

4-720-890-EX-1

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Blida I
Institut d'architecture et d'urbanisme



Mémoire de master
Option : architecture et efficacité énergétique

Les outils d'aide à la conception des bâtiments à basse consommation énergétique en Algérie

Travail réalisé par :
BATACHE Lamia

Sous l'encadrement de :
M. SEMAHI SAMIR

Assister par:
M. MHAMDI Hichem

Devant un jury composé de :

Président : Dr. KHELIFI Lamia, maître de conférences à l'institut d'architecture à l'université de Blida.

Examineur : Mme MAACHI Ismahan, maître-assistant à l'institut d'architecture à l'université de Blida.

Année universitaire 2016-2017

REMERCIEMENTS

*Au nom d'ALLAH, le plus grand merci lui revient de m'avoir guidé vers le droit chemin, de m'avoir donné le courage et la patience tout au long de l'année de master2. J'adresse mon profond remerciement à mon promoteur **M. SEMAHI Samir** qui m'a suivi tout au long de l'année et qui m'a assisté dans l'avancement de mon projet de mémoire.*

*Ainsi, j'adresse mes remerciements les plus chaleureux à mon professeur **Mme Senouci** qui m'a suscité et motivé à faire ce master 2.*

Ce travail mérite d'être dédié aux êtres chers à mes yeux..

*J'offre ce travail à mes chers parents qui m'ont donné la vie et qui ont veillé au cours de ma scolarité avec cœur et âme, mes trois sœurs : **Sarah, Yasmine, Liza** et bien sur mon adorable petit frère **Azzedine..** et à toute ma famille.*

*Je remercie mes chères collègues de travail qui m'ont aidé dans le recueil d'informations à travers les questionnaires : **Naima, Fella et Amina***

*Un merci spécial à mon cher fiancé et mon futur mari « **Farouk** » qui m'a donné du courage et du soutien moral et matériel tout au long de mon parcours scolaire.*

*Je dédie ce travail à mes meilleurs amis qui m'ont soutenu : mes frères **Mohamed, Ishak et Mounir***

MERCI

RESUME

Quels sont les critères des outils d'aide à la conception du bâtiment à basse consommation énergétique au regard des attentes des architectes ?

Les démarches environnementales s'accompagnent de plus en plus d'approches et d'outils d'aide à la conception. Toutefois, ces savoir-faire techniques s'avèrent peu exploités dans les projets architecturaux. Partant de ce constat, notre recherche porte sur les outils d'aide à la conception architecturale d'un bâtiment à basse consommation énergétique. Ces derniers s'ajoutent aux savoir-faire des architectes, ils viennent aider les architectes à évaluer leurs conceptions énergétiquement dès l'esquisse avant sa réalisation.

Les outils d'aide à la conception et précisément ceux de simulation énergétique et thermique ne cessent de s'évoluer en fonction des besoins exprimés par les architectes.

Nous commençons par l'analyse des outils de simulation énergétique et thermique les plus utilisés, en faisant une étude comparative selon plusieurs critères. Ensuite on se rapprochera des architectes pour connaître leurs avis concernant les outils d'aide à la conception et pour cela on a décidé de faire une enquête en Algérie via un questionnaire qui sera élaboré en s'appuyant sur la problématique, les objectifs et les hypothèses.

La principale retombée de notre travail de recherche est de contribuer dans l'amélioration des outils d'aide à la conception architecturale en faisant des recommandations soit pour les anciens outils ou les outils futurs tout en cernant les attentes des architectes.

Mots clés : outil d'aide à la conception, simulation, bâtiment basse consommation énergétique, esquisse, Algérie.

ملخص :

ما هي معايير الأدوات التي تساعد في تصميم المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة مقارنة بتوقعات المهندسين المعماريين؟ ويرافق الخطوات البيئية المزيد والمزيد من النهج والأدوات للمساعدة في التصميم. غير أن هذه الدراية التقنية لا تستغل إلا قليلا في المشاريع المعمارية. وبناء على هذه الملاحظة، تركز أبحاثنا على أدوات التصميم المعماري للمبنى مع استهلاك منخفض للطاقة. يضيف هذا الأخير لخبرة المهندسين المعماريين، وأنها تساهم في مساعدة المهندسين المعماريين لتقييم الطاقة المستهلكة من قبل التصاميم من مراحلها الأولية قبل إنجازها.

تستمر أدوات الدعم لتصميم وتحديد تلك الخاصة بالمحاكاة الطاقوية و الحرارية في التطور بناء على الاحتياجات التي عبر عنها المهندسين المعماريين.

نبدأ من خلال تحليل أدوات المحاكاة الطاقوية والحرارية الأكثر استخداما، وبعدها نقوم بالمقارنة وفقا لعدة معايير. ثم سوف نقترّب من المهندسين المعماريين لمعرفة آرائهم بشأن أدوات المساعدة على التصميم ومن أجل ذلك قررنا إجراء تحقيق عن طريق استبيان في الجزائر الذي سيتم إعداده استنادا إلى الإشكالية المطروحة، الأهداف و الفرضيات.

والهدف الرئيسي من بحثنا هو المساهمة في تحسين أدوات دعم التصميم المعماري من خلال تقديم توصيات للأدوات القديمة أو الأدوات المستقبلية موازية لتوقعات المهندسين المعماريين.

الكلمات المفتاحية : الأدوات للمساعدة في التصميم، المحاكاة، مبنى مع استهلاك منخفض للطاقة، المراحل الأولية للتصميم، الجزائر.

ABSTRACT :

What are the criteria for tools to support the design of low-energy buildings in line with architects' expectations?

Environmental approaches are also accompanied by many design approaches and tools. However, knowledge of this technique is not much used in architectural projects. Based on this observation, we focus our research on finding tools that help with architectural design of the building with low energy consumption. With the expertise of architects, they come to help architects to evaluate their designs energetically from the sketch before its realization.

Tools that help design, especially those related to energy and thermal simulation, are constantly evolving, according to the needs that architects wanted.

We begin with the analysis of energy tools and thermal simulation most commonly used, by doing a comparative study according to several criteria. Then we approach to the architects to know their opinions on the design assistance tools and for that we decided to make an inquiry in Algeria through a survey which will be developed based on the problem, the objectives and the hypotheses.

The main impact of our research work is to contribute to the improvement of architectural design help tools making suggestions for old tools or future tools while identifying architects' expectations.

Key words: design help tool, simulation, low-energy buildings, sketch, Algeria.

TABLE DES MATIERES

- INTRODUCTION GENERALE	1
1- Préambule	1
2- Problématique.....	3
3- Hypothèses.....	4
4- Objectifs de la recherche.....	4
5- Méthodologie de recherche.....	4
6- Structure du mémoire.....	5
- Chapitre I : Etat de l'art	9
I.1.Processus d'un projet	10
I.1.1. Introduction.....	10
I.1.2. Caractérisation du processus de projet.....	10
I.1.3. Synthèse.....	11
I.2. Enjeux de la conception et besoins du concepteur	11
I.2.1. Enjeux de la conception.....	11
I.2.2. Besoins du concepteur.....	13
I.2.3. Synthèse.....	14
I.3. Intégration du confort thermique et l'efficacité énergétique dans le processus du projet	15
I.3.1. Phase du programme.....	15
I.3.2. Phase de conception.....	15
I.3.3. Phase de réalisation.....	15
I.3.4. Phase de mise en service.....	16
I.3.5. Phase d'utilisation.....	16
I.3.6. Synthèse.....	17
I.4. Outils d'aide à la conception	18
I.4.1. Introduction.....	18
I.4.2. Définition des outils d'aide à la conception.....	19
I.4.3. Définition des outils d'aide à la décision.....	20
I.4.4. Les outils d'aide à la conception les plus connus.....	21
I.4.4.1. Pléiades COMFIE	21
I.4.4.2. EQUER	24
I.4.4.3. ECOTECT ANALYS	25
I.4.4.4. Revit	26
I.4.4.5. EnergyPlus.....	28
I.4.4.6. TRNSYS	30
I.4.5. Etude comparative des outils d'aide à la conception.....	31
I.4.6. Synthèse	35
- Conclusion du chapitre	36
- Chapitre II : Outils d'aide à la conception en Algérie : réalité, horizons	38
II.1. Introduction	40
II.2. Enquête	41
II.2.1. Protocole d'enquête	41

TABLE DES MATIERES

II.2.2. L'enquête par questionnaire.....	41
II.2.3. Intérêt du questionnaire.....	41
II.2.4. Les phases d'élaboration d'un questionnaire.....	42
II.2.5. Le questionnaire.....	44
II.2.6. Questionnaire proposé.....	50
II.2.7. Synthèse.....	51
II.3. Analyse des résultats.....	52
II.3.1. Introduction.....	52
II.3.2. Partie I : « Aperçu général sur l'enquêté et ses connaissances ».....	52
II.3.3. Partie II : « Etude détaillée sur le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé ».....	61
II.3.4. Synthèse.....	79
- Conclusion du chapitre.....	79
- Conclusion générale.....	81
Références bibliographiques.....	83
Annexes.....	85

TABLE DES FIGURES

- Figure 1 : Consommation finale par secteur d'activité en 2005 « APRUE, 2007 »	1
- Figure 2 : Evolution de la consommation du secteur « APRUE, 2007 ».....	2
- Figure 3 : Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie en 2005 « APRUE, 2007 » ...	3
- Figure 4 : Champs d'étude attenants à notre questionnement initial et notre thématique de recherche	6
- Figure 5 : Structure du mémoire	7
- Figure I.1. : Processus de projet architectural et urbain	11
- Figure I.2. : Capacité d'action et niveau de connaissance d'un projet au cours de la conception (adapté de LAAROUSSI, 2007, d'après les travaux de christophe Midler, 1993 cité dans Arantes, 2014.....	12
- Figure I.3. : Impact de décision en début de conception sur la performance d'un bâtiment.....	13
- Figure I.4. : Tableau des besoins du concepteur pendant la phase esquisse (Gholipour, 2011)...	13
- Figure I.5. : L'intégration du confort thermique et énergétique dans le processus de projet, d'après le schéma de FERNANDEZ P., 2007.....	17
- Figure I.6. : Phase d'intégration des outils d'aide à la conception dans le processus de conception architecturale d'après le schéma de FERNANDEZ L., 2010	20
- Figure I.7. : Phase d'intégration des outils d'aide à la décision dans le processus de conception architecturale d'après le schéma de FERNANDEZ L., 2010	20
- Figure I.8. : Fenêtre de création d'une paroi dans PLEIADES.....	22
- Figure I.9. : Schéma de processus de simulation sur PLEIADES.....	23
- Figure I.10. : Tableau des points forts et faibles de PLEIADES+COMFIE au regard des besoins du concepteur lors de la phase esquisse.....	23
- Figure I.11. : Fenêtre de présentation des résultats du logiciel EQUER (Image issue du logiciel EQUER en mode démonstration ou du site développeur (IZUBA énergies ».....	25
- Figure I.12. : Paramètres énergétiques de Revit MEP	27
- Figure I.13. : Géolocalisation sur Revit MEP.....	27
- Figure I.14. : Interface de EnergyPlus.....	29
- Figure I.15. : Simulation avec TRNSYS.....	30
- Figure II.1. : Consignes de présentation pour les questions fermées.....	45
- Figure II.2. : Echelle d'attitude et graduée d'une réponse.....	46
- Figure II.3. : Echelle de valeur proposée pour les questions d'opinions (extrait du questionnaire).....	51
- Figure II.4. : Echelle de valeur proposée pour les questions d'opinions (extrait du questionnaire).....	51
- Figure II.5. : Question sur le profil de l'enquêté (extrait du questionnaire).....	52
- Figure II.6. : Question sur l'expérience professionnelle de l'enquêté (extrait du questionnaire)..	52
- Figure II.7. : Les réponses des enquêtés sur leur expérience professionnelle.....	53

TABLE DES FIGURES

- Figure II.8. : Question sur le métier de l'enquêté (extrait du questionnaire).....	53
- Figure II.9. : Les réponses des enquêtés sur leur métier.....	54
- Figure II.10. : Question sur la nature des projets conçus (extrait du questionnaire).....	54
- Figure II.11. : Question sur la connaissance de la conception bioclimatique (extrait du questionnaire).....	55
- Figure II.12. : Les réponses des enquêtés sur la connaissance de la conception bioclimatique....	56
- Figure II.13. : Question sur la connaissance de l'efficacité énergétique (extrait du questionnaire).....	56
- Figure II.14. : Les réponses des enquêtés sur la connaissance de l'efficacité énergétique.....	56
- Figure II.15. : Question sur la connaissance des labels de performance d'un bâtiment (extrait du questionnaire).....	57
- Figure II.16. : Les réponses des enquêtés sur la connaissance des labels de performance d'un bâtiment.....	57
- Figure II.17. : Question sur la conception de projets à basse consommation énergétique (extrait du questionnaire).....	58
- Figure II.18. : Les réponses des enquêtés sur la conception de projets à basse consommation énergétique.....	58
- Figure II.19. : Question sur la connaissance des outils de simulation thermique et énergétique (extrait du questionnaire).....	59
- Figure II.20. : Les réponses des enquêtés sur la connaissance des outils de simulation thermique et énergétique.....	60
- Figure II.21. : Les réponses des enquêtés sur l'utilisation des logiciels de simulation thermique et énergétique.....	61
- Figure II.22. : Question (1) sur l'accessibilité au logiciel (extrait du questionnaire)	62
- Figure II.23. : Les réponses des enquêtés sur Q1 « l'accessibilité au logiciel ».....	62
- Figure II.24. : Question (2) sur la découverte et la mise en œuvre du logiciel (extrait du questionnaire).....	63
- Figure II.25. : Les réponses des enquêtés sur Q2 « la découverte et la mise en œuvre du logiciel ».....	63
- Figure II.26. : Question (3) sur la concordance des résultats des logiciels avec les attentes des architectes (extrait du questionnaire).....	64
- Figure II.27. : Les réponses sur Q3 « la concordance des résultats des logiciels avec les attentes des architectes »	64
- Figure II.28. : Question (4) sur les difficultés et les contraintes rencontrées sur le logiciel (extrait du questionnaire).....	64
- Figure II.29. : Question (5) sur la fiabilité des choix de conception sur le logiciel en phase d'esquisse (extrait du questionnaire).....	65
- Figure II.30. : Les réponses des enquêtés sur Q5 « la fiabilité des choix de conception sur le logiciel en phase d'esquisse ».....	65

TABLE DES FIGURES

- Figure II.31. : Question (6) sur la facilité des échanges entre bureaux d'études et les acteurs du bâtiment dès l'esquisse (extrait du questionnaire).....	66
- Figure II.32. : Les réponses des enquêtés sur Q6 « la facilité des échanges entre bureaux d'études et les acteurs du bâtiment dès l'esquisse ».....	66
- Figure II.33. : Question (7) sur l'interface du logiciel (extrait du questionnaire).....	67
- Figure II.34. : Les réponses des enquêtés sur Q7 « l'interface du logiciel ».....	67
- Figure II.35. : Question (8) sur la forme du logiciel (extrait du questionnaire).....	67
- Figure II.36. : Les réponses des enquêtés sur Q8 « la forme du logiciel ».....	68
- Figure II.37. : Question (9) sur les labels de performance dans le logiciel (extrait du questionnaire).....	68
- Figure II.38. : Les réponses des enquêtés sur Q9 « les labels de performance dans le logiciel ».....	68
- Figure II.39. : Question (10) sur les caractéristiques souhaitées de l'interface (extrait du questionnaire).....	69
- Figure II.40. : Question (11) sur l'utilisation du logiciel en phase d'esquisse et ses données d'entrée (extrait du questionnaire).....	70
- Figure II.41. : Les réponses des enquêtés sur Q11 « l'utilisation du logiciel en phase d'esquisse et ses données d'entrée ».....	70
- Figure II.42. : Question (12) sur la concordance des données d'entrée à renseigner avec la manière de concevoir des architectes (extrait du questionnaire).....	71
- Figure II.43 : Les réponses des enquêtés sur Q12 « la concordance des données d'entrée à renseigner avec la manière de concevoir des architectes»	71
- Figure II.44 : Question 13 sur la pertinence des données d'entrée avec la manière de concevoir des architectes (extrait du questionnaire).....	72
- Figure II.45 : Les réponses des enquêtés sur Q13 « la pertinence des données d'entrée avec la manière de concevoir des architectes ».....	72
- Figure II.46 : Question 14 sur la facilité de renseigner les données d'entrée dans les logiciels (extrait du questionnaire).....	73
- Figure II.47 : Les réponses des enquêtés sur Q14 « la facilité de renseigner les données d'entrée dans les logiciels, extrait du questionnaire ».....	73
- Figure II.48 : Question 15 sur la qualité des résultats proposés par l'outil (extrait du questionnaire).....	74
- Figure II.49 : Les réponses des enquêtés sur Q15 « la qualité des résultats proposés par l'outil ».....	74
- Figure II.50 : Question 16 sur la facilité des choix architecturaux et la comparaison entre eux (extrait du questionnaire).....	75
- Figure II.51 : Les réponses des enquêtés sur Q16 sur « la facilité des choix architecturaux et la comparaison entre eux »	75
- Figure II.52 : Question 17 sur la rapidité des logiciels (extrait du questionnaire).....	76
- Figure II.53 : Les réponses des enquêtés sur Q17 « la rapidité des logiciels ».....	76
- Figure II.54 : Question 18 sur les résultats des logiciels (extrait du questionnaire).....	77

TABLE DES FIGURES

- Figure II.55 : Les réponses des enquêtés sur Q18 «les résultats des logiciels ».....77
- Figure II.56 : Question 19 sur le degré de rapprochement des simulations de la réalité (extrait du questionnaire).....78
- Figure II.57 : Les réponses des enquêtés sur Q19 « l'utilisation des exemples réels par les logiciels pour comparaison lors des simulations »78



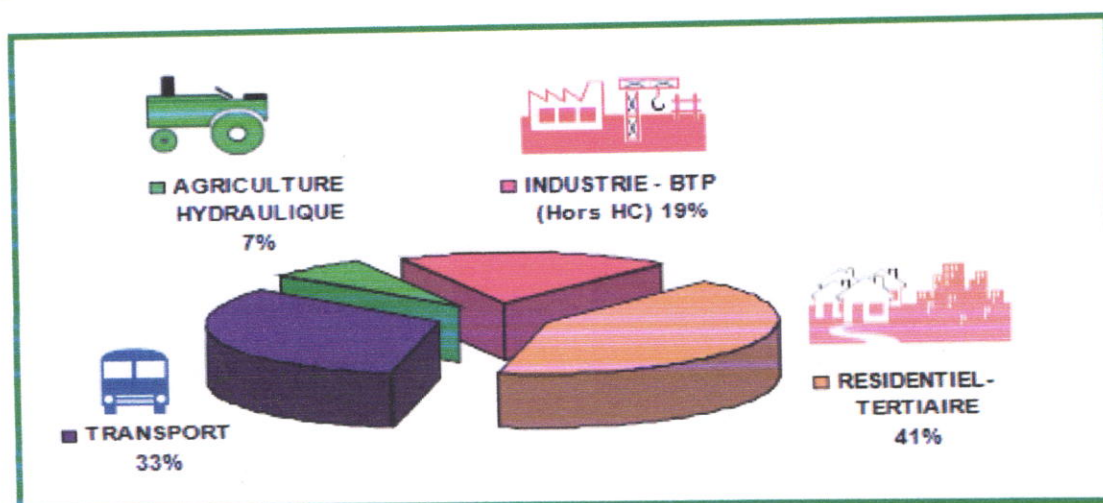
1. Préambule

De nos jours, la consommation d'énergie est une des plus grandes préoccupations car elle est en augmentation et elle a un grand impact sur notre environnement. Les principales conséquences sont, la pollution atmosphérique causant une augmentation de l'effet de serre qui provoque un réchauffement climatique. Ce réchauffement climatique risque d'engendrer une fonte partielle des calottes polaires élevant ainsi le niveau des mers, inondant les zones côtières basses, certaines îles et les deltas. Les espèces animales sont particulièrement menacées, puisque environ 20% à 30% des espèces évaluées à ce jour sont sensibles d'être exposées à un grand risque d'extinction.

La végétation encoure d'être ravagée par une croissance des feux de forêts qui provoqueraient un grand dégazage. Ainsi, un souci préoccupant au sujet des énergies non renouvelable qui s'épuisent et deviennent de plus en plus rare. De nombreux combustibles fossiles ne suffiront plus pour subvenir aux besoins des personnes à l'avenir.

Dans les pays industrialisés, les bâtiments consomment une partie importante de l'énergie utilisée par la société et, en conséquence, ils sont source d'une partie non négligeable de la pollution. Cette énergie est l'objet de nombreux usages, notamment : chauffage/climatisation, ventilation, alimentation en eau, ascenseurs, éclairage....(Figure 2)

Figure 1 : Consommation finale par secteur d'activité en 2005 « APRUE, 2007 »



Toutes ces conséquences sont liées aux constructions, ce qui a poussé tous les intervenants dans la construction à changer leur manière de penser et d'agir vers une efficacité énergétique.

INTRODUCTION GENERALE

En physique, « l'efficacité énergétique » désigne le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.

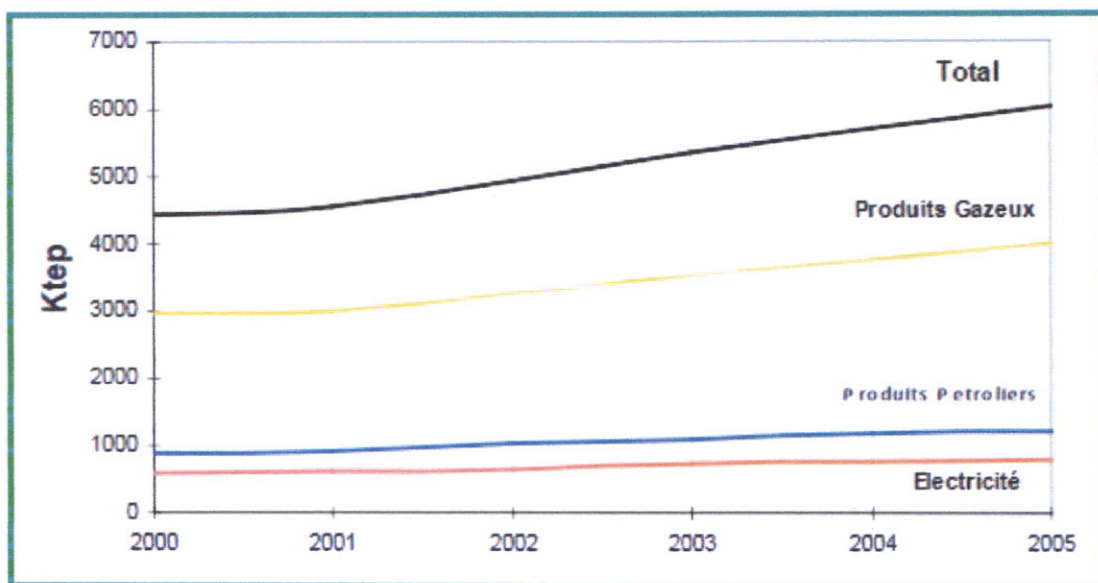
Cette notion est souvent interprétée dans un sens plus large pour désigner les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de performance finale équivalent (rendu maximum).

Nous utiliserons ici cette deuxième définition de l'efficacité énergétique, dont l'objectif est de « faire mieux avec moins » (<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>)

En Algérie, la production et la consommation d'énergie, y compris dans le secteur de l'électricité, sont tirées des hydrocarbures à plus de 99 %. Cependant, l'État algérien commence à envisager des solutions écologiques en investissant dans les énergies nouvelles et renouvelables.

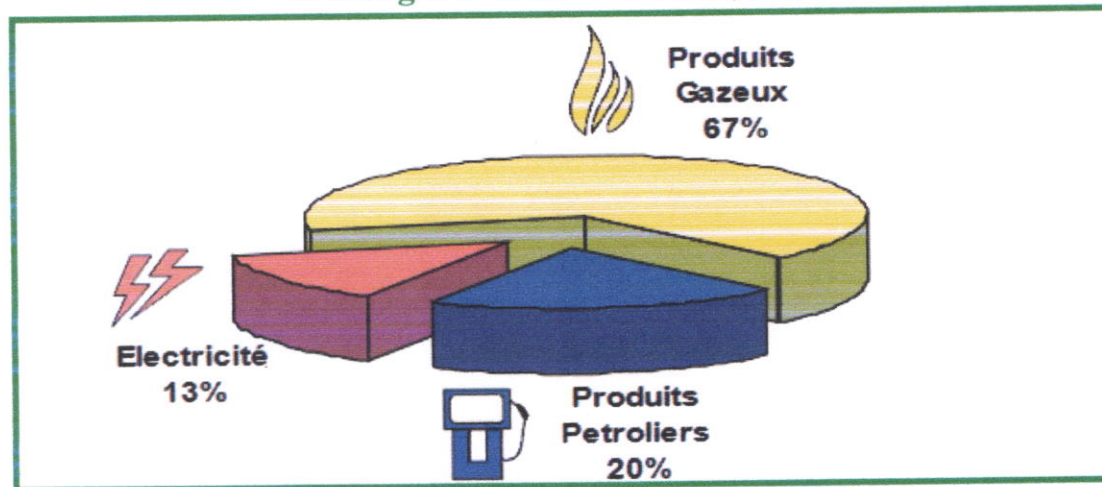
La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 807 Ktep, elle représente 38% de la consommation totale d'électricité « APRUE, 2007 ». Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national (**Figure 2**)

Figure 2 : Evolution de la consommation du secteur « APRUE, 2007 »



INTRODUCTION GENERALE

Figure 3 : Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie en 2005 « APRUE, 2007 »



Les solutions et les choix sont déterminants dans le comportement thermique et énergétique du bâtiment afin d'intervenir dans l'enveloppe du bâtiment afin d'éviter les déperditions en renforçant la performance technique du bâtiment.

Les corrections ultérieures qui viennent après l'APD « Avant projet détaillé » et la réalisation deviennent coûteuses et prennent du temps. A cet effet, on doit intervenir dès l'esquisse du bâtiment bien avant la demande du permis de construire afin de connaître le comportement du bâtiment et avant même que l'ingénieur intervient dans l'APD. L'efficacité énergétique met à la disposition des architectes des outils pour les aider à simuler leurs conceptions en tenant compte du volet énergétique.

Avec ces réformes et ces nouvelles orientations du bâtiment, les architectes ont du mal à évaluer la consommation énergétique du bâtiment tout en utilisant des outils d'aide à la conception. De là, on fait ressortir deux postulats : la méconnaissance ou la difficulté d'utilisation des outils d'aide à la conception architecturale par les architectes.

2. Problématique :

L'étude des différents champs liés à notre thématique de recherche, nous a permis de lier les conséquences aux causes de la méconnaissance des architectes et comment une aide peut elle devenir un problème et d'avancer progressivement vers notre problématique de recherche.

INTRODUCTION GENERALE

Dans ce contexte, la problématique de notre travail est la suivante :

Quels sont les critères des outils d'aide à la conception du bâtiment à basse consommation énergétique au regard des architectes ?

3. Hypothèses :

L'intérêt de ce travail de recherche est de valider ou invalider les hypothèses. D'après la problématique, on suppose des hypothèses suivantes :

- Il nous semble que l'accessibilité à l'outil est l'un des critères importants.
- Il nous paraît que la simplicité de l'interface est l'un des critères importants.

4. Objectifs de la recherche :

Il s'agit de cerner la problématique d'une part du côté de l'outil et d'une autre part du côté des architectes, on a pour objectifs d' :

- Analyser les outils d'aide à la conception les plus utilisés.
- Identifier les difficultés posées par les architectes dans l'utilisation des outils d'aide à la conception.
- Améliorer les outils d'aide à la conception architecturale par la proposition des recommandations à propos de l'interface.

5. Méthodologie de la recherche :

Cette étude est une recherche appliquée, qui nécessite d'abord d'une part, l'étude des besoins de l'architecte dès la première étape de l'esquisse de la phase de conception et de l'impact des choix et solutions conceptuels sur le confort thermique et la performance énergétique du bâtiment. D'une autre part, nous centrons sur la thématique des outils d'aide à la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique et nous cernons précisément les outils de simulation thermique et énergétique et étant susceptibles d'intéresser les architectes dans leurs projets. Nous proposons une analyse comparative pour l'évaluation d'interfaces graphique des outils.

Puis dans un second temps, il s'agit de se rapprocher des professionnels et précisément l'architecte et de déceler les contraintes et les difficultés rencontrées lors de la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique en faisant une enquête par questionnaire visant à obtenir des informations pour nous aider à cerner notre problématique.

INTRODUCTION GENERALE

Après recueil des résultats, nous passons à l'analyse dans le but de proposer des recommandations pour améliorer l'interface des outils et les rendre familiers au regard des architectes.

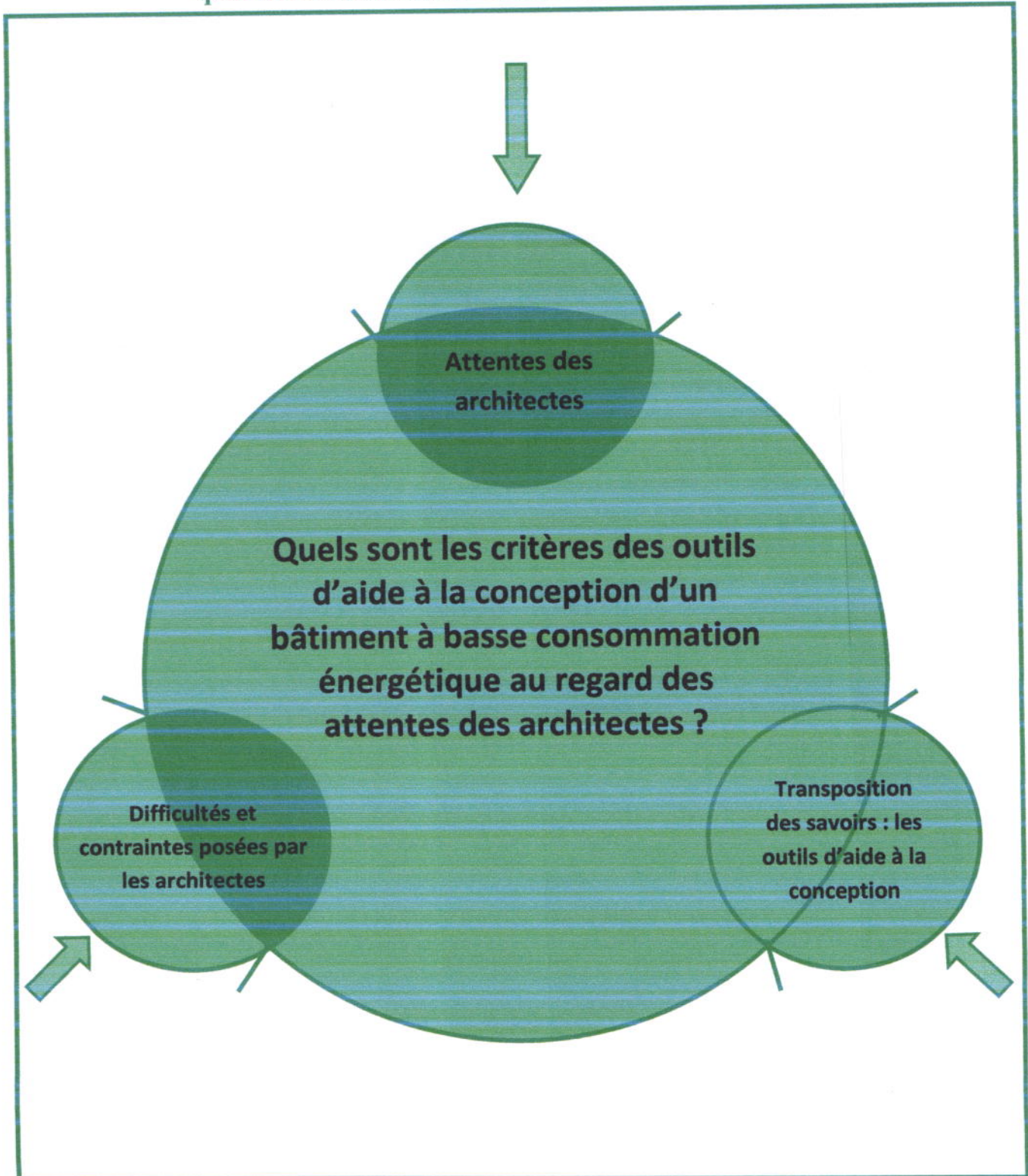
6. Structure du mémoire :

Le mémoire est structuré en deux (02) grandes parties, partie théorique et partie pratique (**Figure 5**): Dans la partie théorique qui est le chapitre I « Etat de l'art », qui comporte deux points essentiels, en premier temps, il s'agit de mettre en place un état de l'art sur les enjeux de la conception et dans un second temps, la thématique des outils d'aide à la conception dans le domaine de l'architecture et la performance énergétique du bâtiment, nous a permis d'entrevoir un champ d'étude particulièrement large et transversal.

Puis dans la partie pratique qui est le chapitre II « Outils d'aide à la conception architecturale, réalité, horizons en Algérie », qui comporte à son tour deux points essentiels, en premier temps, il s'agit de faire une enquête par questionnaire auprès des architectes et dans un second temps, le recueil et l'analyse des résultats.

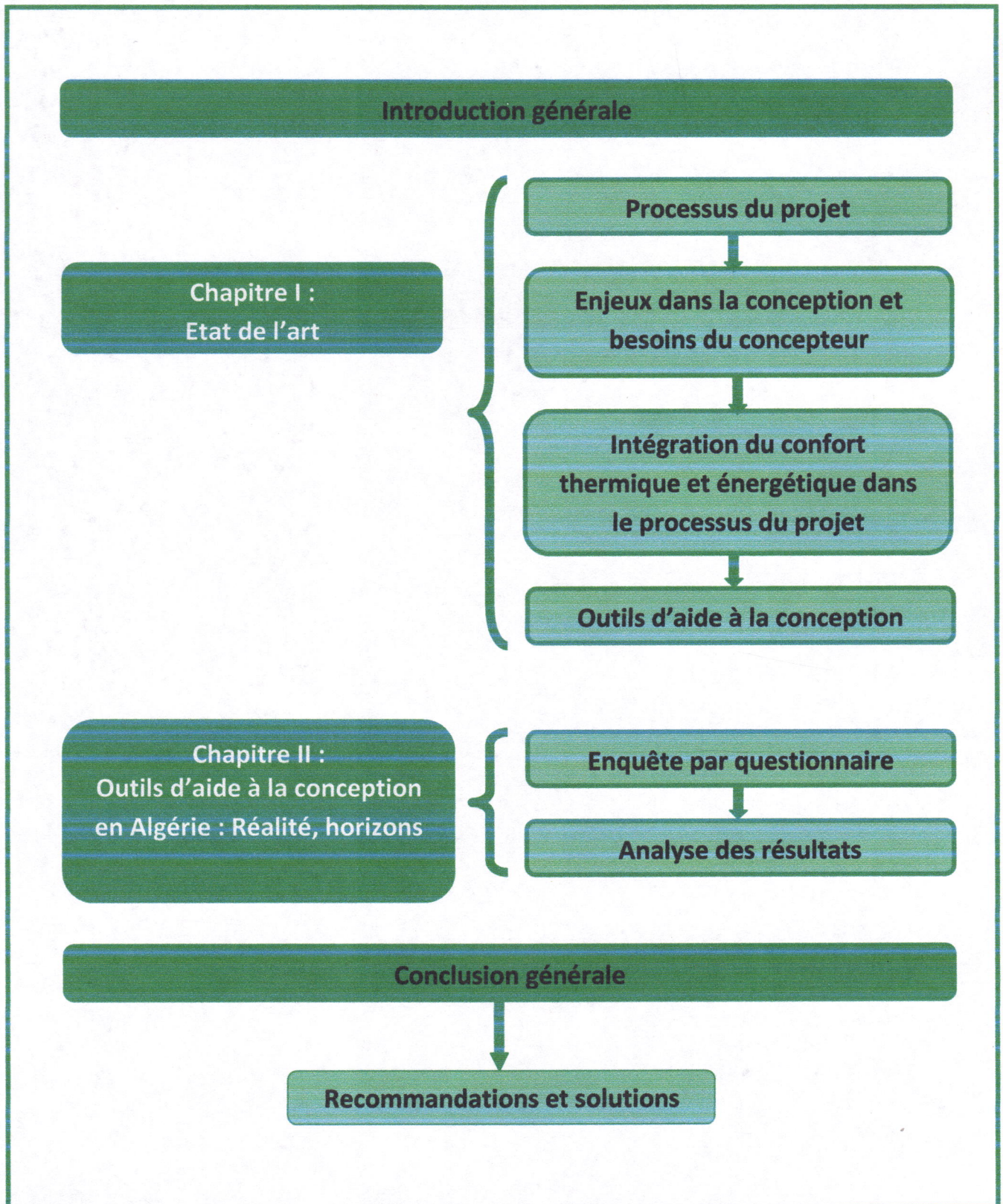
Dans la perspective d'approfondir notre thématique générale et de cerner des hypothèses concernant notre questionnement de départ, nous avons peu à peu distingué trois champs d'études inhérents à notre travail (**Figure 4**).

Figure 4 : Champs d'étude attenants à notre questionnement initial et notre thématique de recherche



INTRODUCTION GENERALE

Figure 5 : Structure du mémoire



Chapitre I

ETAT DE L'ART

I.1. Processus d'un projet :

I.1.1. Introduction

La connaissance du processus de projet architectural ainsi que des différentes phases opérationnelles qui le composent, nous semble primordiale. Elle nous permet de comprendre les pratiques des concepteurs concernant l'intégration des questions relatives à la conception à basse consommation énergétique.

La mise en parallèle des différentes phases du processus de projet architectural (Fernandez P., 2007) avec le paradoxe de la construction (Adolphe, 1991) nous amène à approfondir plus précisément le processus de conception. Cette phase est fondamentale, puisque c'est au cours de cette dernière que sont mis en place concept, partis, choix et stratégies retenus dans le projet.

Nous nous intéressons dans un premier temps au processus de projet qui englobe l'ensemble des étapes dans l'élaboration d'un projet architectural. Dans un second temps, nous ciblons notre étude sur le processus de conception, phase décisive dans les choix et décisions pris par le concepteur.

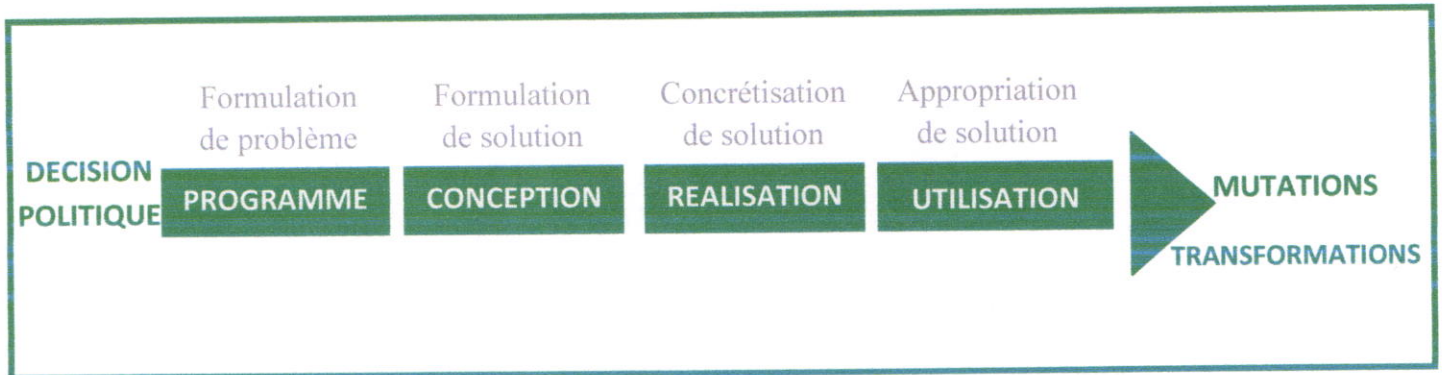
I.1.2. Caractérisation du processus de projet

Les différentes étapes du processus de projet Robert Prost (1992) décompose le processus de projet en quatre étapes successives qu'il nomme :

- **formulation de problème** : cette étape a pour objectif de relever les contraintes et d'identifier les particularités de la situation concernée.
- **formulation de solution** : cette étape a pour visée de définir les objectifs qui seront à la base des diverses actions à accomplir.
- **concrétisation de solution** : cette étape a pour but d'exposer les raisons qui sont à la base des objectifs énoncés.
- **appropriation de solution** : cette étape a pour intention de proposer et mettre en place des « *stratégies d'actions pour se donner les moyens de son projet* » (Fernandez P., 1996).

Ces quatre étapes importantes, mises en parallèle avec les quatre grandes étapes du projet d'architecture (Fernandez P., 2007), permettent de décrire clairement le processus de projet dans le domaine de l'architecture (Figure I.1).

Figure I.1 : Processus de projet architectural et urbain (Fernandez P., 2007)



I.1.3. Synthèse :

En dépit du fait que l'assistance à l'éco-conception paraisse bien instrumentée et bien diversifiée, l'étude de ces méthodes et outils a fait ressortir une discontinuité. La période préliminaire dans le processus de proposition/validation ne possède pas d'assistance adaptée. Ce défaut s'explique notamment par la caractéristique spécifique de cette phase où les évaluations sont limitées par le manque d'informations disponibles sur le projet ou leur caractère incertain.

L'importance de cette étape dans le processus d'écoconception où les choix définissent à ce moment-là, près de 80 % du comportement énergétique du bâtiment. Les outils d'aide à la conception architecturale devraient donc être fortement présents, lors de cette phase. C'est à cette étape qu'il est possible de modifier la proposition. En effet, une évaluation trop tardive ne permet que de constater les éléments positifs ou négatifs sur le comportement énergétique du bâtiment.

I.2. Enjeux dans la conception et besoins du concepteur :

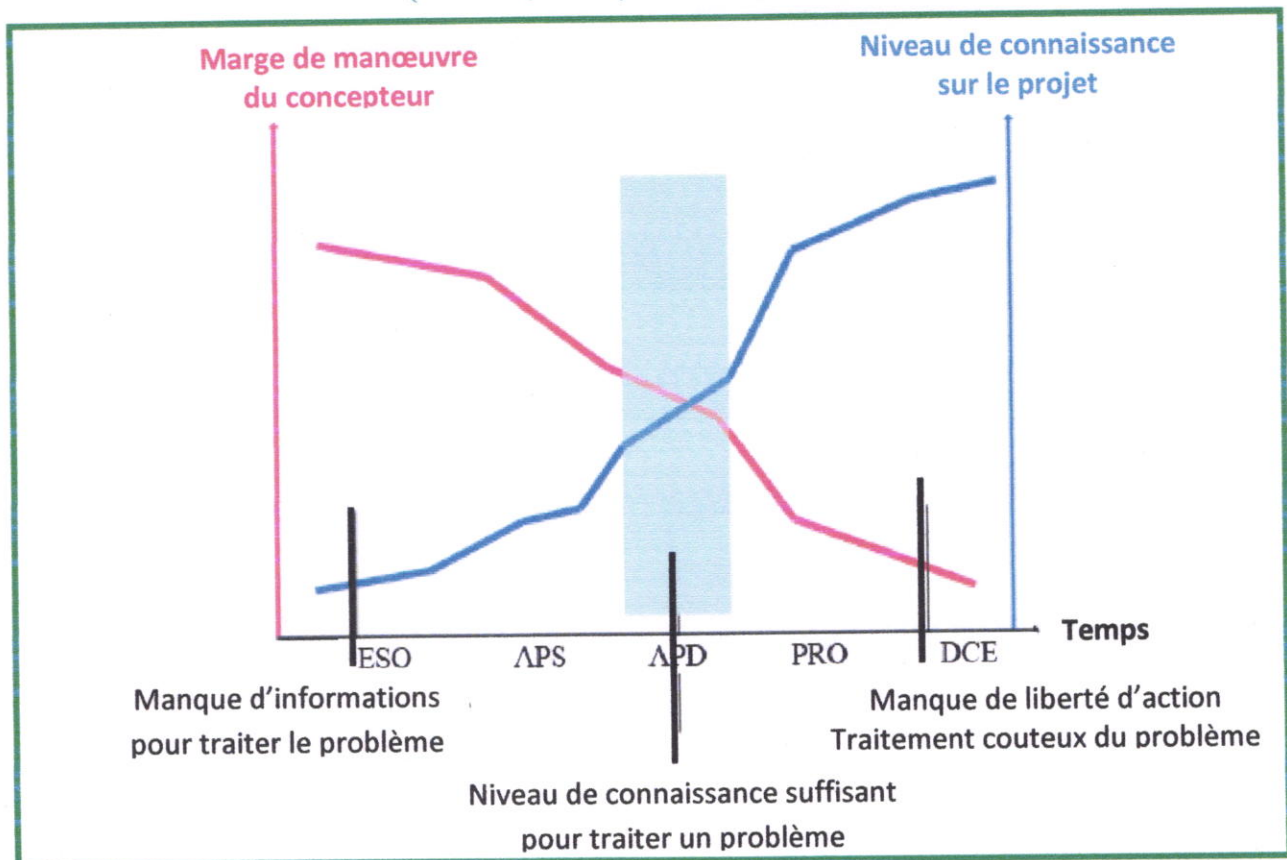
I.2.1. Enjeux dans la conception :

L'esquisse est une étape décisive dans la phase conception, durant cette étape, l'architecte peut être en manque d'information pour évaluer ses premiers choix conceptuels. Pour que cet apport soit efficace, il est nécessaire qu'il se fasse en amont du projet, alors que les grandes décisions n'ont pas encore été prises ou sont sur le point d'être actées, c'est-à-dire au début de la phase de conception.

La phase esquisse est la phase qui cristallise le moment où le concepteur commence à faire des choix directeurs. Lors de cette étape, le concepteur est amené à faire des premiers choix sur plusieurs paramètres structurels du bâtiment qui influent sur ces performances et les impacts qu'il peut avoir sur l'environnement. Ces paramètres ou solutions architecturales peuvent concerner la volumétrie du bâtiment, la nature de sa structure ou encore l'emplacement et la nature des ouvertures.

La phase esquisse représente un enjeu important dans un projet car elle cristallise plusieurs états. En effet, au début de la phase de conception, avant la constitution précise du projet, le maître d'œuvre dispose d'une grande liberté d'action concernant la conduction du projet mais en parallèle subit un défaut d'informations concernant le projet en lui-même. A mesure que le projet avance, ces états s'inversent. Le maître d'œuvre a de moins en moins de marge de manœuvre pour modifier les directions que prend le projet mais dispose de plus en plus d'informations à propos de celui-ci. Les phases esquisse et de conception se caractérisent donc par une relation inverse entre le niveau de connaissances disponible sur le projet et la capacité d'action de l'architecte (Figure I.2).

Figure I.2 : Capacité d'action et niveau de connaissance d'un projet au cours de la conception (adapté de Laaroussi, 2007, d'après les travaux de Christophe Midler (Midler, 1993) cité dans Arantes, 2014)

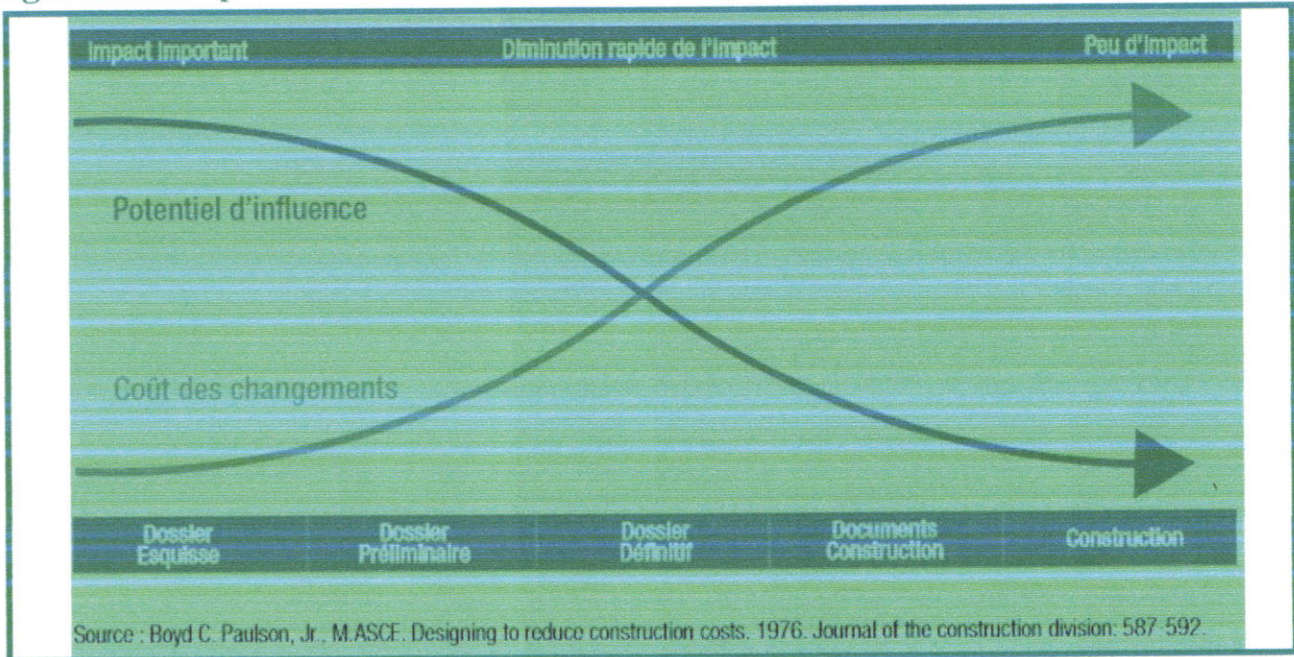


La phase esquisse a une double particularité :

- Les choix réalisés par le concepteur sont déterminants et souvent irréversibles, car les changer nécessiterait un retour en arrière très coûteux pour modifier le projet.
- Il existe peu d'informations pour évaluer ou comparer les impacts de ces choix sur les performances globales du bâtiment. Le manque de données et les incertitudes dominent cette phase.

Si le concepteur opte pour une approche globale, et multicritère, la prise en compte de l'ensemble des contraintes et leur confrontation dès la phase esquisse semblent nécessaire pour identifier au plus tôt les éventuels problèmes de conception. (Dias-Pedregal, 2000 cité dans Arantes, 2014). C'est pourquoi la phase esquisse constitue un enjeu majeur dans conception.

Figure I.3 : Impact de décision en début de conception sur la performance d'un bâtiment



I.2.2. Besoins du concepteur :

Pendant cette période de conception, si le concepteur utilise un outil d'aide à la conception, il est nécessaire que celui-ci respecte certaines attentes et réponde à ses besoins. Nous nous sommes donc interrogés sur la définition des besoins spécifiques que pourrait avoir le concepteur ou l'architecte lors de l'utilisation d'un outil d'aide à la conception pendant la phase esquisse. Ces besoins sont résumés dans (Figure 1.4):

Figure I.4 : Tableau des besoins du concepteur pendant la phase esquisse (Gholipour, 2011)

Besoins du concepteur pendant la phase esquisse
Accessibilité informatique de l'outil d'aide à la conception (est-il payant, gratuit, en ligne ?)
Ergonomie de l'outil d'aide à la conception (simplicité d'utilisation, interface simple)
Faciliter la comparaison des choix architecturaux et de leur impact (lancement de plusieurs pages en parallèle pour faciliter les comparaisons par exemple)
Renvoi vers des exemples, cas concrets afin de comparer le projet à des bâtiments finis qui ont les

mêmes solutions architecturales
Aide à diminuer le temps de réponse (résumé de l'information, visuels synthétiques)
Graphiques et illustrations parlantes et accessibles
Prise en compte de normes et labels
Utilisation d'une ou plusieurs bases de données qui centralisent de nombreuses connaissances
Variétés dans les types de bâtiments pris en compte par l'outil
Est-il utilisable en phase esquisse ? (ne demande-t-il pas trop d'informations trop précises et trop avancées ?)

Ces besoins ont pu être identifiés à la suite de l'étude et de la réadaptation d'une liste construite par **(Gholipour, 2011)**.

Cette liste a été modifiée après l'analyse de premiers outils d'aide à la conception pour la synthèse bibliographique. En effet, certains besoins identifiés par Vida Gholipour étaient soit trop précis ou orientés vers son propre projet d'outil d'aide à l'éco-conception comme le besoin « Instrumentaliser la démarche éco-modèle » ou d'autres trop généraux et pas assez explicites tels que « Aide à l'évaluation des choix » ou encore « Aide à diminuer le temps de réponse durant la phase esquisse ».

Ainsi, en s'inspirant des idées de Vida Gholipour, une autre liste des besoins que pourrait rencontrer le concepteur en utilisant un outil d'aide à la décision pendant la phase esquisse a été proposée **(Figure I.5)**. Elle regroupe des besoins plus ciblés et plus facilement identifiables.

Cette liste de besoins a été utilisée dans la grille de lecture qui a servi à analyser les différents outils d'aide à la décision et à l'éco-conception déjà existants dans la synthèse bibliographique qui suit.

I.2.3.Synthèse :

Les besoins de l'architecte se développent en fonction du processus de projet. La phase d'esquisse est déterminante par les choix réalisés mais il y a un manque d'informations pour évaluer les impacts de ces choix sur la performance du bâtiment, de ce fait, l'architecte aurait besoin d'un outil d'aide à la conception qui possède toutes les caractéristiques qui facilite le travail en tenant compte des contraintes et difficultés qui dominent la phase esquisse.

I.3. Intégration du confort thermique et l'efficacité énergétique dans le processus du projet :

I.3.1. La phase de programme (formulation de problème) :

Les concepts du confort thermique et énergétique sont abordés à travers les attentes, les tendances et les objectifs souhaités et mis en avant par l'équipe de maîtrise d'ouvrage. Au cours de ces phases opérationnelles (implantation et programmation), différents points sont abordés notamment une description claire de l'opération mise en place, les exigences fonctionnelles et techniques (référence aux réglementations, solutions techniques souhaitées ou exigées, performances à atteindre....). Le confort thermique et énergétique est développé à travers la performance souhaitée.

I.3.2. La phase de conception :

La consommation énergétique est intégrée sous deux angles différents en fonction de la phase opérationnelle considérée. En début de conception : esquisse et prémisses de l'avant projet sommaire, le concept du projet et son image commencent à se dessiner. Les questions relatives à l'orientation, matériaux, les ouvertures sont prises en compte à ce moment (premières phases du processus de conception). Cette étape s'intéresse aux relations du bâtiment avec l'environnement alentour, à la qualité des espaces extérieurs, au parti constructif retenu, aux apports solaires, à la prise en compte des nuisances, orientations, exigences demandées, En fin de conception avant-projet détaillé, Etude de Projet et Dossier de consultation des entreprises PRO / DCE et Assistance aux Contrats de Travaux ACT, les détails techniques sont approfondis afin de répondre aux attentes architecturales des dispositifs mis en place et d'être en accord avec les réglementations et normes en vigueur.

I.3.3. La phase de réalisation : chantier, réception et suivi :

Durant la construction, le travail des professionnels consiste à mettre le processus d'assurance qualité en place pour obtenir la performance recherchée et contrôler la qualité du travail de l'entrepreneur. Ce dernier est responsable de l'atteinte des exigences énoncées par les professionnels. Les objectifs d'optimisation et d'assurance qualité (AQ) lors de la construction sont les suivants :

- analyser l'impact des différentes solutions de conception sur la performance énergétique;
- préparer la liste de vérification en fonction des composants et des éléments considérés comme cruciaux;
- mettre l'expérience des entrepreneurs spécialisés à profit pour optimiser les composants et les éléments considérés comme cruciaux;
- établir la garantie et les cibles de consommation d'énergie pour la première année d'exploitation.

Le client et les professionnels doivent s'entendre sur une révision des honoraires en fonction du travail additionnel demandé par la mise en place du plan d'assurance qualité au chapitre de la performance énergétique.

I.3.4. La phase de la mise en service :

La mise en service est une phase cruciale pour s'assurer que la performance du bâtiment atteint les cibles. Les objectifs d'optimisation et d'assurance qualité lors de celle-ci sont les suivants :

- s'assurer que tous les systèmes sont opérationnels, convenablement calibrés et satisfont aux critères de conception;
- s'assurer que l'équipe de gestion et d'entretien a reçu la formation adéquate et dispose de l'information nécessaire pour exploiter et maintenir les systèmes à un niveau de performance conforme aux exigences.

I.3.5. La phase d'utilisation ou d'exploitation (aménagement intérieur et gestion) :

L'exploitation est une phase importante dans un processus d'amélioration continue. C'est ici que les données peuvent être saisies pour vérifier si la performance satisfait aux cibles qui ont été fixées. Les objectifs de vérification de la performance lors de l'exploitation sont les suivants :

- s'assurer que les cibles sont atteintes;
- corriger les éléments de non-conformité;
- fournir une rétroaction aux professionnels et au constructeur dans une perspective d'amélioration continue.

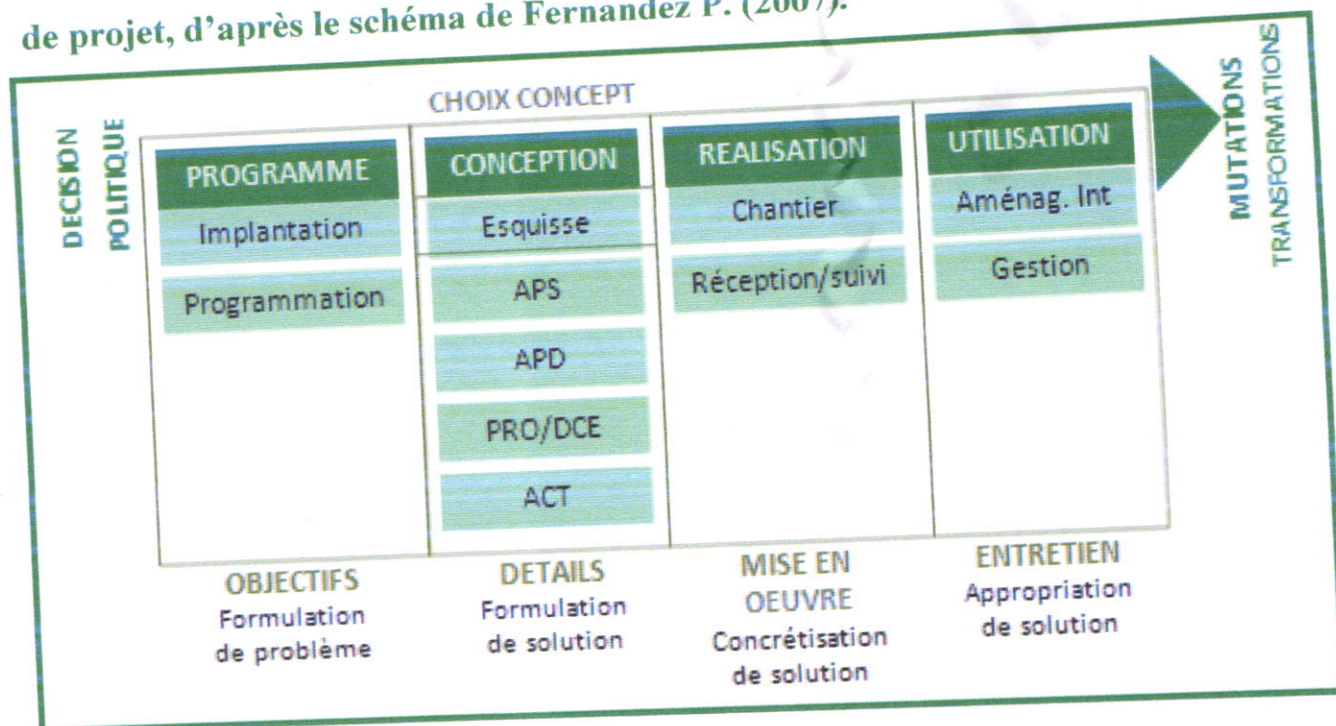
L'opérateur ou l'agent de mise en service :

- trouve les composants et les éléments essentiels à la performance énergétique;
- développe et inclut dans l'appel d'offres les exigences d'assurance qualité pour la performance énergétique;
- s'assure que les entrepreneurs spécialisés sont informés des exigences de qualité et disposent des compétences et des équipements pour les respecter;
- fait le contrôle de qualité nécessaire pour s'assurer que les exigences sont respectées.

Le client :

- avise l'entrepreneur et les professionnels des écarts dans la performance planifiée et attendue dans l'année de garantie. S'il y a non-conformité, des rectifications peuvent être demandées à l'entrepreneur;
- informe les professionnels, dans les premières années d'exploitation, de la performance réelle de l'équipement sur une base annuelle.

Figure I.5 : L'intégration du confort thermique et énergétique dans le processus de projet, d'après le schéma de Fernandez P. (2007).



Comme résumé dans (Figure I.5), les questions relatives aux choix et décisions prises pour une conception à basse consommation énergétique sont présentes tout au long du processus de projet architectural sous diverses formes répondant aux attentes de chaque étape.

D'abord, le maître d'ouvrage exprime les premiers besoins qu'il formalise lors de la programmation. A partir de cette programmation, le concepteur réunit les différentes données contextuelle, réglementaires, financières, etc. qu'il synthétise dans une analyse de faisabilité. C'est à partir de cette analyse que résulte l'esquisse qui offre une première visualisation du projet dans son site. On entre dès lors dans la phase de conception en elle-même, qui conduit à la préparation du chantier de construction. Cette étape induit plusieurs études allant de l'Avant-projet Sommaire (APS), de l'Avant-projet Définitif (APD) au Projet en lui-même, suivi de la constitution du Dossier de consultation des Entreprises (DCE). A la suite du DCE, les études d'exécution se focalisent sur la préparation et la planification du chantier de construction. Une fois les travaux contrôlés et validés, le bâtiment peut être livré au maître d'ouvrage. Les usagers peuvent alors s'approprier le bâtiment.

I.3.6.Synthèse :

Les questions relatives aux choix et décisions concernant la performance énergétique d'un bâtiment sont importantes dans le domaine de l'architecture. Elles sont intégrées dans les premières phases du

processus de conception, ce qui fait que la phase esquisse est primordial pour l'intégration de l'aspect énergétique dans le projet.

Comprendre et tenir compte des modes de raisonnement, des différents éléments qui composent le processus de conception et des pratiques professionnelles des concepteurs en architecture est essentiel afin de proposer des outils et méthodes efficaces. Etre en adéquation avec leur réflexion nous permettra de proposer des innovations réellement pertinentes. Il est nécessaire de tenir compte du déroulement du processus qui s'établit dans l'activité de conception architecturale qui est complexe notamment dans les premières phases du processus.

I.4. Outils d'aide à la conception :

I.4.1. Introduction :

Les ingénieurs n'ont plus l'exclusivité des outils de simulation. De plus en plus d'outils sont accessibles à l'architecte qui souhaite analyser les options passives. En début de projet, l'utilisation d'outils de simulation simplifiés ou d'analyse de problématiques permet d'évaluer et d'éliminer certaines pistes de solution ou d'investigation ou d'en découvrir de nouvelles. Cette révolution représente de nouveaux défis dans les rôles respectifs de l'architecte et de l'ingénieur en matière d'optimisation énergétique. Ce dernier étant plus qualifié pour interpréter les données de plusieurs de ces outils, il est important de resserrer les liens entre les deux disciplines. L'architecte doit travailler avec l'ingénieur à procéder à des essais successifs dès la phase de l'esquisse. En effet, une intervention plus précoce de l'ingénieur permet une meilleure coordination entre les spécialités.

Il existe un grand nombre d'outils à la disposition des concepteurs et architectes. En plus des logiciels de dessin 2D et 3D qui se sont largement diffusés depuis les années 1960 (Saphinet *al.* cité dans Arantes, 2014), un large panel d'outils de simulations ou d'analyse de performances du bâtiment est à la disposition des professionnels, que ce soit pour des questions de thermique et d'énergétique, d'impacts environnementaux ou de confort lumineux.

Les démarches environnementales dans la conception architecturale intègrent de plus en plus souvent à leur méthode de travail des approches et des outils d'aide au projet.

Ces outils prennent plusieurs façons telles que les méthodes qualitatives, méthodes globales ou disciplinaires, abaques, évaluations par indices croisés, logiciels simplifiés, outils de simulation physiques complexe, etc.

Dans notre recherche, nous présentons l'intérêt et le rôle des différents types d'outils d'aides existant. Ainsi leurs possibilités à s'intégrer au processus de conception, afin de choisir une de ces outils. En termes de classement des outils d'aide au projet, on distingue deux grandes familles selon **DEPECKER P. (1985) [FERNANDEZ L., 2010]** :

I.4.2. Définition des Outils d'aide à la conception :

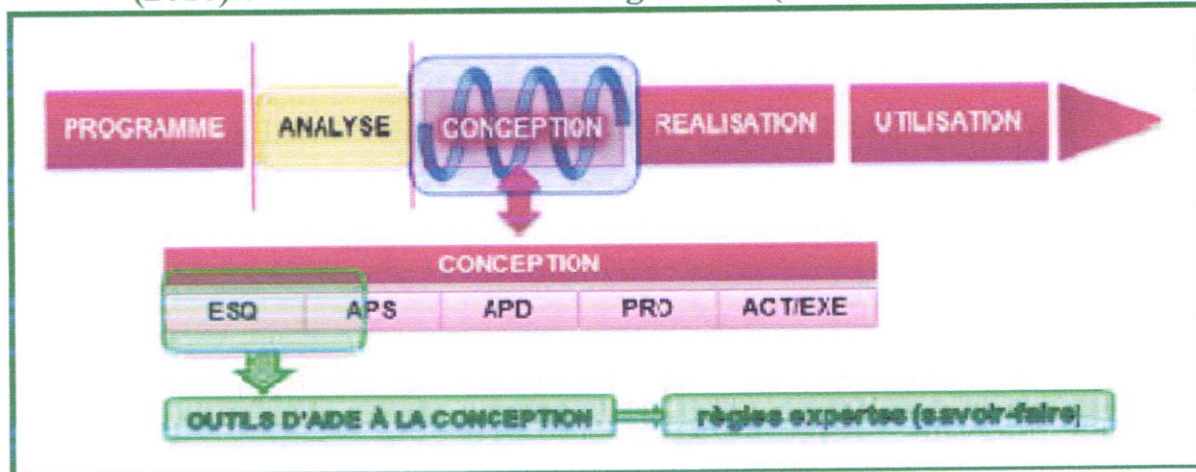
Les outils d'aide à la conception sont nommés aussi règles expertes (savoir-faire) d'après **DEPECKER P. et al (2000)** cité par **[CASTRO E.B.P., 2005]**. Ces outils bordent un problème, une question à un niveau de globalité compatible avec l'objet architectural en cours d'élaboration, en transmettant des savoirs synthétisés. Donc ils sont des connaissances soit générales (relatives au site, à l'enveloppe du bâtiment et au climat) ou locales (composante de l'immeuble) élaborées par des chercheurs, professionnels ou des spécialistes, sur un sujet déterminé. Ces connaissances prennent la forme de règles formulées de manière simplifiée³⁸, comme des règles de choix ou bien des règles de tendance de comportement. Celles-ci permettent d'orienter les choix, de donner des orientations, d'indiquer des tendances, de comparer des solutions, de guider le concepteur en architecture.

Les outils d'aide à la conception interviennent dans les phases amont du processus de conception (**Figure I.6**), Ils sont utilisés dans une phase importante : celle où le projet n'est pas encore figé où des modifications sont encore possibles, mais au cours de laquelle les choix primordiaux s'opèrent. En effet, ils représentent une aide pour les choix importants réalisés dans la phase d'esquisse. Ainsi, Ils aident à mieux comprendre et permettent d'échanger avec les différents spécialistes (acteurs) pouvant intervenir dans le projet architectural et urbain.

Malgré l'intérêt de ces outils, ils ne sont quasiment pas utilisés par les concepteurs en architecture (à l'exception de certaines agences d'architecture environnementale).

³⁸ *Ils ne sont pas des instruments d'évaluation. Ainsi Ils n'ont pas vocation à remplacer les instruments de calcul.*

Figure I.6 : Phase d'intégration des outils d'aide à la conception dans le processus de conception architecturale d'après le schéma de FERNANDEZ L., (2010) extrait de la thèse de magister de (SEMAHI S., 2013)

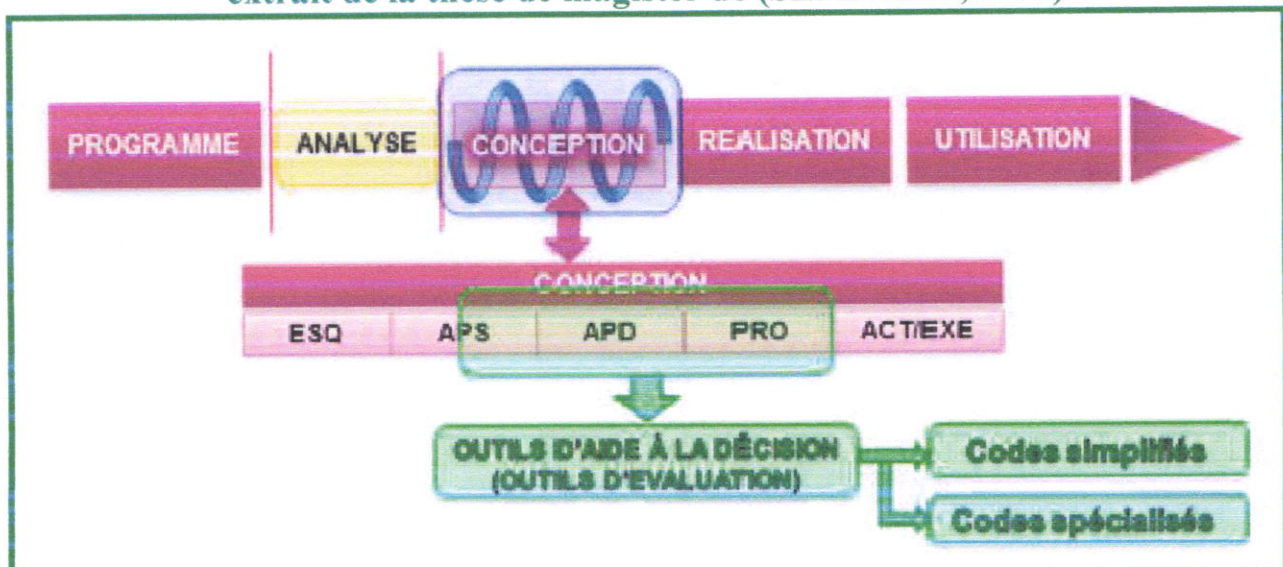


I.4.3. Définition des Outils d'aide à la décision :

Les outils d'aide à la décision sont des codes de calcul permettant de vérifier et de valider des solutions. Ces outils peuvent être considérés comme des outils d'évaluation qui permettent de comparer des solutions et ils représentent une aide à la décision entre plusieurs alternatives.

Les outils d'aide à la décision sont déclenchables dans les phases avancées du processus de conception (Figure I.7) lorsque l'état d'avancement du projet est suffisamment important pour offrir l'ensemble des données nécessaires à leur bon fonctionnement.

Figure I.7 : Phase d'intégration des outils d'aide à la décision dans le processus de conception architecturale d'après le schéma de FERNANDEZ L., (2010) extrait de la thèse de magister de (SEMAHI S., 2013)



Ils intègrent un grand nombre de données techniques afin de dimensionner et déterminer la nature des éléments architecturaux (systèmes constructifs, ventilation, etc.). Ainsi, ils permettent de quantifier des phénomènes, d'indiquer de la performance, de tester et d'évaluer une proposition.

Il y a deux types basiques des outils d'aides à la décision (**DEPECKER P. et al ,2000**) qui se différencient selon le niveau de complexité comme suivant :

- **Codes simplifiés** : ce sont des codes de calcul basés à partir de modèles physiques, mathématiques et numériques simplifiés, mais capable de fournir des résultats avec une précision satisfaisante. Se prêtent très bien pour des études de sensibilité et modification de solutions de projet, grâce à un processus de conception interactif (choix – évaluation – modification = nouveau choix), dû à la conception des calculs de performance et des interfaces simplifiées.
- **Codes spécialisés** : ce sont des codes de calcul basés à partir de modèles physiques, mathématiques et numériques sophistiqués et très précis, provenant de la recherche universitaire. Pour être utilisés correctement, Ils nécessitent et exigent une grande connaissance des phénomènes thermique, lumineux et de la dynamique des fluides. Ils ne possèdent pas une interface conviviale, et ils présentent une courbe d'apprentissage lente.

Parmi cette multitude de propositions, il semble compliqué de distinguer quels outils peuvent convenir au mieux aux besoins des concepteurs lors de la phase esquisse. On s'intéresse uniquement aux outils de simulation qui répondent aux questions thermiques et énergétiques :

I.4.4. Les outils d'aide à la conception les plus connus :

I.4.4.1. Pléiades+COMFIE :



Le logiciel Pléiade + COMFIE (IZUBA énergies, 1993-2014), développé par le Centre Energétique de l'Ecole des Mines de Paris et par IZUBA Energie, C'est un logiciel de simulation énergétique, permet de faire de simulations de la thermique et des ambiances d'une proposition.

Il peut être utilisé dès la phase esquisse jusqu'aux étapes les plus avancées de la proposition.

Les types de techniques utilisées (chauffage, ventilation...) ne sont pas toujours compatibles avec les périodes préliminaires d'un projet.

Il propose trois (03) modules aux utilisateurs, **COMFIE** (un noyau de calcul), **PLEIADES** (une interface de saisie de bibliothèque, de gestion de projet et de résultat), **Alcyone** (une interface de saisies et d'affichage du modèle de l'opération).

Pour réduire le temps de calcul à quelques minutes sur micro-ordinateur les modèles ont été simplifiés grâce à la technique « analyse modale ».

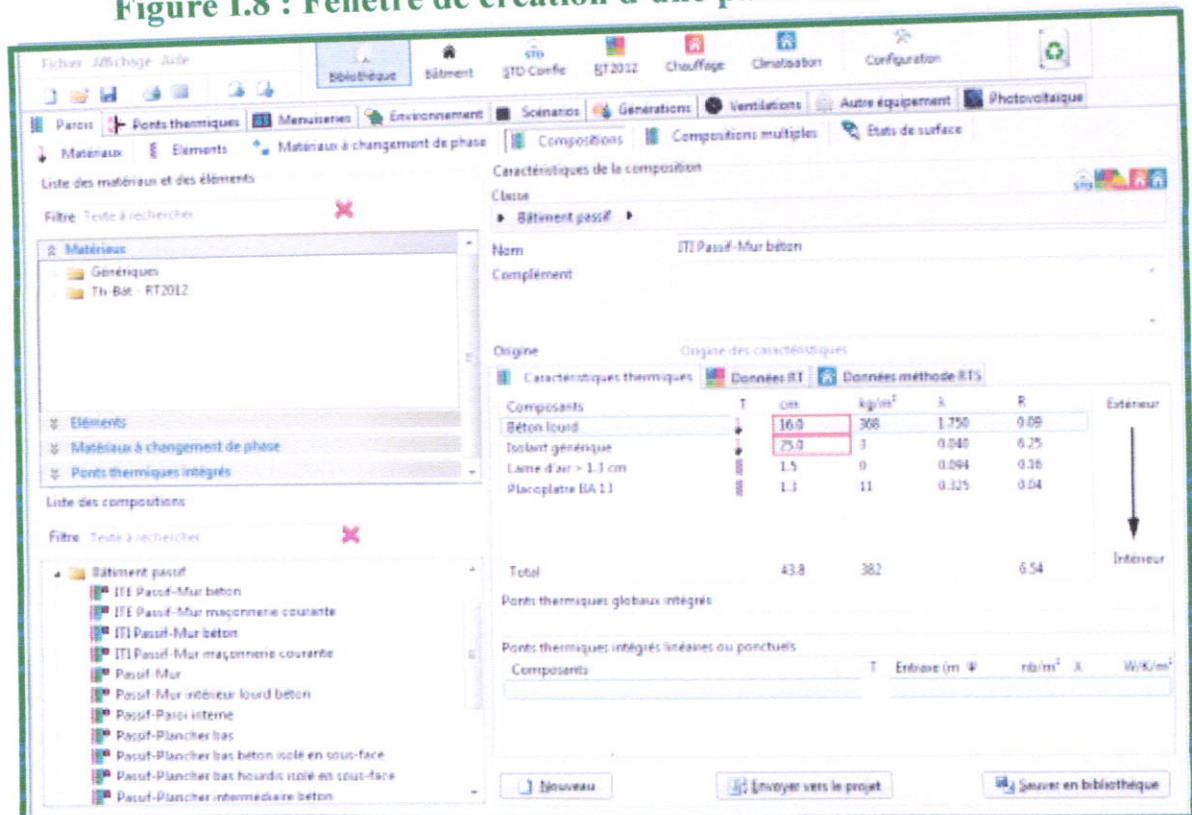
PLEIADES apporte aux différents modules de calcul une interface efficace, ergonomique et sécurisée, accélérant considérablement la saisie d'un projet et l'étude de ses variantes.

Objectifs de Pléiades COMFIE :

- Apporter une assistance pour la conception bioclimatique.
- Analyser le confort thermique grâce au module de calcul COMFIE.
- Effectuer des vérifications des exigences réglementaires grâce au module RT2012.
- il peut également permettre d'effectuer des dimensionnements de systèmes de chauffage ou de climatisation.

Pour ce faire, l'utilisateur doit décrire son bâtiment via l'utilisation de bibliothèques et de bases de données (**Figure I.8**) qui contiennent les données fabricants sur des éléments constructifs, des équipements ou encore des scénarios de fonctionnement.

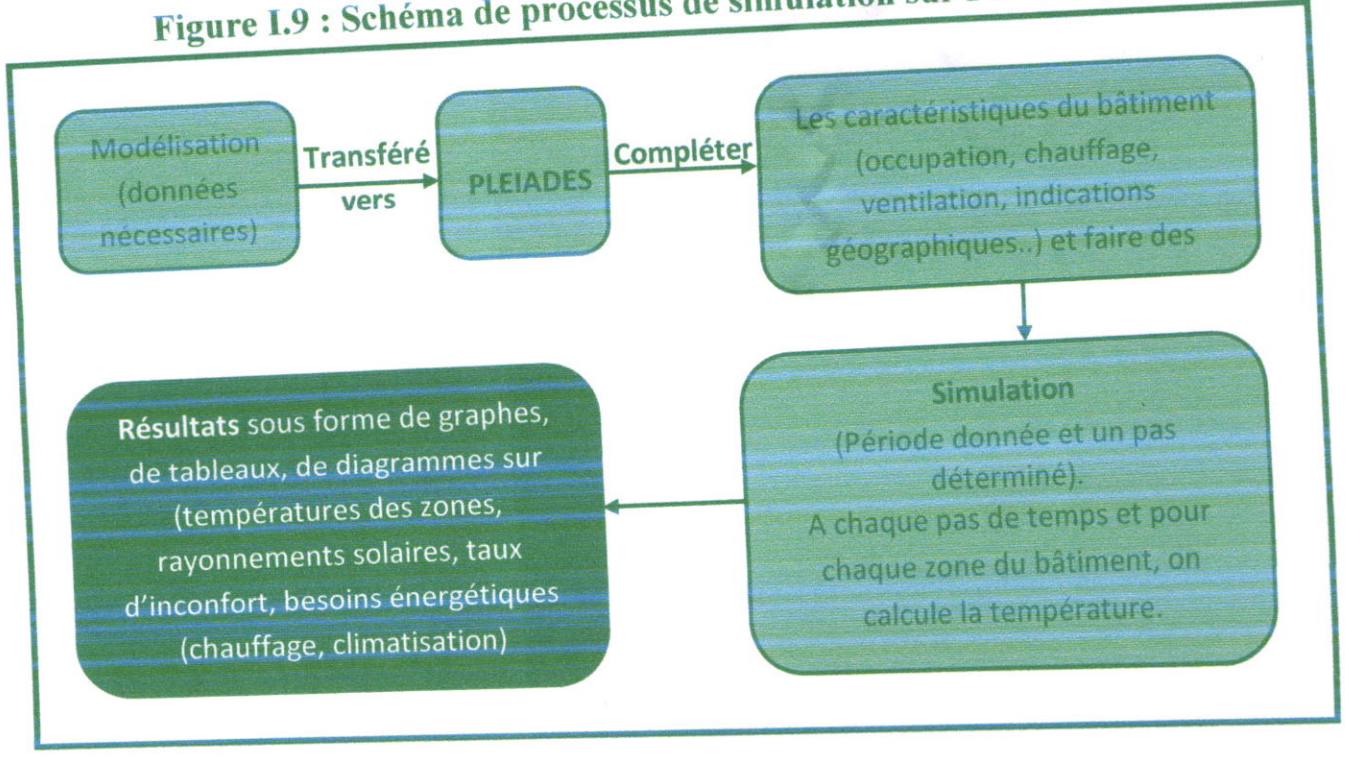
Figure I.8 : Fenêtre de création d'une paroi dans PLEIADES



Le logiciel prend en compte également l'environnement proche du bâtiment afin de pouvoir calculer d'éventuels masques proches. Un grand nombre de données est nécessaire pour pouvoir réaliser les

simulations thermiques, c'est pourquoi malgré l'aspect dynamique, complet et la saisie simplifiée de ce genre d'outil, celui-ci n'est peut-être pas complètement adapté aux besoins et informations liés à la phase esquisse.

Figure I.9 : Schéma de processus de simulation sur PLEIADES



Voici les points forts et faibles de PLEIADES au regard des besoins du concepteur lors de la phase esquisse (**Figure I.10**) :

Figure I.10 : Tableau des points forts et faibles de Pléiades + Comfie au regard des besoins du concepteur lors de la phase esquisse.

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Approche dynamique et environnement « User friendly » • Sorties graphiques simples et synthétiques • Prend en compte la norme RT2012 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite un grand nombre d'informations à fournir ce qui peut poser problème en phase Esquisse • Logiciel payant

I.4.4.2. EQUER :



EQUER est un logiciel, basé sur un « inventaire », développé par le Centre Énergétique de l'École des Mines de Paris et par l'équipe IZUBA énergies.

Tout comme Pleiades+COMFIE, le développeur (IZUBA énergies, WEB) indique une utilisation dès la période d'esquisse jusqu'aux étapes les plus avancées du projet.

Ce logiciel étant lié et dépendant de Pleiades+Comfie, nous cataloguons donc EQUER dans les assistances à l'évaluation d'une proposition détaillée. Les résultats de la simulation de PLEIADES COMFIE servent de base pour EQUER. D'autres informations sont ensuite renseignées par le concepteur, du fait qu'il considère douze paramètres environnementaux sur les quatre phases du cycle de vie du bâtiment tels que l'effet de serre (t CO₂), les déchets radioactifs (dm³), les déchets internes, etc. Ce logiciel s'oriente donc vers la mesure d'impacts quantifiables des choix architecturaux, techniques, et sociaux.

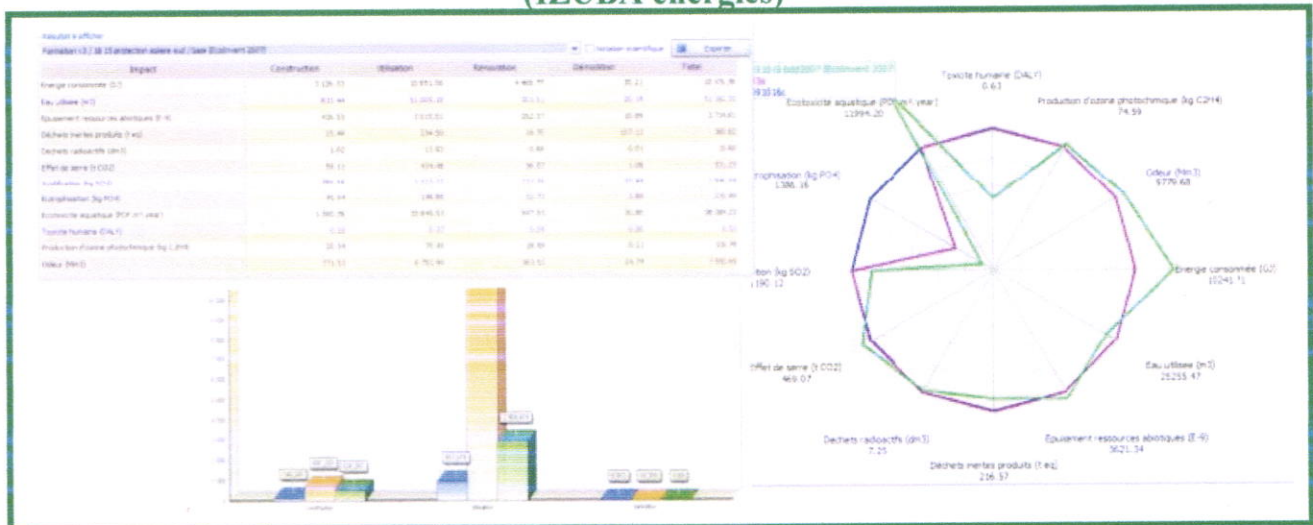
Les résultats des calculs inventaires sont présentés sous forme de tableaux, de graphiques à barres ou de diagramme.

L'outil se fonde sur les données renseignées ainsi que sur la base de données EcoInvent⁽⁴¹⁾ pour effectuer l'inventaire des différents effets engendrés sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (Peuportier, 2008) : la construction, l'utilisation, la rénovation et la démolition.

Les résultats des calculs inventaires sont présentés sous forme de tableaux, de graphiques à barres, ou de diagramme radar. Ces diverses visualisations permettent l'affichage des impacts sur le cycle de vie du bâtiment et une comparaison graphique entre projets ou variantes sur les critères d'impact.

⁽⁴¹⁾ Une centre de base des données, d'analyse de cycle de vie : <http://www.ecoinvent.ch/>

Figure I.11 : Fenêtre de présentation des résultats du logiciel EQUER. Image issue du logiciel EQUER en mode démonstration ou du site développeur (IZUBA énergies)



I.4.4.3. ECOTECT ANALYSIS :



C'est un logiciel développé par la firme américaine Autodesk, ce choix découle de plusieurs critères qui ont été pris en compte et que l'on peut regrouper comme suit :

- **La nature du problème posé et des phénomènes à analyser :**

ECOTECT ANALYSIS 2011 pour la simulation thermique

- **La disponibilité du logiciel et sa maîtrise :**

Ergonomie de son interface (plus accessible pour les architectes), et à sa similitude avec celui de 3DS MAX (les deux sont produits par la même société d'édition : Autodesk), et dont nous avons déjà un niveau de maîtrise avancée, car c'est l'un des outils de prédilection (préférence) pour les architectes dans leur profession.

- **Fiabilité du logiciel :**

Son utilisation est très répandue dans toutes les universités et laboratoires du monde, surtout dans les travaux de recherche anglo-saxons. Sa firme d'édition Autodesk est une référence mondiale dans les logiciels de simulation et d'ingénierie.

Il offre une multitude de possibilités en termes d'analyse et de simulation dynamique sur le bâtiment, son utilisation est très répandue dans le milieu scientifique et dans la recherche universitaire. Parmi les différentes analyses qui peuvent être effectuées par ECOTECT nous pouvons citer entre autre :

- L'évaluation de l'éclairage naturel en simulant les ombres, l'éclairage et la luminosité.
- Le calcul des taux d'ensoleillement et des gains solaires.

- Les simulations thermiques qui permettent de calculer les gains et les déperditions thermiques, les performances des parois (conductance, résistance thermique ...) et d'évaluer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments.
- L'élaboration de stratégies de ventilation naturelle et l'étude des mouvements d'air à l'échelle urbaine, et ce à travers les possibilités de l'associer à des logiciels capables de prendre en charge la simulation aéraulique.

I.4.4.4. REVIT :

R C'est un logiciel d'architecture édité par la société américaine Autodesk qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment pour créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...). Il est actuellement disponible en version 2018.

Revit est un logiciel de CAO, un logiciel multi-métiers destiné aux professionnels du BTP (architectes, ingénieurs, techniciens, dessinateurs-projeteurs et entrepreneurs,...).

Revit est destiné aux architectes et sert à modéliser des bâtiments en trois dimensions. Autrement dit, un seul fichier contient toutes les données. Ainsi, lorsqu'un élément change de place ou de fonction, il est mis à jour dans toutes les vues du modèle ainsi que dans les nomenclatures et sur le jeu de feuilles des plans.

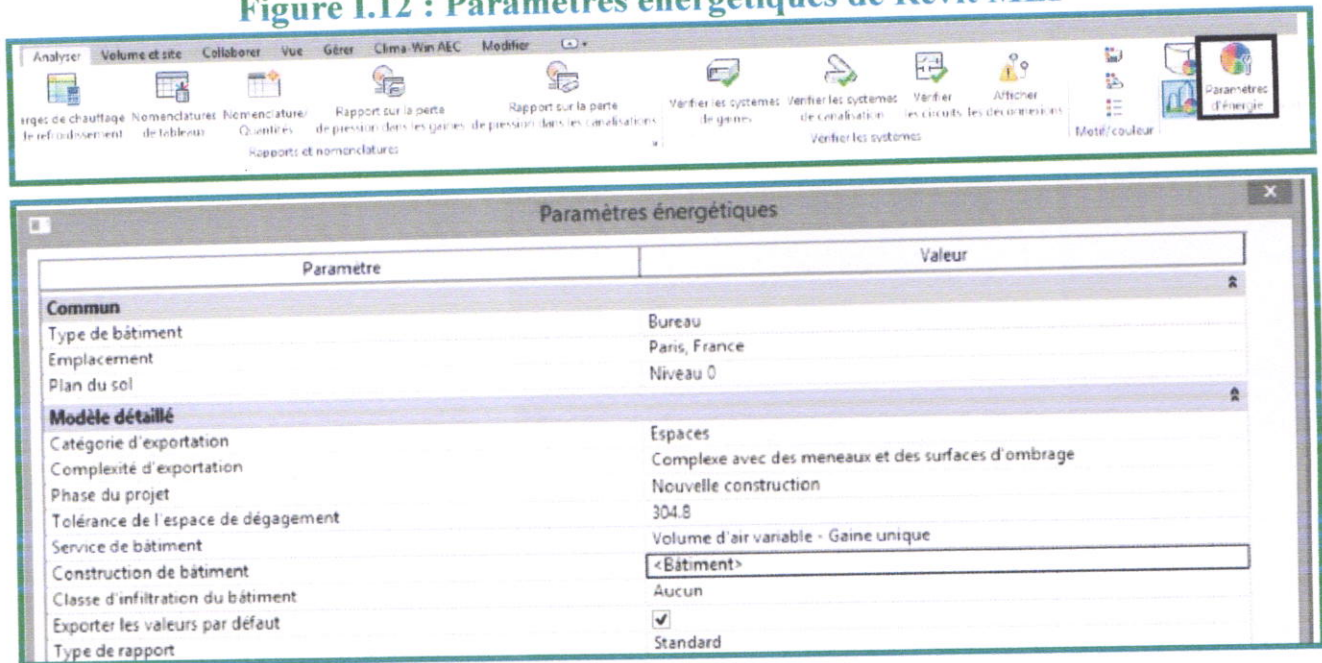
Plusieurs disciplines se rencontrent dans cette même logique, comme la structure, les réseaux, les fluides ...

Ainsi, Revit travaille en plan, en coupe, en façade, en perspective, en vue orthogonale, en coupe 3D et en nomenclatures.

La facilité de faire des changements a inspiré le nom anglais « Revit », une contraction de « Revise-It » (trad. : « Révise-le »).

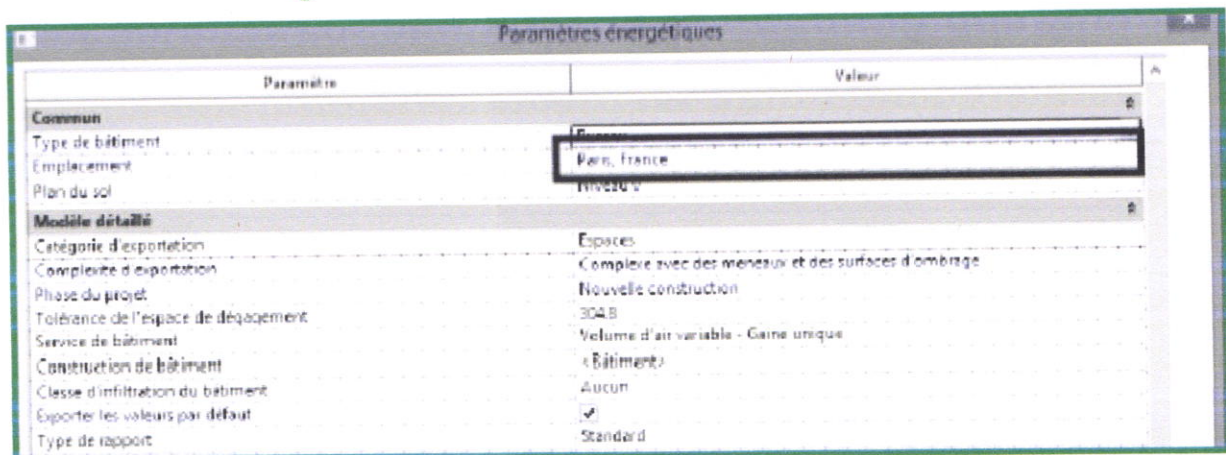
Revit MEP comporte des options d'analyse énergétique correspondant à son modèle d'analyse thermique interne. Elles sont accessibles via le bandeau « Analyser » puis le bouton « Paramètres d'énergie ». (**Figure I.12**)

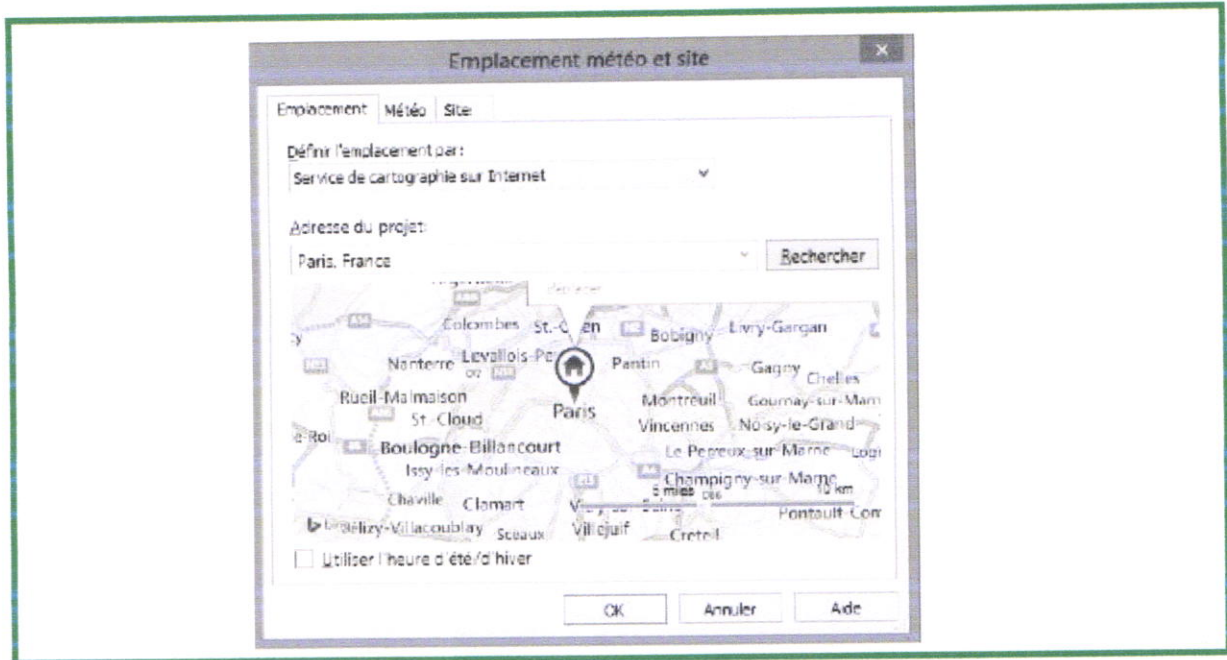
Figure I.12 : Paramètres énergétiques de Revit MEP



Revit permet de géo localiser le bâtiment de manière très précise. ClimaBIM va récupérer la latitude et la longitude définies dans Revit pour en déduire le département de travail du modèle de calcul. (Figure I.13).

Figure I.13 : Géolocalisation sur Revit MEP





I.4.4.5. EnergyPlus:



EnergyPlus est un programme complet de simulation d'énergie que les ingénieurs, architectes et chercheurs utilisent pour modéliser à la fois la consommation d'énergie

pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage et les charges de prise et de traitement.

Certaines des caractéristiques et capacités remarquables d'EnergyPlus incluent:

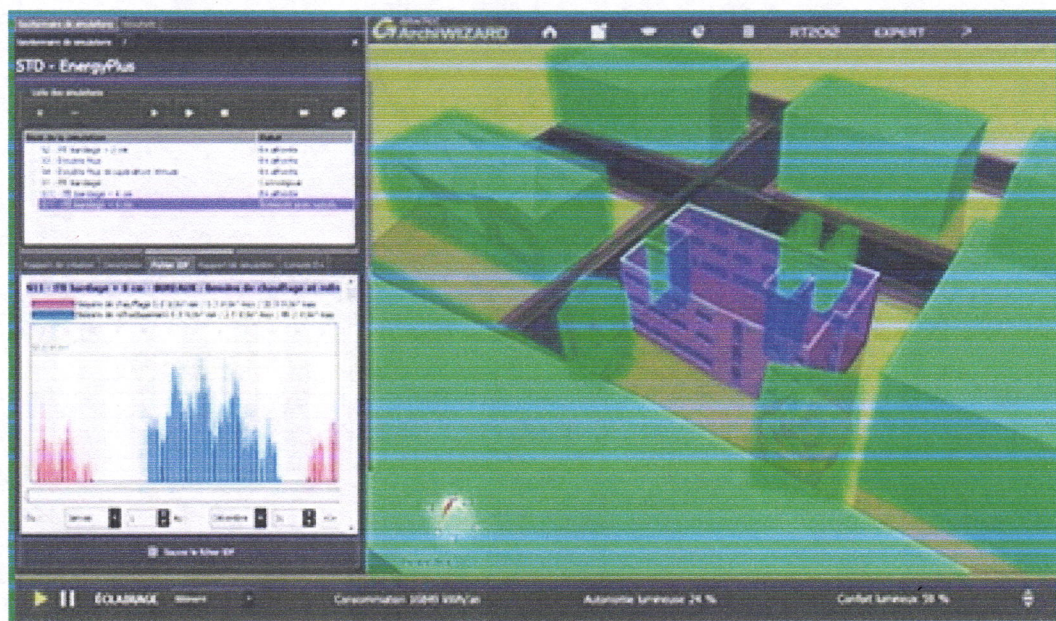
- Solution intégrée et simultanée des conditions de la zone thermique et de la réponse du système de CVC qui ne suppose pas que le système CVC peut répondre aux charges de zone et peut simuler des espaces non conditionnés et sous-conditionnés.
- Solution basée sur l'équilibre thermique des effets radiants et convectifs qui produisent des températures de surface, le confort thermique et les calculs de condensation.
- Des pas de temps sub-horaires, définissables par l'utilisateur, pour l'interaction entre les zones thermiques et l'environnement; avec des pas de temps automatiquement variés pour les interactions entre les zones thermiques et les systèmes HVAC. Ceux-ci permettent à EnergyPlus de modéliser des systèmes avec une dynamique rapide tout en échangeant la vitesse de simulation pour la précision.
- Modèle combiné de transfert de chaleur et de masse qui tient compte du mouvement de l'air entre les zones.

- Des modèles de fenestration avancés, y compris des stores réglables, des vitrages électrochromes et des bilans thermiques couche par couche qui calculent l'énergie solaire absorbée par les vitres.
- Calcul de l'éclairement et de l'éblouissement pour signaler le confort visuel et les commandes d'éclairage de conduite.
- CVC à base de composants qui prend en charge les configurations de système standard et nouvelles.
- Un grand nombre de stratégies intégrées de contrôle de l'HVAC et de l'éclairage et un système de script d'exécution extensible pour le contrôle défini par l'utilisateur.
- Functional Mockup Interface importer et exporter pour la co-simulation avec d'autres moteurs.
- Un résumé standard et des rapports de sortie détaillés, ainsi que des rapports définissables par l'utilisateur avec une résolution temporelle sélectionnable de l'année à l'heure, toutes avec des multiplicateurs de source d'énergie.

Le module STD EnergyPlus vous offre l'accès à toutes les possibilités classiques nécessaires à la simulation thermique dynamique couvrant l'enveloppe du bâtiment, les phénomènes d'inertie, les vitrages, les protections solaires, et l'analyse du confort des occupants, à partir du même modèle 3D utilisé pour les simulations bioclimatiques et les calculs réglementaires RT2012.

EnergyPlus est un moteur de calcul puissant et complet qui permet d'aller plus loin dans la finesse des phénomènes simulés.

Figure I.14 : Interface de EnergyPlus



I.4.4.6. TRNSYS (Transient System Simulation) :



C'est un logiciel de simulation thermique dynamique des bâtiments et des systèmes. Référence mondiale proposée par le CSTB. Il est destiné principalement aux domaines des énergies renouvelables et du bâtiment. TRNSYS est notamment utilisé TRNSYS intègre les variables d'emplacement, de matériaux de construction, d'architecture globale, de concept énergétique choisi, y compris les plus complexes tels que les systèmes solaires innovants. Considéré comme modulaire et évolutif, puisque la base de données des composants de TRNSYS peut être enrichie de nouveaux composants, systèmes et concepts énergétiques par son utilisateur. TRNSYS permet aux bureaux d'études, aux fabricants et aux fournisseurs de gaz et électricité de simuler les performances thermiques d'un bâtiment, y compris en géométrie 3D, afin de :

- réduire le temps et le coût des études.
- prendre en compte des phénomènes physiques dynamiques
- valider les choix architecturaux et d'équipements
- réaliser des bâtiments énergétiquement performants
- expérimenter des approches novatrices compatibles HQE

Figure I.15 : Simulation avec TRNSYS



I.4.5. Etude comparative des outils d'aide à la conception :

Cette analyse comparative des outils d'aide à la conception, va établie par rapport à plusieurs critères selon les besoins du concepteur : description, cibles/étapes traitées, nature de l'outil, sa langue, son approche, sa date de création, son auteur, son interface et si l'outil fait la modélisation ou pas.

1. Description	
PLEIADES COMFIE	C'est un logiciel de simulation énergétique du bâtiment, destiné à l'éco-conception et à l'optimisation énergétique de bâtiments.
EQUER	C'est un logiciel d'analyse de cycle de vie du bâtiment, ses fonctions est d'effectuer l'inventaire des différents effets engendrés sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (construction, utilisation, rénovation, démolition) et d'afficher les impacts des choix architecturaux sur le cycle de vie du bâtiment.
ECOTECH ANALYSIS	C'est un logiciel d'analyse environnementale, ses fonctions : l'analyse et la simulation dynamique et thermique du bâtiment.
REVIT	C'est un logiciel de CAO, DAO et de modélisation 3D, ses fonctions est de créer un modèle 3D d'un bâtiment pour créer plusieurs documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...) et l'analyse énergétique.
ENERGY PLUS	C'est un logiciel de simulation d'énergie, sa fonction est de modéliser la consommation d'énergie pour le chauffage, refroidissement, ventilation et éclairage.
TRNSYS	C'est un logiciel de simulation thermique dynamique des bâtiments et systèmes, destiné aux domaines des énergies renouvelables et du bâtiment et sa fonction est de simuler des systèmes solaires thermiques.

2. Cibles/Etapes traitées	
PLEIADES COMFIE	Cibles : Architecte, bureaux d'étude, enseignants, chercheurs en énergétique du bâtiment. Etapes traitées : Phase esquisse jusqu'aux phases les plus avancées.
EQUER	Cibles : les industriels, les professionnels du bâtiment

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

	Etapes traitées : Phase esquisse jusqu'aux phases les plus avancées.
ECOTECT ANALYSIS	Cibles : architectes, universités et laboratoires du monde, milieu scientifique Etapes traitées : les premières étapes de la conception (esquisse)
REVIT	Cibles : Professionnels du BTP (architectes, ingénieurs, techniciens, dessinateurs projeteurs, entrepreneurs ...)
ENERGY PLUS	Cibles : Architectes, ingénieurs, chercheurs
TRNSYS	Cibles : bureaux d'études spécialisés, universitaires

3. Nature de l'outil

PLEIADES COMFIE	Outil de simulation énergétique du bâtiment
EQUER	Outil d'analyse de cycle de vie (ACV) du bâtiment
ECOTECT ANALYSIS	Outil d'analyse environnementale
REVIT	un logiciel de CAO, DAO et de modélisation 3D
ENERGY PLUS	un logiciel de simulation d'énergie
TRNSYS	un logiciel de simulation thermique dynamique des bâtiments et systèmes.

4. Langue

PLEIADES COMFIE	Français, Anglais
EQUER	Français, Anglais
ECOTECT ANALYSIS	Français, Anglais
REVIT	Multilingue

ENERGY PLUS	Français, Anglais
TRNSYS	Français, Anglais

5. Approche de l'outil

PLEIADES COMFIE	Approche estimations (dynamique et environnement « User friendly »)
EQUER	Approche à estimations (inventaire)
ECOTECT ANALYSIS	Approche dynamique
REVIT	BIM
ENERGY PLUS	-
TRNSYS	Approche dynamique

6. Date de création







PLEIADES COMFIE	1994
EQUER	-
ECOTECT ANALYSIS	2010
REVIT	05 avril 2000
ENERGY PLUS	-
TRNSYS	-







7. Auteur/Développeur

PLEIADES COMFIE	Centre énergétique de l'école des mines de Paris. IZUBA Energies
------------------------	---

EQUER	Centre énergétique de l'école des mines de Paris. IZUBA Energies
ECOTECT ANALYSIS	Autodesk
REVIT	Autodesk
ENERGY PLUS	US DEPARTMENT OF ENERGY
TRNSYS	Université de Wisconsin

8. Est-ce que l'outil fait la modélisation ou pas ?	
PLEIADES COMFIE	Non
EQUER	-
ECOTECT ANALYSIS	Oui
REVIT	Oui
ENERGY PLUS	Oui
TRNSYS	-

	 PLEIADES COMFIE	 EQUER	 ECOTECT	 REVIT	 ENERGY PLUS	 TRNSYS
Description brève (nature de l'outil)	Simulation énergétique	Analyse de cycle de vie du bâtiment	Simulation thermique et dynamique	CAO, DAO, analyse énergétique	Simulation d'énergie	Simulation thermique dynamique
Cibles	Architectes, BET, enseignants, chercheurs en énergétique du bâtiment	Les industriels, les professionnels du BTP, chercheurs	Architectes, universités, laboratoires, milieu scientifique, BET	Professionnels du BTP	Architectes, ingénieurs, chercheurs	BET, universités
Etapes traitées	L'esquisse jusqu'aux étapes les plus avancées	L'esquisse APS	Les premières étapes de la conception (esquisse, APS)	L'esquisse	/	APD PRO/DCE

	 PLEIADES COMFIE	 EQUER	 ECOTECT	 REVIT	 ENERGY PLUS	 TRNSYS
Langue	Français, anglais	Français, anglais	Français, anglais	Multilingue	Français, anglais	Anglais
Approche	Approche estimations (dynamique et environnement)	Approche à estimations (inventaire), énergétique	Approche dynamique, environnementale	BIM (Building Information Modeling)	/	Approche dynamique
Date de création	1994	/	2010	2000	/	/
Auteur	Centre énergétique de l'école des mines de Paris/ IZUBA Energies	Centre énergétique de l'école des mines de Paris, IZUBA Energies	Autodesk	Autodesk	US DEPARTMENT OF ENERGY	Université de Wisconsin
Fait-il de la modélisation ?	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non

I.4.6. Synthèse :

Ces méthodes, pour la plupart, sont difficiles à prendre en mains. Elles sont souvent réservées et accessibles qu'aux ingénieurs, mais elles s'orientent peu à peu vers une utilisation par les architectes. Les interfaces plus visuelles telles qu'Alcyone pour Pleiades+COMFIE ou encore les relations facilitées entre les logiciels de conception architecturale (Eco Designer avec ArchiCAD ou ArchiWIZARD avec Revit et AutoCAD) permettent l'intégration de ces outils dans les agences

d'architecture. Cependant, bien que les interfaces soient de plus en plus intuitives, une formation à l'utilisation et à l'interprétation des résultats reste indispensable.

Ces méthodes et leur précision de simulation dépendent, dans la majorité des cas, de la qualité et de la quantité des données renseignées. Certains outils laissent la possibilité d'évaluer sur la base de valeurs par défaut. L'évaluation des performances du bâtiment nécessite le plus souvent de renseigner un ensemble de données relativement ciblées. Les modèles de simulation présents peuvent également limiter la finesse de la simulation. En effet, pour anticiper les comportements des différentes techniques ou matériaux, le comportement de ces derniers doit être modélisé et donc implémenté par le développeur. Les techniques innovantes, nouvelles ou encore inhabituelles peuvent ne pas être considérées par le logiciel.

« Les outils de calcul, destinés, pour certains, à l'aide à la conception des bâtiments, ne sont pas encore totalement adaptés à l'étude des bâtiments à énergie positive. En effet, ces derniers peuvent comporter des équipements ou des techniques constructives relativement nouvelles ou innovantes que les outils de calcul n'ont pas encore intégrés. » (Thiers, 2008)

Conclusion du chapitre :

Le projet d'architecture naît de la rencontre entre les données subjectives et objectives, le contexte et les éléments extérieurs au contexte qui caractérisent le processus de conception. Les modes de raisonnement impliqués dans ce processus sont différents mais restent complémentaires dans la mise en place du projet par le concepteur. La modélisation de ce processus est donc complexe. Nous avons simplement cherché à travers ce point à poser les bases autour desquelles se construit notre problématique.

Les questions relatives à l'utilisation des outils de simulation thermique et énergétique sont importantes dans le domaine de l'architecture. Elles sont intégrées dans les premières phases du processus de conception.

Comprendre et tenir compte des modes de raisonnement, des différents éléments qui composent le processus de conception et des pratiques professionnelles des concepteurs en architecture est essentiel afin de proposer des outils et méthodes efficaces. Être en adéquation avec leur réflexion nous permettra de proposer des innovations réellement pertinentes. Il est nécessaire de tenir compte du déroulement du processus qui s'établit dans l'activité de conception architecturale qui est complexe notamment dans les premières phases du processus.

Chapitre II

OUTILS D'AIDE A LA CONCEPTION EN ALGERIE : REALITE, HORIZONS

II.1. Introduction :

Nous présentons le protocole d'enquête mis en place afin de valider ou d'invalider nos hypothèses de départ. La méthode de travail retenue consiste à des questionnaires auprès de concepteurs et de personnes expertes dans un domaine lié à l'architecture.

Dans la perspective d'évaluer le caractère opérationnel des outils d'aide à la conception dans le processus de conception concernant les questions thermiques et énergétiques, notre travail consiste tout d'abord à comprendre les pratiques des concepteurs ainsi que le rôle des outils d'aide au projet.

La question relative au confort thermique et énergétique dans le projet architectural est importante. Il participe à ce que l'utilisateur ressent et perçoit du bâtiment. Ce sujet étant jusqu'à présent peu étudié du point de vue des concepteurs, un grand nombre d'interrogations se pose à nous. Nous souhaitons donc comprendre à travers cette étude, comment les concepteurs intègrent au préalable, dans leur projet architectural et urbain, le comportement thermique et énergétique du bâtiment.

Les démarches environnementales s'accompagnent de plus en plus d'approches et de méthodes d'aide à la conception. Nous pouvons citer pêle-mêle et sans regard exhaustif, les propositions d'outils d'aide relatifs à l'acoustique, aide à la conception bioclimatique, Outils d'aide en architecture et thermique/énergétique du bâtiment, outils de simulation thermique dynamique (STD), d'outils pour faciliter les échanges de données entre acteurs, d'estimation de coût global, etc. Ces savoir-faire techniques s'avèrent peu exploités dans les projets architecturaux. Ils restent souvent du ressort de l'enseignement supérieur, de la recherche et d'activité d'expertise (assistance à maîtrise d'ouvrage / d'œuvre et bureaux d'étude). Nous souhaitons comprendre à travers cette enquête pourquoi les concepteurs n'utilisent pas davantage les outils d'aide à la conception ainsi que le rôle de ces outils dans le processus de projet.

Cette enquête a pour principal objectif de valider ou d'invalider nos postulats de départ, à savoir :

- la majorité des connaissances et outils actuels traitant la question du confort thermique et énergétique sont utilisés à une phase trop tardive dans le processus de conception pour revenir sur les choix initiaux.
- Les données d'entrée ne sont pas précises en début de phase de conception, donc les données de sortie ne vont pas être proches de la réalité.
- La méconnaissance des outils d'aide à la conception par les architectes due à l'ignorance et à la non maîtrise.

Les méthodes d'enquêtes existantes sont nombreuses et variées. En ce qui nous concerne, elles dépendent principalement de l'objectif général de notre recherche. Il n'existe pas de méthode unique pour recueillir de l'information. Cependant au vu de notre réflexion sur la stratégie du protocole d'enquête à mener, nous développons uniquement dans ce point les différents types de questionnaires.

II.2. Enquête :

II.2.1. Protocole d'enquête

Afin de recueillir un nombre significatif d'opinions concernant nos diverses propositions pour de futurs outils d'aide à la conception, nous avons choisi de mettre en place une enquête à partir d'un questionnaire. L'intérêt de cette méthode est de bénéficier d'un instrument de mesure identique pour l'ensemble des sujets interrogés. A partir d'une situation analogue, nous pourrions réaliser des comparaisons et cerner les jugements et les appréciations de concepteurs en architecture concernant les propositions faites dans notre travail (Berthier, 2000).

II.2.2. L'enquête par questionnaire

Ce type d'enquête formule des questionnements qui visent à recueillir des réponses précises sur la thématique étudiée. L'enquête par questionnaire exige que l'on sache précisément quelles questions poser, comment les poser, et que chaque question s'intéresse à un point précis du champ d'étude enquêté.

Un questionnaire est un outil pour obtenir de l'information que nous pouvons compiler et discuter. Dans de nombreuses évaluations, un questionnaire sert de principale source d'information. Avant d'écrire un questionnaire, il est essentiel de savoir quel genre d'information nous avons besoin, pour atteindre l'objectif de l'étude et de savoir comment l'information sera utilisée. (TAYLOR-POWELL E. 1998) Les objectifs d'une enquête sont exprimés en termes de concepts et le questionnaire devient l'outil par lequel ces concepts sont mesurés. (BILOCQ F. 1999)

II.2.3. Intérêt du questionnaire

L'idée d'un questionnaire jaillit sous la pression d'un problème général à résoudre, de la recherche de réponses à la question qu'on se pose, d'un besoin d'information sur un problème psychosocial.

Ghiglione⁽³⁾ distingue les objectifs suivants :

(3) Ghiglione, R. (1987). Les techniques d'enquêtes en sciences sociales. Paris : Dunod

- **L'estimation** : il s'agit d'une collecte de données, d'une énumération de ces données. C'est la démarche la plus élémentaire dans le questionnaire. On ne cherche pas à comprendre les données, on cherche à les mettre à plat.

- **La description** : il s'agit de retirer des informations qui décrivent les phénomènes subjectifs qui sous-tendent les phénomènes objectifs et d'expliquer ainsi les phénomènes objectifs, comme les motivations, les représentations, les opinions et attentes qui orientent nos choix rationnels (nos comportements objectifs). On aborde ici le système de représentations de l'enquêté.

- **La vérification d'une hypothèse** : il s'agit ici d'une démarche déductive, le questionnaire devient un outil pour confirmer ou infirmer une hypothèse. Cette approche n'est possible que si l'on a une connaissance suffisante des problèmes à étudier. Le questionnaire est construit en fonction des hypothèses qui donnent un axe, une direction pour élaborer le questionnaire. On est à l'opposé du questionnaire pour poser des questions.

II.2.4. Les phases d'élaboration d'un questionnaire :

Toute construction de questionnaire (rédaction) doit être précédée d'une formulation claire et précise du problème, des objectifs de l'étude, que ces objectifs soient circonscrits ou au contraire très vastes. Sans objectif, on a un questionnaire pour s'informer, un questionnaire à poser des questions, pour poser ensuite des questions.

La valeur d'un questionnaire dépend des objectifs sous-jacents à l'étude. Pour cela, il est nécessaire de :

a) Définir l'objet de l'enquête : Sur quoi porte l'enquête, ainsi que les moyens matériels (contraintes de budget et de temps). À l'état naissant de l'idée d'enquête par questionnaire, il y a une intention : mieux connaître son public, savoir pourquoi on ne peut toucher tel ou tel public, fidéliser, connaître la satisfaction...

L'intention indique ici une direction, mais ne précise pas ses objectifs. Pour faire une enquête par questionnaire, il est alors nécessaire de préciser l'intention, de délimiter l'objet, ce qui permettra une estimation plus juste des moyens nécessaires.

b) Les objectifs et les hypothèses de l'enquête : Qu'est-ce que l'on cherche à mettre en évidence, qu'est-ce que l'on veut vérifier ? La définition des objectifs est impossible sans définition des hypothèses générales de l'enquête. Si l'on veut que l'enquête se fasse, il faut formuler des hypothèses qui seront testées à travers un ensemble de questions précises. L'observation de questionnaires montre qu'il n'existe pas de questionnaire d'enquêtes sans hypothèses. Mieux encore,

il faut remarquer qu'il est impossible de formuler une question sans, qu'on le veuille ou non, qu'une hypothèse y soit contenue d'une manière plus ou moins explicite.

c) Déterminer la population d'enquête ou l'univers de l'enquête : On appelle l'univers de l'enquête l'ensemble du groupe humain concerné par les objectifs de l'enquête. C'est dans cet univers que sera découpé l'échantillon. L'univers est aussi appelé la « population » de l'enquête. Déterminer exactement la population ne va pas forcément de soi. Si l'on veut enquêter sur les adolescents, les jeunes adultes, qu'entend-t-on exactement par adolescent ou jeune adulte, les définitions varient d'un auteur à l'autre, et avec eux le début et/ou la fin de chacune de ces tranches d'âges ou par spécialité.

d) Déterminer l'échantillon : C'est-à-dire combien d'individus seront retenus par rapport à l'univers. La détermination de l'échantillon à partir duquel sera effectuée l'enquête résulte d'une série d'opérations indispensables et précises dont la fonction est d'assurer la représentativité, c'est-à-dire les conditions qui garantiront la généralisation ultérieure des résultats à l'ensemble de la population.

e) Le projet du questionnaire : Sorte de canevas traçant les grands traits du questionnaire. Il s'agit de poser les questions principales par rapport à l'objet de l'enquête.

f) Le prétest : Il s'agit d'une phase fondamentale, souvent négligée, qui consiste à mettre à l'épreuve le questionnaire par rapport à quelques individus, autrement dit à le tester. Elle est donc centrée sur l'évaluation du questionnaire lui-même. L'approche est ici plus qualitative que quantitative. Il s'agit d'évaluer la clarté et la précision des termes utilisés et des questions posées, la forme des questions, l'ordre des questions, l'efficacité de la mise en page, éliminer toutes les questions ambiguës ou refusées, repérer les omissions, voir si le questionnaire est jugé trop long, ennuyeux, indiscret, etc.....

h) Le choix du mode d'administration du questionnaire et de sa présentation :

Il existe différents modes d'administration

- Par enquêteur : une personne pose des questions et note les réponses de l'enquêté, le taux de réponse est élevé. Dans le face à face avec un répondant, la personnalité de l'enquêteur joue un rôle dont il faut connaître les effets.
- Auto-administration : l'enquêté répond seul au questionnaire
- L'envoi postal qui donne généralement un taux de réponse faible (entre 10-20%)
- Par téléphone : il peut se faire dans des délais très courts et constitue un compromis acceptable sur les plans des coûts et du taux de réponse

- Par Internet

Un questionnaire se compose de trois parties :

- Des instructions à l'enquêteur ou l'enquêté dans le cas du questionnaire auto-administré
- Des questions
- Grille de codification des réponses

i) Le dépouillement et le codage des résultats : Lorsque les questionnaires sont rentrés, il s'agit de procéder à leur dépouillement, autrement dit de transcrire les réponses sous une forme homogène afin de pouvoir les traiter, les comparer et établir des relations entre elles.

j) L'analyse des résultats en relation avec les objectifs de l'enquête : L'analyse des résultats d'une enquête va permettre de confirmer ou d'infirmer les hypothèses émises au départ. Par ailleurs, s'ajoute toujours à cette démarche une phase d'interprétation des résultats obtenus. C'est-à-dire une phase de compréhension de l'existence de relations entre diverses variables.

Les méthodes de la statistique descriptive et inductive peuvent être utilisées pour analyser les données recueillies. À l'heure actuelle, on dispose d'outils statistiques telles que l'analyse en composantes principales, l'analyse factorielle des correspondances, etc. qui vont tenter d'appréhender un ensemble de données complexes et donner une vue du phénomène dans sa totalité.

k) La rédaction du rapport et de la publication éventuelle des résultats : Il n'existe pas vraiment de règle pour le rapport d'enquête, sinon qu'il faut en rédiger un. Afin qu'il puisse être lu, le rapport se doit de comporter trois parties : une introduction sur les objectifs de l'enquête et sur la population concernée, la présentation et le commentaire des résultats, la présentation devant comporter des tableaux clairs, enfin la méthodologie utilisée et la justification des calculs (les omettre crée de la suspicion avec l'idée que les enquêteurs dissimulent leur carence méthodologique).

II.2.5. Le questionnaire

a) L'introduction du questionnaire : Tout questionnaire doit être introduit par des phrases explicatives qui doivent :

- Indiquer le nom de l'organisme qui réalise l'étude, autrement dit préciser ses références
- Préciser les buts de l'étude en soulignant son importance. Pour un questionnaire sur l'éducation, on peut souligner l'importance de l'étude pour l'avenir de la jeunesse....

- Montrer à la personne interrogée pourquoi on l'a choisi et la nécessité qu'elle a de répondre aux questions

- Il faut également garantir l'anonymat et remercier l'enquêté des sacrifices de son temps

L'introduction doit être brève, efficace. Très souvent, c'est à l'enquêteur, qu'incombe la lecture de l'introduction.

À noter que pour un questionnaire postal, on peut joindre au questionnaire une lettre explicative signée, plus détaillée que l'introduction. L'effet de la lettre est supérieur par rapport aux consignes données en tête du questionnaire.

b) Les questions : Un questionnaire s'articule autour de différentes questions ayant pour similarité d'avoir un vocabulaire simple, d'éviter les mots à plusieurs sens, d'utiliser des formules grammaticales claires et d'être d'un niveau conceptuel adapté

Dans la formulation des questions, il s'agit ici de décrire le type de questions que le rédacteur peut choisir pour composer son questionnaire :

- **les questions fermées à réponse unique :** ce sont les questions les plus simples. La question est le plus souvent sous forme interrogative, ce qui provoque des réponses d'approbation ou évaluation sur une gamme de jugements prévus.

Ce type de question conduit à choisir entre différentes réponses proposées et brèves par l'enquêteur :

- Oui ou non,
- Choix d'une réponse entre plusieurs réponses possibles (questions à réponse unique),

Les questions fermées évaluent les réponses obtenues au travers de mots, notes, échelles de valeur, appréciations, proposés par l'enquêté. Le type de réponse peut être de différents ordres : réponses oui/non ; choix de réponse entre plusieurs réponses possibles mentionnées (questions à réponse unique), Pour formuler les questions, on peut demander la consigne suivante (**Figure II.1**) qui dans tous les cas doit être clairement affichée, avec aucune ambiguïté et il faut qu'elle soit la même, il faut garder une démarche cohérente dans la présentation et les consignes.

Figure II.1 : Consignes de présentation pour les questions fermées

. Barrer la réponse qui convient : oui ~~non~~
. Entourer la réponse qui convient : (oui) non
. De cocher la case qui correspond à la réponse :
Oui
Non

D'autres modes de présentation sont envisageables. L'avantage des questions fermées est le suivant :

- Facilité de faire un questionnaire
- Facilité pour coder un questionnaire
- Facilité de réponse pour le questionné

Très souvent, on les utilise en début de questionnaire. Elles peuvent servir de filtre par rapport au quota.

Elles sont inefficaces et contre-indiquées pour un questionnaire pouvant provoquer plusieurs réponses, des réponses nuancées, autrement dit pour toutes les questions où l'on a du mal à répondre par oui ou par non, où l'on souhaite répondre autre chose.

Toutefois, ce type de question, les questions fermées, a un sens. Il s'agit de conduire le sujet à prendre position (à choisir une tendance), même s'il n'y adhère que partiellement.

Pour éviter l'aspect négatif d'une question fermée (2 réponses), il est possible de proposer une question comportant une échelle d'attitude (**Figure II.2**), la réponse pourra être plus nuancée (personnalisée).

Figure II.2 : Echelle d'attitude et graduée d'une réponse

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tout à fait			Pas du tout			
Satisfait(e)			satisfait(e)			
1 = pas du tout important, 5 = très important ; les notes intermédiaires permettent de nuancer votre jugement.						
(Cochez la case qui correspond à votre jugement)						
Pas du tout important	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Très important

• **les questions à choix multiples ou questions préformées ou question cafétéria :**

L'enquêté choisit parmi plusieurs réponses, celles qui conviennent le mieux à son opinion.

La formulation de ce genre de question nécessite le plus souvent une pré-enquête où l'on recueille l'ensemble des diverses opinions émises. Très souvent, les questions pré-formées résultent d'un préquestionnaire avec questions ouvertes.

L'avantage de ces questions par rapport aux questions ouvertes est qu'elles facilitent la tâche de la personne interviewée, de l'enquêteur et du dépouillement.

Leur inconvénient est qu'elles peuvent suggérer aux personnes interviewées des réponses auxquelles elles n'auraient pas pensées. Elles peuvent également ne pas donner à l'interviewé la possibilité d'exprimer fidèlement son opinion. Pour remédier à ceci, on crée la catégorie « Autres ».

Autres (Précisez).....

Cette catégorie s'analyse comme pour les questions ouvertes, en analyse de contenu. Si la fréquence des réponses à la catégorie « Autres » est trop élevée, voir supérieure à celles des catégories précodées, c'est le signe d'un mauvais questionnaire. La fréquence des réponses doit être faible, mais se pose alors la valeur et l'intérêt de cette catégorie.

Il est important de préciser si l'enquêté doit cocher : 1 réponse, plusieurs réponse, autant qu'il veut, etc

• **les questions ouvertes :**

Ce type de question amène la personne à donner une réponse libre c'est-à-dire avec son propre vocabulaire. Les questions ouvertes ont pour but de recueillir des réponses verbales de type phrases ou discours. Elles se doivent de laisser l'enquêté répondre avec ses propres mots sans influencer une réponse. L'enquêteur n'impose aucune catégorie, mot, terme, expression à formuler dans les réponses attendues. Ce type de question amène la personne à donner une réponse libre c'est-à-dire avec son propre vocabulaire.

Elle entraîne des réponses objectives. Elle met en évidence la méconnaissance de celui qui a construit le questionnaire. Elle doit être une question préformée.

Il faut savoir que le plus souvent quand les questions ouvertes sont posées, elles entraînent des réponses assez courtes (une ou deux idées).

Les avantages des questions ouvertes sont les suivants :

- On ne contraint pas le sujet à donner une réponse qui ne lui correspond pas tout à fait. Dans les questions fermées, le sujet doit choisir ou non. Parfois, son point de vue est plus nuancé. La question ouverte va lui permettre de s'exprimer. Très souvent les questions fermées provoquent un sentiment de frustration, on ne se sent pas concerné et l'on est obligé de répondre,
- La question ouverte est plus vivante, plus motivante. La question fermée provoque souvent des réponses automatiques entre le oui et le non, sans que l'interviewé ne réfléchisse vraiment. Il y a une implication de l'interviewé dans les questions ouvertes,
- Elle peut faire apparaître des informations auxquelles on n'aurait pas pensées, même avec une préenquête pour construire un questionnaire. En interrogeant seulement quelques personnes, il est impossible de passer en revue toutes les opinions, la question ouverte permet de rattraper des outils,

de palier l'inefficacité de certaines questions mal formulées par rapport au problème (on peut passer à côté d'un point important).

Les inconvénients des questions ouvertes :

Toutefois, la question ouverte n'est pas le remède miracle et ne saurait se substituer aux autres types de question. Elle comporte également des inconvénients. Elle peut provoquer un comportement d'évitement, l'interviewé se sent directement engagé. On l'oblige à s'investir, d'où parfois, certains biais, le discours reste neutre si le sujet est délicat. On attend d'un questionnaire de pouvoir y répondre très vite, sans trop réfléchir, la question ouverte arrête, contraint à la réflexion, le risque est qu'on la passe, qu'on y mette seulement quelques mots, alors que l'on aurait plus à dire.

La question ouverte est également longue à dépouiller. Il faut analyser chacune des réponses, en comprendre le sens, ce qui n'est pas toujours évident. Très souvent, on ne laisse pas le temps au sujet de s'exprimer complètement. On se retrouve ainsi avec une information riche, mais ambiguë.

Une question ouverte se dépouille en faisant une analyse de contenu qui consiste à créer des catégories et à classer les différents discours dans ces catégories.

Les questions ouvertes nécessitent d'être traitées par des personnes qualifiées, alors que les autres questions peuvent être dépouillées par toutes personnes.

• **les questions à classement :**

L'enquête classe les réponses possibles dans l'ordre de préférence. Le classement des 2-3 premiers critères est facile à réaliser pour l'enquête. Il peut être considéré comme juste. En revanche, la qualité du classement des dernières propositions (surtout s'il y en a 6 ou plus) est souvent difficile. Il arrive qu'on donne la liste des propositions en demandant à l'enquête d'en choisir deux ou trois parmi l'ensemble.

Pour ce type de question, il ne faut surtout pas oublier de préciser la nature de la consigne.

• **les questions d'opinions :**

Ce type de question s'intéresse à ce que pensent les personnes interrogées. que pensent-ils ?, échelles unidimensionnelles : sous forme de choix d'une réponse sur une échelle graduée ou des échelles bipolaires : satisfait/mécontent/faux/vrai, classement ou préférences, choix forcés. Dans ce type d'enquête, ordre et contenu des réponses sont établis de manière précise et un objectif de représentativité de l'échantillon établi doit être respecté afin d'obtenir des données significatives.

Les réponses des questions d'opinions se basent sur :

- Des échelles unidimensionnelles sous la forme de choix d'une réponse sur une échelle graduée,

- Des échelles bipolaires telles que : satisfait / mécontent, vrai / faux, plaisant / déplaisant, compliqué / simple,
- Des classements ou préférences tels que donner un ordre à différents critères proposés,
- Des choix forcés.

c) L'organisation des questions ou la structuration de l'ensemble du questionnaire :

Il est bon de commencer par des questions simples qui mettent l'enquêté en confiance. Les premières questions doivent être des questions de prise de contact destinées à gagner la confiance de l'enquêté. Toutefois, un autre courant considère qu'il faut partir de questions intéressantes, motivantes, qui donnent envie de continuer à remplir le questionnaire, ce qui n'est pas le cas des questions simples à réponse oui/non.

Quand on a peu l'habitude de réaliser un questionnaire, il est préférable de regrouper les questions par thème et pour chaque thème, de partir de la question la plus générale pour aller vers les questions les plus particulières et également les plus impliquantes (personnelles). Le regroupement par thèmes canalise l'attention de l'enquêté, rend le questionnaire cohérent.

Pour passer d'un thème à l'autre, des phrases de liaisons ou des questions de transition peuvent être posées, du genre « Nous allons maintenant parler de... ». Le sujet sait ici que l'on change de thème, d'où il se reprend, recentre son attention.

Enfin, on termine les questions par des questions d'identification : sexe, CSP, etc... qui offre un intérêt limité.

La longueur du questionnaire dépend de ce que l'on cherche et de la précision des résultats que l'on veut obtenir (qualité de l'information). Il ne faut pas hésiter à supprimer les questions qui ne sont pas en rapport direct avec l'étude, même si elles sont intéressantes, d'où la nécessité de se fixer dès le début des objectifs précis. La tentation est toujours grande d'ajouter des questions : c'est un défaut.

Il faut également surveiller que les questions ne fassent pas double emploi (sauf si l'on cherche à vérifier le bien fondé de la réponse).

La longueur du questionnaire détermine en grande partie le nombre de personnes qui accepteront d'y répondre. Il sera plus facile de trouver des personnes qui acceptent de répondre en $\frac{1}{4}$ h plutôt qu'en $\frac{3}{4}$ h. Plus le questionnaire est long, plus la fatigue s'installe et moins bonne est la précision des réponses.

Parfois, les personnes répondent très vite ou n'importe quoi, pour se débarrasser du questionnaire.

Toutefois, si les questions sont motivantes, suscitent une implication de la part de l'enquêté, la longueur du questionnaire pose moins de problème.

Les questions posées doivent attirer l'attention, éveiller l'intérêt et laisser à l'enquêté une liberté de réponse.

Les questions posées doivent être facilement compréhensibles : le vocabulaire doit être adapté aux personnes interrogées. Il faut utiliser les mots du langage courant. Il faut éviter les mots qui choquent, trop chargés affectivement et leur préférer des équivalents neutres.

Il faut éviter les mots trop techniques, les mots abstraits, les sujets à équivoques.

d) La mise en page

Elle est très importante : le choix des caractères, du papier, la mise en page, la disposition des questions etc... sont autant d'éléments qui peuvent faciliter la passation des questions ou la freiner (gain ou perte de temps). Ces critères jouent également par rapport à la représentation que ce fait l'enquêté de l'enquêteur et de l'étude.

II.2.6. Questionnaire proposé

L'enquête mise en place ayant pour principal objectif de valider ou non les différentes innovations proposées pour de futurs outils, nous avons ciblé notre échantillon sur un large panel de concepteurs en architecture. Nous avons donc choisi de questionner l'ensemble des architectes travaillant dans différents secteurs et différentes régions en Algérie. Ces architectes sont en contact tous les jours avec ces outils d'aide à la conception. Il nous semble intéressant de recueillir leur point de vue.

Nous avons essentiellement articulé notre questionnaire à partir de questions d'opinions et les questions ouvertes afin de recueillir l'appréciation et les points de vue des personnes interviewées et les questions fermées.

Pour cela, nous avons organisé le questionnaire en différentes parties (Annexe N° I : "Questionnaire de l'enquête") :

- 1- recueil des renseignements concernant la profession de l'enquêté ainsi que l'utilisation d'outils d'aide au projet (aide à la conception ou à la décision) dans son activité professionnelle,
- 2- questionnements relatifs aux logiciels : vision globale de l'outil,
- 3- questionnements relatifs à l'interface de l'outil,
- 4- questionnements relatifs aux données d'entrées de l'outil,
- 5- questionnements relatifs aux résultats proposés par l'outil,
- 6- recueil d'un avis général sur l'outil.

Les parties 1 et 6 sont composées de questions fermées nous permettant de cibler de manière précise la situation professionnelle de l'enquêté et de questions ouvertes afin de laisser la liberté à l'enquêté de s'exprimer.

Les parties 2, 3, 4 et 5 sont essentiellement composées de questions d'opinions dont la réponse est à mentionner sur une échelle graduée unidimensionnelle. La majorité des questions s'articule autour de la proposition d'échelle de valeur suivante (**Figure II.3 et Figure II.4**).

Figure II.3 : Echelle de valeur proposée pour les questions d'opinions (extrait du questionnaire)

<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> très peu <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> moyennement <input type="checkbox"/> relativement bien <input type="checkbox"/> bien <input type="checkbox"/> tout à fait
Eventuels commentaires :
.....
.....
.....

Figure II.4 : Echelle de valeur proposée pour les questions d'opinions (extrait du questionnaire)

<input type="checkbox"/> mécontent <input type="checkbox"/> très peu <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> moyennement <input type="checkbox"/> satisfait
Eventuels commentaires :
.....
.....
.....
.....

II.2.7. Synthèse :

L'intérêt de l'enquête est de recueillir des informations qui qualifient la pratique des concepteurs concernant les questions relatives au choix et le rôle des outils d'aide à la conception dans le processus de projet architectural. Nous nous situons dans l'axe de recherche sur les pratiques.

Une fois le prototype d'outil d'aide à la conception mis en place, nous évaluerons les innovations proposées en matière d'outils d'aide à la conception en réalisant une enquête à partir d'un questionnaire composé principalement de questions fermées.

II.3. Analyse des résultats :

II.3.1. Introduction

Une fois les données recueillies, il faut en tirer des conclusions utiles. Les principales actions de cette étape sont la vérification de la codification, le traitement informatique et l'analyse proprement dite. Peu d'institutions muséales disposent de ressources techniques nécessaires à la saisie et aux traitements informatiques des données. Il existe aujourd'hui certains logiciels en français qui sont spécialisés dans le traitement des enquêtes par questionnaires et qui sont assez interactifs et donc relativement simples à utiliser (Sphinx, Modalisa, ...).

Avant la saisie des données et leurs traitements, il faut vérifier la codification des questionnaires qui a été effectuée afin de s'assurer de la cohérence des codes correspondant aux questions dans l'ensemble des questionnaires.

Après le travail de codage des données, le traitement des données peut commencer. Dans un premier temps, on opère une série de tris à plat sur l'information à partir de laquelle on va étudier chaque variable de l'objet d'enquête, une à une. On procède ensuite à une série de tris croisés ou croisement des questions entre-elles.

II.3.2. Partie I « aperçu général sur l'enquête » :

- **Question N° 1 :** l'objectif du questionnaire était de cibler le profil d'architecte donc tous les enquêtés sont des architectes (**Figure II.5**)

**Figure II.5 : La question sur le profil de l'enquête
(Extrait du questionnaire voir Annexe N° I)**

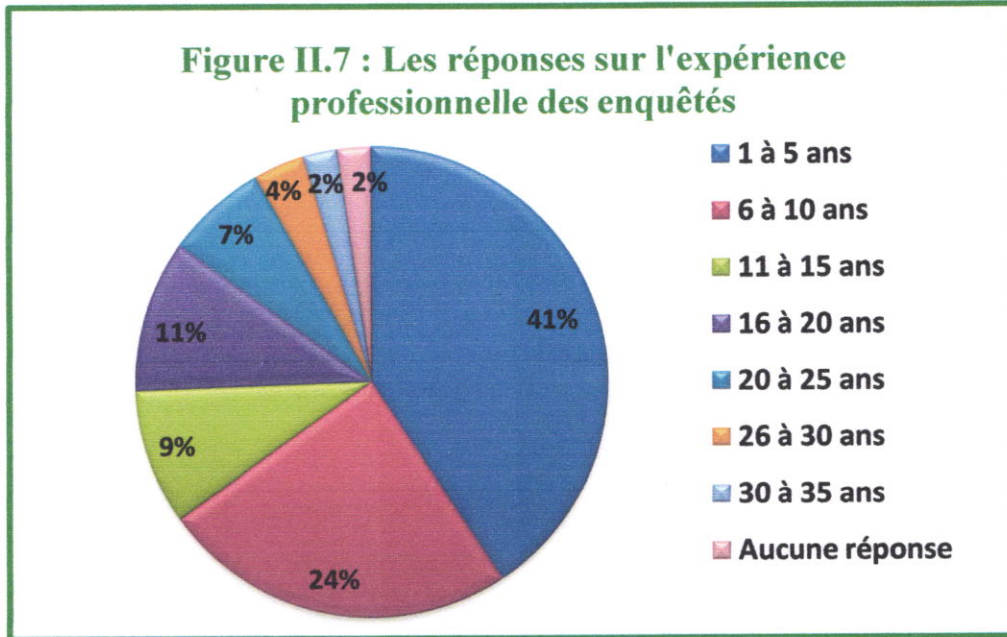
- Profil

Question N° 2 : L'objectif de cette question est de mettre une relation entre l'expérience professionnelle et la méconnaissance des outils d'aide à la conception architecturale par les architectes (**Figure II.6**).

**Figure II.6 : La question sur l'expérience professionnelle de l'enquête
(Extrait du questionnaire voir Annexe N° I)**

- Expérience professionnelle (nombre d'années).....

Résultats de la question N° 2: D'après les réponses, elles se présentent comme suit (**Figure II.7**) :



Discussion de la question N°2 :

J'ai essayé de toucher plusieurs tranches d'âges pour analyser la relation entre l'expérience professionnelle des architectes et leur méconnaissance des outils d'aide à la conception architecturale. Le plus grand pourcentage revient aux débutants de 1 à 5 ans d'années d'expérience (**Figure II.7**)

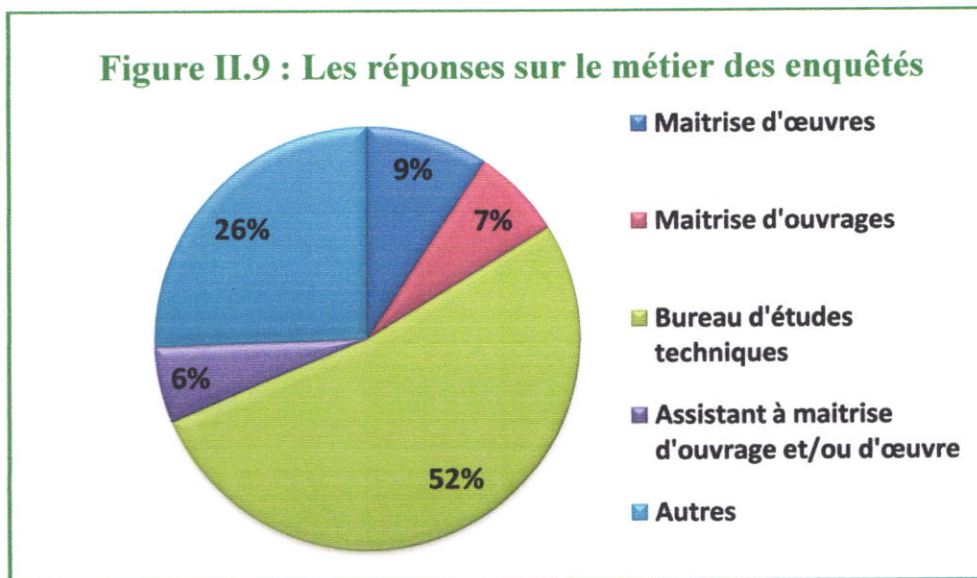
1 à 5 ans	6 à 10 ans	11 à 15 ans	16 à 20 ans	20 à 25 ans	26 à 30 ans	30 à 35 ans
41 %	24 %	9 %	11 %	7 %	4 %	2 %

Question N° 3 : L'objectif de cette question est de connaître le lieu d'intervention de l'architecte (**Figure II.8**)

**Figure II.8 : La question sur le métier de l'enquêté, Extrait du questionnaire
(voir Annexe N° I)**

- Votre métier :	Maitrise d'œuvres	<input type="checkbox"/>
	Maitrise d'ouvrages	<input type="checkbox"/>
	Bureau d'études techniques	<input type="checkbox"/>
	Assistant à maitrise d'ouvrage et/ou d'œuvre	<input type="checkbox"/>
	Autres (précisez) :	

Résultats de la question N° 3 : D'après les réponses (**Figure II.9**), elles se présentent comme suit :



Discussion des résultats :

Pour la question du métier des enquêtés, j'ai visé quatre (4) types de métiers, que pourrait l'architecte travailler : maitrise d'œuvres, maitrise d'ouvrages, bureau d'études techniques, assistant à maitrise d'ouvrage et/ou d'œuvre ou autres. Le plus grand pourcentage revient aux bureaux d'études techniques puisque dans mon enquête j'ai visé beaucoup plus les bureaux d'études techniques (**Figure II.9**)

Question N° 4 : L'objectif de cette question est d'avoir un aperçu s'il y a une diversité ou une monotonie dans les projets conçus par les architectes (**Figure II.10**)

Figure II.10 : La question sur la nature des projets conçus, Extrait du questionnaire (voir Annexe N° I)

- Nature des projets conçus :

.....

.....

.....

Résultats de la question N°4 : D'après les réponses, les projets conçus et les tâches effectuées sont :

- Habitat collectif et individuel

CHAPITRE II : OUTILS D'AIDE A LA CONCEPTION EN ALGERIE : REALITE, HORIZONS

- Equipements : lycée, équipement de sport, blocs administratifs, hôpitaux, cliniques, blocs opératoires, infirmeries, rééducation physique, centres d'accouchements,
- Suivi de réalisation des projets
- Les plans de partage
- Régularisation de constructions sans permis de construire
- PDAU
- Plan d'occupation des sols
- Plan de lotissement
- Réaménagement de maison et de locaux commerciaux
- Aéroport terminal

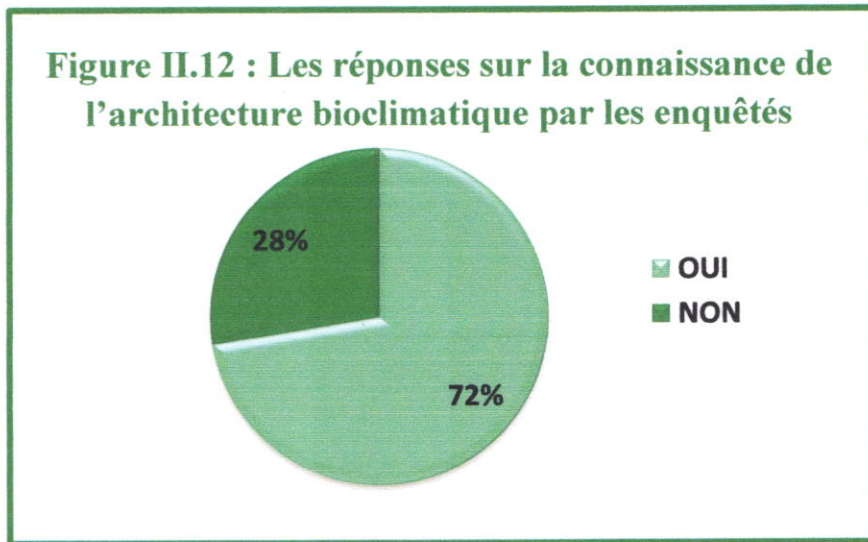
Discussion des résultats : On remarque qu'il y a une diversité dans les projets conçus, mais c'est l'habitat qui revient à un nombre répétitif. Sachant que le secteur résidentiel est le plus grand consommateur d'énergie, on doit sensibiliser et aider les architectes à concevoir des habitations à basse consommation d'énergie.

Question N° 5 : L'objectif de cette question est d'avoir une idée si les architectes connaissent la conception bioclimatique qui est en relation avec l'intégration de l'aspect énergétique dans le projet (Figure II.11)

Figure II.11 : La question sur la connaissance de la conception bioclimatique par les enquêtés, Extrait du questionnaire (voir Annexe N° I)

- | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|
| - Connaissez-vous la conception bioclimatique ? | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
|---|------------------------------|------------------------------|

Résultats de la question N° 5 :



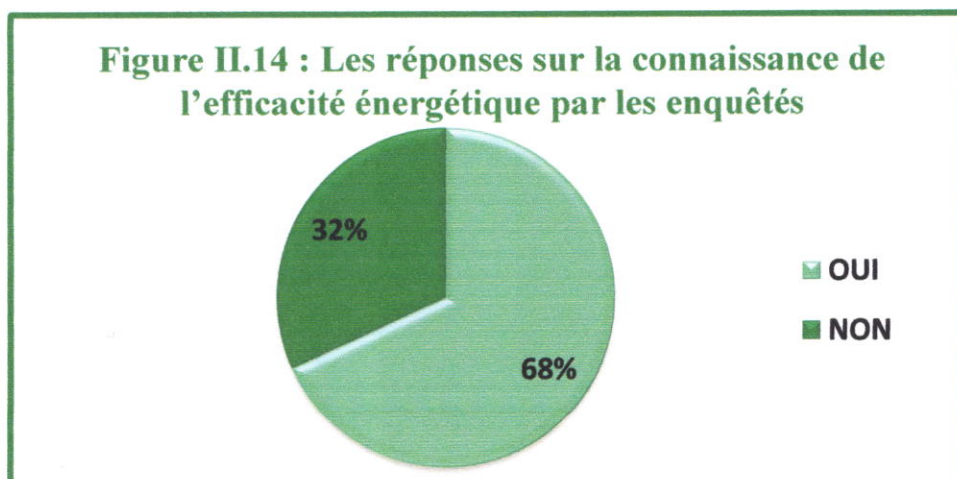
Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.12**), le taux des architectes qui connaissent l'architecture bioclimatique dépasse celui de ceux qui ne la connaissent pas.

Question N° 6 : L'objectif de cette question est d'avoir une idée si les architectes connaissent l'efficacité énergétique du bâtiment qui consiste à concevoir tout en réduisant la consommation énergétique et en ayant un confort thermique meilleur (**Figure II.13**)

Figure II.13 : La question sur la connaissance de l'efficacité énergétique par les enquêtés, extrait du questionnaire (voir Annexe N° I)

- Connaissez-vous l'efficacité énergétique du bâtiment ? Oui Non

Résultats de la question N° 6 :



Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.14**), le taux des architectes qui connaissent l'efficacité énergétique dépasse celui de ceux qui ne la connaissent pas.

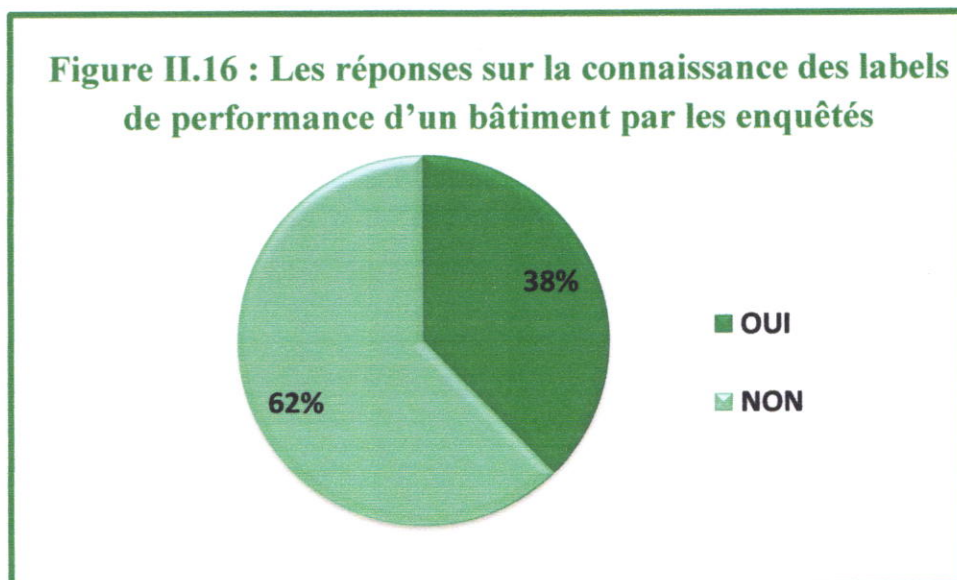
Question N° 7 : L'objectif de cette question est d'avoir une idée si les architectes connaissent les labels de performance énergétique d'un bâtiment qui peuvent être intégrés dans l'outil d'aide à la conception architecturale (**Figure II.15**)

Figure II.15 : La question sur les labels de performance d'un bâtiment, extrait du questionnaire (voir Annexe N° I)

- Connaissez-vous les labels de performance d'un bâtiment (HPE, THPE, BBC,) ?

Oui Non

Résultats de la question N° 7 :



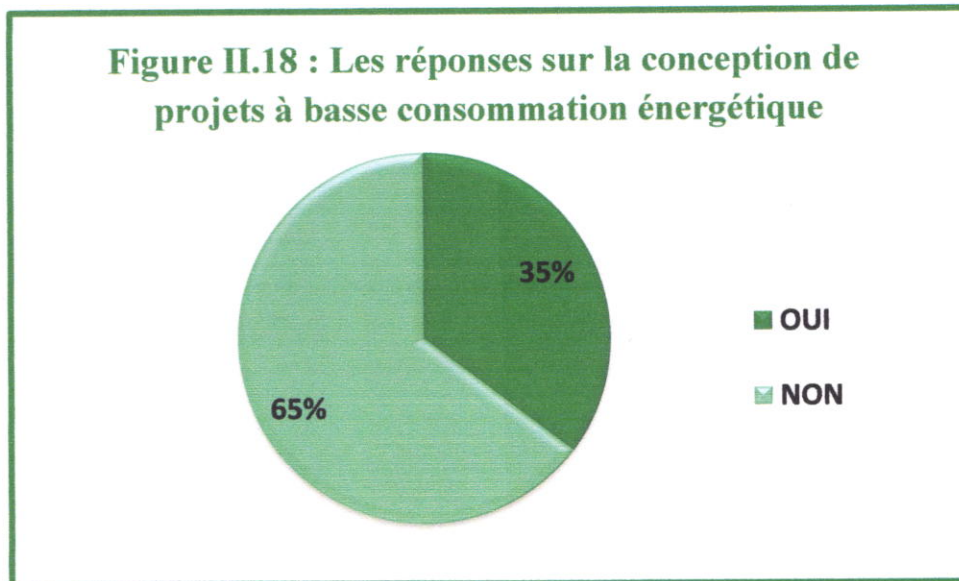
Discussion des résultats : D'après les réponses, on voit très bien que la plupart des architectes ne connaissent pas les labels de performance d'un bâtiment.

Question N° 8 : L'objectif de cette question est d'avoir une idée si les architectes ont déjà travaillé sur des projets à basse consommation énergétique et de connaître les démarches et s'ils ont utilisé des outils d'aide à la conception architecturale dans leurs démarches (**Figure II.17**)

Figure II.17 : Question sur la conception de projets à basse consommation énergétique, extrait du questionnaire (voir Annexe N° I)

- Avez-vous déjà travaillé sur des projets à basse consommation énergétique ou bâtiments performants ? Oui Non
Si oui, quels sont les démarches et les outils d'aide à la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique utilisés ?
Les démarches :
.....
Les outils d'aide à la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique et à quelle fréquence d'utilisation (par type de projet/ou par mois ou par an)
.....
.....

Résultats de la question N° 8 :



Les démarches : D'après les réponses des enquêtés, sont comme suit :

- L'orientation du bâtiment,
- la forme du bâtiment pour créer de l'ombre
- ouvertures selon l'orientation,
- calculs des auvents (brise soleil) selon la course du soleil,
- utilisation du double vitrage,
- utilisation de polystyrène dans les dalles afin de limiter les déperditions de chaleur,

- création de cour type patio pour une bonne ventilation naturelle.
- utilisation des matériaux à haute performance physique et chimique
- utilisation des puits canadiens pour chauffer le sol naturellement.
- bonne analyse du contexte
- choix des matériaux avec leur descriptif en matière énergétique et leur capacité isolante

L'outil utilisé : Revit Architecture

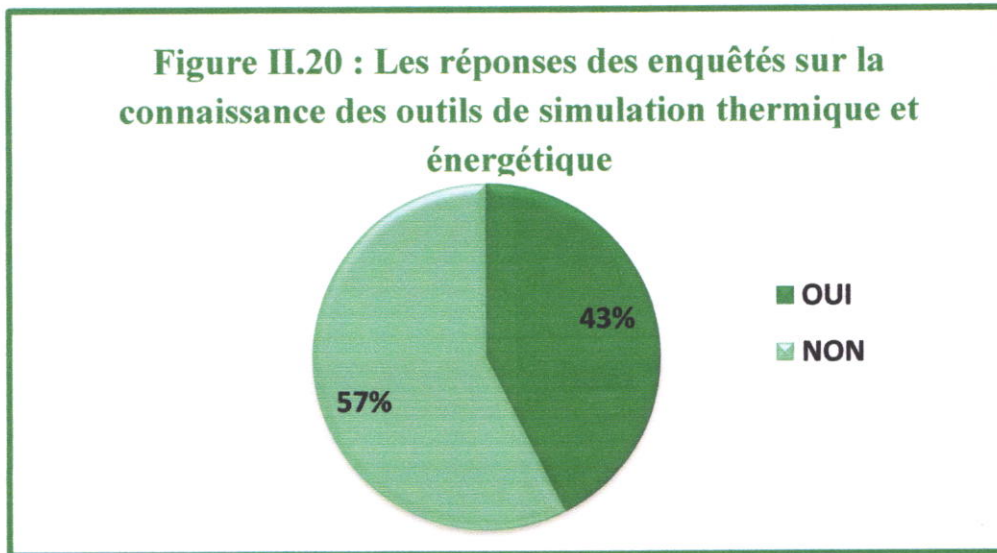
Discussion des résultats : D'après les réponses, la majorité des architectes n'ont jamais travaillé sur des projets à basse consommation énergétique. Pour la minorité des architectes qui ont déjà travaillé dessus, quelques uns ont mentionné les démarches mais rare ceux qui ont mentionné les démarches et les outils utilisés.

Question N° 9 : L'objectif de cette question est d'avoir une idée si les architectes connaissent les outils de simulation thermique et énergétique, lesquels et leurs avis en général. **(Figure II.19)**

Figure II.19 : Question sur la connaissance des outils de simulation thermique et énergétique, extrait du questionnaire (voir Annexe N° I)

-	Connaissez-vous les outils de simulation thermique et énergétique ?	
	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Lesquels.....	
	
	
	
	
Votre avis sur les outils	

Résultats de la question N° 8 :



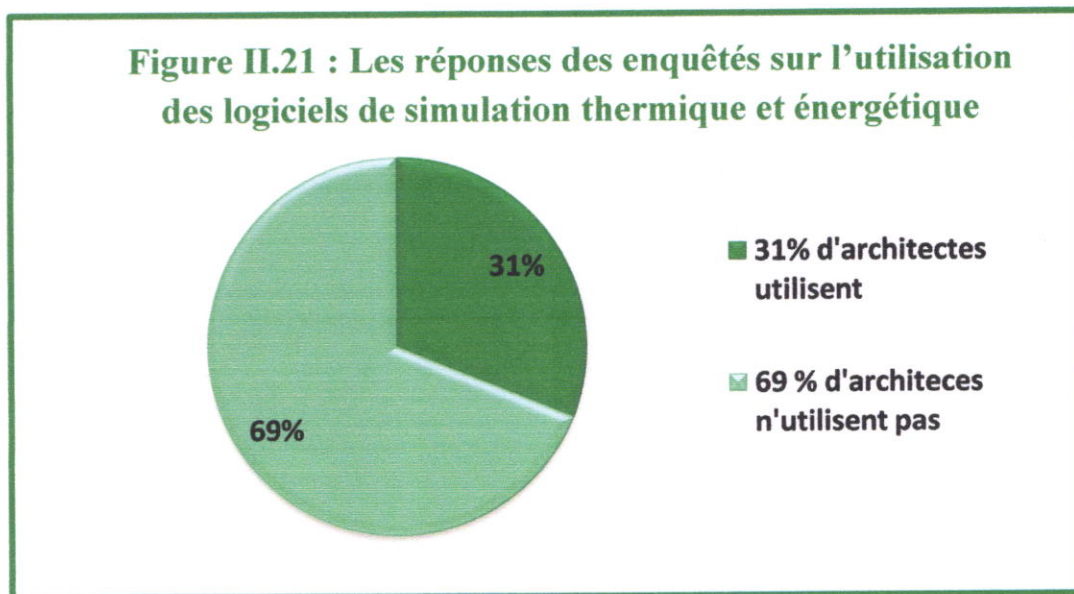
Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.20**), presque la majorité des architectes ne connaît pas les outils de simulation thermique et énergétique. Pour ceux qui connaissent, voici les outils et les avis dessus comme suit :

Outils	Avis sur l'outil
DPE (Diagnostic de performance énergétique)	Les résultats sont satisfaisants.
Revit	Ces logiciels, jouent un rôle important dans le choix des matériaux adéquat pour préserver l'énergie et la température.
Ecotect	Interface claire et simple, facile à utiliser. Les résultats de simulation thermique et énergétique du bâtiment sont proches de la réalité
Système « intel-tec »	Très commode et facile à utiliser
Autodesk Green Building Studio	Ces logiciels, prends tellement en compte tous les détails liés au bâtiment et son environnement, les résultats acquis sont précis et éclairent les points faibles de conception, cela facilite les modifications afin d'atteindre les résultats souhaités.
IES VE	

Revit Architecture	Très pratique, surtout pour la simulation de la course du soleil à n'importe quel jour de l'année ce qui donne un bon rendu pour voir les ombres.
--------------------	---

II.3.3. Partie II « Etude détaillée sur le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé par les architectes »

D'abord on doit distinguer entre les architectes qui utilisent les logiciels de simulation énergétique et ceux qui ne les utilisent pas (**Figure II.21**).



Analyse des résultats des architectes qui utilisent les outils de simulation énergétique :

On commence d'abord à citer les logiciels les plus utilisés par les architectes :

- Ecotect
- DPE/STD
- Revit
- Revit Architecture
- CasSoftThermix
- Revit Green Building Studio

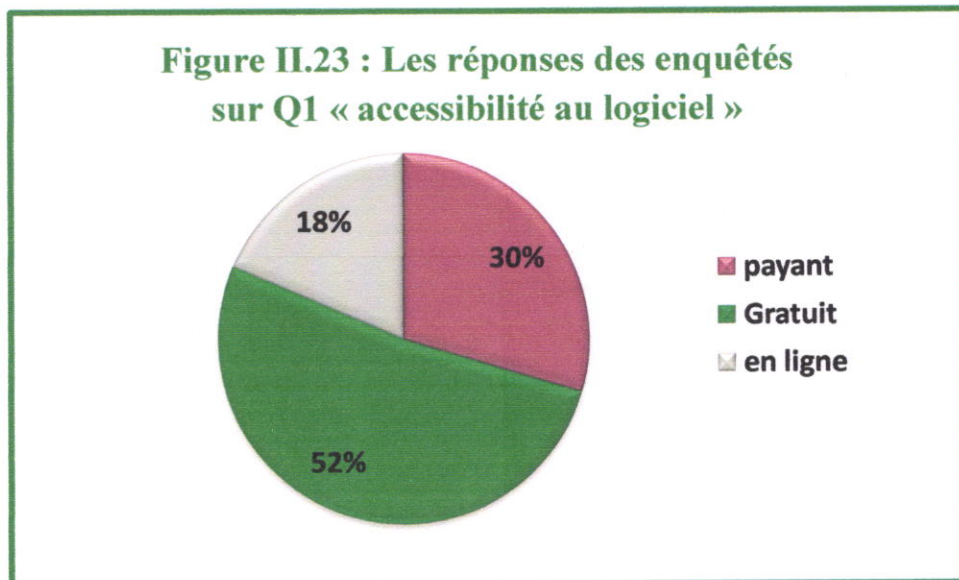
Les questions de 1 à 6 ont un objectif qui porte sur des informations générales des logiciels les plus utilisés.

Q1 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique est facile à obtenir (Figure II.22).

Figure II.22 : Question 1 sur l'accessibilité au logiciel, extrait du questionnaire
(Voir Annexe N° I)

Q1.Accessibilité :est-il ? <input type="checkbox"/> payant <input type="checkbox"/> gratuit <input type="checkbox"/> en ligne
Eventuels commentaires :
.....

Résultats de la question N° 1 :



Discussion des résultats : D'après les réponses (Figure II.23), la majorité des logiciels utilisés sont gratuits, ce qui facilite l'accessibilité des architectes aux logiciels.

Q2 : L'objectif de cette question est de savoir est ce que l'interface du logiciel facilite l'accès, la découverte et le travail dessus des architectes (Figure II.24)

Figure II.24 : Question 2 sur la découverte et la mise en œuvre du logiciel, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

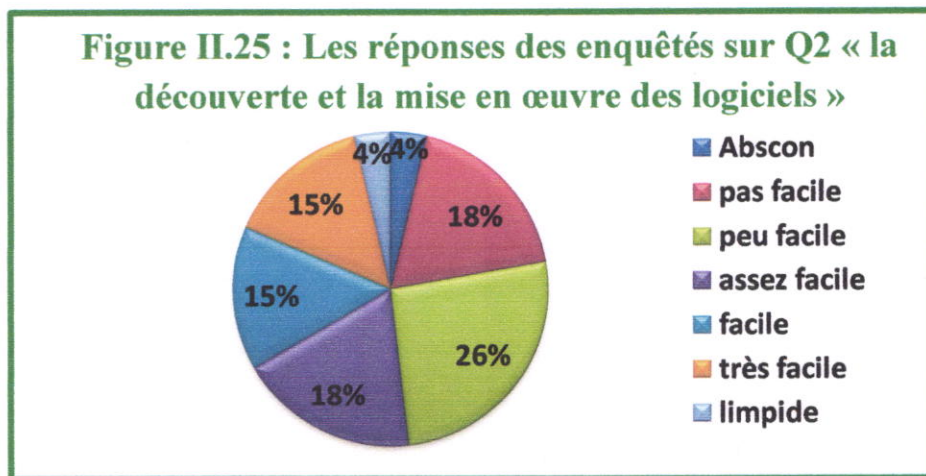
Q2. Le logiciel présenté paraît-il facile d'accès dans sa découverte et sa mise en œuvre ?

Abscon pas facile peu facile assez facile facile très facile limpide

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 2 :



Discussion des résultats : D'après les réponses (Figure II.25), la majorité des logiciels sont peu faciles ou pas faciles dans leur mise en œuvre.

Q3 : L'objectif de cette question est de savoir si le logiciel de simulation énergétique répond aux besoins des architectes dès la phase esquisse de la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique (Figure II.26).

Figure II.26 : Question 3 sur la concordance des résultats des logiciels avec les attentes des architectes, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q3. Le logiciel vous paraît-il répondre aux attentes des architectes au démarrage de l'esquisse concernant les questions relatives à la consommation énergétique et thermique du bâtiment ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

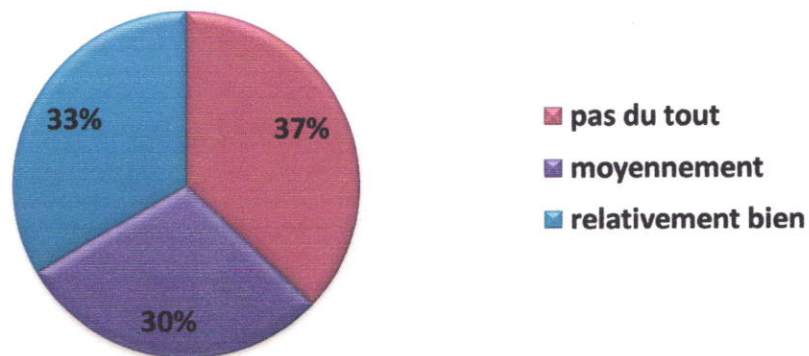
Eventuels commentaires :

.....

.....

Résultats de la question N° 3 :

Figure II.27 : Les réponses des enquêtés sur Q3 « la concordance des résultats des logiciels avec les attentes des architectes »



Discussion des résultats : D'après les réponses (Figure II.27), les logiciels ne répondent pas vraiment aux attentes des architectes relatives aux questions thermiques et énergétiques dans la phase d'esquisse.

Q4 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique présente des difficultés et contraintes lors de son utilisation par les architectes (Figure II.28)

Figure II.28 : Question 4 sur les difficultés et les contraintes rencontrées sur le logiciel, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q4. Quelles sont les difficultés et contraintes rencontrées ?

.....

.....

Résultats de la question N° 4 :

Les contraintes rencontrées sont :

1. Manque de données environnementales de lieux du projet, parfois lorsque le model (projet) est fait par un logiciel et les analyses par un autre logiciel d'une autre organisation, beaucoup de données sont perdues lors des exportations (problèmes d'interopérabilité).
2. Il faut avoir beaucoup de détails concernant le projet pour une phase d'esquisse afin d'obtenir le résultat.

Discussion des résultats : D'après les réponses, les difficultés se posent lorsque le logiciel de simulation dépend d'un autre logiciel de modélisation.

Q5 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique rend les choix et les décisions de conception plus fiables (**Figure II.29**)

Figure II.29 : Question 5 sur la fiabilité des choix de conception en phase d'esquisse sur les logiciels, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q5. Pensez-vous que ce logiciel puisse rendre les choix de conception plus fiables dès la phase d'esquisse ?

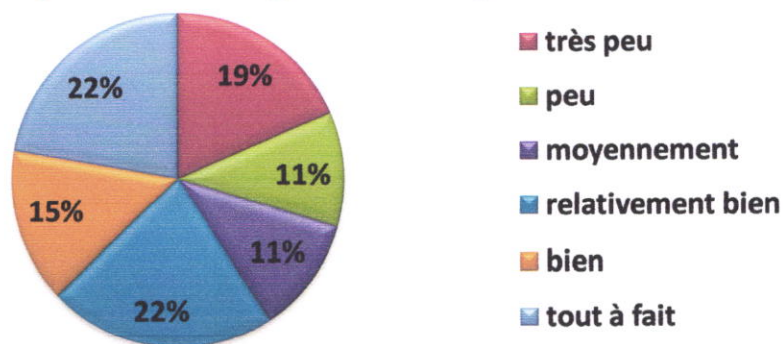
Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....
.....

Résultats de la question N° 5 :

Figure II.30 : Les réponses sur la fiabilité des choix de conception sur les logiciels dès la phase d'esquisse



Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.30**), la majorité des architectes disent que les résultats des logiciels sont fiables dès la phase d'esquisse.

Q6 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique facilite dès la phase esquisse de la conception facilite les échanges entre bureaux d'études et acteurs du bâtiment (**Figure II.31**)

Figure II.31 : Question 6 sur la facilité des échanges entre bureaux d'études et les acteurs du bâtiment dès l'esquisse, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

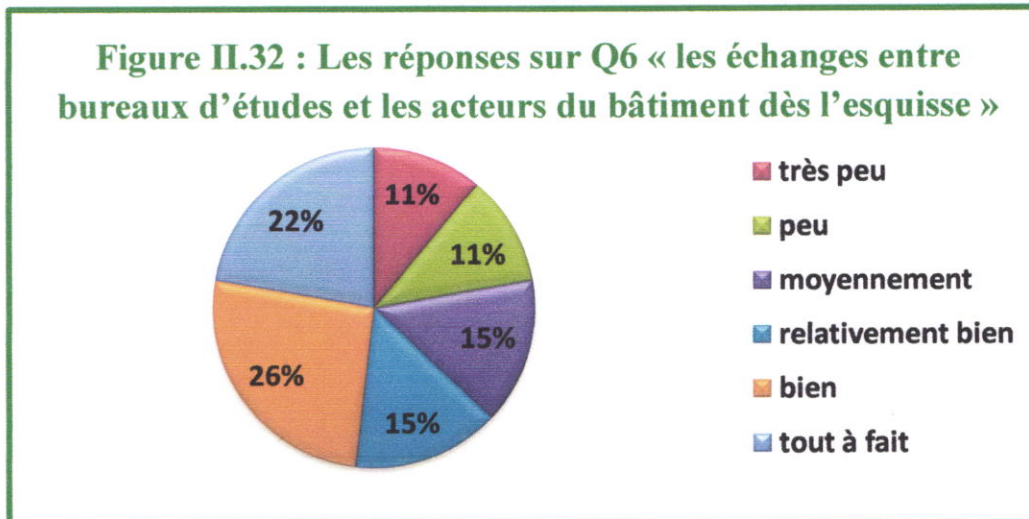
Q6. Pensez-vous que ce logiciel puisse faciliter dès l'esquisse les échanges entre bureaux d'études et les différents acteurs du bâtiment ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 6 :



Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.32**), la majorité des architectes disent que les logiciels facilitent les échanges de données entre les bureaux d'études et les différents acteurs du bâtiment.

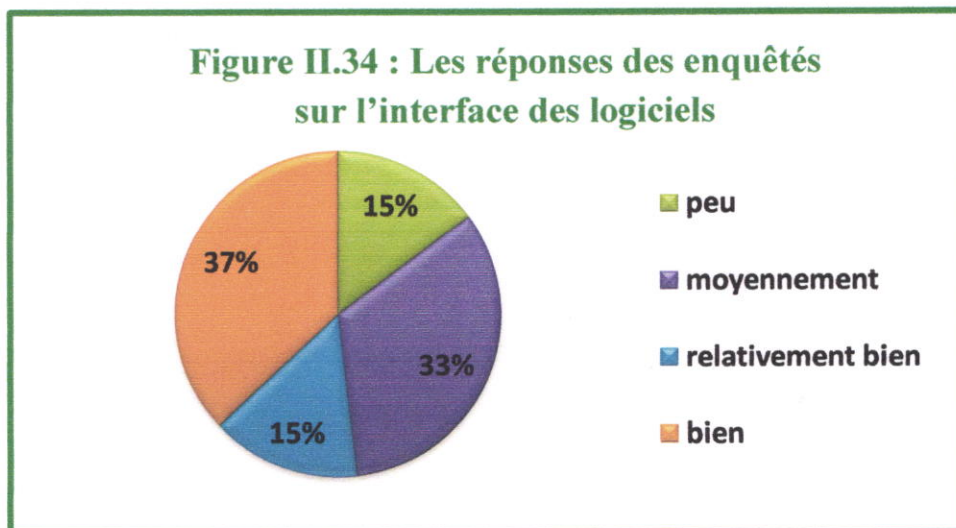
Les questions 7 à 10 ont un objectif qui porte sur l'interface du logiciel le plus utilisé.

Q7 : L'objectif de cette question est de savoir si l'interface de l'outil de simulation énergétique le plus utilisé est conçu sur des principes ergonomiques (**Figure II.33**)

Figure II.33 : Question 7 sur l'interface des logiciels, extrait du questionnaire
(Voir Annexe N° I)

Q7. L'interface du logiciel vous paraît-elle claire, simple (ergonomie) ?
 Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait
Eventuels commentaires :

Résultats de la question N° 7 :



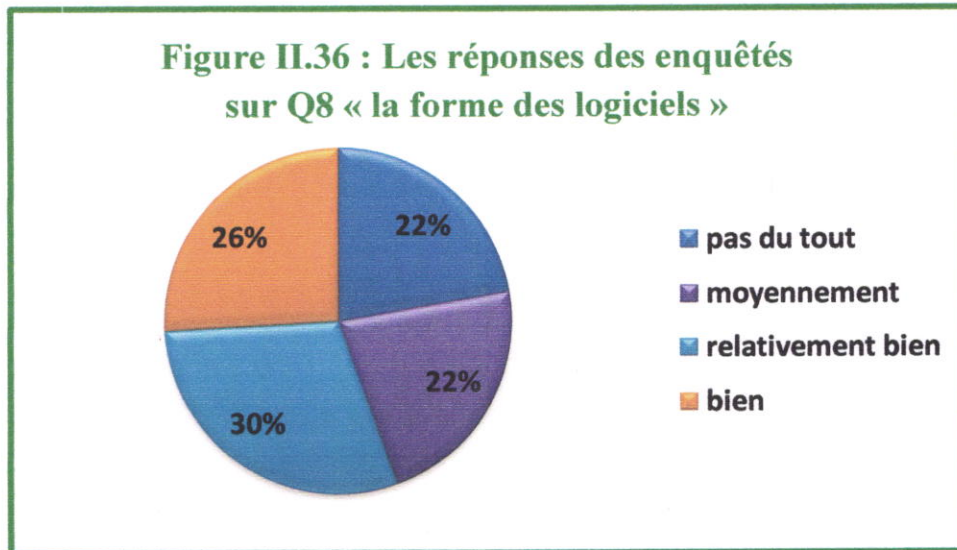
Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.34**), la majorité des architectes disent que l'interface des logiciels utilisés est simple et claire.

Q8 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique est conviviale et ludique (**Figure II.35**)

Figure II.35 : Question 8 sur la forme des logiciels, extrait du questionnaire
(Voir Annexe N° I)

Q8. La forme du logiciel vous paraît-elle conviviale (voir légèrement ludique) ?
 Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait
Eventuels commentaires :

Résultats de la question N° 8 :



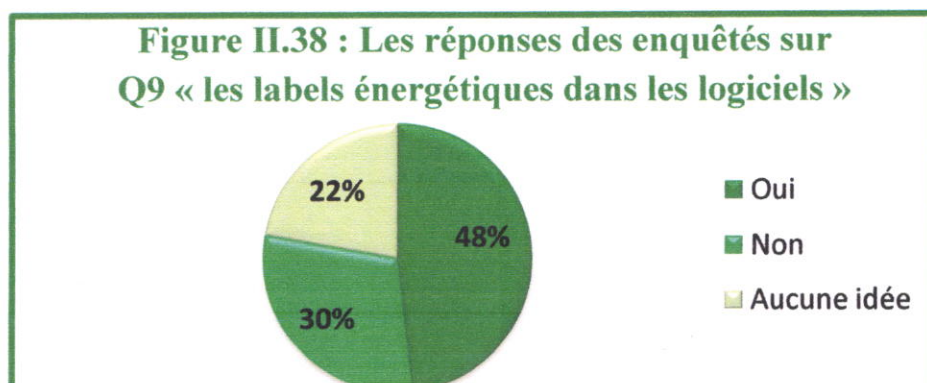
Discussion des résultats : D'après les réponses (Figure II.36), la majorité des architectes trouvent que la forme des logiciels utilisés est relativement bien et conviviale.

Q9 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique prend en compte les labels énergétiques (Figure II.37)

Figure II.37 : Question 9 sur les labels énergétiques sur les logiciels, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q9. Est-ce que l'outil prend en compte les labels énergétiques ? Oui Non
Eventuels commentaires :

Résultats de la question N° 9 :



Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.38**), la majorité des architectes disent que les logiciels prennent en compte les labels énergétiques et il y a une minorité n'ont aucune information dessus.

Q10 : L'objectif de cette question est de connaître les caractéristiques de l'interface du logiciel de simulation énergétique, proposées par les architectes pour une amélioration future (**Figure II.39**)

Figure II.39 : Question 10 sur les caractéristiques souhaitées de l'interface, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q10. Quelles sont les caractéristiques souhaitées de l'interface ?

.....
.....

Résultats de la question N° 10 :

D'après les résultats, les caractéristiques souhaitées de l'interface des logiciels :

- Regrouper les barres d'outils par type et par fonction.
- Accessibilité facile
- Simplicité et que ce logiciel soit capable à faire des analyses à plusieurs niveaux de complexité, parfois on n'a pas toutes les données requises par le logiciel ce qui rend l'analyse impossible. Ainsi le logiciel doit être intelligent afin de pouvoir analyser selon les données disponibles à l'architecte.
- Il serait mieux de mettre en évidence les fonctions utilisées fréquemment et des raccourcis clavier pour ces dernières.

Discussion des résultats : D'après les réponses, les architectes trouvent des difficultés pour utiliser le logiciel et le responsable est l'interface du logiciel puisque c'est à travers l'interface qu'on accède au logiciel.

Les questions 11 à 14 ont un objectif qui porte sur la nature des données d'entrée dans le logiciel le plus utilisé.

Q11 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique ne demande pas beaucoup d'informations trop précises en phase d'esquisse (**Figure II.40**)

Figure II.40 : Question 11 sur l'utilisation des logiciels en phase d'esquisse et ses données d'entrée, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

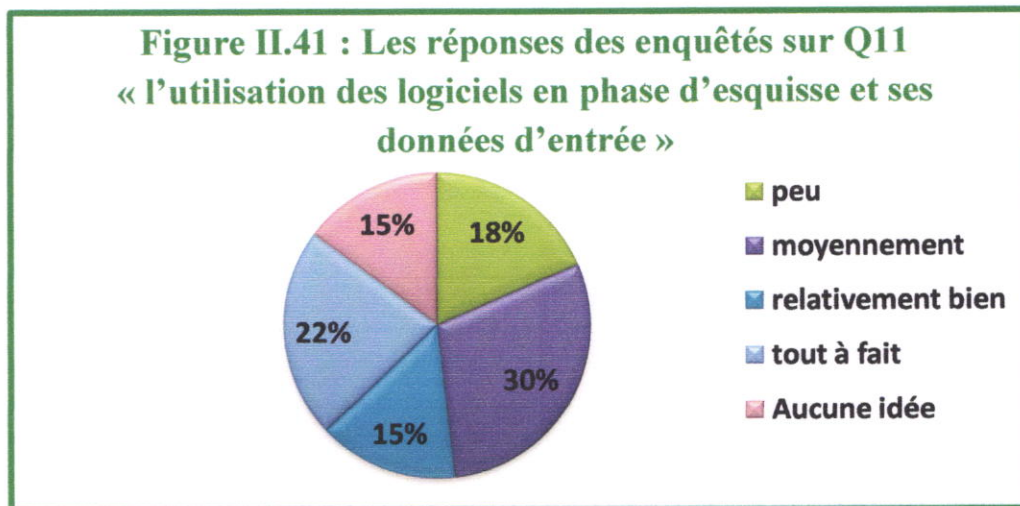
Q11. L'outil est-il utilisable en phase esquisse et ne demande-t-il pas beaucoup d'informations trop précises et trop avancées ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 11 :



Dans les commentaires, les architectes disent :

- Malgré l'efficacité et les performances du logiciel, ils trouvent qu'il est un peu avancé pour une phase esquisse.
- Le logiciel est trop précis

Discussion des résultats : D'après les réponses (Figure II.41), la majorité des architectes trouvent que les logiciels demandent en moyenne des informations précises en phase d'esquisse et une minorité n'ont aucune idée dessus. Il y a ceux qui disent qu'il y a des logiciels trop avancé pour une phase d'esquisse puisqu'ils demandent beaucoup d'informations trop précises qu'on peut pas obtenir.

Q12 : L'objectif de cette question est de savoir si l'outil de simulation énergétique intègre des données d'entrée par exemple « ouvertures, orientation, données climatiques, dimensions » adaptées à la méthode de conception utilisée par les architectes. (Figure II.42)

Figure II.42 : Question 12 sur les données d'entrée des logiciels avec la manière de concevoir des architectes, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q12. Les données d'entrées à renseigner (orientation/ouvertures/ données climatiques/dimensions) sont-elles adaptées à la manière dont vous procédez à la phase d'esquisse ?

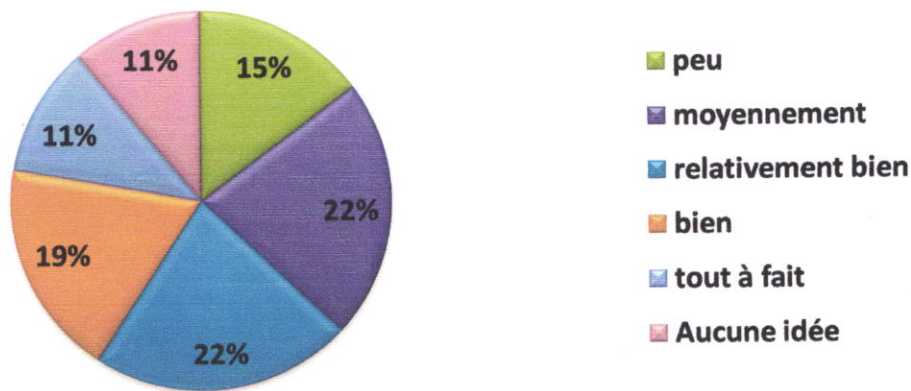
Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 12 :

Figure II.43 : Les réponses des enquêtés sur Q12 « les données d'entrée des logiciels avec la manière de concevoir des architectes »



Dans les éventuels commentaires, les architectes disent :

- Pas tout le temps
- Le logiciel nous aide bien à réfléchir à l'esquisse sans revenir à ces critères dans la phase d'étude.
- Les logiciels nous aide bien à concrétiser notre conception du projet.

Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.43**), la majorité des architectes trouvent que les données d'entrée sont moyennement ou/et relativement bien adaptées à leur manière à procéder dans la phase d'esquisse. Il y a comme même une minorité d'architectes qui n'ont aucune idée dessus.

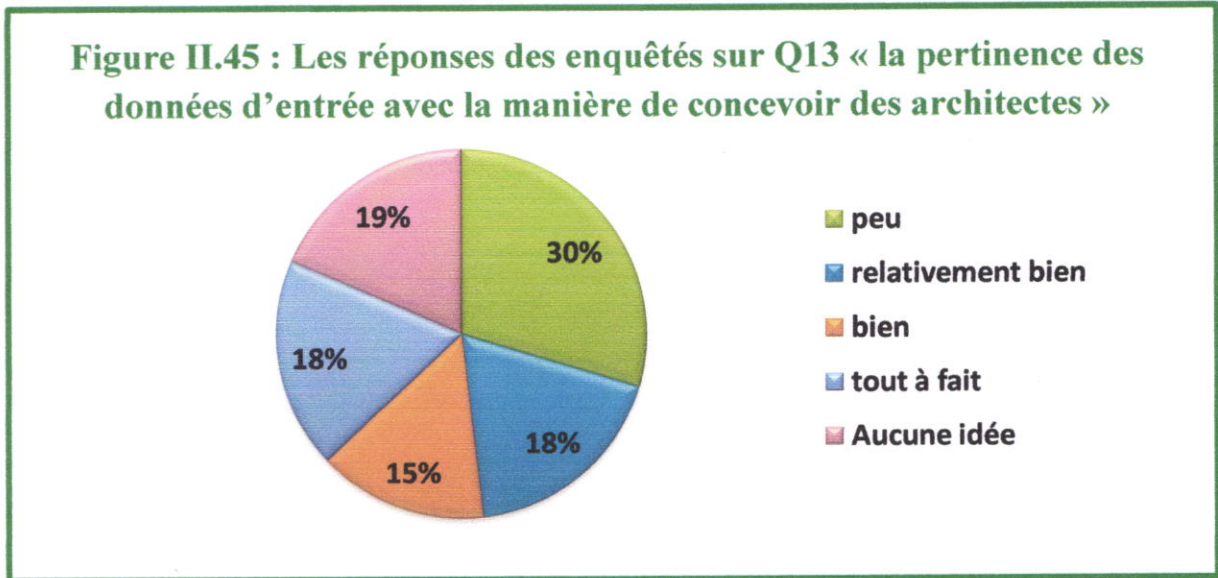


Q13 : L'objectif de cette question est de savoir si les données d'entrée à renseigner dans l'outil de simulation énergétique sont pertinentes au regard des architectes (**Figure II.44**)

**Figure II.44 : Question 13 sur la pertinence des données d'entrée avec la man 54
de concevoir des architectes, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)**

Q13. Les données d'entrées à renseigner (orientation/ouvertures/ données climatiques/dimensions) sont-elles pertinentes au regard de votre manière de concevoir ?
 Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait
Eventuels commentaires :

Résultats de la question N° 13 :



Dans les éventuels commentaires, les architectes disent :

- Ce logiciel est conçu spécialement dans le but d'une rationalisation de consommation d'énergie dans les constructions, ce qui nous facilite l'emploi des matériaux qui respectent le développement durable.

Discussion des résultats : D'après les réponses, la majorité des architectes trouvent que les données d'entrée du logiciel sont peu pertinents et il ya une minorité qui n'ont aucune idée dessus.

Q14 : L'objectif de cette question est de savoir si les données d'entrée à renseigner dans l'outil de simulation énergétique sont faciles à introduire (**Figure II.46**)

Figure II.46 : Question 14 sur la facilité de renseigner les données d'entrée dans les logiciels, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q14. Les données d'entrées à renseigner (orientation/ouvertures/ données climatiques/dimensions) vous semblent elles faciles à renseigner ?

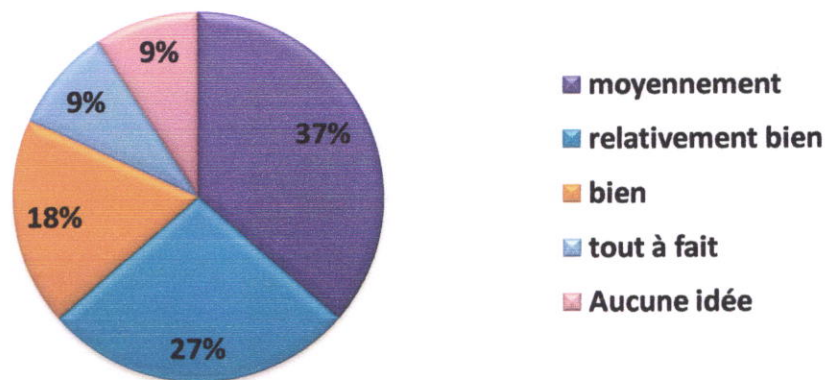
Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 14 :

Figure II.47 : Les réponses des enquêtés sur Q14 « la facilité de renseigner les données d'entrée dans les logiciels, extrait du questionnaire »



Dans les commentaires, les architectes disent :

- Il nous faut un certain pour se familiariser avec le logiciel.
- Il nous facilite l'utilisation des bibliothèques

Discussion des résultats : D'après les réponses des architectes (**Figure II.47**), la majorité des architectes disent que les donnée d'entrée à renseigner dans le logiciel est moyennement facile.

D'après les commentaires, c'est une question d'habitude et de familiarisation.

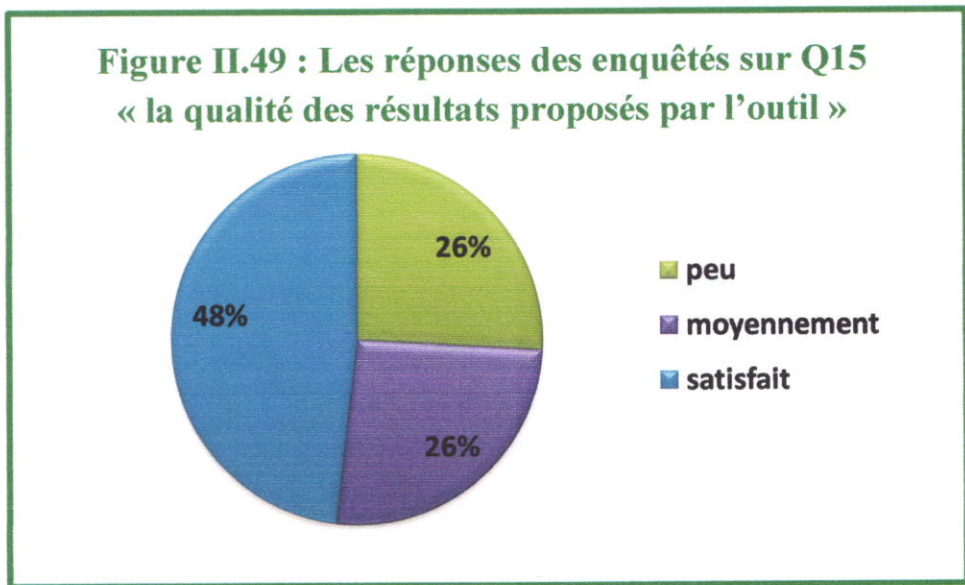
Les questions 15 à 19 ont un objectif qui porte sur la qualité des résultats obtenus par le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé.

Q15 : L'objectif de cette question est de savoir si les résultats proposés par le logiciel correspondent aux attentes des architectes (**Figure II.48**)

Figure II.48 : Question 15 sur la qualité des résultats proposés par l'outil, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q15. Etes-vous satisfait des résultats proposés par l'outil ?
mécontent très peu peu moyennement satisfait
Eventuels commentaires :
.....

Résultats de la question N° 15 :



Dans les commentaires, les architectes disent :

- « Satisfait, parce que je l'utilise seulement dans la conception et l'orientation du bâtiment et pas dans les calculs des économies d'énergies »

- « Vu que ce logiciel nous concrétise les résultats avant la mise en œuvre donc on ne peut qu'être satisfait »

Discussion des résultats : D'après les réponses (Figure II.49), la majorité des architectes sont satisfaits. D'après aussi leurs commentaires, ils sont satisfaits des résultats concrets du logiciel et de son assistance dans la conception et l'orientation du bâtiment.

Q16 : L'objectif de cette question est de savoir si le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé facilite les choix architecturaux et la comparaison entre eux au même temps (Figure II.50)

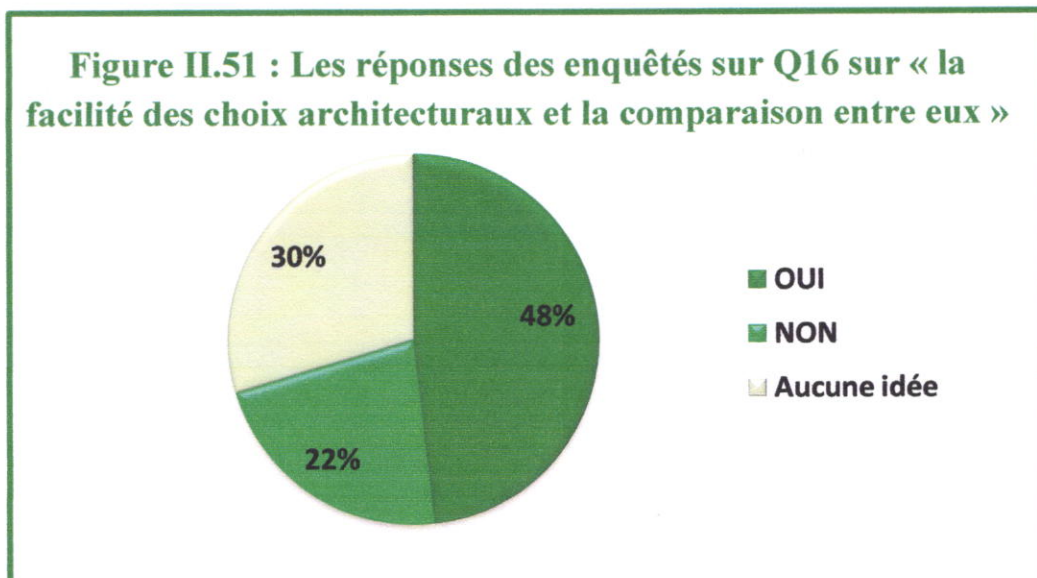
Figure II.50 : Question 16 sur la facilité des choix architecturaux et la comparaison entre eux, extrait du questionnaire (Voir Annexe N° I)

Q16. Présente-t-il une facilité des choix architecturaux et la comparaison entre eux en lançant plusieurs pages en parallèle ? Oui Non

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 16 :



Dans les commentaires, les architectes disent :

- « Concernant les choix des matériaux, le CadsoftThermix est un moyen efficace pour choisir le matériau adéquat au projet grâce à ses performances de calcul, reste qu'il faut avoir une bonne machine pour avancer rapidement dans le travail »
- « je ne sais pas, je n'ai jamais essayé »

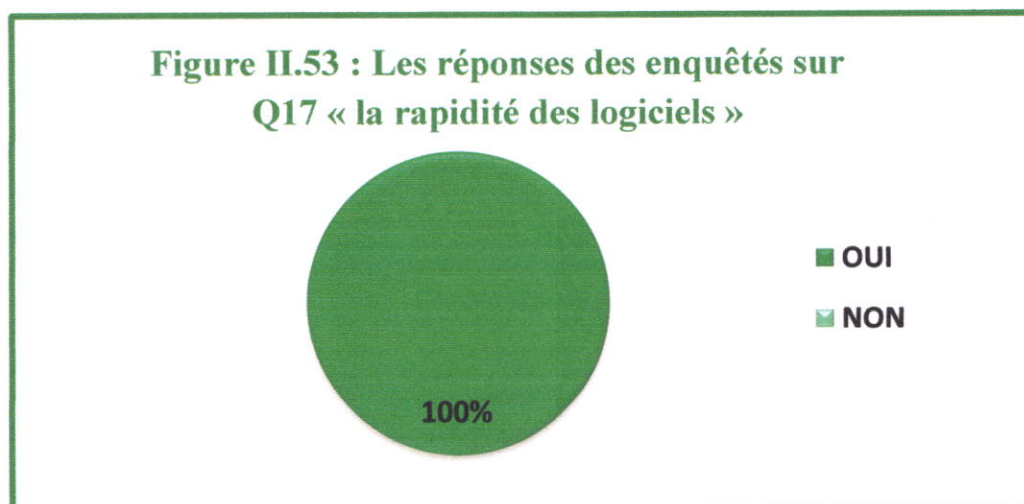
Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.51**), la majorité des architectes disent que le logiciel facilite les choix architecturaux et la comparaison entre eux en lançant plusieurs pages en parallèle. Il y a comme même une minorité d'architectes qui n'ont aucune idée dessus.

17 : L'objectif de cette question est de savoir si le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé est rapide dans le traitement des données et la présentation des résultats (**Figure II.52**)

**Figure II.52 : Question 17 sur la rapidité des logiciels, extrait du questionnaire
(Voir Annexe N° I)**

Q17. Est-il rapide ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Eventuels commentaires :
.....

Résultats de la question N° 17 :



Dans les commentaires, les architectes disent :

- « Concernant la performance du logiciel (sa rapidité), elle dépend des performances de la machine utilisée (les performances techniques de l'ordinateur ou de la station comme tout autre logiciel de modélisation) »

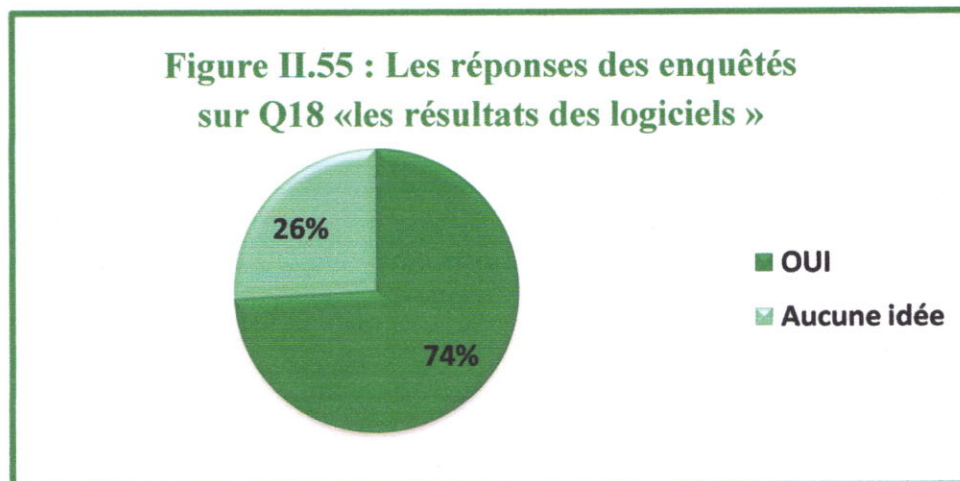
Discussion des résultats : D'après les réponses (**Figure II.53**), tous les architectes s'entendent sur la rapidité des logiciels et que leur rapidité dépend des performances techniques de l'ordinateur.

Q18 : L'objectif de cette question est de savoir si le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé présente des résultats exploitables et accessibles (**Figure II.54**)

**Figure II.54 : Question 18 sur les résultats des logiciels, extrait du questionnaire
(Voir Annexe N° I)**

Q18. Les résultats, sont-ils exploitables et accessibles ?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Eventuels commentaires :		

Résultats de la question N° 18 :



Dans les commentaires, les architectes disent :

- « Evidemment, les résultats obtenus sont exploitables »

Discussion des résultats : D'après les réponses, la majorité des architectes trouvent que les résultats des logiciels sont exploitables, et le reste des architectes n'ont aucune idée dessus.

Q19 : L'objectif de cette question est de savoir si le logiciel de simulation énergétique le plus utilisé renvoi vers des exemples réels pour comparaison lors des simulations (**Figure II.56**)

**Figure II.56 : Question 19 sur l'utilisation des exemples réels par les logiciels pour comparaison lors des simulations, extrait du questionnaire
(Voir Annexe N° I)**

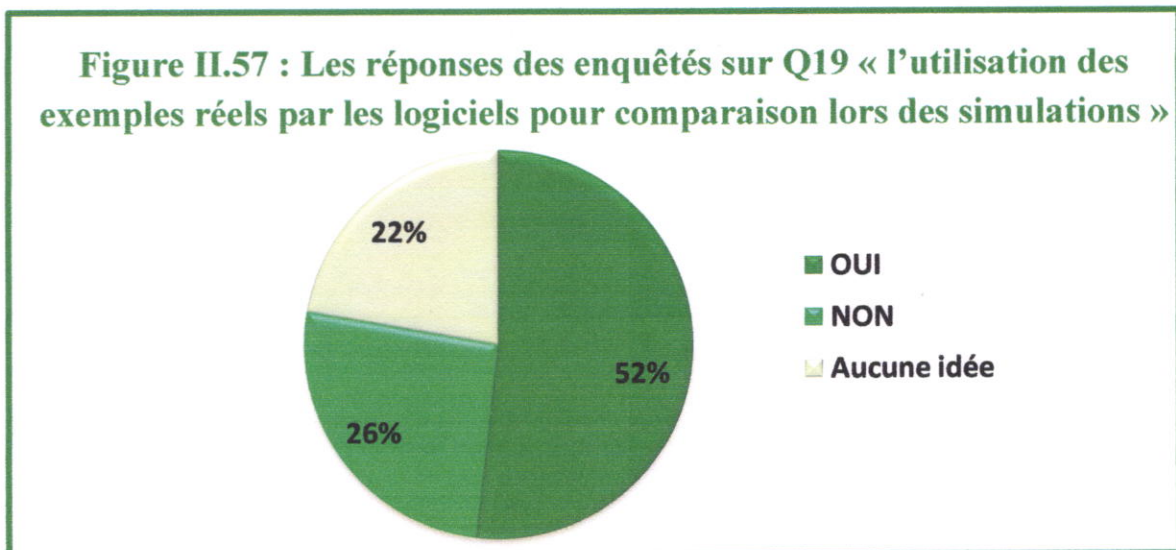
Q19. Lors des simulations, vous renvoi-t-il vers des exemples/cas réels pour comparaison ?

Oui Non

Eventuels commentaires :

.....

Résultats de la question N° 19 :



Dans les commentaires, les architectes disent :

- « *Certainement, c'est l'objectif recherché de son utilisation* »

Discussion des résultats : D'après les réponses, la moitié des architectes trouvent que les logiciels renvoient vers des exemples réels pour comparaison et il y a minorité des architectes qui n'ont aucune idée dessus.

II.3.4. Synthèse :

Les postulats dégagés suite à notre état de l'art ont été vérifiés et complétés par l'enquête menée dans le cadre de notre recherche. Différents points sont à relever concernant les limites de notre enquête. Ils concernent principalement trois sujets : la thématique de l'efficacité énergétique, les outils d'aide à la conception architecturale d'une façon générale, les critères des outils de simulation thermique et énergétique.

Le choix du nombre de personnes enquêtées est une des limites de cette enquête. On a choisi de cibler les architectes puisqu'ils interviennent dans la phase d'esquisse. On a trouvé des difficultés pour obtenir des réponses à travers un questionnaire, seulement 27 architectes sur 87 ont expliqué les pratiques relatives au critères de choix d'un outil de simulation thermique et énergétique et procédés de mise en œuvre dans le processus de projet architectural et ils ont discuté du rôle des outils d'aide au projet dans le processus de conception architectural.

D'après le traitement de réponses recueillies, on a trouvé que les architectes ne maîtrisent pas très bien les outils de simulation thermique et énergétique, ils n'exploitent pas totalement un outil de simulation thermique et énergétique soit par non-maîtrise de l'outil soit de la non-implication des architectes dans l'efficacité énergétique.

Conclusion du chapitre :

L'intérêt principal de notre enquête était de comprendre d'une part les pratiques des architectes concernant la question de l'importance des choix et décisions dans le processus de projet et d'autre part le rôle des outils d'aide au projet.

Nous avançons deux hypothèses qui ont été vérifiées par nos questionnements à travers le questionnaire. Pour rappel, nos postulats de départ sont les suivants :

- Il nous paraît que la méconnaissance des outils d'aide à la conception par les architectes est due à l'ignorance et au non-maîtrise.
- Il nous semble que les outils d'aide à la conception ne sont pas opérationnels et que l'interface n'est pas familière au regard des architectes.

L'enquête réalisée fait ressortir la complexité de l'approche de la simulation thermique et énergétique dans le processus de projet. Il est important de souligner que cette question est omniprésente dès les premières phases de conception. C'est d'ailleurs à ce moment que les principaux choix et décisions s'opèrent. L'utilité des outils d'aide à la conception est donc réelle dans ces phases.

D'après le schéma Capacité d'action et niveau de connaissance d'un projet au cours de la conception (**Figure I.3**) met en avant la plus value potentielle maximale des outils d'aide à la conception au moment où le poids des choix de conception est fondamental (phase esquisse). Pourtant, c'est à ce moment que l'architecte a le moins d'informations disponibles. Afin d'aider le concepteur et d'être efficace, il est donc important de viser cette phase.

Au contraire, les outils d'évaluation trouvent leur intérêt dans les phases avancées du processus de projet, au moment où les données disponibles sont suffisamment précises. Ces outils ont l'avantage de procéder à des calculs lourds, de quantifier des phénomènes, de dimensionner des éléments, de proposer des ajustements. Ils ne peuvent pas modifier de manière lourde les choix initiaux car ils sont intégrés dans des phases trop avancées du projet, ce qui induirait de lourdes modifications. Bien que réalisée à partir d'un minorité d'architectes qui ont répondu (27 personnes), cette enquête nous a également permis d'ouvrir notre réflexion sur différents points tels que :

- l'importance de l'interface graphique de l'outil utilisé,
- l'importance de travailler en équipe pluridisciplinaire dès les premières phases du processus de conception.
- l'importance de créer un outil qui fait la modélisation et la simulation au même temps sans se référer à un outil comme aide.

CONCLUSION GENERALE

Notre travail s'inscrit dans une démarche d'enrichissement et d'amélioration des connaissances d'ingénierie énergétique liée aux choix et décisions prises dès la phase d'esquisse dans le processus de conception architecturale. Nous cherchons à établir un lien, une interface entre le domaine de l'architecture et celui de l'ingénierie à travers la mise en place d'instruments récents : les outils d'aide à la conception.

La première partie de ce document précise notre problématique et nos hypothèses de travail en s'appuyant sur :

- un état de l'art nous permettant de classer et d'organiser les diverses connaissances et savoirs relatifs à l'intégration du confort thermique et de la consommation énergétique dans le processus d'un projet de construction.
- l'analyse d'interfaces d'outils existants.

Nous émettons différentes pistes pour le développement de futurs outils d'aide à la conception ayant comme objectif principal d'aider l'architecte dans les phases amont du processus en traduisant des savoirs complexes en connaissances simplifiées.

La deuxième partie de notre manuscrit analyse au travers d'une enquête, les pratiques des architectes concernant les questions relatives à l'utilisation des outils d'aide au projet dans la prise de décision. L'objectif est d'évaluer le caractère opérationnel de ces outils afin d'appuyer nos pistes de réflexions et de dégager des propositions pour de futurs outils d'aide à la conception architecturale.

A travers l'enquête suivie et d'après les résultats obtenus, on a trouvé que la majorité des architectes connaissent l'efficacité énergétique, la conception bioclimatique d'une façon générale mais ne maîtrisent pas ces pratiques pour les raisons suivantes :

- Ils ignorent les pratiques de la conception bioclimatique et l'efficacité énergétique
- Ils ne maîtrisent pas les outils de simulation thermique et énergétique
- Ils trouvent des difficultés dans l'utilisation des logiciels due à la complexité des interfaces de ces derniers.

Limites de notre travail : Lors de l'enquête, on a trouvé des difficultés pour obtenir des réponses fiables vu le nombre réduit des architectes qui ont répondu mais d'après les réponses on constate qu'il y a une ignorance et une méconnaissance ou une difficulté d'utilisation des outils d'aide à la conception et des outils de simulation énergétique de la part des architectes. Tous les architectes étaient d'accord que l'interface est un élément important qui facilite l'utilisation des outils d'aide à la conception ou la rend difficile.

CONCLUSION GENERALE

Perspectives et prolongements envisagés : Les conclusions du présent document ont pour but d'éclairer plusieurs perspectives complémentaires à ce travail de recherche.

La connaissance des critères relatifs aux outils d'aide à la conception et de simulation énergétique, contribue à l'amélioration des prises de décision lorsque nous intéressons à la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique. Les résultats de notre travail présentent diverses propositions pour un futur outil d'aide à la conception traduisant en connaissances simplifiées, des savoirs complexes relatifs aux choix et décisions dès la phase de l'esquisse.

De nombreux approfondissements et prolongements sont envisageables dans notes travail qui ne constitue qu'une modeste contribution face à l'envergure de ce projet. Il serait intéressant de valider notre prototype auprès d'un échantillon significatif de concepteurs. Nous pourrions ainsi avoir un réel retour sur les propositions et les recommandations faites en termes de futurs outils d'aide à la conception renseignant de manière globale sur la consommation énergétique du bâtiment.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Jean-Christophe Vilatte, 2007, Méthodologie de l'enquête par questionnaire, Laboratoire Culture & Communication-Université d'Avignon à Grisolles (56 pages)
- Laure FERNANDEZ , 2010, Thèse de doctorat de « Transposition en architecture des connaissances d'ingénierie environnementale et des savoirs relatifs aux choix des matériaux », université de Toulouse (325 pages)
- AIT KACI Zoubir, 2014, mémoire de magistère « l'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle-simulation thermo-aéraulique d'un habitat collectif en Algérie », Université Mouloud MAMMERI, TIZI OUZOU (186 pages)
- l'APRUE « Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie », 2007, Consommation énergétique finale de l'Algérie, Alger (12 pages)
- Charline WEISSENSTEIN, 2012, Thèse de doctorat de « Éco-profil : un outil d'assistance à l'éco-conception architecturale », université de LORRAINE, NANCY (246 pages)
- U.S. Department of Energy, 2017, EnergyPlus™ Version 8.8.0 Documentation (87 pages)
- Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques, ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, école de technologie supérieure, 2016, Guide de conception d'un bâtiment performant « notions de bases et simulation énergétique », QUEBEC (58 pages)
- Etude énergétique d'un BIM Revit dans ClimaBIM.
- Thèse Eco-conception collaborative de bâtiments durables de « Vida Gholipour »
- CHABANE Imane J., 2006, Mémoire de magister « Evaluation de la qualité vécue des environnements hermétique en mur rideau de verre- cas d'étude : immeuble de bureaux à Alger », EPAU, Alger (209 pages)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andres MORENO SIERRA, 2012, Thèse de doctorat « Intégration des aspects énergétiques dans la conception du projet architectural : une approche méthodologique », Université de BORDEAUX 1 (375 pages)
- Annabelle Protin, 2016, master 2 « Développement d'un outil d'aide à l'éco-conception architecturale : SOCRATE », université Josef Fourier, Grenoble (80 pages)
- SEMAHI Samir, 2013, mémoire de magister « contribution méthodologique a la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie-Développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides », EPAU, Alger (220 pages)
- <http://www.izuba.fr/logiciel/pleiadescomfie>
- <http://www.izuba.fr/logiciel/equer>
- <http://www.autodesk.fr/adsk/servlet/pc/index?siteID=458335&id=15062033>

Annexes

.....
.....
.....
.....

Les outils d'aide à la conception d'un bâtiment à basse consommation énergétique (utilisés) et à quelle fréquence d'utilisation (par type de projet/ou par mois ou par an)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- Connaissez-vous les outils de simulation thermique et énergétique du bâtiment?

Oui Non

Lesquels.....
.....
.....
.....
.....

Votre avis sur les outils.....
.....
.....

- LOGICIEL (le plus utilisé).....

Q1. Accessibilité : est-il ? payant gratuit en ligne

Eventuels commentaires :.....
.....
.....
.....
.....

Q2. Le logiciel présenté paraît-il facile d'accès dans sa découverte et sa mise en œuvre ?

Abscon pas facile peu facile assez facile facile très facile limpide

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....
.....

Q3. Le logiciel vous paraît-il répondre aux attentes des architectes au démarrage de l'esquisse concernant les questions relatives à la consommation énergétique et thermique du bâtiment ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....
.....

Q4. Quelles sont les difficultés et contraintes rencontrées ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....
.....

Q5. Pensez-vous que ce logiciel puisse rendre les choix de conception plus fiables dès la phase d'esquisse ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....
.....

Q6. Pensez-vous que ce logiciel puisse faciliter dès l'esquisse les échanges entre bureaux d'études et les différents acteurs du bâtiment ?

Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....

Interface du logiciel _____

Q7. L'interface du logiciel vous parait-elle claire, simple (ergonomie) ?

- Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :.....
.....
.....
.....

Q8. La forme du logiciel vous parait-elle conviviale (voir légèrement ludique) ?

- Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :.....
.....
.....
.....

Q9. Est-ce que l'outil prend en compte les labels énergétiques ? Oui Non

Eventuels commentaires :.....
.....
.....
.....

Q10. Quelles sont les caractéristiques souhaitées de l'interface ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Données d'entrées du logiciel _____

Q11. L'outil est-il utilisable en phase esquisse et ne demande-t-il pas beaucoup d'informations trop précises et trop avancées ?

- Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires : **69**
.....
.....
.....

Q12. Les données d'entrées à renseigner (orientation/ouvertures/ données climatiques/dimensions) sont-elles adaptées à la manière dont vous procédez à la phase d'esquisse ?

- Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :
.....
.....
.....

Q13. Les données d'entrées à renseigner (orientation/ouvertures/ données climatiques/dimensions) sont-elles pertinentes au regard de votre manière de concevoir ?

- Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :
.....
.....
.....

Q14. Les données d'entrées à renseigner (orientation/ouvertures/ données climatiques/dimensions) vous semblent elles faciles à renseigner ?

- Pas du tout très peu peu moyennement relativement bien bien tout à fait

Eventuels commentaires :
.....
.....
.....

RESULTATS du LOGICIEL _____

Q15. Etes-vous satisfait des résultats proposés par l'outil ?

mécontent très peu peu moyennement satisfait

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....

Q16. Présente-t-il une facilité des choix architecturaux et la comparaison entre eux en lançant plusieurs pages en parallèle ? Oui Non

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....

Q17. Est-il rapide ? Oui Non

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....

Q18. Les résultats, sont-ils exploitables et accessibles ? Oui Non

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....

Q19. Lors des simulations, vous renvoi-t-il vers des exemples/cas réels pour comparaison ?

Oui Non

Eventuels commentaires :

.....
.....
.....