Analyse urbaine*. Marseille, Editions Parenthèses.
- Paulus, J. (2015). *Construire en terre crue : Dispositions qualitatives, constructives et architecturales. Application à un cas pratique : Ouagadougou* (Travail de fin d'études). Université de Liège.
- Peirs, G. (2005). *La brique. Fabrication et traditions constructives*. Paris, Editions Eyrolles.
- Van Vaerenbergh, M. (1980). *Les critères de qualité du logement*, Luxembourg, Presses de l'imprimerie privée de la SNHBM.
- Varlet, C. « STASZAK J.-F. (coord.), (2001). "Espaces domestiques", *Annales de géographie*, n°620 Juillet-Août 2001 », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], *Revue de livres*, mis en ligne le 11Juillet 2002, consulté le 10 août 2015. URL : <http://cybergeo.revues.org/859>

13 – Listes des figures

Figure 1: Calligraphie de Hassan MASSOUDY	1
Figure 2 : Vue de Huamachuco depuis le haut de la colline « cerro cacaian ».	2
Figure 3 : Habitat à majorité en béton et briques, en bordure d’une artère importante de la ville, et habitat traditionnel en terre crue en zone rurale, Huamachuco.	3
Figure 4 : Cohabitation d’architecture traditionnelle et des nouvelles constructions en béton et briques, Huamachuco.	3
Figure 5 : Ouvrages ayant eu le plus d’impact sur le mémoire	5
Figure 6 : « Habiter », concept qui condense 4 « variétés » dont la cosmogonie et les conditions physiques du lieu, selon Christian NORBERG-SCHULZ	6
Figure 7 : Méthode d’Olgvay	9
Figure 8 : Méthode de Givoni	9
Figure 9 : Partie supérieure de la stèle de plus de 2m de haut où sont gravées les lois de Hammurabi. Musée du Louvre, Paris.	10
Figure 10 : Exigences d’éclairage	11
Figure 11 : Eclairages recommandés	11
Figure 12 : Exemple de combinaison des 4 critères qui ont engendré un sous-type.	14
Figure 13 : Exemple de critères notés pour une maison	14
Figure 14 : data logger Hobo	16
Figure 15 : Caméra thermique	16
Figure 16 : Indicateur et enregistreur de CO2	16
Figure 17 : Luxmètre Mastech	16
Figure 18 : Appareil de mesure de température à infrarouge	16
Figure 19 : Exemple de données obtenues par le data-logger après une semaine d’enregistrement	17
Figure 20 : Exemple du résultat du traitement des données récoltées	17
Figure 21 : Surfaces influençant la température radiante	18
Figure 22 : valeur en Met d’une activité domestique	18
Figure 23 : somme des valeurs des vêtements	18
Figure 24 : Exemple d’estimation du confort thermique par la méthode Fanger.	18
Figure 25: Entretien avec le père de famille de l’une des 10 maisons sélectionnées	19
Figure 26 : découpage de la brique d’adobe	19
Figure 27 : Gantt Chart	19
Figure 28 : Organigramme des tâches effectuées	20
Figure 29 : Localisation de Huamachuco.	21
Figure 30 : Localisation de Huamachuco dans la vallée « interdantino »	21
Figure 31 : Températures, précipitations et humidité relative du climat de Huamachuco	22
Figure 32 : Caractéristiques bioclimatiques de Huamachuco	22
Figure 33 : Vents les plus fréquents à Huamachuco	23
Figure 34 : Diagramme solaire de Huamachuco	23
Figure 35 : Citation de Deleuze	24
Figure 36 : Localisations des 110 maisons visitées à Huamachuco	26
Figure 37 : Types de géométries du plan des habitations de Huamachuco	27
Figure 38 : Répartition de l’échantillon selon le type d’organisation	27
Figure 39: Façades d’habitations localisées en zone rurale	28
Figure 40 : Coupe schématique d’une façade en ville	28
Figure 41 : Coupe schématique d’une façade rurale	28
Figure 42 : Répartition de l’échantillon selon le pourcentage d’ouvertures de la façade	29
Figure 43 : Activité de couture qui se développe devant le chez-soi pour bénéficier de la lumière du jour	29
Figure 44 : Femme se mettant sur le trottoir devant sa maison avec ses enfants pour tricoter	29
Figure 45 : Lavage du linge dans la rue devant l’habitation	29
Figure 46 : Façades, support de slogans de partis politiques	30
Figure 47 : Façades utilisées comme panneaux d’annonces ou pour la publicité	30
Figure 48 : Exemple de toitures de maisons à Huamachuco.	31
Figure 49 : Rue de Huamachuco caractérisée par le dépassement de toitures des habitations.	31
Figure 50 : Exemple d’agencement de pièces de bois qui servent de supports pour les tuiles.	31
Figure 51 : Motifs obtenus par l’agencement des pièces de bois.	31
Figure 52 : Partie basse d’un dépassement de toiture	31
Figure 53 : Partie basse d’un dépassement de toiture	31
Figure 54 : Tous les types de toitures rencontrées à Huamachuco.	32
Figure 55 : Répartition de l’échantillon selon le type de toiture.	32
Figure 56 : Maison en adobe	33

Figure 57 : Maison en pisé (tapial)	33
Figure 58 : Maison utilisant divers types de matériaux.	33
Figure 59 : Importance des baies permises par le principe de la façade libre grâce aux poteaux-poutres	34
Figure 60 : Photo montrant l'émergence de plus en plus de constructions en structure à base de poteaux poutres	34
Figure 61 : Centre historique de Huamachuco.	34
Figure 62 : Vue depuis le toit d'une maison.	35
Figure 63 : Répartition de l'échantillon selon la technique de construction	35
Figure 64 : Cas de « cabines téléphoniques » en dehors de l'habitation	36
Figure 65 : Cas de toilettes des plus rudimentaires qu'on retrouve dans les maisons de la rue San Francisco	36
Figure 66 : Pièces parallélépipédiques représentant une salle de bain convenable.	36
Figure 67 : Tableau récapitulatif de la répartition de l'échantillon selon les 4 critères établis.	37
Figure 68 : Matrices générant les 110 maisons visitées.	38
Figure 69 : Ensembles correspondant aux matrices générant les 110 maisons visitées.	40
Figure 70 : Typologie des habitations de Huamachuco	41
Figure 71 : Citadelle d'Arg-é Bam	45
Figure 72 : Technique du pisé en Chine	45
Figure 73 : Ville de Shibam	45
Figure 74 : Quelques étapes de la construction d'une maison en pisé.	47
Figure 75 : Outillage du pisé	47
Figure 76 : Localisation de la maison au sud de la ville	48
Figure 77 : façade avant de la maison 1 étudiée	48
Figure 78 : Plan de la maison 1	49
Figure 79 : Espace intermédiaire entre dedans et dehors	49
Figure 80 : Terre cultivable devant la maison	49
Figure 81 : Cuisine (indiquée par le chiffre 2 sur le plan)	49
Figure 82 : Chambre à coucher	49
Figure 83 : Image thermique montrant le vide (bleu le plus foncé) entre la partie supérieure du mur et la toiture	50
Figure 84 : Pignon de la maison montrant l'importance des trous.	50
Figure 85 : Image thermique de l'un des nombreux trous de l'enveloppe.	50
Figure 86 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 1	51
Figure 87 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 1.	52
Figure 88 : Confort subjectif en été	52
Figure 89 : Confort subjectif en hiver	52
Figure 90 : Habitomètre 1	52
Figure 91 : Photo avec les membres vivant dans la maison1	53
Figure 92 : Localisation de la maison 2	54
Figure 93 : Patio principal de la maison 2	54
Figure 94 : Plan de la maison 2	55
Figure 95 : Patio privé	55
Figure 96 : Cuisine en béton et briques de la partie privative	55
Figure 97 : Façade discrète sur rue	55
Figure 98 : Aile gauche de la partie dédiée à la location	55
Figure 99 : Salle de bain pour les locataires.	55
Figure 100 : Image thermique prise à 20h44	56
Figure 101 : Image thermique prise à 20h50	56
Figure 102 : Résultat du confort thermique à 8h30	56
Figure 103 : Résultat du confort thermique à 11h30	56
Figure 104 : Résultat du confort thermique à 14h30	56
Figure 105 : Résultat du confort thermique à 17h00	56
Figure 106 : Résultat du confort thermique à 21h00	56
Figure 107 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 2	57
Figure 108 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 2	58
Figure 109 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 2	58
Figure 110 : Confort subjectif en été	58
Figure 111 : Confort subjectif en hiver	58
Figure 112 : Habitomètre 2	58
Figure 113 : Galerie du second patio	59
Figure 114 : Galerie du premier patio	59
Figure 115 : localisation de la maison 3	60
Figure 116 : façade sur rue de la maison 3	60

Figure 117 : Plan Rdc de la maison 3	61
Figure 118 : Plan de la chambre à coucher située au premier étage	61
Figure 119 : Salon	61
Figure 120 : Cuisine	61
Figure 121 : Chambre à coucher	61
Figure 122 : Arrière-cour	61
Figure 123 : Image thermique de la chambre à coucher prise à 20h33	62
Figure 124 : Résultat du confort thermique à 8h30	62
Figure 125 : Résultat du confort thermique à 12h00	62
Figure 126 : Résultat du confort thermique à 15h30	62
Figure 127 : Résultat du confort thermique à 18h00	62
Figure 128 : Résultat du confort thermique à 21h30	62
Figure 129 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 3	63
Figure 130 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 3	64
Figure 131 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 3	64
Figure 132 : Confort subjectif en été	64
Figure 133 : Confort subjectif en hiver	64
Figure 134 : Habitomètre 3	64
Figure 135 : Famille avec les membres de la maison 3	65
Figure 136 : Localisation de la maison 4 en face de la plaza de armas	66
Figure 137 : Façades de la maison 4	66
Figure 138 : Plan Rdc de la maison 4	67
Figure 139 : Plan de l'étage de la maison 4	67
Figure 140 : Boutique en RdC	67
Figure 141 : Coin de lecture et de travail à l'étage	67
Figure 142 : Vue sur la plaza de Armas depuis le balcon à l'étage.	67
Figure 143 : Chambre à coucher servant aussi de lieu de stockage de marchandises	67
Figure 144 : Cuisine	67
Figure 145 : Coin wc	67
Figure 146 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 4	69
Figure 147 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 4	70
Figure 148 : Confort subjectif en été	70
Figure 149 : Confort subjectif en hiver	70
Figure 150 : Habitomètre 4.	70
Figure 151 : Photo avec Pedro et son ami	71
Figure 152 : Arche de Ctésiphon en Irak	74
Figure 153 : Temple de Nabuchodonosor II en Irak	74
Figure 154 : Choc des civilisations. Bâtiments modernes du quartier Miraflores jouxtent la pyramide de Lima.	74
Figure 155 : Statue d'un homme fabricant l'adobe sans moule	75
Figure 156 : Pyramide de Cahachi	75
Figure 157 : Chan Chan	75
Figure 158 : Temple du soleil de Moche	75
Figure 159 : Différentes sortes de briques d'adobe de différentes tailles	75
Figure 160 : La brique d'adobe la plus volumineuse du musée du temple du soleil et de la lune à Moche.	75
Figure 161 : Etapes de fabrication d'une brique d'adobe	77
Figure 162 : Découpage de la brique d'adobe	77
Figure 163 : Dimensions initiales de la brique	77
Figure 164 : Echantillons obtenus	77
Figure 165 : Application d'une surface d'enduit	77
Figure 166 : Eprouvette soumise au test de compression	78
Figure 167 : Coubes résultantes de l'essai de compression	78
Figure 168 : Eprouvette soumise au test de flexion	78
Figure 169 : Coubes résultantes de l'essai de flexion	78
Figure 170 : Données et résultats relatifs au test de compression	79
Figure 171 : Données et résultats relatifs au test de flexion	79
Figure 172 : Résistance en compression minimale admissible pour les BTC	79
Figure 173 : Quelques étapes de la construction d'une maison en adobe	81
Figure 174 : Localisation de la maison 5	82
Figure 175 : Maison étudiée vue depuis la cour centrale	82
Figure 176 : Vue d'ensemble de la maison 5	83
Figure 177 : Plan de l'habitation	83
Figure 178 : Petite pièce couverte d'une toiture en calamine	83
Figure 179 : Entrée de la chambre à coucher sur la gauche	83

Figure 180 : Cuisine	83
Figure 181 : Chambre à coucher	83
Figure 182 : Image thermique montrant les localisations des pertes thermiques dans la toiture	84
Figure 183 : Vide entre la partie haute du mur et la toiture qui repose sur lui.	84
Figure 184 : Défauts d'étanchéité de la toiture dus à la mauvaise disposition des tuiles	84
Figure 185 : Résultat du confort thermique à 9h00	84
Figure 186 : Résultat du confort thermique à 12h00	84
Figure 187 : Résultat du confort thermique à 15h30	84
Figure 188 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 5	85
Figure 189 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 5	86
Figure 190 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 5	86
Figure 191 : Confort subjectif en été	86
Figure 192 : Confort subjectif en hiver	86
Figure 193 : Hiabtomètre 5	86
Figure 194 : Photo avec les membres de la famille de la maison 5	87
Figure 195 : Maisons en adobe sur terrain escarpé	88
Figure 196 : Localisation de la maison 6	88
Figure 197 : Vue de la maison 6 depuis la rue	88
Figure 198 : Plan niveau Rdc (niveau rue)	89
Figure 199 : Cour arrière photographiée depuis le niveau haut	89
Figure 200 : Plan niveau intermédiaire (cuisine)	89
Figure 201 : Accès à la cuisine	89
Figure 202 : Plan R-1 (niveau arrière-cour)	89
Figure 203 : Echelle qui relie les deux niveaux et lits disposés à l'extérieur des chambres par manque de place.	89
Figure 204 : Coupe longitudinale	89
Figure 205 : Façade arrière	89
Figure 206 : Image thermique prise à 17h15	90
Figure 207 : Image thermique prise à l'intérieur de l'habitation	90
Figure 208 : Image thermique prise à l'intérieur de l'habitation	90
Figure 209 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 6	91
Figure 210 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 6	92
Figure 211 : Confort subjectif en été	92
Figure 212 : Confort subjectif en hiver	92
Figure 213 : Habtomètre 6	92
Figure 214 : La mère de famille avec ses enfants les plus jeunes	93
Figure 215 : Etapes de fabrication de briques de terre cuite	97
Figure 216 : Localisation de l'immeuble situé à proximité du stade et de l'hôpital de Huamachuco	98
Figure 217 : Façade de l'immeuble étudié	98
Figure 218 : Plan étage courant de l'immeuble	99
Figure 219 : Couloir	99
Figure 220 : Façade de l'immeuble	99
Figure 221 : Salle de bain commune	99
Figure 222 : Image thermique prise à 21h20	100
Figure 223 : Image thermique prise à 21h22	100
Figure 224 : Image thermique prise à 21h31	100
Figure 225 : Résultat du confort thermique à 8h00	100
Figure 226 : Résultat du confort thermique à 11h45	100
Figure 227 : Résultat du confort thermique à 15h15	100
Figure 228 : Résultat du confort thermique à 19h00	100
Figure 229 : Résultat du confort thermique à 21h30	100
Figure 230 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 7	101
Figure 230 : Diagramme de l'intensité lumineuse de la maison 7	102
Figure 232 : Diagramme du taux de CO2 de la maison 7	102
Figure 233 : Confort subjectif en été	102
Figure 234 : Confort subjectif en hiver	102
Figure 235 : Habtomètre 7	102
Figure 236 : Photo avec Carlos et sa mère	103
Figure 237 : Intérieur de la chambre de Carlos	103
Figure 238 : Localisation de la maison 8	106
Figure 239 : Vue de la maison 8 depuis la rue	106
Figure 240 : Plan de l'étage de la maison 8	107
Figure 241 : Plan Rdc de la maison 8	107
Figure 242 : Image thermique de la façade principale prise à 21h36	108

Figure 243 : Image thermique de la terrasse prise à 23h33	108
Figure 244 : Image thermique du bureau situé au premier étage prise à 21h48	108
Figure 245 : Résultat du confort thermique à 00h00	108
Figure 246 : Résultat du confort thermique à 04h00	108
Figure 247 : Résultat du confort thermique à 08h30	108
Figure 248 : Résultat du confort thermique à 12h00	108
Figure 249 : Résultat du confort thermique à 16h00	108
Figure 250 : Résultat du confort thermique à 20h00	108
Figure 251 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 8	109
Figure 252 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 8	110
Figure 253 : Diagramme de CO2 de la maison 8	110
Figure 254 : Confort subjectif en été	110
Figure 255 : Confort subjectif en hiver	110
Figure 256 : Habito-mètre 8.	110
Figure 257 : Photo avec la famille TORRES	111
Figure 258 : Localisation de la maison 9	112
Figure 259 : Maison 9 occupant l'angle d'un îlot	112
Figure 260 : Plan Rdc	113
Figure 261 : Plan Etage	113
Figure 262 : Bloc en pisé	113
Figure 263 : Bloc en adobe	113
Figure 264 : Patio couvert	113
Figure 265 : Salle à manger	113
Figure 266 : Cuisine	113
Figure 267 : Résultat du confort thermique à 08h30	114
Figure 268 : Résultat du confort thermique à 12h00	114
Figure 269 : Résultat du confort thermique à 15h30	114
Figure 270 : Résultat du confort thermique à 18h30	114
Figure 271 : Résultat du confort thermique à 21h00	114
Figure 272 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 9	115
Figure 273 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 9.	116
Figure 274 : Diagramme du taux de CO2 de la salle à manger de la maison 9	116
Figure 275 : Confort subjectif en été	116
Figure 276 : Confort subjectif en hiver	116
Figure 277 : Habito-mètre 9	116
Figure 278 : Photo avec la famille CASTALLO	117
Figure 279 : Localisation de la maison 10	118
Figure 280 : Muret peint de slogans politiques séparant la cour de la maison de l'espace public de la rue	118
Figure 281 : Coupe longitudinale	119
Figure 282 : Plan de l'habitation 10	119
Figure 283 : Cabine de WC qui sert aussi de lieu de douche	119
Figure 284 : Espace de repos et de tissage de laine	119
Figure 285 : Salon	119
Figure 286 : Chambre à coucher	119
Figure 287 : Image thermique prise à 13h10	120
Figure 288 : Image thermique prise à 13h08	120
Figure 289 : Résultat du confort thermique à 9h00	120
Figure 290 : Résultat du confort thermique à 13h00	120
Figure 291 : Résultat du confort thermique à 15h00	120
Figure 292 : Résultat du confort thermique à 18h00	120
Figure 293 : Résultat du confort thermique à 21h30	120
Figure 294 : Diagrammes des températures et des taux d'humidité relative de la maison 10	121
Figure 295 : Diagramme d'intensité lumineuse de la maison 10	122
Figure 296 : Diagramme de variation du taux de CO2 de la maison 10	122
Figure 297 : Confort subjectif en été	122
Figure 298 : Confort subjectif en hiver	122
Figure 299 : Habito-mètre 10	122
Figure 300 : Photo avec la famille ALBARADO	123
Figure 301 : Tableau comparatif	124
Figure 302 : Apport de chaleur à travers une toiture translucide	125
Figure 303 : Puit canadien pour les habitations à patio	125
Figure 304 : Logotype de la Chaire UNESCO	126
Figure 305 : logotype de CRAterre	126

Figure 306 : Logotype de Rammed Earth Works	126
Figure 307 : Technique PISE	127
Figure 308 : Logotype de Cal-Earth	127
Figure 309 : Dômes superadobe	127
Figure 310 : Logotype de ClayTec	127
Figure 311 : Logotype de Auroville	127
Figure 312 : Construction de la mosquée de Medy d’Al au Riyadh en Arabie Saoudite	128
Figure 313 : Couloir de l’hôpital Kaedi	128
Figure 314 : Vue des deux édifices du bloc F	129
Figure 315 : Tour en pisé et logements en blocs de terre	129
Figure 316 : Organisation de l’habitat traditionnel mahorais	130
Figure 317 : Fabrication des blocs de terre comprimée et stabilisée	130
Figure 318 : Logements destinés aux fonctionnaires français	130
Figure 319 : Bloc de la communauté comprenant 4 appartements	131
Figure 320 : Coupe sur le 3 ^{ème} bâtiment de la communauté de Vikas	131
Figure 321 : Carrière de terre intégrée en sous sol du 3 ^{ème} bâtiment	131
Figure 322 : Chambre à coucher couverte par une voûte très plate.	131
Figure 323 : Vue de l’école primaire au village de Gando	132
Figure 324 : Plan de l’école.	132
Figure 325 : Poutres en béton armé	132
Figure 326 : Coupe transversale	132
Figure 327 : sol en terre comprimée	132
Figure 328 : Citation de Shady ATTIA	133
Figure 329 : participation de shady ATTIA à la formation de BASE habitat	133

14 - Annexes



Annexes :

- 1 – Localisations des 110 maisons visitées
- 2 – Répartition des 110 maisons selon les critères établis
- 3 – Liste des 110 maisons sous forme de matrices
- 4 – Les divers types de toitures à Huamachuco
- 5 – Les formes ondulatoires permises par l'architecture dont la structure est en poteaux-poutres
- 6 – Les décrochements des étages de l'architecture en poteaux-poutres
- 7 – Publicités encourageant l'usage de la structure en béton et briques
- 8 – Habito-mètres
- 9 – Résultats de la méthode Fanger
- 10 – Questions des interviews
- 11 – Questionnaire
- 12 – Résultats du questionnaire

Localisation et adresses des 110 maisons visitées :

Les 10 maisons soulignées sont les maisons qui ont été étudiées

- | | |
|---|--|
| 1 – Casa Medica : Rue Jose Balta, 216 | 56 – Rue Sanchez Carrion, 1100 |
| 2 – Rue JR Sucré, 65 | 57 – <u>Rue Sanchez Carrion, 1173</u> |
| 3 – Rue Bolivar, 825 | 58 – Rue Leonicio Prado, 653 |
| 4 – Maison de la famille Amoroto : Rue Bolognesi, 475 | 59 – Rue Leonicio Prado, 660 |
| 5 – <u>Maison de la famille Ramirez : Rue San Martin, 179</u> | 60 – Rue Leonicio Prado, 681 |
| 6 – <u>Maison de la famille Torres : Rue Miraflores</u> | 61 – Rue Jose Balta, 470 |
| 7 – Rue Ramon Castilla, 5 | 62 – Rue San Martin, 612-624 |
| 8 - Rue San Roman, 513 | 63 – Rue San Martin, 561 |
| 9 – <u>Secteur la Cuchilla, maison sans numéro</u> | 64 – Rue Jose Balta, 324 |
| 10 - Secteur la Cuchilla, maison sans numéro | 65 – Rue Ramon Castilla, 801-813 |
| 11 - Secteur la Cuchilla, maison sans numéro | 66 – Rue Andaymarca, 1 |
| 12 – Rue Javier Herau, 294 (quartier Los Laureles) | 67 – Secteur La cuchilla, sans numéro |
| 13 – Rue Benito Juarez, 168 (quartier Los Laureles) | 68 – Avenida Chohures, Shiracmaca, sans numéro |
| 14 – <u>Rue Salaverry, 645-689</u> | 69 – Avenue Jesus Pevez, Shiracmaca, sans numéro |
| 15 – Rue Salaverry, 380 | 70 – Carreteras a la Laguna, Sausacocha, sans numéro |
| 16 – <u>Rue San Roman, 237</u> | 71 – Rue San Roman, 994 |
| 17 – Rue San Roman, 243 | 72 – Rue Bolivar, 713 |
| 18 – Rue L. Prado, 463 | 73 – Rue Miraflores, 746 |
| 19 – Rue Salaverry, 304 | 74 – Rue Estete, 591 |
| 20 – Rue Jose Prado, 508 | 75 – Rue Catequil, quartier 9 de Octubre, 747 |
| 21 – Rue Jose Prado, 263-287 | 76 – Rue Tucupina, sans numéro |
| 22 – Rue San Roman, 749 | 77 – Rue Tucupina, sans numéro |
| 23 – Rue San Roman, 661-665 | 78 – Rue Tucupina, sans numéro |
| 24 – Rue Ramon Castilla, 1344 | 79 – Rue Tucupina, sans numéro |
| 25 – Avenue 10 de Julio, 1010 | 80 – Rue Jr. Agua de Los Pajaritos, 79 |
| 26 – Rue Juan Velasco Alvarado, sans numéro | 81 - Rue Jr. Agua de Los Pajaritos, 80 |
| 27 – Rue Sanchez Carrion, 1169 | 82 - <u>Rue Jr. Agua de Los Pajaritos, sans numéro</u> |
| 28 – Maison à l'angle de la rue Bolivar et Suarez | 83 - Rue Jr. Agua de Los Pajaritos, 70 |
| 29 – Rue Atahualpa, 604 | 84 - Rue Jr. Agua de Los Pajaritos, 65 |
| 30 – Rue A. Ugarte, 224 | 85 - Rue Jr. Agua de Los Pajaritos, 37 |
| 31 – Rue Suarez, 329 | 86 – Rue Los Angeles, sans numéro |
| 32 – Rue Watchimin, sans numéro | 87 – Rue Quinta Alta, 52 |
| 33 – <u>Rue Watchimin, 308</u> | 88 – Rue Quinta Alta, sans numéro |
| 34 – Rue 9 de Octubre, 152 | 89 – Rue San Francisco, 36 |
| 35 – Rue Inca, sans numéro | 90 – Rue San Francisco, sans numéro |
| 36 – Rue 9 de Octubre, sans numéro* | 91- Rue San Francisco, 19 |
| 37 – Casa de arcos : Rue Bolivar | 92 – Rue San Francisco, sans numéro |
| 38 – Rue Bolivar, 1301 | 93 – <u>Rue San Andres, sans numéro</u> |
| 39 – Rue Santana, 391 | 94 – Rue 10 de Julio, 1081 |
| 40 – Rue 15 de Augusto, 110 | 95 – Rue San Francisco, 105 |
| 41 - Rue Jose Balta, 555 - 569 | 96 – Rue Salaverry, 217 |
| 42 – Rue Cuzco, 301 | 97 – Rue San Roman, 129 |
| 43 – Rue Cuzco, 313 | 98 – Rue 9 de Octubre, 122 |
| 44 – Rue Avancay, 162 | 99 – Rue Ramon Castilla, 200-240 |
| 45 – Rue Avancay, sans numéro | 100 – Rue Ramon Castilla, 162-173 |
| 46 – Rue Miraflores, 205 | 101 – Rue Ramon Castilla, 190-192 |
| 47 – <u>Rue Sanchez Carrion, 585</u> | 102 – Rue San Roman, 475 |
| 48 – Rue San Martin, 145 | 103 – Rue San Roman, 461 |
| 49 – Rue Las Lomas, * | 104 – Rue San Roman, 485 |
| 50 – Rue Tafur, 742 | 105 – Rue Ramon Castilla, 312 |
| 51 – Rue Ramon Castilla, 679 | 106 – Rue San Roman, 305 |
| 52 – Rue San Martin, 557 | 107 – Rue San Roman, 449 |
| 53 – Rue Jose Balta, 450 | 108 – Rue San Roman, 423-425 |
| 54 – Rue Jose Balta, 623 | 109 – Passage Damian Nicolao, 102-106 |
| 55 – Rue San Martin, 780 | 110 – Rue San Roman, 497 |

Liste des 110 maisons sous forme de matrices :

[illegible]

Toitures à base d'éléments unitaires :



Tuiles de terre



Tuiles de ciment



Tuiles andines artisanales

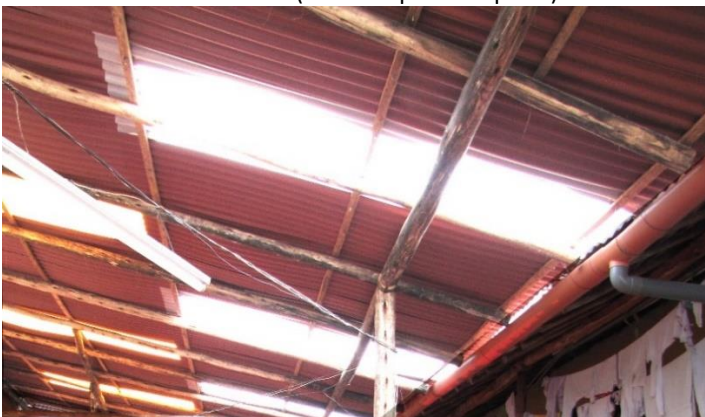
Toitures à base de surfaces :



Tuile andine (surfaces préfabriquées)



Béton + briques



Fibre forte opaque et translucide



Eternit



Toit métallique (ne s'utilise pas uniquement en toiture)



Chaume

Ondulations des nouvelles architectures permises par les structures en béton et briques







Inversiones & Servicios Generales
JAVEKA S.A.C.
Construyendo el futuro de los demás

JK®

PACASMAYO
CEMENTO EXTRA FUERTE

Jr. Alfonso Ugarte 1199



Apéndice C: Tabla de Niveles Metabólicos

Nota: 1 Met = 58.2 W/m²

Niveles Metabólicos (M) de las siguientes Actividades:	W/m ²	Met
Acostado	46	0.8
Sentado relajado	58	1.0
Trabajo de relojero	65	1.1
De pie, relajado	70	1.2
Actividad sedentaria: oficina, vivienda, escuela.	70	1.2
Conduciendo un automóvil	80	1.4
Profesión gráfica, encuadernador	85	1.5
De pie, actividad ligera: comprando, industria ligera.	93	1.6
Profesor	95	1.6
Trabajo doméstico: afeitarse, lavarse, vestirse.	100	1.7
Caminando horizontal 2 Km/h	110	1.9
De pie, actividad media: vendedor, trabajo domestico.	116	2.0
Construcción, colocando bloques de 15 Kg	125	2.2
De pie, lavando platos	145	2.5
Trabajo doméstico: rastrillando hojas sobre el césped.	170	2.9
Trabajo doméstico: lavando a mano y planchando. (120-220 W/m ²)	170	2.9
Construcción: hormigonando con un vibrador neumático	175	3.0
Construcción: encofrando.	180	3.1
Caminando en horizontal 5 Km/h	200	3.4
Forestal: cortando monte con una sierra mecánica	205	3.5
Agricultura: arando con un tiro de animales	235	4.0
Construcción: cargando una carretilla con piedras	275	4.7
Deporte: patinando sobre hielo 18 Km/h	360	6.2
Agricultura: cavando con una pala (24 golpes/minuto)	380	6.5
Deporte: esquiando en horizontal 9 Km/h	405	7.0
Forestal: trabajando con un hacha de 2 Kg (33 golpes/minuto)	500	8.6
Deporte: corriendo a 15 Km/h	550	9.5



1.1 Met



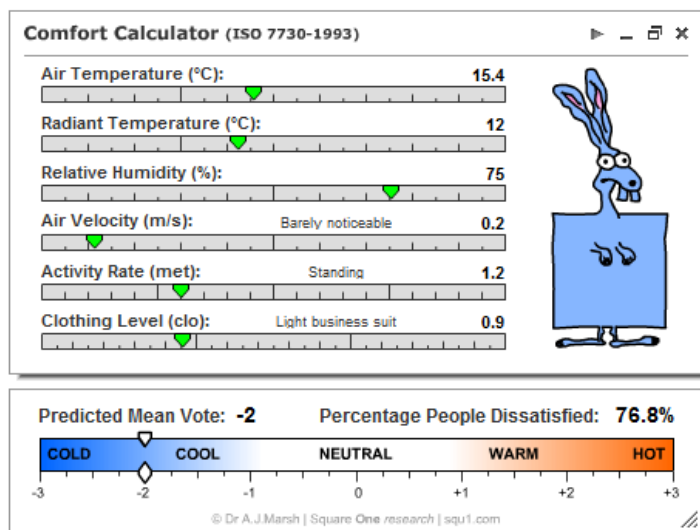
2.5 Met



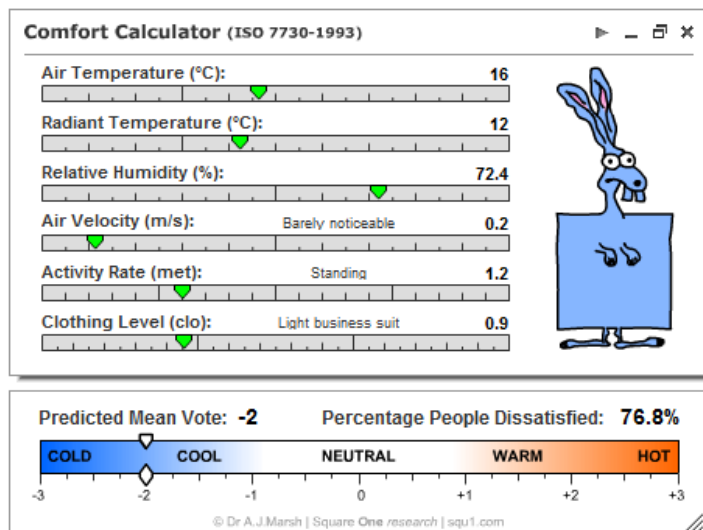
6.5 Met

Méthode Fanger appliquée 5 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (le 30 Mars 2015)

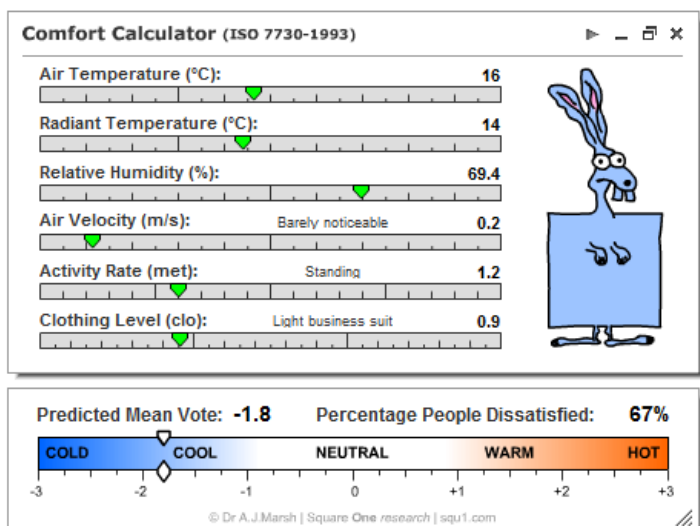
Maison 2 : Maison en ville, en pisé et à patios



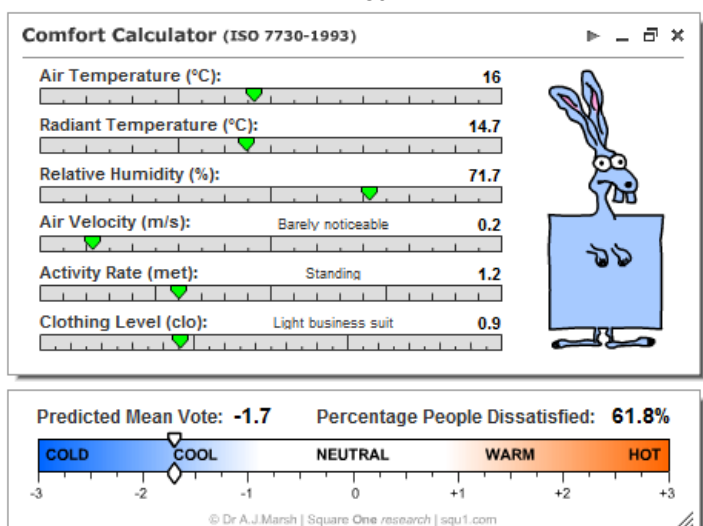
08h30



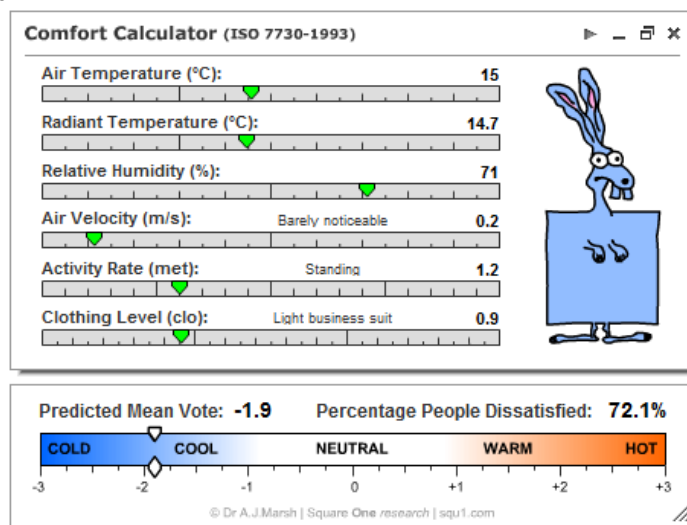
11h30



14h30



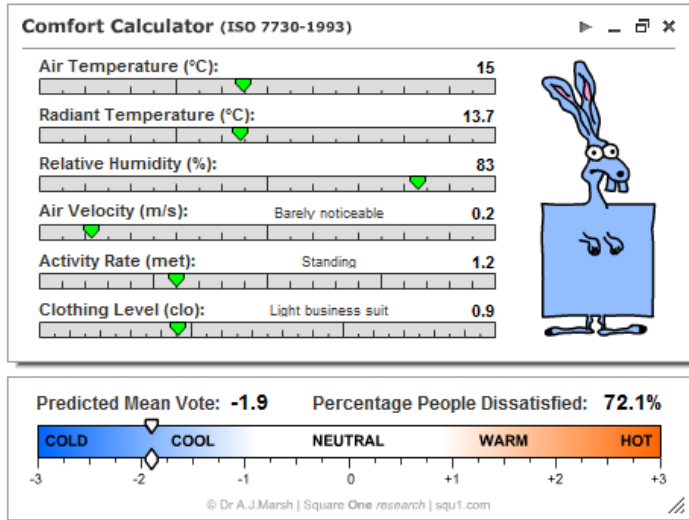
17h00



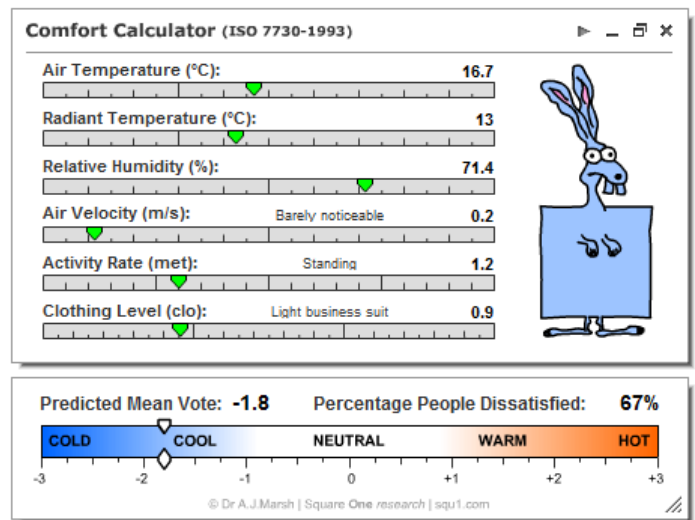
21h00

Méthode Fanger appliquée 5 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (le 02 Avril 2015)

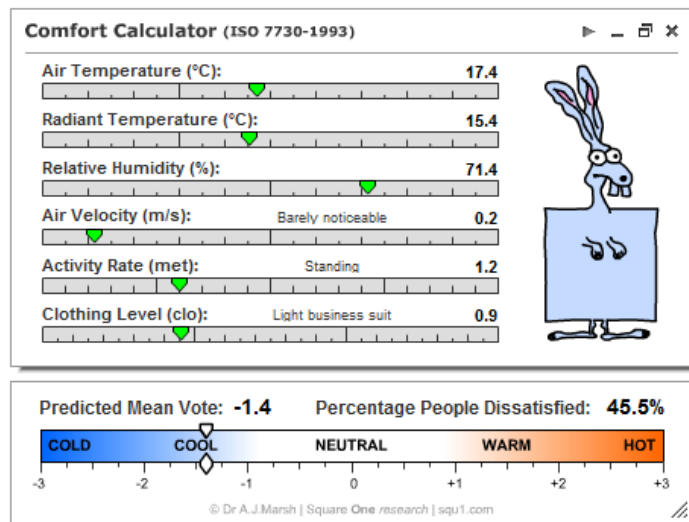
Maison 3 : Maison en ville, en pisé et à arrière-cour



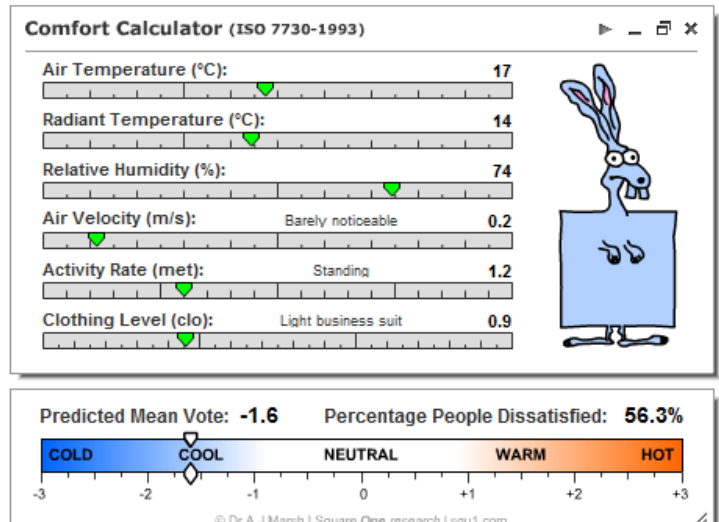
08h30



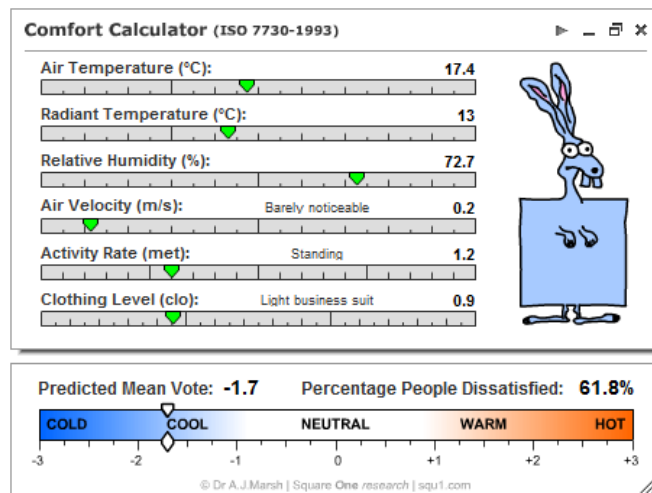
12h00



15h30



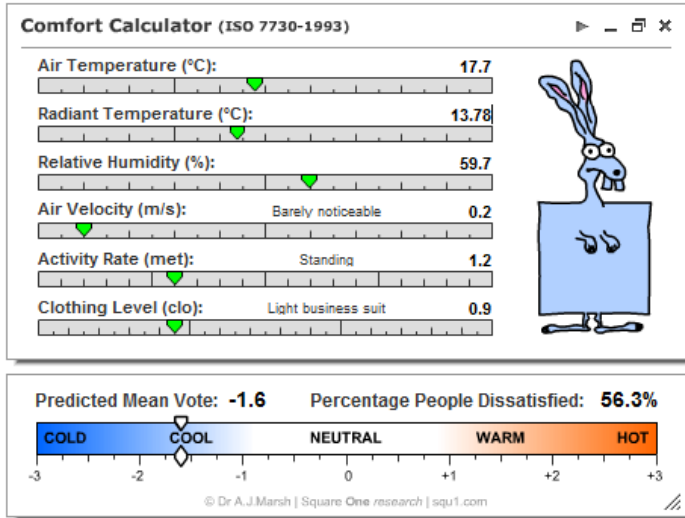
18h00



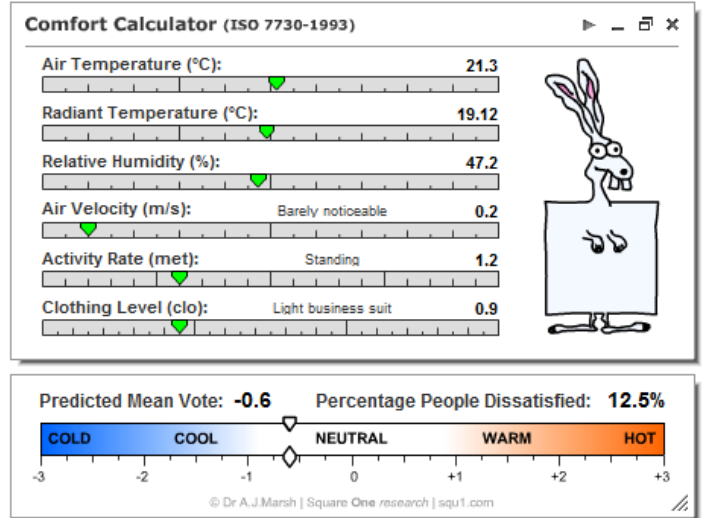
21h30

Méthode Fanger appliquée 3 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (le 09 Avril 2015)

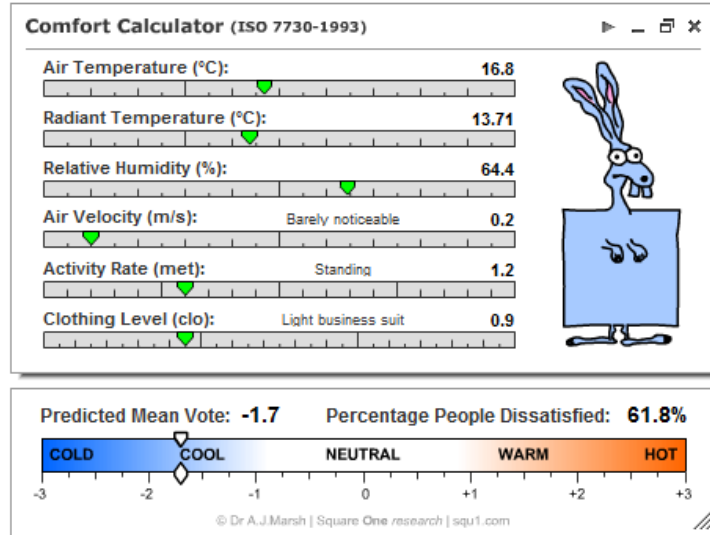
Maison 5 : Maison en adobe en zone rurale:



09h00



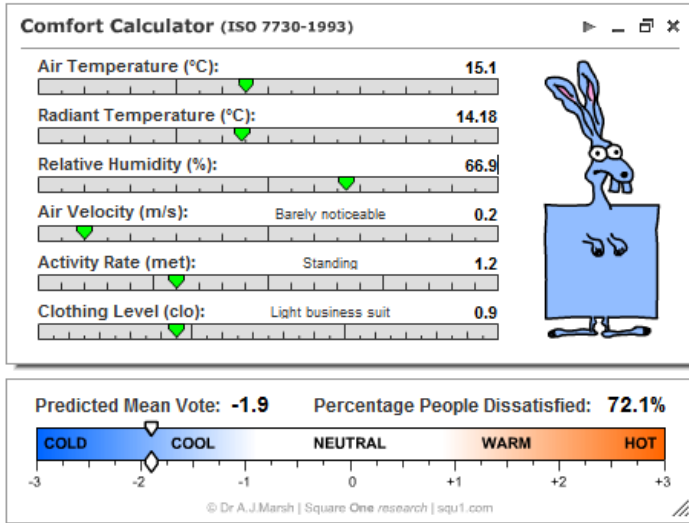
12h00



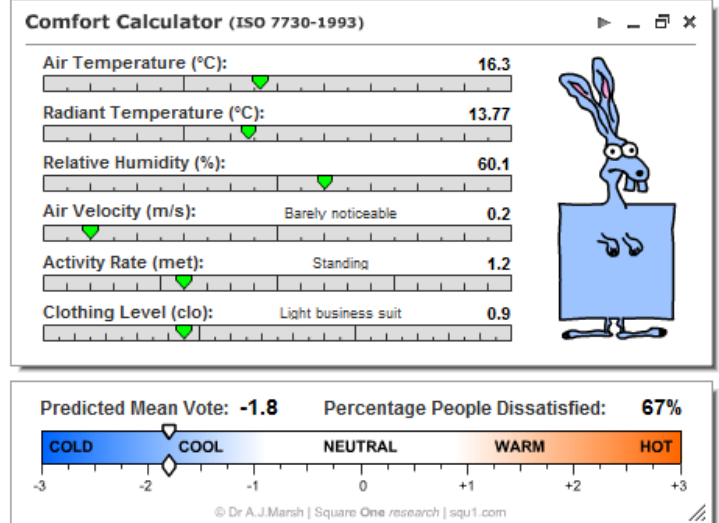
15h30

Méthode Fanger appliquée 6 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (le 12 Avril 2015)

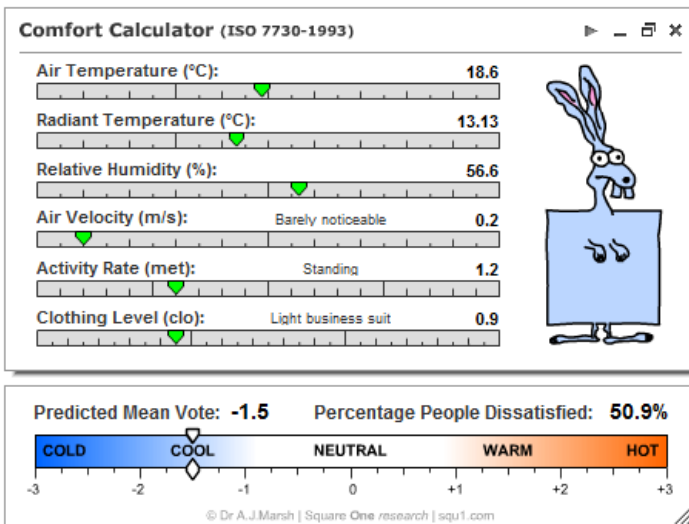
Maison 7 : Immeuble en ville, en béton et briques :



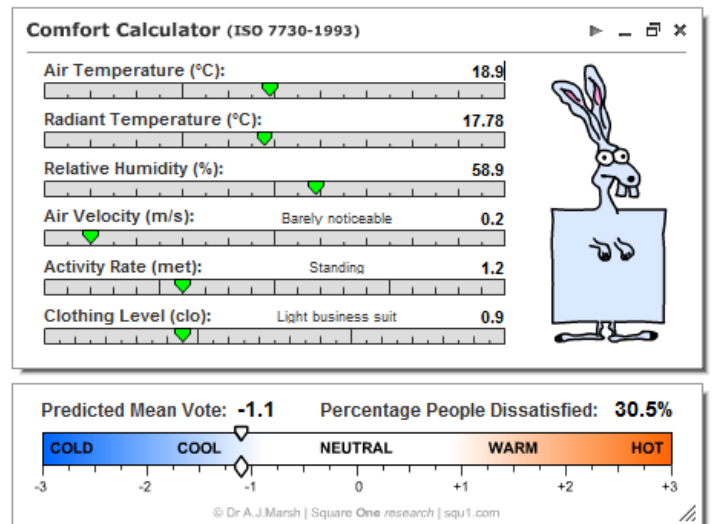
08h00



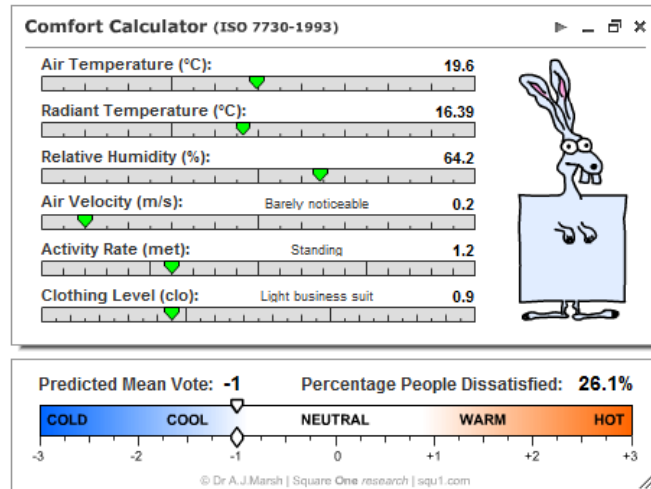
11h45



15h15



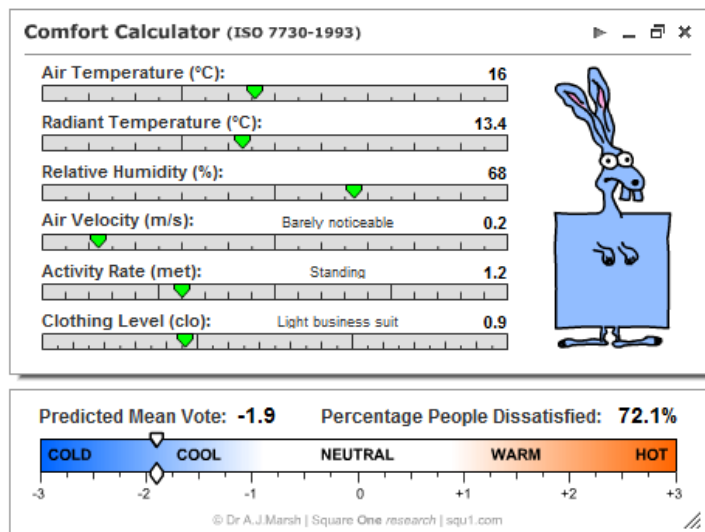
19h00



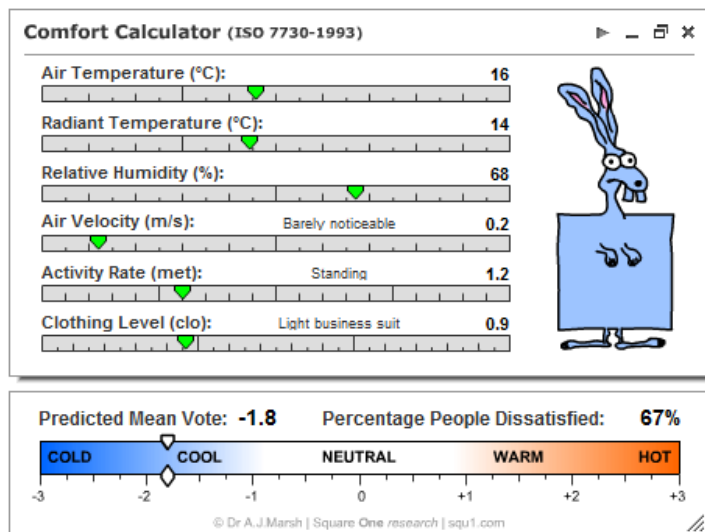
21h30

Méthode Fanger appliquée 6 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (le 28 Mars 2015)

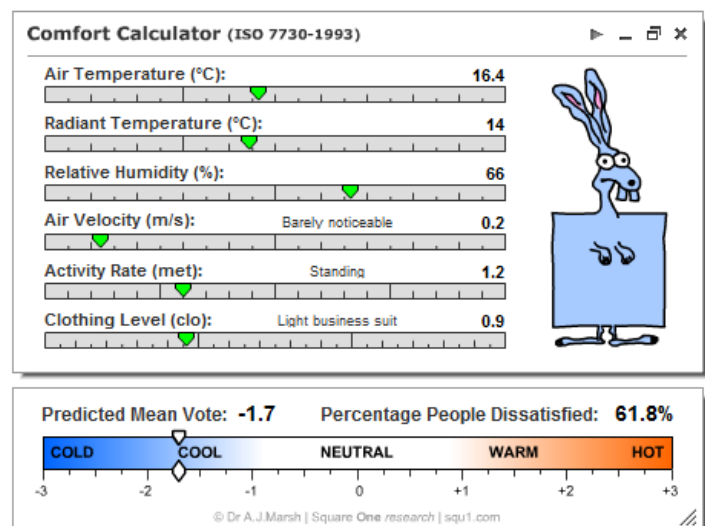
Maison 8 : Maison hybride en ville alliant adobe et béton briques



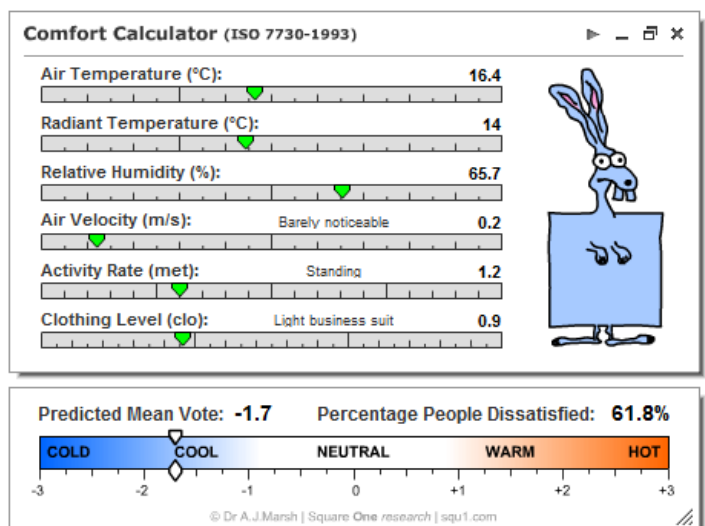
00h00



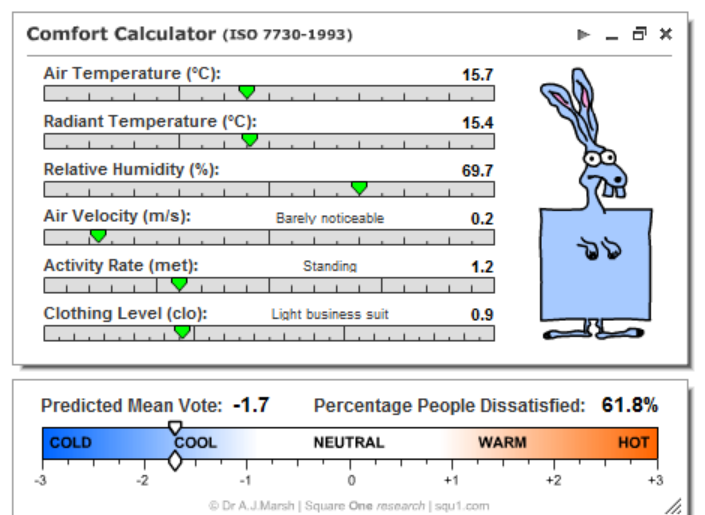
4h00



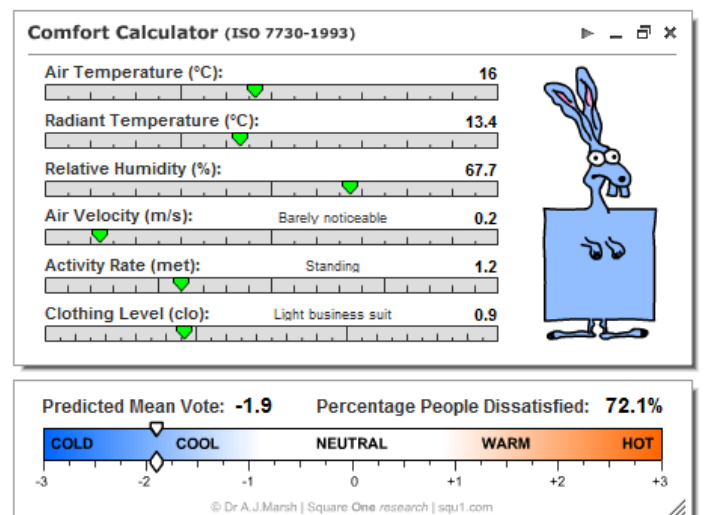
8h30



12h00



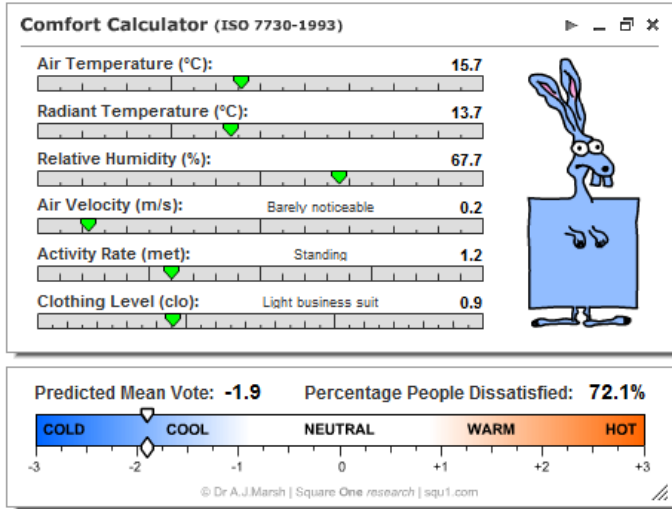
16h00



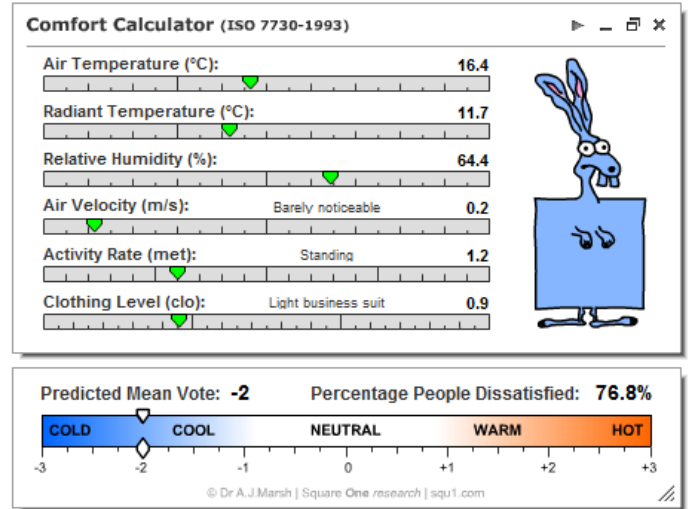
20h00

Méthode Fanger appliquée 5 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (06 Avril 2015)

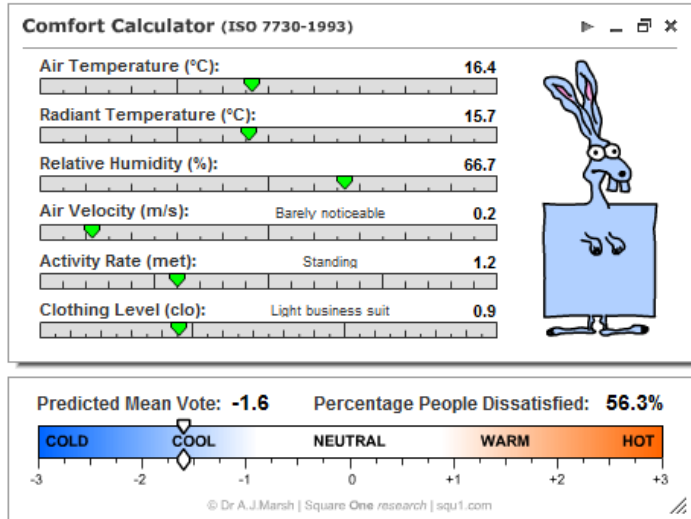
Maison 9 : Maison en ville constituée d'un bloc en pisé et d'un bloc en adobes



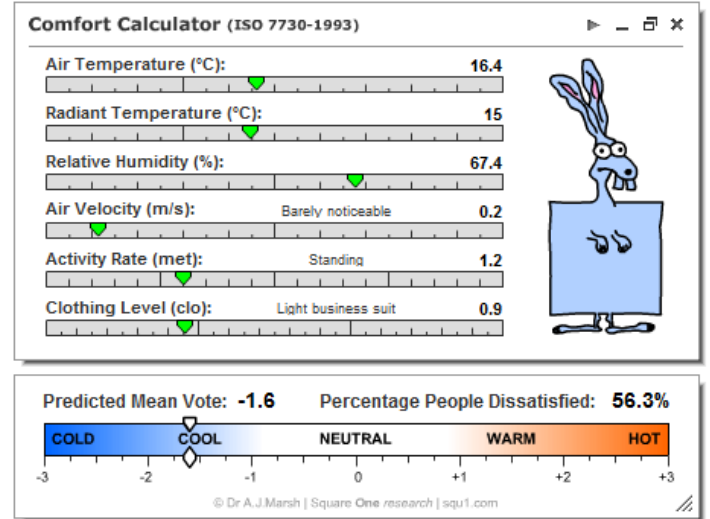
08h30



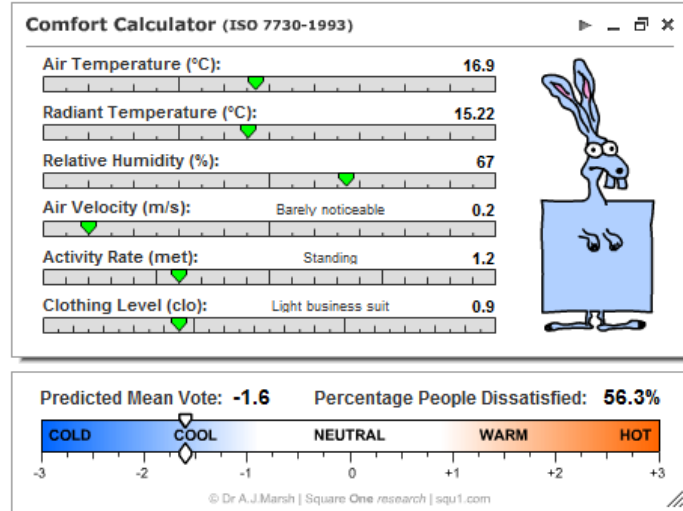
12h00



15h30



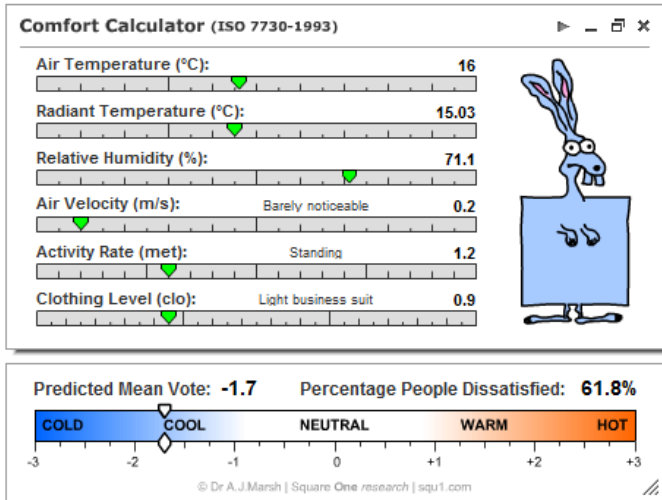
18h30



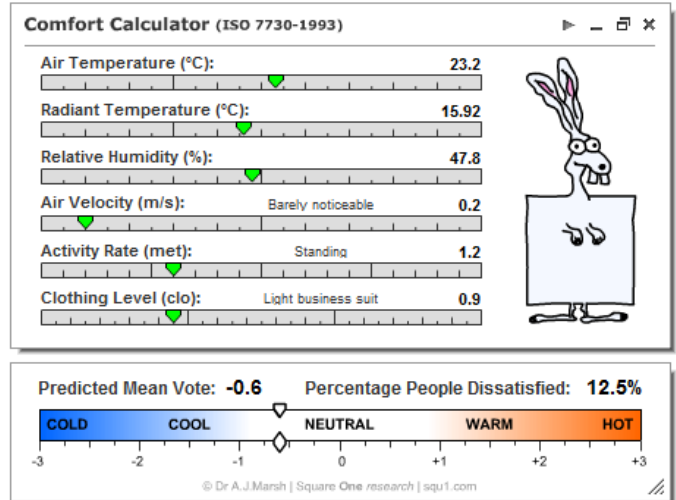
21h00

Méthode Fanger appliquée 5 fois par jour pour déterminer le confort thermique : (le 14 Avril 2015)

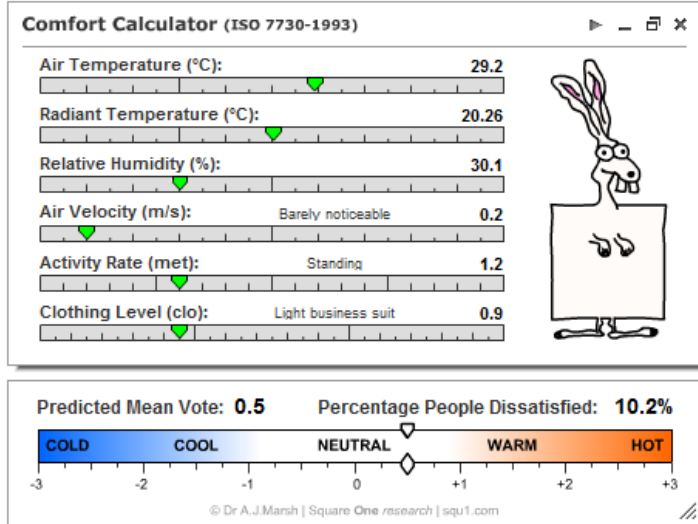
Maison 10 : Maison hybride en ville alliant adobe et pisé



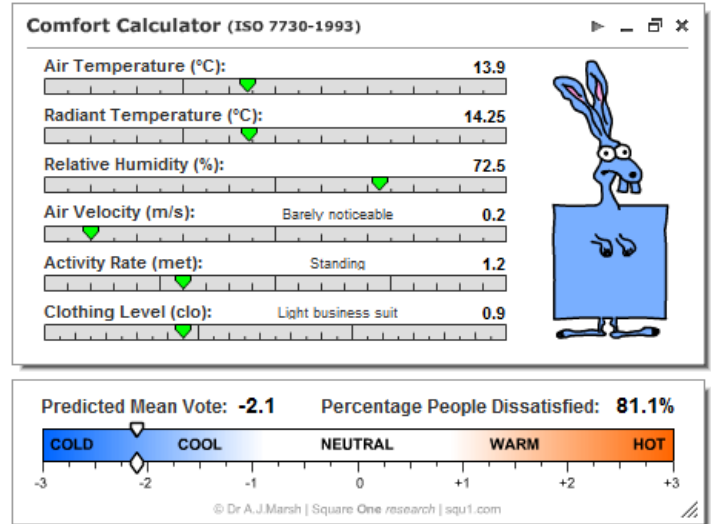
09h00



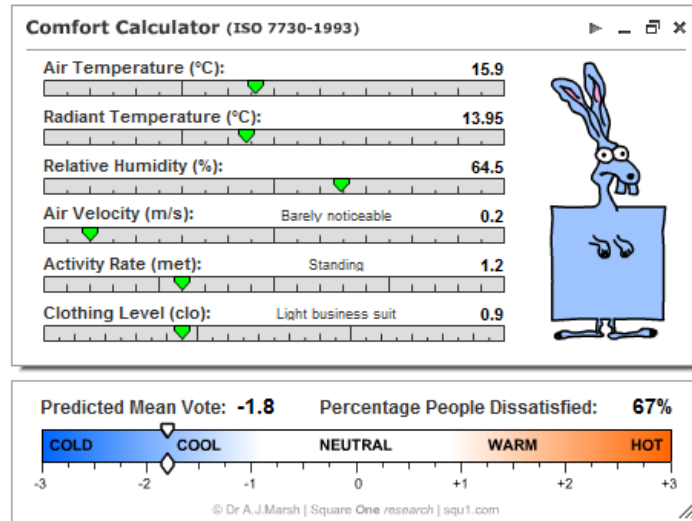
13h00



15h00



18h00



21h30

Habitomètre 1 : Maison isolée en pisé et en zone rurale

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Éclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	10	7	23
--------------	-----------	----------	-----------

Habitomètre 2 : Maison en ville, en pisé et à patio

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	35	1	4
--------------	-----------	----------	----------

Habitomètre 3 : Maison en ville, en pisé et à arrière-cour

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Éclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	18	8	14
--------------	-----------	----------	-----------

Habitomètre 4 : Maison en ville, en pisé et sans espace extérieur :

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	23	8	9
--------------	-----------	----------	----------

Habitomètre 5 : Maison en zone rurale, en adobe

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	12	6	22
--------------	-----------	----------	-----------

Habitomètre 6 : Maison en adobe sur terrain escarpé

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	15	5	20
--------------	-----------	----------	-----------

Habitomètre 7 : Immeuble en ville, en béton et briques

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Éclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	32	4	4
--------------	-----------	----------	----------

Habitomètre 8 : Maison hybride en ville alliant adobe et béton, briques

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	29	7	4
--------------	-----------	----------	----------

Habitomètre 9 - Maison en ville constituée d'un bloc en pisé et d'un bloc en adobes

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Etanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Equipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	33	3	4
--------------	-----------	----------	----------

Habitomètre 10 : Maison hybride en ville alliant adobe et pisé

Stabilité, solidité	
Durabilité, résistance à l'usure	
Facilité de nettoyage et d'entretien	
Étanchéité	
Absence d'humidité et de condensations	
Réduction du danger d'incendie	
Accès facile aux transports	
Espace minimal et nombre de pièces et surfaces en concordance avec la taille de la famille	
Espace privé personnel pour chaque occupant	
Concordance entre fonction et équipement des pièces	
Rapprochement des espaces interdépendants cuisine-repas, chambre-salle de bains, etc	
Séparation des pièces non compatibles	
Conditions et équipements hygiéniques en concordance avec la taille de la famille	
Hauteur raisonnable des pièces	
Disponibilité de l'eau et de l'électricité	
Équipements utilitaires : gaz, radio, télévision, réfrigérateur....	
Confort thermique	
Ventilation naturelle	
Ensoleillement et éclairage naturel	
Protection solaire	
Eclairage artificiel	
Isolation acoustique	
Absence de poussières, d'odeurs, de germes de fumée	
Intimité des chambres	
Liaison avec la nature	
Apparence esthétique, absence de monotonie, ou dimensions oppressantes	
Circulations suffisamment spacieuses	
Présence d'un espace de jeu pour les enfants	
Distance du lieu de travail	
Distance des crèches, maternelles ou écoles...	
Distance des services médicaux	
Distance du marché ou centres d'achat	
Orientation facile pour les occupants	
Orientation facile pour les visiteurs	
Orientation facile pour les services de secours	
Possibilité de personnaliser le logement	
Sécurité à l'intérieur de l'habitation	
Présence de fenêtres	
Présence de carrelage au sol	
Présence d'enduit sur les murs	

Total	11	11	18
--------------	-----------	-----------	-----------



"AÑO DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA Y DEL
FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN"



CARTA N°01-2015-MPSC-CEPPLAN/D

Estimado Vecino/Morador de la Ciudad de Huamachuco, la presente es para presentarle al Estudiante **HOUMAM MELIANI** de la **UNIVERSIDAD DE LIEGE** del País de Bélgica, que forma parte del Equipo Técnico del Proyecto **PIC-TRANSVERSAL en convenio con la Pontificia Universidad Católica del Perú y vuestra Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión.**

HOUMAM MELIANI, viene haciendo un Proyecto de Investigación las diferentes Tipologías de Construcción de Viviendas de la Ciudad de Huamachuco, como el tipo de material de construcción (adobe, tapial y ladrillo), así como la Fachada, ambientes, patios y techos.

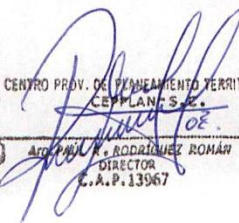
Se le agradecería brindarles todas las facilidades de Información respecto a las diferentes Tipologías de Construcción de su Vivienda, así como también le permita realizar medidas de los ambientes interiores y exteriores de su respectiva vivienda.

Con esta información estará ayudando al Estudiante con su Proyecto de Investigación de la Carrera de Arquitectura y a la vez contribuyendo con el Desarrollo Turístico de Nuestra Ciudad de Huamachuco.

Desde ya se le agradece por su gentil y generosa colaboración.

Atentamente,




CENTRO PROV. DE PLANEAMIENTO TERRITORIAL
CEPPLAN S.C.
Arq. PAÚL RODRÍGUEZ ROMÁN
DIRECTOR
C.A.P. 13967

NOTA: Cualquier información contactarse con el **Director de CEPPLAN S.C.: Arq. Paúl Rodríguez Román (955951526 / #955951526)** y/o visitar a la oficina de CEPPLAN SC. Ubicada en el Segundo Piso- Ex local de la Policía Nacional.

Habitante :

La persona entrevistada :

1/Datos generales : Genero : Edad : profesion :

2/ Cuántas idiomas habla usted ?

3/ Hay algun grupo dentro la comunidad en la cual la que usted pertenece ?

4/ Cuales son las características de este grupo ?

Familia :

5/ ¿cuántas personas hay in su familia ?

6/ ¿cuántos viven en esta casa ?

7/ A qué se dedican ?

8/ ¿cuántos viven fuera de la casa ?

9/ Donde viven ? Desde cuando no viven aqui ?

10/ Porqué no viven aqui con usted ?

11/ Quien trabaja en la casa ?

12/ Hay personas que no son miembros de la familia que viven con ustedes ?

13/ Si la respuesta es si, porqué ?

14/ Desde cuando vive su familia aqui in Huamachuco ?

15/ Porqué decidio vivir in Huamachuco ?

16/ Han vivido fuera de Huamachuco alguna vez ?

17/ Han vivido en otras casas aqua in Huamachuco antes de vivir en esta casa ?

18/ Si la respuesta es si, porqué decidieron cambiarse de casa ?

19/ Le gustaria moverse de esta casa ?

20/ Si la respuesta es si, porqué ? y a dond  le gustaria moverse ?

21/ Si la respuesta es si, cuando le gustaria moverse ?

22/ La majoria del año pasan el tiempo aqui ? en esta casa ?

23/ Si la respuesta es no, en qué otro lugar pasan el tiempo ?

24/ Si la respuesta es no, cuales son las razones y cuando es qué se quedan en otro lugares ?

25/ Cuales son los gastos ?

Mobility :

26/ Tiene usted un coche ?

27/ Hay razones por las qué tiene qué salir de la casa ? Cuales son ?

28/ Cuando salen, salen a pie o toman mototaxi ?

29/ Cuanto cuesta la tarifa de cada camino ?

Movilidad ocasional :

30/ A donde va de vez en cuando ?

31/ Cuales son las razones por las qué tiene que salir de vez en cuando ?

32/ Cuales la frecuencia ?

33/ Cuales la duracion de sus salidas ?

Adquisicion :

- 34/ Compro, alquila o usted hizo su casa ?
- 35/ Si compro, cuales son las razones para elegir esta casa ?
- 36/ Antes de comprar la casa, que es lo que busca en una casa ?
- 37/ Si construyo, ubo un arquitecto o ingeniero quien los ayudo ?
- 38/ Quien ayudo a construir la casa ?

La casa :

- 39/ Como se decidio la forma de la casa ?
- 40/ Porqué sé eligio este typo de material ?
- 41/ Porqué sé eligio este typo de techo ?
- 42/ Ha camplido la casa con sus expectativas ? Era lo que esperaba ?
- 43/ Si la respuesta es no, porqué ?
- 44/ Cuales son las ventajas y inconveniences de la casa ?

Ventajas	inconviniences
----------	----------------

Aspect fonctionnel :

- 45/ Conoce las medidas del superficie de la casa ?
- 46/ Es suficiente para toda la familia ?
- 47/ cuántas habitaciones hay en la casa ?
- 48/ El tamano (size) de las habitaciones son suficiente para cada persona qué vive dentro la habitacione ?

Evolution :

- 49/ Ha realizado cambios o transformaciones grandes en la casa ? Porqué ?
- 50/ Si la respuesta es si, el cambio fue por la siguiente razon : organizacion interna ? estética ? seguridad o otra ? y cuando ?
- 51/ Le gustaria hacer mas cambios en la casa ? Cuales son ?
- 52/ Siente que su casa refleje su estilo de vida ?
- 53/ Hay parte de la casa que le molesta o estorba ?
- 54/ Qué ne tiene en su casa que le gustaria que tenga ?
- 55/ A qué hora se despierta ?
- 56/ Comen en la casa o salen a tomar el desayuno ?
- 57/ Todos salen a trabajar o a estudiar ?
- 58/ Si salen, regressan para el almuerzo ? Dondé almuerzan ?
- 59/ Despues almuerzo, regressan a trabajar o a estudiar ?
- 60/ Desde que hora ya estan en su casa ?
- 61/ En qué parte de la casa pasan la mayoría del tiempo ?
- 62/ cuáles son las actividades diarias que hacen en la casa y en el patio ?
- 63/ Cuales son las actividades ocasionales que hacen en la casa y en el patio ?
- 64/ Dondé prefieren jugar los ninos ?

65/ Donde prefiere descansar ?

66/ Donde lavan la ropa y donde cuelgan (accrocher) la ropa ?

Personalizacion :

Estética :

67/ Eligo el color de la pintura dentro de su casa ?

68/ Si la respuesta es no, que color le gustaria haber elegido ?

69/ La misma pregunta para el exterior de la casa.

70/ Cuales son sus sugerencias ?

71/ Tienen algunas decoraciones dentro de la casa ?

72/ Tienen algunas « obsequios » ? (objets de valeurs)

73/ Cuales son los articulos en su casa que la hace mas atractiva ?

74/ Si tuviera (had) la oportunidad, decoraria mas su casa ?

75/ Si la respuesta es si, que tipo de decoraciones haria (would you make)

Relacion entre privado y publico :

La fachada :

76/ La fachada es importante para usted ? porque ?

77/ Tiene decoracion su fachada ? porque ?

78/ Su fachada tiene mensajes politicos o publicidad ? porque ?

Balcon :

79/ Tienen balcones en su casa ?

80/ Que uso principal tiene el balcon ?

81/ Tiene decoracion en el balcon ? que tipo ?

82/ Hay muebles en el balcon ? que tipo ?

Entrada :

83/ Hay mas de una entrada ?

84/ Cual entrada usan mas ?

85/ La dejan abierta o la tienen cerrada ?

86/ Hay decoracion sobre la puerta de la entrada ? porque y de que tipo ?

87/ Usan la entrada para convivir ?

Ventanas :

88/ Hay cortina en la ventana ? porque ?

89/ La dejan abierta o la tienen cerrada ?

90/ Para que le sirve la ventana ? mas luz en el cuarto ? aire ? para ver a fuera ?

91/ Abre las ventanas seguido ? porque ?

92/ Tienen decoracion en la ventana ? porque ?

93/ Hay partes fuera de su casa que siente libre para andar (to be around) ?

94/ Tienen actividades que hace cerca de su casa ?

95/ Si siente en confianza poner sus articulos o muebles (alguna silla par ex) a fuera de su casa ?

Aspect humain :

96/ Tiene problemas de humedad en la casa ?

97/ Hay algun problema con corrientes de viento en la casa ?

98/ Se puede escuchar facilmente el ruido de sus vecinos ?

99/ Se puede escuchar el ruido de una habitacion a otra habitacion dentro de la casa ?

Aspect social :

100/ Como es su relacion con sus vecinos ?

101/ Hay formas en qué sus vecinos pueden provocar molestar ? de qué forma ?

Agua :

102/ Hay agua en la casa ? agua caliente ?

103/ Pagan mucho para el agua ?

104/ Como consiguen agua ? y agua caliente ?

105/ Toman de la llave (pipe) ?

Electricidad :

106/ Hay electricidad en la casa y en cada habitacione ?

107/ Pagan mucho para la electricidad ?

108/ Para que usan la electricidad a parte de la luz en la noche ?

La escuela :

109/ La educacion es importante para usted ?

110/ Todos saben leer y escribir en la casa ?

111/ Tienen que pagan para la educacion ? pagan mucho ?

112/ La escuela esta lejos de la casa ? Como llegan a la escuela ?

Informaciones personales :

Edad : genreo : M / F Profesion :

Comodidad**Temperatura en invierno dentro la casa :**

Muy incomodo	Incomodo	Mas o menos comodo	Comodo	Muy Comodo
Muy frio	frio	Mas o menos caliente	caliente	Muy caliente
Muy variable	variable	Mas o menos estable	stable	Muy stable

El movimiento del aire en invierno :

Mucho viento	viento	Mas o menos calmado	calmado	Muy calmado
--------------	--------	---------------------	---------	-------------

Cualidad del aire dentro la casa:

Muy seco	seco	Mas o menos humedo	humedo	Muy humedo
Muy Asfixiante	Asfixiante	Mas o menos fresco	fresco	Muy fresco
Muy insatisfecho	insatisfecho	Mas o menos satisfecho	satisfecho	Muy satisfecho

Temperatura en verano dentro la casa :

Muy incomodo	Incomodo	Mas o menos comodo	Comodo	Muy Comodo
Muy frio	frio	Mas o menos caliente	caliente	Muy caliente
Muy variable	variable	Mas o menos stable	estable	Muy stable

El movimiento del aire en verano :

Muy viento	viento	Mas o menos calmado	calmado	Muy calmado
------------	--------	---------------------	---------	-------------

Cualidad del aire dentro la casa:

Muy seco	seco	Mas o menos humedo	humedo	Muy humedo
Muy Asfixiante	Asfixiante	Mas o menos fresco	fresco	Muy fresco
Muy insatisfecho	insatisfecho	Mas o menos satisfecho	satisfecho	Muy satisfecho

Luz natural dentro de la casa :

Muy poco	poco	mas o menos suficiente	suficiente	mucho luz
Muy fuerte	fuerte	mas o menos agradable	agradable	muy agradable

Luz artificial dentro de la casa :

Muy poco	poco	mas o menos suficiente	suficiente	mucho luz
Muy fuerte	fuerte	mas o menos agradable	agradable	muy agradable

Ruido dentro de la casa :

Muy ruido	ruido	mas o menos silencio	silencio	muy silencio
Muy insatisfecho	insatisfecho	Mas o menos satisfecho	satisfecho	Muy satisfecho

Comodidad general dentro de la casa :

Muy insatisfecho	insatisfecho	Mas o menos satisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
------------------	--------------	------------------------	------------	----------------

Paisaje de la ventana :

Chocante	desagradable	agradable	muy agradable
----------	--------------	-----------	---------------

Organizacion de la casa :

Muy inadecuado	inadecuado	adecuado	muy adecuado
----------------	------------	----------	--------------

<u>Los colores del exterior de la casa son :</u>	Uniforme	Mezcla
---	----------	--------

<u>Los colores del interior de la casa son :</u>	Uniforme	Mezcla
---	----------	--------

<u>La decoracion de la fachada es :</u>	pobre	rico
--	-------	------

<u>La forma de la casa es :</u>	sensilla	complicado
--	----------	------------

Sobre la vegetacion dentro de la casa, usted esta :

Muy insatisfecho	insatisfecho	Mas o menos satisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
------------------	--------------	------------------------	------------	----------------

Sobre la casa en general, usted esta :

Muy insatisfecho	insatisfecho	Mas o menos satisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
------------------	--------------	------------------------	------------	----------------