



HAL
open science

La conception des ambiances lumineuses dans les projets d'extensions de maisons individuelles. Entre efficacité énergétique et cultures sensibles

Céline Drozd, Daniel Siret

► To cite this version:

Céline Drozd, Daniel Siret. La conception des ambiances lumineuses dans les projets d'extensions de maisons individuelles. Entre efficacité énergétique et cultures sensibles. [Rapport de recherche] Leroy Merlin Source / UMR 1563 AAU - CERMA - ENSA Nantes. 2013, 68 p. hal-02477890

HAL Id: hal-02477890

<https://hal.science/hal-02477890>

Submitted on 13 Feb 2020

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

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

La conception des ambiances lumineuses dans les projets d'extensions de maisons individuelles

Entre efficacité énergétique et cultures sensibles



Céline DROZD, Daniel SIRET

Laboratoire CERMA

UMR CNRS 1563 Ambiances architecturales et urbaines

École nationale supérieure d'architecture de Nantes

6 quai François Mitterrand, BP 16202, 44262 Nantes Cedex



JANVIER 2013

Image de couverture : extension d'une maison sur jardin à Rezé (44), architecte Magaye N'Diaye (voir page 29).

Présentation

La recherche présentée dans ce rapport a été menée par Céline DROZD, architecte et docteure en sciences de l'ingénieur, chercheure contractuelle de l'école nationale supérieure d'architecture de Nantes au moment de l'étude ;

Sous la direction scientifique de Daniel SIRET, architecte et docteur en sciences de l'ingénieur, habilité à diriger des recherches, chercheur titulaire du Ministère de la Culture et de la Communication au laboratoire CERMA, UMR CNRS 1563, de l'école nationale supérieure d'architecture de Nantes ;

Avec l'aide de Francis MIGUET et Laurent LESCOP, respectivement professeur et maître-assistant à l'école nationale supérieure d'architecture de Nantes, pour la fabrication des images de simulations nécessaires aux enquêtes ;

Grâce à un financement de LEROY MERLIN SOURCE, ayant fait l'objet d'une convention en date du 13 octobre 2011, entre LEROY MERLIN et l'école nationale supérieure d'architecture de Nantes.

Le présent rapport a été rédigé par Céline DROZD et Daniel SIRET. Sauf mention contraire, les photographies et illustrations sont de Céline DROZD.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier :

LEROY MERLIN SOURCE et plus particulièrement Pascal DREYER et Marie-Reine COUDSI, pour leur confiance à travers l'aide financière octroyée, pour leur soutien constant pendant cette étude, ainsi que pour l'opportunité d'une restitution des résultats à l'occasion des 2^è Assises LEROY MERLIN en mars 2013 ;

Le magasin LEROY MERLIN de Saint Barthélémy d'Anjou, son Directeur et l'ensemble du personnel, et plus particulièrement Merzouk BENMIMOUNE, Chef de secteur Matériaux-Construction, pour leur aide précieuse dans la mise en œuvre des enquêtes ;

Francis MIGUET et Laurent LESCOP pour l'aide technique apportée ;

Les clients du magasin LEROY MERLIN de Saint Barthélémy d'Anjou qui ont aimablement accepté de participer aux enquêtes et de répondre à nos questions ;

Les architectes et entreprises de construction, ainsi que leurs clients, qui ont accepté que nous suivions leurs projets d'extension de maison.

1. Introduction

Le parc résidentiel existant a un rôle très important dans la consommation énergétique et dans les émissions de gaz à effet de serre en France. Il est désormais acquis que la rénovation de ce parc de logements est une priorité pour la lutte contre le réchauffement climatique. Dans ce contexte, il est important de saisir toutes les occasions de rénovation des maisons individuelles pour promouvoir l'efficacité énergétique, et plus généralement la qualité environnementale des constructions. Cet objectif passe bien évidemment par la promotion de l'isolation des bâtiments, mais aussi par une gestion réfléchie des flux lumineux, favorisant l'éclairage naturel, le captage du rayonnement solaire en hiver et la protection contre ce rayonnement en été.

Dans le même temps, on ne peut réduire la question de l'éclairage naturel de la maison à sa seule dimension énergétique. Les valeurs affectives et culturelles de la lumière naturelle participent intimement aux qualités prêtées à la maison individuelle. La recherche d'un intérieur ouvert et très lumineux conduit parfois à des incompatibilités avec les exigences énergétiques ou les usages attendus, notamment en matière de confort d'été. Dans ce domaine, on ne doit pas sous-estimer la prégnance des présupposés culturels qui agissent sur le projet : les ambiguïtés inhérentes aux percements (voir mais ne pas être vus), l'idéal lumineux hérité des préceptes hygiénistes, ou encore les préférences culturelles inconscientes concernant les orientations (préférences marquées pour le Sud et l'Ouest) sont des ressorts puissants pour le choix des options de rénovation.

Dans ce contexte d'ambivalence entre efficacité énergétique et cultures sensibles, les particuliers qui entreprennent par eux-mêmes un projet de rénovation ou d'extension de maison individuelle se sentent souvent désarmés. Comment concilier les attentes contradictoires autour du rayonnement lumineux ? Comment mesurer les effets produits par tel dispositif, telle ouverture, tel masque ? Comment comparer deux options de projets en intégrant les dimensions lumineuses ? Comment exprimer clairement des envies lumineuses, un parti pris d'ambiances, une exigence solaire ?

Le projet d'extension ou de rénovation de sa maison est un moment important, souvent source d'angoisse dans la vie d'une famille. La peur de se tromper, les enjeux financiers, la connaissance souvent partielle des possibilités techniques, le poids des références esthétiques, sociales et culturelles, font souvent du projet une expérience difficile. Dans ce contexte, les intentions sensibles comme les intentions lumineuses, sont parfois jugées trop incertaines ou trop difficiles à mesurer pour être mises au même niveau que les contraintes objectivables, comme le budget de la construction, l'esthétique de la façade ou la facture de chauffage supposée.

Le présent projet de recherche voudrait précisément encourager les maîtres d'ouvrage à intégrer leurs sensibilités lumineuses comme une contrainte à part entière du projet de modification de leur maison. Dans cette perspective, nous avons formulé un objectif général consistant à définir et développer un ensemble d'outils et de services innovants

pour accompagner le grand public dans la conception lumineuse des projets d'extension ou de rénovation de maison individuelle. A travers ces outils et services, il s'agit de promouvoir la qualité des ambiances et l'efficacité énergétique, en permettant aux maîtres d'ouvrage de s'approprier pleinement leurs projets. Il n'est pas attendu que les outils proposés apportent des solutions clés en mains, mais qu'ils soient au contraire le moteur d'une réflexion pour engager la recherche d'un service adapté en matière de conception. L'habitant doit ainsi être amené à se questionner sur des critères tels que l'usage et la fréquentation des différentes pièces, la relation visuelle et thermique souhaitée avec l'extérieur, les qualités lumineuses attendue dans chaque partie de la maison, etc. L'enjeu est d'inciter les particuliers à aller au-delà du caractère utilitaire de leurs demandes en matière de flux lumineux pour y intégrer les questions liées à l'usage de la maison et au plaisir de définir son « chez soi ».

Cet objectif est particulièrement approprié pour les projets d'extension de maisons individuelles en contexte urbain. La densification progressive des tissus urbains est en effet un enjeu primordial de développement durable. De plus, les projets qui s'inscrivent dans ce processus de densification sont aussi ceux qui offrent le plus de difficultés de conception, compte tenu des contraintes réglementaires urbaines souvent très fortes, des problèmes techniques liés à l'existant, de l'exiguïté des parcelles ou encore de la présence de masques proches qui rendent l'accès à la lumière et au soleil plus difficile.

La présente étude représente un premier pas dans cette perspective. Nous avons centré nos travaux sur deux ensembles de questions pour lesquels la littérature ne fournit pas de réponses précises. Le premier concerne la place et le poids de la problématique du rayonnement lumineux dans les projets d'extension de maisons individuelles. Il est en effet important de comprendre à quel moment du processus cette question intervient, par quels acteurs et avec quels moyens elle est abordée. Le second ensemble de question concerne la compréhension que les particuliers ont du rayonnement lumineux à travers leur projet d'extension. L'appropriation du rayonnement en relation avec les paramètres de confort, d'usage et de maîtrise énergétique, passe en effet par une appréhension claire des phénomènes en question et des résultats produits par les outils de simulations lumineuses et solaires. Il s'agit ici d'évaluer la compréhension par le futur usager de différents exemples d'analyses lumineuses produites sur un projet.

Pour répondre à ces questions, nous avons procédé à une étude expérimentale selon deux modalités. D'une part, nous avons suivi un ensemble de projets en cours pour évaluer le poids de la question lumineuse dans des processus de conception réels. D'autre part, nous avons conduit une enquête auprès de clients d'un magasin de bricolage susceptibles de conduire un projet de transformation de leur maison. L'objectif de ces entretiens était d'étudier la compréhension d'analyses lumineuses préalablement produites sur la base d'un projet courant d'extension de maison.

Les chapitres qui suivent donnent les résultats de ces recherches. Nous développons en premier lieu le contexte général, les objectifs et la méthodologie de la recherche (chapitre 2). Nous présentons ensuite les résultats des suivis de projets d'extensions de maisons (chapitre 3), et ceux des enquêtes auprès de clients du magasin de bricolage (chapitre 4). Nous terminons par une discussion sur les résultats obtenus et les perspectives ouvertes par cette recherche (chapitre 5).

2. Contexte général, objectifs et méthodologie de la recherche

2.1 Aspects et enjeux de la lumière naturelle dans les projets d'extension de maisons individuelles

2.1.1 Vivre en maison individuelle pour maîtriser son environnement

On entend régulièrement que la maison individuelle reste la forme d'habitat préférée des français. Une étude menée par le CREDOC en 2008¹ confirme en effet que 83% des personnes qui aspirent à la propriété souhaiteraient que ce soit pour une maison individuelle. La responsabilisation des citoyens face aux questions posées par la consommation des terres agricoles, le coût énergétique lié à la multiplication des déplacements, ou encore les tentatives de proposition d'habitats individuels groupés, n'ont pour le moment que peu d'effets sur ces aspirations.

Une des raisons du choix de vivre en maison individuelle est la possibilité d'évolution de l'habitat que ne peut pas offrir l'appartement ou l'habitat groupé. Le jardin tant apprécié attenant à la maison est perçu comme une réserve foncière pour éventuellement, au moment opportun, adapter la surface de la maison à l'évolution de la famille. Si, en réalité, peu de propriétaires vont réaliser les travaux envisagés, la liberté de pouvoir le faire est un atout important de l'habitat individuel comme le souligne Philippe Dehan et Martine Duquesne (2005, p. 49) :

« Avant d'être un bâtiment, la maison est une parcelle fermée par une clôture. [...] C'est la raison pour laquelle le statut de propriétaire est fortement lié au concept de maison et son jardin qui sont en perpétuelle évolution. L'habitant a toujours en tête un agrandissement, un réaménagement : extension, véranda, terrasse, allée, parterre. Cette caractéristique est liée à l'essence de la maison qui colle au Moi de ses habitants. Alors que l'habitant du logement collectif est un nomade en sursis, toujours entre deux déménagements, l'habitant d'une maison peut se fixer dans une maison qui vit au rythme des projets de ses habitants. Ce potentiel de transformation explique son succès populaire. »

1. Les références bibliographiques des ouvrages cités sont données en fin de rapport, p. 59. La bibliographie concernant la maison individuelle est très riche car ce domaine fait l'objet de nombreuses études beaucoup plus exhaustives et approfondies que celle-ci. Dans cette recherche, nous n'avons pas souhaité reprendre tous ces éléments et nous nous sommes donc concentrés sur les questions concernant directement la question de la lumière dans les projets de maisons individuelles, qui fait l'objet d'un nombre plus réduit de travaux.

Ceci est confirmé par une étude du CREDOC en 2004 : « *La perception la plus répandue de la maison individuelle est celle d'un espace à géométrie variable. Celle-ci devient alors un lieu flexible qui s'adapte à la structure de la famille et à ses besoins.* »

La maison individuelle répond également au besoin d'espace et de convivialité. Ainsi 91% des habitants de maisons individuelles enquêtés pensent avoir trouvé le logement idéal. On remarque que la maison individuelle procure le sentiment à ses habitants de contrôler leur environnement, ce qui est plus difficile dans les appartements où le contrôle du bruit fait l'objet de conflits récurrents entre les voisins aux rythmes de vie différents. Par ailleurs, il faut également noter le surinvestissement affectif des français pour leur habitat, qui se traduit par une forte implication dans l'aménagement du logement et de son évolution, comme cela est confirmé dans le dossier de presse LEROY MERLIN / CSA TMO de 2001.

2.1.2 Agrandir sa maison pour adapter son habitat sans quitter ses voisins

L'extension de la maison individuelle permet de répondre au besoin d'évolution de la famille et à l'envie de changement sans pour autant abandonner son quartier, ses voisins et une situation dans la ville qui convient aux habitants. De plus, le nombre limité de terrains et leur prix, la complexité administrative et l'attachement affectif au foyer sont les éléments qui orientent les propriétaires vers une extension de leur habitat plutôt qu'un changement, plus radical, d'adresse. Dans leur étude sur les petites annonces de vente de maisons individuelles, Gabriel Rodriguez et Daniel Siret (2006) montrent que la localisation arrive en tête des critères pour l'achat d'une maison au même niveau que les surfaces et le nombre de chambres. L'étude du CREDOC citée plus haut atteste qu'un propriétaire sur quatre souhaite que les démarches administratives dans le but d'agrandir sa maison soient simplifiées. Le public concerné par un souhait d'extension de maison se situe dans la tranche d'âges 25-39 ans, avec des enfants à charge et des revenus qui commencent à être suffisants.

Nous retrouvons quatre grandes typologies d'extensions de maison individuelle qui sont présentées dans le rapport de recherche MEAMI (Babron *et al*, 2010) : extension sur jardin, extension mitoyenne, surélévation et aménagements de combles. La figure ci-après représente la répartition par typologies d'extensions selon le corpus étudié (147 dépôts de permis de construire).

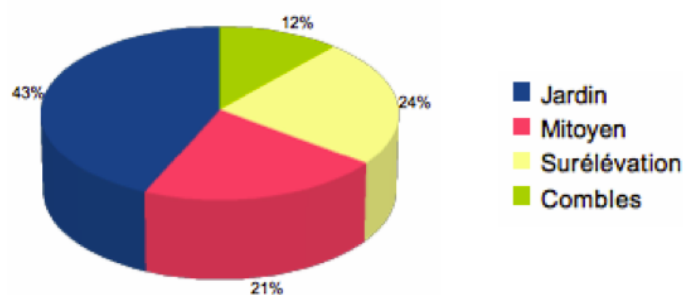


Figure 1. Répartition des différents types d'extension de maisons individuelles (Source : Babron *et al*. 2010)

Les extensions sur jardin sont les plus courantes. Parmi celles-ci, Jacques Repiquet (2007) distingue différentes catégories de ce type d'extensions : extension à l'arrière de la maison (cas 1 du schéma ci-dessous), extension latérale dans le prolongement de l'existant (cas 2), extension sur l'avant de l'habitat existant (cas 3) et extension latérale étendue (cas 4). Chacune de ces extensions horizontales modifie le rapport de l'existant au jardin, à la rue et/ou aux limites latérales de la parcelle.

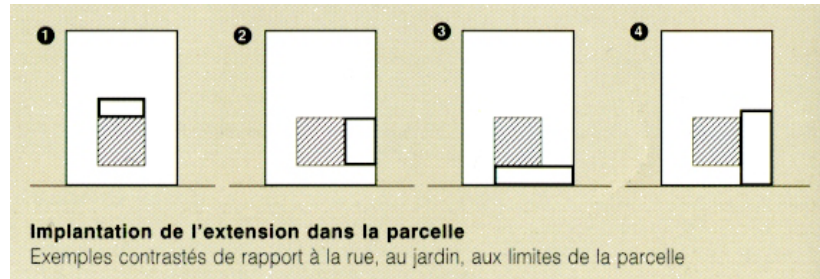


Figure 2. *Implantations d'extensions de maisons par rapport à la parcelle (Source : Repiquet 2007)*

2.1.3 Choisir un professionnel pour l'extension de sa maison individuelle

Il est courant d'entendre que les architectes ont délaissé le marché de la maison individuelle jugé comme peu rentable à cause de petits montants de travaux et d'une maîtrise d'ouvrage exigeante. Il est moins courant de donner la parole aux habitants concernant leur point de vue sur les maisons d'architectes. Comme on l'a vu, l'un des intérêts de la maison individuelle pour le particulier est la liberté de faire évoluer son habitat. Or, d'après Philippe Dehan et Martine Duquesne (2005), les maisons d'architectes sont considérées comme étant trop figées et ne permettent pas l'évolution que permettent les maisons de constructeurs. A l'heure actuelle, cette remarque peut être modérée dans le sens où les architectes sont de plus en plus appelés pour des projets très contraints dont les propriétaires ont peu de moyens. Ainsi, la maison est livrée non finie avec des possibilités d'extensions qui s'adaptent à l'évolution du budget de ses habitants. Ces projets urbains aux fortes contraintes dues à leur emplacement représentent un travail de niche pour les architectes. Dans l'article *Maisons singulières* (2003), Anne Debarre revient sur l'intérêt pour l'architecte de travailler sur un projet de maison individuelle qui permet une relation privilégiée avec le maître d'ouvrage, futur utilisateur, avec qui une discussion se crée pour définir en commun le programme. Parfois, comme nous le verrons dans la seconde partie de ce rapport, les clients viennent consulter un architecte avec un plan dessiné par eux-mêmes qui n'est pas repris par l'architecte mais sert de base de discussion pour formuler les demandes du client en fonction de ses besoins et de ses envies. Jacques Repiquet (2007) insiste plus particulièrement sur l'extension de la maison individuelle qui représente, selon lui, « un des lieux privilégiés de rencontre entre architectes et particuliers ».

Pour concevoir leurs projets, les habitants peuvent également faire appel aux entreprises générales dont l'activité principale est l'extension de maison individuelle, depuis la conception jusqu'à la réception. Certaines entreprises comme MACOBOIS, que nous

présentons plus loin dans ce rapport, s'est spécialisée dans l'extension en structure bois qui présente l'avantage d'un chantier propre et rapide, les extensions étant souvent des projets à fortes contraintes, car difficiles d'accès et devant souvent être gérés avec la présence des occupants dans la partie existante. Xavier Lebot, directeur de MACOBOIS, nous avait en effet confirmé l'exigence de ce type de petits chantiers dont la maîtrise d'ouvrage vit sur place et reste attentive à la progression des travaux. Ceci conduit à la nécessité d'un accompagnement des habitants pour leur expliquer de manière didactique toutes les phases du chantier et apaiser ainsi leurs angoisses. Certaines entreprises se sont spécialisées dans la surélévation qui demande des compétences particulières souvent détenues par des charpentiers qui regroupent les différents corps d'état.

2.1.4 Adapter son projet aux multiples contraintes imposées sur l'extension

Eric Babron *et al.* (2010) proposent une analyse typologique des projets de transformations de maison individuelle en étudiant les permis de construire déposés en mairie de Nantes (114 dossiers), Montpellier (17 dossiers) et Arnouville (16 dossiers) entre 2002 et 2008. Il apparaît clairement que les contraintes liées au site sont les plus déterminantes. Elles induisent la géométrie et l'implantation de l'extension en fonction de la configuration de la parcelle et de la position de l'habitat existant sur celle-ci. Par ailleurs, les contraintes liées à la réglementation d'urbanisme limitent également les possibilités. Enfin, la capacité d'extension de l'existant est évaluée avant toute extension sur jardin. En effet, si les combles, par exemple, ont la possibilité d'être aménagés ou la maison surélevée, c'est souvent une solution préférée car moins soumise à contrainte que la création d'une nouvelle emprise au sol. Par ailleurs, nous notons que les contraintes financières sont évidentes mais elles restent difficiles à évaluer d'après la seule analyse des permis de construire.

De plus, Eric Babron indique qu'au-delà de 4,50m de profondeur de l'extension, la question se pose de l'éclairage de l'existant, or 82% des extensions rencontrées dans cette étude en contexte urbain dense ont une profondeur supérieur à 7m. De plus, l'extension de maison individuelle la plus courante est une extension sur jardin de forme rectangulaire qui augmente la profondeur de l'habitation sans prendre en compte l'orientation ou les paramètres lumineux puisque ce sont avant tout les contraintes réglementaires, le terrain disponible et l'implantation de l'existant qui vont être les premiers critères pris en considération. Les auteurs soulignent que seulement 20% des permis de construire du corpus étudié proposent un apport lumineux naturel complémentaire pour le cœur de la maison qui se trouve épaissi par l'ajout du volume supplémentaire sur jardin, alors que 29% des 800 personnes interrogées par le CREDOC citent l'orientation et la luminosité des pièces comme un critère décisif pour l'achat d'une maison. François Bellanger (2000) revient sur les critères de choix pour les habitants en précisant que les personnes aspirent à une maison « *claire, lumineuse et près de la nature, qui serait également calme et chaleureuse* ». L'ouverture est ainsi appréhendée autant pour ce qu'elle apporte en terme de lumière, mais aussi en tant que vue et pour accès qu'elle offre sur l'extérieur et plus particulièrement le jardin, comme le confirme Phyllis Richardson (2008, p. 214) :

« Bien que les fonctions d'une fenêtre soient la transparence, l'apport de lumière et d'air, leur forme et leur position en disent long sur une maison. Si la plupart des gens vivent dans des maisons aux fenêtres régulières, au style déterminé par

l'époque de la construction, une extension permet de repenser leur distribution. L'intimité est essentielle et la fenêtre doit la préserver. D'où le défi qu'il y a à mettre en œuvre de vastes surfaces vitrées qui empêchent les regards indiscrets tout en laissant entrer un maximum de lumière. »

Dans les deux ouvrages consacrés aux concours EUROPAN de 1987 et 1989 portant sur un programme d'habitat, Monique Eleb commente les propositions des participants à propos de la lumière naturelle. Elle porte l'attention du lecteur sur la complexité du système d'ouverture qui n'est pas seulement un vide dans un élément plein, mais un système qui permet de filtrer la lumière pour lui en donner des caractéristiques parfois très appréciées (Eleb et al. 1988, p.149) :

« Les plaisirs des yeux, ce sont tous ces jeux de lumière, l'ombre des volets un après midi d'été, ou le pâle hiver qui traverse à peine les voilages, mais ce sont aussi ceux que nous offre l'environnement lui-même : les vues, les cadrages que quotidiennement l'on rencontre en levant le nez de son journal, ou en parcourant l'appartement ».

De plus, l'auteur analyse, pour EUROPAN France 1989, que la lumière est utilisée par les candidats pour créer des sous espaces dans les pièces communes et ainsi permettre différents usages : manger, regarder la télévision, lire, circuler... et même au-delà en créant divers degrés d'intimité dans une même pièce. Ces variations de lumière sont rendues possibles par des dispositifs que les habitants manipulent eux-mêmes en fonction de leurs souhaits et besoins (protection contre le froid ou la chaleur, préservation de l'intimité ou sentiment de sécurité, etc.).

Enfin, Bruno Peuportier insiste sur le rôle psychologique de la lumière sur l'homme. En effet, selon lui, un projet doit dépasser le simple besoin d'éclairage pour aller au-delà (Peuportier 2003, p. 155) :

« La lumière a un rôle psychologique très important. En particulier, elle joue un rôle majeur dans la perception de l'espace (impression de clarté, espace, intimité...) ainsi que sur l'humeur. La lumière naturelle apporte un spectre complet de lumière visible et invisible. Elle stimule ainsi de nombreux mécanismes biologiques importants, et permet un rendu des couleurs inégalable. La lumière naturelle a de plus une efficacité énergétique exceptionnelle. »

2.1.5 Maîtriser l'énergie de l'habitat

Dans l'article « *Pour une intelligence énergétique : ou comment se libérer de l'emprise de la technique sur les usages du logement* », Hélène Subrémon (2012) part de l'hypothèse, comme nous l'avons émis au début de cette étude, que s'opposent « *les prescriptions normatives répondant à des logiques techniques, issues de la pensée de l'ingénieur et de la pensée rationaliste* » et les « *savoirs habitants héritiers de transmissions sociales et culturelles* ». A travers les études qu'elle a menées, elle a pu observer que les habitants comblent alors les failles laissées par les systèmes de plus en plus techniques de contrôle de l'énergie, et nous ajouterons par là-même de contrôle des ambiances, par leurs habitudes et comportements d'habitant qui sont l'expression d'une culture. Ainsi, Hélène Subrémon reconnaît « *l'intelligence énergétique* » des habitants née d'un compromis entre leurs propres modes d'habiter dans un espace qui est le leur, et les recom-

mandations et normes qui imposent par exemple, un chauffage à 19°C. Selon l'auteur, les habitants s'adaptent aux conditions de leur logement et aux limites du système de chauffage :

« Pour se préserver et garder la chaleur intérieure, des aménagements sont réalisés et participent à la construction du climat intérieur : en hiver, notamment, on privilégie l'installation à plusieurs dans une même pièce, on s'habille davantage, on se couvre le corps et calfeutre la maison et ses ouvertures (portes, volets, rideaux aux fenêtres), et enfin on privilégie les plats et les boissons chaudes ».

Ainsi, la maîtrise de l'énergie dans l'habitat ne se fait pas seulement par des systèmes techniques mais passent par des comportements des habitants adaptés au climat.

D'autre part, une étude réalisée par le CREDOC en 2000 sur demande de la FNAIM pour connaître les attentes des français en termes de qualité environnementale et sanitaire de leurs logements, révèle qu'un tiers des 800 personnes interrogées met l'accent sur le confort thermique du logement et demande à ce que l'isolation soit garantie lors d'un achat immobilier. Seulement 15% des personnes interrogées s'inquiètent également des performances d'isolation des fenêtres. L'étude révèle par ailleurs que ce sont davantage les préoccupations avec effets immédiats qui sont privilégiées comme les économies d'énergie apparentes sur les factures de chauffage plutôt que les préoccupations à long terme comme les dangers sanitaires des matériaux utilisés. De plus, 63% des personnes enquêtées se disent prêtes à procéder à des travaux dans leurs logements pour réaliser des économies d'énergie qui se manifesteraient dans leur budget (CREDOC 2004).

2.1.6 Faire entrer la lumière naturelle chez soi

Selon Jacques Repiquet cité plus haut (2007), la lumière est un des enjeux de l'extension de la maison individuelle, surtout dans le cas d'une extension horizontale puisqu'elle épaissit l'habitat existant. La recherche de clarté et d'un lien avec l'extérieur explique, d'après Jacques Repiquet, l'engouement pour les vérandas dans le cas d'extensions sur jardin, qui ont pour conséquence le déplacement du séjour vers la lumière.

Phyllis Richardson le confirme dans son ouvrage *Maisons +, 40 idées d'extensions* où elle note que *« sans cesse la lumière, encore la lumière, revient dans les demandes des propriétaires des extensions »* (2008, p. 18). Les demandes s'appuient le plus souvent sur une expression d'un besoin de lumière qui se traduit par des espaces ouverts, un cloisonnement minimal :

« Bien souvent, lorsqu'on construit un espace plus important, la tendance naturelle est de faire tomber les cloisons intérieures, permettant ainsi à la lumière de se répandre de façon que, même si la vieille maison n'est pas profondément modifiée, elle s'imprègne d'un nouveau sentiment d'ouverture et de lumière. Le désir de faire entrer davantage de lumière à l'intérieur est l'une des principales raisons qui incitent le propriétaire à ajouter quelque chose de contemporain ou de plus moderne au bâtiment d'origine. [...] Bien entendu, il faut s'attacher à quelques problèmes pratiques : comment s'assurer que la "boîte à lumière" se raccorde bien à la maison existante ; comment ne pas vous priver, vous ou vos voisins, d'intimité ; comment contourner les règlements de plus en plus rigoureux de la construction de la ville. »

Si, comme nous l'avons vu, la localisation de l'habitat est un facteur déterminant dans le choix d'installation du foyer, les ambiances ne sont pas en reste. Daniel Siret et Gabriel Rodriguez (2006) montrent qu'il existe une relation entre le fait de mentionner une qualité d'ambiance et le prix de vente affiché dans l'annonce de vente d'une maison. Ainsi, les annonces présentant des qualités relatives à la vue ou à un autre facteur d'ambiance affichent un prix supérieur de 10%, qui peut s'élever jusqu'à plus de 15% pour les qualités relatives à la lumière naturelle ou à l'exposition.

Gabriel Rodriguez (2004) met en avant le fait que les ambiances lumineuses peuvent prendre forme de différentes manières dans les petites annonces. On peut distinguer la catégorie relative à l'éclairage naturel qui apparaît sous les termes comme « exposition », « ensoleillement », « luminosité » et « clarté ». Les expositions sud et sud-ouest sont privilégiées pour le jardin et le séjour tandis que les qualités d'ensoleillement, de luminosité et de clarté concernent la maison. Quant au confort, il concerne surtout le dispositif de chauffage et le calme est abordé à travers l'absence de nuisances surtout sonores mais aussi l'intimité du jardin essentiellement par rapport au voisinage.

On peut aussi remarquer que le traitement de la lumière naturelle est l'un des éléments permettant de différencier, aux yeux du grand public, les projets d'architectes et ceux des promoteurs. Dans l'article "*Daylight at home: differences between developers and architectural competition houses*" (2006), Daniel Siret et Gabriel Rodriguez comparent des projets de logements d'architectes et de promoteurs au niveau de leurs ambiances lumineuses. Si, dans les deux cas, les maisons sont jugées très satisfaisantes au niveau de leur éclairage naturel, les ouvertures dans les projets de promoteurs sont plus réduites mais avec des orientations différentes qui permettent de suivre la course du soleil et d'offrir une certaine dynamique lumineuse. Les architectes proposent au contraire des ouvertures souvent plus grandes, mono orientées, avec des contrastes plus forts et des espaces aux qualités lumineuses contrastées.

Les résultats de l'étude menée par LEROY MERLIN et CSA TMO en janvier 2001 appuient le fait que la lumière est un des éléments les plus importants qui fait apprécier le logement pour 34% des personnes interrogées, juste après les bonnes relations avec le voisinage à 41%. Monique Eleb nous fournit une explication : « *Aujourd'hui, la plupart des français vivent dans des lieux confortables matériellement et c'est le confort affectif ou moral procuré et l'ambiance créée qui sont mis en avant* ». Ainsi, la lumière, comme les autres paramètres d'ambiances qui participent à la caractérisation des espaces et à leur qualité est un des facteurs qui devient prédominant. Dans la même étude, il ressort que le séjour, en tant que pièce de réception, est apprécié lorsqu'il est sécurisant, bien isolé, pratique et surtout clair.

L'analyse des permis de construire réalisée dans le rapport de recherche MEAMI cité plus haut (Babron *et al.* 2010), met à jour également une proportion d'ouvertures largement supérieure à l'existant. Ainsi, les ouvertures dans les extensions représentent 41% de la façade tandis qu'elles ne sont que de 17% dans l'ancien. On en déduit que les ambiances lumineuses entre l'existant et l'ancien sont réellement différentes. Au-delà des différences de modes constructifs, de matériaux employés, de l'époque de construction, la lumière est un facteur distinctif entre la maison d'origine et son extension qui doit se traduire également dans les usages.

2.1.7 Anticiper l'éclairage naturel dans les projets d'extensions de maisons individuelles

Il existe un grand nombre d'outils de simulation numérique de la lumière naturelle dans les projets de construction. Nous en proposons un panorama en annexe du présent rapport. Cette liste non exhaustive présente les outils les plus utilisés ou ceux qu'il nous a paru intéressant de faire figurer en fonction de l'avantage qu'ils peuvent présenter pour un concepteur. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur une bibliographie des dix dernières années sachant que les logiciels sont régulièrement mis à jour et de nouvelles versions éditées.

Parmi les outils numériques liés à la lumière naturelle, on distingue en général les outils d'analyse lumineuse des outils de représentation de l'éclairage. Les outils d'analyse lumineuse ont pour mission d'apporter des informations objectives pour procéder à des choix concernant la distribution de la lumière dans le bâtiment modélisé. Ils sont fondés sur des modèles physiques validés. Leur objectif n'est pas la création d'une image représentative mais la production d'une information utile dans un processus de décision. Au contraire, les outils de représentation de l'éclairage produisent des images réalistes, qui peuvent ne pas prendre en compte tous les phénomènes physiques en jeu, comme par exemple l'effet des matériaux ou la diffusion de la lumière par la voûte céleste. Les images produites par ces outils ont une apparence réaliste mais elles ne donnent pas nécessairement d'indications fiables sur l'éclairage réel de l'espace étudié. Toutefois, il faut reconnaître que les frontières entre ces catégories deviennent floues. Il existe désormais des outils de représentation utilisant toutes les ressources de la simulation physique pour offrir des images d'éclairage à la fois réalistes et fiables.

L'utilisation de ces logiciels est conditionnée par le niveau de formation de l'utilisateur, ne serait-ce que son habileté à manier les outils numériques en général, mais aussi sa connaissance des phénomènes physiques simulés. Le temps nécessaire pour la mise en œuvre de ces outils (modélisation 3D de la construction, détail des matériaux et conditions physiques, simulation et interprétation) est également un frein à leur développement dans les projets modestes. De manière générale, ces outils sont aujourd'hui utilisés par des architectes ou bureaux d'études spécialisés pour des projets d'une certaine importance économique, ou dans lesquels des problématiques lumineuses précises sont posées. Ils peuvent également être mis en œuvre à des fins de communication, pour produire des images séduisantes, a posteriori de la conception du bâtiment elle-même.

Ces outils sont généralement inconnus du grand public et des constructeurs qui assurent la maîtrise d'œuvre des projets de maisons individuelles. Il existe en revanche un certain nombre d'outils de modélisation 3D permettant à tout un chacun de représenter sa future maison, avec ses meubles, ses décorations murales, etc. En 2005, André Del a publié les résultats d'une recherche sur l'utilisation de ce type de logiciels. Il souligne que les ventes de logiciels grand public de conception et de représentation de maisons individuelles sont aussi importantes que le nombre de maisons construites en France sur une année, c'est-à-dire entre 180 000 et 200 000. Suite à une enquête, André Del révèle que 30% des acheteurs de ces logiciels ont un projet d'aménagement ou d'extension de leur maison. Dans certains logiciels de cette catégorie, la lumière peut être éventuellement représentée pour produire des images de rendu une fois la conception finalisée. L'utilisateur peut choisir la localisation de la maison modélisée ainsi que l'heure et la

date souhaitées. Il s'agit d'une projection de rayons solaires parallèles à partir d'une position de source lumineuse.

Les images produites par l'intermédiaire de ces logiciels servent dans la majorité des cas comme base de discussion avec un professionnel. Le logiciel, facile à prendre en mains, joue ainsi le rôle de médiateur en permettant aux maîtres d'ouvrage d'explicitier leurs besoins, envies et attentes et de préparer les questions qui vont rapidement se poser. André Del conclut (2005, p. 248) :

« Enfin, l'irruption de ces outils dans les échanges entre client et architecte se déroule à la satisfaction affichée des deux parties : le client satisfait d'avoir mieux fait comprendre ses attentes ; l'architecte de gagner du temps, d'avoir affaire à une expression plus aboutie de la demande et de se concentrer ainsi sur des apports en savoirs fondamentaux et savoir-faire professionnels. »

Les images produites par les logiciels sont approuvées par les utilisateurs à 70% tandis que 96% apprécient les plans produits qui leur semblent être similaires à ceux de professionnels. Certains logiciels proposent en plus des visites virtuelles animées dans le modèle, ce qui est également apprécié par les utilisateurs.

2.2 Nouveaux problèmes posés par la recherche d'outils et services pour la conception des ambiances lumineuses dans les projets d'extensions de maisons individuelles

Le rapide état des lieux réalisé dans les paragraphes précédents montre que :

- Le projet d'extension d'une maison individuelle est un projet important dans un parcours de vie, qui implique un investissement économique mais aussi affectif fort de la part des propriétaires.
- Dans le cadre d'un projet d'extension de maison, la question de la lumière naturelle est centrale et conditionne une partie du projet. La recherche de clarté et d'un lien avec l'extérieur explique notamment l'engouement pour les vérandas dans les cas d'extensions sur jardin et le déplacement de la pièce de vie principale vers la lumière.
- Les contraintes urbaines réglementaires, mais aussi techniques, rendent souvent le projet difficile et la recherche de solutions satisfaisant toutes les contraintes est complexe.
- Les architectes sont en général peu consultés pour ces projets d'extension, au profit des entreprises générales et des constructeurs. Ceux-ci sont peu formés aux problématiques touchant la maîtrise du rayonnement lumineux dans le projet et ne placent donc pas cette dimension au centre de leurs propositions.
- Les outils existant actuellement pour la simulation lumineuse sont le plus souvent réservés à des professionnels bien formés et fournissent des indicateurs principalement physiques.
- Les logiciels édités pour permettre la représentation 3D d'un projet de maison individuelle sont appréciés par les maîtres d'ouvrage, en particulier pour leur rôle de médiateurs du projet.

De ces différents constats, il ressort que la dimension lumineuse, bien qu'essentielle aux yeux des maîtres d'ouvrage, est rarement mise en avant dans la formalisation du projet d'extension de la maison. La conception lumineuse s'effectue de manière indirecte, et l'on peut avancer que les contraintes objectivables liées à la réglementation urbaine ou plus simplement au budget de la construction, décident de l'expérience lumineuse finale de la maison, bien plus que l'expression propre des attentes et envies de ses futurs habitants.

On peut également mettre en avant que des outils de simulation adaptés au grand public pourraient s'avérer utiles pour parvenir à rendre consciente la conception lumineuse de l'aménagement de la maison. Les outils de représentation 3D sont plébiscités par le grand public. Ils ne font pas concurrence aux professionnels mais permettent au contraire de produire des images pouvant servir de base de discussion entre les maîtres d'ouvrage et les professionnels. Comme on l'a vu, le logiciel joue ainsi le rôle de médiateur en permettant aux maîtres d'ouvrage d'explicitier leurs besoins, envies et attentes, et de préparer les questions qui vont se poser dans le projet.

Dans ce contexte, notre objectif général visant à proposer de nouveaux outils et services permettant de rendre consciente la conception lumineuse des projets d'extension de maisons individuelles, apparaît légitime. Ces outils et services devraient permettre aux particuliers de faire émerger leurs envies, et de savoir les intégrer dans un projet cohérent qui articule efficacité énergétique et qualité des ambiances. L'outil doit ainsi devenir le moteur d'une réflexion ouvrant sur la recherche d'un service adapté en matière de conception. Ainsi, l'enjeu est d'inciter les particuliers à aller au-delà du caractère utilitaire de leurs demandes en matière de flux lumineux, pour y intégrer les questions liées à l'usage de la maison et au plaisir de définir son « chez soi ».

Pour franchir un pas dans cette direction, il apparaît nécessaire de préciser deux points qui sont l'objet de la présente recherche.

→ **Comment est abordée la problématique du rayonnement lumineux dans le processus de projet d'extension de maisons individuelles ?** Il est en particulier nécessaire de comprendre à quel moment du processus la lumière intervient, si elle intervient, par qui le sujet est abordé (le concepteur/maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage) et enfin comment elle est abordée : avec quel vocabulaire, quels modes de représentation, quels enjeux, etc. Des réponses à ces questions sont nécessaires pour avancer dans la définition d'outils pratiques offrant aux particuliers les moyens de s'approprier leurs projets d'extension sur le plan lumineux.

→ **Quelle compréhension les particuliers ont-ils des phénomènes lumineux à travers leur projet d'extension de maison individuelle ?** L'appropriation du projet lumineux de la maison, en relation avec les paramètres de confort, d'usage et de maîtrise énergétique, passe par une appréhension claire des résultats produits par les simulations numériques. Les logiciels existent et peuvent être proposés aux particuliers. Il faut cependant vérifier le niveau d'interprétation et de compréhension des résultats de ces logiciels par des maîtres d'ouvrage non formés aux problématiques lumineuses. Il s'agit donc ici d'évaluer la compréhension par le futur usager de différents exemples d'images d'analyses lumineuses produites sur un projet de maison.

2.3 Suivis de projets d'extensions de maisons individuelles et enquêtes auprès des clients d'un magasin Leroy merlin

Pour répondre à ce double objectif, nous proposons de mettre en application une étude expérimentale en deux parties.

→ **Le suivi de projets d'extensions de maisons individuelles en cours de conception.** Nous avons fait le choix de suivre des concepteurs lors de leurs entretiens avec des particuliers au sujet de modification ou d'extensions de leur habitat. Nous avons choisi des professionnels aux profils variés (architectes, constructeurs, entreprise générale) pour identifier la place de la lumière dans le processus de conception. Notre position lors de ces rencontres a été celle d'un observateur neutre pour ne pas interférer dans le processus. Bien que soulevant de nombreuses difficultés que nous exposerons plus loin, cette approche a permis d'apporter des éléments pour comprendre comment la question lumineuse est traitée dans différents projets d'extensions étudiés.

→ **Des enquêtes auprès de particuliers potentiellement concernés par un projet de maison.** Nous avons fait le choix d'interroger les clients d'un magasin de bricolage car ils sont de toute évidence plus susceptibles que d'autres d'avoir un projet en cours de modifications de leur habitat. Les personnes que nous avons interrogées n'avaient pas toutes un projet de modification de leur maison mais répondaient en tant qu'habitant. Nous avons sollicité leurs réactions à partir d'images d'analyses lumineuses d'une maison individuelle simple qui a fait l'objet d'une extension de sa pièce de séjour. Nous abordions également leurs projets personnels dans leur habitat s'il y avait lieu.

Procéder à des enquêtes dans ce travail de recherche particulièrement court était une gageure à relever. Il était en effet important de laisser la parole à l'habitant, tant la dimension sensible et culturelle liée à la lumière nous semblait importante. Nous convenons que les enquêtes effectuées présentent des limites qui peuvent interroger sur leur validité. Ainsi, nous ne faisons ici que lancer des pistes de recherche pour un travail à venir qui serait plus approfondi car de plus longue haleine.

Il faut rappeler que le rapport d'étude présenté ici s'appuie sur une recherche de dix mois à temps partiel, qui équivalent à quatre mois temps plein. La matière que nous avons recueillie par l'intermédiaire de cette première phase d'enquêtes ne nous permet pas de généraliser nos conclusions mais de mettre l'accent sur de premières observations qui sont autant d'hypothèses déjà posées pour une future étude.

3. Suivis de projets d'extensions de maisons individuelles

3.1 Attentes et méthodologie d'observation

Notre objectif dans cette partie de la recherche est d'évaluer le poids de la question lumineuse dans le processus de conception de projets d'extensions de maisons individuelles. Nous souhaitons savoir à quel moment du processus la lumière intervient, par qui le sujet est abordé (le concepteur et/ou le maître d'ouvrage) et enfin comment elle est abordée : avec quel vocabulaire, quels modes de représentation, etc.

Nous avons suivi trois projets d'extension de maisons individuelles en train de se faire, depuis le premier rendez-vous avec le client jusqu'au permis de construire, ce qui correspond à la phase de conception principale. Il s'agit d'une démarche difficile à mettre en œuvre dans le cadre de cette étude de courte durée. Nous ne pouvons donc pas en déduire de résultats généralisables. Toutefois, ces exemples permettent d'illustrer notre propos et de dégager quelques observations qui pourront être approfondies dans une étude de plus longue durée. Nous avons complété les trois projets suivis par des visites d'extensions de maisons individuelles pour lesquelles nous avons pu avoir un entretien avec les habitants au sujet de la lumière. Nous présentons également ces visites.

Notre démarche a consisté à prendre contact avec des agences d'architecture et des maîtres d'œuvre qui mettaient en avant, dans leur communication professionnelle, une expérience autour de l'habitat individuel. Après présentation de notre étude auprès de ces professionnels, nous avons assisté aux réunions qui ont eu lieu entre les concepteurs et les clients. Le premier rendez-vous, pris en général après un seul contact téléphonique, se déroulait au domicile des clients. Parfois, le rendez-vous était classé sans suite pour cause de budget trop restreint, ou même d'incompatibilité entre les demandes du client et les propositions du concepteur.

Notre position était celle d'un observateur neutre pour ne pas influencer le processus habituel des concepteurs. Il s'agissait d'assister de manière passive aux échanges entre les différentes parties en notant scrupuleusement les sujets abordés, ainsi que la teneur du discours. Si les professionnels ont bien compris et respecté cette posture en retrait, les habitants étaient davantage interpellés et demandaient à connaître notre avis sur ce qu'ils projetaient. Nous pouvons y voir leur besoin d'être rassurés, déjà bien connu par les professionnels qui travaillent régulièrement sur ce type de projets.

Notons que le choix des projets résulte d'un fait de circonstances puisqu'il s'agit de projets qui ont commencé au moment où nous avons pris contact avec les professionnels. Tous les projets sont situés dans une zone géographique restreinte, en Loire-Atlantique et Vendée. Nous imaginons que sous un climat différent, les projets étudiés auraient pu apporter d'autres éléments de conclusion.

3.2 Projet d'extension de maison à Challans, Vendée, architecte Stéphane Chabrol

3.2.1 Présentation de l'agence

L'agence Stéphane Chabrol est implantée à Challans en Vendée depuis 2001 et est composée de 7 personnes : 4 architectes dont le gérant de la société, Stéphane Chabrol, une dessinatrice, un conducteur de travaux et une secrétaire. L'agence réalise des locaux d'activités tertiaires ou commerciales, des bâtiments scolaires et sportifs, de l'habitat collectif, ainsi que des maisons individuelles et leurs extensions qui ont été le premier marché de l'agence. Stéphane Chabrol a pour principe d'accepter toutes sortes de projets, de la petite extension de maison aux pôles commerciaux et bâtiments industriels, son activité se développant essentiellement par le bouche-à-oreille.

Le fonctionnement de l'agence consiste en une première prise de rendez-vous à partir d'un appel des clients. Pour une extension, le gérant de la société rencontre lui-même les clients chez eux de manière à faire des photographies et un relevé si nécessaire, tout en écoutant attentivement la demande des clients énoncée oralement. Sans les formuler immédiatement, il projette quelques idées dont il va faire part auprès de ses collaborateurs dans un second temps. Le relais est ensuite pris par un architecte de l'agence pour la conception. Le salarié de l'agence mène ensuite personnellement le projet et la relation avec les clients. Le gérant prend de la distance et intervient aux étapes clés comme le dépôt du permis de construire.

3.2.2 Présentation du projet suivi

Etat existant

Les clients de ce projet d'extension sont des amis de Stéphane Chabrol ce qui explique qu'il sera présent tout au long du processus contrairement au fonctionnement habituel. Les clients sont propriétaires d'une maison individuelle située dans une commune proche de la Roche-sur-Yon, dans un lotissement. Après avoir projeté de construire une nouvelle maison ailleurs, les propriétaires ont finalement décidé d'agrandir leur maison actuelle, un autre terrain étant difficile à trouver et trop cher.

Demande des clients

Nous n'avons pu assister au premier rendez-vous mais nous avons eu un entretien avec Stéphane Chabrol pour nous en expliquer le déroulement.

Les clients ont formulé leur demande en termes d'usage. Ils souhaitaient agrandir la salle à manger et les chambres des enfants, de surfaces très réduites, puis créer une suite parentale avec dressing et salle d'eau. Leur demande consistait également à faire une extension en bois d'architecture contemporaine, qui se démarque de la construction actuelle. Mis à part ces éléments, ils affirmaient ne pas avoir d'idées préconçues sur la volumétrie ni les qualités des espaces intérieurs. La lumière n'a pas fait l'objet d'une demande particulière. Ils se disent satisfaits de ce point de vue de l'état existant. Actuellement, la partie jour et la partie nuit sont séparées par une zone de transition entièrement vitrée qui marque bien la distinction des deux volumes.

Proposition de l'architecte

Plusieurs propositions ont été faites aux clients. Elles se présentent toutes sous la forme de deux extensions dans le prolongement des deux volumes de la maison existante. Dans la proposition retenue par les clients, la partie jour est prolongée d'une salle à manger en construction bois et toiture terrasse tandis que le volume nuit est prolongé pour être agrandi d'une suite parentale (figure ci-après). Le volume existant est réorganisé dans son fonctionnement intérieur. L'espace de transition entre les deux volumes en verre n'est pas modifié. Les clients ont demandé quelques changements de fonctionnement interne. Les pièces des extensions conservent l'orientation des façades actuelles : orientation est-ouest pour la salle à manger et nord-sud pour les chambres. Etant donné l'exigüité de la parcelle et l'organisation actuelle, les possibilités étaient minces. Il avait aussi été projeté de décaler le volume des chambres pour réduire la bande de terrain au nord qui n'a pas d'usage particulier. Toutefois, cela créait un système de distribution intérieur trop complexe, l'idée a donc été abandonnée.

La pergola proposée par l'architecte créait une zone d'intimité entre la terrasse et les chambres. Les clients ont finalement décidé de la supprimer. La chambre située sur la terrasse a été remplacée par un bureau pour orienter les chambres côté nord pour davantage d'intimité.



Figure 3. *Projet d'extension de maison à Challans ; en haut : plan masse de l'existant ; en bas : volumétrie du projet, proposition retenue par les clients avec quelques modifications (pergola supprimée) ; dessins de l'architecte*

Les contraintes d'ensoleillement et de thermique n'ont pas été abordées. Seul le système de chauffage a fait l'objet d'un questionnement de la part des propriétaires : des convecteurs électriques ont été choisis plutôt que le plancher chauffant projeté au départ.

Modes de représentation, outils utilisés

Les outils utilisés sont des outils numériques de dessin (*Autocad*) et de modélisation 3D (*Sketchup*) pour donner à voir la volumétrie aux clients. Les ombres sur le plan masse viennent d'un soleil situé au nord-ouest (date proche du 21 juin) et sur la volumétrie finale d'un soleil situé sud-ouest.

3.3 Projet d'extension de maison à Nort-sur-Erdre, Loire-Atlantique, Architecte Jean-Jacques Germain

3.3.1 Présentation de l'agence

Jean-Jacques Germain travaille seul ou en collaboration avec un autre architecte, Eric Spire, avec qui il partage ses locaux. Il travaille principalement sur de l'habitat individuel.

3.3.2 Présentation du projet

Etat existant

Les clients ont contacté Jean-Jacques Germain par téléphone grâce à une connaissance commune. Ils ont fait l'acquisition depuis peu d'une maison en très mauvais état qui est attenante à la leur. Leur maison est située dans le village de La Rabinière à Nort-sur-Erdre, sans mitoyenneté, sans co-visibilité avec le voisinage, sur une parcelle de 2 hectares arborée et non clôturée. Seuls les arbres de haute tige pourrait créer un masque sur la construction projetée.

Demande des clients

Ils commencent par exposer leurs souhaits dans leur habitat actuel en demandant de créer de nouvelles ouvertures dans leur salon / salle à manger qu'ils jugent trop sombre. Ils prévoient d'ouvrir au nord et à l'est tout en souhaitant conserver à l'extérieur l'aspect épais et massif du mur de façade en pierres. Jean-Jacques Germain et Eric Spire regardent de près la structure et se prononcent sur la faisabilité des percements dans le mur. Ils interrogent les clients également sur les vues possibles depuis le canapé, sur l'aspect transparent ou translucide des vitrages, leurs goûts architecturaux, ainsi que sur la qualité de la lumière en proposant un plancher vitré qui viendrait apporter un éclairage rasant le long du mur, depuis l'étage. Les clients restent ouverts à ces propositions en demandant des images.

Les clients souhaitent également réhabiliter la maison attenante, en très mauvais état, pour en faire une chambre avec salle d'eau en rez-de-chaussée et un espace de jeux à l'étage. Les concepteurs proposent de n'en réhabiliter qu'une partie suffisante pour ce

programme et de démolir l'autre partie, dont les murs en pierres et la toiture semblent sur le point de s'écrouler.

Les clients souhaitent également une extension en matériaux contemporains pour re-fermer le jardin arrière et créer de l'intimité aux abords de la piscine qu'ils souhaitent faire construire également.

Propositions de l'agence

Depuis le premier entretien durant lequel les clients ont énoncé leurs souhaits, les deux architectes les ont rencontrés une nouvelle fois pour effectuer le relevé. Le rendez-vous suivant a lieu à l'agence d'architecture où les architectes présentent l'esquisse et une première estimation du coût des travaux.

La cliente se montrait très impatiente de découvrir la proposition des architectes qui ont préparé un carnet A3 avec les plans et une vue 3D montrée sur l'écran d'un ordinateur portable. Ils ont commencé par montrer aux clients les plans du rez-de-chaussée dans le carnet (figure ci-après). Ils ont respecté le programme demandé par les clients en ajoutant quelques fonctions : au rez-de-chaussée, une buanderie est ouverte au sud (ouverture existante conservée), une chambre ouverte au nord (ouverture horizontale créée avec vue sur la piscine depuis le lit) avec dressing et salle d'eau ouverte au sud (ouverture existante conservée). L'étage comporte un dortoir ouvert au sud (fenêtre existante de petite dimension, châssis fixe et baies vitrées créées à l'ouest) avec salle d'eau, WC et rangements. Dans l'emprise de la construction existante, un atelier est créé avec une porte largement vitrée au sud pour donner un aspect « vitrine ».

Les architectes expliquent avoir voulu créer des continuités visuelles entre l'intérieur (existant, rénové et nouveau) et l'extérieur (lien avec la piscine par le jeu des transparences).

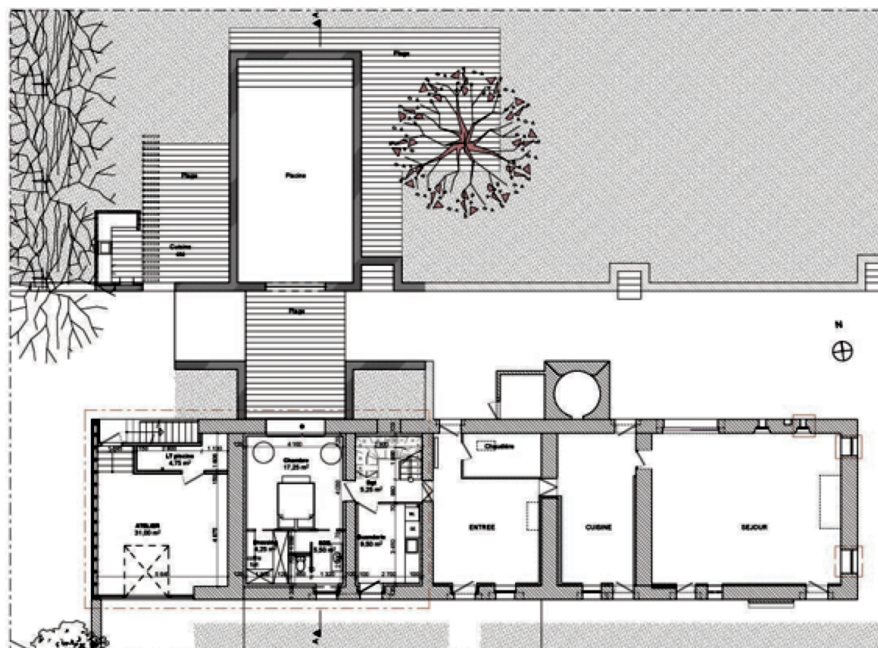


Figure 4. *Projet d'extension à Nort-sur-Erdre, plan général ; dessin de l'architecte*

Les clients avaient demandé une architecture différente qui se distingue de l'existant par ses matériaux : métal et verre, pour contraster avec la pierre de l'existant et apporter un côté contemporain à la maison. Dans cet objectif, les entourages des ouvertures de la partie rénovée et de celle construite sont en zinc de couleur anthracite.

La cuisine d'été est placée à l'écart le long de la piscine. La piscine est en retrait par rapport à la maison pour laisser un passage entre la maison et les plages qui l'entourent et pour qu'elle soit toujours au soleil, été comme hiver, comme l'avaient demandé les clients. Les architectes ont dit avoir observé sur place la position du soleil. Ils s'y trouvaient vers le 21 septembre. Le client confirme car il sait qu'en hiver, le soleil s'arrête aux marches de la murette et en été, il vient presque le long de la façade nord. Les architectes disent avoir observé également l'ombre de l'alignement d'arbres pour que celle-ci ne porte pas sur la piscine, et ils affirment qu'il ne sera pas nécessaire d'en abattre ; cependant, les clients n'en sont pas encore certains. Les marches pour descendre dans la piscine sont sur le côté le plus éloigné de la maison pour profiter au maximum du soleil. « *Plus on va loin, plus c'est au soleil !* »

Pour l'atelier, le client ne souhaitait pas de fenêtre à l'ouest pour éviter des rayons gênants. Le pignon ouest du rez-de-chaussée est donc aveugle mais largement ouvert à l'étage pour le dortoir. Les clients apprécient de pouvoir regarder le soleil se coucher.

Après le plan du rez-de-chaussée, on passe au plan de l'étage puis aux dessins des façades qui amènent des questions de la part des clients sur les ouvertures (figure ci-après). Les architectes ont conservé les ouvertures existantes au sud (façade principale de la maison) : deux portes qui deviennent vitrées transparentes dans la buanderie et translucide dans la salle de bain, et une petite fenêtre à l'étage. Ils ont également créé une nouvelle ouverture côté nord vers la piscine pour la chambre. Il s'agit d'une ouverture horizontale de 3m de large sur 1m de hauteur qui permet de voir la piscine lorsqu'on est allongé dans le lit.

Les clients avaient également évoqué un manque de lumière dans le salon/séjour de la partie existante. Comme ils l'avaient envisagé sur place lors du premier rendez-vous, les architectes proposent de créer une fente verticale côté nord en profitant d'une niche existante pour l'ouvrir jusqu'au sol : « *rainure de lumière* ». Ils créent également deux nouvelles ouvertures de part et d'autre de la cheminée exposées à l'est pour amener la lumière du matin et une lumière neutre sur l'ensemble de la journée. Une haie séparative empêche les vues directes dans le salon. Les clients concèdent qu'il ne s'agit pas d'apporter une vue supplémentaire agréable mais seulement de la lumière naturelle.

La vue 3D présentée sur l'ordinateur (figure ci-après) montre qu'aucune occultation n'est prévue, sauf pour la baie vitrée créée à l'étage (volet roulant). Cependant, les architectes proposent des occultations intérieures de type gros rideaux ou stores pour la chambre, car la fenêtre située au nord ne présente pas de risque de surchauffe.

La conclusion des clients a été : « *c'est exactement comme je me l'imaginais !* »

Un prochain rendez-vous est prévu pour obtenir un retour des clients sur cette proposition, avec d'éventuelles modifications.

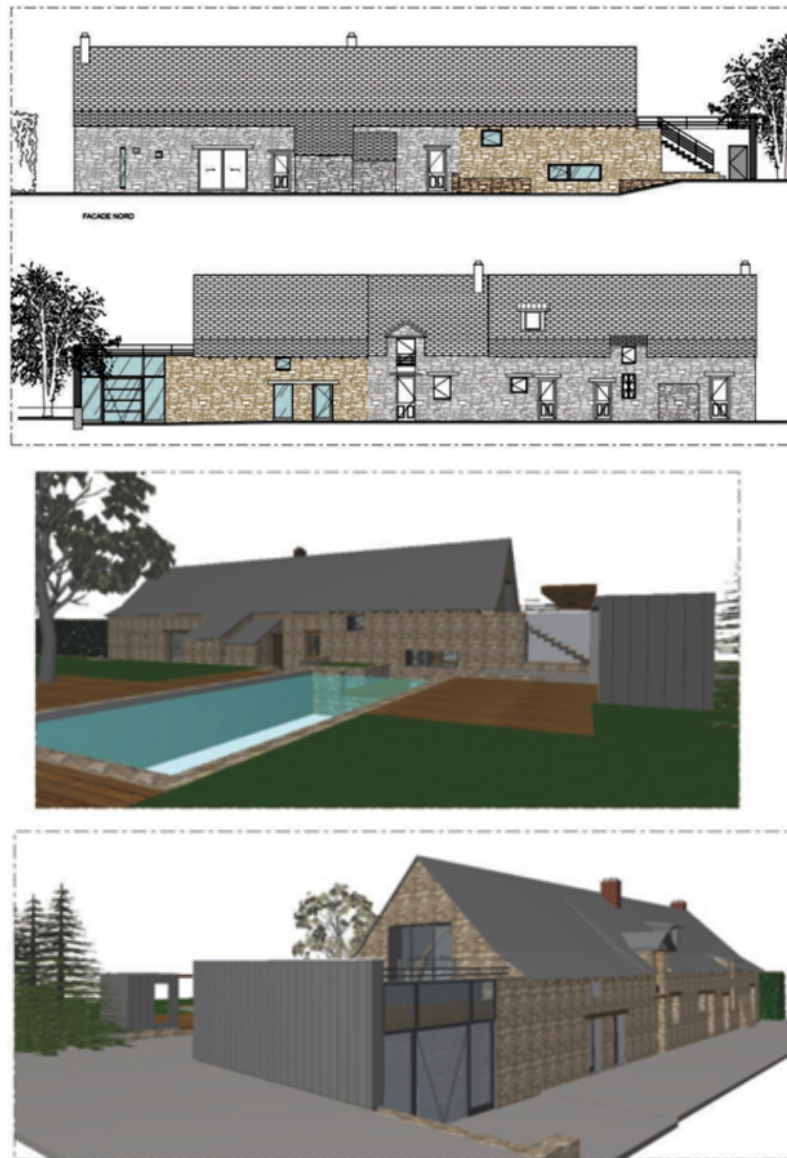


Figure 5. *Projet d'extension à Nort-sur-Erdre, façades et vues perspectives ; dessins de l'architecte*

Modes de représentation, outils utilisés

Au moment de l'esquisse, les architectes ont produit des plans, coupes et façades de la maison avant et après travaux, en plus d'une modélisation en 3D pour préparer un film d'animation.

Dans le carnet A3, les vues réalisées à partir de la 3D sont : une vue depuis la piscine, une vue depuis la terrasse, le plan du rez-de-chaussée en coupe ombrée, mais pas de vue intérieure.

3.4 Entreprise MACOBOIS, Nantes, Loire-Atlantique

3.4.1 Présentation de l'entreprise

MACOBOIS est une branche de l'entreprise MACORETZ, qui s'est spécialisée dans la construction en bois, et dont le directeur est Xavier Lebot. Créée en 1986, MACORETZ est une entreprise de maîtrise d'œuvre de maisons individuelles en briques. MACORETZ compte 125 personnes dans les bureaux d'études et ateliers, dont 7 pour MACOBOIS. La cellule « extensions de maisons individuelles » de MACOBOIS comporte une architecte. Yohan Normand, que nous avons suivi et qui se déplace chez les clients, est technico-commercial.

L'entreprise est implantée à Saint-Père-en-Retz et travaille surtout dans le Pays de Retz et à Nantes.

3.4.2 Présentation du projet

Etat existant

Les clients ont acheté une maison dont ils n'ont gardé que les murs périphériques et ont complètement refait l'intérieur (illustration ci-après). Une véranda adjacente à la maison, exposée nord-est, existe toujours. Les anciens propriétaires passaient par cette véranda, non isolée mais chauffée, pour rejoindre la salle de bain située dans une autre partie maçonnée. La véranda est perpendiculaire à l'habitat principal et de plain pied, alors que la maison en R+1 comporte un volume important à l'étage qui permet éventuellement de se garder la possibilité de faire des mezzanines. Les clients ont créé une nouvelle salle de bain à l'étage et ils utilisent l'ancienne comme débarras.



Figure 6. *Projet d'extension par MACOBOIS, état existant (façade arrière, véranda et volume perpendiculaire à modifier)*

Demande des clients

La demande des clients n'est pas très bien cernée au départ. Ils souhaitent modifier leur habitat en rez-de-chaussée. Nous comprenons qu'ils souhaitent étendre leur pièce de vie existante au rez-de-chaussée (salon, cuisine, salle-à-manger) à l'emplacement de la véranda actuelle, pour en faire une buanderie et une suite (chambre avec salle d'eau).

Ils se sont renseignés concernant le règlement du Plan Local d'Urbanisme (PLU) et savent qu'ils ne pourront pas agrandir énormément la surface au sol. De plus, ils se situent dans un périmètre protégé autour d'une église classée.

Nous comprenons dans le discours des propriétaires que le volume qui remplacera la véranda devra être lumineux, largement vitré sur les côtés mais peu en toiture (2 grands velux) pour éviter les surchauffes qu'ils subissent actuellement et qui rendent le volume inhabitable en été. La question de la diminution de la lumière naturelle dans la cuisine à l'intérieur du volume chauffé n'est pas abordée.

Ils demandent également que la salle d'eau ait une ouverture pour ventiler, et que les ouvertures de la chambre soient faites de telle manière qu'elles conservent l'intimité par rapport à la terrasse attenante. Pour les matériaux, ils ne souhaitent pas de bardage en bois mais plutôt un bardage métallique.

Yohann Normand, de l'entreprise MACOBOIS, se situe dans une posture d'écoute et de recueil des informations données par les propriétaires.

Propositions de l'entreprise

Suite à la première rencontre avec les clients, l'entreprise envoie par email une étude de faisabilité accompagnée d'un plan cadastral annoté, montrant l'emprise au sol possible de l'extension d'après la réglementation urbaine.

L'étude de faisabilité se présente sous la forme d'un document A4 qui reprend les différentes contraintes de la parcelle quant à son implantation, l'emprise au sol et le stationnement. Le site étant très contraint par la réglementation, la seule solution est une implantation dans le prolongement de la véranda existante par un volume en toiture terrasse ou faible pente.

Suite à ce diagnostic, les clients n'ont pas donné suite.

3.5 D'autres exemples

3.5.1 Extension préfabriquée en limite parcellaire, architecte Christophe Nogry

Il s'agit de l'extension d'une maison datant des années 1930, en pierres et de construction traditionnelle. Cette maison d'une famille avec enfants est située dans un quartier pavillonnaire près du parc de Procé à Nantes, comportant de grandes maisons individuelles placées au milieu de leurs terrains souvent arborés. L'extension est latérale à l'existant, en limite de propriété, et est composée d'un container industriel au rez-de-chaussée et d'un demi-container à l'étage (figure ci-après). Les containers sont ouverts à

chacune de leurs extrémités : au sud-est, une baie vitrée donne accès au jardin et la terrasse et au nord, une ouverture verticale plus étroite permet une vue vers la rue mais sans accès. A l'intérieur, les matériaux sombres choisis (bois contreplaqué cimenté) se prêtent aux activités calmes du programme : salle de lecture et salon télé au rez-de-chaussée, et chambre avec salle d'eau à l'étage. Les containers sont reliés à l'existant sur leur partie latérale. Le pignon de la maison a été percé pour l'accès à l'extension depuis la salle à manger existante. Le traitement différent des ouvertures entre l'existant et l'extension, le matériau sombre uniforme au sol, sur les parois et au plafond qui contraste avec les couleurs claires de l'existant, marquent une différence entre les espaces et distinguent les usages. A l'étage, la chambre est plus lumineuse étant donné que sa surface est moindre et que les ouvertures sont les mêmes.

Le maître d'ouvrage subissait une surchauffe excessive de la chambre principalement l'été mais aussi en période hivernale. En effet, le revêtement métallique très réfléchissant du container du rez-de-chaussée procurait des apports solaires excessifs à l'étage. Il a donc été recouvert *a posteriori* dans sa partie supérieure par un matériau noir mat de type bitume. Les habitants déclarent avoir perçu une légère différence. Par ailleurs, les usagers ont obturé la partie basse du vitrage toute hauteur qui occasionnait un manque d'intimité dans la chambre.

L'habitante admet qu'au départ, elle trouvait l'extension sombre par rapport au reste de la maison mais elle pense désormais que cela est tout à fait adapté à l'usage demandé.



Figure 7. *Extension préfabriquée en limite parcellaire ; en haut : volumétrie de la maison avec l'extension en rouge, vue de la façade sud-est ; en bas : vues intérieures du salon en rez-de-chaussée et de la chambre à l'étage*

3.5.2 Extension sur jardin, architecte Magaye N'Diaye

Dans cet exemple, il s'agit de l'extension d'une maison des années 1950, mitoyenne de part et d'autre, et située sur une parcelle en lanière dans un contexte urbain dense à Rezé en Loire-Atlantique. L'architecte est également le maître d'ouvrage de la maison. La maison existante est construite en pierres et en retrait de 5m par rapport à la rue. L'extension, à toiture terrasse et construite en bois, occupe toute la largeur de la parcelle dans le prolongement de l'existant. Pour conserver l'éclairage naturel de la chambre dans la partie existante, l'extension prend une forme épaisse en L autour d'un patio (figure ci-après). Une baie nord-ouest permet un accès direct entre le patio et la cuisine. La limite séparative de la parcelle est longée d'un mur en pierres de près de 2m de haut. Le patio est ainsi enfermé et protégé du vent. Une table de petite dimension et une chaise y sont disposées.

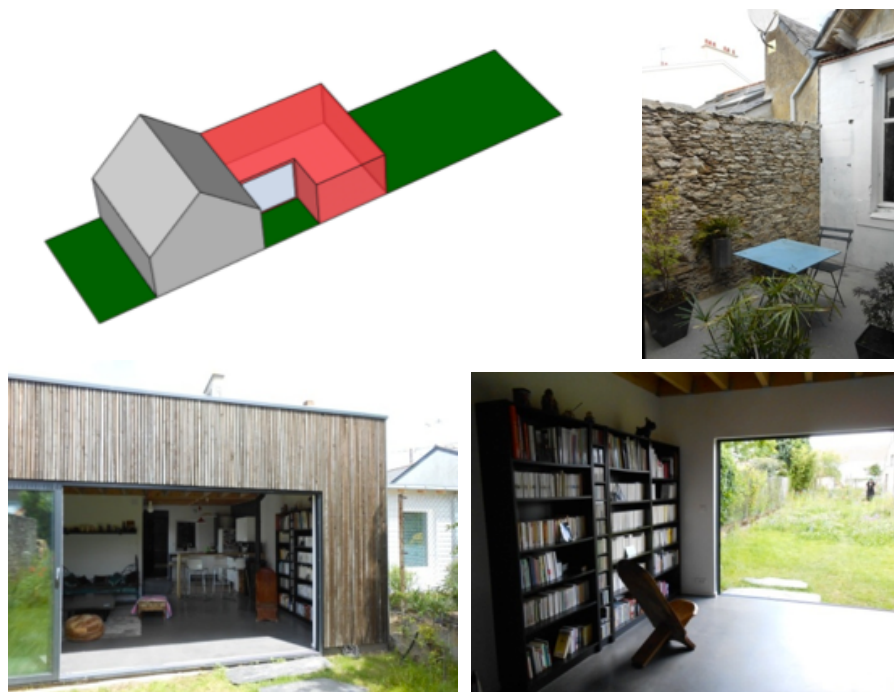


Figure 8. *Extension sur jardin ; en haut : volumétrie de la maison existante avec son extension en rouge, vue sur le patio ; en bas : vue extérieure et vue intérieure de la pièce de vie située dans l'extension*

Le salon-séjour, programme de l'extension, est ouvert vers le jardin au sud-ouest sur la totalité de la façade. Le mur de clôture se poursuit le long de la parcelle créant un jardin intime. Un chemin passe au fond du jardin, sans clôture pour marquer la propriété. L'objectif était de créer un espace ouvert vers le jardin qui donne l'effet d'être construit dans son prolongement en atténuant les limites intérieur/extérieur. Le passage de l'existant vers l'extension est remarquable surtout dans le traitement de la lumière beaucoup plus présente dans l'extension. Une fenêtre existante a été conservée bien qu'elle sépare la salle de bain de la cuisine, deux pièces du même volume chauffé. Ces éléments donnent l'impression d'être à la fois à l'intérieur et à l'extérieur.

En revanche, on peut se poser des questions quant au chauffage d'hiver et aux risques de surchauffe en été. En effet, le mur de clôture existant n'a pas été isolé pour garder les pierres apparentes à l'intérieur, et la baie vitrée de 5m de large environ exposée au sud-ouest, n'est pourvue d'aucune protection solaire intérieure ou extérieure. Les habitants disent ouvrir largement la baie en été pour ventiler et éviter ainsi les surchauffes. S'ils en ressentent le besoin, ils se déplacent dans le second salon situé dans la maison existante dont l'inertie est meilleure et la température moins élevée durant la journée en été.

3.5.3 Surélévation en milieu dense sauvegardé, architecte Michaël Neau

Dans cet exemple, la maison existante est une maison en pierres de deux niveaux. Elle est mitoyenne sur trois côtés et ne bénéficie d'aucun espace extérieur privé. Elle s'inscrit dans le tissu ancien de la ville de Clisson, en Loire-Atlantique, où la plupart des maisons sont étroites et hautes.

Au rez-de-chaussée, on trouve le bureau de l'architecte en exercice et une chambre. Les pièces sont éclairées uniquement par la façade sur rue grâce aux fenêtres existantes. Sous l'escalier qui mène aux pièces de vie à l'étage, un bureau a été placé, il est éclairé grâce à un escalier sans contremarche et une porte d'entrée vitrée ainsi qu'un puits de lumière dans le plancher de la cuisine située au-dessus. Hormis cette ouverture zénithale, aucune modification n'a été faite concernant la lumière. A l'étage, on trouve la cuisine, le salon-séjour et la salle de bain.

La toiture a été surélevée de manière à créer une chambre en mezzanine et à mi-hauteur, un espace détente. Une grande ouverture de la largeur de la maison a été créée, orientée nord-est (figure ci-après). Le propriétaire a remarqué que les rayons du soleil parviennent en été jusque dans la chambre au-dessus et même au niveau du rez-de-chaussée à travers le plancher vitré. La vue à travers cette nouvelle ouverture n'est rendue possible qu'en gravissant l'escalier à mi-hauteur.

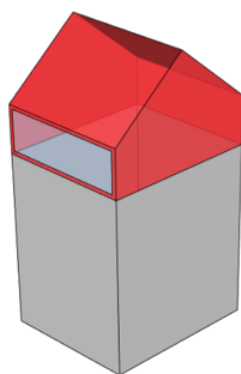


Figure 9. *Surélévation en milieu dense sauvegardé ; volumétrie avec la surélévation en rouge et l'ouverture créée au nord ; vue vers l'ouverture créée depuis la rue voisine*

3.5.4 Extension en mitoyenneté, architecte David Juet

La maison existante est située à Piriac-sur-Mer dans un tissu dense de maisons étroites et hautes toutes mitoyennes. L'extension prolonge le gabarit de l'existant en conservant son profil. La maison est située le long de la rue sur une parcelle de petite surface. L'existant est de faible surface par rapport à l'extension qui est créée. Un traitement en claire-voie conserve l'intimité depuis la rue, malgré une façade entièrement vitrée, en recul par rapport à la structure en bois pour créer un sas d'entrée. A l'arrière, sur le petit jardin, la façade orientée au sud-est est entièrement vitrée. Les pièces à vivre sont donc orientées au sud-est, et largement ouvertes sur la cour. L'intimité du rez-de-chaussée est assurée par un haut mur en pierres existant qui borde la parcelle. A l'intérieur, il s'agit d'un grand volume toute hauteur dans lequel des mezzanines assurent la distribution des étages supérieurs (R+2) situés dans l'existant. Une partie de la structure en claire-voie se soulève au niveau du toit à double pente pour conserver une vue sur la mer au niveau R+2 (figure ci-après).

La question des éventuelles surchauffes n'a pas été abordée par les habitants car la parcelle étant située au bord de l'océan, les habitants ont considéré qu'il suffisait d'ouvrir les fenêtres pour profiter d'un vent frais rafraîchissant. En ce qui concerne la lumière, la maison étant vitrée sur ses deux façades, la quantité de lumière leur paraissait suffisante et la problématique de la préservation de leur intimité n'a pas été posée car les chambres sont situées dans la partie existante plus fermée.

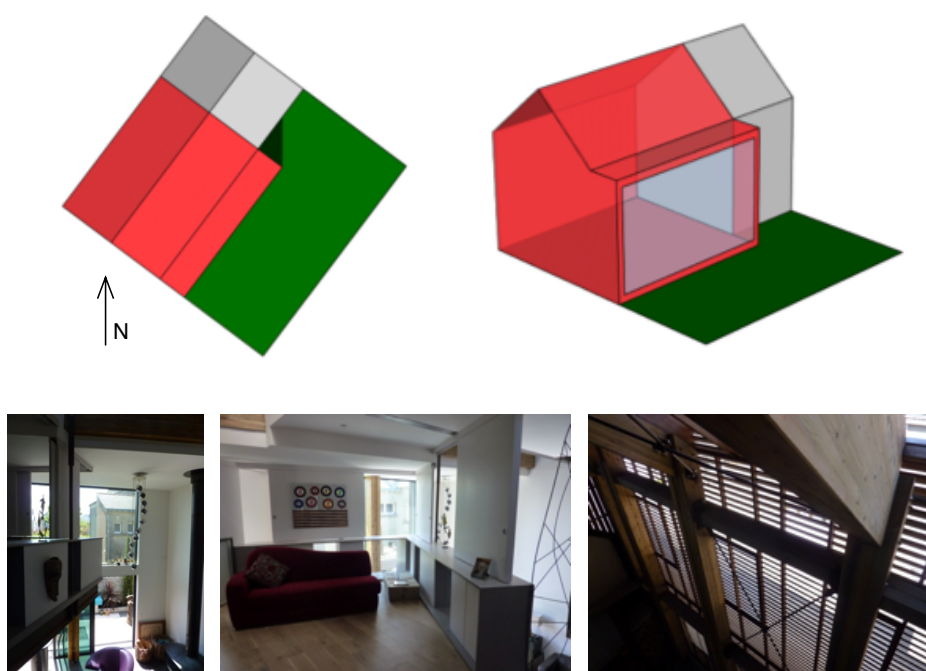


Figure 10. Extension en mitoyenneté ; en haut : plan masse et volumétrie du projet avec l'extension en rouge ; en bas : vue de la baie exposée sud-est, vue depuis une mezzanine intérieure vers le sud-est, paroi en claire-voie sur la rue

3.6 Résultats d'observations

Dans les projets que nous avons suivis, le sujet « lumière » a été abordé à plusieurs reprises, soit par les habitants, soit par les professionnels. Il est questionné pratiquement dès la première rencontre entre les deux parties.

La lumière est abordée en terme de quantité. Dans l'exemple de la maison de Nort-sur-Erdre, les clients commencent par faire visiter leur habitat existant avec cette question posée aux architectes : « *je veux plus de lumière, mon salon est trop sombre* » puis dans l'extension projetée, ils souhaitent du « verre », du « contemporain » synonyme pour eux de légèreté et de clarté, comme le laisse entendre leur discours.

De la part des particuliers, les vues vers le jardin ou l'intimité par rapport au voisinage ne sont pas des éléments abordés. En revanche, les professionnels abordent ce sujet dans le but de mieux dimensionner les ouvertures.

En revanche, dans les exemples présentés, les conditions de confort thermique en lien avec l'ensoleillement sont très peu abordées par les professionnels ou les habitants au début du projet. Ces questions peuvent parfois être posées par les professionnels quant aux types d'occultations souhaitées dans le but d'éviter les surchauffes estivales.

Dans ces exemples de projets d'extensions de maisons, l'approche de la lumière a été faite d'une manière intuitive, sans calculs, ni l'aide d'outils de simulations lumineuses par exemple. Les concepteurs se déplacent *in situ* pour observer la position du soleil et prennent en compte l'orientation du bâti existant. Dans les représentations produites, ils utilisent les fonctionnalités des logiciels de modélisation qui permettent de dessiner les ombres projetées, mais seulement dans un but de représentation réaliste du projet, et non d'évaluation de l'incidence des espaces et dispositifs imaginés.

Le cas de la maison avec véranda que les clients souhaitaient modifier n'a pas abouti. Cela aurait pourtant été intéressant pour notre étude car des questions de gestion de la lumière naturelle et des problématiques de surchauffe étaient posées dans ce projet.

Finalement, les deux cas que nous avons pu suivre et qui ont fait l'objet d'une proposition de projet architectural, montrent que les architectes détiennent une certaine expérience de la gestion de la lumière et s'appuient sur cette expérience pour concevoir. Si besoin, une observation sur place à un moment choisi, ou un dialogue avec les clients qui habitent déjà le lieu, leur a semblé suffisant pour analyser le site du point de vue de l'ensoleillement. Nous avons pu voir que les contraintes réglementaires, mais aussi les contraintes d'usage par rapport à un bâti existant, sont déterminantes dans le choix de l'implantation de la volumétrie et de l'orientation des ouvertures.

Nous remarquons que la question des effets thermiques des choix réalisés comme celle des dimensions et expositions des ouvertures, est rarement abordée, même lorsque de larges vitrages exposés plein sud sont envisagés. Nous pouvons penser que ces questions sont traitées de manière implicite. Dans le cas de la maison de Nort-sur-Erdre, les architectes ont probablement compté sur l'inertie de la partie ancienne construite en pierres pour éviter les surchauffes estivales. Pour la maison près de la Roche-sur-Yon, les concepteurs ont proposé une pergola au sud pour abriter les chambres en été. Cependant, les clients ont fait le choix de supprimer ce dispositif pour des raisons budgétaires, et aucun autre moyen de protection n'a été proposé.

Les exemples présentés ici reprennent différentes typologies d'extensions de maisons. Ils confirment le fait que les concepteurs prennent en compte la lumière dans leurs processus de conception, tout en s'appuyant principalement sur leur expérience pour juger de la pertinence de leurs choix. Aucun d'entre eux n'a utilisé d'outils spécifiques ni proposé d'évaluation précise des conséquences d'une forme, d'une orientation, du percement d'une ouverture, d'un choix de matériau, etc. Toutefois, on a vu que cela pouvait *a posteriori* amener certaines difficultés comme des surchauffes estivales, ou un manque d'intimité qui impliquent des adaptations du projet de la part des habitants.

On pourrait donc conclure cette partie d'observation en mentionnant que la lumière naturelle est abordée dans ces projets de manière intuitive, sans évaluation précise de son impact sur le confort et l'usage des lieux par les futurs habitants.

3.7 Difficultés de l'approche

L'approche choisie s'est avérée difficile à mettre en œuvre, du fait du caractère aléatoire de chaque projet, tant dans sa forme que dans son évolution au fil du temps. Pour mener à bien l'observation de la place de la lumière naturelle dans ces projets d'extension, une plus longue période d'observation et une très grande disponibilité seraient requises, de manière à observer le passage des premières intentions des acteurs du projet jusqu'à l'appropriation de la maison, une fois construite et habitée. Une disponibilité immédiate serait également nécessaire pour pouvoir suivre le développement du projet au jour le jour, assister aux réunions avec les futurs habitants en soirée, s'immiscer dans l'agence du concepteur en journée, se faire oublier des acteurs, retranscrire leurs faits et gestes, le vocabulaire utilisé, etc.

Nous avons largement sous-estimé l'importance de cet investissement dans le lancement de cette phase de recherche. Les résultats obtenus sont donc fragmentaires, du fait du temps très court dévolu à la recherche (quelques mois) et de la disponibilité partielle des chercheurs. Cela n'entame pas le bienfondé de la démarche, mais il conviendrait de la mener dans un cadre adapté et sur une période plus longue.

4. Enquête auprès de clients d'un magasin Leroy-Merlin

4.1 Objectifs et protocole de l'enquête

4.1.1 Objectifs

La première phase de suivis de projets a montré que la lumière naturelle est abordée de manière intuitive dans les projets d'extension de maison individuelle, sans évaluation de ses différents impacts lumineux ou thermiques et des conséquences éventuelles en matière d'usage, de confort ou de maîtrise de l'énergie, notamment pour ce qui concerne les surchauffes estivales.

Ce constat n'est pas très nouveau et il a conduit différents chercheurs et professionnels à rechercher depuis quelques années une plus grande démocratisation des outils de simulation lumineuse dans les projets d'habitat ordinaire, de manière à mieux anticiper les éventuels problèmes posés par une maîtrise trop sommaire des flux lumineux. Cependant, mettre en avant le recours aux outils de simulation n'est pas suffisant. Il faut encore se demander comment les particuliers maîtres d'ouvrage des projets de construction appréhendent ces évaluations techniques. L'appropriation du projet lumineux de la maison, en relation avec les paramètres de confort, d'usage et de bonne maîtrise énergétique du projet, passe en effet par une appréhension et une compréhension claire des résultats produits par les simulations lumineuses et solaires.

En réponse à cette question, l'objectif de cette seconde phase d'enquête est d'évaluer le niveau de compréhension des images de simulation lumineuse, pour des particuliers en situation potentielle de mise en œuvre d'un projet d'extension de maison individuelle. Si dans la partie précédente, nous avons abordé le projet d'extension par l'intermédiaire des professionnels, nous allons, dans cette seconde phase, donner la parole à l'utilisateur et maître d'ouvrage potentiel, avec pour objectif d'évaluer sa compréhension de différents exemples d'images d'analyses lumineuses produites sur un projet de maison.

Nous avons fait le choix d'interroger les clients d'un magasin de bricolage, car ils sont de toute évidence plus susceptibles que d'autres d'avoir un projet en cours de modifications de leur habitat. Il s'agit d'une recherche exploratoire dont l'échantillon de personnes interrogées n'est pas représentatif de la population mais correspond aux clients volontaires se trouvant dans le magasin au moment où se déroulait l'enquête. Une fois encore, nous précisons que cette courte étude ne cherche pas à être exhaustive, objectif trop ambitieux en quelques mois, mais plutôt à proposer quelques constat et à établir des premières pistes de réflexion.

Nous avons choisi le magasin LEROY MERLIN de Saint Barthélémy d'Anjou près d'Angers, qui a fait l'objet d'une récente restructuration de ses locaux et a rouvert au public au

début du mois d'octobre 2012. Des contacts ont été pris en amont avec la direction et le principe d'une enquête au sein du magasin lui-même a été accepté. Les responsables du magasin ont mis à notre disposition une table et des chaises à l'entrée du magasin, en face de la banque d'accueil.

4.1.2 Protocole d'enquête

Le protocole choisi est basé sur des entretiens semi-directifs. Nous prenons des notes à partir du discours des enquêtés après avoir présenté l'objet de notre étude.

L'enquête se déroule en deux phases. La première phase consiste à présenter aux enquêtés les plans d'une maison très simple qui a fait l'objet d'une extension. Nous avons choisi la forme la plus courante d'extension de maison individuelle à savoir une extension sur jardin qui agrandit la surface de la pièce de vie tout en élargissant le volume initial. Nous leur présentons ensuite, sur des supports cartonnés, des images d'analyses lumineuses : taches solaires, durées d'ensoleillement, facteur de lumière du jour et luminances dans la maison, avant et après extension. De la même manière, nous leur montrons des images photoréalistes de l'espace principal de vie avant et après extension. L'objectif de cette première phase est d'évaluer la compréhension de ces images par les enquêtés, en posant une question simple : est-ce que ces images vous apprennent quelque chose de la maison ?

La seconde phase consiste à amener les enquêtés à parler de leur propre projet, s'il y a lieu, en les interrogeant sur l'intérêt ou la nécessité éventuelle de produire des images comme celles qu'ils viennent de voir, pour faciliter leurs choix. Cela nous permet de mieux évaluer leur compréhension des images et l'intérêt qu'ils y trouvent.

Il était important dans notre protocole de présenter les mêmes types d'images aux enquêtés, avant et après extension. En effet, nous pensons que la comparaison permet de déclencher plus facilement la parole. D'un point de vue pratique, nous avons numéroté les images afin que les enquêtés puissent s'y référer sans difficulté. Nous les avons présenté aux enquêtés en leur expliquant oralement ce qui était représenté, comment ces informations devaient être interprétées, et quelle conclusion on pouvait en tirer.

Durant l'entretien, nous avons abordé différents niveaux dans le discours des enquêtés à partir des questions suivantes :

→ **Compréhension des images** : *Comment comprenez-vous ces images ? Est-ce que vous pouvez me dire ce que vous avez retenu de ces images ? Est-ce que vous observez des différences entre les images (avant/après extension, été/hiver) ?*

→ **Projection dans l'image** : *Est-ce que cette maison vous semble agréable à vivre en hiver/en été ? Est-ce que cette image vous apporte une information utile pour votre projet ? Est-ce que vous apprenez quelque chose de nouveau ?*

→ **Adhésion à l'image** : *Ces images peuvent-elles jouer un rôle dans les décisions que vous prendrez pour votre projet ? Par exemple, à partir de ces images, est-ce que vous déduirez qu'il faut mettre des protections aux fenêtres ? Si oui, quelles protections pour quelles fenêtres ? Où placeriez-vous la télévision ? Où imaginez-vous vous asseoir pour prendre votre petit déjeuner ? Est-ce que cela peut vous aider dans le choix de l'emplacement des fenêtres, des portes ou du mobilier dans votre maison ?*

Au total, nous avons interrogé 29 personnes. Tous les entretiens ont fait l'objet de prises de notes retranscrites en annexe de ce document. Il avait également été émis l'idée que nous pourrions enregistrer le discours des enquêtés, mais cela s'est avéré compliqué à mettre en œuvre, du fait du contexte et de la difficulté de trouver des volontaires pour participer à notre enquête. Le contact était fragile et l'interrompre pour demander un enregistrement s'avérait risqué. Nous avons donc opté pour la prise de notes, qui s'est finalement révélée d'autant plus efficace car elle offre des temps de pause dans l'entretien, qui permettent à l'enquêté de s'interroger sur son propre discours.

Pour l'analyse, ces notes ont été interprétées au moyen d'une grille spécifique, en fonction des sujets abordés par les personnes interviewées. Cette grille d'analyse figure également en annexe du présent rapport.

4.2 Fabrication des images

La fabrication des images à présenter aux enquêtés a été une tâche longue malgré une géométrie simple. La complexité résultait à la fois des compétences nécessaires pour la manipulation des différents outils (*Sketchup*, *Solene*, *3DS Max* et *Velux Daylight Visualizer*), de la quantité d'images à produire (choix des paramètres, des heures, des périodes de l'année) pour éviter de fournir une information confuse aux enquêtés, de la représentation (choix des codes couleurs pour s'assurer de la bonne compréhension, nécessité ou non de figurer une échelle, rendre lisible la planche dans son ensemble) et enfin du discours de l'enquêteur en accompagnement des images produites.

Ces difficultés ont trouvé différentes solutions. Nous avons tout d'abord fait appel à des chercheurs aux compétences complémentaires, sachant maîtriser des outils différents. Pour le choix des images à présenter aux enquêtés, nous avons commencé par produire l'ensemble des images que nous projetions au départ, puis nous avons fait un tri en ne retenant que ce qui nous semblait pertinent. Pour les modes de représentation, nous avons procédé de la même manière en produisant les images et en les comparant. Enfin, pour le discours, nous avons adapté notre manière de présenter les images, suite aux premiers entretiens, mais dans l'ensemble les adaptations en cours ont été peu nombreuses, comme nous le verrons par la suite.

4.2.1 Plan habité

Pour la première phase de cette enquête, nous avons représenté la maison avant et après extension sous la forme d'un plan habité. En nous inspirant des plans de vente que l'on trouve dans les plaquettes de communication des promoteurs immobiliers, nous avons réalisé un plan habité montrant les différentes pièces meublées, avec l'indication des surfaces, des matières au sol pour les distinguer et des ombres pour montrer le relief des parois verticales. Nous ne souhaitons pas que la discussion porte sur le plan de la construction, c'est pourquoi nous avons proposé un plan très simple, sans contexte, qui ne doit pas interpeller l'enquêté mais au contraire être facilement et rapidement compris (figure ci-après).

Nous avons utilisé les logiciels *Sketchup* et *Photoshop*.



Figure 11. *Planche des plans de la maison, avant/après extension*

Comme toutes les images produites, ces deux plans sont présentés sur un format A3 plastifié, l'un à côté de l'autre, imprimés en couleur, à la même échelle avec l'indication de l'orientation mais sans légende.

4.2.2 Simulations d'exposition au soleil

Les simulations pour l'analyse solaire ont été réalisées à l'aide du logiciel *Solene* développé par le laboratoire CERMA et présenté en annexe. Nous avons réalisé deux types de simulations solaires différentes : celle des taches solaires à différentes heures, et celle des durées d'ensoleillement cumulé dans les pièces.

Les tâches solaires

Les tâches solaires représentent la projection du soleil au sol et sur les parois des pièces intérieures de la maison, à travers les différentes ouvertures, en supposant un ciel parfaitement dégagé.

Elles ont été représentées à 9h, 12h et 15h le 21 décembre (heures solaires) et 8h, 11h et 14h le 21 juin (heures solaires) de manière à avoir les mêmes heures légales : 10h, 13h et 16h.

Ces images ont été réalisées avant et après extension de la maison et présentées aux enquêtés sur des formats A3 permettant de comparer les images (figure ci-après).

Nous avons fait le choix d'une représentation en plan pour les taches solaires, de manière à conserver le même point de vue que celui utilisé pour les plans habités. Néanmoins, nous avons présenté des plans en perspective de manière à percevoir les parois verticales et les taches solaires qui s'y projettent. Pour ce qui concerne la palette des couleurs, nous avons choisi de conserver les codes de couleurs classiques en gris sombre pour les ombres et jaune pour les taches de soleil. Ce code est facilement lisible pour des non-initiés.

Nous avons fait le choix de présenter seulement les simulations à 13h (heure légale) en été et en hiver. Les autres simulations à 10h et 16h (heures légales) étaient disponibles sur d'autres planches que nous avons mises de côté pour les présenter si la situation se présentait (discussions autour d'une tache solaire en particulier, mauvaise compréhension des images). Nous pensons en effet qu'il était inutile de compliquer la compréhension du projet en multipliant les éléments d'analyse.



Figure 12. *Planche des taches solaires été/hiver, avant/après extension*

Les durées d'ensoleillement

Les durées d'ensoleillement correspondent au temps pendant lequel chaque partie de la maison reçoit le soleil pendant une période donnée, en supposant un ciel parfaitement dégagé pendant cette période.

Elles ont été calculées pour les deux journées caractéristiques des solstices, le 21 décembre et le 21 juin. Nous avons dans un premier temps retenu également les dates de

mi saison (21 mars et 21 septembre) mais cela multipliait les images sans apporter de réels éclaircissements sur la compréhension des usagers. En effet, il s'agissait d'une situation d'entre-deux, pas réellement tranchée, qui nous semblait peu favorable pour inciter la parole des enquêtés.

Afin que les enquêtés ne confondent pas ces simulations avec les tâches solaires, nous avons fait le choix d'utiliser un code couleur différent, qui ne représente pas les taches solaires et qui ne soit pas non plus le code habituel des simulations thermiques en bleu/rouge. Après plusieurs essais, nous avons opté pour un dégradé orangé sur un fond vert (figure ci-après). Plus la teinte est orange et plus longtemps le point en question est exposé au soleil pendant la journée considérée. Les zones colorées en vert ne voient jamais le soleil pendant cette journée.

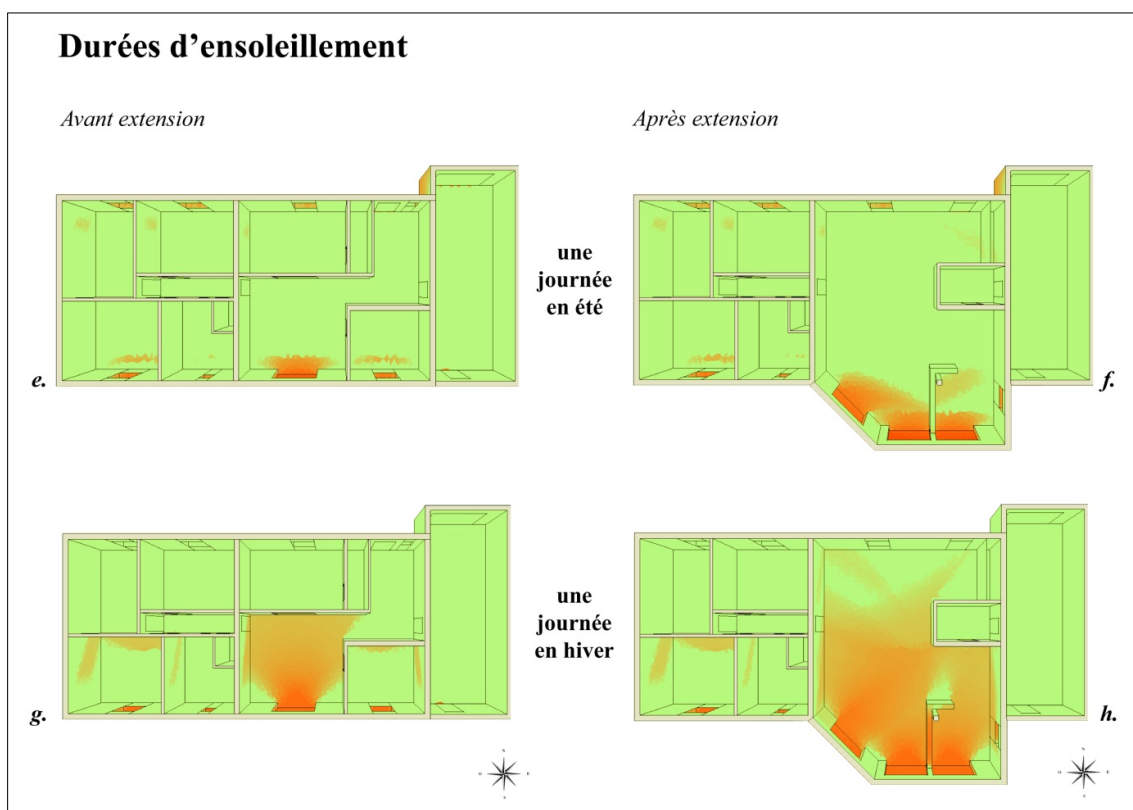


Figure 13. Planche des durées d'ensoleillement été/hiver, avant/après extension

4.2.3 Simulations lumineuses

Les simulations pour l'analyse lumineuse ont été réalisées avec le logiciel *Velux Daylight Visualizer* que nous avons présenté en annexe. Elles concernent le facteur de lumière du jour et la luminance des parois.

Nous avons également prévu de présenter une simulation d'éclairement intérieur pour la pièce principale (réalisée avec *Solene*). Cependant, nous avons décidé de réduire le nombre d'images de simulation lumineuse à présenter aux enquêtés pour ne garder que

l'information essentielle. De plus, les images d'éclairage produites nous paraissent plus difficilement compréhensibles pour des non-initiés.

Le facteur de lumière du jour

Le facteur de lumière du jour (FLJ) est le rapport de l'éclairage intérieur reçu en un point du plan de référence (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairage extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé. Il s'exprime en pourcentage et constitue un indicateur couramment utilisé pour évaluer la qualité d'éclairage d'une pièce sous un ciel couvert uniforme. Il ne s'agit donc plus ici de la pénétration localisée du soleil dans la maison, mais de la diffusion de la lumière sur toutes les surfaces intérieures. Il est indépendant de la saison et permet d'évaluer l'apport de lumière naturelle dans des conditions plutôt défavorables (ciel couvert hivernal par exemple).

Dans la planche que nous avons réalisée (figure ci-après), le FLJ est représenté au sol par un dégradé du blanc au noir sur une vue en plan de la maison, avant et après extension. Nous avons également accompagné les plans d'une échelle graphique pour illustrer le FLJ qui n'est pas un facteur connu du grand public.

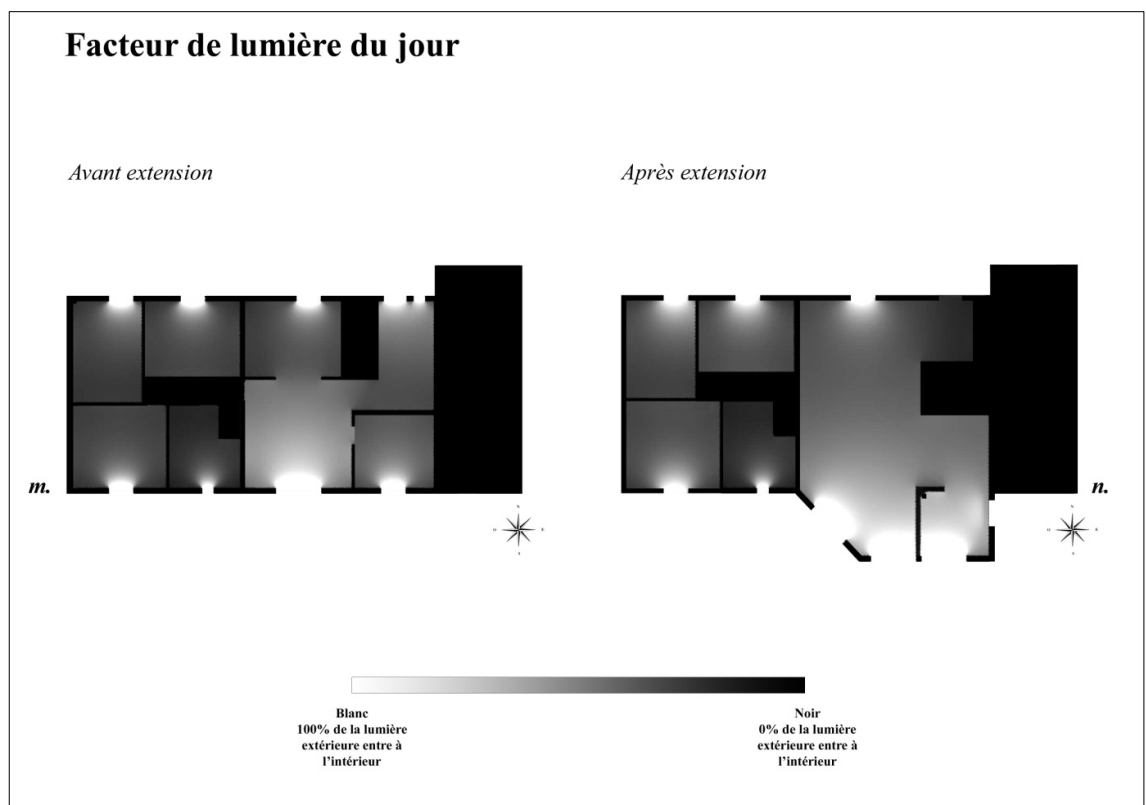


Figure 14. *Planche des facteurs de lumière du jour, avant/après extension*

La luminance des parois

La luminance est l'intensité lumineuse d'une surface (par exemple une cloison intérieure éclairée par la lumière naturelle dans notre exemple) divisée par l'aire de cette surface dans une direction donnée (la direction du regard dans notre exemple). La luminance n'est pas liée à la taille de la surface lumineuse et elle traduit la sensation visuelle de la lumière. Elle représente correctement l'impression de l'éclairage dans une pièce.

Nous avons simulé la luminance sur quatre images de la maison, avant et après extension. Il ne s'agit plus de vues en plans mais de perspective calculées d'après la position d'un observateur situé dans la pièce principale de la maison et qui regarde vers les baies vitrées exposées au sud. Un plan de la maison, ainsi qu'une vue en 3D, sont ajoutés à la planche pour permettre de mieux situer le point de vue choisi (figure ci-après).

Pour la rendre plus objectivable, la luminance est représentée en fausses couleurs dans un dégradé de couleurs froides vers des couleurs chaudes. Nous avons choisi les mêmes heures légales que précédemment afin de ne pas multiplier l'information ni créer de confusions. Comme pour les taches solaires, nous avons préparé des planches à part avec des images complémentaires (simulations à 10h, 13h et 16h, heures légales) à montrer aux enquêtés si le besoin s'en fait sentir.

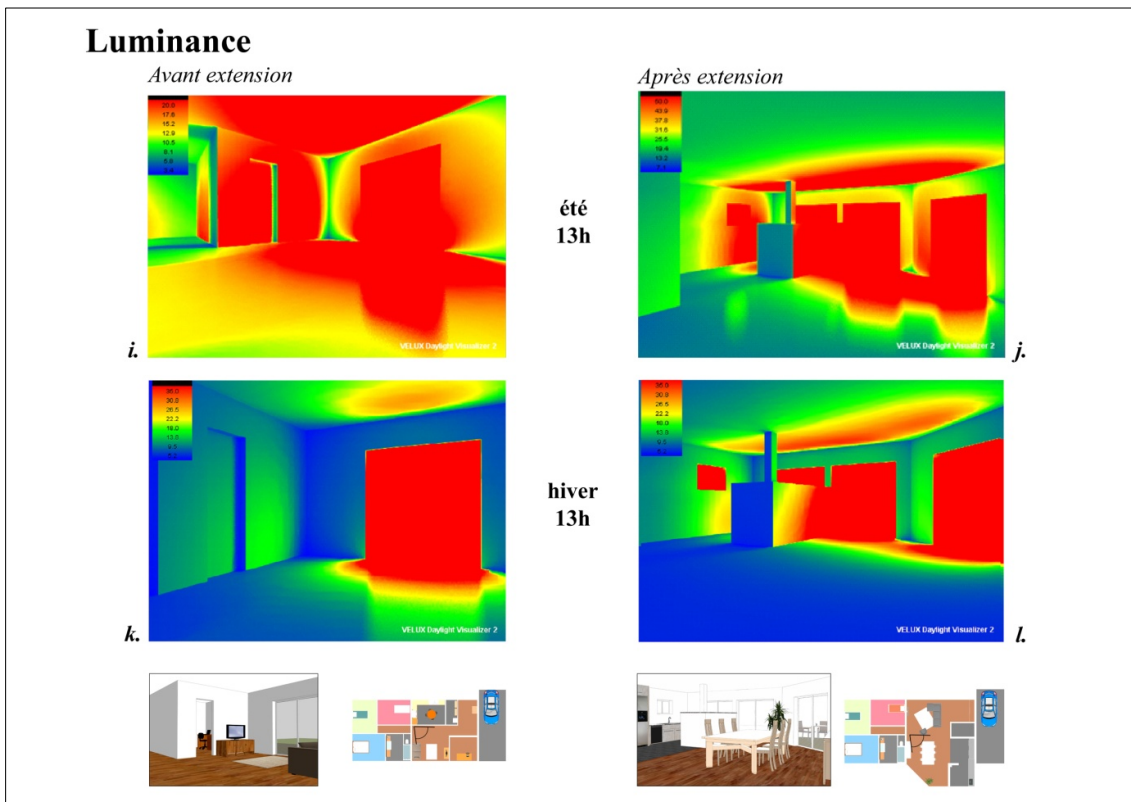


Figure 15. Planche des luminances dans la pièce de séjour, avant/après extension

4.2.4 Images photoréalistes

L'image photoréaliste, à l'instar d'un tableau, est une image construite qui permet à l'auteur de montrer ce qu'il veut donner à voir. Contrairement aux images de simulations qui sont objectivables, les images photoréalistes expriment un point de vue subjectif d'une scène donnée tout en faisant croire à une réalité perçue. Il est facile dans une image photoréaliste d'ajouter des lumières, de placer le soleil où l'on veut, de changer les caractéristiques des matériaux, etc., pour exprimer une ambiance particulière.

Pour notre enquête, les images photoréalistes ont été réalisées avec le logiciel *3DS Max* à partir du modèle 3D de la maison. Nous avons choisi le point de vue de manière à ce que les enquêtés voient la pièce de vie et les ouvertures orientées sud vers le jardin. Les objets qui y ont été placés orientent le regard vers le centre de la pièce où semble se dérouler une activité sur la table de la salle à manger. Il n'y a pas de personnage apparent mais la disposition des objets laisse supposer qu'une vie s'y déroule. Sur la planche, nous avons mis en valeur l'image après extension de manière à faire en sorte que les enquêtés puissent se sentir un peu comme chez eux et être projetés dans l'image (figure ci-après).



Figure 16. Planche des vues intérieures du séjour, avant/après extension

4.3 Déroutement des enquêtes

4.3.1 Contexte pratique

Nous avons réalisé les enquêtes auprès des clients présents dans le magasin LEROY MERLIN de Saint Barthélémy d'Anjou. La trentaine d'entretiens réalisés ne constitue pas un échantillon représentatif de la population mais permet une première approche qu'il serait intéressant de prolonger.

Les enquêtes se sont déroulées entre le 11 et le 25 octobre 2012. Une table et des chaises ont été mises à notre disposition à l'entrée du magasin, en face de la banque d'accueil (figure ci-après). Nous avons interpellé les visiteurs du magasin au moment où ils y entraient. Mis à part un salarié du magasin LEROY MERLIN qui s'est prêté à notre enquête car il avait un projet de modification de son habitat, nous avons interpellé des personnes sans savoir si elles planifiaient des travaux ou non.

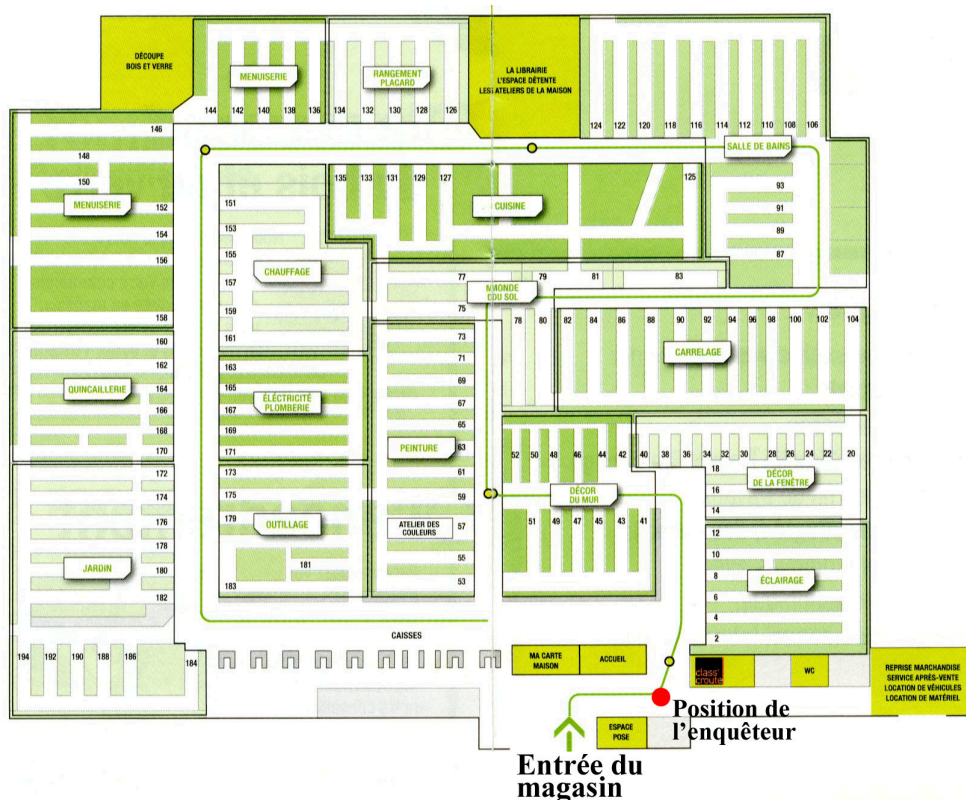


Figure 17. Position de l'enquêteur sur le plan général du magasin

Nous avons rapidement remarqué que notre position dans un lieu de vente rendait difficile le contact avec les clients qui redoutaient une démarche à des fins commerciales. Toutefois, une fois la discussion enclenchée et les objectifs expliqués, les enquêtés se sont avérés intéressés et impliqués, révélant parfois des détails très personnels de leur manière de vivre dans leur habitat.

4.3.2 Mise en œuvre et adaptation du protocole

Les premiers entretiens ont donné lieu à des adaptations du protocole d'enquête. Ainsi, il est apparu que l'introduction était trop longue et la parole donnée trop tardivement aux enquêtés, qui se demandaient alors où l'enquêteur souhaitait en venir et craignaient de devoir y passer trop de temps. Pour passer outre cette difficulté, nous avons demandé aux enquêtés très rapidement leur point de vue sur la lumière, le soleil et les ambiances lumineuses dans la maison, à partir de la première planche présentant les plans de la maison. Nous entrions alors directement dans le sujet et la transition était toute trouvée pour passer aux planches suivantes permettant ainsi de vérifier le premier *a priori* que l'enquêté a pu avoir.

Une autre adaptation a été de modifier l'ordre de présentation des planches en inversant celle portant sur le FLJ et celle sur la luminance. De cette manière, nous restions sur les premières planches avec des vues en plan avant de passer aux deux dernières : luminance et images photoréalistes qui sont des vues dans l'espace. La compréhension de la luminance s'en est trouvée facilitée.

4.3.3 Remarques méthodologiques

Si notre objectif était clair, à savoir évaluer la compréhension d'un ensemble d'images, il semblait évident que la question ne pouvait être posée aux enquêtés sous cette forme. En effet, tous les praticiens des méthodes d'enquêtes reconnaissent la tendance générale des enquêtés, quels qu'ils soient, à répondre de manière positive à une question. Ainsi, il était important d'établir un dialogue avec l'enquêté pour atteindre notre objectif.

Il a été ainsi inattendu de constater que le sujet de notre étude intéressait peu les personnes que nous interpellions. En effet, les clients du magasin qui, avant d'accepter de participer à l'enquête, ont demandé d'en savoir davantage sur le sujet de l'enquête, ont systématiquement refusé. Sans avoir d'explication argumentée à présenter, nous pouvons faire l'hypothèse que les habitants ne pensent pas avoir quelque chose à dire sur la manière dont ils vivent avec le soleil et la lumière naturelle dans leur habitat. Ce sujet peut leur paraître assez banal et ils sous-estiment ce qu'ils ont à y apporter.

Par ailleurs, les planches supplémentaires que nous avons préparées (taches solaires et luminances à des heures complémentaires) dans le but d'approfondir une éventuelle demande d'un enquêté ou une remarque, n'ont pas été utiles. Cela peut s'expliquer de plusieurs manières et la première serait le temps dédié à l'enquête. En effet, les enquêtes se déroulaient sur environ 30-35 minutes en moyenne, ce qui ne laissait pas le temps d'entrer dans le détail de toutes les images, mais seulement d'établir un dialogue suffisamment riche. Une autre explication serait la capacité limitée de concentration et de compétences pour commencer une étude comparative d'une série d'images. En effet, nous étions situés dans l'entrée d'un magasin, un lieu de passage aux nombreux allers retours et bruyant. Toutefois, les premières images étaient suffisantes pour aborder les thèmes souhaités.

4.4 Interprétation des résultats

4.4.1 Valeurs du rayonnement lumineux : les dimensions sensibles s'imposent par rapport aux dimensions techniques

Faire référence au vécu pour parler de la lumière et du soleil

Lors des entretiens, il est apparu rapidement que les personnes interrogées sont amenées à parler de leur propre expérience pour s'expliquer les images que nous leur présentions. C'est le cas particulièrement pour la planche des durées d'ensoleillement où l'on voit nettement les taches solaires entrer très profondément dans la pièce principale en hiver et très peu l'été à la même heure. Beaucoup parmi les enquêtés ont d'abord exprimé leur étonnement avant de s'expliquer par eux-mêmes qu'en effet, chez eux, la tache solaire d'hiver éclairait par exemple la table de la salle à manger, alors qu'en été, elle n'éclairait que le sol et d'en déduire que « *c'est vrai, le soleil est plus bas l'hiver* ».

Faire appel au vécu, sensibiliser l'expérience personnelle du chez-soi que l'on connaît si bien, entraîne une meilleure compréhension des phénomènes et, par là, des images qui les représentent. De la même manière, dans les projets que nous avons suivis auprès de concepteurs, les habitants faisaient référence à leur vécu du lieu pour vérifier l'emprise des taches solaires suivant les saisons.

Cette mobilisation des expériences passées explique que 26 personnes sur les 29 interrogées ont abordé la dimension sensible du rayonnement lumineux. C'est la catégorie qui a été le plus souvent abordée par les enquêtés. Ainsi, les enquêtés ont cherché et trouvé dans leur vécu l'équivalent de ce que l'image leur apportait comme information. Les habitants s'appuient sur ce qu'ils connaissent le mieux, leurs propres observations, pour s'expliquer l'information que nous leur avons apportée.

Agir sur son environnement lumineux pour l'adapter à ses besoins

Sur les 29 personnes interrogées, 16 ont fait part d'éléments de confort ou d'inconfort liés au rayonnement. Dans la majorité des cas, cela s'est traduit par une action ou un comportement de l'habitant chez lui. Ainsi par exemple, l'absence de lumière naturelle dans un couloir aveugle fait naître le réflexe de laisser la porte d'une autre pièce entrouverte. L'habitant corrige un manque ou un défaut d'éclairage en agissant sur son environnement ce qui lui fait dire, dans la majorité des cas, qu'il suffit de « *baisser les volets* », « *tirer les rideaux* », « *installer un store banne* », « *laisser la porte de la chambre ouverte* », « *peindre les murs de couleur claire* », « *changer la porte pour qu'elle ait un hublot* », « *coller un film sur les vitrages* ». Il agit sur les éléments qui sont à sa portée pour moduler son environnement. Une des personnes insiste sur l'importance de cette part de liberté laissée à l'habitant. Cela tient, selon elle, de l'intimité de chacun.

Les nuisances qu'apporterait le rayonnement dans le lieu de vie concernent davantage les objets personnels. 4 personnes sur 29 ont mentionné la nécessité pour eux de protéger leur intérieur du rayonnement solaire pour préserver leur mobilier. Il semble que la lumière est appréciée mais un système défensif est dressé contre le soleil et son rayonnement jugé nuisible. Le discours des enquêtés laisse supposer qu'ils souhaitent un intérieur clair et lumineux mais pas nécessairement très ensoleillé. Nous n'avons pas établi de profils sociologiques des personnes que nous avons interrogées ; toutefois, il nous

semble que les enquêtés ayant abordé ce problème de nuisances sont des personnes de plus de 60 ans qui détiennent des meubles cirés en bois, d'où cette inquiétude quant aux effets du rayonnement.

Loin des préoccupations environnementales

On observe peu de réactions des enquêtés par rapport aux problématiques environnementales liées à l'ensoleillement et à la lumière naturelle, comme par exemple les besoins en éclairage, les apports solaires gratuits en hiver, ou la protection des surchauffes en été pour éviter le recours à la climatisation. La seule exception est un couple qui en parle longuement. Ce sujet les intéresse en effet car ils ont été confrontés à un problème de réglage de l'éclairage public dans les villages de leur commune, dans une perspective d'économie d'énergie et de protection de l'environnement nocturne.

Pour toutes les autres personnes interrogées, les préoccupations environnementales pouvaient être indirectement mentionnées à travers une recherche implicite d'apports de chaleur en hiver, ou par le fait d'éviter d'avoir recours à l'éclairage artificiel. Ces éléments sont mentionnés mais peu développés. La question environnementale n'est donc pas abordée dans notre enquête sur la lumière et la maison, sauf lorsque l'enquêteur la suscite.

La lumière apporte de l'air

Les pièces pourvues d'un faible éclairage naturel ou même aveugles comme le garage, les sanitaires ou le couloir qui dessert les chambres, divisent nettement les enquêtés. D'un côté, il y a ceux qui disent que « ça n'aurait pas pu être autrement », que « c'est souvent le cas », qu'« il faut bien desservir les chambres » ; de l'autre côté, il y a ceux qui souhaitent à tout prix une ouverture dans le garage ou dans les sanitaires, pour l'éclairage mais aussi et surtout pour l'aération et le contact avec l'air extérieur, pour « pouvoir ouvrir ».

Par ailleurs, dans les discours des enquêtés, la lumière est liée à plusieurs reprises à la clarté, à la sensation d'espace et de transparence. Sur la dernière image de la vue intérieure, différents habitants aux profils variés nous ont répondu que la pièce semblait s'être comme allégée, clarifiée grâce à la circulation de la lumière dans l'espace. Selon eux, cette impression est accentuée par le fait que le mobilier choisi soit transparent et léger. Ainsi, il n'a pas été rare que l'exclamation « c'est plus lumineux ! » soit accompagnée de « c'est plus aéré ! ».

4.4.2 Compréhension des phénomènes : des interrogations et quelques intuitions de conception

Les luminances sont peu parlantes et paradoxales

Les images proposées ont suscité des interrogations et des réflexions quant aux phénomènes représentés. Certaines images plus que d'autres : ainsi les images des luminances, avec leurs fausses couleurs, ne sont pas bien comprises car peu lisibles. Elles ont peu suscité de réflexions ou de remarques car il semble que ce qu'elles expriment ne soit pas facilement accessible.

De plus, on a noté un problème de lisibilité des images de luminance : la position de l'observateur dans l'image reste la même mais la pièce est agrandie et les taches rouges se déplacent au fond de la pièce. L'image après extension paraît donc moins rouge et les enquêtés en sont déroutés. En effet, intuitivement, il leur semble que la pièce sera plus lumineuse après extension, c'est pourquoi ils s'attendent à une image plus rouge. Dans ce cas, ils ont fait appel à l'enquêteur pour obtenir une explication.

Cette situation est assez paradoxale car la luminance est le phénomène représenté le plus proche de la sensation lumineuse ressentie en situation réelle. Autrement dit, la luminance est techniquement le paramètre le plus intéressant pour qualifier l'ambiance lumineuse de l'espace éclairé. Sa présentation en fausses couleurs et en vue 3D rend cependant son interprétation plus complexe que celle des autres indicateurs.

Les effets de la lumière sont liés aux dispositifs d'ouverture

Certaines personnes interrogées lient les dispositifs spatiaux avec les effets de lumière. Par exemple, une personne indique qu'en multipliant la surface de vitrage par trois, cela permet d'avoir « trois fois plus de lumière ». Pour une autre personne, la façade sud-ouest permet d'apporter davantage de lumière, parce qu'elle est disposée en biais par rapport à la façade principale, et non perpendiculairement. La personne propose alors de mettre également en biais l'autre façade de l'extension.

9 personnes sur 29 ont remis en cause les plans de la maison qui leur ont été proposés en se mettant à la place du concepteur. Ils basent leurs réflexions sur leur propre expérience et sur leurs intuitions, sans toujours pouvoir les expliquer.

Peu d'interrogation sur les rapports entre intérieur et extérieur

Les images n'ont pas ou peu engendré de questionnement sur ce que les ouvertures donnaient à voir de l'environnement extérieur de la maison. Seules quelques personnes se sont interrogées sur la gestion de l'intimité par rapport au voisinage, ou bien sur la relation possible avec le jardin. L'environnement autour de la maison n'était pas présenté dans les images, seule son orientation permettait de l'implanter. Même si les enquêtés n'ont pas fait part de leurs interrogations concernant l'environnement de la maison, certains d'entre eux ont pourtant expliqué le contexte d'implantation de leur propre habitat lorsqu'ils étaient amenés à en parler. Ils ont donc jugé qu'il était important de transmettre à l'enquêteur les éléments contextuels pour aborder la question de la lumière chez eux. Ils savent que cela joue un rôle.

Nous pouvons alors nous demander s'il s'agit d'un manque de projection de la part des enquêtés dans les images qui leur sont présentées. Ils ne s'imaginent pas à l'intérieur des espaces de la maison mais conservent une vision en plan, qui se limite aux murs d'enceinte de la maison. Une représentation plus explicite de l'environnement dans les planches présentées aurait peut-être modifié cette perception.

4.4.3 Compréhension des images : des difficultés pour les représentations non réalistes

Une compréhension inégale selon les types d'images

L'échantillon de personnes interrogées n'étant pas représentatif, nous ne pouvons pas tirer de conclusions trop hâtives. L'enquête permet tout de même d'avancer l'hypothèse que certaines images sont plus difficiles à lire, et donc à analyser, pour en tirer des conclusions. La représentation photoréaliste était la seule image qui ne nécessitait pas de présentation de la part de l'enquêteur. La plupart des personnes ont manifesté leur soulagement de voir une image moins technique, qui donne plus envie. Une personne en revanche a exprimé sa réticence par rapport à ce type d'image jugée trop séduisante et peut-être non fiable.

Selon nos observations, on peut proposer une échelle d'ordre de compréhension des images du plus facile au moins facile : comme on l'a vu, la vue intérieure photoréaliste n'a pas posé de difficultés de compréhension ainsi que les durées d'ensoleillement avec toutefois une précaution à apporter sur la relation entre chaleur et soleil, les deux étant facilement confondus. Les images représentant les taches solaires ont posé question mais étaient comprises après explication, tandis que celles représentant la luminance n'ont pas souvent été approfondies. Les plans présentés aux débuts de l'entretien n'ont pas posé de difficultés de compréhension, les enquêtés s'y référant pour mieux comprendre les images suivantes.

Les connotations liées aux couleurs provoquent des amalgames

La compréhension des images ne peut échapper à la question des connotations liées aux codes de couleurs utilisés. Lorsque nous avons produit les images, nous avons fait le choix d'utiliser les couleurs habituelles chaudes et froides en rouge et bleu. En effet, la couleur rouge dans les durées d'ensoleillement est systématiquement associée à la chaleur. En revanche, pour la luminance, la couleur rouge imposée par l'outil de simulation utilisé (sans possibilité de la modifier) ne traduit pas un risque de surchauffe mais plutôt d'éblouissement. Nous pouvons faire l'hypothèse que cela n'a facilité la compréhension déjà difficile de ce phénomène.

Une plus grande projection personnelle dans l'image photoréaliste

La dernière image de la vue intérieure est perçue comme plus concrète, plus séduisante, plus « vendeuse ». Les vues intérieures se passent de commentaire. Nous sommes partis de l'hypothèse que cette image était plus facile à comprendre, c'est pourquoi elle était présentée en dernier. Une seule personne sur les 29 interrogées a tenu un discours légèrement réfractaire à ce type d'image en affirmant qu'elle pouvait être trompeuse et manipulatrice. Les autres personnes ont apprécié son caractère moins technique et facilement compréhensible par rapport aux images précédentes.

Cette image a également permis de soulever des problématiques non abordées dans les images précédentes. En effet, la vue photoréaliste des espaces intérieurs permet aux enquêtés de s'imaginer plus facilement l'espace, en se projetant personnellement dans la maison représentée, avec leur propre mode de vie, leurs goûts, leurs habitudes. Ainsi, la vue vers l'extérieur, la relation avec les voisins et la gestion de l'intimité (présence de volets, rideaux, végétation-écran), ont été approfondies à partir de cette image. L'effet

du mobilier choisi sur la perception lumineuse de l'espace a également fait l'objet de discussions prenant appui sur cette même image. Les vues en plan présentées auparavant ou même la vue en perspective en fausses couleurs pour la luminance, n'ont pas fait autant émerger ce type de discours qui a replacé directement l'enquêté dans son statut d'habitant.

5. Discussion et perspectives de recherche

5.1 Quelques constats et propositions

5.1.1 Sur la place du rayonnement lumineux dans les projets d'extension

Par le suivi de projets d'extensions de maison individuelles, nous avons vu que la demande des maîtres d'ouvrage et futurs habitants est le plus souvent formulée en termes d'usages pour déterminer les surfaces des pièces. Les qualités d'ambiances des espaces, y compris les ambiances lumineuses, ne sont pas directement énoncées dans la demande initiale. Il est apparu dans les quelques exemples présentés que la question des ambiances projetées tient du rôle des professionnels.

On a pu remarquer que si les habitants se prononcent avec difficulté sur leurs souhaits en matière d'ambiances lumineuses dans le projet d'extension, ils savent en revanche très précisément communiquer leurs constats sur l'existant. En effet, leur vécu dans cet espace personnel, leur « chez soi », leur permettait de savoir par exemple jusqu'où le soleil pénètre dans la salle à manger en hiver et inversement, où il s'arrête en été. Ils savent également juger du niveau d'éclairage naturel en fonction des usages de chaque pièce. Ils émettent des hypothèses ou des conclusions quant à la capacité des matériaux à réfléchir la lumière ou à donner une impression de clarté dans leur cuisine ou dans leur salle de bain.

Ainsi, dans les exemples de projets d'extensions de maisons individuelles que nous avons suivis, la dimension sensible de la lumière représente le contenu principal du discours des habitants sur le rayonnement. La dimension énergétique n'est pas formulée par les maîtres d'ouvrage. Elle apparaît en filigrane chez les professionnels lorsque le projet se dessine et qu'ils abordent le problème de la protection des ouvertures et de l'orientation de l'extension, bien que celle-ci dépende en premier lieu, comme on a pu le voir, des contraintes de site, de la réglementation et des usages intérieurs de la maison existante.

Cette dimension énergétique a été abordée à quelques occasions dans nos enquêtes, à propos par exemple du fait d'allumer l'éclairage artificiel dans les pièces aveugles. Toutefois, les enquêtés ne l'expriment pas directement. Les calories récupérées par le soleil en apports passifs l'hiver ne font pas l'objet de remarques prégnantes. Les habitants vivent dans leur logement et s'adaptent en agissant, à leur portée, sur leur environnement lumineux. En effet, plusieurs d'entre eux, nous ont fait la remarque qu'il suffisait d'ouvrir les fenêtres le matin lorsqu'il faisait trop chaud et de fermer les volets dans la journée, sans émettre l'idée d'une protection extérieure horizontale dimensionnée pour éviter les surchauffes en été. Comme pour le contrôle du niveau lumineux, ce comportement est admis par les habitants et il n'est pas remis en cause au moment de la conception du projet.

Ainsi, on peut noter une forme de fatalisme dans leurs discours qui se traduit par la sensation exprimée de subir sans pouvoir agir pour modifier l'environnement lumineux. Ils sont bien sûr actifs pour pallier à un manque de lumière ou un apport solaire trop important mais cela comporte des limites. Par exemple, le couloir aveugle desservant les chambres n'était pas jugé comme un problème de conception mais plutôt comme un fait admis et non discuté car il est courant que les pièces de distribution soient aveugles, même si la maison présentée avait la possibilité de s'ouvrir sur toutes ses façades. Le manque de lumière est alors résolu selon eux par un éclairage artificiel ou en laissant la porte d'une chambre ou de la salle de bain entrouverte, bien que ces pièces intimes demandent généralement à être isolées. Il nous a semblé important de rappeler par cet exemple que les habitants restent dans leur position d'habitant et ne se substituent pas à un concepteur.

5.1.2 Sur la pertinence des images de simulations lumineuses et solaires

Avant toute chose, il faut noter que les habitants que nous avons interrogés n'avaient jamais eu à lire, ni à s'exprimer sur, ce type d'images. C'est donc une expérience nouvelle qui leur a été proposée. Ils ont vu les images qui leur ont été montrées avec leur regard d'habitants, en imaginant quels pourraient être leurs comportements dans la maison étudiée : fermer les volets ou les rideaux, allumer ou éteindre l'éclairage artificiel, inverser la position des meubles du salon et de la salle à manger, laisser les portes ouvertes pour éclairer les pièces aveugles... sans se placer dans une démarche de discussion en vue de la conception de la maison. Toutefois, certains habitants ont émis des remarques sur la conception de la maison en déduisant eux-mêmes des conclusions intéressantes à partir des analyses lumineuses.

Dans les projets suivis, il n'y a pas eu de production d'images d'analyse lumineuse, ni intuitive (une vue crayonnée de la distribution de la lumière et des ombres), ni technique, au moyen d'outils de simulation numérique par exemple. La seule représentation des effets de la lumière est celle des ombres portées, dans une direction quelconque, et dont le rôle est de rendre lisible les volumes projetés plutôt que d'évaluer les conséquences des choix d'aménagement effectués. Les concepteurs s'appuient sur leurs observations *in situ* et sur le dialogue avec les habitants pour en déduire les besoins en lumière et leurs éventuels effets thermiques.

Ainsi, malgré les enjeux que représente le rayonnement dans les projets d'extensions de maisons individuelles, l'échelle réduite de la construction n'engage pas les professionnels vers des études lumineuses ou thermiques approfondies. Et si, en tant que personnes d'expérience, leur intuition s'avère souvent fiable, des situations peuvent nécessiter des corrections *a posteriori* qui auraient pu être évitées, comme par exemple les surchauffes estivales dues à la réflexion importante d'un bardage métallique.

Comme on l'a vu dans la phase de suivi de projets, les habitants font appel à leur vécu pour s'exprimer sur la lumière et plus particulièrement pour s'expliquer les phénomènes que nous leur présentons. Par exemple, leur première réaction concernant les images de durées d'ensoleillement est la surprise de constater qu'en hiver les taches solaires sont plus grandes alors que c'est en été qu'ils ont le plus chaud et donc qu'il devrait y avoir « plus de soleil »... Cependant, ils font appel à leur mémoire et se rappellent qu'en effet, en hiver, les rayons du soleil éclairent entièrement la table de la salle à manger alors

qu'en été, ce sont uniquement les deux chaises les plus proches du vitrage qui reçoivent le soleil. Ceci explique que la dimension sensible dans leur discours est prépondérante. Les images viennent alors raviver des souvenirs sensibles et des éléments de connaissance intime du logement, qui n'auraient peut-être pas été soulevés sinon.

Concernant la compréhension des phénomènes, les habitants consultés semblent avoir compris les informations contenues dans les images accompagnées du discours de l'enquêteur et comme nous l'avons vu, trouver eux-mêmes une explication aux phénomènes en faisant appel à leur vécu personnel. Néanmoins, certaines images font plus ou moins écho à leurs expériences : la luminance trouve peu d'équivalent dans leur vécu tandis que l'image photoréaliste permet de faire émerger un discours sur ce qui se passe au-delà de la maison et de son extension : les masques potentiels du voisinage, les vues vers l'extérieur ou encore les protections des ouvertures, en facilitant la projection de l'habitant dans l'espace.

5.1.3 Sur l'adaptation des outils aux maîtres d'ouvrage particuliers

Comme nous l'avons observé, les outils disponibles pour produire des analyses lumineuses dans les constructions sont nombreux, mais le plus souvent dédiés à une ingénierie technique réservée aux professionnels possédant de bonnes connaissances des phénomènes représentés. L'interprétation des résultats est délicate pour nombre des outils cités. Toutefois, certains outils à caractère pédagogique proposent des interfaces facilement compréhensibles et avenantes pour accompagner l'utilisateur dans ses simulations. Les constats précédents nous amènent vers des propositions pratiques qui pourraient s'avérer utiles pour l'adaptation de ces outils aux maîtres d'ouvrage particuliers, dans le cas de projets modestes comme l'extension d'une maison individuelle.

→ **Représenter l'existant et faire parler les habitants sur ses qualités lumineuses** : la position des taches solaires, les zones lumineuses et sombres, les usages en fonction de la lumière, les manières de s'affranchir des problèmes éventuels comme les surchauffes estivales, le manque de lumière dans un couloir, l'intimité d'une pièce, etc. Il semble que cette phase soit essentielle pour mobiliser toute la compétence de l'habitant et faire ressortir ses stratégies d'habitat. Représenter l'environnement extérieur à la maison est également un élément important pour déclencher la réflexion sur les articulations entre le dedans et le dehors.

→ **Anticiper les effets du projet d'extension sur l'ensemble de la maison**. Il est important de considérer la maison dans sa globalité et tenter de faire émerger, à partir des situations connues de l'existant, les situations nouvelles qui vont être créées par l'extension : plus ou moins de lumière dans certains espaces, plus ou moins de soleil devant telle ouverture, etc. La mise en évidence de ces éléments doit permettre de discuter plus finement les usages dévolus aux différentes pièces de la maison modifiée. Les conflits éventuels entre usages et rayonnement peuvent être révélés à cette étape : trop de lumière pour voir correctement la télévision ou l'écran de l'ordinateur, pas assez de lumière en hiver pour placer une table de salle à manger, trop de soleil en été pour se sentir confortable dans ce salon, etc.

→ **Saisonnaliser l'expérience** en mettant en parallèle les situations d'hiver et d'été, et lorsque cela fait sens, les situations de mi saison, notamment pour l'ensoleillement. Les habitants comprennent les effets différenciés du soleil selon la saison et savent re-

pérer des phénomènes saisonniers particuliers, comme l'entrée profonde du soleil, indiquée par tel meuble, en hiver, et la protection éventuelle en été.

→ **Utiliser des vues intérieures immersives en plus des vues techniques.** Les architectes et concepteurs suivis dans la première phase d'enquête utilisent les vues 3D le plus souvent pour montrer les volumes extérieurs de la maison, pour aider à comprendre l'agencement des volumes, ou comment une extensions projetée vient se greffer sur le bâtiment existant. L'enquête a montré que les vues immersives permettent une meilleure appropriation des résultats. Il semble ainsi important d'éviter les vues en plans qui limitent la réflexion aux murs de la maison et amoindrit l'importance du contexte. Il est nécessaire de replacer l'habitant dans sa position d'habitant, d'ajouter des meubles si nécessaires, et de projeter la vue à l'extérieur de la maison.

→ **Ne pas s'éloigner des codes de couleurs traditionnels** : rouge égale chaud et bleu égale froid, vert égale « bon » et orange ou rouge égalent « moins bon », etc. Pour faciliter l'appropriation des résultats, il apparaît essentiel de ne pas diverger de ces codes de couleurs parfaitement connus et assimilés.

5.1.4 Sur l'intérêt de la mise en œuvre d'outils mobiles

Les outils numériques mobiles, smartphones et tablettes, sont aujourd'hui en plein essor. Ils offrent des interfaces ludiques et pratiques pour effectuer les actions courantes de la vie numérique (relever ses courriels, visiter des sites web, profiter des réseaux sociaux), ils permettent de jouer et de se divertir par l'accès à de multiples contenus (vidéos, musique), mais ils sont aussi des outils de travail déployés dans de nombreuses occasions.

Nous pensons qu'il y aurait un intérêt à la mise en œuvre d'outils mobiles pour déployer des outils spécifiques d'aide aux particuliers dans leurs projets d'extension de maisons. Un même outil peut en effet répondre aux différents enjeux soulevés dans les paragraphes précédents. Une tablette tactile peut ainsi permettre de représenter l'état existant et d'y insérer des notes relatives à la lumière et au soleil tels qu'ils sont vécus par les habitants. Par exemple, une solution de photo annotée peut être facilement développée. Elle permettrait de partager des situations courante de la maison à partir de photographies faciles à réaliser avec la tablette elle-même, et de notes rapides sur ces images, comme par exemple : « le soleil arrive ici en hiver » ou encore : « cette partie de la cuisine est un peu sombre le matin ». Ce carnet de notes peut être organisé de manière à inciter les acteurs du projet à rendre explicites des remarques sur la lumière et l'ensoleillement. Il peut être rendu disponible aux particuliers lors d'un premier contact avec un professionnel, de manière à permettre de faire émerger des notes d'ambiances qui, sans ce support, seraient restées silencieuses.

Le même outil tablette peut également être le moyen le plus simple pour effectuer des relevés géométriques de l'état de l'existant et d'y ajouter des propositions de projets d'extension. Des recherches passées ont montré que les logiciels dédiés à la modélisation 3D pour les particuliers sont utilisés comme médiateurs auprès des professionnels, pour faciliter l'expression des attentes et désirs des futurs habitants (cf. § 2.1.7). Plusieurs solutions équivalentes sont maintenant développées pour les tablettes tactiles (figure ci-après), permettant aux particuliers de représenter leur maison mais aussi de produire des vues immersives, d'ajouter des meubles, des textures, tous éléments dont

on a vu qu'ils aident à se projeter dans un environnement non construit. Il est évident que ces outils sont appelés à se démocratiser rapidement.



Figure 18. Une image publicitaire pour un logiciel de modélisation 3D pour particulier disponible sur tablette (Home Design 3D pour iPad)

Les tablettes sont également un outil intéressant par leur facilité de transport. Contrairement aux logiciels fixes sur ordinateur de bureau, qui obligent à produire des images statiques d'un processus de réflexion en cours, les tablettes peuvent facilement être transportées partout dans la maison, mais aussi dans les bureaux d'un architecte ou d'un constructeur, ou dans un magasin spécialisé pour demander conseil. Les tablettes permettent ainsi de suivre le cours de la pensée et n'obligent pas les particuliers à produire des plans ou des images abstraites avec lesquelles ils ne se sentiraient pas très à l'aise. Elles autorisent les acteurs à discuter du projet autour d'images immersives, de plans et de notes diverses, qui peuvent être complétées et enrichies au cours même de la discussion.

Un autre argument des tablettes est bien évidemment leur connectivité. Sous réserve d'une connexion sans fil de type wifi ou 3G, elles permettent d'accéder facilement à toutes les ressources d'internet. La combinaison des outils mobiles et des applications web nous semble être une piste intéressante, permettant de s'affranchir des contraintes imposées par un logiciel spécifique. Les efforts faits par certaines enseignes de vente de meuble pour proposer des « configurateurs en ligne » pour les cuisines notamment, directement dans un navigateur web, incite à penser que cette voie est prometteuse. D'un autre côté, le développement d'outils d'aide personnelle « intelligents » accessibles en ligne laisse également penser à des solutions d'intelligence artificielle déportée sur des serveurs, et capable de suggérer des réponses pertinentes à des problèmes de conception courants. Ce type d'intelligence déportée, couplée avec un outil mobile, pourrait permettre de détecter des situations connues pouvant poser problème : des risques de

surchauffes ou d'inconfort devant un écran par exemple, ou au contraire des zones trop sombres et jamais ensoleillées.

Enfin, les tablettes sont des ordinateurs comme les autres et peuvent faire fonctionner des logiciels de simulation solaire ou lumineuse, pour peu qu'on les adapte à cet environnement spécifique. Ainsi, les outils d'ingénierie pourraient trouver des débouchés nouveaux, dans des versions adaptées au grand public. L'interaction de ces outils avec les logiciels de modélisation 3D cités plus haut, les carnets de photographies et de notes également mentionnés, ou encore les services web, offrirait bien entendu un ensemble de possibilités très riches dans la perspective d'articuler la dimension énergétique et les qualités sensibles des flux lumineux dans les projets d'extension de maisons.

5.1 Perspectives de recherche

Le suivi de projets d'extensions de maisons individuelles auprès de professionnels et les enquêtes réalisées auprès de clients d'un magasin LEROY MERLIN, ont constitué des démarches exploratoires non exhaustives. Rappelons en effet que notre étude s'est déroulée sur 11 mois à raison de 2 jours par semaine soit un équivalent temps plein de 4,5 mois de recherche. Des approfondissements sont nécessaires pour statuer sur la pertinence des constats réalisés et des pistes ouvertes.

Le premier approfondissement serait bien sûr le suivi de plusieurs projets d'extensions de maisons individuelles en cours. Le choix des projets pourrait être fait en fonction des typologies d'extensions de maison individuelle, surélévation, extension sur jardin, ou extension latérale en mitoyenneté par exemple. Il devrait également tenir compte des différentes approches offertes par les nombreux professionnels du marché des maisons individuelles, constructeurs, entreprises générales, architectes, etc.

Il serait également pertinent de trouver des professionnels qui utilisent des outils d'analyse lumineuse, et d'évaluer l'apport de ces outils dans la conception et la compréhension de ces questions auprès des habitants. En effet, nous avons interrogé des clients du magasin LEROY MERLIN sur une maison qui n'était pas la leur. Nous pouvons imaginer que l'implication ne serait pas la même s'il s'agissait de leur propre projet avec la connaissance qu'ils ont des lieux qu'ils habitent.

L'analyse de la compréhension des images de simulation est un autre point nécessitant une approche plus systématique que celle que nous avons menée. Il faudrait produire un plus grand éventail d'images et évaluer leur compréhension à travers des enquêtes plus calibrées, en fonction notamment du type d'interlocuteur. Là encore, l'investigation demande du temps, à la fois pour la préparation des supports d'enquête et pour le choix des enquêtés.

Il serait également intéressant d'expérimenter de nouvelles formes de restitution des images de simulation. Il serait ainsi particulièrement motivant de travailler avec des artistes, des spécialistes de communication visuelle et de sémiologie graphique, pour expérimenter des restitutions graphiques novatrices d'ambiances lumineuses. De manière générale, les images produites par les logiciels de simulation sont des productions d'ingénieurs et d'informaticiens, qui sont réalisées dans les canons habituels des logiciels techniques pour les bureaux d'études. Rien n'interdit de repenser ces modes de

figuration, pour proposer des images plus faciles d'accès, mais aussi plus à même de faciliter l'éveil de l'imaginaire lumineux personnel de chacun.

Comme on l'a vu, les possibilités offertes par les outils mobiles sont immenses et peu explorées. Une perspective de recherche très stimulante est ainsi posée. Elle conduirait à prototyper et expérimenter de nouveaux dispositifs sur tablette, pour la prise de notes, le relevé de l'existant, l'analyse de photos, la modélisation 3D, la simulation lumineuse, le recours à des conseils en ligne, le partage d'expérience via les réseaux, sociaux, etc. Ces différentes idées ne préjugent pas d'un outil unique polymorphe dédié à la lumière dans les maisons individuelles, mais elles ouvrent plutôt vers des manières nouvelles d'aborder cette question dans le projet, à l'instigation des futurs habitants, des concepteurs, ou d'intervenant tiers.

Bien entendu, comme on l'a répété en préambule de cette recherche, l'objectif n'est en aucun cas d'attendre des réponses de la part d'outils techniques. Au contraire, nous pensons que les outils proposés, simples d'accès, doivent être les déclencheurs d'une demande de service et d'expertise qui pourra être prise en charge par les différents professionnels intervenant dans le processus de construction. Dans le contexte d'une poursuite de la collaboration avec LEROY MERLIN, il serait intéressant d'expérimenter la capacité de déployer les outils et services mis en avant ici dans le contexte d'un magasin de bricolage, par des conseillers spécialement formés ou au travers des outils de promotion et de formation en place.

Différentes voies s'ouvrent pour concrétiser ces pistes de recherche. Elles peuvent en particulier passer par une réponse à un appel à projet de recherche de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) ou de l'ADEME. Elles peuvent également conduire à mettre en œuvre une recherche doctorale financée par une allocation de thèse classique, ou de manière plus judicieuse par un contrat de type CIFRE qui pourrait permettre au doctorant de mener la recherche en lien direct avec une entreprise.

6. Références bibliographiques

ANDERSON, M. « Un outil numérique au service de l'éclairage naturel, goniophotomètre bidirectionnel ». *Revue Tracés*, 2005, pp. 15-19

BABRON, E. ; JOANNE, P. ; MIGUET, F. et SIRET, D. *MEAMI. Maîtrise énergétique des ambiances des maisons individuelles : outils numériques pour les projets de transformation de maisons*. Rapport de recherche PUCA, 2010, 63 p.

BELLANGER, F. *Habitat(s). Questions et hypothèses sur l'évolution de l'habitat*. Paris : Editions de l'Aube, Société et Territoire. 228 p.

BRYAN, H. et AUTIF, S.M. "Lighting / Daylighting analysis". 2002 *Solar World Conference*, Reno (Nevada), 2002, 6 p.

CARRIER, K. et UBBELOHDE, S. "The Role of Daylighting in LEED Certification: A Comparative Evaluation of Documentation Methods". 2005 *Solar World Conference*, Orlando (Floride), 2005.

CHRISTAKOU, D.E. et AMORIM, C.N.D. "Daylighting simulation: comparison of softwares for architect's utilization". *Ninth International IBPSA Conference*, Montréal (Canada), 2005, pp. 183-190.

CHRISTAKOU, E. et SILVA, N. "A Comparison of Software for Architectural Simulation of Natural Light". *Advances in computer and information sciences and engineering*, Pays-Bas, 2008, pp. 136-141.

CHRISTAKOU, E. et SILVA, N. "A comparison of software for architectural simulation of natural light". *International Conference on Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, Dordrecht (Pays-Bas), 2007.

CREDOC. *Conditions de vie et aspirations des Français, quelques opinions et aspirations en matière de logement*. Paris : Ministère du Logement et de la Ville, 2008, 83 p.

CREDOC. *Etre propriétaire de sa maison : un rêve largement partagé, quelques risques ressentis*. 2004, 4 p.

CREDOC. *Les français et les qualités environnementales et sanitaires de leurs logements. Note de synthèse*, 2000, 6 p.

COLLINGTON, B. et STASZAK, J.-F. *Espaces domestiques*. Rosny-sous-Bois : Bréal, 2003, 447 p.

DARMON, O. *Archi pas chère, 20 extensions de maisons*. Rennes : Editions Ouest France, 2008, 143 p.

DEBARRE, A. « Maisons singulières ». In : COLLIGNON B. ET STASZAK J.F (dir.). *Espaces domestiques*. Rosny-sous-Bois : Editions Breal, 2003, pp 78-89.

- DEHAN, P. et DUQUESNE M. « Repenser le territoire de la maison », dans TAPIE, G. (dir.), *Maison individuelle, architecture, urbanité*. Paris : Editions de l'Aube, 2005, 251 p.
- DEL, A. « Logiciels grands publics de conception de maisons », dans TAPIE, G. (dir.). *Maison individuelle, architecture, urbanité*. Paris : Editions de l'Aube, 2005.
- DJEFAL, S. et EUGENE, S. *Etre propriétaire de sa maison, un rêve largement partagé, quelques risques ressentis*. CREDOC, 2004, 4 p.
- ELEB-VIDAL, M. ; CHATELET, A.-M. et MANDOUL, T. *Penser l'habité, le logement en questions*. Liège : Pierre Mardaga Editeur, 1988, 183 p.
- ELEB, M ; CHATELET, A.-M. ; GARCAS, J.-C. ; MANDOUL, T. et PRELORENZO, C. *L'habitation en projets, de la France à l'Europe*. Liège : Pierre Mardaga Editeur, 1990, 147 p.
- FERREIRA FRANCO, M. *Caractérisation des ambiances résidentielles*. Mémoire de DEA, Université de Nantes, Ecole d'architecture de Nantes, 2003, 147 p.
- LEE, J.; ANDERSEN, M.; SHENG, Y. & CUTLER, B. "Goal-based daylighting design using an interactive simulation method". BSO9: *Eleventh International IBPSA Conference*, Glasgow (Ecosse), 27-30 juillet 2009.
- LEROY MERLIN / CSA TMO. *Observatoire sur les valeurs de l'habitat français. Dossier de presse*, janvier 2001.
- MELT, *Les ambiances thermiques, lumineuses, sonores en architecture*. Paris : Ministère de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, 1989, 35 p.
- MAAMARI, F. *La Simulation numérique de l'éclairage, limites et potentialités*. Thèse de doctorat. Lyon : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004.
- MIGUET, F. *Paramètres physiques des ambiances architecturales : un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain*. Thèse de doctorat. Nantes : Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes et Ecole d'architecture de Nantes, 2000, 360 p.
- NAMIAS, O. « Quelle Alternative à la maison individuelle ? » *D'A*, n°146, mai 2005, pp. 23-34.
- OCHOA, C. E.; ARIES, M. B. et HENSEN, J. L. "State of the art in lighting simulation for building science: a literature review". *Journal of building performance simulation*, BPSA-NVL 2010 Event, Eindhoven (Pays-Bas), 14 octobre 2010, 2011, 58 p.
- OCHOA, C. E.; ARIES, M. B. et HENSEN, J. L. "Current perspectives on lighting simulation for building science". *BPSA-NVL 2010 Event*, Eindhoven (pays-Bas), 14 octobre 2010.
- PEUPORTIER, B. *Eco-conception des bâtiments, Bâtir en préservant l'environnement*. Paris : Les presses de l'Ecole des Mines, 2003, 276 p.
- REINHART, C. et BRETON, P.-F. "Experimental validation of 3DS MAX design 2009 and Daysim 3.0". *Eleventh International IBPSA Conference*, Glasgow (Ecosse), 27-30 juillet 2009.
- REPIQUET, J. *Extensions de maisons de ville et de banlieue*. Paris : Eyrolles, 2007, 143 p.
- RICHARDSON, P. *Maisons +, 40 idées d'extensions*. Paris : Editions Hoëbeke, 2008, 222 p.

RODRIGUEZ G. *Représentations et enjeux des ambiances de la maison individuelle périurbaine*. Thèse de doctorat. Nantes : Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, 2004, 224 p.

SIRET, D. ; RODRIGUEZ G. "Daylight at home: differences between developers and architectural competition houses". *PLEA 2006: the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Genève, Suisse, 6-8 Septembre 2006, 5 p.

SIRET, D. ; RODRIGUEZ G. *Evolution de la maison individuelle à travers le discours des petites annonces : une étude prospective*. Rapport final de recherche PUCA, 2006, 98 p.

SUBREMON, H. « Pour une intelligence énergétique : ou comment se libérer de l'emprise de la techniques sur les usages du logement ». *Métropolitiques*, 7 novembre 2012.

SUBREMON, H. *Anthropologie des usages de l'énergie dans l'habitat*. Lyon : PUCA, coll. Recherche, 2011, 70 p.

TAPIE, G. (dir.). *Maison individuelle, architecture, urbanité*. Paris : Editions de l'Aube, 2005, 251 p.

UBBELOHDE, S. "Comparative Evaluation of Four Daylighting Software Programs". *Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, ACEEE, 1998, pp. 3325-3340.

7. Table des figures

Figure 1.	Répartition des différents types d'extension de maisons individuelles.....	8
Figure 2.	Implantations d'extensions de maisons par rapport à la parcelle	9
Figure 3.	Projet d'extension de maison à Challans ; en haut : plan masse de l'existant ; en bas : volumétrie du projet, proposition retenue par les clients avec quelques modifications (pergola supprimée) ; dessins de l'architecte	21
Figure 4.	Projet d'extension à Nort-sur-Erdre, plan général ; dessin de l'architecte	23
Figure 5.	Projet d'extension à Nort-sur-Erdre, façades et vues perspectives ; dessins de l'architecte.....	25
Figure 6.	Projet d'extension par MACOBOIS, état existant (façade arrière, véranda et volume perpendiculaire à modifier)	26
Figure 7.	Extension préfabriquée en limite parcellaire ; en haut : volumétrie de la maison avec l'extension en rouge, vue de la façade sud-est ; en bas : vues intérieures du salon en rez-de-chaussée et de la chambre à l'étage.....	28
Figure 8.	Extension sur jardin ; en haut : volumétrie de la maison existante avec son extension en rouge, vue sur le patio ; en bas : vue extérieure et vue intérieure de la pièce de vie située dans l'extension	29
Figure 9.	Surélévation en milieu dense sauvegardé ; volumétrie avec la surélévation en rouge et l'ouverture créée au nord ; vue vers l'ouverture créée depuis la rue voisine.....	30
Figure 10.	Extension en mitoyenneté ; en haut : plan masse et volumétrie du projet avec l'extension en rouge ; en bas : vue de la baie exposée sud est, vue depuis une mezzanine intérieure vers le sud est, paroi en claire-voie sur la rue	31
Figure 11.	Planche des plans de la maison, avant/après extension.....	38
Figure 12.	Planche des taches solaires été/hiver, avant/après extension	39
Figure 13.	Planche des durées d'ensoleillement été/hiver, avant/après extension.....	40
Figure 14.	Planche des facteurs de lumière du jour, avant/après extension.....	41
Figure 15.	Planche des luminances dans la pièce de séjour, avant/après extension.....	42
Figure 16.	Planche des vues intérieures du séjour, avant/après extension.....	43
Figure 17.	Position de l'enquêteur sur le plan général du magasin	44
Figure 18.	Une image publicitaire pour un logiciel de modélisation 3D pour particulier disponible sur tablette (Home Design 3D pour iPad)	55

8. Table des matières

1. Introduction	5
2. Contexte général, objectifs et méthodologie de la recherche	7
2.1 Aspects et enjeux de la lumière naturelle dans les projets d'extension de maisons individuelles	7
2.1.1 Vivre en maison individuelle pour maîtriser son environnement	7
2.1.2 Agrandir sa maison pour adapter son habitat sans quitter ses voisins.....	8
2.1.3 Choisir un professionnel pour l'extension de sa maison individuelle	9
2.1.4 Adapter son projet aux multiples contraintes imposées sur l'extension	10
2.1.5 Maîtriser l'énergie de l'habitat	11
2.1.6 Faire entrer la lumière naturelle chez soi	12
2.1.7 Anticiper l'éclairage naturel dans les projets d'extensions de maisons individuelles	14
2.2 Nouveaux problèmes posés par la recherche d'outils et services pour la conception des ambiances lumineuses dans les projets d'extensions de maisons individuelles	15
2.3 Suivis de projets d'extensions de maisons individuelles et enquêtes auprès des clients d'un magasin Leroy merlin	17
3. Suivis de projets d'extensions de maisons individuelles	19
3.1 Attentes et méthodologie d'observation.....	19
3.2 Projet d'extension de maison à Challans, Vendée, architecte Stéphane Chabrol.....	20
3.2.1 Présentation de l'agence	20
3.2.2 Présentation du projet suivi	20
<i>Etat existant</i>	20
<i>Demande des clients</i>	20
<i>Proposition de l'architecte</i>	21
<i>Modes de représentation, outils utilisés</i>	22
3.3 Projet d'extension de maison à Nort-sur-Erdre, Loire-Atlantique, Architecte Jean-Jacques Germain	22
3.3.1 Présentation de l'agence	22

3.3.2	Présentation du projet.....	22
	<i>Etat existant</i>	22
	<i>Demande des clients</i>	22
	<i>Propositions de l'agence</i>	23
	<i>Modes de représentation, outils utilisés</i>	25
3.4	Entreprise MACOBOIS, Nantes, Loire-Atlantique.....	26
3.4.1	Présentation de l'entreprise.....	26
3.4.2	Présentation du projet.....	26
	<i>Etat existant</i>	26
	<i>Demande des clients</i>	27
	<i>Propositions de l'entreprise</i>	27
3.5	D'autres exemples.....	27
3.5.1	Extension préfabriquée en limite parcellaire, architecte Christophe Nogry.....	27
3.5.2	Extension sur jardin, architecte Magaye N'Diaye.....	29
3.5.3	Surélévation en milieu dense sauvegardé, architecte Michaël Neau.....	30
3.5.4	Extension en mitoyenneté, architecte David Juet.....	31
3.6	Résultats d'observations.....	32
3.7	Difficultés de l'approche.....	33
4.	Enquête auprès de clients d'un magasin Leroy-Merlin.....	35
4.1	Objectifs et protocole de l'enquête.....	35
4.1.1	Objectifs.....	35
4.1.2	Protocole d'enquête.....	36
4.2	Fabrication des images.....	37
4.2.1	Plan habité.....	37
4.2.2	Simulations d'exposition au soleil.....	38
	<i>Les tâches solaires</i>	38
	<i>Les durées d'ensoleillement</i>	39
4.2.3	Simulations lumineuses.....	40
	<i>Le facteur de lumière du jour</i>	41
	<i>La luminance des parois</i>	42
4.2.4	Images photoréalistes.....	43
4.3	Déroulement des enquêtes.....	44
4.3.1	Contexte pratique.....	44
4.3.2	Mise en œuvre et adaptation du protocole.....	45
4.3.3	Remarques méthodologiques.....	45
4.4	Interprétation des résultats.....	46

4.4.1	Valeurs du rayonnement lumineux : les dimensions sensibles s'imposent par rapport aux dimensions techniques	46
	<i>Faire référence au vécu pour parler de la lumière et du soleil.....</i>	46
	<i>Agir sur son environnement lumineux pour l'adapter à ses besoins.....</i>	46
	<i>Loin des préoccupations environnementales.....</i>	47
	<i>La lumière apporte de l'air</i>	47
4.4.2	Compréhension des phénomènes : des interrogations et quelques intuitions de conception	47
	<i>Les luminances sont peu parlantes et paradoxales</i>	47
	<i>Les effets de la lumière sont liés aux dispositifs d'ouverture.....</i>	48
	<i>Peu d'interrogation sur les rapports entre intérieur et extérieur</i>	48
4.4.3	Compréhension des images : des difficultés pour les représentations non réalistes.....	49
	<i>Une compréhension inégale selon les types d'images.....</i>	49
	<i>Les connotations liées aux couleurs provoquent des amalgames</i>	49
	<i>Une plus grande projection personnelle dans l'image photoréaliste</i>	49
5.	Discussion et perspectives de recherche	51
5.1	Quelques constats et propositions	51
5.1.1	Sur la place du rayonnement lumineux dans les projets d'extension	51
5.1.2	Sur la pertinence des images de simulations lumineuses et solaires	52
5.1.3	Sur l'adaptation des outils aux maîtres d'ouvrage particuliers	53
5.1.4	Sur l'intérêt de la mise en œuvre d'outils mobiles	54
5.1	Perspectives de recherche	56
6.	Références bibliographiques.....	59
7.	Table des figures.....	63
8.	Table des matières.....	65

