



Université de Constantine 3
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département de Management de Projet

L'ETUDE MANAGERIALE DE L'IMPACT DE L'EFFICACITE
ENERGETIQUE SUR LA QUALITE DANS LES PROJETS DURABLES

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en management de projet

Par
Sarra ROUINI

Année Universitaire
2025-2026



Université de Constantine 3
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département de Management de Projet

N° de Série :

N° d'Ordre :

L'ETUDE MANAGERIALE DE L'IMPACT DE L'EFFICACITE
ENERGETIQUE SUR LA QUALITE DANS LES PROJETS DURABLES

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en management de projet

Par

Sarra ROUINI

Devant le Jury Composé de :

Pr. SASSI Souad	Présidente	U. de Constantine 3
Dr. BELHADJ-MOSTEFA Slimane	Directeur	U. de Constantine 3
Pr. LOUAFI Samira	Co-directrice	U. de Constantine 3
Pr. MEZHOUD Sami	Examineur	U. de Constantine 1
Pr. BENHASSINE Nadji	Examineur	U. de Constantine 2
Dr. BENHALILOU Karima	Examinatrice	U. d'Oum El-Bouaghi

Année Universitaire

2025-2026

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon directeur de thèse, **Dr. Belhadj-Mostefa Slimane**, pour son encadrement, ses précieux conseils, sa patience et son soutien durant la réalisation de ce travail. Je lui suis également très reconnaissant pour sa compréhension des circonstances difficiles que j'ai traversées au cours de cette période.

Je remercie également **Pr. Louafi Samira** pour son aide, sa disponibilité et ses orientations qui ont contribué à l'avancement de cette thèse, ainsi que pour sa présence chaleureuse et son soutien bienveillant, tels ceux d'une mère encourageante.

J'exprime enfin ma profonde gratitude à **Pr. SASSI Souad** pour son soutien permanent, ses encouragements et sa bienveillance. Son accompagnement et sa motivation ont été d'une grande importance tout au long de mon parcours doctoral.

À tous, j'adresse mes remerciements les plus respectueux et reconnaissants.

DEDICACE

إلى روح أُمي الغالية،
التي رحلت عنا مبكرًا قبل أن ترى ثمرة هذا التتويج الذي طالما حلمت به. أهديتها هذا العمل المتواضع
صدقةً جارية، راجيةً أن يكون هذا العلم النافع، بكل حرف كُتب فيه، نورًا ورحمةً وصدقةً في ميزان
حسناتها.

إلى أبي العزيز،
الذي كان منذ طفولتنا مصدر التشجيع والدعم، وغرس فينا حب الاجتهاد والطموح والتميز.

إلى زوجي الكريم،
الرفيق والسند، الذي دعمني بصبره ومساندته وكان خير معين لي على إتمام هذا العمل.

إلى ابني الحبيب،
الذي كان الأمل الجميل والدافع الذي منحني القوة للاستمرار والعطاء.

إلى إخوتي وأخواتي،

رفاق الصعاب والأحلام

وإلى عائلتي الكريمة الصغيرة والكبيرة،

أهدي هذا العمل عربون محبة ووفاء وامتنان.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	iv
DEDICACE.....	v
TABLE DES MATIERES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES ABREVIATIONS.....	xii
RESUME.....	iv
ABSTRACT.....	v
الملخص.....	vi
CHAPITRE I INTRODUCTION.....	1
1 Introduction du chapitre.....	2
2 Contexte général.....	2
3 Problématique.....	5
3.1 Question de management des projets architecturaux durables aujourd’hui ?.....	6
3.2 Question de management de la qualité dans les projets architecturaux durables.....	6
3.3 Question de l’efficacité énergétique dans les projets architecturaux durables.....	7
4 Hypothèses.....	8
5 Objectifs de la recherche.....	8
6 Méthodologie de la recherche.....	9
7 Points forts et pertinence de l’étude.....	9
8 Structure de la thèse.....	9
CHAPITRE II DE LA NOTION DE DURABILITE AU MANAGEMENT DES PROJETS ARCHITECTURAUX DURABLES 11	
1 Introduction du chapitre.....	12
2 L’évolution du concept de développement durable.....	12
3 Quelle définition du développement durable aujourd’hui ?.....	14
4 Les Dimensions économiques, environnementales et sociales du développement durable : une approche globale intégrée.....	16
4.1 La dimension économique.....	16
4.2 La dimension environnementale.....	16
4.3 La dimension sociale.....	17
5 De la durabilité aux des projets architecturaux durables.....	18
5.1 L’évolution de la pensée durable dans l’architecture.....	18
5.2 Les enjeux du développement durable dans le secteur du bâtiment.....	21
6 Les enjeux de la gestion de projet durable.....	23
6.1 La gestion de projet durable : Essai de définition.....	23
6.2 L’impact de la durabilité sur la gestion de projet.....	25

6.3	Les aspects de la gestion de projet durable	28
7	Le projet architectural durable dans un contexte systémique	30
7.1	La systémique : essai de définition	30
7.2	La distinction entre systémique et analytique ?	32
7.3	La nécessité d'une approche systémique dans la conception des projets architecturaux durables.....	33
7.4	Le processus de l'approche systémique de projet architectural durable	33
8	Conclusion du chapitre.....	35
CHAPITRE III LE MANAGEMENT DE LA QUALITE DANS LES PROJETS ARCHITECTURAUX DURABLES 37		
1	Introduction du chapitre	38
2	Evolution de la notion	38
3	Essai de définition	38
4	Les enjeux de la qualité.....	40
5	Généralités sur la gestion de la qualité.....	40
5.1	Evolution de la notion.....	40
5.2	Essai de définition.....	41
5.3	Facteurs affectant la qualité de la construction :	42
6	Processus de management de la qualité	43
6.1	Planification Qualité.....	44
6.2	Assurance Qualité	45
6.3	Contrôle Qualité.....	46
7	Méthodes et outils de la gestion de la qualité.....	46
7.1	La feuille de contrôle (Check-sheet)	47
7.2	La liste de contrôle (Checklist).....	47
7.3	L'histogramme	47
7.4	Analyse de Pareto	48
7.5	Le diagramme de cause à effet (Fishbone Diagram)	48
7.6	Le logigramme (Flowcharts)	49
7.7	Le cycle PDCA.....	50
7.8	Les enquêtes	51
8	Le management de la qualité dans les projets architecturaux durables	51
8.1	Thème I – Promouvoir la durabilité par l'intégration des systèmes de management de la qualité.....	52
8.2	Thème II – Appui à la gestion environnementale et mise en place d'un système de gestion environnementale (SGE)	52

8.3	Thème III – Soutenir l’intégration des considérations de durabilité dans tous le cycle de vie du projet :	53
8.4	Thème IV – Soutenir la gestion des parties prenantes et l’orientation client	53
9	La normalisation de management de la qualité :	53
10	Conclusion du chapitre.....	54
CHAPITRE IV L’EFFICACITE ENERGETIQUE COMME INDICATEUR DE LA QUALITE DANS L’ARCHITECTURE DURABLE.....		
		55
1	Introduction du chapitre	56
2	Essai de définition.	56
3	Les besoins énergétiques dans le bâtiment :	57
4	Les différents aspects déterminants la consommation énergétique dans le bâtiment	57
5	Les solutions architecturales et passives dans le contexte du cycle de vie du projet durable	58
5.1	L’EE dans la phase de pré-construction	61
5.2	L’EE dans la phase de construction.....	66
5.3	L’efficacité énergétique dans la phase post-construction	67
6	La décision énergétique : dans quelle phase ?.....	68
7	L’interdisciplinarité autour d’efficacité énergétique	68
8	Processus de management énergétique.....	70
8.1	Politique énergétique	71
8.2	Organisation.....	71
8.3	Planification et exécution	72
8.4	Évaluation	72
8.5	Action d'amélioration	73
8.6	Audit.....	73
8.7	Amélioration Continue.....	74
9	Conclusion du chapitre.....	74
CHAPITRE V METHODES ET OUTILS D’ETUDE D’IMPACT ENERGETIQUE SUR LA QUALITE DES PROJETS DURABLES		
		75
1	Introduction de chapitre	76
2	Cadre conceptuel de l’impact énergétique sur la qualité des projets durables	76
2.1	Définition	76
2.2	Résultats, effets, impact : quelles différences ?	76
2.3	Etude d’impact comme un outil managérial	78
3	Outils d’étude d’impact énergétique sur la qualité des projets durables	79
3.1	Distinction entre outils quantitatifs et qualitatifs.....	79
3.2	Classification selon la phase du projet.....	87

4	Impacts des outils d'efficacité énergétique sur la planification et le pilotage des projets .	88
4.1	Mise à disposition de données fiables pour la planification.....	88
4.2	Identification des écarts potentiels dès la conception	89
4.3	Renforcement de la robustesse des stratégies de contrôle	89
4.4	Alignement avec les politiques et la durabilité.....	89
5	Conclusion du chapitre.....	90
CHAPITRE VI METHODE ET OPERATIONNALISATION D'ETUDE MANAGERIALE GLOBALE DE		
L'EFFICACITE ENERGETIQUE LIEE A LA MAITRISE D'ŒUVRE EN ALGERIE		
1	Introduction du chapitre	92
2	Méthodologie.....	92
2.1	Positionnement méthodologique.....	92
2.2	Composition de questionnaire	93
2.3	Détermination de la population d'enquête.....	95
2.4	Détermination d'échantillon d'étude	96
3	Résultats de la recherche.....	98
3.1	L'axe politique : Rapport des architectes avec la politique algérienne liée à l'efficacité énergétique et son contexte international	98
3.2	L'axe managérial : le management en service d'efficacité énergétique	102
3.3	L'axe technique : L'efficacité énergétique dans la conception architecturale	105
4	DISCUSSION DES RESULTATS.....	108
4.1	L'axe politique : le rapport des architectes avec la politique algérienne liée à l'efficacité énergétique et son contexte international.	108
4.2	L'axe managérial : le management en service d'efficacité énergétique	111
4.3	L'axe technique : l'efficacité énergétique dans la conception architecturale	116
5	Modèle théorique systémique pour intégrer l'efficacité énergétique dans la gestion de projets architecturaux durable	125
5.1	Intrants : Déterminants du projet architectural durable.....	125
5.2	Le processus : Le projet architectural durable comme système intégré.....	127
5.3	Extrants : qualité attendue du projet d'architecture durable	127
5.4	Mécanisme de rétroaction et d'évaluation	129
6	Conclusion de chapitre.....	129
CHAPITRE VII METHODE ET OPERATIONNALISATION D'ETUDE MANAGERIALE GLOBALE DE		
L'EFFICACITE ENERGETIQUE LIEE AU PROJET DURABLE CAS DE PROJET C.E.M ZOUINI TAHER A		
CONSTANTINE 130		
1	Introduction du chapitre	131
2	Méthodologie et objectifs.....	131
3	Projet d'étude : C.E.M ZOUINI Taher	132
3.1	Présentation de model architectural BIM	135

3.2	Création du modèle 3D virtuel.....	136
3.3	Création du modèle 3D énergétique	136
4	Résultats et discussion	139
4.1	Notions de base	139
4.2	L'analyse énergétique.....	140
4.3	L'optimisation énergétique.....	147
5	Conclusion du chapitre.....	147
CHAPITRE VIII CONCLUSION GENERALE		150
CHAPITRE IX BIBLIOGRAPHIE		154
ANNEXES.....		165
Annexe A. Citations		165
Annexe B. Questionnaire.....		166
Annexe C. Cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie		169
Annexe D. Article scientifique		173

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Evolution de définition de développement durable.....	15
Tableau 2.2 définitions de la gestion de projet durable.....	24
Tableau 2.3 dimensions de la durabilité liées à la gestion de projet	27
Tableau 2.4 comparaison entre l'approche analytique et systémique.....	33
Tableau 2.5 Approche durable systémique	35
Tableau 4.1 cycle de vie de projet architectural	60
Tableau 5.1 Exemple des Résultats, effets et impact de la construction de 12 classes	78
Tableau 6.1 les catégories de système d'information.....	94
Tableau 6.2 la population ciblée	97
Tableau 6.3 Synthèse.	124
Tableau 7.1 synthétique de la grille d'évaluation de cas d'étude.....	132
Tableau 7.2 synoptique de C.E.M ZOUINI	134
Tableau 7.3 La moyenne de la consommation énergétique selon le cycle d'orientation de 360°..	142

LISTE DES FIGURES

Figure II-1 La nouvelle approche de développement durable	17
Figure II-2 Modélisation des bâtiments	19
Figure II-3 Evolution de la pensée durable dans l'architecture	20
Figure II-4 Paradigme de la gestion de projet durable	26
Figure II-5 Triangulation systémique	32
Figure III-1 processus de management de la qualité	44
Figure III-2 Les quatre éléments du processus de gestion de la qualité	46
Figure III-3 histogramme exemplaire.....	47
Figure III-4 Diagramme de Pareto.....	48
Figure III-5 Diagramme d'Ichikawa	49
Figure III-6 un logigramme exemplaire	50
Figure III-7 Le cycle PDCA	51
Figure IV-1 Le rapport entre l'efficacité énergétique et la durabilité	56
Figure IV-2 les besoins énergétiques d'un bâtiment.....	57
Figure IV-3 les aspects ayant une influence déterminante sur la consommation énergétique	58
Figure IV-4 Potentiel de l'impact des décisions énergétiques	68
Figure IV-5 Système de management d'énergie.....	71
Figure IV-6 Organisation de management énergétique dans les bâtiments	72
V-1 Résultats, effets, impact	77
Figure V-2 Analyse de l'impact de la conduite de projet	79
Figure V-3 Procédure BIM	85
Figure V-4 Les catégories des critères des certifications environnementales	87
Figure VI-1 La distribution des wilayas ciblées par l'enquête	95
Figure VI-2 Répartition des répondants selon les wilayas	97
Figure VI-3 Question 1. Evaluation de rapport des architectes avec la réglementation	98
Figure VI-4 Question 2 et 3. Perception liée à la faisabilité du programme	99
Figure VI-5 Perception de la transition énergétique	100
Figure VI-6 Question 5 Justification des réponses à la question 4 Source : auteur.	101
Figure VI-7 Question 6. Responsabilité de la décision énergétique.....	102
Figure VI-8 Question 7. Impact des nouveaux concepts sur les délais	103
Figure VI-9 Question 8. Impact des nouveaux concepts sur la qualité	104
Figure VI-10 Question 9 Les causes derrière le non-respect des exigences de cahier de charges <i>Source : auteur.</i>	104
Figure VI-11 Question 10. La communication entre les parties prenantes	105
Figure VI-12 Question 11. Intégration des solutions architecturales.....	106
Figure VI-13 Les solutions passives dans la conception durable.....	106
Figure VI-14 Question 13. Les contraintes devant la conception durable	107
Figure VI-15 Modèle théorique systémique pour intégrer l'efficacité énergétique dans la gestion de projets architecturaux durable	128
Figure VII-1 Situation de C.E.M ZOUINI - Constantine	133
Figure VII-2 Procédure de la simulation énergétique par Revit/Insight.....	135
Figure VII-3 Elévation du model 3D.....	136
Figure VII-4 Model 3D Revit	137
Figure VII-5 Localisation de C.E.M	138
Figure VII-6 Données climatiques.....	138
VII-7 Zonage thermique	139

Figure VII-8 Mécanisme d'orientation.....	141
Figure VII-9 Consommation énergétique actuelle	141
Figure VII-10 Résultats de facteur fenêtre/mur.....	143
Figure VII-11 Résultats de facteur "ombre des fenêtres"	144
Figure VII-12 Résultats de facteur de contrôle d'occupation et contrôle de la lumière du jour ...	145
Figure VII-13 Impact de temps d'occupation sur la consommation énergétique.....	146
Figure VII-14 Résultats avant et après optimisation	147
Figure VII-15 Synthèse des facteurs d'optimisation.....	148

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : analyse du cycle de vie.
AD : Analyse des données.
APRUE : l'Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie
AQ : assurance qualité.
BEM : Modèle énergétique du bâtiment.
BIM : *Building Information Modeling* (modélisation des informations du bâtiment).
CQ : contrôle qualité.
DS : données supplémentaires.
EE : Efficacité énergétique.
FNMEERC : le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie pour les Energies
Renouvelables et de la Cogénération
IFC : classe de fondation industrielle.
ISO : Organisation International de Normalisation.
IUE : intensité d'utilisation d'énergie.
MQ : Management de la qualité.
OPDCA: observation, plan, do, check et act.
PQ : Planification qualité.
PDCA : plan, do, check et act.
QFD : Déploiement de la fonction qualité QFD.
SAD : système d'aide à la décision.
SID : système d'information pour les dirigeants.
SIG : système d'information de gestion.
SGI : système de management intégré.
SME : système de management de l'environnement.
SMQ : système de management de la qualité.
SS : sciences sociales
STT : système de traitement des transactions

RESUME

La présente recherche a été menée pour objectif principal d'examiner l'impact de l'efficacité énergétique sur la qualité au niveau de la maîtrise d'œuvre ainsi que dans le projet architectural en analysant les résultats de questionnaire d'enquête adressé aux 371 architectes algériens, visant à élaborer une étude managériale globale de l'efficacité énergétique liée à la maîtrise d'œuvre en Algérie selon trois axes : politique, managérial, et technique, et à évaluer concrètement un cas d'étude conçu en se basant sur un modèle BIM.

Les résultats ont révélé que la prise en compte d'efficacité énergétique reste encore insuffisante à cause des défis significatifs tels que : le manque de communication entre l'équipe multidisciplinaire et le budget dans un premier lieu, dans un second degré comme la mentalité locale et le manque de main-d'œuvre qualifiée. Les solutions proposées ont été l'encouragement de la conception intégrée avec la collaboration de toutes les parties prenantes en élaborant un plan de communication et la mise en œuvre d'un plan de suivi et d'évaluation.

Quant aux résultats liés au projet architectural. L'analyse de l'étude de cas a confirmé que l'appui sur ses outils BIM pour optimiser l'efficacité énergétique peuvent réduire le coût par un pourcentage de 80% de 12.8 USD/ m²/an à 2.48 USD/ m²/an en assurant la qualité dans un contexte durable.

ABSTRACT

The main objective of this research was to examine the impact of energy efficiency on quality at the project management level and within the architectural project itself. This was achieved by analyzing the results of a survey questionnaire administered to 371 Algerian architects. The aim was to develop a comprehensive managerial study of energy efficiency related to project management in Algeria, focusing on three areas: policy, management, and technical aspects. The study also aimed to concretely evaluate a case study designed using a BIM model.

The results revealed that the consideration of energy efficiency remains insufficient due to significant challenges, including, firstly, a lack of communication between the multidisciplinary team and the budget, and secondly, local attitudes and a shortage of skilled labor. The proposed solutions included encouraging integrated design with the collaboration of all stakeholders by developing a communication plan and implementing a monitoring and evaluation plan.

Regarding the results related to the architectural project, The case study analysis confirmed that leveraging its BIM tools to optimize energy efficiency can reduce costs by 80%, from USD 12.8/m²/year to USD 2.48/m²/year, while ensuring quality in a sustainable context.

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير دراسة الفاعلية الطاقوية على الجودة على مستوى إدارة المشاريع ومتابعتها وضمن المشروع المعماري نفسه. وقد تحقق ذلك من خلال تحليل نتائج استبيان أجري على 371 مهندسًا معماريًا جزائريًا، بهدف إعداد دراسة شاملة تبين التوجهات المهنية المتعلقة بالكفاءة الطاقوية وتأثيراتها في إدارة المشاريع لدى المهندسين المعماريين في الجزائر، عبر ثلاثة مجالات: السياسات والقوانين، التسيير والمتابعة، والجوانب الفنية. كما هدفت الدراسة إلى تقييم ملموس لدراسة حالة مصممة باستخدام نموذج نمذجة معلومات البناء (BIM)، ودراسة أثر التغيير في الحلول المعمارية المتعلقة بالكفاءة الطاقوية على الميزانية الأولية للمشروع.

كشفت النتائج أن مراعاة كفاءة الطاقة لا تزال غير كافية بسبب تحديات كبيرة، حددتها فئة الدراسة أولاً في ضعف التواصل بين الفريق متعدد التخصصات وكذا ارتفاع الميزانية، وكان نقص العمالة الماهرة والتوجهات المحلية في المقام الثاني. وشملت الحلول المقترحة تشجيع التصميم المتكامل الذي يضمن التعاون مع جميع أصحاب المصلحة من خلال وضع خطة تواصل وتنفيذ خطة للرصد والتقييم.

فيما كانت اللنتائج المتعلقة بالمشروع المعماري المتمثل في متوسطة زويني الطاهر بقسنطينة فقد أكد تحليل دراسة الحالة أن الاستفادة من أدوات BIM لتحسين كفاءة الطاقة يمكن أن يقلل التكاليف بنسبة 80٪، من 12.8 دولارًا أمريكيًا للمتر المربع سنويًا إلى 2.48 دولارًا أمريكيًا للمتر المربع سنويًا، مع ضمان الجودة في سياق مستدام.

CHAPITRE I INTRODUCTION

1 Introduction du chapitre

Ce chapitre introduit le contexte général de cette thèse. Les défis qui ont animé ce travail autour de l'étude de l'impact de l'efficacité énergétique sur la qualité dans les projets durables. Ces travaux s'appuient sur des recherches pluridisciplinaires et multi-méthodologiques, incluant trois disciplines de la recherche : la durabilité, l'efficacité énergétique et la qualité avec leurs complémentarités dans la gestion du projet architectural. La première section de ce chapitre explique le contexte et la motivation du travail, La deuxième section décrit les objectifs de la recherche et La dernière section détaille les grandes lignes de la thèse.

2 Contexte général

Depuis toujours, l'homme a eu besoin de s'abriter, de se nourrir et de se déplacer. Selon les époques, ces besoins ont été satisfaits de manières diverses. Le XVIIIème siècle a initié le début de l'ère industrielle qui a fait basculer les peuples vers le modèle de société de consommation selon lequel nous vivons encore actuellement. Néanmoins, ces quarante dernières années ont été marquées par des constats alarmants comme conséquences de notre mode de vie. En général, le secteur du bâtiment est responsable de 36 % des émissions de CO₂, il est le plus grand consommateur d'énergie avec un pourcentage de 40 %. (Salem, 2020)

Une croissance rapide de la consommation mondiale d'énergie suscite de plus en plus d'inquiétudes dès les années 1970 et 1980 quant à l'approvisionnement énergétique et aux impacts environnementaux liés à l'énergie. Le modèle de consommation en constante croissance ne peut être durable à long terme, d'une part en raison des ressources naturelles qui commencent à se tarir et à l'augmentation du coût de l'énergie à cause de cette industrialisation et d'autre part en raison des problèmes environnementaux liés aux déchets rejetés et leurs impacts sur le changement climatique (Gholipour, Bignon, & Morel-Guimaraes, 2010).

Ce souci nécessite la recherche des solutions pour l'amélioration des stratégies à court et à long terme visant à concevoir des projets durables dès les premières phases ou il y a moins des contraintes économiques et techniques. « Les problèmes de l'environnement doivent être considérés le plutôt possible, sinon, les changements postérieurs au dossier coûteront de l'argent et des ennuis ».

Pour discuter les enjeux climatiques et énergétiques, 195 pays des Nations unies se rencontreront dans une conférence annuelle. L'objectif de cette conférence est « d'aboutir, pour la première fois, à un accord universel et contraignant permettant de lutter efficacement contre le dérèglement climatique et d'impulser/d'accélérer la transition vers des sociétés et des économies résilientes et sobres en carbone » (<https://cop23.unfccc.int/>, 2017). La deuxième partie de cette conférence sera essentiellement consacrée aux points clés et techniques qu'il est nécessaire de respecter et de traiter dans le secteur de bâtiment .

L'Algérie est l'un des pays participants dans cette conférence ou elle a présenté l'engagement environnemental du pays couvre la période 2021-2030 et concerne principalement les secteurs de l'énergie, de l'industrie et de bâtiment. L'efficacité énergétique est appelée à jouer un rôle important dans ce programme, La réalisation de ce programme par une diversité d'actions et de projets, devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie (aprue.org.dz, 2017).

L'intérêt porté par l'Algérie à l'efficacité énergétique ne s'est pas manifesté pour la première fois lors de cette conférence, mais s'inscrit dans une démarche engagée dès 1985 à travers la création de l'Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE), institution en charge de la politique de maîtrise de l'énergie. Puis en 1999, la loi n° 99-09 relative à la maîtrise de l'énergie a été mise en place. Ce dispositif précise le cadre algérien en matière d'efficacité énergétique dans tous les secteurs : résidentiel, tertiaire, industrie et transport, et il couvre les instruments règlementaire, financières et informative. Ce texte a été complété en 2015 par le Fonds National pour la Maîtrise de l'Énergie, des Énergies Renouvelables et de la Cogénération (FNMEERC), chargé de financer les projets et les actions liés à l'efficacité énergétique. Enfin, la création d'un Ministère de la Transition Énergétique et des Énergies Renouvelables en 2020. (GIS, 2022). Donc, les questions de durabilité et d'efficacité énergétique sont intégrées dans les projets architecturaux de plus en plus conformément aux engagements environnementaux mondiaux et aux priorités nationales en matière d'économies d'énergie.

D'après la recherche bibliographique, on trouve l'étude de) BOUAMAMA W.(2013 , qui analyse la politique de l'efficacité énergétique en Algérie à travers une prise en évidence des stratégies nationales d'EE et identifie les contraintes institutionnelles, techniques, économiques et organisationnelles liées à la gouvernance, à la coordination entre les parties prenantes. Une absence

d'un cadre intégré et cohérent capable de traduire les objectifs d'efficacité énergétique en actions a été souligné, notamment dans le secteur du bâtiment.

(Durand, 2021) étudie le développement du cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie, en se basant sur le cadre réglementaire et incitatif existant, le cadre institutionnel et la perception du cadre par les acteurs et en se concluant par une comparaison avec les cadres institutionnels de l'Allemagne, la Tunisie et l'Arabie Saoudite. L'étude souligne que l'impact des lois et des stratégies liées à l'EE reste encore limité avec une absence des outils opérationnels.

(Rahmani, Kaoula, & Hamdy, 2022) examinent une mesure de l'efficacité énergétique basée sur les principales politiques, les agences et les programmes en Afrique du Nord, le cas de l'Algérie. Ils analysent l'écart entre la réglementation et la mise en œuvre pratique. Ils soulignent la nécessité de soutenir le processus de la prise de décision énergétiques par des cadres politiques intégrés et d'indicateurs d'efficacité fiables.

Alors que (Merzouk, Zhao, & Xu, 2025) analysent les pratiques de la gestion de projets de construction durable en Algérie en mettant l'accent sur les défis, les stratégies et les orientations futures pour une construction respectueuse de l'environnement. Ils soulignent que les pratiques gestionnaires sont souvent linéaires et fragmentées, alors que les projets architecturaux durables nécessitent une nature intégrée et multidisciplinaire. Les résultats indiquent que les principales contraintes managériales sont liées à l'élévation des coûts perçus et la mauvaise coordination entre les parties prenantes qui nécessite l'adaptation des stratégies managériales intégrées dès les premières phases du projet.

Dakhia et Zemmouri (2021) étudient des stratégies d'optimisation énergétique et impact environnemental d'un immeuble de bureaux situé à Biskra, en Algérie à partir d'une analyse du cycle de vie appliquée à l'enveloppe du bâtiment en climat chaud et sec, en prise en considération des propriétés thermiques et des alternatives de conception. Ils soulignent que la consommation d'énergie peut être réduite par des choix architecturaux appropriés dès la première phase de conception, notamment l'orientation et l'isolation de l'enveloppe.

(Hadji et al. 2024) évaluent l'efficacité énergétique des logements sociaux algériens à l'aide d'une approche de simulation paramétrique. Ils analysent comment le choix des paramètres de conception, tels que les taux de vitrage, les matériaux et l'orientation, affectent la consommation énergétique des bâtiments dans différentes zones climatiques en Algérie.

Cette étude améliore un modèle pratique pour l'évaluation et l'amélioration de l'efficacité énergétique des logements sociaux.

3 Problématique

Cependant, plusieurs lacunes apparaissent lorsqu'on transpose ces résultats au contexte algérien :

- Rahmani et coll. (2022), Bouamama (2013) et Durand (2021) analysent les contraintes politiques, tandis que Dakhia et Zemmouri (2021), Hadji et al. (2024), et Merzouk et al. (2025) étudient les aspects techniques et managériales de la conception économe en énergie. Les recherches antérieures se sont souvent concentrées soit sur les cadres politiques (réglementations de niveau macro), soit sur les solutions de conception technique (interventions de niveau micro), sans aborder la dimension **décisionnelle liée à la solution architecturale conçue par les architectes** avec une exploration limitée de la manière dont ces dimensions interagissent dans la pratique.
- Il n'y a pas d'études empiriques en Algérie examinant les perspectives des architectes ou les attitudes professionnelles liés à l'efficacité énergétique et à la durabilité. Cette lacune nécessite une étude approfondie examinant l'intégration des considérations politiques, managériales et techniques lors de la conception des projets architecturaux durables.
- Manque des travaux qui se sont intéressés à la compatibilité entre efficacité énergétique, qualité et durabilité.

Dans ce contexte, la problématique centrale de cette recherche peut alors se formuler comme suit : **Dans quelle mesure l'intégration de l'efficacité énergétique dans les projets architecturaux durables influence-t-elle la qualité en Algérie, à travers des dimensions politiques, techniques et managériales ? et comment peut-on l'évaluer puis l'améliorer ?**

On va aborder également les sous-questions suivantes de la thèse.

3.1 Question de management des projets architecturaux durables aujourd'hui ?

Après l'analyse de la littérature présentée dans plus de 108 papiers scientifiques détaillée dans le deuxième chapitre, un double problème confronte le management de projet architectural dit « durable » : celui de **la complexité et l'interdisciplinarité** et celui de **l'ajustement et l'adaptation**. A propos de la complexité, la pensée durable est plus d'une somme linéaire des pratiques, des actions et des avis des acteurs prenantes de projet mais une approche systémique holistique et interdisciplinaire en prenant en compte les différentes interactions entre tous ces acteurs. Le projet architectural durable doit être appréhendé à l'intersection de différentes disciplines et points de vue. Néanmoins, l'interdisciplinarité n'est pas un objectif en soi même mais la compréhension de cette finalité nous permettons d'éviter les contraintes environnementales, économiques et architecturales. Quant au deuxième problème de l'ajustement et l'adaptation, l'ajustement est le rapport non déductif entre le « conçu durable » et le « construit » après les contraintes d'exécution, le rapport entre les exigences et les données de la conception dans le contexte durables et les solutions architecturales et techniques présentées pour y répondre. Le suivi et l'évaluation permanente de pertinence de chaque solution au contexte durable est nécessaire. (Gholipour, Bignon, & Morel-Guimaraes, 2010)

Au-delà de ce double problème de la durabilité, se pose la question :

Comment résoudre le problème de complexité et interdisciplinarité dans le management des projets architecturaux durables alors que chaque discipline impliquée observe la durabilité selon des concepts disciplinaire différents dans une approche linéaire ? et comment manager l'ajustement et assurer une vérification permanente dès les premières phases de la conception architecturale ?

3.2 Question de management de la qualité dans les projets architecturaux durables

D'après les deux problèmes liés au management des projets architecturaux durables annoncés précédemment, la question de l'assurance de la qualité des opérations architecturales durables se pose.

La qualité dans le projet architectural durable renvoie à plusieurs significations. Il peut signifier **la satisfaction d'exigence de la durabilité** qu'au dépassement de ces standards Elle concerne également **l'analyse des multiples aspects du bâtiment**, sur le plan technique, environnementale et architecturale, ainsi que **l'ensemble des processus associés**

à sa **réalisation**, tels que la programmation, la conception, la construction et la gestion globale de la qualité qu'on va les étudier plus profondément dans le chapitre 3 suivant.

Au-delà, **quels sont les facteurs affectant le management de la qualité dans les projets architecturaux durables ? et comment l'assurer dans une approche multidisciplinaire ?**

3.3 Question de l'efficacité énergétique dans les projets architecturaux durables

D'après une recherche scientifique faite par MOUSSIS, de 94812 papiers scientifiques abordent la thématique de la durabilité que seulement 3% parle de trois piliers de la durabilité, et que la plupart de reste parle des enjeux liés à l'efficacité énergétique qui sont prioritaires dans les projets durables (Moussis, 2002). En ajoutant les raisons liées à la raréfaction et la complexité d'accessibilité a les ressources fossiles et leurs conséquences négatives sur l'environnement d'autre part. (Boodi, 2021)

Donc la recherche des solutions architecturales et techniques est une prioritaire aujourd'hui. De nombreuses initiatives sont déjà en cours, en mentionnant la recherche des ressources énergétiques non polluantes, l'encouragement du recyclage, et cela a occupé la plupart des recherches scientifiques et technologiques dans l'efficacité énergétique du secteur de la construction. (ALI, 2022).

Afin de bien manager la complexité des projets architecturaux durables en assurant l'efficacité énergétique, la solution collaborative BIM va remplacer progressivement les méthodes conventionnelles telles que la CAO (Zhang, Chu et Song, 2020). Elle permet d'optimiser la coordination des parties prenantes dans un système collectif, à un modèle complet et à un échange de données précis qui comprend les détails de la conception, les spécifications, les plans et les coûts (Love, Edwards, Han et Goh, 2011). Les outils BIM sont utilisés pour analyser l'impact énergétique et environnemental des projets de construction et produire la documentation nécessaire pour répondre aux exigences des réglementations, des audits et de la certification, qu'on va les étudier d'une manière détaillée dans le chapitre 4 et 5 suivants.

Et la question posée : **Comment pouvoir résoudre le problème du cout élevé de l'efficacité énergétique ? et quelle est la démarche qu'on doit utiliser pour bien la concevoir et la gérer efficacement ?**

4 Hypothèses

On peut résumer les hypothèses comme suit :

H1 : Les causes associées à une limite intégration des critères d'efficacité énergétique en ainsi qu'à une moindre assurance de qualité et une mauvaise gestion de durabilité dans les projets architecturaux en Algérie sont les suivantes : une connaissance insuffisance des réglementations (axe politique), manque de suivi et de coordination entre les parties prenantes (axe managérial) et un accès restreint aux dernières technologies en matière d'efficacité énergétique (axe technique).

H2 : L'intégration de l'efficacité énergétique améliore la qualité perçue des projets durables et diminue le cout lorsqu'elle est soutenue par des stratégies de conception adéquates dès les premières phases en assurant une maîtrise de complexité et interdisciplinarité de management des projets architecturaux durables.

5 Objectifs de la recherche

L'objectif global est d'élaborer une approche intégrée fondée sur le BIM pour améliorer la durabilité, l'efficacité énergétique et la qualité des projets architecturaux durables en Algérie en travaillant sur les objectifs suivants :

- Création d'une base cognitive sur : la durabilité, l'efficacité énergétique et la qualité.
- Analyser **les perceptions et les pratiques de 256 architectes** algériens concernant l'efficacité énergétique afin d'examiner l'état actuel de prise en considération d'efficacité énergétique dans la maîtrise d'œuvre.
- Proposer **une étude managériale globale de l'efficacité énergétique** selon trois dimensions :
 - Politique
 - Managériale
 - Technique
- Développement d'un modèle 3D complexe du C.E.M ZOUINI dans Revit et création d'un modèle analytique énergétique par simulation dans (base cloud) Insight 360 en évaluant **l'impact concret des outils numériques sur la performance énergétique** et les couts.

6 Méthodologie de la recherche

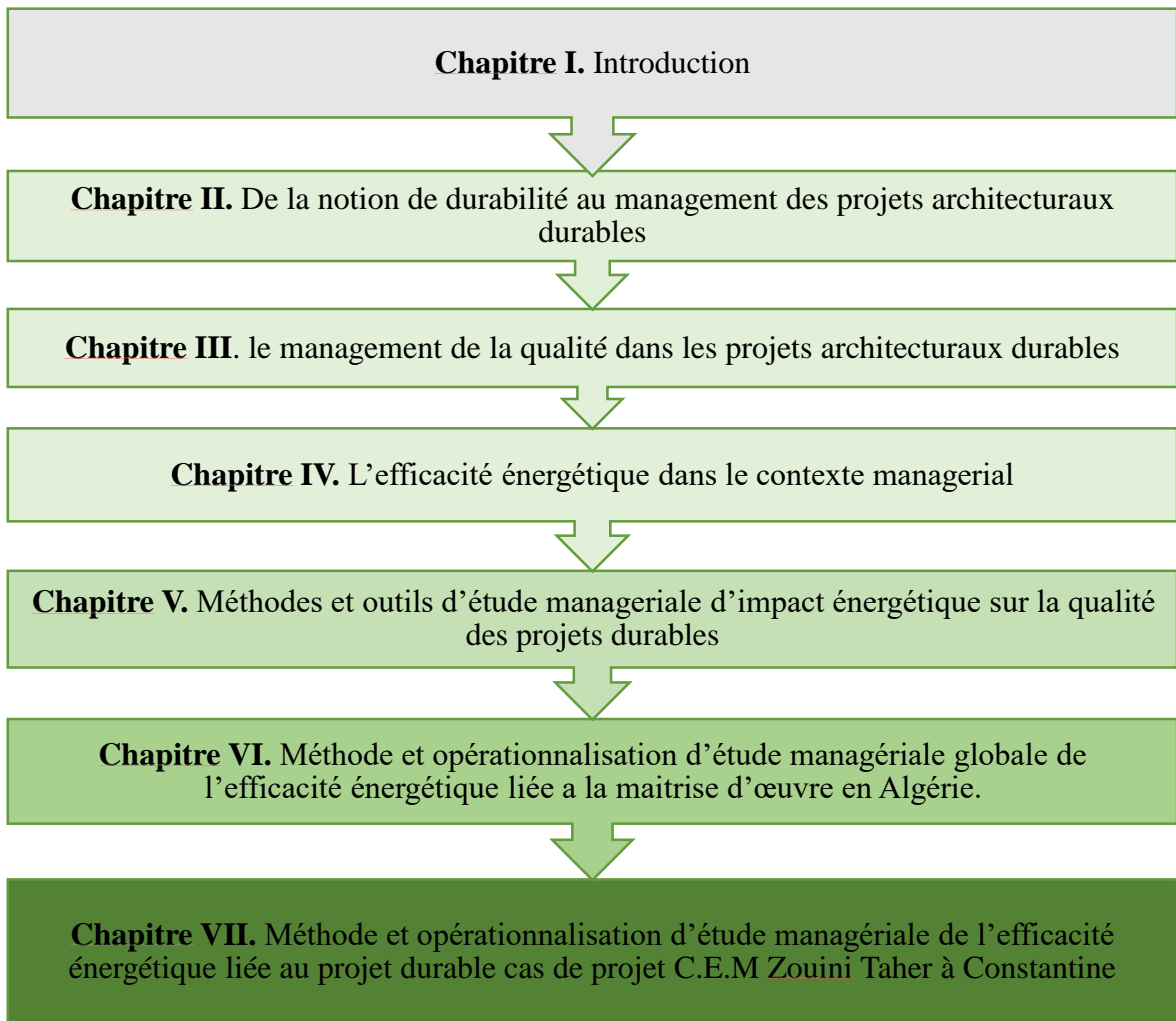
Afin de répondre à la problématique posée et atteindre les objectifs suscités, nous allons concevoir une recherche combinatoire entre la construction du **cadre théorique de référence** concernant les concepts clés de la thèse en se basant sur une revue bibliographique (des livres, des documents, des rapports officiels, des mémoires et des sites internet) et le travail du terrain qui est composé de deux méthodes: **un questionnaire aux 256 architectes** pour avoir un état de lieux de la prise en considération de l'efficacité énergétique dans les projets architecturaux en Algérie et analyser les défis dans la maîtrise d'œuvre qui peuvent être des barrières devant la transition énergétique. Et la deuxième méthode est **l'analyse énergétique de C.E.M ZOUINI à Constantine comme un cas d'étude à l'aide d'un outil BIM** en développant un modèle 3D complexe dans Revit et créant un modèle analytique énergétique par simulation dans (base cloud) Insight 360 et analyse paramétrique.

7 Points forts et pertinence de l'étude

Cette recherche est particulièrement pertinente car elle comble des lacunes par la définition de la compatibilité entre la durabilité, la qualité et l'efficacité énergétique dans les projets architecturaux. De plus, en privilégiant des approches quantitatives (enquête) et qualitatives (étude de cas), ce travail offre une compréhension globale du sujet et des perspectives pratiques et professionnelles.

8 Structure de la thèse

Le travail va s'articuler autour de 7 chapitres successifs (voir figure 1) :



**CHAPITRE II DE LA NOTION DE DURABILITE AU
MANAGEMENT DES PROJETS ARCHITECTURAUX
DURABLES**

1 Introduction du chapitre

Le passage de l'ère industrielle à l'ère informationnelle a entraîné des grands changements dans le domaine d'ingénierie et de l'architecture à cause d'interaction permanente entre ce domaine et l'environnement afin de diminuer l'impact négatif de cette industrie, on parle donc de projet architectural durable.

Afin de familiariser avec le concept de projet architectural durable, nous allons commencer dans ce présent chapitre par un cadre théorique général de ce concept dans le domaine de l'ingénierie et de l'architecture.

Nous y discuterons d'abord du cadre général de développement durable, nous passerons ensuite de management des projets architecturaux durables, et nous terminerons avec la nécessité d'une approche systémique dans la conception des projets durables.

2 L'évolution du concept de développement durable

En 1968, l'association privée internationale « le club de Rome » a été fondée par l'italien Aurelio PECCEI et l'écossais Alexander KING, par objectif d'essayer à comprendre le futur d'une approche globale en mettant en compte les interactions politiques, économiques sociales et techniques dans le monde (*ROMON C et al., 2011*) c'est-à-dire « le monde est à considérer comme un système global », par une autre expression, l'homme comprend qu'il n'a pas été le seul qu'on doit met en importance mais il a été qu'une partie inséparable de l'écosystème planétaire.(*BUI U., 2012.*)



Figure II-1 Aurelio PECCEI (à droite) lors de la réunion des membres du "Club de Rome" à Berlin le 14 octobre 1974.

Source : *archive de lemonde.fr*

Dans les années 70, des nouvelles idées plus précises sont été inventées comme : « la théorie de la décroissance¹ » inventée par l'économiste américain Nicholas Georgescu

¹ La décroissance est un concept économique, politique et social, qui remet en cause l'idée selon laquelle l'augmentation des richesses conduit au bien-être social. Cette théorie vise donc à réduire la production de biens et de services dans l'objectif de préserver l'environnement.(www.economie-magazine.com).

Røge, le document « halte à la croissance » publié par le Club de Rome qu'il parle du danger de la croissance économique exponentielle face à l'épuisement des ressources naturelles, et l'initiation d'idée du « développement durable » comme une introduction de la prise en compte de l'environnement dans l'esprit des pays industrialisés à l'occasion du sommet de l'environnement à Stockholm en 1972. (ROMON C et al., 2011)

En 1987, la notion de développement durable apparut pour la première fois dans le rapport du Premier ministre de la Norvège Madame Gro Harlem Brundtland, dont le sens "qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs".

Donc, on peut dire qu'avant quelques années avant la conférence de Rio en 1992, les pays industrialisés prirent de conscience des risques sur l'environnement d'un développement non contrôlé et non maîtrisé et ils ont commencé à intégrer la préservation de l'environnement et la durabilité comme un concept clé.

En juin 1992, La Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, qui a eu lieu à Rio de Janeiro, a rassemblé les délégations de 182 États. Il est le point de départ d'un travail par l'élaboration d'un programme d'actions pour le XXIe siècle appelé « Agenda 21 » ou « Action 21 », se compose de 27 principes et d'un programme d'action en 40 chapitres et environ 2500 recommandations (préservation des ressources naturelles, gestion écologique des déchets, l'aménagement harmonieux du territoire...). (ROMON C et al., 2011)

Depuis, d'autres conférences internationales ont développé les enjeux globaux de cet Agenda 21, en mentionnant le protocole Kyoto qu'il s'agit d'un traité international fixant un calendrier de réduction des émissions des six gaz à effet de serre les plus importants qui sont considérés comme la cause principale du réchauffement climatique des cinquante dernières années d'après une conférence organisée à Kyoto, au Japon avec une participation de 38 pays industrialisés se sont engagés à réduire leurs émissions des principaux gaz à effet de serre d'au moins 5 % dans la période 2008-2012, par rapport aux niveaux enregistrés en 1990 . (Roy, 2021) (ROMON & VILLEMANT, 2011).

Puis en 2007, Le sommet Rio+15 tenu à Jakarta (Indonésie) lance le défi d'un développement durable pour les 30 prochaines années. Il propose une réforme globale des conditions écologiques, sociales, économiques et politiques mondiales en respectant la

diversité culturelle. Le sommet s'est engagé notamment la création d'un nouveau système de gouvernance mondiale chargé de gérer non seulement les ressources naturelles (l'atmosphère, les océans, la biodiversité) mais aussi les biens publics mondiaux tels que la paix et les cultures ; la création de nouveaux indicateurs reflétant la préservation de l'environnement, la viabilité sociale et l'effet des externalités négatives ; enfin, la promotion de l'éducation au développement durable. (ROMON & VILLEMANT, 2011).

En 2015, L'Agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable a été publié lors de sommet des nations unies en établissant 17 objectifs du Millénaire pour le développement qui devraient être atteints d'ici 2030 (Klarin, 2018), dont le 7eme et le 11eme objectifs sont d'efficacité énergétique et de secteur de bâtiment/ville (Roy, 2021).

3 Quelle définition du développement durable aujourd'hui ?

La définition de la notion de développement durable n'a cessé d'évoluer au gré des conférences et de progression de la science comme elle a été regroupé et résumé dans le tableau 1 à partir de la littérature académique.

A partir de tableau ci-dessous, on peut identifier trois éléments clés de concept :

- **Le développement durable en tant que processus multidimensionnel**

Le développement durable se caractérise par la pluralité des interprétations et des approches, et par l'intersection entre les dimensions écologiques, sociales et économiques.

(Razzaghipour, 2021) (Klarin, 2018) (GENDRO & REVÉRET, 2000)

- **Le développement durable en tant qu'un besoin intergénérationnel**

En même temps, il maintient la capacité de répondre aux besoins de la prochaine génération en matière de conservation et d'amélioration de l'environnement et la possibilité d'une utilisation à long terme des ressources pour assurer la qualité de vie nécessaire aux générations futures. (Razzaghipour, 2021) ; (Klarin, 2018).

- **Le développement durable en tant qu'une coopération internationale**

Toutes les nations sont concernées par le développement durable comme il est attaché par le destin de la terre en long terme.

Tableau II.1 Evolution de définition de développement durable

SOURCE	DEFINITION
Oxford English Dictionnaire (1989)	Capacité d'être soutenu ; maintenable, et pour garder une personne, une communauté, etc. d'échouer ou de céder ; maintenir dans l'être, maintenir au bon niveau ; pour soutenir la vie dans ; la nature, etc. avec des besoins.
Rosenbaum (1993) ‘	« durable » signifie utiliser des méthodes, des systèmes et des matériaux qui n'épuiseront pas les ressources ou ne nuiront pas aux cycles naturels’’
Valentin et Spangenberg (2000) ‘	Les principes du développement durable sont structurés autour de quatre impératifs thématiques (un pour chaque dimension, c'est-à-dire économique, sociale, environnementale et institutionnelle) et 6 liens inter-thématiques (un pour chaque interconnexion bidimensionnelle)
United Nations General Assembly (UNGA), (EU MDG, 2005)	La réconciliation des exigences environnementales, sociales et économiques – les “trois piliers” de la durabilité.
Vare & Scott, 2007 (Klarin, 2018)	Le développement durable est un processus de changements, où les ressources sont mobilisées, la direction des investissements est déterminée, le développement de la technologie est ciblé et le travail des différentes institutions est harmonisé, ainsi le potentiel de réalisation des besoins et des désirs humains est également accru.
Marin et al., 2012 (Klarin, 2018)	Le développement durable offre une possibilité d'interaction illimitée dans le temps entre la société, les écosystèmes et les autres systèmes vivants sans appauvrir les ressources essentielles.
(Roy, 2021)	Le développement durable est un système qui peut évoluer indéfiniment vers une plus grande utilité humaine, une plus grande efficacité d'utilisation des ressources et un équilibre avec l'environnement qui est favorable aux humains et à la plupart des autres espèces.

sources : (Asse , Géraldine , Schembri, Geronimi, & Méral , 2002), (Klarin, 2018) et (Roy, 2021)

4 Les Dimensions économiques, environnementales et sociales du développement durable : une approche globale intégrée

Les conceptions contemporaines durables développement durable se sont cristallisées sous le nom de "Triple Bottom Line" appelé profit, planète et personnes, qui sont les trois piliers de la durabilité. Ils sont dynamiquement interconnectés et s'influencent les uns les autres par une causalité mutuelle et une rétroaction positive. Le développement durable est associé à trois catégories d'objectifs étroitement liés aux performances économiques, environnementales et sociales à atteindre de manière intégrée et systématique (Roy, 2021)

4.1 La dimension économique

La dimension économique vise à accélérer la croissance économique et à en tirer le maximum de bénéfices tout en maintenant le stock de capital constant ou en augmentation.

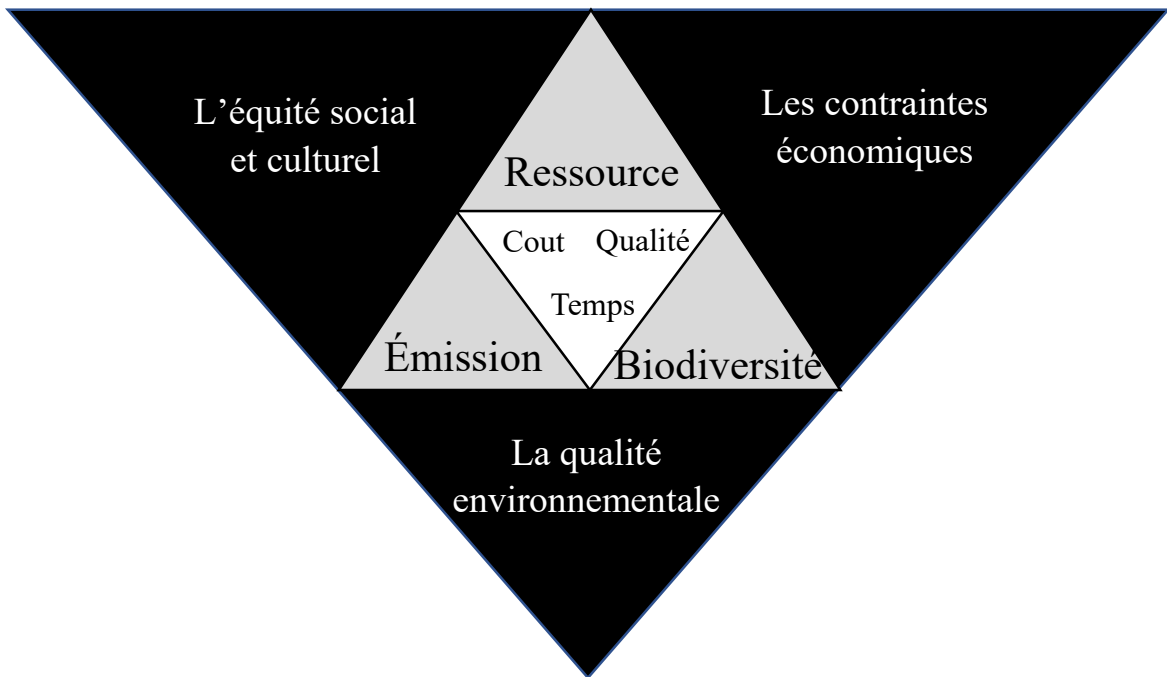
L'idée centrale est d'assurer un impact environnemental négatif limité. Cette approche exige un environnement économique durable pour faire face à un processus multidimensionnel impliquant un ensemble de transformations quantitatives et qualitatives dans les structures organisationnelles et sociales ainsi que des changements d'attitude des personnes envers l'environnement et l'utilisation des ressources (Roy, 2021), afin d'atteindre les objectifs économiques durables : réduire les coûts en assurant une qualité environnementale, réduire la consommation d'énergie, offrir des solutions parfaites à la facilité de production. (Razzaghipour, 2021).

4.2 La dimension environnementale

L'objectif de la dimension environnementale est orienté vers un développement harmonieux entre la croissance économique et la qualité de l'environnement. L'idée centrale est de protéger et de conserver les ressources naturelles et le patrimoine environnemental. Selon ces derniers, la croissance économique ne devrait pas affecter l'équilibre écologique, l'intégrité des écosystèmes. (Roy, 2021), (Razzaghipour, 2021).

4.3 La dimension sociale

Le développement durable réside précisément dans la compréhension des interrelations entre la prospérité économique, la gérance de l'environnement et la responsabilité sociale. Cette dimension vise à améliorer la qualité de vie et le bien-être de la société, ainsi que l'augmentation de l'efficacité économique pour accélérer la prospérité matérielle et le progrès économique. L'objectif fondamental est de maintenir la stabilité sociale, en tenant compte des relations sociales, des interactions sociales, du modèle de comportement et des valeurs de l'humanité. (Roy, 2021), (Razzaghipour, 2021).



	<i>Les facteurs de processus traditionnel de projet architectural.</i>
	<i>Le nouveau paradigme.</i>
	<i>Le contexte global de développement durable.</i>

Figure II-1 La nouvelle approche de développement durable

Source : ROY, 2021

5 De la durabilité aux des projets architecturaux durables

Le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie avec une moyenne de 40 % de la consommation totale des pays (Geyer, 2012) (Akadiri et al., 2012). On s'attend à ce qu'il augmente au cours des 40 prochaines années avec la croissance de la demande de logements à l'échelle mondiale (Feria & Amado, 2019).

En effet, la conception architecturale nécessite de prendre en compte une multitude de facteurs nouveaux et complexes, tels que l'impact environnemental des matériaux et des processus de construction, la consommation énergétique des bâtiments, ou encore leur adaptation au changement climatique. Pour répondre à ces défis, les acteurs de la conception doivent adopter une approche holistique, qui prend en compte l'ensemble des impacts d'un projet sur l'environnement. Cette approche nécessite de collaboration entre des acteurs prenantes de différents domaines (les architectes, les ingénieurs, les écologues, les urbanistes. etc). Cette démarche heuristique est également un outil précieux pour la conception durable. Elle permet d'explorer un large éventail de solutions potentielles, et de trouver des solutions innovantes (Jordanova et al., 2009).

5.1 L'évolution de la pensée durable dans l'architecture

5.1.1. La considération de l'environnement dans l'architecture vernaculaire

Les pratiques vernaculaires sont considérées comme des pratiques durables qui prennent la question de l'environnement en considération dans le choix du site, l'utilisation des ressources locales et recyclables en s'adaptant aux conditions climatiques et en utilisant des techniques de construction qui limitent la consommation d'énergie.

On peut définir l'architecture vernaculaire comme suit : l'architecture vernaculaire est le résultat d'une adaptation progressive aux conditions climatiques et environnementales. Elle utilise principalement des matériaux locaux et des techniques traditionnelles, afin de répondre aux besoins des populations et de proposer des habitats adaptés, y compris dans des régions aux climats difficiles. (Roaf et al., 2005).

5.1.2 Le courant moderne et le courant artisanal

A la fin de XIX -ème siècle, la conception architecturale s'est orientée vers deux courants : moderne et artisanal. Le premier est conduit vers l'industrialisation tandis que l'autre est continué les réflexions sur l'architecture vernaculaire.

La domination du courant moderne au cours du XXème siècle a été une réponse de besoin de logement après la seconde guerre mondiale en débutant par le mouvement de Bauhaus et se développe par Adolf Loos, Auguste Perret, Ludwig Mies Van der Rohe et Oscar Niemeyer. Il est caractérisé par la minimisation de décor et des formes géométriques, fonctionnelles et architecturales (McDonald, 2003). Ce courant est connu par l'architecte le Corbusier, qui définit le logement comme "une machine à habiter ."Il ne se soucie pas beaucoup de l'environnement, mais cherche plutôt dans l'industrialisation des solutions aux problèmes de logement et le libérer de la nature.

D'un autre côté, un deuxième courant alternatif du modernisme poursuit la continuité de l'architecture vernaculaire. La société de l'époque juge ce courant passéiste parce qu'il est rural et artisanal malgré qu'il porte des valeurs environnementales intéressantes comme l'exploitation des ressources locales et l'intégration convenable au contexte sans l'abondance des progrès technologiques. Ce courant est aussi ce qui inspire aujourd'hui l'idée de conception environnementale dans le domaine architectural.

5.1.3 La reconnaissance

Au XXe siècle, le monde est confronté à deux soucis : l'augmentation rapide de la population qui nécessite une réponse aux besoins d'abri, et les nouveaux enjeux climatiques. Pour mieux comprendre cette tendance, (Trocmé et Peuportier, 2007) ont défini deux frontières pour chaque bâtiment : une physique s'agit des objets matériels qui compose le bâtiment et l'autre s'agit de flux s'agit des procédés en amont et en aval (la figure 3).

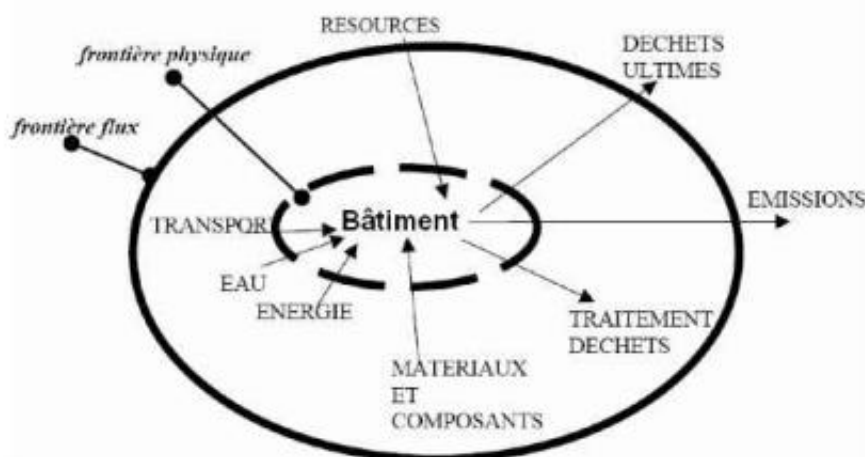


Figure II-2 Modélisation des bâtiments
Source : Trocmé et Peuportier, 2007

5.1.4 L'éco-conception et le projet durable

L'éco-conception a été défini comme la conception d'un bâtiment ayant un impact négatif minimal sur l'environnement en employant une variété des stratégies. Cette dimension environnementale prend en considération en plus des facteurs traditionnels de contexte physique (le site, la topographie et le climat), des nouveaux facteurs concernant les ressources énergétiques (le flux). (Broadbent et Brebbia, 2006)

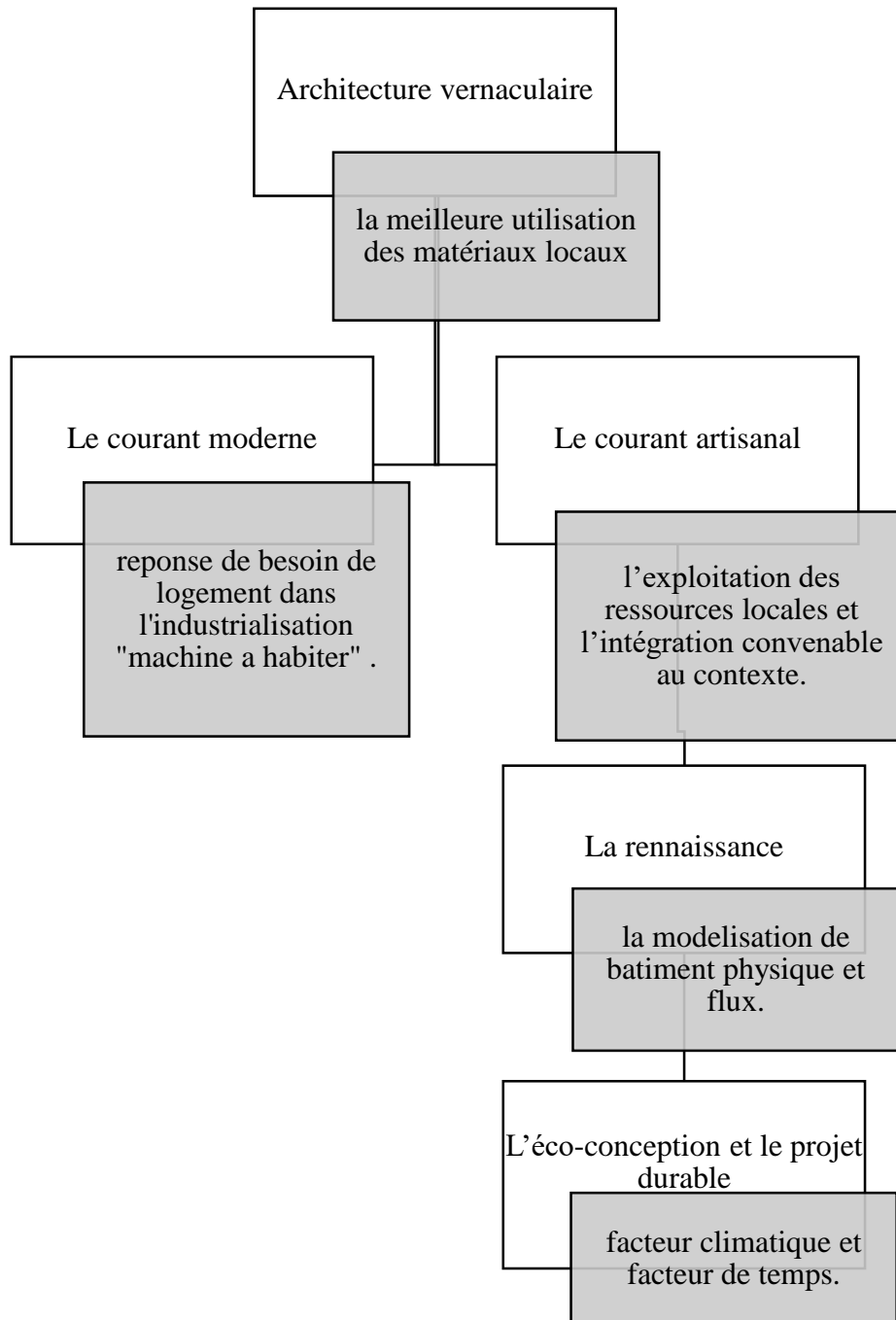


Figure II-3 Evolution de la pensée durable dans l'architecture

Source : Auteur

5.2 Les enjeux du développement durable dans le secteur du bâtiment

Malgré les efforts déjà déployés pour répondre à cette problématique par tous les acteurs impliqués dans le secteur du bâtiment, ce sujet nécessite encore une attention dans le développement de bâtiments économes en énergie (Belussia et al., 2019) pour réduire ses impacts environnementaux et l'importance de préserver aux besoins des générations futures (Feria & Amado, 2019), ce qu'on va discuter dans cette section.

Tous d'abord, nous devons connaître les enjeux du développement durable dans le secteur de bâtiment. Cependant BOURDEAU (1999), les catégories des enjeux identifiées derrière la notion de projet durable peuvent être classées comme suit (BOURDEAU, 1999) :

- Les problèmes physiques liés à la question des ressources ;
- Les problèmes biologiques liés à la vie de l'humanité et les différentes fonctionnalités ;
- Les problèmes sociologiques ayant des facettes socio-politiques, socio-économiques ou socio-culturelles.

Et que Les éléments clés de construction durable sont :

- Réduire l'utilisation des ressources énergétiques et l'épuisement des ressources fossiles ;
- Conserver les espaces naturels et la biodiversité ;
- Le maintien de la qualité de l'environnement bâti.

A un niveau plus détaillé, BOURDEAU a identifié ces enjeux au bâtiment durable :

- Assurer la qualité et valeur de propriété.
- Répondre aux besoins futurs des utilisateurs.
- Préserver une durée de vie prolongée.
- Utiliser des ressources locales.
- Assurer la diffusion d'informations pertinentes à leur prise de décision.

Selon Windapo et al (2012), la construction durable peut être différenciée selon les trois dimensions du développement durable (environnementale, sociale et économique) et doit reposer sur trois principes de base à savoir (ABIMBOLA, WINDAPO , & ROTIMI, 2012) :

- **Gestion des ressources** : qui donne lieu à des méthodes de conception spécifiques qui nécessiteraient moins d'entretien, réduiraient les budgets de fonctionnement et,

en fin de compte, réduiraient le risque de défaillance du bâtiment. Ce concept a été bien détaillé dans un chapitre suivant.

- **Conception du cycle de vie :** pendant les phases de pré-construction, de construction et de post-construction cherche à équilibrer les préoccupations environnementales. L'utilisation de conceptions flexibles et durables pour soutenir les changements futurs (de manière rentable et économe en ressources) et la sélection de matériaux et de produits durables qui répondent aux normes de conformité définies contribuent à la durabilité. L'élément de conception durable du cycle de vie d'un bâtiment offre des opportunités importantes pour influencer la durabilité du projet avant que les opérations de construction ne commencent sur le site. Pendant la construction, une planification et une gestion appropriées des activités de construction pourraient être utilisées pour minimiser l'impact du site sur l'environnement.
- **Et conception pour l'habitation humaine :** en considérant la réponse des besoins de confort et de sécurité, sachant que plus de 70 % du temps des gens est passé à l'intérieur. Ce concept va être détaillé dans la section de la qualité dans les projets architecturaux durables.

Alors qu'on trouve que TRACHTE et SALVESEN (2014) a mentionné que le bâtiment durable c'est celui qui possède toutes les qualités habituelles d'un bâtiment (fonctionnalité, performances, techniques...) mais les conditions de son impact environnemental, économique et social sont minimisées à long terme :

- **À toutes les échelles :** de la qualité et du confort des espaces intérieurs jusqu'à l'échelle planétaire, en passant par les espaces voisins et urbains autour du bâtiment;
- **À tout moment :** de l'extraction des matières premières aux travaux de rénovation et de démolition.

Ils ont mentionné aussi que l'enjeu principal de projet architectural durable est de prolonger la durée de vie d'un bâtiment tout en améliorant le confort, la qualité de vie et en limitant son impact environnemental. Ainsi, ces enjeux doivent être prises en compte à chaque étape du cycle de vie du bâtiment (TRACHTE & SALVESEN, 2014) :

- **Augmenter le confort, le bien-être et la qualité de vie :**

Cette priorité passe par l'amélioration du confort thermique, du confort visuel, du confort acoustique, de la qualité de l'air intérieur ; mais aussi l'amélioration de la qualité de vie, en particulier dans les villes et le contexte urbain et l'augmentation des interactions sociales et de la diversité sociale. Il y a encore une notion complémentaire au confort ;

c'est la qualité de vie de l'être humain qui peut être définie par une série de paramètres liés à la qualité de son environnement extérieur (bâti et non bâti) et aux relations que l'être humain entretient avec son environnement. Ces paramètres sont la qualité de l'environnement extérieur immédiat, la présence d'espaces collectifs ou de réunion, d'espaces publics et de parcs ; la possibilité et la facilité de se déplacer à pied ou à vélo, en toute sécurité et la présence de services de proximité.

- **Réduire la consommation des ressources énergétiques fossiles :**

Cette priorité passe par l'amélioration des performances de l'enveloppe des bâtiments (isolation) mais aussi par l'optimisation des systèmes (chauffage, ventilation, appareils) et l'augmentation de la production d'énergie renouvelable sur site. Dans un monde où la croissance démographique et économique accélère les besoins énergétiques et où les émissions de gaz à effet de serre entraînent un changement climatique global, les enjeux énergétiques deviennent cruciaux.

- **Réduire la production de déchets :**

Cette priorité signifie réduire la pollution de l'air, de l'eau ou du sol, limiter et maîtriser la production de déchets de construction en valorisant les déchets de construction et en valorisant les stocks de ressources secondaires issues du recyclage des déchets ; contrôle et gestion de la production de déchets d'exploitation (domestiques) et recyclage ou épuration des eaux usées. Alors que la plupart des gens s'accordent sur l'épuisement des matières premières et des ressources énergétiques, le secteur de la construction est un gros producteur de déchets. Il ne reste, en termes de développement durable, que trois alternatives : produire un minimum de déchets, trier davantage les déchets à la source (directement sur chantier) pour qu'ils soient facilement valorisés et recyclés et utiliser davantage de matériaux produits à partir de matériaux recyclés.

Après avoir défini les enjeux du développement durable dans le secteur de la construction, nous pouvons les résumer en deux dimensions globales : **dimension temporelle** liée au cycle de vie et **dimension gestionnaire** des ressources et de processus.

6 Les enjeux de la gestion de projet durable

6.1 La gestion de projet durable : Essai de définition.

Ce tableau 2 résume l'évolution de la définition de la gestion de projet durable.

Tableau II.2 définitions de la gestion de projet durable

Auteur	Définition de la gestion de projet durable
Deland (2009)	La gestion de projet durable minimise les ressources exploitées pour travailler sur un projet depuis son lancement jusqu'à sa clôture.
Silvius et al. (2009)	La gestion de projet durable est la gestion du changement organisé par projet dans les politiques, les actions ou les organisations, avec prise en compte de l'impact économique, social et environnemental de projet, son résultat et son effet, pour les générations présentes et futures.
Tam (2010)	La gestion de projet durable est la promotion et la minimisation des impacts négatifs sur la durabilité (économiques ; environnemental ; et social) dans le processus par lequel les projets sont définis, planifiés, surveillés, contrôlés et livrés de sorte que les avantages convenus sont réalisés et contribuent à une société durable.
Silvius et al. (2012)	<p>La durabilité dans les projets et la gestion de projet est le développement et la gestion du changement de politiques organisé par projet, processus, ressources, actifs ou organisations, en tenant compte des six principes de la durabilité dans le projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) équilibrer ou harmoniser les aspects sociaux, environnementaux et intérêts économiques ; (2) une orientation à court et à long terme ; (3) une orientation à la fois locale et globale ; (4) valeurs et éthique ; (5) transparence et responsabilisation ; et (6) consommer du revenu, pas du capital.

Sources : Deland 2009, Silvius et al. 2009, Tam 2010, Silvius et al. 2012.

Comme indiqué dans le tableau, on peut définir la gestion de projet durable comme la prise en considération des enjeux environnementaux, économiques et sociaux tout au long le cycle de vie de bâtiments, des processus et des ressources de la planification à l'exécution équitable et éthique.

Dans cette définition, les dimensions de la durabilité sont abordées en se référant aux triples résultats des aspects environnementaux, économiques et sociaux, le temporel et dimensions spatiales du cycle de vie des ressources, processus, livrables du projet et effets, la dimension de l'engagement des parties prenantes et la dimension des valeurs. On va détailler d'autres dimensions dans la partie suivante.

6.2 L'impact de la durabilité sur la gestion de projet

D'après une analyse systémique d'un échantillon de 68 publications de Gilbert Silvius (2016), un forum a été interrogé sur l'évaluation de l'impact de la durabilité sur la gestion de projet. Plus précisément, pour chaque groupe de processus de gestion de projet (basé sur les groupes de processus du Guide PMBOK : lancement - planification - exécution – contrôle - conclusion).

Cependant, l'impact de la durabilité sur la gestion de projet est plus qu'ajouter une nouvelle perspective ou un nouvel aspect aux processus et aux formats du projet en cours normes de la gestion. Apporter de nouvelles perspectives à la manière d'envisager les projets ajoute également de la complexité (Eslerod & Huemann, 2013 ; Silvius et al., 2012). Le paradigme traditionnel de la gestion de projet consistant à contrôler le temps, le budget et la qualité suggère un niveau de prévisibilité et de contrôle qui s'inscrivent dans une perspective globale et de long terme. L'intégration de la durabilité nécessite donc un changement de paradigme (Silvius et al., 2012) d'une approche de la gestion de projet qui peut se caractériser par la prévisibilité et la contrôlabilité du processus et du livrable, à une approche caractérisée par la flexibilité, la complexité et les opportunités (Carboni & Reeson, 2012).

Traditionnellement les chefs de projet ont tendance à répondre aux exigences de maîtrise d'ouvrage .Cependant, les chefs de projet sont bien placés pour jouer un rôle significatif dans la mise en œuvre des concepts de durabilité dans les organisations et les entreprises (Association for Project Management, 2006 ; Thrap, 2013). Intégrer la durabilité exige que les chefs de projet se développent en tant que spécialistes du développement durable (Crawford, 2013 ; Tam, 2010). Dans ce changement d'état d'esprit, le changement réalisé par un projet n'est plus acquis, ni elle relève exclusivement de la responsabilité du porteur de projet, mais également de la responsabilité du chef de projet. La gestion ne consiste plus à « gérer » les parties prenantes, mais à s'engager avec parties prenantes dans la réalisation d'un développement durable (voir Figure 5).

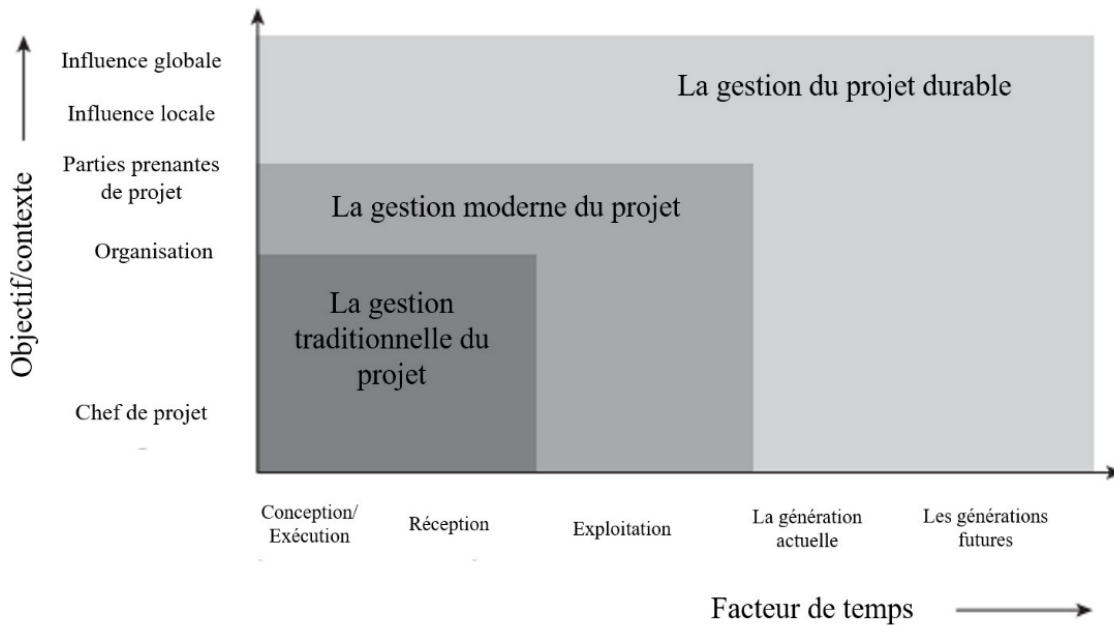


Figure II-4 Paradigme de la gestion de projet durable

Source : Silvius & Schipper 2016 (traduire par auteur)

Pour comprendre l'impact de la durabilité sur gestion de projet, l'analyse systémique a identifié les dimensions suivantes (résumé tableau 3) :

- La durabilité consiste à équilibrer ou à harmoniser les aspects sociaux, environnementaux et intérêts économiques dans la gestion de projet.
- La durabilité concerne à la fois l'orientation à court et à long terme du projet.
- La durabilité est une question d'orientation locale et mondiale qui affecte l'aire d'influence de projet.
- La durabilité est une question de valeurs et d'éthique.
- La durabilité est une question de transparence et de responsabilité des politiques, décisions et actions, y compris les effets environnementaux et sociaux de ces actions et politiques
- La durabilité concerne la participation des parties prenantes
- La durabilité concerne la réduction des risques financiers, techniques, sociétaux et environnementaux.
- La durabilité consiste à éliminer les déchets.

Tableau II.3 dimensions de la durabilité liées à la gestion de projet

Dimension supplémentaire	Considéré par
Une dimension de valeurs	<i>Eid (2009); Eskerod & Huemann (2013); Gareis et al. (2009, 2010); Gareis Huemann, Martinuzzi, Sedlacko & Weninger (2011b); Gareis, Huemann, Martinuzzi, with Weninger & Sedlacko (2013); Goedknecht (2012); Keeble, Topiol, & Berkeley (2003); Keays (2012); Khalfan (2006); Mishra, Dangayach, & Mittal (2011); Prieto (2011); Russell (2008); Schieg (2009); Silvius & Nedeski (2011); Silvius et al. (2012); Silvius, Schipper, & Nedeski (2013a, b); Talbot & Venkataraman (2011, 2013)</i>
Une dimension temporelle	<i>Al-Saleh & Taleb (2010); Badiru (2010); Brent, Heuberger, & Manzini, (2005); Brent & Labuschagne (2006, 2007); Eid (2002, 2009); Eskerod & Huemann (2013); Gareis et al. (2009, 2010, 2011, 2013); Goedknecht (2012); Haugan (2012); Herazo, Lizarralde, & Paquin, (2010); Keays (2012); Khalfan (2006); Labuschagne & Brent (2005, 2007, 2008); Morfaw (2011, 2012); Mulder & Brent (2006); Müller-Pelzer (2009); Pade et al. (2008a); Pade-Khene, Mallinson, & Sewry, 2011); Prieto (2011); Robichaud & Anantatmula (2011); Scanlon & Davies (2011); Schieg (2009); Silvius & Nedeski (2011); Silvius et al. (2012, 2013a, b); Talbot & Venkataraman (2011, 2013); Tam (2010a); Taylor (2010)</i>
Une dimension géographique	<i>Badiru (2010); Edum-Fotwe & Price (2009); Eskerod & Huemann (2013); Gareis et al. (2009, 2010, 2011, 2013); Goedknecht (2012); Gregersen, Lundgren, & White, (1994); Haugan (2012); Morfaw (2011, 2012); Müller-Pelzer (2009); Prieto (2011); Schieg (2009); Silvius & Nedeski (2011); Silvius et al. (2012); Taylor (2010); van Pelt (1993)</i>
Une dimension de la performance	<i>Craddock (2013); Eid (2009); Maltzman & Shirley (2010, 2013); Thoumy & Vachon (2012); Tiron-Tudor & Dragu (2013)</i>
Une dimension de la participation	<i>Ding (2008); Eskerod & Huemann (2013); Goedknecht (2012, 2013); Klotz & Horman (2010)</i>
Une dimension de la réduction de gaspillage	<i>Eid (2002); Khalfan (2006); Maltzman & Shirley (2010, 2013); Ma (2011)</i>
Une dimension de la transparence	<i>Achman (2013); Khalfan (2006); Silvius & Nedeski (2011); Silvius et al. (2012)</i>
Une dimension politique	<i>Pade et al. (2008a); Pade-Khene et al., 2011)</i>
Une dimension de prévention de risques	<i>Gareis et al. (2009, 2010); Goedknecht (2012); Turner (2010)</i>
Une dimension culturelle	<i>AlWaer, Sibley, & Lewis (2008)</i>
Une dimension liée à la responsabilité	<i>Achman (2013); Silvius & Nedeski (2011); Silvius et al. (2012)</i>

6.3 Les aspects de la gestion de projet durable

- **Reconnaissance du contexte du projet**

Un point de départ pour tous les aspects d'un projet et de sa gestion est la reconnaissance du contexte du projet. Intégrer les dimensions de la durabilité dans le projet la gestion implique inévitablement une prise en compte plus large du contexte du projet (Silvius et al., 2012 ; Tharp, 2013). Les limites temporelles « à la fois à court et à long terme » et spatiales « locales et mondiales » du contexte ont un impact particulier sur le contexte de projet.

- **Identification des parties prenantes**

Les dimensions de la durabilité, plus spécifiquement, les principes « équilibrage ou harmoniser les intérêts sociaux, environnementaux et économiques », « tant à court terme qu'à à long terme » et « à la fois local et mondial », augmentera probablement le nombre de parties prenantes du projet (Eskerod & Huemann, 2013 ; Tharp, 2013). Les parties prenantes peuvent être des groupes de pression pour la protection de l'environnement, groupes, organisations non gouvernementales, etc. (Silvius et al., 2012). La participation des parties prenantes n'est pas tant un processus spécifique qu'une attitude avec laquelle toute gestion de projet processus sont exécutés. Selon la directive ISO 26000, l'engagement proactif des parties prenantes est l'un des principes de base de la durabilité (Organisation internationale de normalisation, 2010).

- **Spécifications du projet/exigences/livrables/critères de qualité**

L'intégration des principes de durabilité influencera le cahier des charges, les exigences du résultat livrable du projet et les critères de qualité qui sont basés sur une approche holistique (Eid, 2009 ; Maltzman & Shirley, 2010 ; Taylor, 2010 et Gareis et al., 2013), y compris les perspectives « économiques, environnementaux et sociaux » de la durabilité, « à court et à long terme » et « local et mondial », et développé par toutes les parties prenantes de projet (Eskerod & Huemann, 2013).

L'intégration de la durabilité dans la gestion de projet suggère que le contenu, les résultats/résultats attendus et les critères de qualité sont basés sur une approche holistique vision du projet (Gareis et al., 2013), y compris les perspectives de durabilité telles que comme « économiques, environnementaux et sociaux », « à court terme et à long terme » et « locaux » et mondial », et développé avec un large groupe de parties prenantes (Eskerod & Huemann, 2013).

- **Analyse de rentabilisation/coûts/avantages**

L'influence des principes de durabilité sur le contenu du projet devra être reflète également dans la justification du projet (Silvius & Schipper, 2012). L'identifiant des coûts, des avantages et de l'analyse de rentabilisation du projet peuvent devoir être élargis pour inclure également des facteurs non financiers qui se réfèrent, par exemple, à des facteurs sociaux ou environnementaux. (Gareis et al., 2011, 2013). Le Guide PMBOK reconnaît les impacts écologiques et les besoins sociaux comme des avantages potentiels de contribuer à la rentabilité des projets. L'évaluation des investissements se fait sur la base d'un multicritères approche de critères à la fois quantitatifs et qualitatifs (Silvius & Schipper, 2012)

- **Le choix des matériaux utilisés**

Un aspect évident de l'intégration de la durabilité dans la gestion réside dans **le choix des matériaux** fondé sur une approche en cycle de vie allant de l'approvisionnement jusqu'à la recyclabilité. (Akadiri, Olomolaiye, & Chinyio, 2013; Silvius et al., 2012).

- **Approvisionnement**

Ce ne sont pas seulement les matériaux utilisés, mais aussi les processus liés à l'approvisionnement et la sélection de fournisseurs qui offrent une opportunité logique d'intégrer des considérations de durabilité, par exemple, en appréciant la performance de durabilité des fournisseurs dans la sélection des fournisseurs (Taylor, 2010). Les standards actuels de gestion de projet incluent logiquement des processus liés à l'approvisionnement et à la sélection des fournisseurs. Cependant, aucune de ces normes inclure toute référence aux considérations de durabilité dans ces processus (Silvius, 2013).

- **Identification et gestion des risques**

La gestion des risques, y compris l'atténuation des risques, est un concept bien connu dans le domaine de gestion de projet. Dans les normes de gestion de projet, un risque est défini comme un élément incertain événement ou ensemble d'événements qui, s'ils se produisaient, auraient un effet sur la réalisation de objectifs (Office of Government Commerce, 2010). Cependant, en regardant cette définition du point de vue de la durabilité, certaines questions peuvent se poser. Par exemple, quels objectifs sont pris en compte dans l'identification des risques potentiels ? Sont-ils s'agit des objectifs de la triple contrainte du projet ou des résultats souhaités du livrable du projet ? Et quels sont les objectifs envisagés ? Les objectifs de la maîtrise d'ouvrage de projet ou les objectifs de toutes les parties prenantes ?

Avec l'inclusion du concept de durabilité dans la gestion de projet, l'évaluation des risques potentiels devra évoluer (Winnall, 2013). Logiquement, dans le l'identification des risques, les risques environnementaux et sociaux seront également pris en compte, et, selon l'approche cycle de vie, ces risques doivent être évalués au niveau des ressources, processus, livrables et effets (Silvius et al., 2012).

La prise en compte de la durabilité dans l'identification et la gestion des risques ne signifie pas seulement l'application au type de risques considérés mais cela implique également que les risques sont pris les différents points de vue de toutes les parties prenantes. Cela suggère également que dans la gestion de projet durable, les parties prenantes participent à l'identification, l'évaluation et la gestion des risques (Silvius, 2013).

- **Communication du projet**

Suivant le principe de transparence et de responsabilité, intégrant la durabilité dans les processus et les pratiques de gestion de projet impliquerait une communication idéale sur le projet, qui couvrirait également les aspects sociaux et effets environnementaux, à court et à long terme (Khalfan, 2006; Silvius et al., 2012 ; Taylor, 2010).

- **Rapport d'avancement de projet**

Comme les rapports d'avancement du projet suivent logiquement la définition de la portée, de l'objectif, facteurs critiques de qualité, etc., les processus de rapport du projet seront également être influencés par l'inclusion des aspects de durabilité (Perrini & Tencati, 2006). (Silvius, 2013).

7 Le projet architectural durable dans un contexte systémique

Cette partie expose d'abord une identification de la systémique comme un savoir et une pratique puis sa nécessité dans les projets architecturaux durables en terminant avec la distinction entre l'approche systémique et l'approche analytique.

7.1 La systémique : essai de définition

Selon DONNADIEU et al (2003), la systémique est une approche globale organisée autour des démarches théoriques, méthodologiques et pratiques, vise à analyser des phénomènes complexes dans leur ensemble en mettant l'accent sur les relations entre les éléments, la structure du système et ses propriétés émergentes. Elle s'appuie aussi sur des outils d'observation et de modélisation pour mieux comprendre et représenter une totalité complexe.

La systémique est divisée de deux parties (DONNADIEU, DURAND, NEEL, NUNEZ, & SAINT-PAUL, 2003):

- Un savoir.
- Une méthode et une action.

7.1.1 La Systémique : un savoir.

La compréhension de l'approche systémique implique la maîtrise de quatre notions fondamentales : la **complexité**, la **globalité**, l'**interdépendance** et la notion de **système**.

- **La complexité :**

C'est la complexité a conduit au développement de la pensée systémique, tandis que, sans cette complexité, une approche analytique traditionnelle permettrait d'en rendre compte.

- **La globalité :**

"le tout est plus que la somme des parties" est la traduction précise de concept globalité dans son contexte systémique, il s'agit d'exprimer la cohérence de l'ensemble. On entend par là qu'il convient d'approcher tous les aspects d'un problème à partir d'une vue générale (globale) pour approfondir les détails et les différents composants.

- **L'interaction (ou l'interrelation) :**

C'est une des notions de base de la systémique, qu'elle est complémentaire à la notion de « globalité » et « complexité », il dépasse la simple relation de cause à effet dans l'approche analytique linéaire classique.

- **Le système :**

Ce concept est la base sur laquelle repose la Systémique, il vient de mot grec « sustêma » qui signifie "ensemble cohérent". LESOURNE l'a défini comme «un ensemble d'éléments en interaction dynamique.

7.1.2 La systémique : une pratique.

La systémique n'est pas seulement limitée au savoir, mais aussi une pratique et une manière de simplifier la complexité selon une démarche générale et des outils scientifiques précis.

La démarche générale est basée sur une observation profonde de la situation, investigation et analyse des interactions, modélisation et simulation puis l'expérimentation d'une manière prudente et ambitieuse pour une meilleure appréhension des situations

La triangulation systémique est l'outil principale dans la pratique : l'aspect fonctionnel (lié à la finalité du système), l'aspect structural (lié à l'agencement des composants de système) et l'aspect historique (lié à la nature évolutive du système). Ils sont trois aspects différents mais complémentaires, chacun lié à un point de vue particulier de l'observateur.

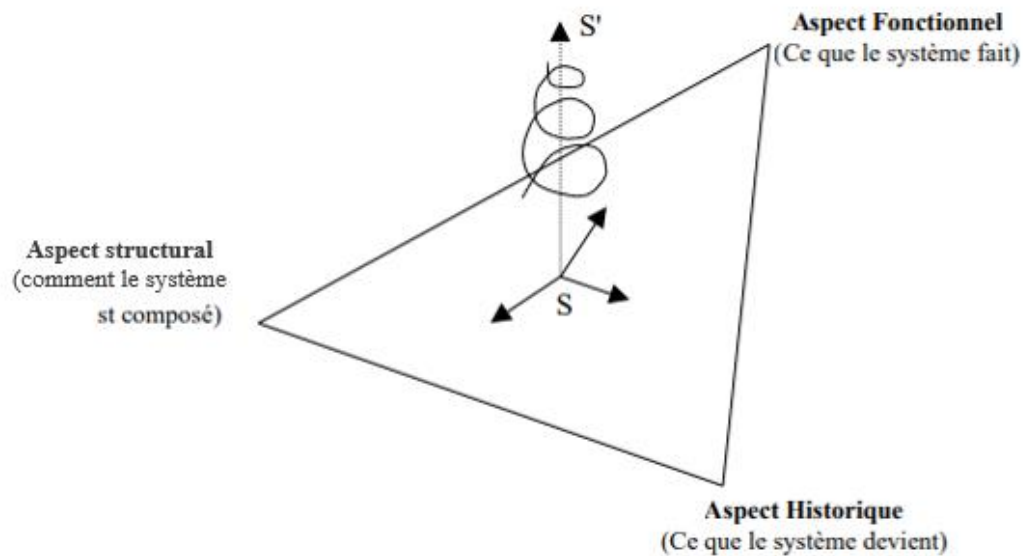


Figure II-5 Triangulation systémique

Source : Gérard Donnadieu et al ; 2003

7.2 La distinction entre systémique et analytique ?

Von Bertalanffy dit en identifiant la distinction entre analytique et systémique que « le problème qui se pose pour les systèmes est essentiellement celui des limites de la procédure analytique appliquée à la science » (Von Bertalanffy, 1993). Le principe de l'approche analytique est la possibilité de réduire l'objet étudié à ses parties physiques et conceptuelles. Son application nécessite le respect de deux conditions préalables :

- Les interactions entre ces parties doivent être inexistantes ou suffisamment faibles ;
- Les relations linéaires entre ces parties pour reconstituer

L'absence de ces deux conditions met la procédure analytique défailante. Von Bertalanffy dans « La théorie générale des systèmes » formalise le concept de système comme « un ensemble d'unités en interactions mutuelles ». le tableau 5 présente en détail 5 différences entre ces deux concepts. (Allaire, D. 2012).

Tableau II.4 comparaison entre l'approche analytique et systémique

Approche analytique	Approche systémique
Se concentre sur les éléments	Se concentre sur les interactions entre les éléments
Considère la nature des interactions	Considère les effets des interactions
S'appuie sur la précision des détails	S'appuie sur la perception globale
Modifie une variable à la fois	Modifie des groupes des variables simultanément
Indépendante a la durée	Intègre durée et irréversibilité les phénomènes
Approche efficace lorsque les interactions sont linéaires et faibles	Approche efficace lorsque les interactions sont non linéaires et fortes

Source : Rosnay 1975

7.3 La nécessité d'une approche systémique dans la conception des projets architecturaux durables

Devant la complexité et la globalité de notion de la durabilité dans les projets architecturaux, les processus traditionnels de conception linéaire des bâtiments présentent aujourd'hui leurs limites. Ces processus doivent partir d'une approche plus holistique dès les premières phases de programmation et de conception.

L'approche systémique dans les projets architecturaux durables est la gestion d'une approche intégrée interdisciplinaire du bâtiment. Cela signifie que l'ensemble du processus de construction, ainsi que sa gestion et son exploitation, sont soumis à des méthodes de planification, de conception, et de construction, grâce à la coopération entre les différents acteurs prenants impliqués dans le processus de construction. Cela met en jeu les principales caractéristiques de la construction de systèmes, c'est-à-dire la coordination et l'utilisation d'un système de gestion, afin de définir, d'analyser et de réaliser les projets de construction.

Comme présenté dans le tableau 5, on déduit que le projet architectural durable est un système complexe. Il compose d'un ensemble des systèmes complémentaires interdisciplinaires.

7.4 Le processus de l'approche systémique de projet architectural durable

Le processus passe par les étapes suivantes (SITTIPUNT, 1984):

- **Elaboration du programme :** Pour trouver les besoins et les résoudre, le contexte et les contraintes doivent être définis et analysés. Le contexte signifie les paramètres du programme tels que l'environnements politiques et économiques, gammes de

géographique, et les conditions climatiques, les ressources et technologies disponibles.

- **Détermination des objectifs :** Une fois les problèmes analysés, le contexte et les contraintes définis, et une équipe d'étude a été désignée, c'est-à-dire les objectifs du programme peuvent être établis selon les besoins posés et du programme proposé dans la précédente étape.
- **Détermination des exigences de performances :** Lorsque les objectifs sont clairement énoncés, une étude des critères généraux de performances requises de la solution. Pour établir l'exigence de performance, les études requises doivent englober tous les aspects des différents problèmes posés, y compris les objectifs du programme.
- **La mise en œuvre :** La dernière étape est celle de la mise en œuvre. Ça concerne la conception et la construction de projets individuels englobés par le programme, qui devraient utiliser de nouveau système de construction développé, systèmes de construction acceptables, y compris ses sous-systèmes et le processus à mettre en œuvre. La solution est ensuite évaluée par rapport aux objectifs, et le feedback correctif dans le processus est facilité, y compris l'amélioration des modèles ou plans conceptuels prédictifs ultérieurs.

Tableau II.5 Approche durable systémique

Approche systémique	Description	Approche durable
1) Le sous-système structurel.	Il comprend non seulement l'organigramme et les descriptions de tâches mais également les réseaux de communication, les politiques, les buts, les stratégies, les systèmes de recrutement et de formation, etc	L'interdisciplinarité sous la durabilité : les trois piliers de durabilité : économique, social et environnemental
2) Le sous-système psychosocial	Intègre les attitudes, les comportements, les besoins, les aspirations, les motivations et les relations entre les individus et les groupes formels ou informels d'individus. Il englobe aussi les conflits et les tensions.	Les interrelations et les effets entre les disciplines
3) Le sous-système culturel	Renvoie à la culture organisationnelle. Il inclut la mission, la raison d'être de l'organisation, les buts, les valeurs, les normes, les croyances et les visions qui existent dans l'organisation. Ces éléments influencent son fonctionnement et guident les décisions et les actions.	Les objectifs, les normes, la réglementation et les décisions ...etc
4) Le sous-système technique.	Désigne les outils et les moyens nécessaires pour la réalisation des objectifs définis du projet.	Les moyens techniques pour atteindre les objectifs
5) Le sous-système de gestion (ou managérial)	Intègre la direction, les outils et les systèmes de gestion. Le sous-système de gestion s'assure la conformité et l'atteinte des objectifs planifiés.	Les systèmes de gestion.

Source : F.E. Kast et J.E. Rosenzweig (1974)

8 Conclusion du chapitre

En conclusion, le développement durable est un processus multidimensionnel qui répond à un besoin intergénérationnel avec une coopération internationale. Il s'agit d'une approche globale intégrée englobe des dimensions économiques, environnementales et sociales. Il assure l'équité social et culturel, la maîtrise des contraintes économiques et la qualité environnementale.

Cette identification impose une complexité dans les projets architecturaux durables qu'ils deviennent un souci magistral qui dépassent les limites de la pratique traditionnelle non

seulement chez la maîtrise d'ouvrage mais aussi chez la maîtrise d'œuvre. Cette complexité nécessite la recherche des nouvelles solutions et l'orientation vers des nouveaux paradigmes systémiques qui peuvent résoudre un certain nombre des difficultés de globalité et d'interdisciplinarité en assurant un équilibre entre une triangulation des aspects : fonctionnel, structurel et historique.

CHAPITRE III LE MANAGEMENT DE LA QUALITE DANS LES PROJETS ARCHITECTURAUX DURABLES

1 Introduction du chapitre

Le projet architectural durable impose des exigences environnementales, économiques et sociales. L'atteinte et le respect des exigences énoncées en amont impliquent la nécessité d'une gestion de la qualité, mobilisant l'ensemble des acteurs du secteur du bâtiment.

Dans ce chapitre, on va étudier l'évolution de la notion « qualité » et traiter des concepts essentiels liés au management de la qualité.

2 Evolution de la notion

Selon (AYOUDJ, 2017), la notion de la qualité passe par trois grandes phases d'évolution de d'après la littérature :

- **L'âge du tri** (des années 40 aux années 60) où la qualité se manifeste par la nécessité de rejet des produits finis ou imparfaits par les industriels pour assurer un certain niveau de la qualité, ce qui coûtait extrêmement cher à l'entreprise.
- **L'âge du contrôle** (des années 60 aux années 80) où la qualité se manifeste par le contrôle au cours des opérations de productions afin d'apprendre les décisions nécessaires pour corriger les écarts dès qu'ils se passent.
- **L'âge de l'amélioration continue de la qualité** (des années 80 à aujourd'hui) qui mène la qualité dans une vision globale stratégique pour pouvoir garantir un niveau de qualité prescrit et à définir des processus permettent de présenter les différentes méthodes pour y arriver.

3 Essai de définition

Les définitions de la qualité sont souvent vagues et variables, d'après les définitions résumées dans le tableau 3.1, on peut déduire que la qualité s'agit d'assurer une conformité aux exigences techniques ainsi qu'aux attentes managériales et opérationnelles relatives au respect de cout et d'échéancier de projet afin d'atteindre la satisfaction d'utilisateur.

Tableau 3.1. Définitions de la notion qualité trouvées dans les publications

<p>La norme ISO 9000 :2000</p>	<p>La qualité est définie comme la capacité de la satisfaction des exigences et des besoins explicites et implicites en s’assurant des caractéristiques précises. (Voir citation 1-Annexe A)</p>
<p>ISO 8402 (D.Ashokkumar, Study of Quality Management in Construction Industry, 2014)</p>	<p>La qualité comme un degré d’excellence dans un sens concurrentiel, comme la fiabilité, la facilité d’entretien, la maintenabilité ou même les caractéristiques individuelles.</p>
<p>(Guay , Arch., & Ing., 2010)</p>	<p>La notion de la qualité fait référence à la qualité de processus managérial qui s’agit de gestion d’une manière équilibrée le budget, les délais et la qualité, ainsi que la qualité des matériaux ou de l’exécution. (Voir citation 2-Annexe A)</p>
<p>(BASU, 2014)</p>	<p>La qualité désigne le degré de conformité des caractéristiques aux exigences.</p>
<p>(Zhang & Russell, 2005)</p>	<p>La « conformité aux exigences » représente une vision technique de la qualité et une approche normalisée qui suppose que la qualité peut être traduite en exigences techniques, et que les procédures et les performances peuvent être mesurées avec précision. Une autre définition « aptitude à l’emploi » met l’accent sur les exigences de l’utilisateur final, où l’obtention de la qualité implique un jugement humain en plus des mesures techniques.</p>
<p>(PESQUEUX, 2020)</p>	<p>Il s’agit de deux angles d’approche : le premier angle est « le caractère subjectif » lié à « la manière d’être » et le deuxième angle est « l’idée de degré de conformité » lié à « la manière d’être jugé jugée bonne » selon des aptitudes et des capacités évaluées d’une manière objective. (Voir citation 3-Annexe A)</p>

4 Les enjeux de la qualité

(AYOUDJ, 2017) a classé la qualité dans son article en enjeux externes et enjeux internes :

- **Enjeux internes** : Adaptation d'une approche qualité s'agit de :
 1. Stimulation de la motivation du personnel ;
 2. Maîtrise des processus ;
 3. Amélioration continue ;
 4. Réduction des coûts liée à la non-conformité,
 5. Gestion efficiente des ressources.
- **Enjeux externes** : elle s'agit aussi de :
 1. Amélioration de l'image de marque ;
 2. Acquisse de nouveaux marchés ;
 3. Confiance aux propriétaires ;
 4. Garantir une satisfaction en matière de service (délais, livraison,) ;
 5. Faciliter l'accès et le déroulement des négociations d'affaires de l'entreprise avec ses partenaires et collaborateurs (fournisseur, banque...).

5 Généralités sur la gestion de la qualité

5.1 Evolution de la notion.

Pesqueux (PESQUEUX, 2020) a distingué cinq phases principales d'évolution de ce concept dès le passage d'une conception de la qualité et en se terminant par la conception de la qualité comme processus :

- La première phase est basée sur la conception de la qualité comme « un état » selon des standards de production précis sous l'inspection et le control des bureaux des méthodes qui sont des liens entre l'axe d'étude et de production afin de pouvoir limiter les risques préalablement.

- La deuxième phase dans les années 1940-1945 vise à approfondir la perspective de la phase précédente de concevoir la qualité en tant qu'un état à atteindre, en qualifiant l'ce qui est qualifié les modes d'emploi des produits d'après des plans d'échantillonnage et un « control qualité » selon des méthodes précis.

- La troisième phase est caractérisée par l'apparition de la notion « assurance – qualité » avec une nécessité de l'accélération de la production en diminuant les couts des produits après la Seconde Guerre Mondiale. Elle correspond au concept de « satisfaction des besoins explicites », la conception est toujours une conception une conception de la qualité comme « état ».

- La quatrième phase dans les années 1980 est un début d'un développement accéléré de la notion de management de la qualité et le début d'apparition en puissance d'une conception de la qualité comme « processus ». Elle a approfondi la satisfaction des besoins implicites et exprimés. Elle a caractérisé par l'apparition du programme « Zéro défaut », et l'émergence des prix de la qualité et à la simplification des référentiels d'évaluation, avec une diminution du nombre de normes, d'environ vingt en 1987 à seulement cinq en 2000.

- La cinquième phase se caractérise par la normalisation de la qualité avec l'apparition de ISO 9000 en 2000, l'apparition de l'association « qualité – sécurité – environnement » par le spécialiste B. Forman et une confirmation de conception de la qualité comme « processus ». Elle est corrélative de la disjonction multidisciplinaire : juridique, économique, social et environnemental de l'activité. Il se caractérise aussi par une combinaison entre la contractualisation managériale et la contractualisation juridique en contribuant la construction d'une perspective propriétaire.

5.2 Essai de définition.

La bibliographie présente de nombreuses définitions de la notion de « gestion de la qualité », dont certaines sont résumées dans le tableau 3.2.

Tableau III.2 Définitions de management de la qualité trouvées dans les publications

(D.Ashokkumar, Study of Quality Management in Construction Industry, 2014)	La gestion de la qualité fait référence à toutes les activités des fonctions de gestion globales, en allant de la définition des objectifs de la politique qualité à la clarification des responsabilités de toutes les parties prenantes.
La version 2015 de la norme ISO 9000 (AYOUDJ, 2017)	Le management de la qualité désigne toutes les opérations et les activités de l'orientation, de control d'un organisme ou projet, en se basant sur une politique qui définit les stratégies et les objectifs qualité et en passant par la planification et la maîtrise afin d'atteindre l'assurance et l'amélioration de la qualité.
(PESQUEUX, 2020)	La gestion de la qualité est la maîtrise de la conduite de tous processus selon des caractéristiques définies par la norme ISO.

D'après les définitions précédentes sur le management de la qualité on peut distinguer deux perspectives y liées : l'orientation des politiques et le contrôle de les appliquer.

5.3 Facteurs affectant la qualité de la construction :

Selon (D.Ashokkumar, Study of Quality Management in Construction Industry., 2014), les facteurs affectant la qualité de la construction :

- **Maitrise du financement** : C'était le facteur principal de la construction et dans tous les types de travaux où l'entrepreneur devait prévoir un paiement financier pour éliminer le risque car cela pourrait affecter le projet.
- **Maitrise de la communication** : Le chantier de construction était parfois situé dans des zones rurales ou loin de la communauté. Il pourrait s'agir d'une cause affectant le transport, entraînant des difficultés et des retards, c'est donc une limitation que l'entrepreneur devait prendre en compte.
- **Maitrise de la main-d'œuvre et des salaires** : dans de nombreuses zones locales, des problèmes liés à la main-d'œuvre, tels que le manque de main-d'œuvre qualifiée, le travail complexe, l'impossibilité de trouver de la main-d'œuvre, peuvent survenir, ce qui peut entraîner des difficultés de travail, des retards et une mauvaise qualité.
- **Maitrise de la météorologie** : la météorologie était l'une des nombreuses limitations importantes car elle ne peut parfois pas être évitée, comme les inondations, les tempêtes, etc.
- **Maitrise du matériel et de l'équipement** : Certains travaux de construction peuvent utiliser des machines ou des équipements spéciaux que l'entrepreneur doit étudier attentivement en ce qui concerne les performances, l'adéquation au travail et préparer suffisamment d'équipements pour chaque travail.
- **Maitrise de temps** : Certains travaux de construction ont dû être achevés dans un délai imparti, comme dans le cas de travaux urgents. Ils ont limité la planification du travail et ont également causé d'autres problèmes de gestion. Par conséquent, l'entrepreneur a dû examiner attentivement cette question.
- **Maitrise de la méthodologie de construction** : les travaux de construction dans certaines zones n'ont pas pu être effectués par une méthode régulière car il y avait des bâtiments autour du chantier de construction, de sorte que l'entrepreneur a dû trouver de nouvelles méthodes adaptées à la construction et a parfois utilisé un ingénieur spécialisé lorsque certains travaux de construction étaient en phase de construction.

- **Limitation de la règle ou de la réglementation** : ce problème a également grandement affecté la construction.
- **Politiques de formation** : En ce qui concerne la politique générale de formation, les entreprises enregistrées ISO 9001 sont plus soucieuses de la formation de leurs employés que les entreprises non enregistrées. Non seulement ils paient les frais de cours, mais ils leur permettent également de suivre une formation pendant les heures de travail.
- **Manque de coordination entre les départements** : La coordination est très importante pour la réussite du projet. Parce que la coordination entre les départements est défaillante, cela peut entraîner une mauvaise exécution ou affecter la séquence de travail. Par exemple, considérons que le département MEP (Mechanical Electrical Plumbing) ne se coordonne pas correctement avec l'équipe d'exécution, maintenant l'équipe d'exécution a effectué les travaux de plâtrage avant que les travaux de plomberie ne soient effectués en raison d'un manque de coordination. Ici, il est définitivement nécessaire de retravailler, donc automatiquement la qualité est mal placée.
- **Autres limitations** : telles que la coopération de chaque partie liée au projet de construction.

6 Processus de management de la qualité

Comme nous avons déduit précédemment d'après les définitions, le management de la qualité est dans une large mesure l'orientation, planification et le contrôle. Il implique approches et philosophies, processus et techniques on s'attendrait à ce que le MQ aborde également ces deux éléments. L'assurance qualité (AQ) est parfois considéré comme un programme complet qui comprend à la fois la planification et le contrôle de la qualité (PMI, 2004). L'assurance qualité est définie comme l'élément « Do » et le contrôle qualité comme l'élément « Check-Act » éléments.

Le management de la qualité du projet s'appuie sur trois concepts : **planification de la qualité**, **assurance de la qualité (AQ)** et **contrôle qualité (QC)** (figure 1). QC est le processus d'assurer que la qualité correspond au plan et à la figure 1 QC englobe la planification de la qualité et de l'AQ du projet pour illustrer cette relation. (Steyn, 2008).

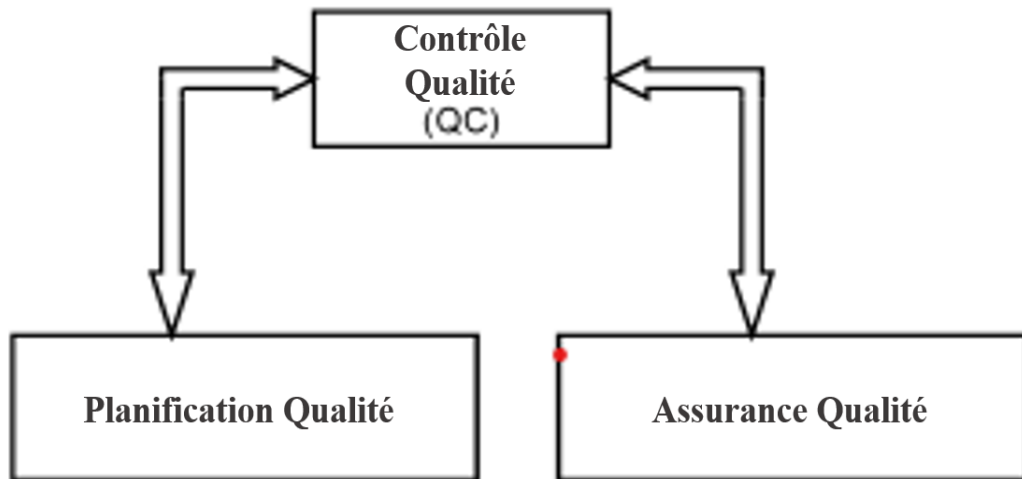


Figure III-1 processus de management de la qualité

Source : (Steyn, 2008) traduit par auteur.

6.1 Planification Qualité

La planification de la qualité devrait inclure des décisions concernant les actions nécessaires pour répondre aux exigences de qualité et aux actions de qualité impliquent souvent l'utilisation de QA et QC spécifiques Et techniques. Les techniques d'AQ et de CQ doivent donc être décidé lors de la planification de la qualité. PQ du projet implique décisions concernant :

- Exigences qui doivent être satisfaites (telles qu'énoncées dans les spécifications et normes), y compris l'analyse comparative contre d'autres projets.
- Actions requises dans le plan global du projet pour répondre aux spécifications et normes requises, y compris les outils et les techniques qui seraient utilisées dans l'AQ et le CQ.
- Paramètres à utiliser pour déterminer si les spécifications et les normes ont été respectées.

Il est important de noter que les activités de qualité doivent former une partie bien intégrée du plan global du projet. Ils ne sont pas être planifié isolément par un responsable qualité, mais plutôt par l'ensemble de l'équipe de gestion de projet. Qualité des activités sont également généralement exécutées par la majorité sinon la totalité des membres de l'équipe projet, et pas seulement par le personnel d'un service Qualité (Steyn, 2008).

6.2 Assurance Qualité

L'AQ désigne les activités planifiées et systématiques mises en œuvre dans le cadre du système qualité et dont il a été démontré, si nécessaire, qu'elles fournissent une assurance adéquate qu'une entité remplira les exigences de qualité. L'assurance qualité consiste à évaluer régulièrement la performance globale du projet pour garantir que le projet satisfera aux normes de qualité pertinentes. La fonction principale de l'assurance qualité est d'obtenir une construction achevée qui répond à toutes les exigences du contrat. L'assurance est définie comme un degré de certitude. Le personnel d'assurance qualité assure ou s'assure en permanence que le travail de l'entrepreneur est conforme aux exigences du contrat (D.Ashokkumar, Study of Quality Management in Construction Industry, 2014).

L'AQ n'est pas seulement requise sur chaque projet individuel pour assurer le respect des exigences, un deuxième élément est une amélioration continue. Le cadre dans la figure 1 est donc étendu pour indiquer les deux éléments d'assurance qualité comme indiqué dans la figure 2. La méthode moderne consiste à intégrer un système d'assurance qualité à l'échelle politique des projets. Dans chaque phase clôturée, une analyse des succès et des échecs doit être programmée lors des réunions de clôture. Les réunions et les rapports sont des moyens importants de s'assurer que les exigences de qualité ont été respectées. Les rapports servent également de lignes directrices pour les projets futurs et contribuer ainsi à l'amélioration continue.

Les outils de clôture et d'amélioration continue comprennent :

- Documentation des recommandations après les réunions de clôture du projet.
- Organisation des réunions après chaque fin de phase du projet, similaires à la réunion finale globale.
- Documentation des rapports sur les coûts de non-qualité, c'est-à-dire les coûts associés à non-conformités.

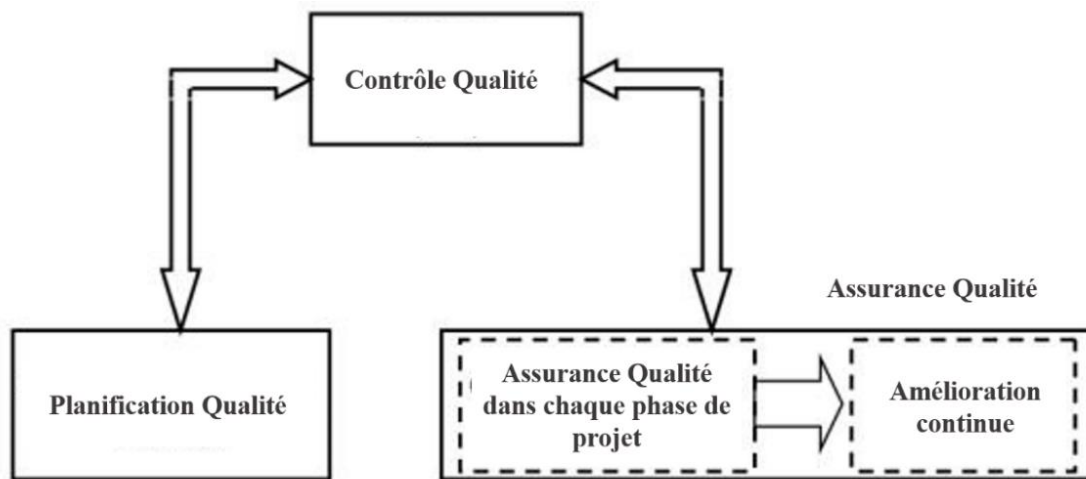


Figure III-2 Les quatre éléments du processus de gestion de la qualité
 Source : (Steyn, 2008) traduit par auteur.

6.3 Contrôle Qualité

Le contrôle Qualité consiste à surveiller les résultats spécifiques d'un projet afin de déterminer s'ils sont conformes aux normes de qualité pertinentes et d'identifier les moyens d'éliminer les causes de performances insatisfaisantes. L'ANSI (American National Standards Institute) et l'ISO définissent le contrôle qualité comme la technique et l'activité opérationnelles ; par exemple, fournir un moyen de contrôler et de mesurer les caractéristiques d'un matériau, d'une structure, d'un composant ou d'un système utilisé pour répondre aux exigences de qualité. (D.Ashokkumar, Study of Quality Management in Construction Industry, 2014). Il s'agit de deux directions : les travaux de CQ prévus et la résolution de problèmes ponctuels rencontrés. Les travaux de CQ prévus consistent aux activités planifiées à un niveau de détail relatif préalablement. Les problèmes ponctuels sont évidemment imprévus contretemps et réserves pour imprévus et leurs impacts sur les budgets et les échéanciers.

7 Méthodes et outils de la gestion de la qualité

Le management de la qualité s'appuie essentiellement sur un processus d'amélioration continue destiné à réduire la variabilité en utilisant des outils et des techniques de management de la qualité. (D.Ashokkumar, Study of Quality Management in Construction Industry, 2014) a regroupé les 8 outils basiques suivants :

7.1 La feuille de contrôle (Check-sheet)

La feuille de contrôle est utilisée pour enregistrer les événements ou les non-événements (non-conformités). Ils peuvent également inclure des informations telles que la position où l'événement s'est produit et toutes les causes connues. Ils sont généralement préparés à l'avance et sont complétés par ceux qui réalisent les opérations ou en surveillent l'avancement. La valeur de la feuille de contrôle peut être une analyse rétrospective, de sorte qu'elle aide à l'identification et à la résolution des problèmes.

7.2 La liste de contrôle (Checklist)

La liste de contrôle est utilisée pour dire s'il y a une certaine chose qui doit être vérifiée. Il peut être utilisé dans l'audit de l'assurance qualité et pour suivre les étapes d'un processus particulier.

7.3 L'histogramme

L'histogramme fournit une représentation graphique des valeurs mesurées individuellement dans un ensemble de données en fonction de la fréquence d'occurrence. Cela aide à visualiser la distribution des données et il existe plusieurs formes, qui doivent être reconnues, et de cette façon, elles révèlent la quantité de variation au sein d'un processus. Il doit être bien conçu pour que les personnes qui effectuent l'opération puissent facilement les utiliser. (Voir la figure 3-3)

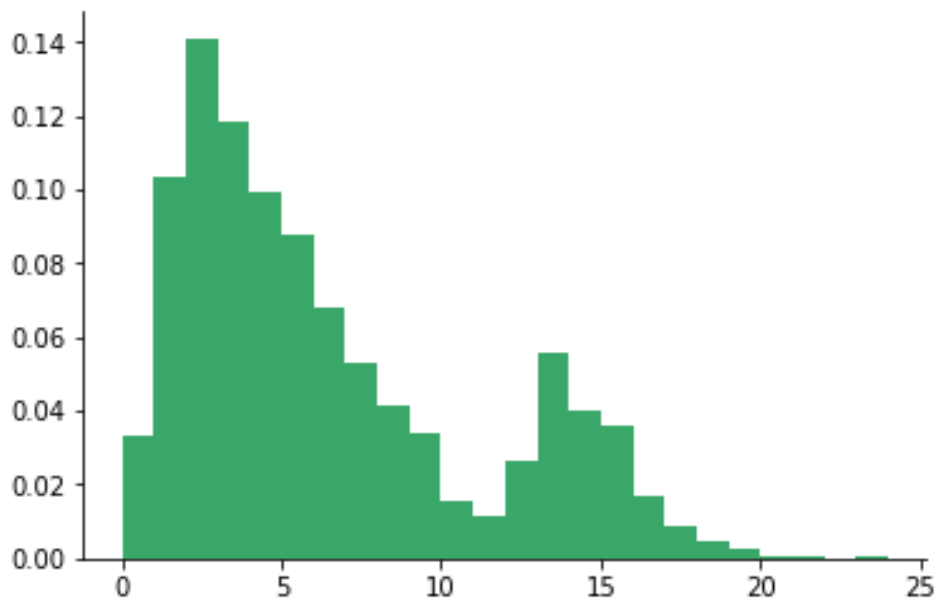


Figure III-3 histogramme exemplaire

Source : *atlassian.com*

7.4 Analyse de Pareto

Il s'agit d'une technique utilisée pour hiérarchiser les problèmes afin que l'attention se concentre initialement sur ceux qui ont le plus d'effet. Il a été découvert par un économiste italien, nommé Vilfredo Pareto, qui a observé comment la grande majorité de la richesse (80%) était détenue par relativement peu de la population (20%). En tant que règle généralisée pour envisager des solutions aux problèmes, l'analyse de Pareto vise à identifier les 20 % critiques des causes et à les résoudre en priorité. A partir des données recueillies, il faut définir les catégories, puis :

1. Répartition des données selon des catégories,
2. Classification dans l'ordre décroissant,
3. Organisation des données,
4. Calcul des pourcentages pour chaque catégorie : fréquence/total
5. Calcul de pourcentage cumulé
6. Traçage du graphique.

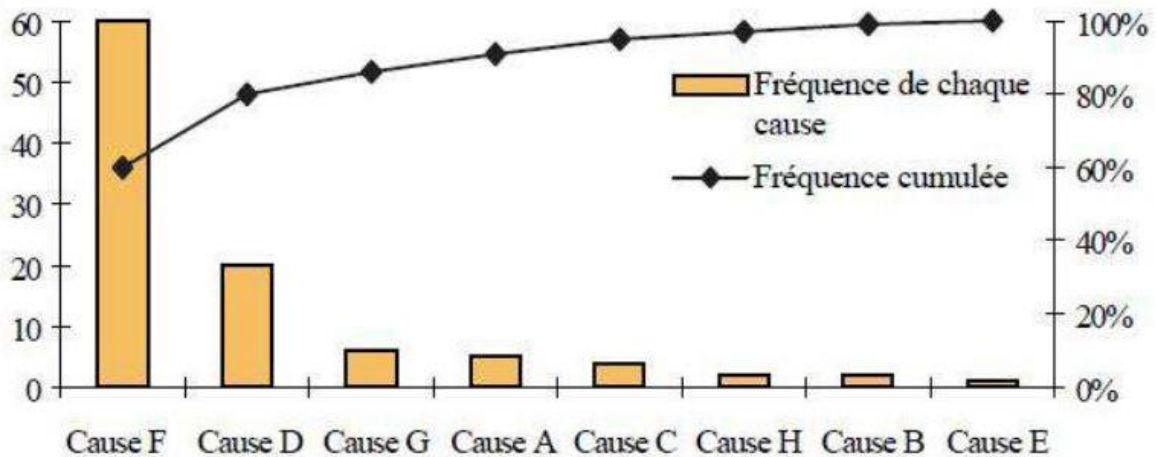


Figure III-4 Diagramme de Pareto

Source : (NASSER & TIJANE, 2020)

7.5 Le diagramme de cause à effet (Fishbone Diagram)

Le diagramme de cause à effet, qui a été développé par Karo Ishikawa, est utile pour décomposer les principales causes d'un problème particulier. La forme du diagramme ressemble au squelette d'un poisson. En effet, un processus comporte souvent une multitude de tâches, dont chacune peut être une cause. Si un problème survient, cela aura un effet sur

le processus, il sera donc nécessaire de considérer toute la multitude de tâches lors de la recherche d'une solution.

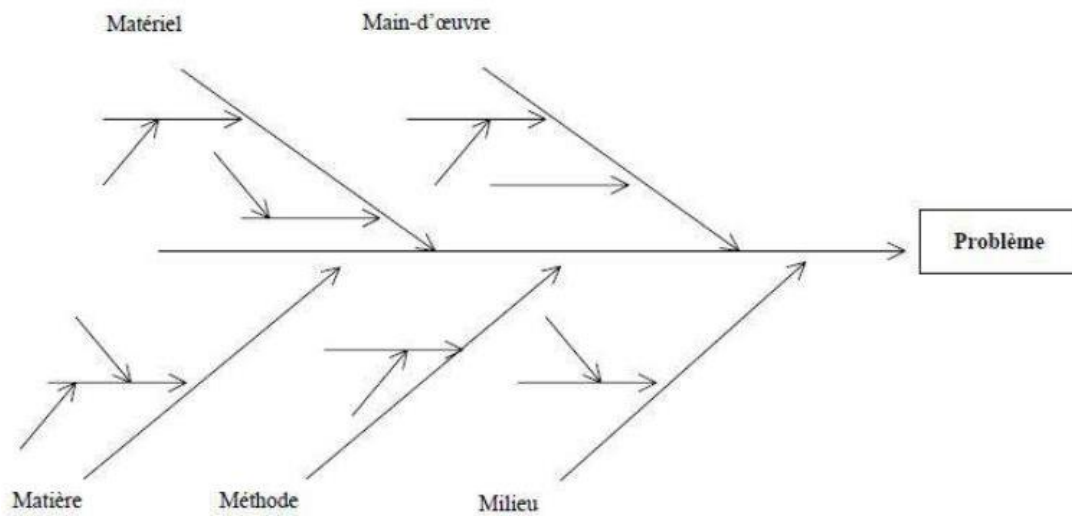


Figure III-5 Diagramme d'Ichikawa
Source : (NASSER & TIJANE, 2020)

7.6 Le logigramme (Flowcharts)

Le logigramme est utilisé pour fournir une image schématique à l'aide d'un ensemble des symboles. Ils sont utilisés pour montrer toutes les étapes ou étapes d'un projet de processus ou d'une séquence d'événements. Un organigramme aide à documenter et à décrire un processus afin qu'il puisse être examiné et amélioré. L'analyse des données collectées sur un organigramme peut aider à découvrir les irrégularités et les problèmes potentiels.

Remarque : chaque forme a une signification le rectangle signifie une action, le losange signifie un choix ou une décision, L'ellipse représente un événement qui intervient automatiquement dans le procédé.

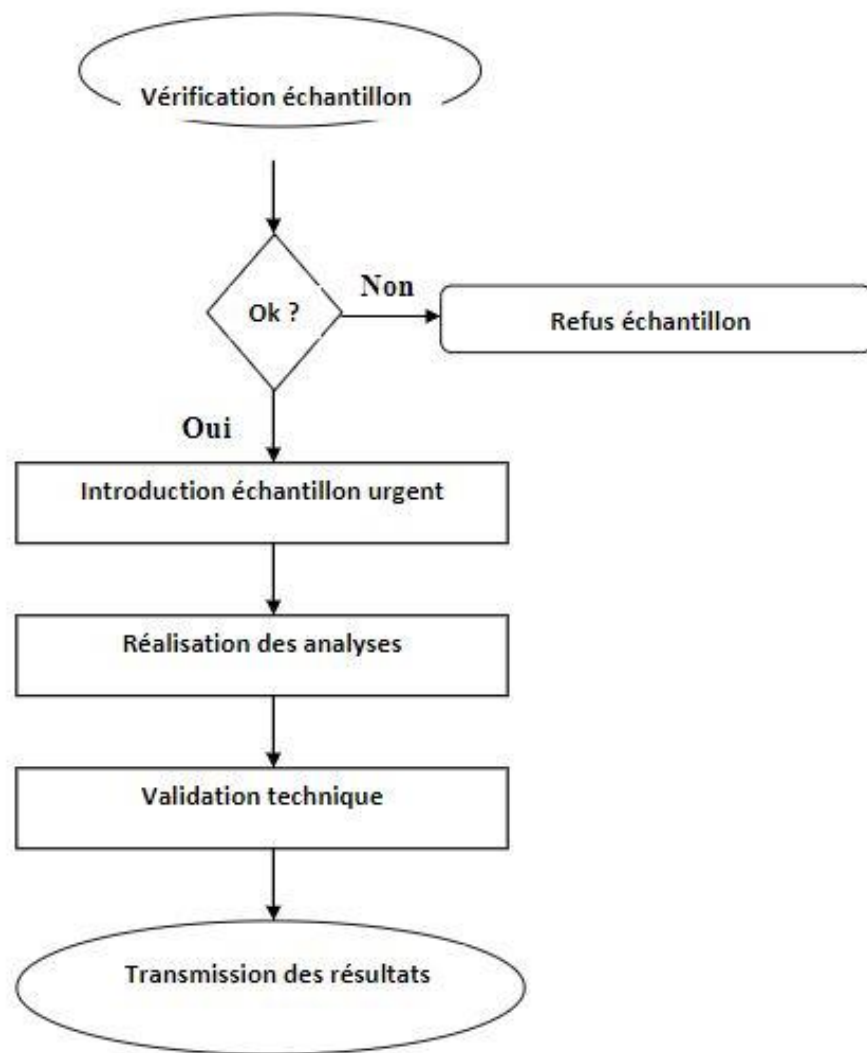


Figure III-6 un logigramme exemplaire

Source : (NASSER & TIJANE, 2020).

7.7 Le cycle PDCA

Le PDCA est une méthode de gestion itérative en quatre étapes pour le contrôle et l'amélioration continue des processus et des projets. Il est également connu sous le nom de roue de Deming, cycle de Shewhart, cycle de contrôle ou plan-faire-étudier-agir. Une autre version de ce cycle PDCA est OPDCA. Le « O » ajouté signifie observation.

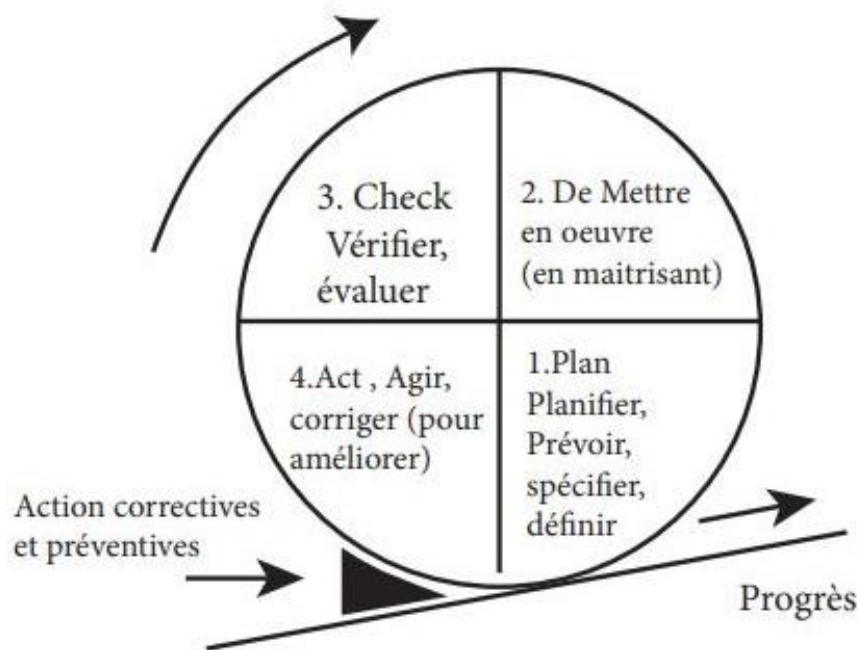


Figure III-7 Le cycle PDCA

Source : (Aiouaz M.Z, 2015)

7.8 Les enquêtes

Une brève enquête préliminaire, utilisant souvent un petit échantillon de commodité, menée pour tester les instruments d'enquête et la méthode de collecte de données avant que les détails du projet ne soient finalisés et que l'enquête formelle plus large ne soit menée.

8 Le management de la qualité dans les projets architecturaux durables

Bien que la qualité ait été définie de plusieurs façons, une définition commune est que le management de la qualité est une philosophie composée de principes, de pratiques et d'outils qui comprend l'orientation client, l'amélioration continue et la conformité aux exigences. En ce sens, les considérations de durabilité peuvent être considérées comme une exigence des clients, de deux manières. Premièrement, la durabilité environnementale devient un besoin défini des clients ; deuxièmement, certains spécialistes de management de la qualité ont soutenu que la société est une forme de partie prenante ou de client en soi (Garvare & Johansson, 2010). On peut faire valoir que les pratiques de management de la qualité existantes, telles que la collecte d'informations concernant les besoins des clients, devraient être applicables pour identifier les exigences environnementales dans les projets architecturaux (BOVEA & Pérez-Belis, 2012). L'étude des liens entre la gestion de la qualité et la durabilité a progressé depuis le Sommet de la Terre en 1992. Quelques méta-

études se sont concentrées sur des sujets spécifiques, tels que la façon dont le management de la qualité peut être intégrée à la gestion de l'énergie et comment cela affecte la performance (Martínez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2013).

Dans une revue de littérature de (SIVA, et al., 2016) concernant le rapprochement de ces deux concepts le MQ et le développement durable DD dans la gestion des projets, il a divisé les thèmes de 69 articles cumulés en quatre thèmes :

8.1 Thème I – Promouvoir la durabilité par l'intégration des systèmes de management de la qualité

L'examen des publications scientifiques indique que près de la moitié des articles analysés (31 sur 67) adoptent une approche fondée sur l'intégration des systèmes de management. Les systèmes de management concernés ici sont les systèmes de gestion de la qualité (SMQ) (ISO 9001) et les systèmes de management de l'environnement (SME) (ISO 14001). Plusieurs arguments sont présentés pour une intégration des systèmes de management. Le plus courant de ces arguments concerne les gains administratifs. Un exemple est la réduction des coûts dans le maintien des normes et l'utilisation efficace des ressources, qui réduisent les redondances inutiles et ont le potentiel de créer des effets de synergie. Un autre exemple concerne la réduction des délais de mise en œuvre. Un autre argument en faveur des systèmes de management intégrés (SGI) est que si un tel système est utilisé pour intégrer les aspects de qualité et d'environnement dans la prise de décision, le SGI peut être favorable à une meilleure protection de l'environnement.

8.2 Thème II – Appui à la gestion environnementale et mise en place d'un système de gestion environnementale (SGE)

Sur les 22 articles regroupés sous le thème II, la plupart se concentrent sur l'intégration du système de management de la qualité existant pour soutenir l'implémentation du SGE. Leur champ d'analyse est ainsi assez restreint, seuls quelques-uns explorant les convergences entre principes de la gestion de la qualité et de la durabilité. Ces recherches préconisent l'introduction de la gestion de la qualité totale comme levier stratégique de l'environnement, en soulignant les similitudes entre la qualité et l'amélioration de l'environnement. Ces similitudes incluent une forte concentration sur la satisfaction des clients (utilisateurs finaux, communauté environnante ou autorités publiques), des améliorations continues et proactives et des relations avec des parties externes telles que les fournisseurs. En général, les deux principales parties prenantes identifiées sont l'humanité et la nature, et il est avancé que le management de la qualité a une structure de base réalisable qui pourrait être complétée par des considérations environnementales et éthiques.

8.3 Thème III – Soutenir l'intégration des considérations de durabilité dans tous le cycle de vie du projet :

Dans la revue de la littérature, il a trouvé les différences entre le déploiement de la fonction qualité pour l'environnement et l'analyse du cycle de vie (ACV). Le déploiement de la fonction qualité (QFD) est appliqué pour prendre en compte les attentes du client et apporter des réponses efficaces aux besoins pendant les phases de conception et de production. L'ACV, quant à elle, est utilisée comme moyen de quantifier les effets réels d'un produit sur l'environnement au cours de son cycle de vie. La conclusion de la comparaison est que le déploiement de la fonction qualité (QFD) pour l'environnement et l'ACV prennent en charge différentes préoccupations en matière de durabilité et doivent être utilisés en combinaison.

8.4 Thème IV – Soutenir la gestion des parties prenantes et l'orientation client

(Garvare & Johansson, 2010) ont présenté un modèle conceptuel de gestion des parties prenantes, développant la relation entre la durabilité organisationnelle (des parties prenantes) et la durabilité globale. Ils considéraient les parties prenantes comme des acteurs qui cèdent les moyens de soutien essentiels requis par une organisation ; et pourraient retirer leur soutien si leurs désirs ou leurs attentes ne sont pas satisfaits. Les parties intéressées sont tous les acteurs qui ont un intérêt dans les activités. Selon Garvare et Johansson (2010), la durabilité organisationnelle sera atteinte si l'organisation satisfait toujours au moins les demandes de ses parties prenantes critiques. Les auteurs ont fait valoir que la durabilité globale ne sera promue que si la durabilité organisationnelle est atteinte sans compromettre la capacité des parties intéressées à répondre à leurs besoins, présents et futurs. Le management de la qualité, avec sa forte concentration traditionnelle sur les clients, et parfois sur un éventail plus large de parties prenantes, a été considérée comme présentant un potentiel de soutien à la gestion des parties prenantes. Ils ont discuté du statut de MQ en termes de perspectives sur les clients, les parties prenantes et les autres parties intéressées.

9 La normalisation de management de la qualité :

La norme rappelle à conduire une organisation méthodiquement afin d'assurer un bon fonctionnement par la mise en œuvre d'un système conçu pour répondre aux besoins des parties prenantes de façon continue (Pesqueux.Y., 2020.). L'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) est le premier responsable de la normalisation technique au monde. Elle a pour objectif de développement, de résolution des problèmes de production et de gestion en fournissant aux gouvernements une base technique pour la législation en matière de santé,

de sûreté et d'environnement. Selon (AYOUDJ, 2017), la norme internationale concernant le management de la qualité est la norme ISO 9001 qu'on va la discuter dans cette partie de la thèse. Elle a apparue en 1987 pour objectif d'assurer les exigences de la qualité au niveau international, elle a connu plusieurs révisions en 1994 sur un niveau organisationnel, en 2000 en ajoutant des autres concepts tels que l'amélioration continue et la satisfaction client et en 2008 en apportant des précisions sur les exigences. Quant à la dernière révision en 2015, l'intégration du cycle PDCA (plan, do, check et act) a été ajoutée. La norme ISO 9001- 2015 a été répartie en quatre parties principales après une partie introductive sur le SMQ (système de management de la qualité) :

- Responsabilité de la direction ;
- Management des ressources ;
- Réalisation du produit ;
- Mesures, analyse et amélioration.

10 Conclusion du chapitre

La notion de la qualité s'agit d'assurer une conformité aux exigences techniques, environnementales, managériales et opérationnelles relatives au respect de cout et d'échéancier de projet afin d'atteindre la satisfaction de client.

Le management de cette qualité dépend la meilleure exploitation des normes, techniques et des outils de gestion pour une bonne orientation des politiques selon un processus de trois éléments : planification qualité, control qualité et assurance qualité dans un cycle d'amélioration continue PDCA.

La durabilité est une exigence prédominante dans les projets architecturaux, et l'assurance de cette exigence est l'une des signes d'assurance de la qualité de projet architectural.

**CHAPITRE IV L'EFFICACITE ENERGETIQUE COMME
INDICATEUR DE LA QUALITE DANS L'ARCHITECTURE
DURABLE**

1 Introduction du chapitre

D'après les deux chapitres précédents, l'assurance qualité dans les projets architecturaux durables s'agit d'assurance d'exigence de durabilité, et comme nous avons vu dans le deuxième chapitre, la durabilité dans un projet architectural dépend leur efficacité énergétique et la diminution de leur impact négatif sur l'environnement dès les premières phases. Selon les conclusions des deux derniers chapitres, nous avons schématisé figure 1 qui montre le rapport entre la durabilité et l'efficacité énergétique.

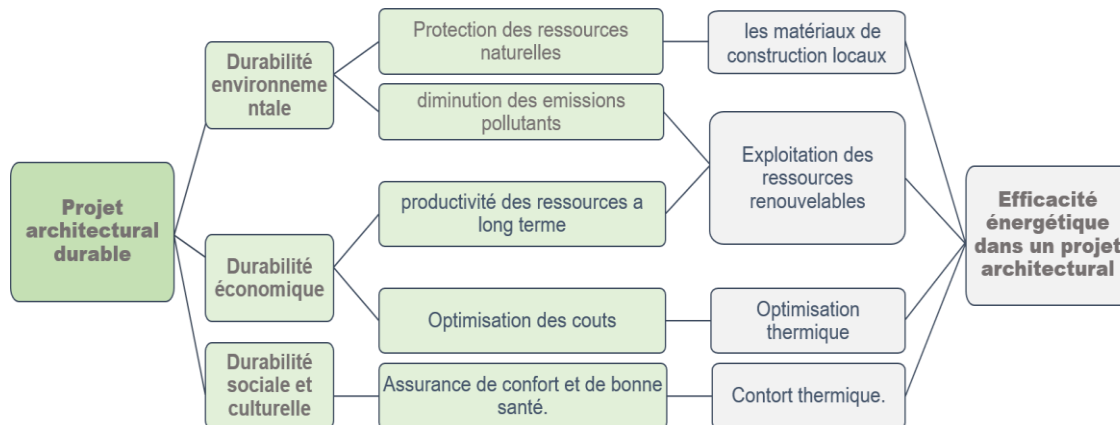


Figure IV-1 Le rapport entre l'efficacité énergétique et la durabilité

Source : auteur.

Dans ce chapitre, on va détailler la notion de l'efficacité énergétique qui est au centre des réflexions sur la durabilité dans le contexte de cycle de vie du projet afin d'atteindre la qualité et de satisfaire les besoins énergétiques.

2 Essai de définition.

Le concept de l'efficacité énergétique des bâtiments est lié à l'approvisionnement en énergie nécessaires pour atteindre des conditions environnementales souhaitables qui minimisent la consommation d'énergie (OMER, 2008). On peut définir aussi comme la capacité d'un bâtiment à fournir des conditions de confort avec un minimum d'énergie. De nombreux paramètres affectent les besoins énergétiques des bâtiments (Ekici & Aksoy, 2011).

L'optimisation des paramètres de la conception architecturale est une clé de l'assurance d'efficacité énergétique dès la première phase, cela réduit les coûts de mise en œuvre par rapport à leur installation dans étapes ultérieures de la construction (Wang, Rivard, & Zmeureanu, 2006). De toute évidence, les méthodes de conception économes en énergie constituent une valeur ajoutée qui profite à l'utilisateur final. Une conception de bâtiment

basée sur les critères d'efficacité énergétique réduit le coût tout au long de la durée de vie utile du bâtiment en raison de sa moindre consommation d'énergie, et ce plus que compense l'investissement initial le plus important. Depuis là sont également moins d'émissions de CO2 dans l'atmosphère tout au long du cycle de vie du bâtiment, cela profite également à la société .(Pacheco, Ordóñez , & Martínez, 2012).

3 Les besoins énergétiques dans le bâtiment :

Les besoins énergétiques dans un bâtiment lors d'exploitation (présentés dans la figure 2) inclus le chauffage en hiver et le refroidissement (la climatisation et la ventilation) en été dans lequel le maintien d'une température intérieure ambitieuse et acceptable qui peut être par exemple : 15°C en hiver et 25°C en été (AMARA, BENMOUSSAT, BENYOUCEF, & NORDELL, 2007) en intégrant des solutions techniques et architecturales dans la conception de projet. Quant au choix des systèmes de la production d'eau chaude sanitaire et d'éclairage artificiel, ils doivent être pris en considération aussi dans le contexte d'efficacité énergétique. (Romo, 2015)

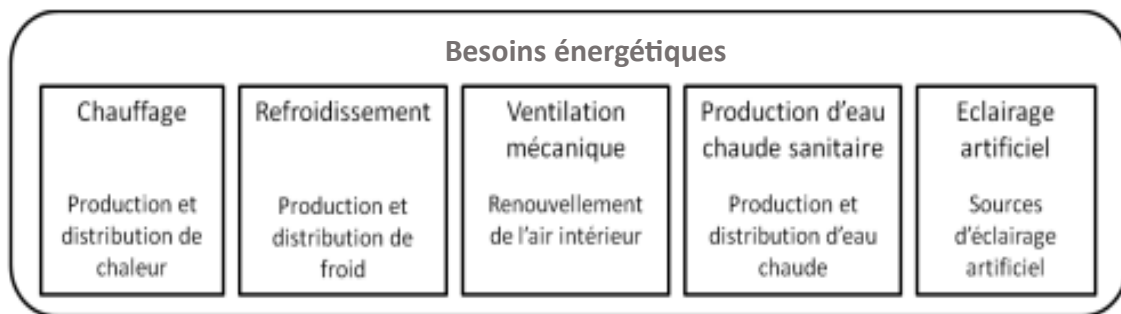


Figure IV-2 les besoins énergétiques d'un bâtiment
Source : (Romo, 2015)

4 Les différents aspects déterminants la consommation énergétique dans le bâtiment

Les aspects ayant un impact sur les consommations d'énergie sont divisé en quatre types : géométrie, enveloppe, matériaux et systèmes, (Romo, 2015) présentés dans la figure 3.

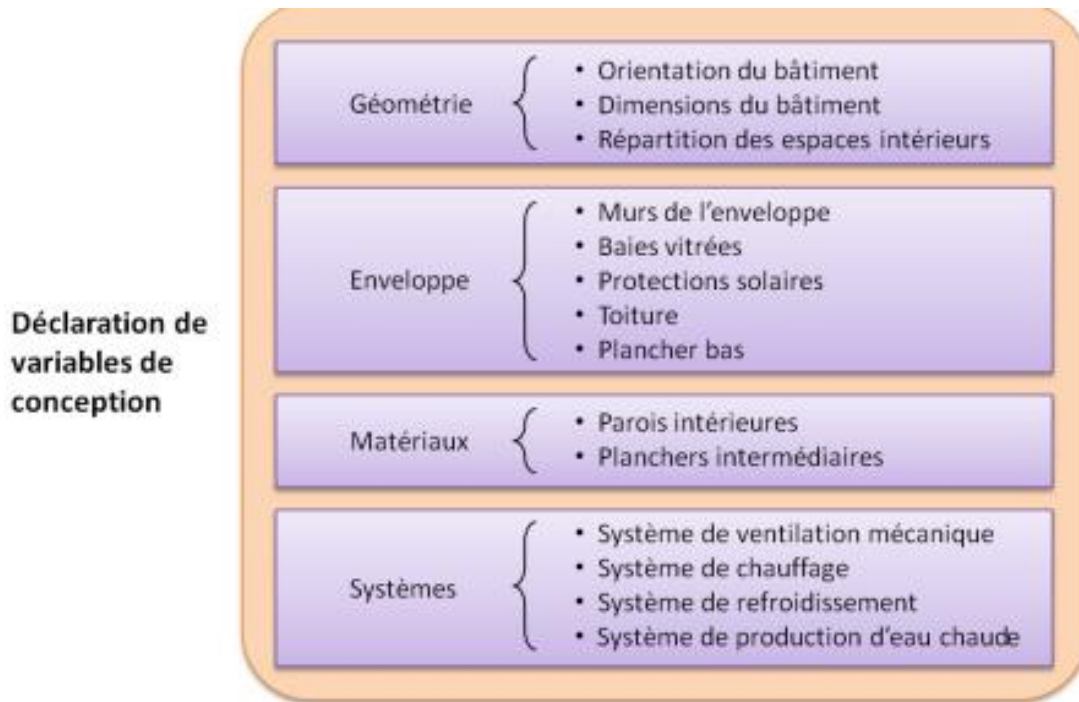


Figure IV-3 les aspects ayant une influence déterminante sur la consommation énergétique
Source : (Romo, 2015)

- **Géométrie** : y inclus les dimensions du bâti, sa relation avec l'environnement et la répartition des espaces intérieurs.
- **Enveloppe du bâtiment** : comprend tous les éléments exposés à l'environnement extérieur, tels que les façades, le toit et le plancher bas.
- **Matériaux de construction** : englobe les composants des planchers intermédiaires et des cloisons verticales.
- **Systèmes techniques** : concerne les installations du bâtiment, incluant la ventilation, la climatisation, la production de l'eau chaude, l'éclairage et le chauffage. L'impact de ces systèmes diffère de celui des trois premiers éléments, marquant une influence spécifique sur la géométrie, l'enveloppe et les matériaux précisent les besoins énergétiques de bâtiment alors que les systèmes les répondent.

5 Les solutions architecturales et passives dans le contexte du cycle de vie du projet durable

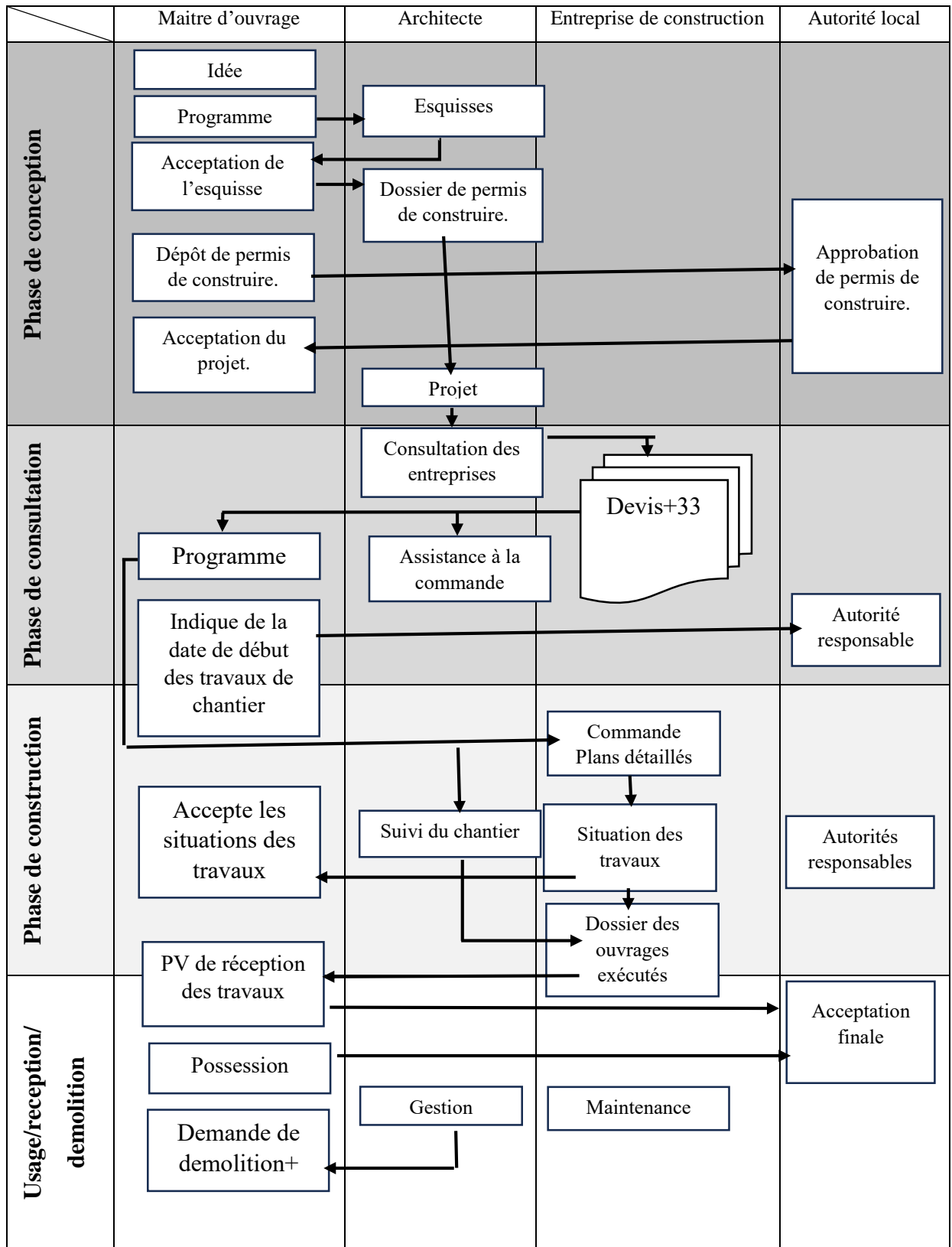
On va commencer par une petite définition de cycle de vie du projet architectural, et ensuite on va mentionner les solutions liées par chaque phase. La complexité du projet architectural se détermine par la précision de découpage de ces phases. Selon (OTHMANI MARABOUT, 2010), on peut distinguer deux principales phases :

- **Une phase préparatoire** : compris l'élaboration du programme, la conception architecturale du projet et la consultation des entreprises sous la responsabilité du maître d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre.
- **Une phase de construction** : compris le respect les contraintes financières, temporelles et qualitatives.

En cours de ces deux phases, nous pouvons trouver plusieurs phases présentées par une façon détaillée dans le tableau 4.1:

- La phase de conception pré-construction ;
- La phase de réception après construction ;
- La phase de démolition.

Tableau IV.1 cycle de vie de projet architectural



Source : (OTHMANI MARABOUT, 2010)

5.1 L'EE dans la phase de pré-construction

Ces stratégies sont expliquées ci-dessous (Izzet & Tülay Tikansak , 2017).

5.1.1 Choix du site approprié

Le site du bâtiment détermine les conditions microclimatiques qui jouent un rôle très important dans l'efficacité énergétique du bâtiment, car il est important pour l'apprentissage des valeurs climatiques telles que le rayonnement solaire, la température de l'air, la circulation de l'air et l'humidité, qui affectent les coûts énergétiques.

5.1.2 L'intégration dans le site

Dans la conception des bâtiments, la distance entre les bâtiments est un paramètre de conception important qui affecte l'utilisation de l'énergie solaire, la direction du vent et la vitesse de l'environnement artificiel. Dans le processus de conception, le bâtiment doit être traité dans son ensemble avec son environnement. Les distances entre les bâtiments affectent fortement la performance énergétique dans la phase d'utilisation du bâtiment. Le fait qu'un bâtiment reste dans l'espace ombragé d'autres bâtiments influence l'utilisation des rayons solaires et augmentera la consommation d'énergie. Afin d'utiliser le rayonnement solaire, les espaces de construction ne doivent pas être inférieurs à la hauteur d'ombre la plus élevée des autres bâtiments.

5.1.3 La Forme du bâtiment

La forme du bâtiment qui est un facteur considérable affectant la perte et le gain de chaleur peut être définie par des variables géométriques constituant le bâtiment. Le gain de perte de chaleur du bâtiment peut augmenter et diminuer en fonction de la proportion des surfaces constituant l'environnement par rapport au volume. La performance énergétique du bâtiment est affectée par des facteurs tels que sa forme, son taux de surface volumique et ses mouvements frontaux.

5.1.4 L'enveloppe du bâtiment

L'enveloppe du bâtiment comprend l'ensemble de ses éléments constitutifs qui séparent le bâtiment (espace climatisé) de l'extérieur et laisser l'énergie thermique se transférer à l'intérieur ou à l'extérieur. En tant que réactif d'intérieur et d'extérieur, il a un impact vital sur la consommation d'énergie. Alors que le coût de construction d'une enveloppe de bâtiment représente 15% à 40% du coût total de la construction coût, sa contribution aux coûts du cycle de vie en particulier au coût de l'énergie est d'environ 60%. Les performances thermiques, l'épaisseur et la couleur des matériaux utilisés dans ces composants jouent un rôle important dans la régulation des pertes et des gains de chaleur du bâtiment.

- **Murs extérieurs :** Les caractéristiques thermiques et massives des murs extérieurs sont liées aux matériaux de construction qui les constituent et aux caractéristiques des couches d'éléments de construction et à la manière dont ils sont triés. Les murs qui minimiseront les pertes et les gains de chaleur sont des murs massifs bien isolés avec une capacité de stockage de chaleur élevée. La construction de surfaces externes qui peuvent recevoir la plupart du rayonnement solaire ou être protégées du rayonnement en termes de gain de chaleur doit être gérée en fonction des caractéristiques des zones climatiques. Pour conserver au maximum la lumière du soleil en hiver, le ratio mur/fenêtre est souhaité ne pas dépasser 15 % avec l'utilisation de matériaux sombres et à haute densité dans les parties exposées au soleil.
- **Toits :** Dans les bâtiments commerciaux et institutionnels, les toits sont généralement plats et l'isolant peut reposer sur le plafond suspendu. Dans la construction de toits à deux versants où le grenier n'est pas utilisé, l'isolation est généralement dans le plafond. La forme, le matériau, le gradient, l'orientation, la couleur de la surface extérieure et les qualités isolantes du toit déterminent les performances thermiques des bâtiments. Par conséquent, les toits doivent être conçus de manière à s'adapter aux conditions climatiques. Les qualités d'isolation thermique des toits, leur pente et leur façade doivent être choisies en fonction du caractère climatique, leur couleur de surface extérieure et l'ordre de stratification doivent cependant être choisis en tenant compte du gain et de la perte de chaleur. Dans les zones climatiques tempérées sèches et tempérées humides et les zones climatiques froides, les toits en pente bien isolés sont à privilégier. Dans les zones climatiques chaudes et sèches, les toits plats sont à privilégier pour réduire l'impact du rayonnement solaire ; dans les climats chauds et humides qui permettent la circulation de l'air, un toit surélevé ou en pente doit être aménagé.
- **Fenêtres :** Les fenêtres affectent l'efficacité énergétique des bâtiments via la perte ou le gain de chaleur, la ventilation naturelle et l'éclairage. L'orientation la plus appropriée est le Sud en termes de gain de chaleur, après les côtés Est et Ouest. Les grandes fenêtres réduisent le besoin d'éclairage artificiel tout en améliorant la lumière du jour. Les fenêtres doivent être conçues dans une ampleur suffisante pour fournir un éclairage naturel. Par exemple, la grandeur de la fenêtre doit être d'au moins 15 % de la surface au sol de la pièce. Lors de la prise de décision sur les taux de transparence de l'enveloppe du bâtiment, il convient de déterminer à l'avance dans quelle zone climatique le bâtiment est placé. Étant donné que la protection contre le

rayonnement solaire et le vent est l'objectif de base dans les zones climatiques chaudes et arides, il convient d'utiliser des fenêtres petites et peu nombreuses. Dans les zones climatiques chaudes et humides, en prenant les précautions nécessaires, il convient d'utiliser de grandes ouvertures afin d'augmenter les circulations d'air intérieur. Dans les zones climatiques froides, pour minimiser les pertes de chaleur provenant des fenêtres, encore une fois, des fenêtres petites et peu nombreuses doivent être utilisées. Cependant, afin d'utiliser les avantages des rayonnements solaires, les ouvertures des fenêtres de la façade sud devraient être davantage conservées que celles des autres façades. Dans les zones climatiques tempérées, il convient cependant de prévoir des ouvertures permettant une circulation d'air suffisante. La conception des fenêtres sert également un certain nombre d'objectifs essentiels tels que la ventilation, l'éclairage naturel et l'ouverture sur le paysage ; il n'apporte pas beaucoup de charge sur le coût de construction. Dans les zones climatiques aux hivers froids, il ne faut pas privilégier le positionnement des ouvertures des fenêtres au nord du fait que le gain de chaleur du soleil est trop faible pour être pris en compte et les pénétrations d'air augmentent car les vents d'hiver soufflent généralement du nord et donc les pertes de chaleur grandir. Il est possible d'obtenir un certain apport d'ensoleillement par les ouvertures placées à l'est et à l'ouest, même si c'est moins en hiver que le front sud. Cependant, comme le soleil d'été vient horizontalement le matin et l'après-midi, il est très difficile de protéger ces ouvertures et nous pouvons être confrontés au problème de surchauffe. Les fenêtres tournées vers le sud, cependant, peuvent utiliser les rayons solaires venant horizontalement en hiver presque toute la journée ; en été, ils peuvent être facilement protégés des rayons venant plus verticalement. En raison de tous ces composants, les fenêtres du sud sont les systèmes qui peuvent être très couramment utilisés pour utiliser le soleil de manière passive. Pourtant, par rapport au mur, en raison de leurs faibles qualités d'isolation, ils sont beaucoup plus ouverts aux pertes et aux gains de chaleur ; par conséquent, il est nécessaire de prendre des précautions pour l'hiver et l'été. Dans ce cas, l'application du double vitrage prend une grande importance. Les applications d'isolement nocturne sont cependant nécessaires pour éliminer les pertes de chaleur qui peuvent se produire après le coucher du soleil. À l'avant, il convient d'utiliser du verre haute performance ayant le coefficient de transmission thermique et lumineux le plus approprié pour les qualités souhaitées en fonction du climat, de l'orientation du soleil et de l'utilisation du bâtiment. L'énergie peut être utilisée

efficacement grâce aux menuiseries isolées, aux verres couverts à faible émissivité et au double vitrage.

- **Portes** : La position des portes extérieures doit être choisie en tenant compte des effets du vent, du gain et des pertes de chaleur. Dans les zones climatiques froides, le brise-vent est suggéré afin de se protéger de l'effet du vent augmentant les pertes de chaleur. Dans les zones climatiques chaudes-arides et tempérées, le vent n'ayant pas d'impact réparateur sur le confort, les surfaces fermées au vent doivent être privilégiées.
- **Sols** : Les sols doivent être disposés de manière à permettre les performances souhaitées en termes de chaleur et d'humidité. Dans les zones climatiques froides et tempérées, les revêtements de sol bien isolés sont à privilégier. Dans les zones climatiques chaudes et humides, cependant, les revêtements de sol surélevés peuvent être préférés car les flux d'air deviennent importants. Dans les volumes ensoleillés, la pose au sol peut être utilisée comme accumulateur thermique. Dans la pose au sol, les matériaux de couleur foncée ayant une grande capacité de stockage de chaleur doivent être préférés. Ne pas poser de tapis sur le sol et le laisser ouvert augmente sa capacité d'absorption de chaleur.

5.1.5 Choix des matériaux de construction économes en énergie

Les matériaux de construction à la fois dans la phase de production devraient avoir des caractéristiques d'efficacité énergétique dans la phase d'exploitation. Les propriétés énergétiques des matériaux de construction sont décrites ci-dessous.

- **Matériau local** : Dans la consommation énergétique totale des constructions, la quantité d'énergie dépensée pour le transport des matériaux de construction vers les chantiers est considérable et affecte également l'efficacité énergétique et le coût économique des constructions. Pour cette raison, si les matériaux de construction sont des matériaux locaux et sont fabriqués dans des endroits proches du chantier autant que possible, la consommation d'énergie dans les transports diminuera et cette économie de transport donnera à la construction une qualité écologique importante.

- **Ressources recyclées :** Le recyclage des matériaux de construction est essentiel pour réduire l'énergie du bâtiment ; par exemple, l'utilisation de métal recyclé permet des économies d'énergie considérables entre les taux de 40 et 90 % par rapport au matériau produit à partir de ressources naturelles.
- **Matériaux fabriqués par des procédés industriels à faible densité :** Les matériaux de construction jouent un rôle important dans l'efficacité énergétique des bâtiments. La proportion de l'énergie utilisée pour la fabrication des matériaux de construction par rapport à la quantité totale d'énergie d'une construction avec un processus d'utilisation de 50 ans consomme dans ses processus de cycle de vie varie entre 6 et 20 % selon les méthodes de construction, le climat et conditions similaires. L'intensité de la consommation d'énergie dans la première de ces phases pour la production des bâtiments et de leurs composants a augmenté avec l'industrialisation] L'absence de procédures lourdes dans le processus de fabrication entraînera une consommation d'énergie moindre, ce qui confère une efficacité énergétique aux matériaux. L'utilisation des technologies développées dans les processus industriels comme une méthode de récupération de chaleur réduit la consommation d'énergie. Par exemple, dans la technologie de fabrication du ciment, l'utilisation des fours à cuve au lieu des fours rotatifs conventionnels permet une économie d'énergie de 10 à 40 %. De même, l'utilisation d'un four à arc au lieu d'un four rotatif dans l'industrie sidérurgique permet d'économiser environ 50 % d'énergie.
- **Les matériaux naturels sont rapidement obtenus à partir de ressources renouvelables :** Généralement, le contenu énergétique des matériaux naturels est inférieur à celui des matériaux artificiels puisque ces matériaux sont fabriqués avec moins d'énergie et de coût de main-d'œuvre. Ces types de matériaux qui sont faciles à fournir localement font généralement partie des ressources renouvelables. Ces matériaux végétaux utilisés dans les constructions par exemple, le bois, le bambou, le roseau, la paille sont les matériaux naturels qui sont rapidement obtenus à partir de sources renouvelables.
- **Matériaux à forte intensité de main-d'œuvre :** L'utilisation d'une main-d'œuvre hautement qualifiée dans la fabrication de matériaux réduira les processus basés sur l'industrie et, par conséquent, diminuera la consommation d'énergie. Matériaux fabriqués en utilisant des ressources énergétiques renouvelables : en particulier les ressources énergétiques renouvelables (énergie solaire, énergie éolienne, etc.) au lieu

de combustibles fossiles devraient être privilégiées comme fournisseur d'énergie primaire dans le processus de fabrication. Par exemple, la brique d'adobe est séchée à l'énergie solaire après avoir été moulée.

- **Matériaux de construction à haute capacité d'isolation thermique :** Avec le choix de matériaux de construction dont la capacité d'isolation thermique est élevée, la quantité d'énergie que la construction consomme dans sa phase d'utilisation sera diminuée.

5.1.6 Intégration des systèmes comme les énergies renouvelables

Grâce à leur renouvellement continu. Il est possible de bénéficier de ressources énergétiques renouvelables avec des méthodes passives et actives. Utilisation de ressources énergétiques renouvelables avec des techniques passives : Chauffage passif : Les systèmes de chauffage solaire passifs sont classés en fonction de la relation entre le système solaire et le bâtiment.

5.2 L'EE dans la phase de construction

La phase de construction est possible en privilégiant des techniques de construction moins énergivores et utilisant des équipements économes en énergie. L'énergie utilisée dans la construction change selon les systèmes de construction. Par exemple, dans une étude menée par Hozatlı et Günerhan, il a été établi que la construction à ossature consomme moins d'énergie qu'une construction à ossature en béton armé au cours de son cycle de vie. Comme la consommation d'énergie des bâtiments construits avec des matériaux différents change, la consommation d'énergie change également dans les bâtiments construits avec les mêmes matériaux. La consommation d'énergie du système de construction à ossature en béton armé couramment utilisé a été analysée selon trois méthodes de construction différentes, comme suit (Izzet & Tülay Tikansak , 2017):

5.2.1 Système de construction à ossature conventionnel

La caractéristique la plus importante du système de construction conventionnel est que l'ensemble de la production est mis en œuvre sur le chantier grâce à une main-d'œuvre intensive. Lorsqu'elle est analysée par rapport à la consommation d'énergie, la consommation d'énergie du système conventionnel est à un niveau faible en raison des caractéristiques des équipements (bétonnière, grue de toit) utilisés dans les étapes de production et de coulage du béton.

5.2.2 Système de maçonnerie en béton sous forme de tunnel

Le système de maçonnerie sous forme de tunnel nécessite un certain investissement préalable. Le système convient aux productions à grande échelle et permanentes. Étant donné que les grues de levage consommant beaucoup d'énergie sont utilisées pour transporter des formes volumineuses et lourdes, la consommation d'énergie est élevée. La tâche de durcissement avec une centrale à béton et des réchauffeurs intra tunnels augmente la consommation d'énergie du système.

5.2.3 Systèmes de construction préfabriqués

Étant donné que la majorité des processus réalisés dans la zone de construction dans d'autres systèmes sont réalisés dans l'usine de fabrication, la consommation d'énergie est très élevée. Dans ces systèmes, le transport vers le chantier, leur stockage et leur montage sont effectués par des grues de levage. Pour cette raison, à ces étapes également, la grande quantité d'énergie est consommée. Alors que les poids lourds transportant des éléments de construction prêts à l'emploi de l'usine de fabrication au chantier entraînent des problèmes de circulation, ils augmentent également la consommation d'énergie. En conséquence, on peut affirmer que dans une forme de tunnel, des systèmes de construction à ossature préfabriquée et à panneaux préfabriqués, les processus de fabrication créent dans une large mesure des effets négatifs en termes de consommation d'énergie et d'émissions, la consommation d'énergie dans les systèmes conventionnels est bien inférieure à celle de ces derniers.

5.3 L'efficacité énergétique dans la phase post-construction

Cette phase comprend la démolition du bâtiment, son recyclage et sa destruction. Dans cette phase, il est important de recycler les matériaux de construction ou de réexploiter les bâtiments. Une fois les utilisations fonctionnelles des bâtiments terminées, leur réexploitation par d'autres fonctions au lieu de les démolir protège des ressources telles que les matières premières, l'eau et l'énergie. Suite à l'économie de compositions de construction appropriées, les matériaux de construction recyclables doivent être séparés. De cette manière, la protection de la matière première est assurée pour le matériau de construction à reproduire, et ainsi il est économisé de l'énergie à consommer lors du traitement de la matière première. (Izzet & Tülay Tikansak , 2017).

6 La décision énergétique : dans quelle phase ?

La complexité de la conception du projet permet de mettre l'abondance de la prise des décisions énergétiques nécessaires dans les premières phases des contraintes dans les étapes ultérieures du cycle de vie (Attia , Gratia, De Herde , & Hensen , 2012).

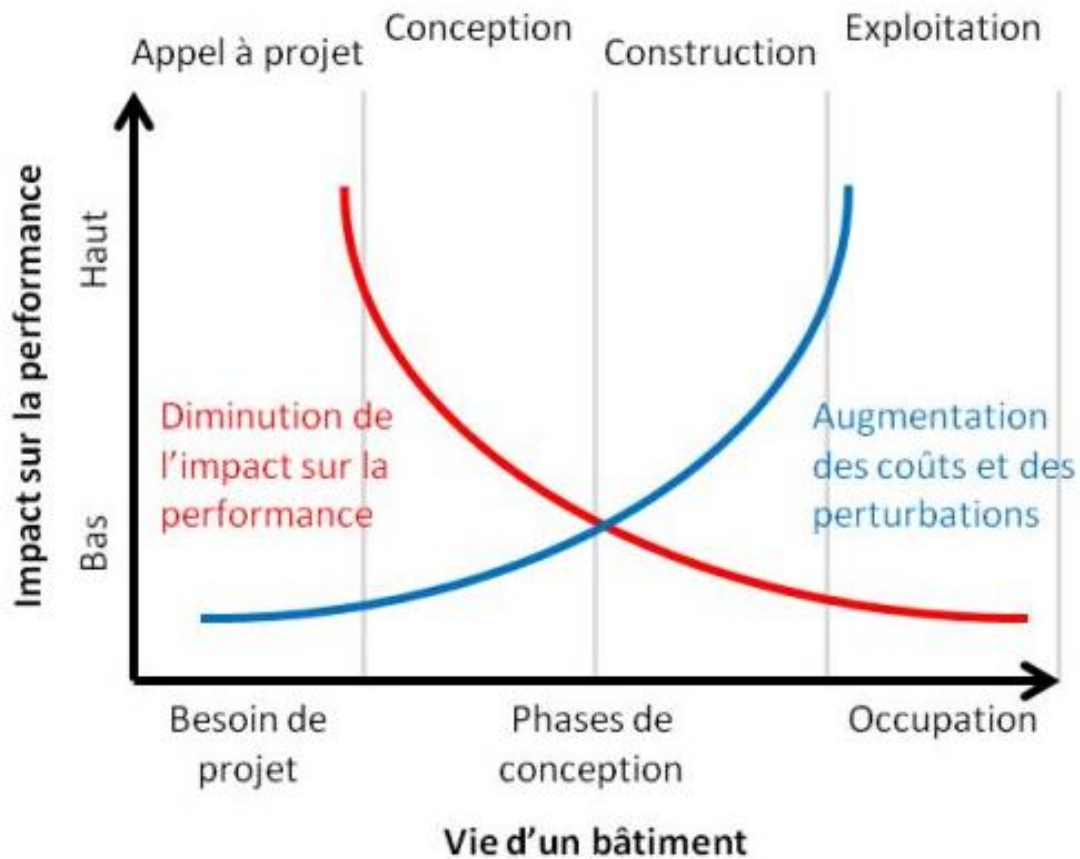


Figure IV-4 Potentiel de l'impact des décisions énergétiques

Source : (Romo, 2015)

Dans la figure 4.4, on voit l'importance de prendre la bonne décision dans les premières phases d'un projet et comment l'efficacité de ces décisions décroît à chaque phase de vie de projet. Comme conséquence, le développement des outils aide à la décision avant la phase d'exécution peut aider l'atteinte de cette efficacité.

7 L'interdisciplinarité autour d'efficacité énergétique

Dans la bibliographie scientifique, un nombre important des articles portant sur la définition de la « **multidisciplinarité** », de « **l'interdisciplinarité** » et de la « **transdisciplinarité** » ont vu le jour. Une lecture globale de ces publications principales et les plus récentes conduisent à la conclusion qu'il existe nuances entre les définitions de la

nature de la recherche interdisciplinaire (en énergie). Ces nuances expriment différents niveaux de « radicalisme » dans les attentes d'un changement de paradigme vis-à-vis de la recherche monodisciplinaire.

Une première définition, essentiellement « conventionnelle », met l'accent sur collaboration entre plusieurs disciplines autour d'une recherche commune sujet. Pour que cette collaboration soit efficace, des cadres adaptés doivent être construits, sur la base d'un programme de recherche commun (Schmidt & Weigt, 2015). Cependant, dans la majeure partie de la littérature, il existe un consensus selon lequel ce type de la recherche devrait plutôt être définie comme multidisciplinaire.

Les approches multidisciplinaires sont considérées comme impliquant une collaboration entre disciplines additives plutôt qu'intégratives, centrées autour d'un objet unique tout en restant en quelque sorte compartimenté et juxtaposé, incapable de progresser vers une construction du processus de recherche (Wilson & Dowlatabadi, 2007). C'est cette construction qui est à la base de l'interdisciplinarité comme défini par les auteurs associés au deuxième niveau de « radicalisme ». Combiné avec une tentative d'intégrer les perspectives de différentes disciplines, il parvient à réaliser une synthèse des connaissances pour fournir une compréhension holistique du problème (Mallaband, Staddon, & Wood, 2017).

L'interdisciplinarité dans la recherche énergétique peut impliquer un ensemble de disciplines (physique, philosophie, mathématiques, ingénierie, science des matériaux, géographie, architecture, sociologie, psychologie, urbanisme, etc.). Même si les chevauchements sociotechniques sont particulièrement recherchés, la recherche interdisciplinaire en sciences sociales est également très demandée. La littérature récente semble s'accorder sur le fait que l'une des principales faiblesses du La SS dans le domaine de la recherche énergétique est la domination du moins « social » de ses disciplines, mais qui a peut-être aussi trouvé un public trop enthousiaste parmi les décideurs politiques : l'économie L'un des domaines majeurs de collaboration entre disciplines concerne études technico-économiques basées sur la modélisation des marchés. Par contre, recherche interdisciplinaire dans le domaine de l'énergie parmi les sciences sociales les disciplines elles-mêmes ont été moins courantes (Schmidt & Weigt, 2015)

La recherche d'interdisciplinarité autour la notion de l'EE peut à la fois ouvrir de nouvelles voies de recherche et apporter des réponses à questions qui restent ouvertes. Si

L'on revient à l'exemple de la recherche autour de la consommation énergétique des bâtiments, on constate que des avancées significatives ont été réalisées grâce à des travaux monodisciplinaires en sciences de l'ingénieur et en sciences sociales. Par exemple, c'est maintenant possible de modéliser à une échelle très fine le fonctionnement d'un système énergétique et ses composants techniques. Il est possible d'améliorer l'efficacité énergétique des équipements et des systèmes. Nous voyons le développement d'outils, d'instruments et de technologies innovantes liés à la conception de bâtiments « intelligents ». Un nombre important d'études sont en cours développé autour des pratiques énergétiques des occupants de bâtiments, autour des usages, autour de l'adoption d'objets techniques, et autour des représentations sociales des comportements qui ont un impact sur énergétique (rénovation, contrôle atmosphérique, etc.). Cependant, ces résultats ne sont pas toujours partagés entre les disciplines et les points d'intersection ont reçu peu d'attention scientifique ou sont étudiés à l'aide d'approches dans lequel l'interpénétration est difficile à imaginer. À titre d'illustration, prenons l'exemple du facteur humain dans la recherche sur la consommation énergétique à l'échelle des bâtiments individuels. Elle prend de plus en plus d'importance tant dans les sciences de l'ingénieur que dans les sciences sociales.

L'interdisciplinarité devrait permettre d'établir un nouveau niveau de communication et d'activité s'appuyer sur des connaissances disciplinaires qui incitent à un changement d'orientation, ou simplement une compréhension de l'orientation des autres disciplines et un partage préliminaire des approches, afin d'identifier d'éventuelles convergences. (Stern, 2017).

8 Processus de management énergétique

“Le management énergétique consiste en la coordination prospective, organisée et systématique de l'approvisionnement, la conversion, la distribution et l'utilisation de l'énergie pour couvrir les besoins tout en prenant en compte les objectifs écologiques et économiques, “Le terme “système de management énergétique” (SME) englobe non seulement les structures organisationnelles et d'information nécessaires pour mettre en œuvre le système de management énergétique mais aussi les ressources techniques nécessitées (logiciel et matériel, par exemple» (Daganaud, 2014).

La norme ISO 50001 est basée sur l'approche d'amélioration continue PDCA: PLAN-DO-CHECK-ACT (Planifier, Définir, Contrôler, Agir) tout comme le système ISO 90001 pour atteindre une amélioration continue de la performance énergétique.

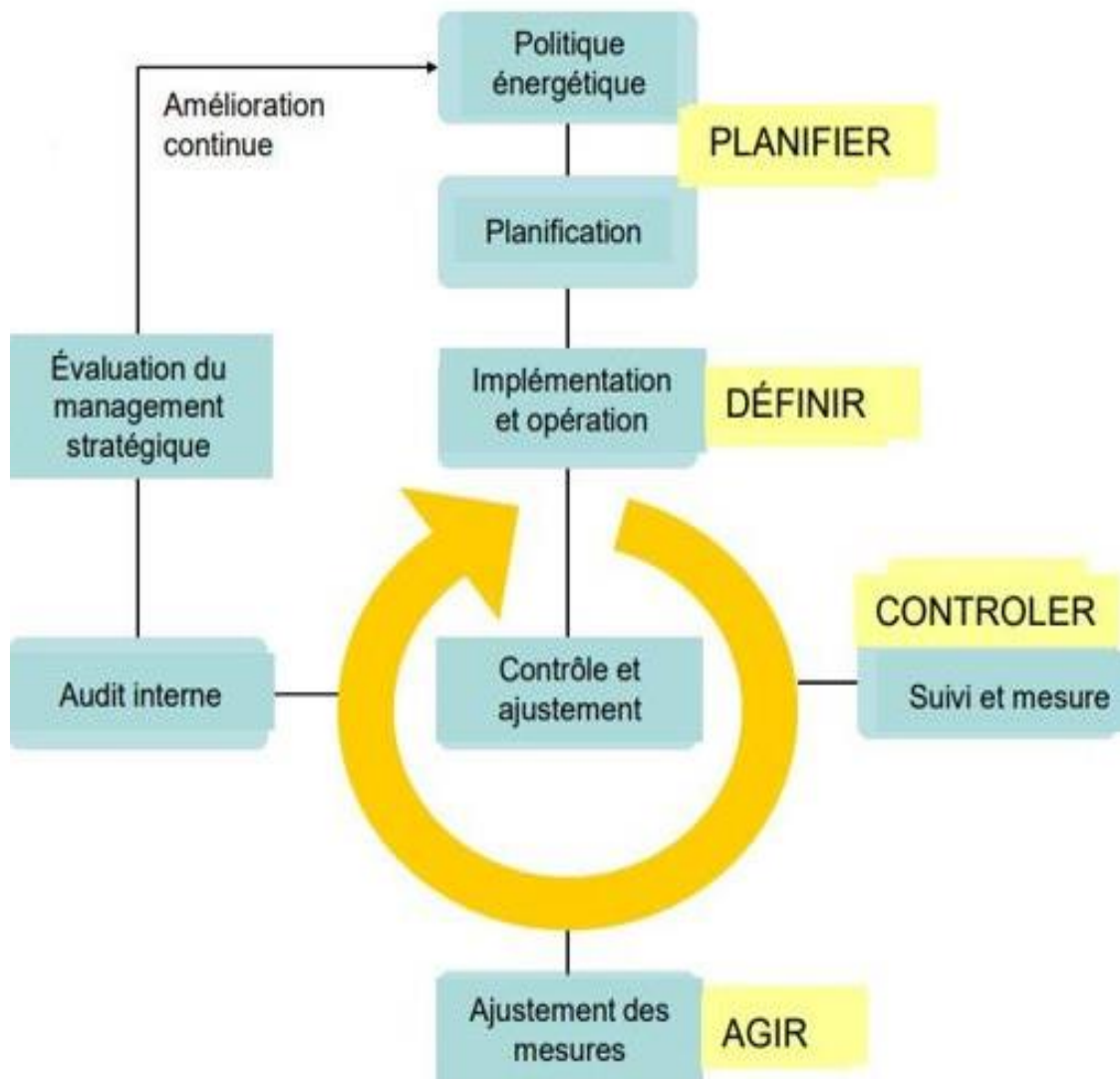


Figure IV-5 Système de management d'énergie
 Source : (Daganaud, 2014)

8.1 Politique énergétique

En déterminant les exigences légales et règlementaire liés à l'énergie, avec les documentations nécessaires non seulement le rapport final mais aussi la méthodologie tels que la détermination des objectifs énergétique et les indicateurs d'efficacité énergétique. (BOUAMAMA W. , 2013)

8.2 Organisation

Une maîtrise durable de l'énergie est nécessaire en plus des aspects administratifs et financiers. Le service chargé de management de l'efficacité énergétique est responsable de sensibiliser toutes les parties prenantes, gérer l'information, contrôler les consommations

d'énergie et conduire les investissements. Il doit remplir les trois fonctions suivantes (BOUAMAMA W. , 2013):

- Fonction de gestion au quotidien : en relation avec les consommations journalières.
- Fonction de gestion administrative : liée avec le suivi des factures, des contrats, des conventions, le contrôle et l'évaluation.
- Fonction technique : optimisation et amélioration après évaluation.

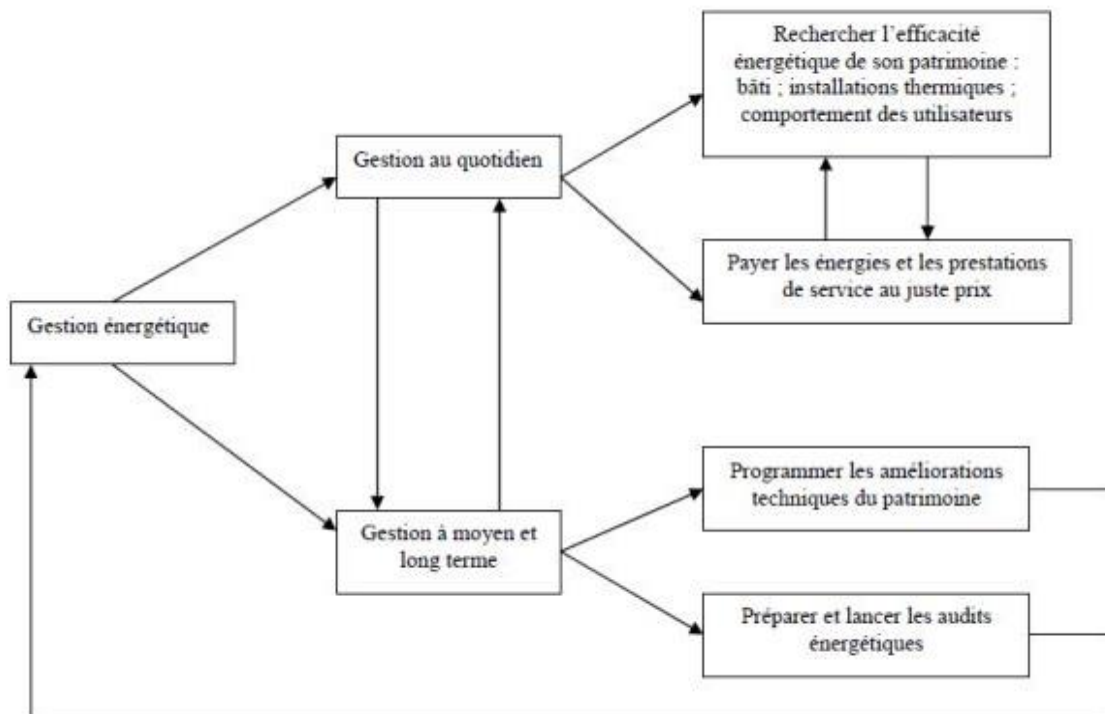


Figure IV-6 Organisation de management énergétique dans les bâtiments

Source : (BOUAMAMA W. , 2013)

8.3 Planification et exécution

La planification dépend des spécifications des normes d'efficacité énergétique à exécuter dans le secteur du bâtiment, et aux indicateurs qui assurent leur application afin d'atteindre la qualité souhaitable et maîtriser les dépenses énergétiques. Cette responsabilité ne dépendra pas que l'organisation et la gestion, mais aussi toutes les parties prenantes. Ceci exige que l'information et la formation appropriées soient données pour tous les acteurs dans le projet. (BOUAMAMA W. , 2013)

8.4 Évaluation

L'exécution de la politique de l'efficacité énergétique dans le bâtiment par devrait être suivi, contrôlé et surveillé régulièrement en analysant les données de la consommation

énergétique, l'application des normes, le respect des délais et la réalisation des audits afin de pouvoir intervenir et établir les actions correctives le plus tôt possible. Elle s'effectue en trois (03) étapes (BOUAMAMA W. , 2013):

- **Évaluation à priori** : L'évaluation à priori s'effectue à la phase de la conception réalisée par des professionnels expérimentés pour objectif d'estimer la rentabilité des projets d'investissements dans l'amélioration de EE de projet en élaborant des échéanciers d'un projet d'investissement.
- **Évaluation à postériori** : L'évaluation à postériori est une procédure mène à surveiller la consommation énergétique et la comparer régulièrement une année sur l'autre.
- **Évaluation de la conformité** : Il s'agit d'une évaluation précise des processus d'authentification de projet.

8.5 Action d'amélioration

Le diagnostic de dysfonctionnements est fait pour mieux corriger les défaillances et établir les actions d'amélioration dans tout moment à la politique, à l'organisation et dans l'exécution. (BOUAMAMA W. , 2013)

8.6 Audit

Il s'agit de l'appropriation de tous les aspects du système énergétique par rapport à la législation et à la réglementation d'EE. On distingue trois catégories types d'audits pour réussir une politique d'EE dans le bâtiment (BOUAMAMA W. , 2013) :

- **Les audits préalables**, qui favorisent la prise de décision énergétique dès les premières phases de conception avant l'exécution en basant sur une étude de faisabilité.
- **Les audits de suivi**, qui assurent l'évaluation de la mise en place des mesures énergétiques tout le long du projet.
- **Les audits de qualité**, qui doivent atteindre la conformité des éléments du système de gestion de la qualité aux exigences spécifiées, et donner à l'audit la possibilité d'améliorer sa performance.

8.7 Amélioration Continue

L'amélioration continue est une affaire managériale permanente. Elle est inséparable de concept de la qualité. Elle a été créée par Deming, dans son modèle PDCA (Plan/prévoir ; Do/faire ; Check/vérifier ; Act/ agir et améliorer).

9 Conclusion du chapitre

La notion de l'efficacité énergétique dans les projets architecturaux est la capacité de réponse aux besoins énergétique (chauffage, refroidissement, éclairage et de production d'eau chaude sanitaire) ou les besoins de bâtiment hors la phase d'exploitation (le transport des matériaux .. etc.) avec un minimum de consommation énergétique et avec un coût réduit de mise en œuvre.

Des solutions architecturales et techniques doivent être appliquées pour atteindre cette EE dans le contexte du cycle de vie du projet durable. Elles dépendent : la géométrie, l'enveloppe, les matériaux et les systèmes. Il est important de prendre la décision énergétique liée à ces solutions architecturales et techniques dès les premières phases avant l'exécution du projet. Les actions correctives seront des contraintes dans les phases ultérieures.

Il est nécessaire de travailler dedans un système de management d'énergie SME pour intervenir régulièrement et pour maîtriser l'évaluation et l'amélioration continue afin d'assurer la qualité de processus et le respect des exigences déterminés préalablement. Après un positionnement épistémologique de l'étude d'impact comme un outil managérial, quatre types de méthodes d'évaluation seront présentés dans ce chapitre : le BIM, le BIM/ACV intégré, Les certifications environnementales, les initiatives collaboratives internationales,

**CHAPITRE V METHODES ET OUTILS D'ETUDE
D'IMPACT ENERGETIQUE SUR LA QUALITE DES PROJETS
DURABLES**

1 Introduction de chapitre

Dans ce chapitre, une recherche bibliographique est présentée sur les différents outils d'étude managériale d'impact énergétique sur la qualité dans le projet durable. Elle présente les indicateurs pris en compte par ces méthodes et leurs rôles dans l'aide à la prise de décision dès les premières phases de conception d'un bâtiment.

2 Cadre conceptuel de l'impact énergétique sur la qualité des projets durables

L'objectif final d'étude d'impact est la confirmation que les objectifs déterminés ont été atteints ou non. Cette non-confirmation peuvent résulter (Bachelet, 2016):

- De prise en compte des résultats immédiats et non-durables des actions ;
- Des évaluations limitées, qui se concentrent trop sur la capacité à atteindre les objectifs fixés et pas assez sur les changements globaux résultant du travail.

2.1 Définition

Le mot « impact » provient du latin impactum, qui signifie « heurter » ou « frapper », et désignait initialement le point de contact d'un projectile. (Encyclopédie Grande Larousse 1962), avant qu'il ait été élargie pour inclure l'effet d'une action forte et soudaine, et par extension considérée comme un effet inapproprié : l'effet d'action (Petit-Robert 1978). Et bien plus encore : l'influence décisive de ce qui s'est passé ou de ce qui s'est passé dans l'histoire des actions (Petit-Larousse 1988). Cette évolution a conduit à utiliser le mot "impact " pour définir les changements résultants d'une action sur l'environnement, l'économie, les populations...

2.2 Résultats, effets, impact : quelles différences ?

L'expression « résultats, effets, impact » conduit à de grandes variations dans son utilisation dans le domaine d'évaluation des actions dans les projets architecturaux et donc à de fréquentes confusions et difficultés dans la définition précise de l'impact.

Résultats = des changements quantitatifs et qualitatifs après la mise en œuvre des actions ciblées pour atteindre des objectifs précis.

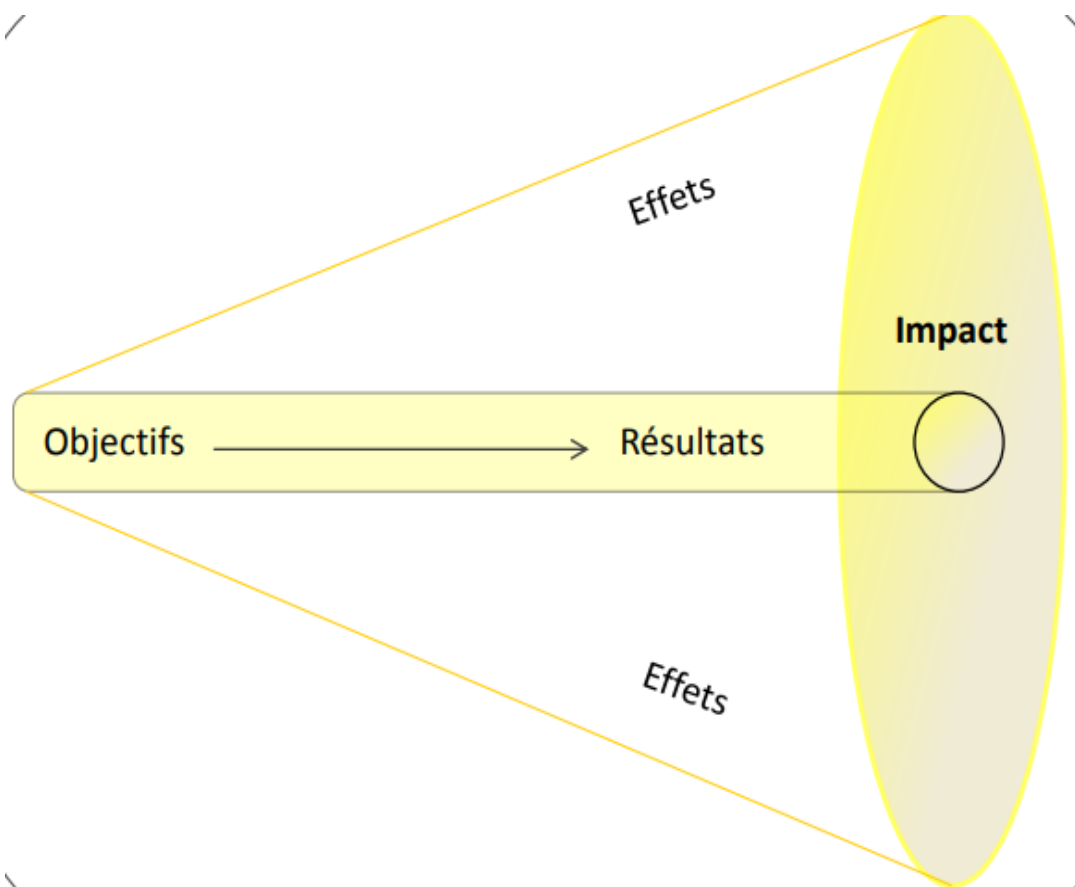
Donc, l'évaluation des résultats est un regard porté sur l'action elle-même, elle consiste à comparer les résultats atteints et les objectifs initiaux déterminés, en prenant en compte la différence entre le prévu et le réalisé au plan qualitatif et quantitatif.

Effets = traduction des résultats de l'action sur le milieu physique et humain dans lequel se déroule l'action.

Donc, l'évaluation des effets est différente de celle des résultats, elle est plus difficile et plus subjective car elle dépend de maîtrise d'œuvre en prenant en compte que la population liée par les effets est plus large que la population ciblée de l'action initiale. Elle se base sur l'intersection entre l'action et la population.

Impact = changement regroupe l'ensemble des effets résultant des actions mises en œuvre.

Il est plus difficile de prédire l'impact que de prévoir les effets, car de nombreux facteurs peuvent s'appliquer aux résultats et aux effets de la procédure. (Voir la figure 5-1 et le tableau 5-1).



V-1 Résultats, effets, impact
Source : Bachelet, 2016

Tableau V.1 Exemple des Résultats, effets et impact de la construction de 12 classes

Objectifs	Résultats	Effets	Impact
Réaliser un C.E.M de 12 classes	Réalisation de 10 classes	Manque des places pour les élèves	Les résultats correspondent aux objectifs, mais il n'a pas résolu le problème de tous les élèves.

Source : auteur

2.3 Etude d'impact comme un outil managérial

L'étude d'impact prend en compte la complexité des interactions **entre les différentes actions** dans le projet dès la phase de la planification et la programmation, **l'ensemble des acteurs prenantes et les usagers après la réception**. Elle doit permettre :

- Etude d'efficacité de l'action dans la durée.
- Aide à la prise des décisions.
- Amélioration de la qualité de plus en plus.
- Bonne gestion des risques.

Au contraire aux changements liés aux effets (interactions entre l'action et l'environnement et la population) qui ne sont pas toujours identifiables dans la conduite de projet, L'analyse de l'impact consiste l'identification des changements durables qui se manifestent dans et en dehors de l'action. (Voir la figure 5-2)

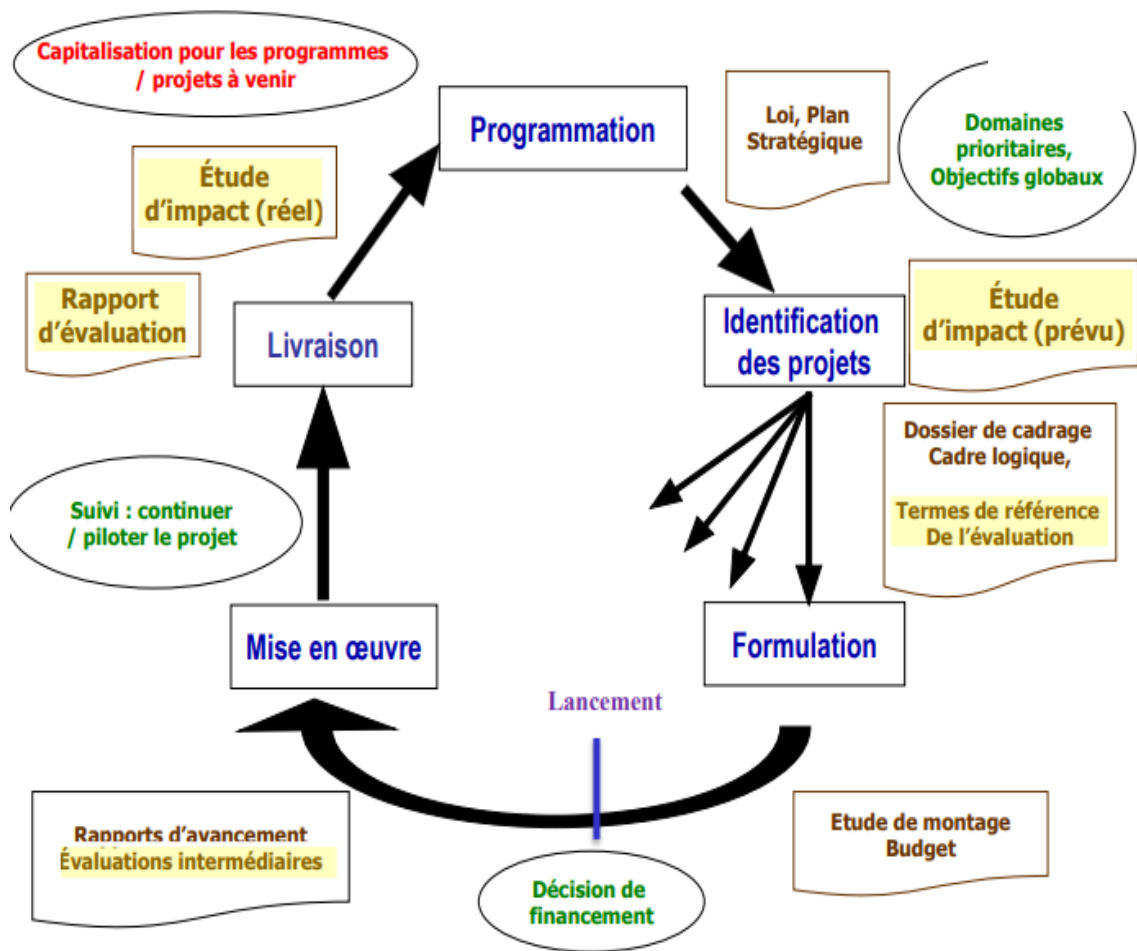


Figure V-2 Analyse de l'impact de la conduite de projet
 Source : Bachelet, 2016

3 Outils d'étude d'impact énergétique sur la qualité des projets durables

3.1 Distinction entre outils quantitatifs et qualitatifs

L'étude de l'impact énergétique peut s'exécuter à travers deux grands types d'outils qui sont souvent complémentaires : les outils quantitatifs permettent de mesurer concrètement les effets et les impacts, tandis que les outils qualitatifs orientent les décisions stratégiques. (Sousa, ND)

Les outils quantitatifs peuvent jouer un rôle important dans la réduction des coûts énergétiques des bâtiments. Ils reposent sur des données mesurables et permettent de :

- Déterminer le dimensionnement approprié des systèmes CVC ;
- Analyser la consommation énergétique ;
- Calculer le coût de l'énergie utilisée.

De nos jours, les concepteurs ont besoin d'outils qui répondent à des questions très spécifiques. Grâce aux logiciels de simulation énergétique, les concepteurs peuvent envisager des choix spécifiques (par exemple, en matière de chauffage et de climatisation). Ils peuvent également prédire le comportement thermique des bâtiments avant leur construction et simuler les coûts énergétiques des bâtiments existants dans leur état actuel, définissant ainsi les meilleures mesures de rénovation thermique à adopter pour les bâtiments analysés. Outre la consommation énergétique, les logiciels de simulation permettent également de calculer les variables suivantes :

- Températures intérieures ;
- Besoins en chauffage et en climatisation ;
- Besoins en consommation des systèmes CVC ;
- Besoins en éclairage naturel des occupants ;
- Confort intérieur des habitants ;
- Niveaux de ventilation.

3.1.1 Présentation de certains outils quantitatifs:

➤ **Logiciels de simulation énergétique**

Il existe un nombre croissant d'outils logiciels de simulation énergétique, capables de calculer des besoins énergétiques de plus en plus complexes, avec davantage de variables et une approche plus rigoureuse. En général, tous les logiciels de simulation énergétique comprennent trois étapes à suivre pour réaliser une simulation de bâtiment:

Création d'un bâtiment, Simulation énergétique du bâtiment et Analyse des résultats.

Dans chaque simulation de bâtiment, quatre aspects fondamentaux doivent être pris en compte :

- Structure du bâtiment et son organisation ;
- Conditions météorologiques ;
- Utilisation du bâtiment.

- **Energy Plus**

Energy Plus est l'un des logiciels de simulation énergétique les plus connus. Son développement a commencé en 1996, financé par les États-Unis. Energy Plus possède les fonctionnalités et les capacités de deux logiciels abandonnés précédemment BLAST et DOE-2, mais est un logiciel entièrement nouveau qui combine le bilan thermique de BLAST avec un système CVC générique. Energy Plus vise à développer et à organiser des outils logiciels en modules pouvant facilement fonctionner ensemble ou séparément. Il est

important de souligner qu'Energy Plus ne dispose pas d'interface visuelle permettant aux utilisateurs de visualiser et de concevoir le bâtiment.

Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser des logiciels tiers, tels que Design Builder. Energy Plus est un logiciel de simulation thermique permettant d'analyser la consommation énergétique et la charge thermique du bâtiment. La simulation d'un bâtiment se déroule en deux étapes (Sousa, ND):

- Modélisation du bâtiment ;
- Introduction des informations liées au bâtiment.
 - **ESP-r (Outil logiciel de simulation énergétique)**

L'outil logiciel ESP-r (Outil logiciel de simulation énergétique) est conçu pour accompagner le projet de construction en matière de performance énergétique et environnementale, de manière réaliste et précise. Cet outil logiciel est un logiciel destiné au chef de projet. Il coordonne les données, la simulation, les applications CAO, les différents outils d'évaluation des performances, les générateurs d'affichage et de rapports, etc. L'ESP-r utilise plusieurs équations complexes pour traiter simultanément tous les aspects (géométrie, construction, exploitation, distribution, dissipation thermique, etc.).

La modélisation du bâtiment peut être créée dans des logiciels de CAO ou d'autres outils similaires afin de permettre la spécification de la géométrie des bâtiments. Les modèles créés dans ce logiciel peuvent être exportés vers Energy Plus (Sousa, ND)

➤ **Outil BIM**

Face à la complexité et à la taille croissante des projets de construction, différentes technologies ont été introduites pour aider les concepteurs à gérer leurs projets et à créer de meilleurs bâtiments (Costa, Silvestre, Pyl, & Santos, , 2019). Parmi eux, la modélisation des informations du bâtiment (BIM) se distingue en tant que méthodologie de travail, où toute la conception et les données du projet sont gérées dans un modèle virtuel tout au long du cycle de vie du bâtiment (Bulle, Rezaei, , & Lesage, 2019) (Alecrim, Carvalho, Bragança,, & Mateus, 2020)

Le BIM peut améliorer la productivité des processus, intégrer des informations multidisciplinaires dans un modèle unique et promouvoir un environnement collaboratif tout au long du cycle de vie du projet. Les parties prenantes travaillant en collaboration constante et en temps réel, les erreurs, les incompatibilités ou les omissions sont généralement évitées.

Le BIM améliore la transparence et soutient le travail collaboratif entre les parties prenantes dès les premières phases du projet.

Les systèmes BIM ont les moyens d'améliorer le flux d'informations d'un projet, en obtenant de meilleures performances et une meilleure qualité. L'échange d'informations entre les parties prenantes est généralement effectué avec des fichiers de classe de fondation industrielle (IFC), qui contiennent des données sur l'industrie du bâtiment et de la construction, et sont normalisés par la norme ISO 16739-1:2018 (Díaz, & Antón, 2014).

Certaines des applications les plus connues du BIM pour la durabilité des bâtiments sont l'analyse énergétique, l'analyse de la foudre et de la lumière du jour, l'estimation de la consommation d'eau, l'estimation de l'énergie renouvelable produite sur place, l'analyse acoustique, la gestion des déchets, la durabilité et l'évaluation du cycle de vie. De plus, les outils basés sur le BIM prennent en charge diverses analyses et simulations, dont les résultats constituent une base pour la prise de décision et améliorent in fine les performances du bâtiment (Díaz, & Antón, 2014)

Les modèles BIM fournissent des données structurées. Ils conduisent également à une réduction des coûts, du temps et des ressources gaspillées, augmentant ainsi la durabilité.

Le BIM a des impacts positifs sur les trois piliers de la durabilité. Premièrement, en ce qui concerne les aspects économiques, il a la capacité de réduire les coûts de conception en améliorant la gestion de l'information et en renforçant la coordination, avec pour résultat un gaspillage de ressources moins important. Deuxièmement, en ce qui concerne les aspects sociaux, les outils basés sur le BIM facilitent l'analyse et la simulation de différents paramètres, ce qui avec les outils traditionnels serait très compliqué et nécessiterait une saisie manuelle des données. Des analyses complexes (par exemple la lumière du jour) peuvent être effectuées pour créer de meilleures conditions de travail et de vie, contribuant ainsi au confort et au bien-être. Troisièmement, en ce qui concerne les aspects environnementaux, le BIM prend en charge un certain nombre d'analyses différentes. Cependant, sa capacité d'amélioration de la performance environnementale serait renforcée par l'intégration avec d'autres outils spéciaux, tels que l'ACV. (Díaz, & Antón, 2014)

- **Outil BIM /ACV intégré**

L'ACV est une méthode d'analyse systémique multicritères qui permet d'évaluer la performance environnementale d'un produit, d'un bien ou d'un service. Elle est utilisée

depuis plusieurs années dans différents secteurs et fait l'objet de différentes normes internationales de standardisation : ISO 14 040 (2006b) et ISO 14044 (2006a) (M. Fouquet, 2015).

Selon l'ISO : L'ACV est définie comme étant « une compilation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie » (LEROY Y. , 2009) par une autre façon : « est une méthode systématique d'évaluation quantitative des impacts environnementaux d'un produit ou d'un système depuis les phases « berceau » jusqu'aux phases « tombes » (Yahong, Peng, & Ng, 2021).

L'élaboration d'une ACV passe par cinq grandes étapes comme l'illustre la figure : Les étapes d'orientation (Goal & Scope), d'inventaire (Life Cycle Inventory), d'évaluation des impacts environnementaux (Impacts Assessment) et d'interprétation font partie des exigences notifiées par les normes et sont donc obligatoires. La dernière étape est facultative et concerne la formulation de préconisations en vue de la réduction des impacts environnementaux. (LEROY Y. , 2009)

Plusieurs études ont tenté de proposer des alternatives possibles pour l'intégration du BIM et de l'ACV, on mentionne :

- La référence (Diaz & Anton, 2014) a présenté deux propositions possibles : le premier type implique un accès direct aux informations du modèle BIM afin de calculer les performances environnementales des bâtiments. Le format de partage de données Industry Foundation Classes (IFC) est utilisé pour l'extraction d'informations à partir du modèle BIM. En éliminant la saisie manuelle des données, la comparaison en temps réel des alternatives de projet est activée. Cependant, cette approche n'a pas encore été complètement établie. Le deuxième type nécessite l'inclusion de propriétés environnementales dans les objets BIM. Les propriétés environnementales devraient pouvoir se développer en même temps que le développement du projet, et des problèmes subsistent quant à la manière d'inclure les informations concernant le transport, l'entretien, etc.
- La référence (Nizam, Zhang, & Tian, 2018) a divisé les études en quatre grands types : le premier type comprend des études qui se concentrent sur les résultats des projets, mais ne fournissent pas une description du processus d'intégration qui pourrait être étendue à d'autres projets. Le deuxième type comprend les études qui

utilisent uniquement le BIM comme péage de métré, et exportent ces quantités dans d'autres outils. Le troisième type comprend des études qui se limitent uniquement à la phase du berceau au site. Le quatrième type d'étude est identifié comme n'étant pas suffisamment pratique pour être adopté.

- La référence (García-Martínez, , Soust-Verdaguer, & Llatas, 2017) a classé l'intégration BIM/ACV en trois types : le premier type est le cas où l'outil BIM est utilisé lors de l'étape d'ACV pour générer le devis quantitatif. Le deuxième type comprend des études dans lesquelles le BIM est utilisé pour fournir des données sur les matériaux et pour calculer la demande énergétique du bâtiment. Le troisième type comprend des études dans lesquelles les outils BIM et ACV sont combinés dans une procédure automatique.

La classification la plus complète a été proposée par Wastiels et Decuypere (Wastiels & Decuypere, 2019). Ces chercheurs ont divisé l'intégration BIM-LCA en cinq types : Le premier type est l'intégration des outils en exportant le devis quantitatif de l'environnement BIM vers d'autres outils. Selon leur observation, cette approche est la plus couramment adoptée dans la pratique actuelle. Le deuxième type consiste à importer de surfaces au format IFC, et à les associer à des profils ACV standardisés par un expert. La troisième approche plus avancée s'agit d'exploiter initialement les données dans un outil BIM de visualisation, puis de les transférer vers un logiciel ACV spécialisé pour procéder à l'analyse détaillée. Le quatrième type est l'utilisation de plug-ins spécialement développés qui permettent l'analyse ACV dans l'outil BIM. Le cinquième type est l'approche où les informations ACV sont incluses dans les objets BIM qui sont utilisés dans le modèle BIM, au lieu d'être attribuées aux composants du bâtiment à une étape ultérieure et dans des outils séparés. Un grand avantage de la dernière approche est que les informations concernant les impacts environnementaux peuvent être analysées en même temps que le développement du projet.

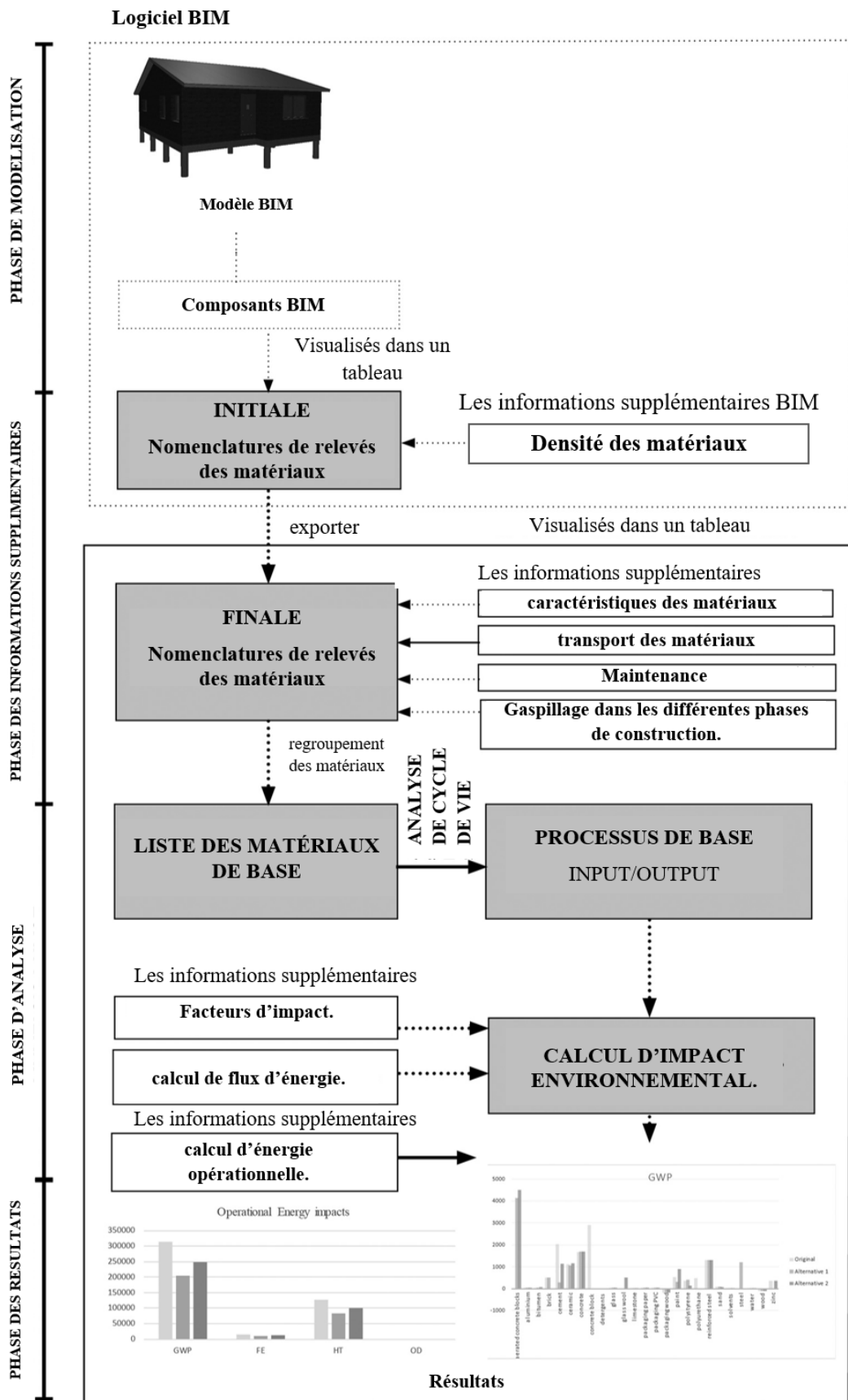


Figure V-3 Procédure BIM

Source : auteur

3.1.2 Présentation de certains outils quantitatifs:

Quant à l'objectif des outils qualitatifs est d'aider à la prise des décisions stratégiques, Suite à l'analyse des approches les plus répandues, on mentionne les **certifications environnementales** qui sont définies comme une série d'exigences de qualité déterminées par un organisme certificateur qui guident le concepteur à améliorer la qualité de l'ouvrage. Un grand nombre de certifications environnementales est proposé au niveau international (Green Soluce, 2014) :

- **BREEAM la méthode de certification britannique BRE « Environmental Assessment Methodology »**

Depuis 1990, le référentiel de certification le plus ancien et largement répandu à l'échelle mondiale a structuré ses exigences en dix catégories centrées sur la qualité environnementale des bâtiments (BRE, 2014). Elle a composé de 5 niveaux d'évaluation : Passable, Bon, Très Bon, Excellent ou Exceptionnel, se basant sur des cumules des points et un certain nombre de crédits (Romo, 2015).

- **LEED le système de certification d'origine américaine « Leadership in Energy and Environmental Design »**

A partir de 1998, la deuxième la plus répandue dans le monde, elle propose 4 niveaux à atteindre : Certifié, Argent, Or et Platine. Ce référentiel est reparti en sept catégories d'évaluation (USGBC, 2013).

L'un des principaux objectifs de LEED est de réduire les coûts énergétiques, tant pour les usages réglementaires que non réglementaires, en référence à un niveau de performance énergétique établi.

- **HQE, La Démarche « Haute Qualité Environnementale »**

Appliquée depuis 2005 aux bâtiments non résidentiels par Certivéa, repose sur quatorze cibles regroupées en quatre catégories : Écoconstruction, Écogestion, Confort et Santé. Chaque cible est évaluée selon trois niveaux de performance : base, performant et très performant. Pour obtenir la certification, un projet doit atteindre au minimum sept cibles au niveau de base, quatre au niveau performant et trois au niveau très performant (Certivéa, 2011).

Par ailleurs, HQE intègre des indicateurs issus de la réglementation thermique française, tels que le coefficient BBIO (besoin bioclimatique) et la consommation d'énergie primaire, tout en ajoutant la prise en compte des émissions de polluants, notamment le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre et les déchets.

La figure 5.4 illustre les catégories des critères d'évaluation utilisés par les trois principales méthodes de certification environnementale.

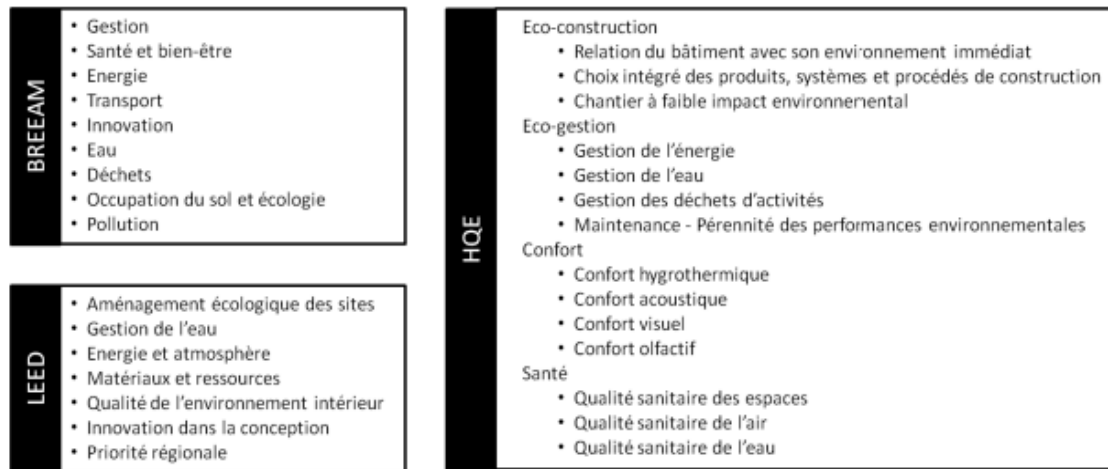


Figure V-4 Les catégories des critères des certifications environnementales
Source : (Romo, 2015)

3.2 Classification selon la phase du projet

3.2.1 Phase de conception

Cette phase est très importante pour intégrer l'efficacité énergétique dès le début du projet. Les outils utilisés permettent d'évaluer les performances énergétiques potentielles, d'orienter les choix de conception en présentant les scénarios les plus performants :

- **Outils de simulation énergétique** : Des logiciels tels que EnergyPlus, TRNSYS et Pleiades - Comfie permettent de modéliser la consommation énergétique en fonction de différents scénarios de conception.
- **Outils de notation environnementale** : Des systèmes comme BREEAM, LEED et HQE offrent des cadres pour évaluer la durabilité dès la phase de conception.
- **Outils de modélisation de l'information du bâtiment (BIM)** : Le BIM, en intégrant des données énergétiques, facilite la conception de bâtiments performants sur le plan énergétique.

3.2.2 Phase de construction

Pendant la construction, l'objectif est de s'assurer que les choix énergétiques sont correctement mis en œuvre et que les performances attendues seront atteintes par le suivi de

la conformité énergétique (BOUGRAIN, COLOMBARD-PROUT, GRILLON, & MARKL, 2010).

3.2.3 Phase d'exploitation

Une fois le bâtiment opérationnel, il est essentiel de surveiller et d'optimiser sa performance énergétique pour garantir une efficacité continue par des systèmes de gestion de l'énergie (SGE) et les outils de validation (Esfand , Jain, Mumovic, & Davies, 2021).

4 Impacts des outils d'efficacité énergétique sur la planification et le pilotage des projets

Selon une revue de littérature systématique publiée dans *Energy Reports* en juin 2024 intitulée “**Energy planning and modeling tools for sustainable development: A systematic literature review**”, les outils de modélisation énergétique jouent un rôle décisif dans la planification et le suivi des projets, particulièrement dans les pays en développement. L'étude commence par souligner l'importance cruciale des outils de planification et de modélisation énergétique dans la réalisation des objectifs de développement durable à l'échelle mondiale, notamment dans les pays en développement qui font face à d'importants défis environnementaux et économiques. Les auteurs insistent sur le fait que la gestion efficace des ressources énergétiques est essentielle pour lutter contre le changement climatique et réduire les émissions polluantes. Ces outils permettent aux décideurs d'élaborer des stratégies intégrées tenant compte des facteurs économiques, sociaux et technologiques. Cependant, l'étude met en évidence un important manque de données fiables et la nécessité d'adapter ces outils aux contextes locaux pour garantir leur pertinence et leur efficacité. Cette situation souligne la nécessité de développer des modèles plus précis et adaptés aux particularités de chaque région afin de favoriser une mise en œuvre réussie et durable des projets énergétiques. (Akpahou, Mensah, Quansah, & Kemausuor, 2024)

4.1 Mise à disposition de données fiables pour la planification

Les outils de modélisation énergétique permettent de compiler des données structurées sur la demande, les ressources disponibles et les contraintes techniques. Elles jouent un rôle fondamental dans la collecte, la structuration et l'analyse des données relatives à l'offre et à la demande en énergie. Cela améliore considérablement la précision des projections énergétiques. De plus, en permettant la visualisation de tendances passées et la simulation de comportements futurs, ils offrent aux planificateurs la possibilité de mieux anticiper les besoins en infrastructures et en investissements. Ce processus renforce la capacité des

institutions à concevoir des plans énergétiques durables, optimisant l'usage des ressources naturelles tout en minimisant les risques techniques et financiers.

4.2 Identification des écarts potentiels dès la conception

Les outils de modélisation énergétique intègrent généralement des fonctionnalités avancées de simulation dynamique. Cela permet aux gestionnaires de projet de tester différents scénarios opérationnels en temps réel ou sur des périodes projetées, en tenant compte de variables fluctuantes telles que la météo, la demande énergétique saisonnière ou les interruptions de réseau. Grâce à ces simulations, les stratégies de pilotage peuvent être ajustées de manière fine et réactive afin de maintenir la performance des systèmes. Par exemple, un modèle peut révéler qu'un certain mix énergétique devient inefficace pendant les pics de chaleur, suggérant ainsi des ajustements de charge ou une activation de sources de secours. En outre, la possibilité d'intégrer des paramètres de résilience dans ces modèles – comme la redondance des systèmes ou la gestion des pannes – renforce la capacité à faire face aux imprévus et à garantir une continuité de service, même dans des environnements instables.

4.3 Renforcement de la robustesse des stratégies de contrôle

Les outils de modélisation énergétique intègrent généralement des fonctionnalités avancées de simulation dynamique. Cela permet aux gestionnaires de projet de tester différents scénarios opérationnels en temps réel ou sur des périodes projetées, en tenant compte de variables fluctuantes telles que la météo, la demande énergétique saisonnière ou les interruptions de réseau. Grâce à ces simulations, les stratégies de pilotage peuvent être ajustées de manière fine et réactive afin de maintenir la performance des systèmes. Par exemple, un modèle peut révéler qu'un certain mix énergétique devient inefficace pendant les pics de chaleur, suggérant ainsi des ajustements de charge ou une activation de sources de secours. En outre, la possibilité d'intégrer des paramètres de résilience dans ces modèles – comme la redondance des systèmes ou la gestion des pannes – renforce la capacité à faire face aux imprévus et à garantir une continuité de service, même dans des environnements instables.

4.4 Alignement avec les politiques et la durabilité

Un autre avantage majeur de ces outils est leur aptitude à aligner la planification des projets énergétiques avec les orientations politiques nationales et les objectifs globaux de développement durable. En intégrant des indicateurs de performance environnementale (comme les émissions de CO₂ évitées, l'efficacité énergétique ou l'empreinte carbone par

secteur), ces outils permettent de quantifier de manière précise les impacts potentiels d'un projet. Ainsi, les décideurs peuvent prioriser les options les plus durables et les plus cohérentes avec les engagements climatiques du pays (ex. : Accord de Paris, Objectifs de Développement Durable). De plus, les modèles peuvent également être utilisés pour évaluer l'effet des subventions, taxes carbone ou incitations fiscales sur le comportement des acteurs économiques. Cela en fait des instruments puissants de gouvernance, facilitant le dialogue entre parties prenantes et soutenant des décisions politiques fondées sur des données objectives et transparentes.

En s'appuyant sur cette étude, on comprend que les outils de planification et modélisation énergétique ne sont pas de simples instruments de calcul. Ils permettent une planification rigoureuse, une détection précoce des défaillances potentielles, un pilotage adaptatif et un fort alignement avec les enjeux de durabilité et de politique énergétique, ce qui en fait des atouts indispensables dans la gestion moderne de projets liés à l'énergie.

5 Conclusion du chapitre

Les défis environnementaux dans le secteur de bâtiment aujourd'hui exige la recherche des outils plus performants afin d'atteindre les objectifs internationaux de développement durable en assurant une efficacité énergétique dès les premières phases de conception et dans tout le long de cycle de vie des projets architecturaux. Ces outils répondent aux exigences environnementales et managériales par l'assurance d'évaluation et d'analyse des alternatives d'enveloppe en tant qu'un logiciel de simulation énergétique en calculant les performances environnementales des bâtiments, et par l'aide à la décision, le management des délais, des coûts et l'assurance de la bonne communication entre les parties prenantes en tant qu'un outil managérial d'une façon multidisciplinaire.

**CHAPITRE VI METHODE ET OPERATIONNALISATION
D'ETUDE MANAGERIALE GLOBALE DE L'EFFICACITE
ENERGETIQUE LIEE A LA MAITRISE D'ŒUVRE EN
ALGERIE**

1 Introduction du chapitre

Nous avons trouvé dans le cadre conceptuel de la recherche que la conception architecturale des bâtiments durables est un processus complexe et interactif qui nécessite une collaboration efficace entre les acteurs interdisciplinaires dès les premières phases afin d'atteindre les objectifs d'efficacité énergétique, donc, il est nécessaire de repenser l'approche actuelle de la pratique architecturale vers des stratégies plus efficaces dans la conception de la construction. Nous avons trouvé aussi que la décision énergétique doit être prise dans la phase de conception, et nous voulons savoir dans ce chapitre l'intégration de ces considérations par la maîtrise d'œuvre responsable de la conception architecturale en Algérie.

2 Méthodologie

Afin de confirmer ou infirmer l'hypothèse mentionnée, et étudier la prise en compte de l'efficacité énergétique dans la phase de conception des projets architecturaux en Algérie, une étude qualitative et quantitative sous forme d'enquête par questionnaire a été menée auprès des architectes et diffusée par voie électronique.

2.1 Positionnement méthodologique

L'étude récente de (Merzouk, Zhao , & Xu, 2025) examine le rôle de la gestion de projet dans le secteur des bâtiments durables g en intégrant les principes fondamentaux de la gestion de projet traditionnelle aux exigences de la durabilité, en intégrant les considérations environnementales, sociales et économiques. En évaluant l'état actuel des pratiques de construction, cette recherche vise à identifier les principaux défis et opportunités, tout en proposant des stratégies concrètes pour intégrer la durabilité dans la gestion de projet. Cette analyse est structurée autour d'un questionnaire conçu et diffusé auprès de professionnels du secteur de la construction et d'étudiants en génie civil et en architecture. Cependant, notre travail dans ce chapitre vise à mettre davantage l'accent sur l'efficacité énergétique et son application dans le cadre d'une approche systémique intégrée, plutôt que linéaire. Il aborde le rôle de l'architecte en tant qu'un responsable de la transformation des réglementations et politiques en solutions énergétiques efficaces, et qu'un intermédiaire entre le cadre politique, le cadre technique et le cadre managérial. Ceci permettra de mieux définir le rôle central de l'architecte dans l'assurance de la qualité dans les projets architecturaux durables afin de comprendre l'écart entre les lois, les réglementations et la pratique sur le terrain.

2.2 Composition de questionnaire

L'efficacité énergétique peut être envisagée comme un système d'information technique intégrant politiques, stratégies et outils de gestion, plutôt que comme un simple critère de durabilité. Cette approche a été absente dans les études précédentes, notamment en Algérie, où chaque domaine est traité séparément. C'est pourquoi le modèle de Loudon a été adopté. Ce modèle considère l'organisation ou le projet comme un système d'information où les données issues de divers domaines interagissent, sont collectées et coordonnées, et suivent des procédures précises pour produire des résultats spécifiques. L'architecte est considéré comme le centre de ce système interconnecté, son expertise se reflétant dans les solutions architecturales.

Les processus décisionnels et opérationnels dans un projet architectural exigent une intervention interdisciplinaire qui sont divisés de deux catégories présentées dans la figure 1 selon un modèle systémique qui sont :

- Les systèmes d'information opérationnels composés des systèmes gestionnaire (SIG) chargés de manager les opérations de la conduite de projet, et des systèmes techniques (STT)
- Les systèmes d'information décisionnels chargés d'assurer la planification financière (SAD) et celle de la planification stratégique (SiD).

D'après cette division de Loudon, nous avons composé un questionnaire en trois axes : axe stratégique politique, un axe managérial gestionnaire et un axe technique opérationnel, pour les objectifs suivants :

- **L'axe politique**
 - Rapport des architectes avec la réglementation liée à l'efficacité énergétique et le programme national des énergies renouvelables.
 - Evaluation de faisabilité de ce programme.
 - Avis sur La transition énergétique dans leur contexte international.

- **L'axe technique**

- Prise en considération des solutions architecturales pour baisser la consommation énergétique dans les bâtiments : l'orientation, l'aération, la compacité, l'isolation ...etc.
- Intégration des nouvelles technologies dans la conception architecturale comme les énergies renouvelables.
- Défis devant la conception durable.

- **L'axe managérial**

- Responsabilité de la décision énergétique.
- Eventualité de non-respect du planning.
- Possibilité de non-respect des exigences des cahiers de charges et donc la non-qualité et les causes derrière ça.
- Evaluation de la gestion de la communication entre les parties prenantes.

Tableau VI.1 les catégories de système d'information

Catégorie de SI	Type de SI	Exemple d'activités	Niveaux de décisions
Système d'information décisionnel	Système d'information pour les dirigeants <i>Executive Information System</i> Connaissance implicite	SiD Planification stratégique Contrôle de gestion Ingénierie prospective...	DECISIONS STRATEGIQUES
	Système d'aide à la décision <i>Decision Support System</i> Connaissance explicite	SAD Planification financière Organisation des flux logistiques Processus collaboratif et décision collective...	
Système d'information opérationnel	Système d'information de gestion <i>Management Information System</i> Information opérationnelle	SIG Gestion des ventes Conduite des opérations budgétaires Gestion de la ressource humaine...	DECISIONS MANAGERIALES
	Système de traitement des transactions <i>Transaction Processing System</i> Données techniques élémentaires	STT Gestion des effectifs, des stocks, des réservations Surveillance des processus techniques Traitement des salaires...	DECISIONS TECHNIQUES

Source :Ladjudon 2010

2.3 Détermination de la population d'enquête

L'acteur lié à la conception dans le projet architectural est la maîtrise d'œuvre représentée par l'architecte ; notre étude a ciblé deux-mille neuf cents et deux maîtres d'œuvre inscrits dans le tableau des architectes en 2018 à travers 11 wilayas de l'ouest (Tlemcen et Oran), de centre (Tipaza, Alger et Blida), de l'est (Sétif, Constantine et Annaba) et du sud algérien (Ouargla, Ghardaïa et Adrar) avec des climats différents entre maritime, semi-aride et aride (voir la figure 01).

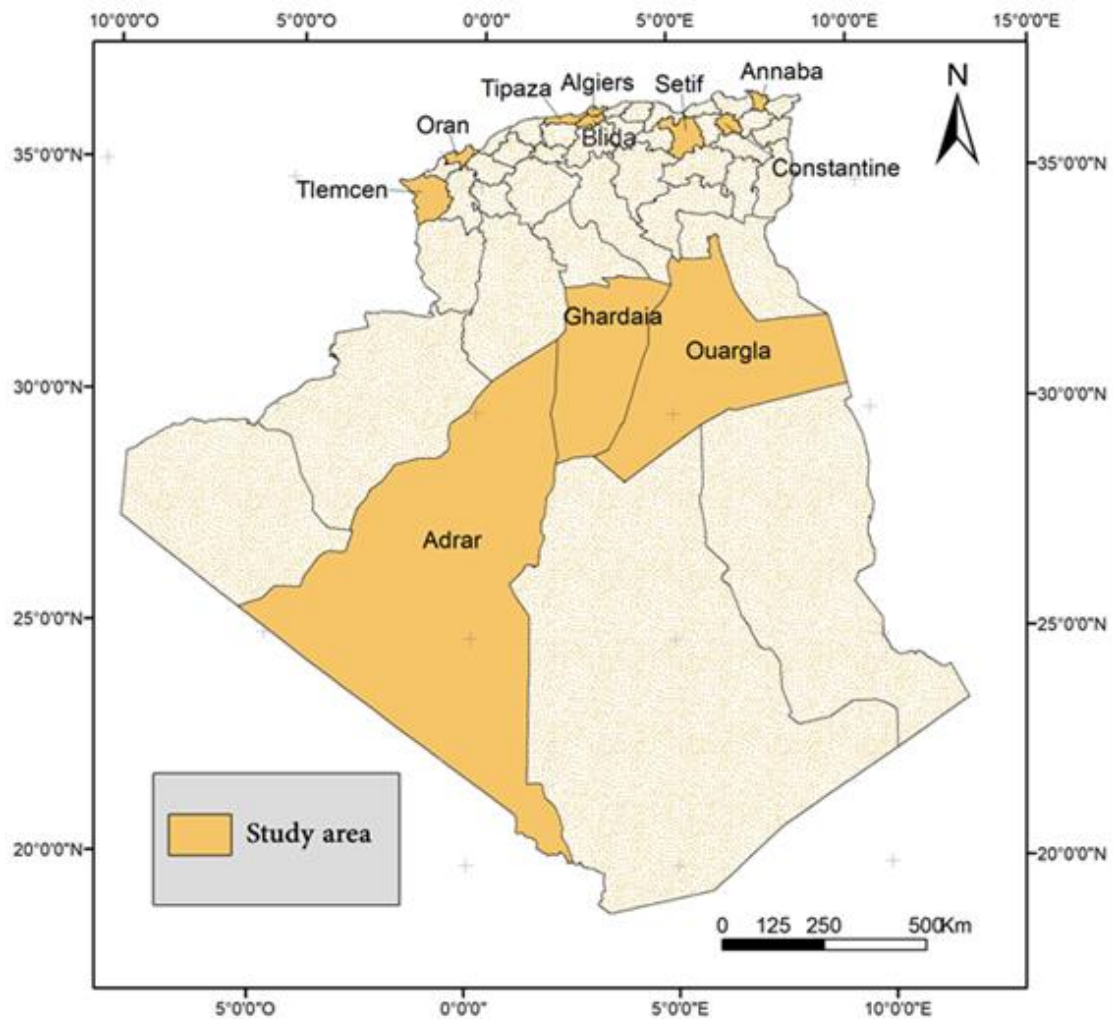


Figure VI-1 La distribution des wilayas ciblées par l'enquête

Source : auteur.

2.4 Détermination d'échantillon d'étude

La stratégie d'échantillonnage est une étape essentielle de la conception des expériences scientifiques, la formule de Steven k Thompson (BACHMANI, 2014) a été utilisé pour le calcul de la taille d'échantillon optimale significatif et représentatif, comme suit :

$$n = \frac{N \times p(1-p)}{\left[\left[N - 1 \times \left(d^2 \div z^2 \right) \right] + p(1-p) \right]} \dots\dots\dots \text{EQ1}$$

(Formule de Steven THOMPSON)

Dont :

n= la taille d'échantillon optimale.

N= la taille de la population d'enquête.

z= Niveau de confiance (la valeur type du niveau de confiance de 95 % sera 1,96)

d= Marge d'erreur 0.05.

p= proportion estimée de la population qui présente la caractéristique = 0.50

Dont :

$$n = \frac{N \times p(1-p)}{\left[\left[N - 1 \times \left(d^2 \div z^2 \right) \right] + p(1-p) \right]}$$

$$n = \frac{2902 \times 0.5(1-0.5)}{\left[\left[2902 - 1 \times \left(0.05^2 \div 1.96^2 \right) \right] + 0.5(1-0.5) \right]}$$

$$n = \frac{725.5}{\left[\left[2.90 \right] + 0.25 \right]}$$

n ≥ 230 répondants

Donc le numéro des répondants doit être égale ou dépasse 230 architectes pour être significatif.

Le tableau suivant présente la population ciblée d'après un échantillon aléatoire simple des architectes agréés (ayant une expérience variante de 0 à plus de 10 ans) à travers 11 wilayas.

Tableau VI.2 la population ciblée

Wilaya	Nombre de questionnaire envoyés	Nombre des réponses recueillies.	Années d'expériences.		
			0 à 5 ans	5 ans à 10 ans	Plus de 10 ans
Adrar	73	20	0	12	08
Alger	719	54	01	07	46
Annaba	240	56	06	18	32
Blida	274	20	02	04	14
Constantine	324	54	01	08	45
Ghardaïa	68	19	02	05	12
Oran	327	30	02	08	20
Ouargla	113	19	00	04	15
Sétif	530	63	09	15	39
Tipaza	98	09	02	04	03
Tlemcen	136	27	00	05	22
Somme	2902	371	25	90	256

Source : CNOA 2018 + auteur.

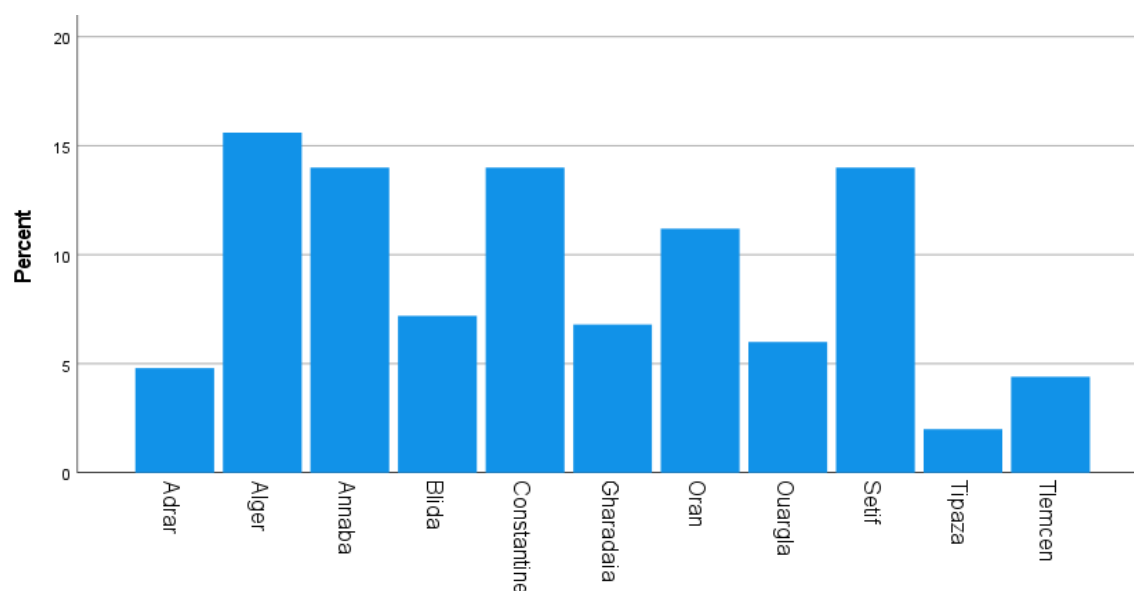


Figure VI-2 Répartition des répondants selon les wilayas

Source : auteur.

3 Résultats de la recherche

3.1 L'axe politique : Rapport des architectes avec la politique algérienne liée à l'efficacité énergétique et son contexte international

Le programme national des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique d'ici 2030 vise à encourager la mise en œuvre de technologies innovantes dans le secteur de bâtiment par la favorisation d'isolation thermique dès la phase de conception architecturale pour objectif d'améliorer le confort intérieur en économisant la consommation énergétique (voir annexe C).

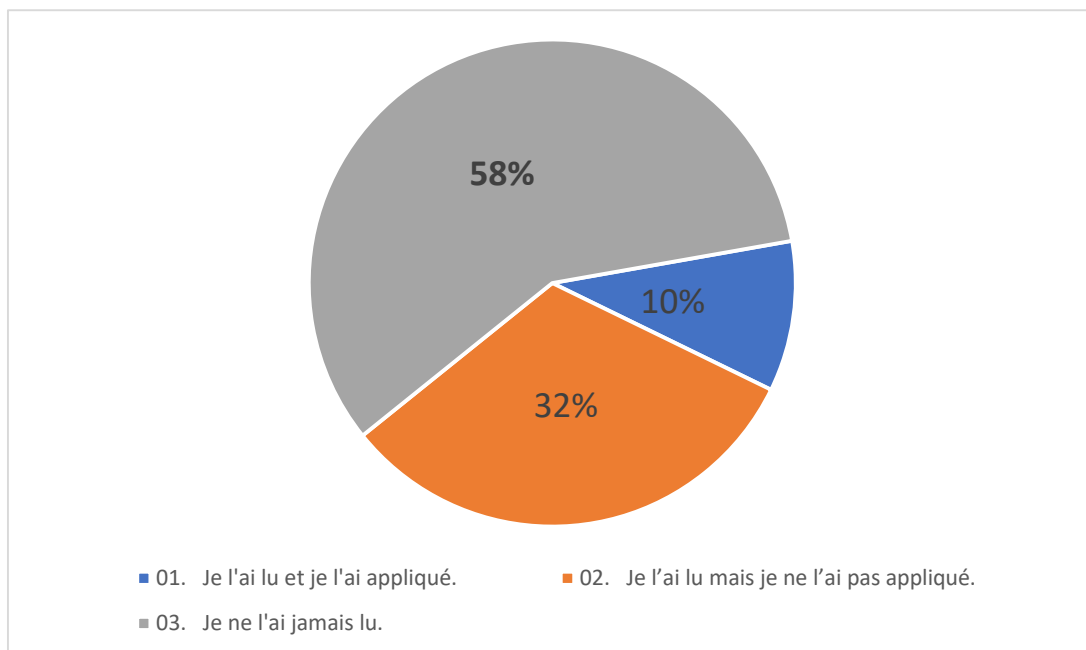


Figure VI-3 Question 1. Evaluation de rapport des architectes avec la réglementation
Source : auteur.

La figure 6.4 montre qu'environ **58% des architectes ne l'a jamais lu le programme des énergies renouvelables**, un pourcentage de 32% qui l'a lu mais il ne l'a pas appliqué dans la conception de ses projets architecturaux et seulement 10% des architectes d'échantillon qu'a lu le programme et qui ont essayé de l'appliquer (Question 1. Voir figure 6.3). De ce dernier 42% qui ont lu le programme, **un volet important de 40% pense cependant que ce programme est faisable**, un pourcentage d'environ 34% estime qu'il n'est pas faisable et le reste 26% se sont abstenus (Question 2 voir figure 6.3). Le pourcentage de 35% précédent ayant répandu par la non-faisabilité du programme estiment à 44% que c'est à cause des barrières politiques, un pourcentage d'environ 24% des barrières

financières et 18% des barrières techniques, alors qu'environ 14% se sont abstenu (Question 3 voir figure 6.3).

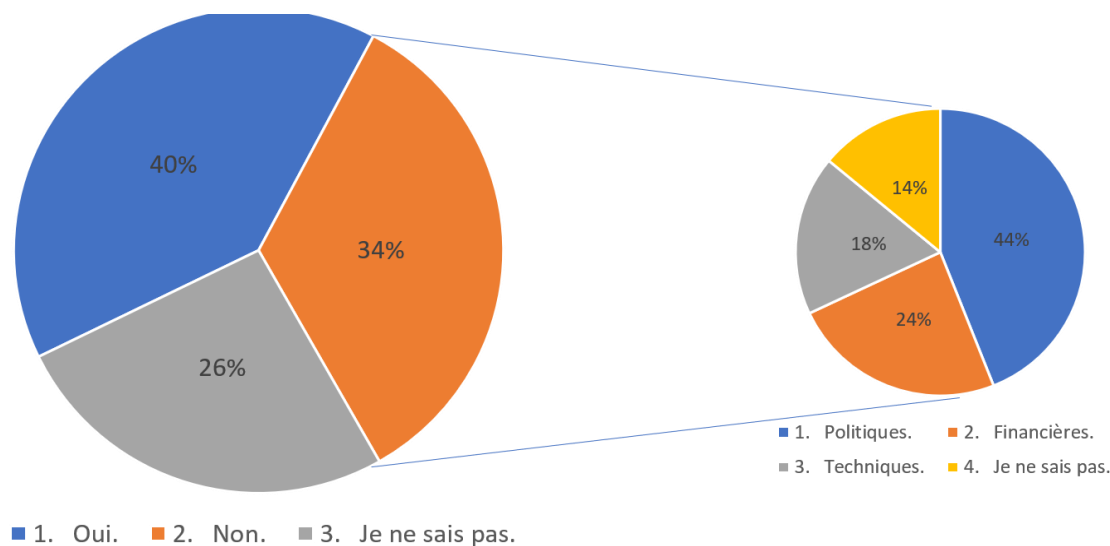


Figure VI-4 Question 2 et 3. Perception liée à la faisabilité du programme
Source : auteur.

Quant au contexte international de la transition énergétique, **un grand volet de 72% des architectes pense que c'est une nécessité et une priorité** afin de préserver la planète des effets négatifs d'utilisation des énergies fossiles, la pollution et le réchauffement climatique par un pourcentage des répondants environ 35%, la raréfaction des énergies fossiles par 20% , et la durabilité des énergies renouvelables par un pareil pourcentage de 20%, l'économie d'Énergie renouvelable est une autre cause de nécessité par 15% des répondants et seulement 10% pense que c'est pour des raisons politiques. (Question 4 voir figure 6.5).

La transition énergétique est une exigence internationale pour 18% des architectes, la moitié de ce dernier pourcentage estime que la protection de l'atmosphère est la responsabilité de tous les pays de monde, un pourcentage de 40% pense que c'est une exigence internationale à cause de la mondialisation et le reste à cause de la transition mondiale vers des nouvelles technologies.

La transition énergétique est un choix pour 08% à cause de la diversité des moyens de chaque pays et du cout élevé des nouvelles technologies. Et la transition énergétique n'est pas importante pour 02% puisqu'il est utopique et elle n'est pas une priorité pour le monde. (Question 05 voir figure 6.6)

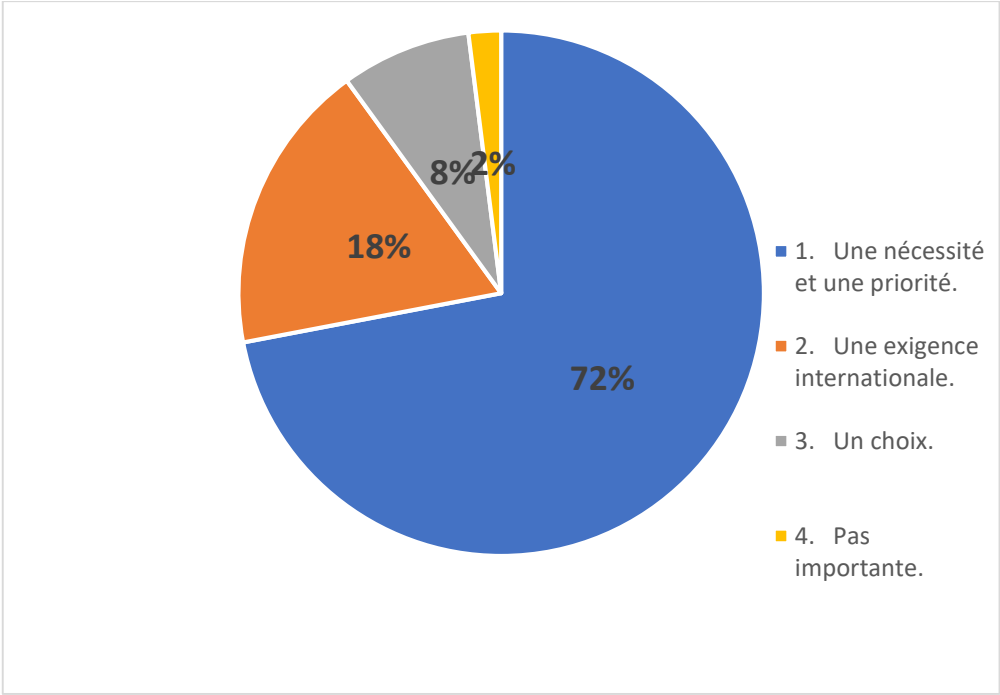


Figure VI-5 Perception de la transition énergétique
Source : auteur.

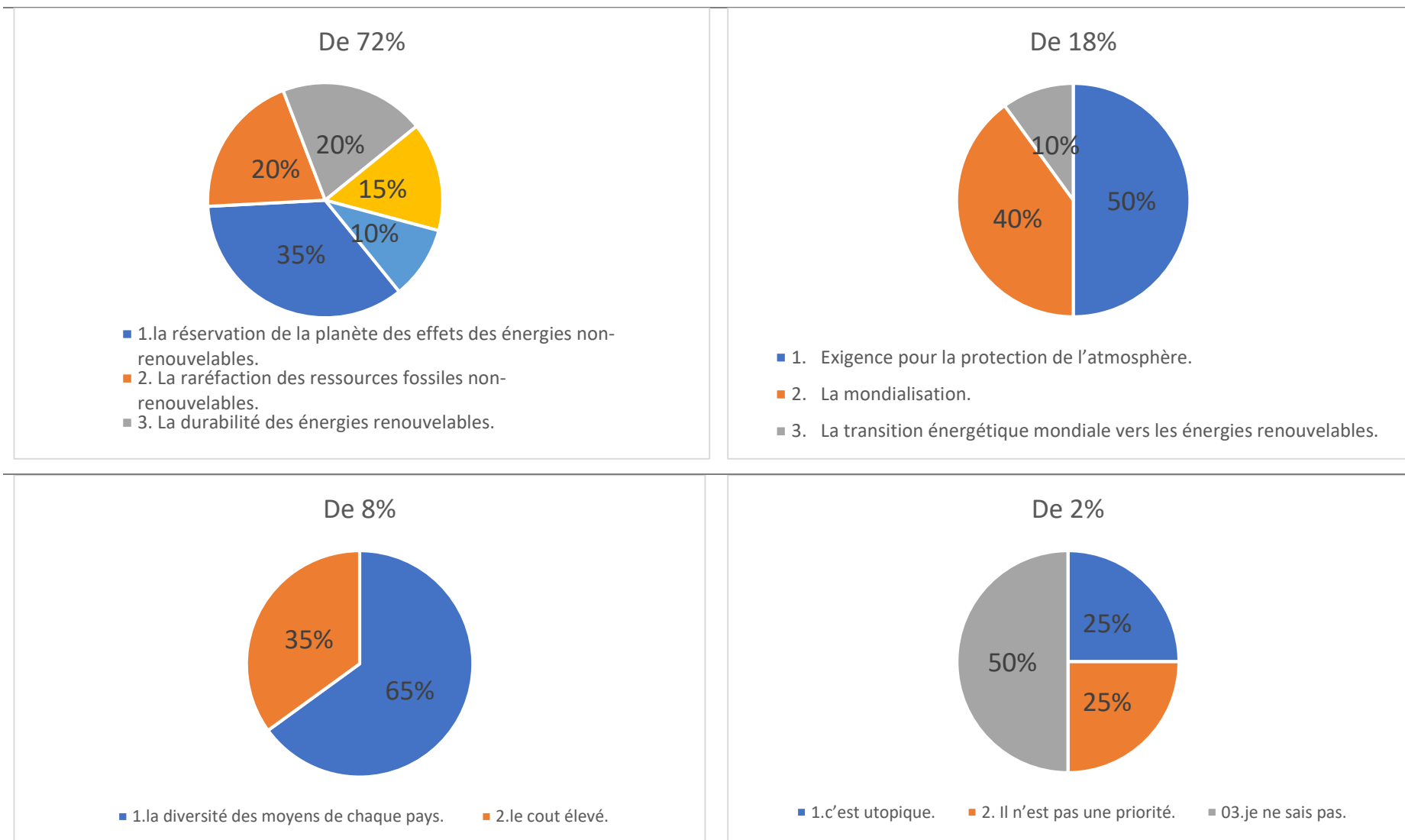


Figure VI-6 Question 5 Justification des réponses à la question 4 Source : auteur.

3.2 L'axe managérial : le management en service d'efficacité énergétique

La troisième partie du questionnaire traite l'axe managérial en posant cinq questions sur la responsabilité de la décision énergétique et leurs impacts sur les délais, les couts et la qualité dans le sens de conformité aux spécifications au cahier des charges, et leurs évaluations de la gestion de la communication.

Quant au premier responsable de la décision énergétique, plus de la moitié d'échantillon a renvoyé à la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre en même temps, dont environ 40% pense que c'est la responsabilité de maîtrise d'ouvrage en la spécifiant dans le cahier de charges. (Question 6 voir figure 6.7).

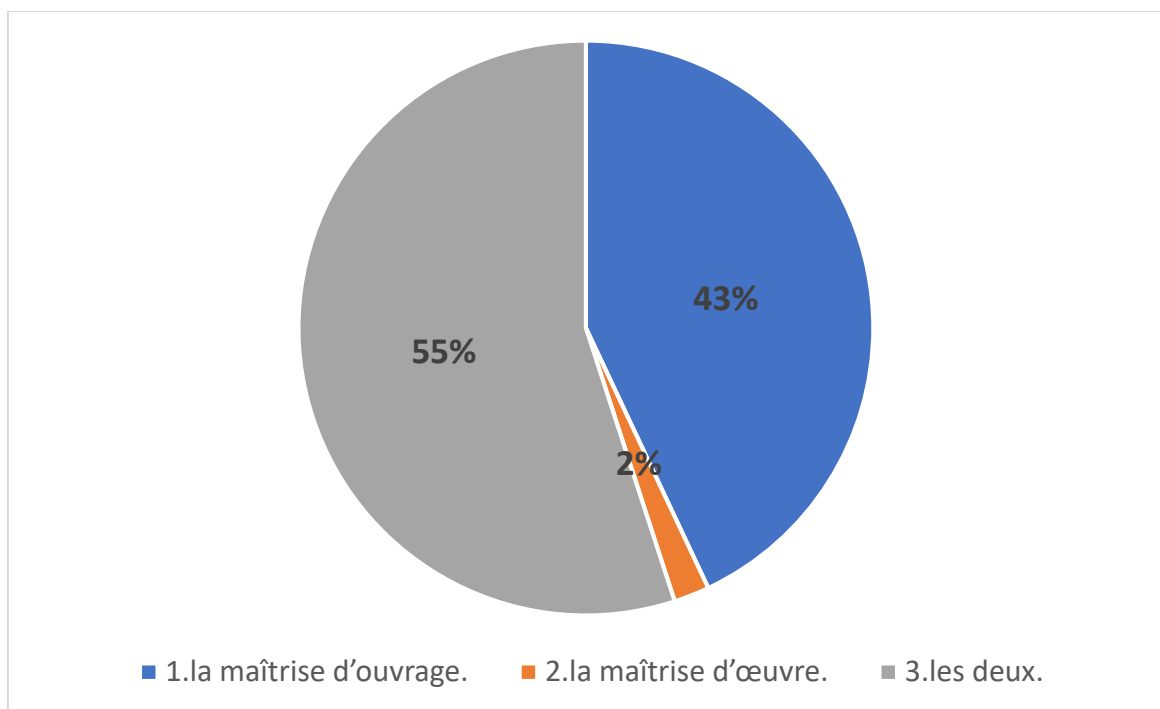


Figure VI-7 Question 6. Responsabilité de la décision énergétique
Source : auteur.

Une grande majorité (soit 68%) d'échantillon ne pense pas que l'intégration des nouveaux concepts dans la conception architecturale peut provoquer un retard dans les délais en générale ou dans le planning des tâches. Et seulement 25% a confirmé qu'il peut provoquer des retards. (Question 7 voir figure 6. 8).

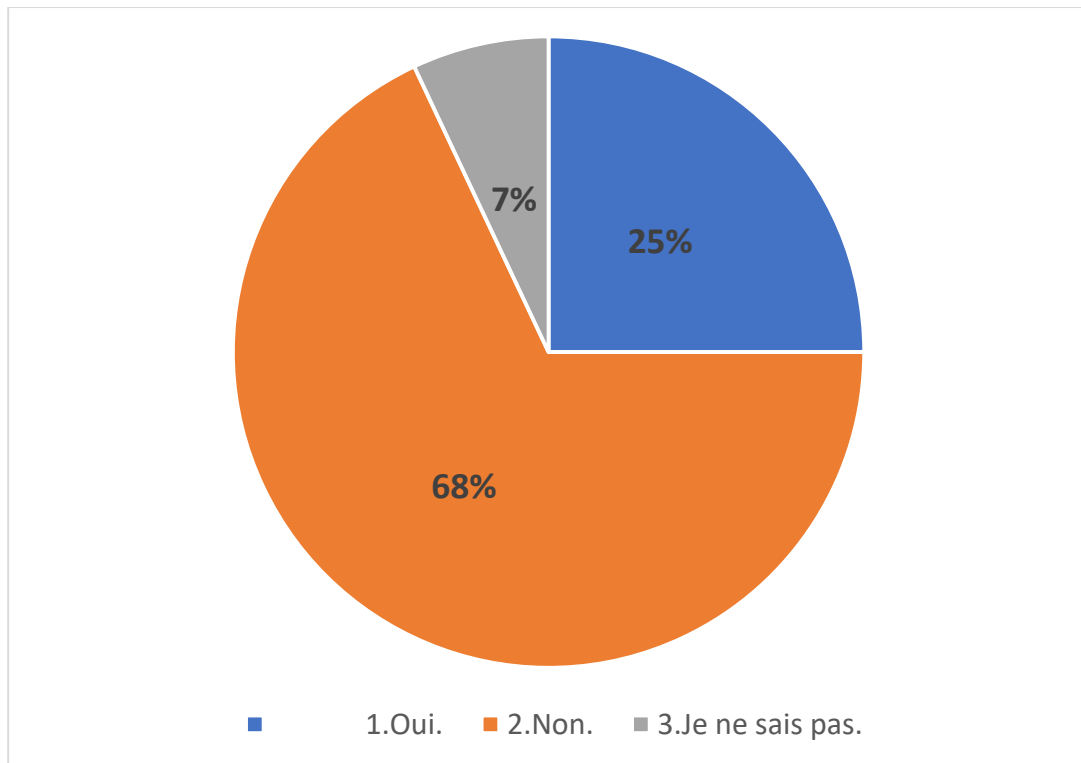


Figure VI-8 Question 7. Impact des nouveaux concepts sur les délais
Source : auteur.

Quant à les conséquences sur la qualité et la non-conformité aux exigences de cahier de charges, les réponses ont été divisé sur deux une moitié qu'il y a des impacts négatifs, et l'autre qu'il n'y a pas (Question 8 voir figure 6-9) ;

En estimant que le budget et la gestion de la communication (dont une grande majorité pense qu'il reste toujours faible selon la question 10 voir figure 6.11) sont les deux grandes causes derrière ces impacts négatifs (par 29% et 25% successivement), puis en deuxième lieu la sélection de maître d'œuvre et le manque de main d'œuvre qualifiée (15% et 21% successivement) et les délais en dernier lieu par environ 08%. (Question 9 voir figure 6.10).

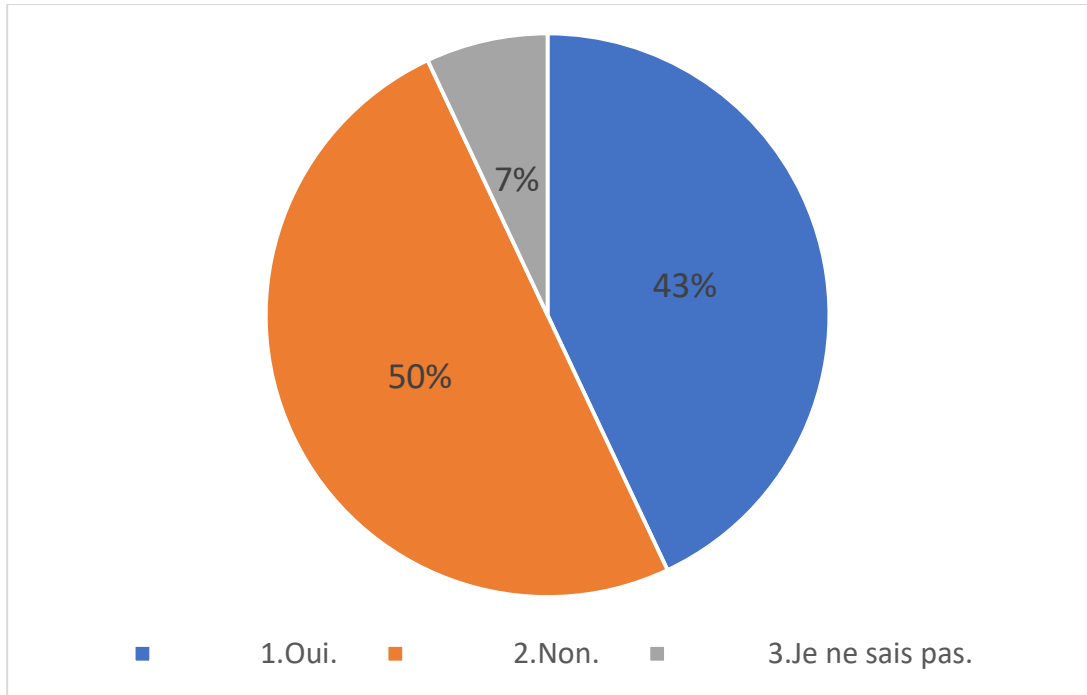


Figure VI-9 Question 8. Impact des nouveaux concepts sur la qualité
Source : auteur.

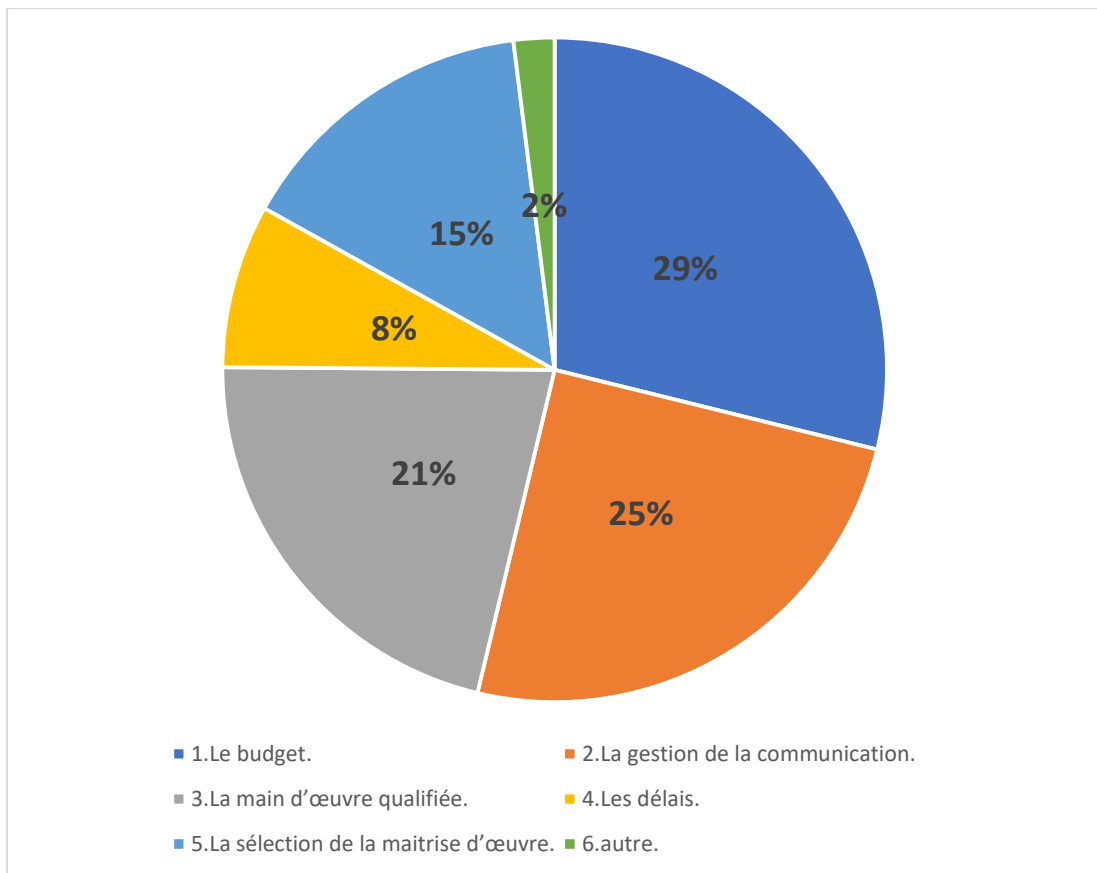


Figure VI-10 Question 9 Les causes derrière le non-respect des exigences de cahier de charges *Source : auteur.*

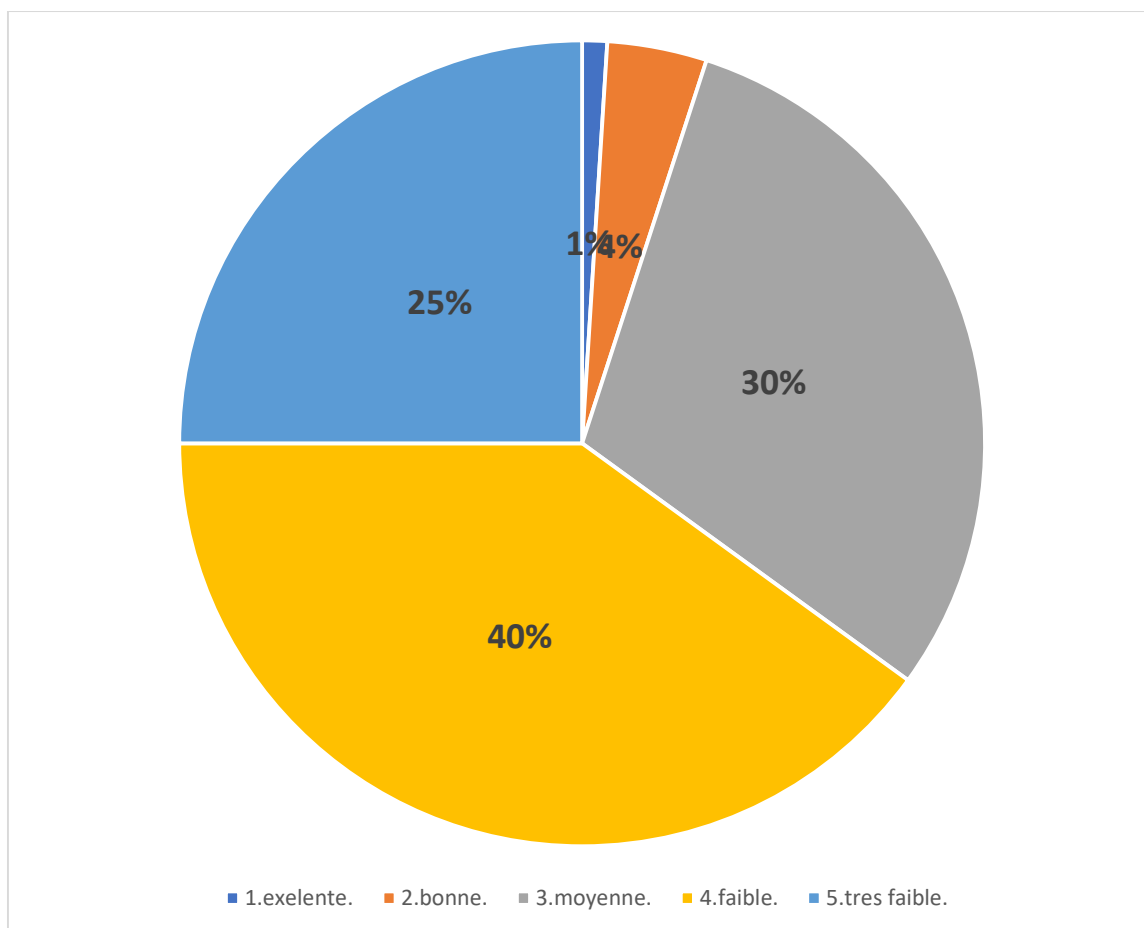


Figure VI-11 Question 10. La communication entre les parties prenantes
Source : auteur.

3.3 L'axe technique : L'efficacité énergétique dans la conception architecturale

Le troisième axe du questionnaire a mené le sens technique en trois questions.

Un pourcentage de 37% des répondants prend souvent ces solutions architecturales en considération dans la conception des projets architecturaux, en deuxième degré par un pourcentage de 28 % ont fait toujours une priorité. 24% intempestivement répond que c'est parfois et seulement 9% et 2% exceptionnellement (question 11 voir figure 6-12).

D'après les réponses recueillis, l'intégration des énergies renouvelables dans la conception architecturale étant une nouveauté, leur introduction reste timide et insuffisante et seulement 7% a pris en œuvre les nouvelles technologies dans les constructions (Question 12 voir figure 6-13).

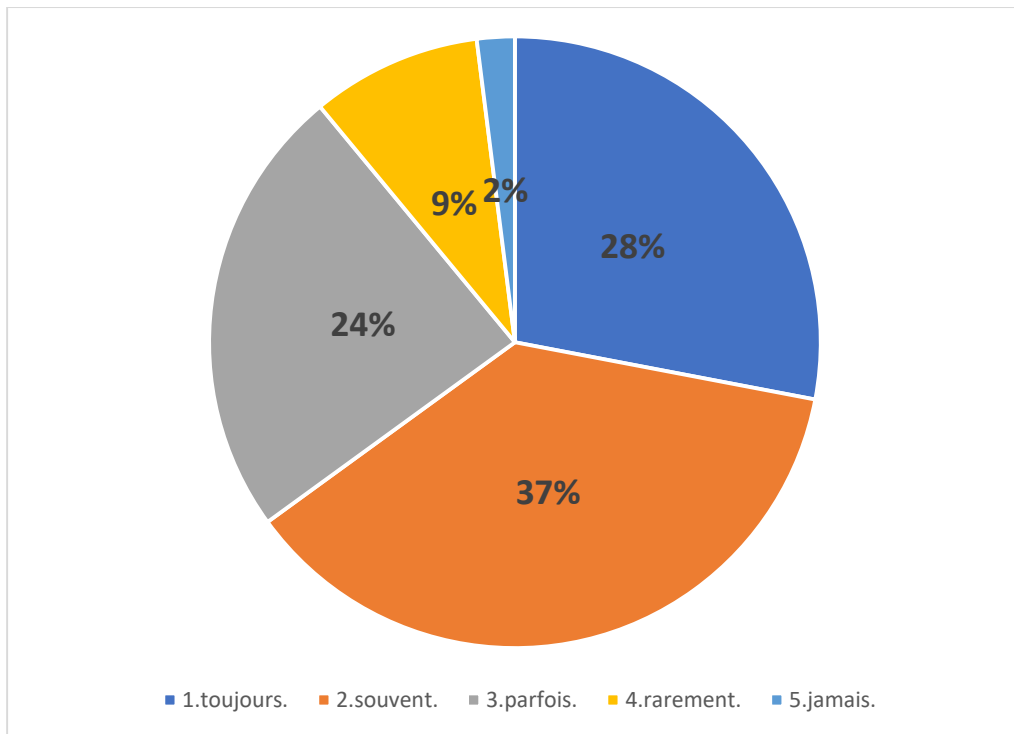


Figure VI-12 Question 11. Intégration des solutions architecturales
Source : auteur.

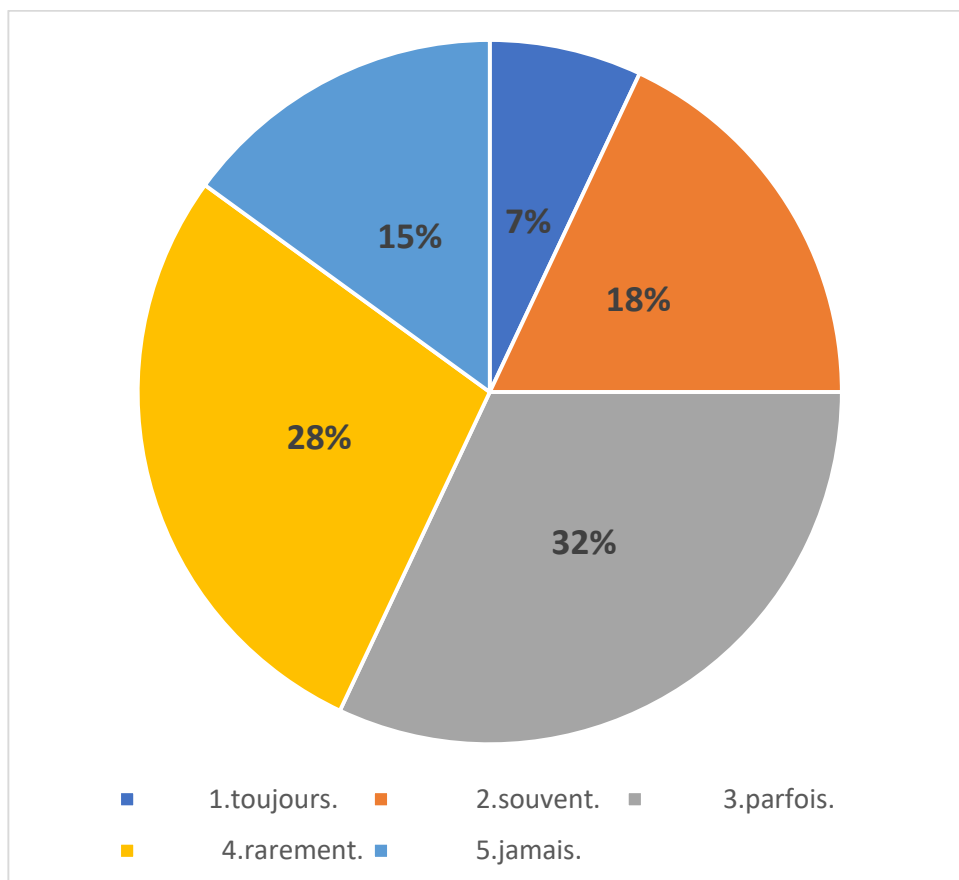


Figure VI-13 Les solutions passives dans la conception durable
Source : auteur.

Les causes principales semblent en premier lieu le budget et la main d'œuvre qualifiée, certain allouent ce retard au manque de la production locale des équipements et ses conséquences sur le budget et les délais (Question 13 voir figure 6-16).

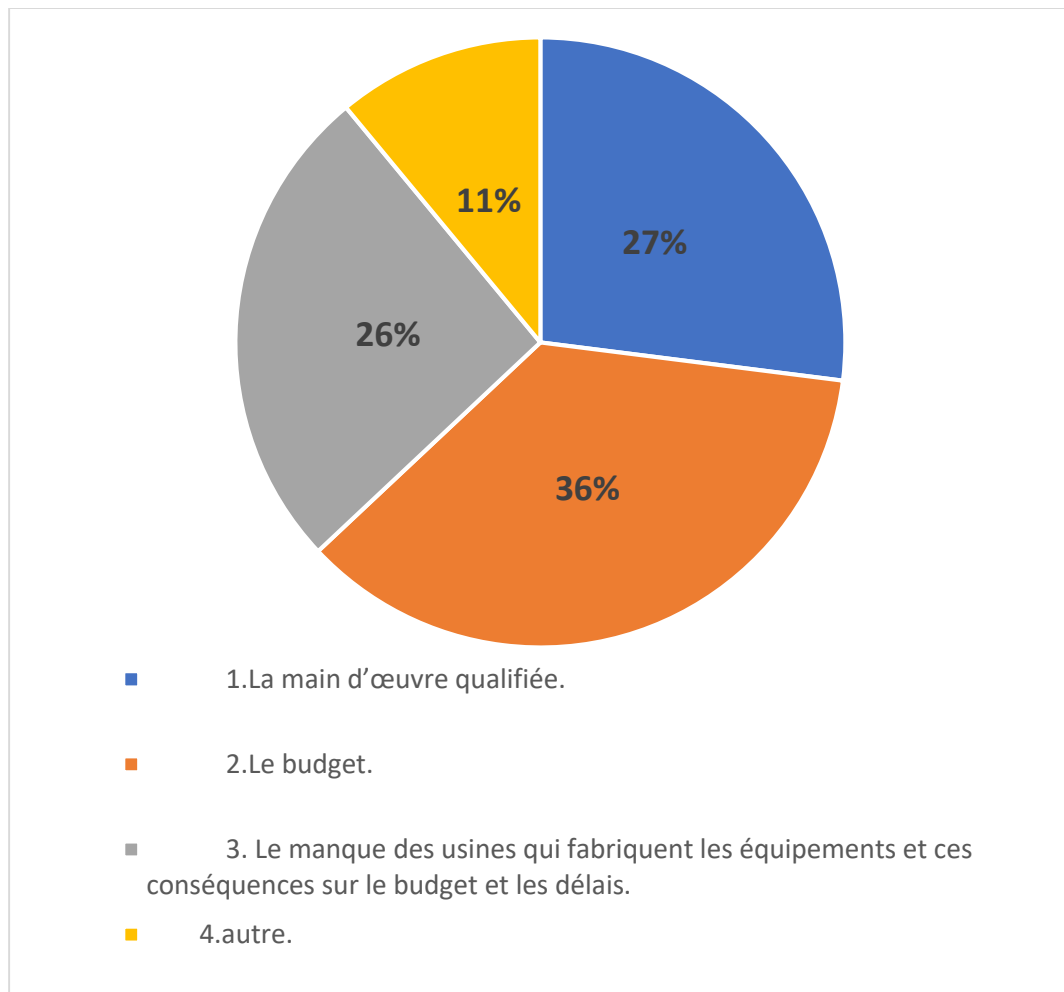


Figure VI-14 Question 13. Les contraintes devant la conception durable
Source : auteur

4 DISCUSSION DES RESULTATS

4.1 L'axe politique : le rapport des architectes avec la politique algérienne liée à l'efficacité énergétique et son contexte international.

Les résultats de l'enquête menée auprès des 'architectes algériens sur les politiques d'efficacité énergétique ont révélé des perceptions diverses quant à la faisabilité des politiques et des stratégies dans son contexte local et international, et aux défis auxquels elles sont confrontées.

➤ Rapport des architectes au règlements liés à l'efficacité énergétique

Les résultats liés au rapport des architectes algériens au Programme national d'efficacité énergétique (PNEE) révèlent une disparité à trois niveaux : une minorité en a pris connaissance sans l'appliquer, un pourcentage significatif en avait connaissance sans l'appliquer, et plus de la moitié déclare ne l'avoir ni lu ni même en avoir connaissance.

L'analyse de ces résultats d'un point de vue politique et institutionnel permet d'identifier les raisons suivantes :

- Des politiques difficiles à mettre en œuvre.
- Des mécanismes de diffusion de l'information inadéquats et des canaux de communication peu efficaces.
- Un suivi insuffisant des stratégies de mise en œuvre.
- Une intégration insuffisante de ces concepts dans la pratique professionnelle.
- L'absence de mécanisme de mise en œuvre, de suivi et de control clair
- Le manque d'obligation de mise en œuvre des politiques et leur non-traduction en directives techniques.

Cette situation, dans le contexte de la gestion de projets d'ingénierie, engendre un problème organisationnel qui entrave l'atteinte des objectifs de la qualité et de l'efficacité énergétique, à cause d'absence des outils clairs et pratiques pour guider les projets vers ces objectifs.

Les solutions proposées comprennent :

- L'intégration des exigences en matière d'efficacité énergétique dans les procédures d'approbation des projets
- Le développement des outils opérationnels pour faciliter le suivi de la mise en œuvre et traduire la réglementation en opérations et actions sur le terrain.

➤ **Faisabilité du programme national**

Les résultats de la deuxième question, relative à la perception qu'ont les architectes de la faisabilité du programme d'efficacité énergétique, ont révélé une faible divergence d'opinions entre ceux qui le jugent faisable, ceux qui le considèrent inapplicable et un tiers d'architectes indécis.

Cette divergence reflète un manque de clarté et de certitude quant à son applicabilité et à l'imprévisibilité de ses résultats. Ceci explique peut-être pourquoi un pourcentage significatif d'architectes, compte tenu de leur réponse à la question précédente, ne se préoccupe pas de la mise en œuvre de cette politique. Lorsqu'un architecte doute de sa faisabilité, il préfère d'ignorer son application dans la conception architecturale et privilégie la réduction des coûts à la qualité à long terme, en négligeant ainsi les solutions d'efficacité énergétique.

Les solutions proposées :

- Sensibiliser les architectes à l'efficacité du programme national et souligner la nécessité de sa mise en œuvre.
- Mettre en place un système d'incitations pour encourager sa mise en œuvre.
- Lier les études de faisabilité aux indicateurs de performance des projets.

➤ **Les barrières devant la non-faisabilité**

Les résultats de la question pour les répondants par la non faisabilité dans la dernière question, concernant les barrières devant la non-faisabilité des programmes nationaux démontrent une perspective plus approfondie, classant ces barrières de manière inégale. Les

barrières politiques constituent le grand pourcentage, suivis par les barrières financières, puis des obstacles techniques. Ces résultats peuvent s'expliquer par :

- Le manque d'incitations.
- La longue expérience chez la majorité des répondants les conduit à rester attachés à des pratiques traditionnelles.
- Un besoin d'améliorer la clarté de la réglementation.
- Une formalisation du rôle de l'efficacité énergétique dans la structuration et la gestion des projets.

➤ **La transition énergétique dans son contexte international : nécessité/ obligation / choix ?**

La moitié des répondants estiment que la transition énergétique dans son contexte international est une nécessité afin de réserver de la planète des effets des énergies non-renouvelables, suivie par la perception qu'elle est une exigence est non pas un choix

Ces réponses soulignent que les architectes algériens perçoivent la protection de la planète, non pas comme une réponse aux tendances internationales, mais comme un devoir national et éthique. Cependant, la mondialisation joue un rôle important en familiarisant les professionnels locaux avec les normes internationales, les systèmes d'accréditation et les critères de compétitivité, encourageant indirectement l'adoption de pratiques d'efficacité énergétique.

Les réponses confirment également l'idée que les politiques d'efficacité énergétique ne peuvent être standardisées à l'échelle mondiale en raison des différences importantes d'un pays à l'autre : conditions climatiques, réalités socio-économiques, cultures architecturales et capacités techniques. En Algérie, cela signifie que les politiques doivent être adaptées au contexte local plutôt que d'être des modèles préétablis importés.

Si certains architectes considèrent encore le coût comme un obstacle majeur, ils ne le perçoivent pas comme le principal, ce qui suggère qu'une partie du problème découle de la planification stratégique, de la coordination et de la conception des politiques, plutôt que de simples contraintes financières.

En conclusion, la première partie de l'hypothèse fait apparaître des défis politiques devant la transition énergétique en rapport avec le programme national d'efficacité énergétique acceptable chez 40% des répondants qui ont lu le programme. Le reste néglige les orientations par manque d'information bien qu'ils sont reconnaissants de son importance dans le contexte international actuel, on peut dire que c'est à cause de :

- Un pourcentage significatif de 70% d'échantillon qui ont plus de 10 ans d'expériences qui les laisse accrochés aux concepts traditionnels.
- L'approche descendante d'élaboration de programme national d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique d'environ 2030, il a été confronté par un accord global international qui pourrait être signé lors de la conférence sur le climat (COP) sans prise en considération de différentes conditions et les moyens de chaque pays. Il n'y a pas de modèle généralisable à l'ensemble du monde : les différences de développement, les ressources énergétiques disponibles, les différents modèles économiques et institutionnels génèrent des situations très contrastées (AUGUSTINS , JAUNZEMS , ROCHAS , & KAMENDERS , 2018).
- L'absence de participation significative de toutes les parties prenantes et la contribution à établir un dialogue national pluridisciplinaire sur la planification énergétique de tous les disciplines qui ont relation pour être dans le même stade et travailler ensemble à atteindre les objectifs précis (Bersalli & Simon , 2017).
- L'absence de suivi d'application des recommandations et des exigences.

On peut donc confirmer la première partie de l'hypothèse quant aux défis politiques concernant la diffusion de programme national et le suivi de son application dans la conception des projets architecturaux.

4.2 L'axe managérial : le management en service d'efficacité énergétique

Les défis liés à l'efficacité énergétique dans les projets architecturaux sont avant tout d'ordre managérial et organisationnel, et non purement techniques. Les résultats de l'enquête révèlent des problèmes structurels au niveau de la prise de décision, de la communication et de l'intégration des solutions architecturales, ce qui affecte considérablement à la gestion efficace des projets durables et économes en énergie.

➤ **Question de responsabilité de la décision énergétique**

La prise de décision énergétique est une responsabilité partagée entre le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre. Si des objectifs énergétiques stratégiques sont définis souvent dans le cahier des charges, leur traduction en décisions opérationnelles et de conception est souvent insuffisamment coordonnée. Cette double responsabilité, en l'absence d'un cadre de gestion clair, engendre une prise de décision fragmentée et une faible responsabilisation.

Du point de vue managériale, cette situation limite la capacité du concepteur à proposer des solutions énergétiques optimales et restreint l'innovation aux seules exigences contractuelles. Pour remédier à ce problème, il est nécessaire :

- d'établir une hiérarchie décisionnelle plus claire ;
- de définir des indicateurs de qualité communs, faisant de l'efficacité énergétique un objectif de gestion formel et non plus une simple contrainte technique.

➤ **Question des impacts sur les délais**

Les résultats de cette question indiquent que la grande majorité des répondants estiment que l'intégration de concepts d'efficacité énergétique a peu d'impact sur les délais des projets, ce qui suggère que ces délais ne sont pas nécessairement liés à des choix de conception durables. En réalité, les retards sont plus souvent dus à :

- Une prise de décision tardive,
- Une coordination ou une planification proactive insuffisantes lors des premières phases de conception.

Ce constat remet en question l'idée reçue selon laquelle les solutions d'efficacité énergétique sont chronophages et souligne que l'intégration précoce et la planification proactive sont essentielles à la réussite.

Par conséquent, les méthodologies de gestion de projet devraient privilégier la prise de décision précoce, les ateliers de conception intégrée et les simulations énergétiques préliminaires afin de réduire l'incertitude et d'éviter les retards.

➤ **Question des impacts sur la qualité**

Les résultats mettent en évidence une divergence concernant son impact sur la qualité et le respect des spécifications du projet. Les objectifs d'efficacité énergétique sont souvent insuffisamment formalisés au sein du système de gestion de la qualité, ce qui engendre des incohérences entre les objectifs de développement durable et les exigences contractuelles, et conduit à d'importantes lacunes de gestion.

Dans de nombreux cas, l'efficacité énergétique n'est pas perçue comme un critère de qualité, mais comme une amélioration optionnelle, source de confusion lors des phases de mise en œuvre et d'évaluation.

Cette situation souligne la nécessité de redéfinir la qualité dans les projets architecturaux durable afin d'y intégrer clairement des indicateurs d'efficacité énergétique, dans les procédures de contrôle qualité et la documentation contractuelle.

➤ **Question des causes qui peuvent-être derrière le non-respect des exigences du cahier de charges dans la conception**

Les répondants ont identifié deux principales causes de non-respect des spécifications de conception :

- Les contraintes financières, souvent liées à une prise de décision à court terme axée sur les coûts, qui néglige les avantages sur l'ensemble du cycle de vie du projet et les économies à long terme associées à l'efficacité énergétique.
- Une communication déficiente entre les parties prenantes, ce qui nuit à la cohérence des décisions relatives à l'énergie et en compromet la mise en œuvre.

Pour surmonter ces difficultés, les chefs de projet doivent adopter des stratégies de communication systématiques, appuyées par des systèmes d'information garantissant un échange continu de données aux niveaux stratégique, de gestion et opérationnel.

➤ **Evaluation de la gestion de la communication entre les parties prenantes**

Les résultats de l'enquête, menée en réponse à la question « Comment évalueriez-vous la gestion de la communication avec les parties prenantes dans un projet en Algérie ? », montrent que la majorité des répondants l'ont jugée faible, voire très faible. Plusieurs facteurs expliquent cette situation :

- Dans de nombreux projets algériens, l'efficacité énergétique est principalement perçue comme une simple conformité réglementaire, sans être intégrée au processus global de gestion et de coordination du projet.
- Sensibilisation et formation insuffisantes des parties prenantes. Si les architectes peuvent posséder certaines connaissances en matière d'efficacité énergétique, les autres parties prenantes (maîtres d'ouvrage, entreprises de construction et pouvoirs publics) manquent souvent de compréhension, ce qui entrave un dialogue constructif et la prise de décision conjointe.
- Intégration tardive de l'efficacité énergétique au cycle de vie du projet. Les considérations énergétiques sont souvent introduites tardivement, réduisant ainsi les possibilités de collaboration précoce et de communication efficace avec les parties prenantes.
- Organisation fragmentée du projet. L'absence de méthodes intégrées de mise en œuvre et d'outils collaboratifs pour l'échange d'informations relatives aux objectifs de performance énergétique nuit à la communication.
- Absence de cadres de communication standardisés. Il n'existe ni méthodologie commune ni indicateurs standardisés permettant aux parties prenantes de communiquer clairement sur les objectifs d'efficacité énergétique, les performances et leurs responsabilités.

Les solutions et stratégies d'amélioration suivantes peuvent être proposées :

- Intégrer l'efficacité énergétique dès les premières phases de conception et encourager un dialogue précoce entre architectes, ingénieurs, clients et entreprises de construction concernant les objectifs de performance communs.

- Renforcer les programmes de formation et de sensibilisation afin d'améliorer la compréhension mutuelle et de faciliter la communication.
- Développer des outils et indicateurs communs. L'utilisation de simulations, d'indicateurs de performance et de métriques énergétiques simplifiées peut contribuer à une communication plus claire et à une prise de décision éclairée.
- Encourager les approches de gestion de projet collaboratives. Promouvoir la collaboration interdisciplinaire et le partage d'informations peut contribuer à combler le fossé entre les exigences techniques et leur application pratique.

D'après l'analyse des résultats, on ressort les plus importantes clés impactées dans l'axe managérial qui sont ceux-ci de : la gestion de la communication entre les parties prenantes, la gestion des coûts ainsi que le plan de suivi et d'évaluation.

- **La gestion de la communication** : La solution proposée pour gérer la communication et l'échange d'information va dans le sens de la conception intégrée. Indépendamment de sa tâche et de son ampleur, l'objectif est dans le processus collaboratif faire participer tous les professionnels concernés ensemble pour la collaboration (ingénieurs, architectes, économistes, managers...etc), et dans une démarche participative les acteurs non professionnels (les usagers, les autorités,) pourront aussi être intégrés dans ce processus. (Pacheco, Ordóñez , & Martínez, 2012) (ANGELIKI ZANNI, RUIKAR , & SOETANTO , 2016) sur un plan particulier. Une utilisation contrôlée des TIC pourrait faciliter l'intégration de l'efficacité dans le processus, mais elle ne se produira probablement « que si les responsables de la conception utilisent une approche structurée et systématique » (Pala & Bouchlaghem, , 2012) Cette approche de la gestion de l'information garantirait aux participants d'acquérir la bonne information au bon moment (ANGELIKI ZANNI, RUIKAR , & SOETANTO , 2016).
- **La gestion du coût** :
Les coûts de construction sont le résultat d'une série de facteurs. Un argument fréquent contre l'augmentation des normes d'efficacité énergétique est qu'elles conduisent à une exigence de conceptions plus personnalisées à des coûts croissants pour les constructeurs (MORRISSEY,, MOORE, & HORNE, 2011). (MUNCH, 2016).

- **L'élaboration d'un plan d'évaluation :**

Il est important d'élaborer un plan de mesure et d'évaluation qui comprend : une situation de référence, une période de suivi, la définition des responsabilités du suivi et la spécification des procédures pour « l'assurance qualité » (MUNCH, 2016).

4.3 L'axe technique : l'efficacité énergétique dans la conception architecturale

La dimension technique de l'étude examine dans quelle mesure les solutions architecturales écoénergétiques et les technologies d'énergies renouvelables sont intégrées aux pratiques de conception architecturale en Algérie. Les résultats mettent en évidence une adoption technologique partielle, mais encore insuffisante, révélant des contraintes structurelles qui dépassent le cadre de l'objectif de conception et reflètent des difficultés plus profondes en matière de gestion et d'exécution de projet.

- **Question de l'intégration des solutions architecturales dans la conception**

Les résultats de l'enquête révèlent une certaine hétérogénéité dans les pratiques professionnelles. La majorité des architectes interrogés ont déclaré qu'ils ont intégré fréquemment ou systématiquement des solutions architecturales à leurs projets, et un nombre significatif d'entre eux ont indiqué le faire de manière constante. Cependant, un nombre considérable ont admis prendre rarement en compte l'efficacité énergétique dans leurs conceptions.

Cette répartition indique que l'efficacité énergétique n'est pas encore une pratique technique standardisée et courante, mais reste largement tributaire de la sensibilisation individuelle, du contexte du projet ou des exigences du client. Des tendances similaires ont été observées dans des études antérieures menées en Algérie et dans des contextes analogues, où l'adoption de l'efficacité énergétique demeure sporadique et ne bénéficie pas d'une normalisation technique formelle (Hadji et al., 2024 ; Dekhia et Zemmouri, 2021).

Ces résultats indiquent que si l'intégration architecturale est reconnue et pratiquée, elle n'est ni pleinement établie ni appliquée de manière uniforme dans le contexte architectural algérien. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation :

- L'intégration architecturale repose encore largement sur l'engagement professionnel individuel plutôt que sur un cadre structuré ou obligatoire. Dans

de nombreux projets algériens, notamment publics, les solutions architecturales sont souvent contraintes par des programmes techniques prédéfinis et des méthodes de construction standardisées, ce qui limite la flexibilité de conception.

- La priorité accordée aux coûts, aux délais et à la conformité réglementaire au détriment d'une intégration architecturale qualitative. Ce contexte réduit les possibilités pour les architectes de développer des solutions architecturales intégrées et de les coordonner avec les autres parties prenantes.
- Le manque de collaboration précoce et continue entre architectes, ingénieurs civils, entreprises et maîtres d'ouvrage limite l'intégration harmonieuse des solutions architecturales tout au long du cycle de vie du projet.

Afin d'améliorer l'intégration systématique des solutions architecturales, les actions suivantes sont recommandées :

- Renforcer le rôle de l'architecte en tant que coordinateur central des solutions énergétiques, notamment lors des phases de conception et de prise de décision initiale.
- Revoir les pratiques de gestion de projet afin d'intégrer l'intégration architecturale comme critère de qualité, et non comme simple considération esthétique.
- Encourager la collaboration interdisciplinaire par le biais de processus de conception intégrés favorisant un dialogue continu entre les parties prenantes.
- Moderniser les cadres réglementaires et contractuels afin de reconnaître et de soutenir la responsabilité de l'architecte en matière de cohérence et d'intégration architecturales.

Ces mesures contribueront à une transition d'une intégration fragmentée vers une pratique architecturale plus structurée et cohérente.

➤ **Question de l'intégration des solutions passives / énergies renouvelables dans la conception**

Les résultats concernant l'utilisation de solutions passives dans la conception durable indiquent que l'application de ces stratégies demeure sporadique ou peu fréquente. Si un petit groupe a déclaré les utiliser fréquemment, seul un nombre limité d'architectes a indiqué les intégrer systématiquement à leurs projets.

Ces résultats suggèrent que les stratégies de conception passive ne sont pas encore ancrées dans la pratique architecturale quotidienne en Algérie, malgré leur pertinence au regard du contexte climatique local.

Des recherches antérieures ont constamment mis en évidence des obstacles similaires, confirmant que les technologies d'énergie renouvelable dans le secteur de la construction sont souvent limitées à des projets pilotes ou à des initiatives de démonstration plutôt qu'à des pratiques de construction traditionnelles (Rahmani et al., 2022 ; Durand, 2021). Ces résultats concordent aussi avec ceux de Bouamama (2013), qui a souligné la forte dépendance aux technologies importées et son impact négatif sur les budgets et les échéanciers des projets. Du point de vue de la gestion de projets d'ingénierie, cette dépendance réduit la prévisibilité des coûts et accroît les risques, ce qui rend les parties prenantes plus réticentes à adopter des technologies écoénergétiques.

Cette situation s'explique par une combinaison de facteurs techniques, institutionnels et culturels :

- Les solutions passives sont souvent perçues comme secondaires ou optionnelles, plutôt que comme des principes de conception fondamentaux. De nombreux projets s'appuient encore sur des approches de conception traditionnelles, où la performance énergétique est principalement abordée par le biais de systèmes actifs.
- Le manque de formation technique et l'absence d'intérêt académique pour les stratégies de conception passive limitent la capacité des architectes à mettre en œuvre ces solutions avec assurance. Si les principes de l'écoconception sont théoriquement compris, leur application à des solutions architecturales pratiques et améliorées reste insuffisante.

- Les priorités et la sensibilisation des clients jouent un rôle clé. Dans le contexte algérien, les maîtres d'ouvrage privilégient souvent les coûts de construction initiaux, accordant peu d'importance à la performance énergétique à long terme ou aux avantages environnementaux, ce qui décourage l'adoption de solutions passives.

➤ **Question des contraintes devant la conception durable et écologique**

Les principales raisons identifiées par les participants à l'enquête sont liées aux **contraintes financières**, considérées comme le principal obstacle à la mise en œuvre d'une conception durable par la majorité des architectes algériens. Ceci reflète une prise de conscience généralisée du fait que la construction durable demeure un défi économique dans le contexte algérien actuel. Le deuxième obstacle majeur est **Le manque des usines qui fabriquent les équipements et ces conséquences sur le budget et les délais**. Cet obstacle est étroitement lié aux coûts élevés des projets et aux délais de livraison plus longs. Un autre groupe important d'architectes souligne **la pénurie de main-d'œuvre qualifiée**. Bien que n'étant pas l'obstacle principal, il demeure une préoccupation récurrente qui affecte la qualité et la viabilité des pratiques architecturales durables. Enfin, un plus petit nombre de répondants ont cité d'autres obstacles, tels que des problèmes réglementaires, un manque de sensibilisation des clients ou un soutien institutionnel insuffisant aux initiatives durables.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que les défis économiques et structurels l'emportent sur les défis purement techniques ou liés à la conception, mettant en lumière des problèmes systémiques plutôt que des lacunes professionnelles individuelles.

Les causes sous-jacentes à ces résultats peuvent être résumées comme suit :

- Les difficultés budgétaires sont liées à la mentalité et à la culture algériennes, qui privilégient la réduction des coûts initiaux au détriment de la performance à long terme tout au long du cycle de vie du projet. Les solutions de conception durable – telles que les systèmes d'énergies renouvelables et les technologies d'économie sont souvent perçues comme superflues, voire luxueuses, notamment dans les projets de logements sociaux et de travaux publics. Cette perception est renforcée par l'absence d'incitations financières, de subventions ou d'allègements fiscaux spécifiquement destinés à la construction durable. De plus, même

lorsque les avantages économiques et environnementaux à long terme sont manifestes, la faible sensibilisation des clients à l'importance de la réduction des coûts du cycle de vie engendre une réticence face aux investissements initiaux élevés. Cette situation place les architectes dans une position délicate, car ils sont souvent contraints par des budgets prédéterminés qui laissent peu de place à l'innovation durable.

- L'absence de production locale de matériaux et d'équipements de construction durables reflète les faiblesses structurelles du secteur industriel algérien. De nombreuses solutions durables reposent sur des technologies importées, notamment les systèmes d'isolation, les vitrages à haute performance énergétique, les composants solaires et les équipements pour bâtiments intelligents. Cette dépendance aux importations entraîne :

- Des coûts plus élevés dus aux fluctuations monétaires et aux procédures douanières,
- Des délais de livraison plus longs, impactant les calendriers de projets,
- Une flexibilité réduite dans les options de conception

- La pénurie de main-d'œuvre qualifiée spécialisée dans les technologies de construction durable révèle des carences en matière de formation professionnelle et d'enseignement. Si les architectes algériens sont de plus en plus sensibilisés aux concepts de développement durable lors de leur formation académique, les techniciens et les entrepreneurs manquent souvent des compétences nécessaires pour mettre en œuvre efficacement ces conceptions. Cette disparité engendre un risque de mauvaise mise en œuvre, ce qui mine la confiance dans les solutions durables et renforce les pratiques de construction traditionnelles et conventionnelles.

- La catégorie « autres obstacles » comprend probablement des facteurs institutionnels, réglementaires et culturels, tels que :

- Une application insuffisante des réglementations environnementales
- Une collaboration interdisciplinaire limitée

- Une résistance à l'innovation dans le secteur de la construction

Ces facteurs contribuent collectivement à une approche fragmentée du développement durable en architecture. Sur la base de ces résultats, nous proposons les solutions suivantes :

- Pour les contraintes budgétaires, il est essentiel d'offrir des incitations gouvernementales, telles que des subventions, des prêts à taux réduit et des allègements fiscaux, pour les projets durables.
- Intégrer l'analyse du coût du cycle de vie dans les procédures de marchés publics.
- Encourager à adopter des projets pilotes durables démontrant des avantages économiques et environnementaux. Ces mesures permettraient de privilégier la création de valeur à long terme plutôt que les coûts à court terme.
- Développement de l'industrie locale.

En conclusion, la conscience de solutions architecturales existe dans la plupart des réponses mais sans l'intégration des nouvelles technologies comme définit précédemment, les architectes mentionnent que c'est à cause de : manque de la main d'œuvre qualifiée, manque des usines qui fabriquent les équipements et ces conséquences sur le budget et les délais, la volonté politique et la mentalité locale.

A cet effet, il est proposé :

- Encouragement de l'investissement local permettant la diminution du surcout d'intégration des énergies renouvelables en exploitant le grand potentiel solaire (Attia , Gratia, De Herde , & Hensen , 2012).
- Qualification de la main d'œuvre.
- Orientation vers l'exploitation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) qui aide à la décision énergétique dans la phase de conception (Oumeziane H., 2005).

SYNTHESE

Le tableau 6-3 présente un cadre de synthèse issu de l'analyse des résultats de l'enquête antérieure. Il vise à examiner et à valider des hypothèses de recherche relatives à la conception architecturale durable, selon trois axes intégrés : l'axe stratégique et politique, l'axe technique et l'axe administratif. La structure du tableau établit un lien clair entre les problématiques spécifiques issues de l'enquête et les recommandations correspondantes, traduisant ainsi les résultats empiriques en orientations pratiques et stratégiques.

Sur l'axe stratégique et politique, le tableau met en lumière le rôle crucial des cadres nationaux et internationaux dans l'élaboration de pratiques architecturales durables. La référence au Programme national d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables souligne l'importance des politiques publiques comme moteur essentiel de la durabilité. Cet élément reflète les réponses à l'enquête indiquant qu'une conception durable ne peut être mise en œuvre efficacement sans alignement sur les stratégies nationales et sans engagement politique à long terme.

La recommandation correspondante insiste sur la participation de toutes les parties prenantes issues des différentes disciplines impliquées dans le projet architectural, indiquant que la durabilité n'est pas la seule responsabilité des architectes, mais requiert un modèle de gouvernance multidisciplinaire et collaboratif. Cette approche est particulièrement importante dans le contexte algérien, où la fragmentation sectorielle limite souvent l'efficacité des initiatives de durabilité. Par ailleurs, la mention du contexte international reflète l'impact des enjeux environnementaux mondiaux, des transitions énergétiques et des engagements internationaux sur les pratiques architecturales locales. La recommandation qui l'accompagne souligne l'importance d'adopter une approche globale et intégrée, reconnaissant que l'architecture durable en Algérie doit tirer profit des expériences internationales tout en restant adaptée aux conditions climatiques, économiques et culturelles locales.

De manière générale, cette section réaffirme que l'alignement stratégique et politique est une condition préalable à l'intégration réussie du développement durable dans la conception architecturale.

Quant à la dimension managériale, d'après l'enquête, s'agit notamment des aspects liés à la gestion des coûts, à la communication, ainsi qu'au suivi et à l'évaluation. La gestion des coûts est directement liée à la recommandation relative aux contrats de performance énergétique, qui reflète une approche de gestion avancée axée sur les résultats plutôt que sur les coûts initiaux.

La section technique traite des dimensions pratiques et conceptuelles du développement durable. Elle commence par des solutions architecturales telles que l'orientation du bâtiment, la ventilation naturelle, l'isolation et la compacité. Ces éléments témoignent de la reconnaissance par les architectes des stratégies de conception passive comme des outils essentiels et rentables pour améliorer l'efficacité énergétique. La recommandation visant à encourager l'intégration de solutions architecturales souligne la nécessité d'intégrer le développement durable dès les premières étapes de la conception, plutôt que de l'ajouter comme une solution technique a posteriori. Le tableau aborde ensuite les solutions techniques, notamment l'intégration de systèmes d'énergies renouvelables tels que le solaire thermique et les panneaux photovoltaïques. Ceci reflète les résultats d'une enquête mettant en lumière à la fois le potentiel et les défis liés à l'intégration des énergies renouvelables. La recommandation correspondante préconise des exigences claires dans les cahiers des charges des projets, soulignant la nécessité de mécanismes réglementaires et contractuels pour garantir la prise en compte systématique des sources d'énergie renouvelables.

Un autre aspect clé de cette section concerne les contraintes techniques, notamment les problèmes liés à la disponibilité des équipements, aux capacités de mise en œuvre et aux compétences de la main-d'œuvre. Les recommandations relatives à ces contraintes sont multiples :

- Le développement des compétences de la main-d'œuvre est essentiel pour garantir la bonne mise en œuvre et la performance optimale des technologies durables.
- Encourager l'investissement décentralisé dans la production locale d'équipements contribue à lever les obstacles industriels et économiques, dans le but de réduire la dépendance aux technologies importées. L'utilisation croissante des technologies de l'information et de la communication souligne le rôle des outils numériques dans l'aide à la décision, le suivi et l'amélioration des décisions relatives à l'énergie.

Les résultats de cet axe confirme la validité de l'hypothèse selon laquelle la faisabilité technique ne se limite pas aux seules solutions de conception, mais dépend des capacités industrielles, des ressources humaines et des systèmes de soutien technologique.

Tableau VI.3 Synthèse.

Hypothèses	Article	Recommandations
Axe politique/ stratégique	Le programme national d'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.	Participation de tous les acteurs prenants de tous les disciplines dans le projet architectural
	Le contexte international	L'importance de l'approche
Axe managérial	La gestion des couts	Les contrats de la performance énergétique.
	La gestion de la communication	La conception intégrée.
	Le suivi et l'évaluation	L'élaboration des plans des mesures et d'évaluation.
Axe technique	Les solutions architecturales (l'orientation, l'aération, l'isolation et la compacité ...etc.)	Encouragement d'intégration des solutions architecturales.
	Les solutions techniques (l'intégration des panneaux solaires et des panneaux photovoltaïques ...etc.)	Les exigences aux cahiers de charge de l'intégration d'une source d'énergie renouvelable.
	Les contraintes techniques	La qualification de main d'œuvre qualifiée.
		L'encouragement d'investissement décentralisé pour la production des équipements
		Orientation vers l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication qui aide à la décision énergétique.

Source : auteur.

Ces résultats soulignent clairement la nécessité d'une approche systemique et intégrée, fondée sur **un cadre de gestion de projet axé sur l'information, où la performance énergétique est intégrée comme objectif commun à l'ensemble des aspects politiques, de gestion et techniques.** Cette approche permettra aux architectes et aux chefs de projet de

prendre des décisions éclairées, de réduire l'incertitude et d'améliorer la performance globale, la rentabilité et la durabilité des projets d'ingénierie.

5 Modèle théorique systémique pour intégrer l'efficacité énergétique dans la gestion de projets architecturaux durable

La figure 6-15 présente un modèle théorique et conceptuel qui organise le projet architectural durable comme un processus systématique basé sur une logique entrée-processus-sortie, étayée par un cycle de rétroaction et d'évaluation. Ce modèle constitue le cadre conceptuel de ce chapitre et résulte d'une synthèse d'études académiques antérieures, d'approches internationales en matière de durabilité et des résultats empiriques d'une enquête menée auprès d'architectes en Algérie.

Le modèle souligne que la performance architecturale durable ne découle pas de décisions de conception isolées, mais plutôt de l'interaction dynamique de politiques stratégiques, de mécanismes administratifs et de choix techniques et opérationnels, tous coordonnés tout au long du cycle de vie du projet.

5.1 Intrants : Déterminants du projet architectural durable

L'élément « intrants » du modèle se divise en trois catégories interdépendantes : intrants stratégiques et politiques, intrants managériaux, et intrants techniques et opérationnels. Ces intrants représentent les conditions contextuelles et spécifiques au projet qui le façonnent dès ses premières étapes.

➤ Intrants stratégiques / politiques

Au niveau macro, le modèle intègre les politiques nationales en matière d'énergie et de développement durable comme facteurs clés de la durabilité architecturale. Ces politiques définissent :

- La vision stratégique et les objectifs à long terme qui orientent l'efficacité énergétique et l'intégration des énergies renouvelables.
- Le cadre réglementaire et normatif, incluant les codes du bâtiment et les exigences de performance énergétique, constitue un élément contraignant qui fixe des normes de performance minimales. Son intégration reflète les conclusions d'une enquête ayant mis en évidence le rôle crucial de la réglementation dans les choix de conception des architectes.

- Les mécanismes d'incitation financière, tels que les subventions ou les avantages fiscaux, sont intégrés comme des outils pouvant faciliter ou entraver l'adoption de solutions durables. Leur inclusion dans le modèle répond directement aux résultats de l'enquête qui ont identifié les contraintes financières comme un obstacle majeur.
- Enfin, les orientations sectorielles des programmes reflètent les priorités gouvernementales en matière de logement, de services publics et d'infrastructures, garantissant ainsi la cohérence entre les projets architecturaux et les stratégies nationales de développement.

➤ **Intrants managériaux**

Au niveau managérial du projet, le modèle intègre les objectifs du projet, notamment la maîtrise des coûts, la gestion des délais, la qualité architecturale et l'efficacité énergétique. Ces objectifs représentent des exigences souvent contradictoires qui doivent être conciliées dans le cadre d'une conception durable.

- Les contraintes financières et budgétaires sont explicitement prises en compte, reflétant leur rôle central dans les processus décisionnels identifiés dans l'enquête. Le modèle reconnaît la nécessité d'une démarche de développement durable qui s'inscrive dans les limites économiques, plutôt que de les ignorer.
- La planification et la gestion du calendrier du projet sont présentées comme des critères de gestion essentiels qui influencent à la fois la flexibilité de la conception et l'intégration technologique.
- La communication et la coordination entre les parties prenantes du projet, ainsi que le cahier des charges, sont identifiés comme des éléments structurants qui favorisent la collaboration et la cohésion tout au long du processus de conception et de construction.

➤ **Intrants techniques et opérationnels**

Au niveau opérationnel, le modèle intègre des critères de conception architecturale, tels que l'orientation du bâtiment, sa forme et la performance de son enveloppe. Ces critères reflètent l'importance des stratégies de conception passive soulignée dans la littérature et les réponses à l'enquête.

Les options technologiques et les systèmes énergétiques, y compris les technologies d'énergies renouvelables, sont intégrés comme des apports clés qui traduisent les objectifs de développement durable en solutions techniques concrètes.

Enfin, les contraintes climatiques, contextuelles et physiques sont considérées comme des facteurs critiques qui nécessitent l'adaptation des stratégies de conception aux contextes locaux, notamment dans les diverses zones climatiques de l'Algérie.

5.2 Le processus : Le projet architectural durable comme système intégré

L'élément central du modèle représente le projet architectural durable comme un processus intégré et itératif. Ce processus s'articule autour de plusieurs mécanismes interconnectés :

- **Interpréter les exigences** réglementaires et stratégiques afin de garantir que les objectifs des politiques publiques se traduisent en décisions architecturales et techniques.
- **Coordonner les parties prenantes** du projet, notamment le maître d'ouvrage, l'architecte et les bureaux d'études, soulignant l'importance de la collaboration multidisciplinaire identifiée dans l'enquête.
- **Améliorer les choix architecturaux et énergétiques**, reflétant la nécessité d'équilibrer les stratégies passives et actives pour atteindre l'efficacité énergétique.
- **Accompagner les objectifs énergétiques** afin de maîtriser les contraintes de coût, de temps et de qualité, ce qui représente le défi fondamental de la gestion de projets durables dans le contexte algérien.

Cette approche par processus souligne que la durabilité découle de la qualité de la prise de décision et de l'efficacité de la coordination, et non d'une simple accumulation.

5.3 Extrants : qualité attendue du projet d'architecture durable

Les résultats du modèle représentent les résultats tangibles et mesurables du processus intégré. Ces résultats comprennent :

- Une conception architecturale durable, démontrant une meilleure performance du bâtiment.
- Une réduction des coûts globaux du projet, privilégiant l'efficacité des coûts tout au long du cycle de vie du projet plutôt que le seul investissement initial.

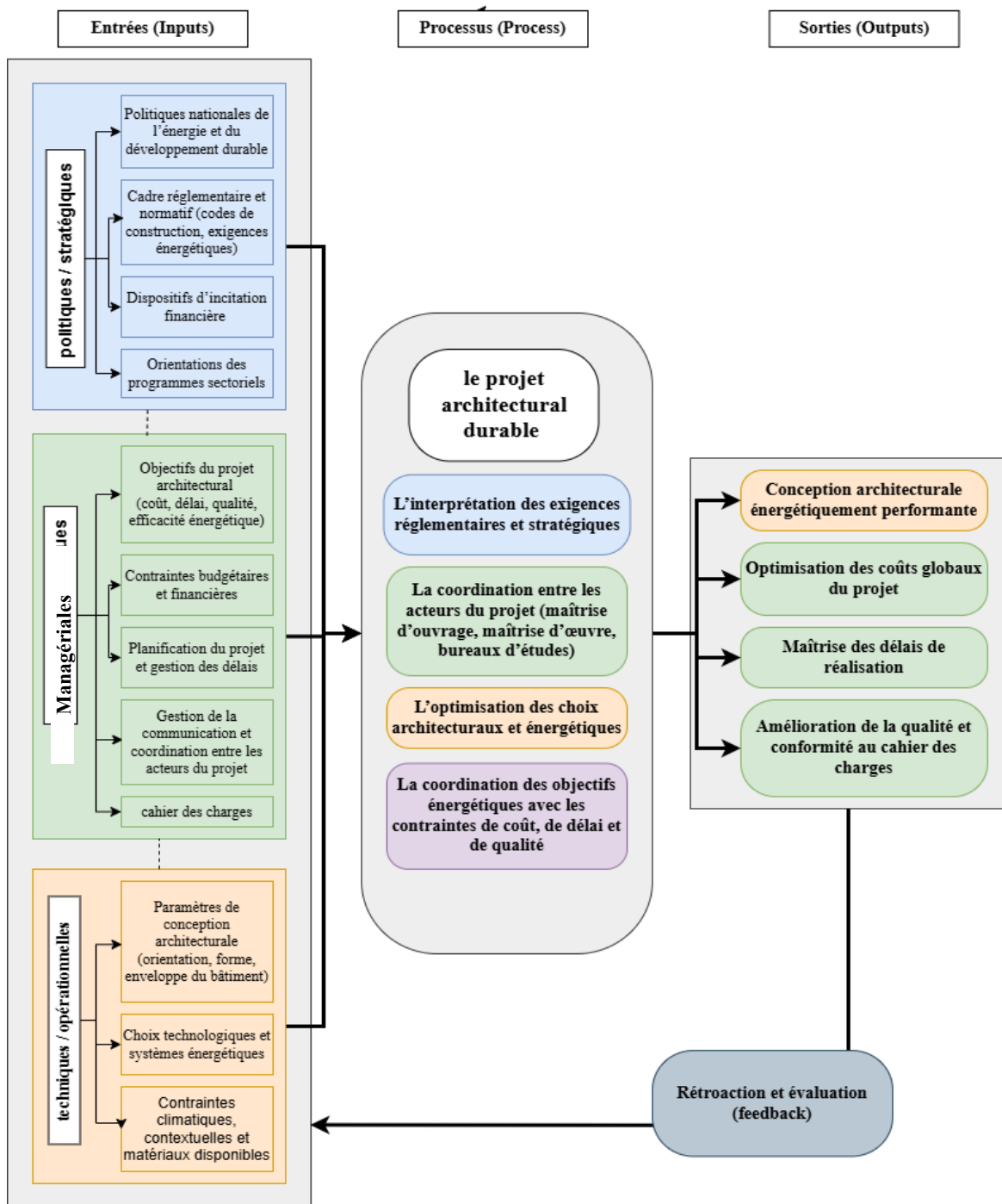


Figure VI-15 Modèle théorique systémique pour intégrer l'efficacité énergétique dans la gestion de projets architecturaux durable

Source : auteur.

- Une qualité architecturale améliorée et une meilleure conformité aux spécifications du projet, reflétant le confort des utilisateurs, la fonctionnalité et la conformité réglementaire.

Ces résultats répondent directement aux objectifs de la thèse identifiés précédemment.

5.4 Mécanisme de rétroaction et d'évaluation

L'un des principaux apports du modèle est l'intégration d'une boucle de rétroaction et d'évaluation, permettant une évaluation continue de la performance du projet. Ce mécanisme favorise les actions correctives, la documentation des connaissances et l'amélioration progressive pour les projets futurs.

La boucle de rétroaction renforce l'idée que l'architecture durable est un processus d'apprentissage qui nécessite un suivi, une évaluation et une adaptation constants.

6 Conclusion de chapitre

Ce chapitre devait évaluer les pratiques des architectes algériens en matière d'efficacité et les défis qui les empêchent. Les résultats ont révélé que la prise en compte de ces importants concepts est encore insuffisante. La plupart des architectes qui ont répondu semblaient réticents à adopter une conception efficace intégrant les technologies solaires dans leurs projets.

Les défis significatifs évoqués ont été le manque de communication et d'échange d'informations entre l'équipe multidisciplinaire puis le défi du budget en plus d'autres contraintes dans un second degré comme la mentalité locale, l'insuffisance de production de panneaux solaires, le manque de main-d'œuvre qualifiée et le manque de censure politique et de suivi des recommandations et des demandes.

Les solutions proposées pour faire face aux défis évoqués ont été l'encouragement de la conception intégrée avec la collaboration de tous les acteurs (professionnels et non professionnels) concernés par le projet et la mise en œuvre d'un plan de suivi et d'évaluation, en addition d'encouragement d'investissement dans la production locale des panneaux solaires.

**CHAPITRE VII METHODE ET
OPERATIONNALISATION D'ETUDE MANAGERIALE
GLOBALE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE LIEE
AU PROJET DURABLE CAS DE PROJET C.E.M
ZOUINI TAHER A CONSTANTINE**

1 Introduction du chapitre

L'objet de ce chapitre est de développer une méthode d'étude managériale d'impact d'efficacité énergétique sur la qualité dans les projets architecturaux durables qui prenne en compte des considérations énergétiques et celles managériales.

Les objectifs auxquels la méthode doit répondre sont :

- Déterminer les différents rapports entre : management, durabilité, qualité, et efficacité énergétique.
- Aborder la problématique d'efficacité énergétique de façon globale en évaluant leur impact sur la gestion des délais, des couts et de qualité environnementale.
- Permettre la comparaison entre différents scénarios proposés de considération d'efficacité énergétique et l'identification des paramètres relatifs à la conception les plus influents.
- Déterminer d'une façon qualitative les gains en délais, cout et qualité dans les projets qui prennent en compte l'efficacité énergétique.
- Proposer une feuille de route aide à la décision énergétique.

2 Méthodologie et objectifs

Sur la base d'un état de l'art des méthodes existantes, nous avons mis en évidence que les méthodes les plus adaptées aux objectifs de notre étude sont les méthodes de simulation énergétique par le BIM intégré (Building Information Modeling). La méthode proposée est une méthode quantitative qui vise à évaluer les consommations d'énergie relatives à l'orientation, l'isolation et la compacité de bâtiment. Il s'agit d'une simulation énergétique par le BIM Intégré et comparaison entre les alternatives qui visent à déterminer le comportement thermique d'un bâtiment en régime dynamique en fonction de l'évolution de la météorologie, de la présence des occupants, etc. Le logiciel de simulation thermique dynamique utilisé est Autodesk Revit + Autodesk INSIGHT qui nous permettons d'analyser les scenarios de simulations. (voir tableau 7.1)

Tableau VII.1 synthétique de la grille d'évaluation de cas d'étude

Thème	Critères	Méthode d'étude
1.Analyse énergétique	a. L'orientation de bâtiment	Simulation énergétique par le BIM (revit/Insight) Intégré et comparaison entre les alternatives.
	b. Rapport Fenêtre/Mur	
	c. Calcul d'ombre des fenêtres	
	d. Le type de vitrage	
	e. Les matériaux de construction des murs	
	f. Construction du toit	
	g. L'infiltration	
	h. Efficacité d'éclairage artificiel ou naturel et contrôle de l'occupation	
	i. Efficacité de charge des fiches	
	j. Chauffage et refroidissement	
	k. Calendrier d'exploitation	
	l. Efficacité des panneaux photovoltaïques	
2.Optimisation énergétique	a. L'orientation de bâtiment	SYNTHESE /COUT
	b. Rapport Fenêtre/Mur	
	c. Calcul d'ombre des fenêtres	
	d. Le type de vitrage	
	e. Les matériaux de construction des murs	
	f. Construction du toit	
	g. L'infiltration	
	h. Efficacité d'éclairage artificiel ou naturel et contrôle de l'occupation	
	i. Efficacité de charge des fiches	
	j. Calendrier d'exploitation	
	k. Efficacité des panneaux photovoltaïques	
	Comparaison entre les alternatives	

3 Projet d'étude : C.E.M ZOUINI Taher

Dans la plupart des analyses énergétiques ou de l'optimisation du bâtiment, ils ont été faits à l'aide de logiciels. Certaines des caractéristiques des projets de construction sont

similaires, mais les conditions spécifiques à chaque pays nécessitent des recherches approfondies. Ainsi, Un C.E.M aux panneaux solaires avec une superficie totale de 750 mètres carrés a été sélectionné à Constantine, pour la modélisation BIM, l'analyse énergétique et l'optimisation.

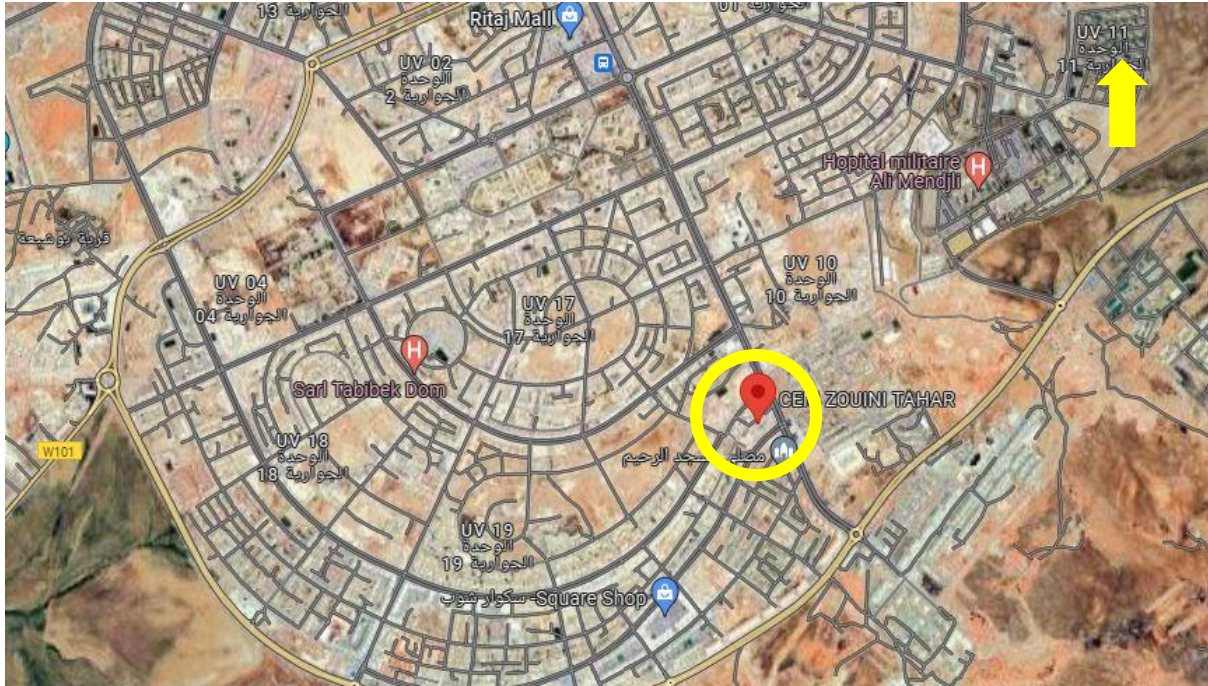



Figure VII-1 Situation de C.E.M ZOUINI - Constantine
Source : bet HAMZA Omar

Le C.E.M est situé au niveau du site des 500 logements LPL UV 20 wilaya de Constantine (Cités d'habitat intégrées programme national 2015). (voir figure 7-1)

Tableau VII.2 synoptique de C.E.M ZOUINI

Projet	Groupe scolaire type d avec un logement d'astreinte au niveau du site des 500 logements LPL - UV 20, wilaya de Constantine.
Opération	N.L.5.623.4.262.027.13
Maitre de l'ouvrage	Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville
Maître de l'ouvrage délégué	L'Office de Promotion et de Gestion Immobilière de la Wilaya de CONSTANTINE
Entreprise	TLILANI Abdelwahab E.T.P.B.H – T.C.E 
Service de contrôle	C.T.C EST
Etude élaborée et suivi	LE B.E.T ARCHI-DESIGN (HAMZA OMAR)
Bloc pédagogique	Emprise au sol : 750.00 m ²
	Surface planchers: 1500.00 m ²
Bloc sanitaire	Emprise au sol : 98.34 m ²
	Surface plancher: 98.34 m ²
Terrain pour extension	Surface: 185.27 m ²
Aménagement	Cour : 800 m ²
	Allées piétonnes et espace vert : 1200,00 m ²
Mode de passation du marché	Le présent marché est conclu après un avis d'appel d'offre national ouvert avec exigence de capacité minimale conformément aux articles 39, 40, 42 ou 44 du décret présidentiel n° 15-247 de la 16/09/2015 portant réglementation des marchés publics et des délégations de service public.

Source : auteur, B.E.T HAMZA Omar.

3.1 Présentation de model architectural BIM

La technologie BIM concerne la génération et la gestion des informations simulées d'un bâtiment ou d'une installation dans un environnement. Dans les procédures de conception de bâtiments compatibles BIM, les architectes peuvent appliquer la technique BIM pour étudier diverses alternatives dans un court temps. Après la formation du modèle BIM, la simulation énergétique peut être fait sur la base de la géométrie du bâtiment et les informations du modèle BIM. Dans ce cas, le modèle Revit est développé sur la base de dessins 2D.

Les étapes de simulation énergétique par BIM illustré dans la figure 2 ci-dessous ;

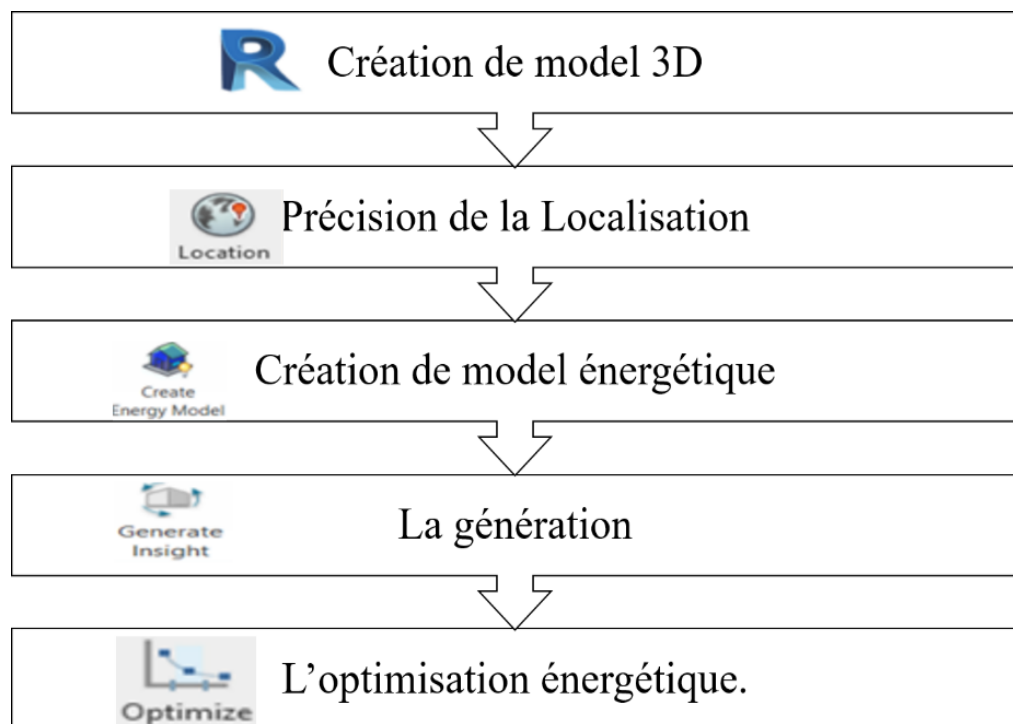


Figure VII-2 Procédure de la simulation énergétique par Revit/Insight

Source: schématisé par auteur.

3.2 Création du modèle 3D virtuel

Revit est un logiciel de modélisation 3D utilisé comme l'un des meilleurs outils BIM. C'est un logiciel avancé des logiciels de CAO conventionnels utilisés pour les dessins. Le principal avantage de Revit est son aspect 3D dans la base des données globales. Cela signifie que tout est intégré et interconnecté et, une altération sera reproduite partout tout au long de la scène. Par exemple, si vous supprimez une porte, cette porte ne sera plus existée en plans, en coupes, en élévations ou encore en relevés, les dessins 2D ont été transformés en modèle virtuel 3D automatiquement après chaque modification. La figure 4 montre le modèle BIM de Revit de notre cas d'étude avec son environnement.

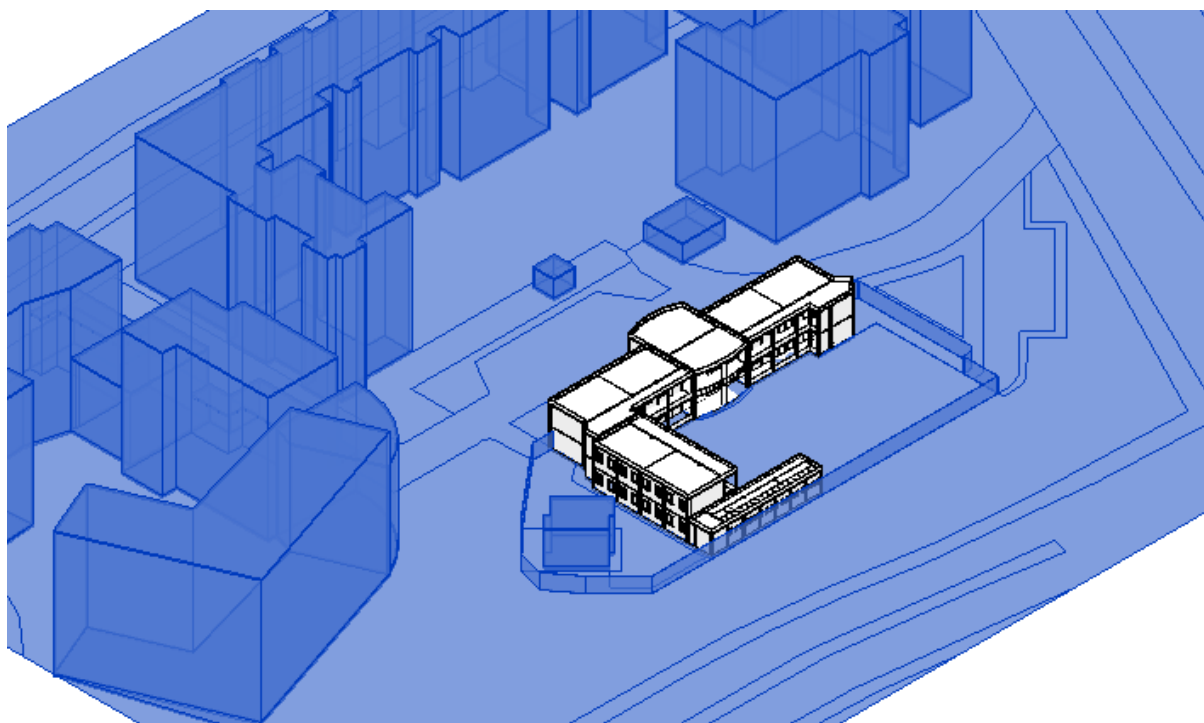


Figure VII-3 Elévation du model 3D

Source : auteur.

3.3 Création du modèle 3D énergétique

BIM est une simulation informatique d'un bâtiment qui est utilisée pour déterminer ou estimer la consommation énergétique. L'objectif clé de la modélisation énergétique est d'optimiser les économies d'énergie de bâtiment dès la phase de prise de la décision. Dans cette recherche, le modèle BIM a été transformé en modèle énergétique du bâtiment (BEM) à l'aide d'Insight360. Il s'agit d'un modèle gbXML qui a été créé grâce à la modélisation énergétique à l'aide d'Insight. La vue en perspective du modèle énergétique est présentée dans la figure 4 ci-dessous.

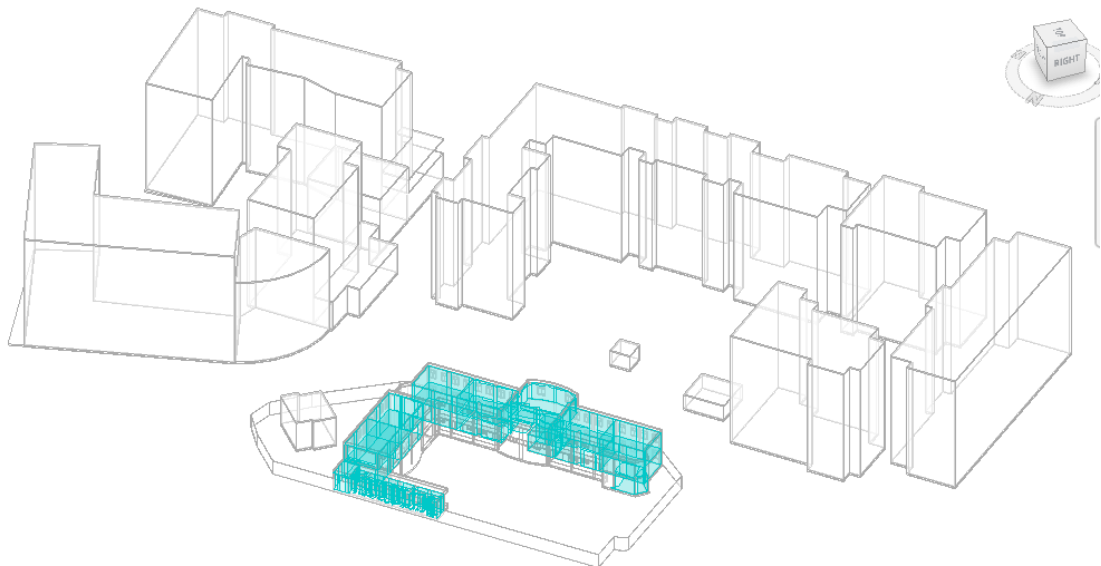
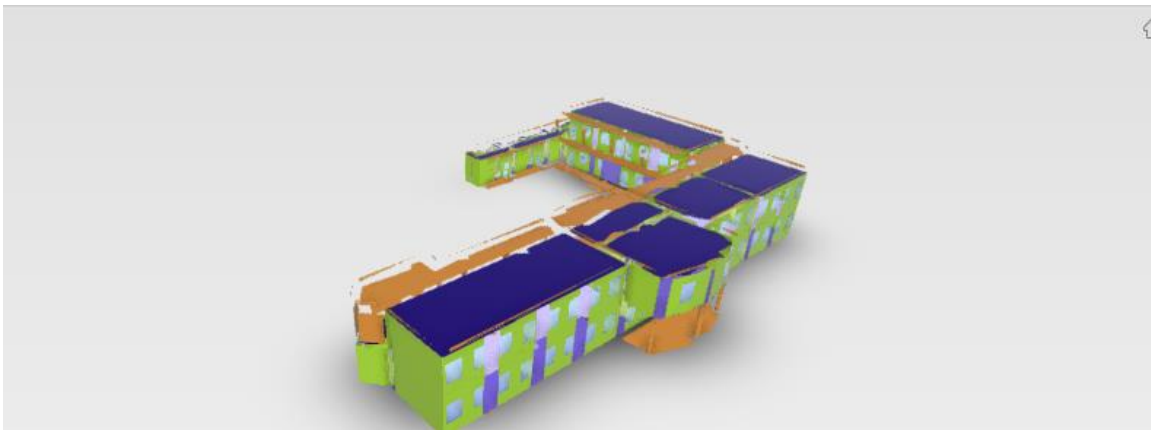
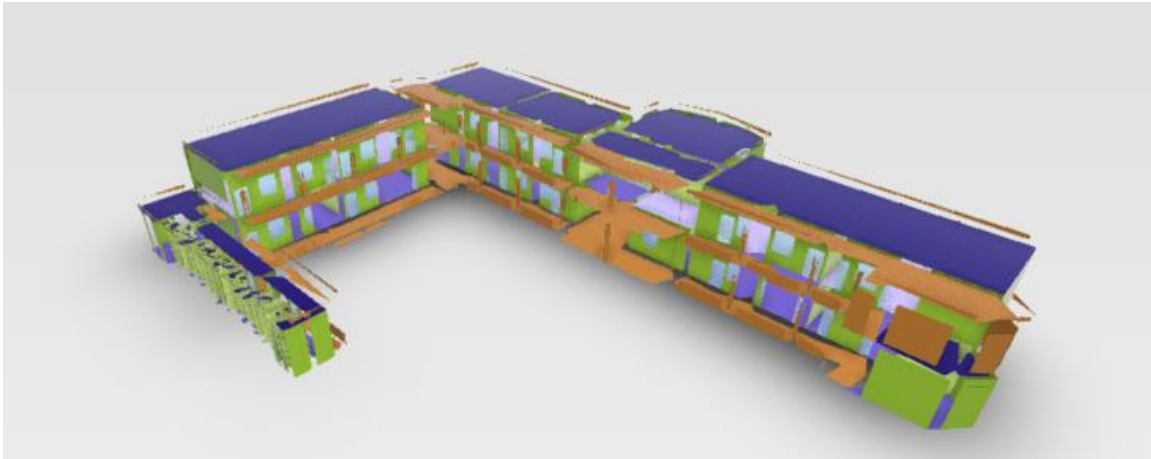


Figure VII-4 Model 3D Revit
Source : auteur.

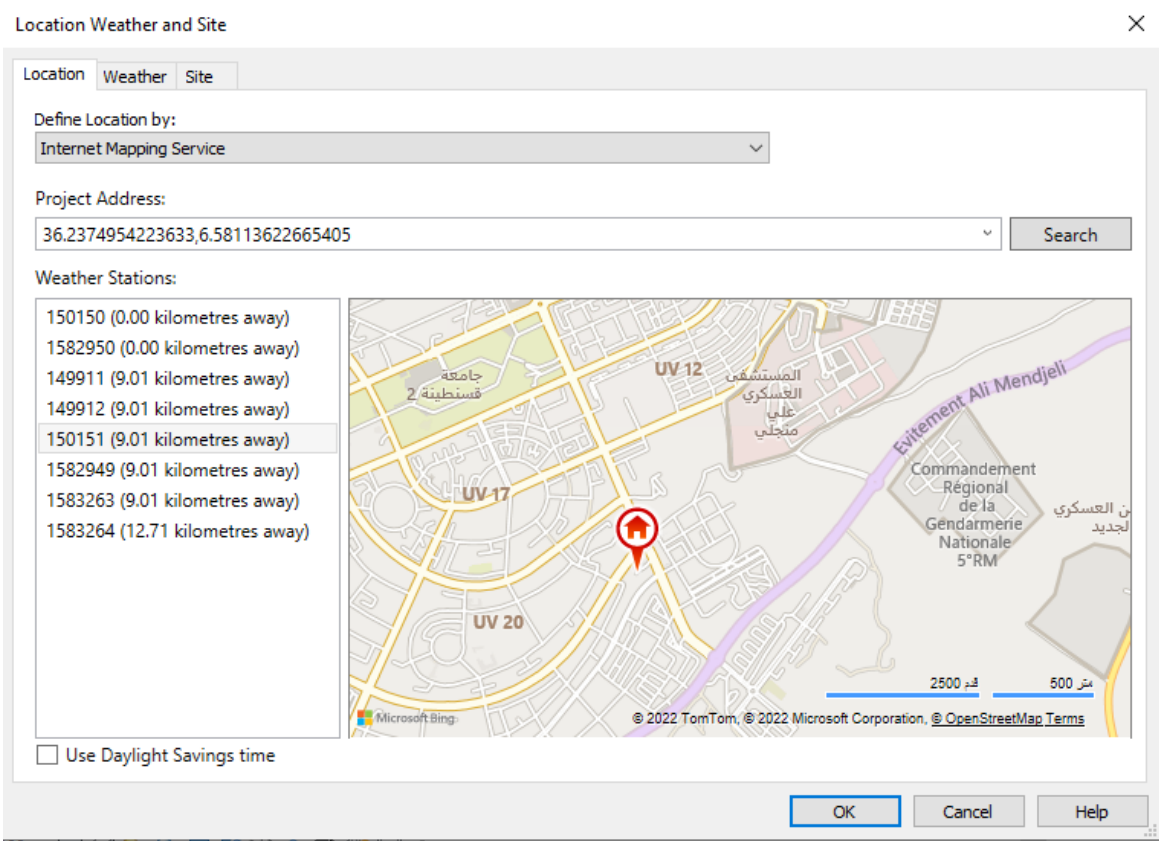


Figure VII-5 Localisation de C.E.M

Source : auteur.

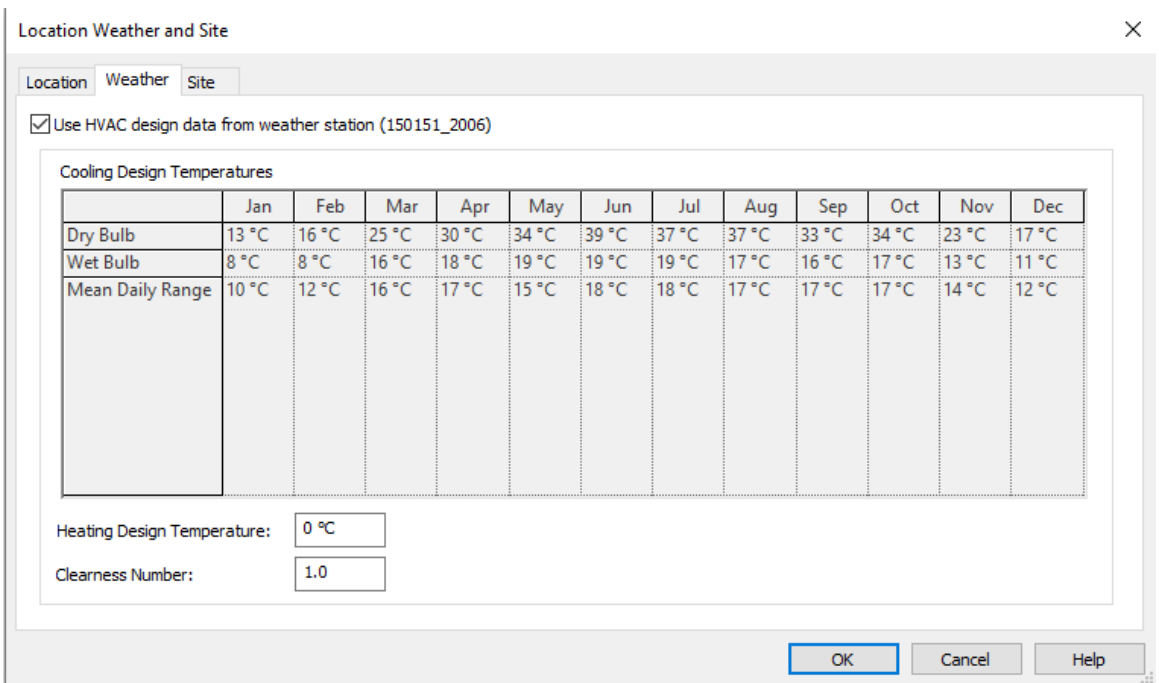


Figure VII-6 Données climatiques

Source : auteur.



VII-7 Zonage thermique

Source : auteur.

4 Résultats et discussion

Cette partie va détailler les résultats et les discussions des travaux de recherche sur le C.E.M ZOUINI. L'analyse énergétique a été présentée selon les différentes orientations de bâtiments complétée par l'étude des autres facteurs affectant la consommation énergétique en se terminant par une optimisation énergétique.

4.1 Notions de base

La consommation d'énergie du bâtiment sera calculée en **intensité d'utilisation d'énergie** (IUE) en kWh/m² par an en fonction du paramètre énergétique du projet. L'IUE est calculée en divisant l'énergie totale consommée par le bâtiment dans un an par la surface de plancher brute totale du bâtiment. Le rapport d'analyse comportera de nombreuses options de conception telles que le calendrier d'exploitation, le rapport fenêtre/mur, les systèmes de refroidissement et chauffage, l'orientation du bâtiment, l'efficacité de l'éclairage pour modifier et contrôler la consommation d'énergie du bâtiment. Le rapport d'analyse nous

fournit non seulement l'intensité de la consommation d'énergie du projet, mais également le coût énergétique du projet par mètre carré et par an.

La comparaison de référence mesure et compare les performances par rapport à l'Architecture 2030, qui est notre principal objectif à atteindre. La fourchette des coûts énergétiques mettra à jour et changera de couleur entre le rouge, l'orange et le vert en fonction de la valeur de référence. Notre objectif est de réaliser une Architecture 2030 qui représente la Couleur verte'. L'objectif majeur du défi 2030 est de neutraliser tous les carbones la construction et la rénovation de nouveaux bâtiments d'ici 2030 pour éviter les effets désastreux du changement climatique et du réchauffement climatique dus à l'industrie du bâtiment.

4.2 L'analyse énergétique

4.2.1 L'orientation de bâtiment

L'étude a été développée sous la forme d'un modèle 3D adopté par BIM qui a été généré à un modèle par Insight 360. L'analyse énergétique du bâtiment a été réalisée à l'aide du Plug-in Insight de Revit dans huit orientations différentes par rapport à l'axe central du bâtiment qui a été adopté avec une différence d'angle de 45°. La figure 8 illustre le mécanisme de rotation de l'étude. La ligne médiane du bâtiment au nord géographique est notre base de référence pour une analyse comparative. La localisation géographique du modèle énergétique reste l'un des aspects importants pour étudier les questions énergétiques.

L'analyse énergétique a été effectuée sur huit orientations pour obtenir la valeur de consommation d'énergie la plus faible possible qu'on va la discuter ci-dessous. La moyenne de la consommation énergétique obtenue était de 164 kWh/m²/an. La limite supérieure est restée à 367 kWh/m²/an et la limite inférieure à 80 kWh/m²/an. Selon ASHRAE 90.1, la valeur de référence est de 186 kWh/m²/an a été observé comme la montre la figure 9.

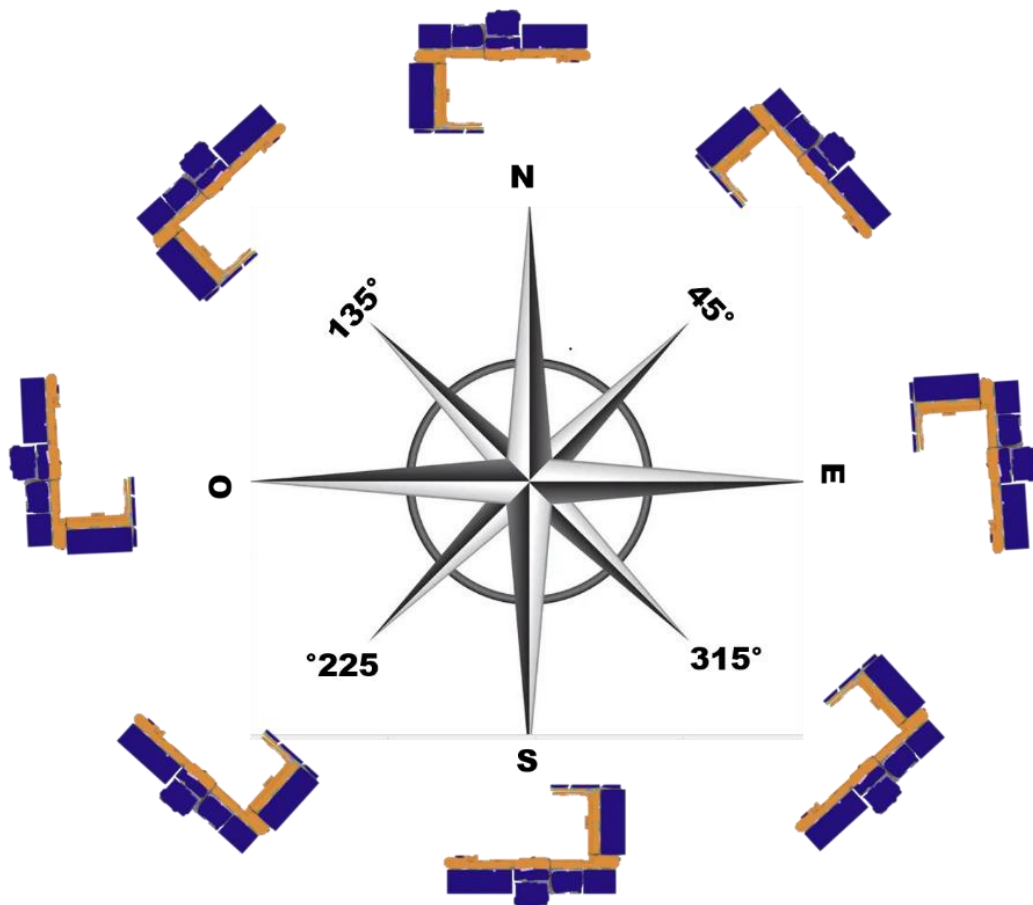


Figure VII-8 Mécanisme d'orientation

Source : auteur.

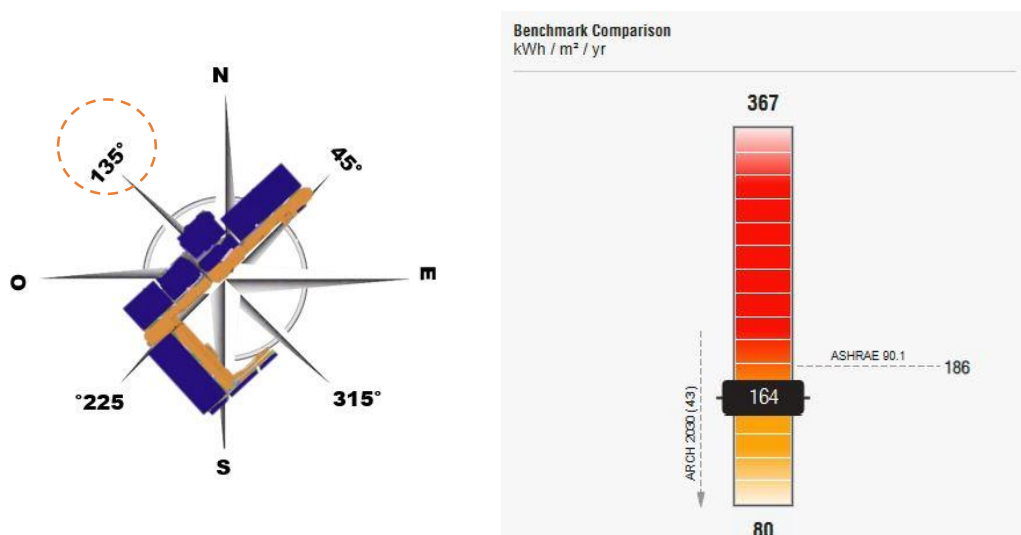


Figure VII-9 Consommation énergétique actuelle

Source : auteur.

D'après une rotation de 360° cycle, les résultats obtenus sont résumés au tableau 3. A la base de ces résultats, on a remarqué que la consommation énergétique est restée entre 164 kWh/m²/an et 166 kWh/m²/an.

Tableau VII.3 La moyenne de la consommation énergétique selon le cycle d'orientation de 360°

Orientation	Orientation actuelle	0°	45°	90°	180°	225°	265°	315°
Moyenne annuelle de la consommation énergétique	164	164	164	164	166	166	165	165
La limite supérieure	367	367	367	368	370	370	369	369
La limite inférieure	80	81	81	81	82	82	82	82
Variations consécutives	1.85	0.15	0.19	0.73	1.79	1.89	1.5	0.91

Source : auteur.

4.2.2 Rapport Fenêtre/Mur

Le rapport fenêtre/mur (WWR-Window wall ratio), également appelé surface vitrée, est un élément essentiel variable qui affecte la consommation d'énergie et l'efficacité d'une structure ou d'un bâtiment. Le rapport fenêtre/mur affecte le chauffage, la climatisation et l'éclairage du bâtiment. Il joue également un rôle important dans l'accessibilité de la lumière du jour, et la ventilation de bâtiment. Il est calculé par la division de la surface vitrée totale du bâtiment sur les surfaces murales extérieures.

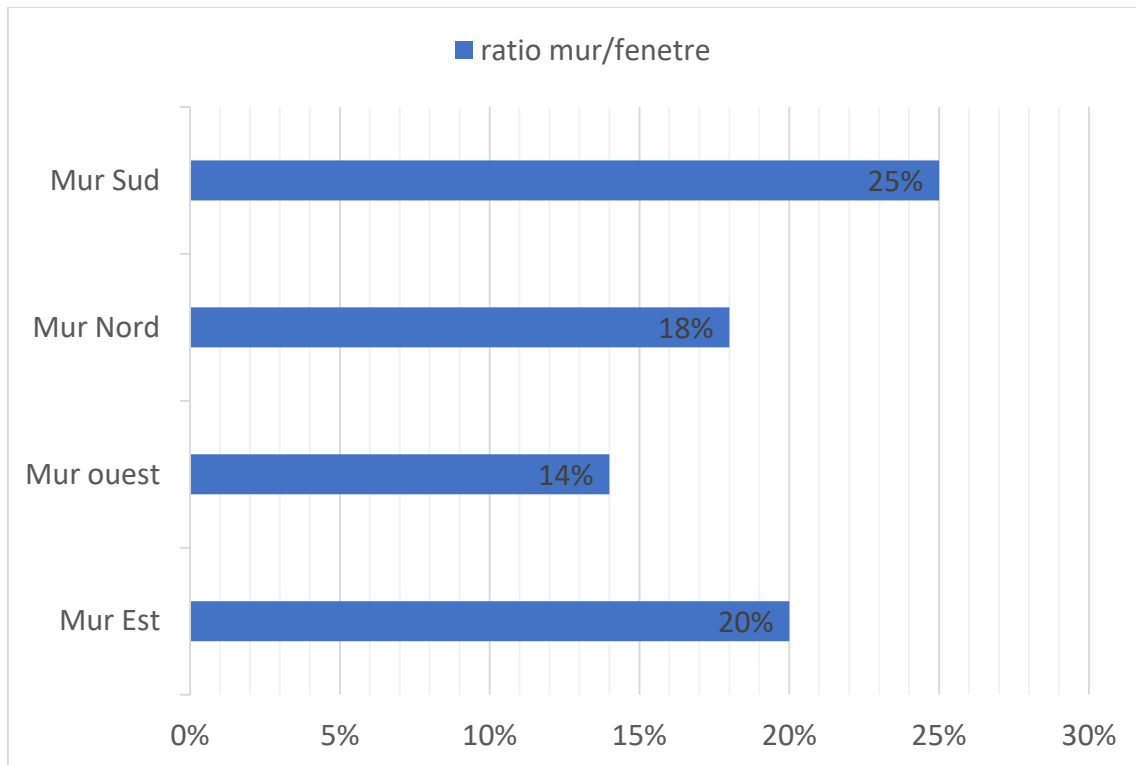


Figure VII-10 Résultats de facteur fenêtre/mur

Source : auteur.

Dans ce cas d'étude, le mur sud ayant une surface vitrée importante allant jusqu'à 25% comme présenté dans la figure 10. Ces résultats ont été calculés à l'aide d'INSIGHT360 en utilisant une base de données intégrée.

4.2.3 Calcul d'ombre des fenêtres

Les ombres de fenêtre peuvent réduire la consommation énergétique. Une partie du rayonnement solaire est directement captée par l'ombre et réfléchi par la fenêtre. Certaines nuances sont partiellement transparentes, donc les radiations les traversent directement. Dans ce cas, l'ombre de 2/3 hauteur de fenêtre signifie que si la hauteur de la fenêtre mesure 3 unités de mesures, l'abat-jour doit dépasser de 2 unités du mur. La figure 11 montre les différentes dimensions existantes dans notre cas d'étude.

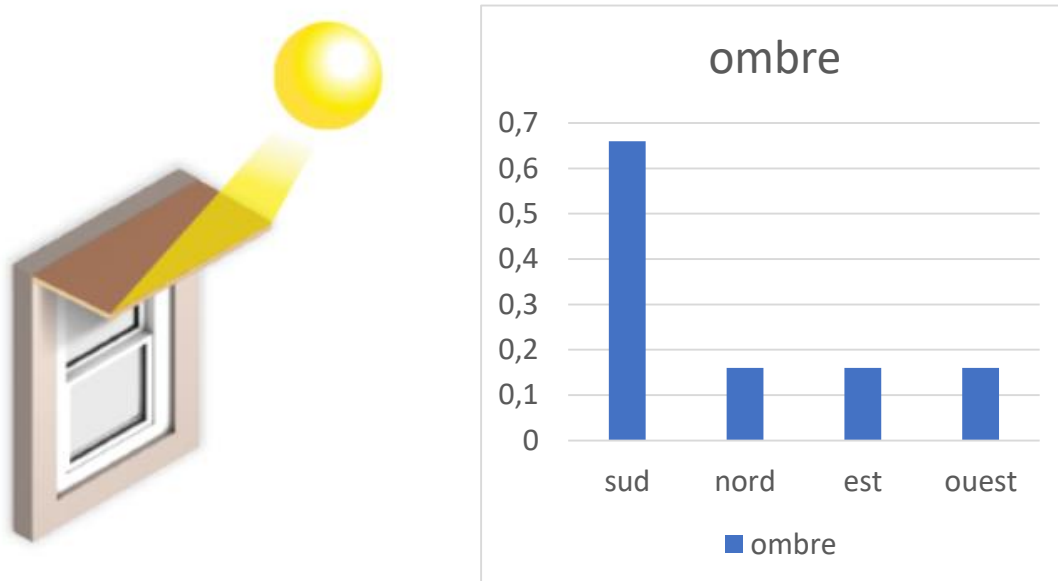


Figure VII-11 Résultats de facteur "ombre des fenêtres"

Source : auteur.

4.2.4 Le type de vitrage

La quantité de lumière naturelle qui pénètre dans un bâtiment ainsi que le transfert et le gain de chaleur sont contrôlés par les propriétés du verre, ainsi que par des facteurs supplémentaires. Les résultats présentés par INSIGHT donnent des valeurs proches entre les différents types de vitrage.

4.2.5 Les matériaux de construction des murs

Dans l'analyse énergétique, le but d'un meilleur choix des matériaux de la construction mur est la recherche de la meilleure résistance et de la performance globale. Dans ce cas d'étude, les murs sont construits par la brique avec une lame d'air pour assurer l'isolation en ajoutant le plâtre et de la peinture dessus plus tard.

4.2.6 Construction du toit

Dans l'analyse énergétique, le toit est un élément porteur. Il est important de prendre en considération sa capacité globale de résistance au gain et à la perte de chaleur. Un toit typique en béton armé est utilisé dans ce bâtiment. Les isolations du toit affectent considérablement la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement.

4.2.7 L'infiltration

La fuite involontaire d'air dans ou hors des espaces climatisés ; Fréquemment en raison de lacunes dans la structure ou dans l'isolation du bâtiment. Fuite d'air principalement à travers les fissures ou les interstices de l'enveloppe du bâtiment ainsi que les fenêtres ou les portes. Porosité du bâtiment et ampleur du vent ainsi que température sont les principaux facteurs dont dépend principalement le taux d'infiltration d'air.

➤ **Efficacité d'éclairage artificiel ou naturel et contrôle de l'occupation**

La définition de l'efficacité de l'éclairage est une représentation des propriétés d'économie d'énergie des appareils d'éclairage occupés. Le contrôle d'occupation inclut le système avancé utilisé pour la détection automatique des occupants à l'aide de capteurs et d'une gradation de la lumière du jour. Les capteurs de présence allument et éteignent automatiquement les lumières pour accroître l'adéquation, la sécurité et les économies d'énergie à long terme et diminuer la consommation de carburant. Les capteurs de lumière du jour ont fonctionné à l'aide de la puissance fournie par ses batteries. Ils peuvent économiser de l'énergie en atténuant et en éteignant les lumières s'il y a suffisamment de lumière naturelle accessible. Ils aussi Détectez la lumière dans l'espace, puis ajustez les lumières pour améliorer la lumière du jour, économisant ainsi de l'énergie. La figure 13 montre que la valeur des économies d'énergie augmente à mesure que les contrôles passent de l'absence de contrôle à l'éclairage naturel et à l'occupation contrôlée.

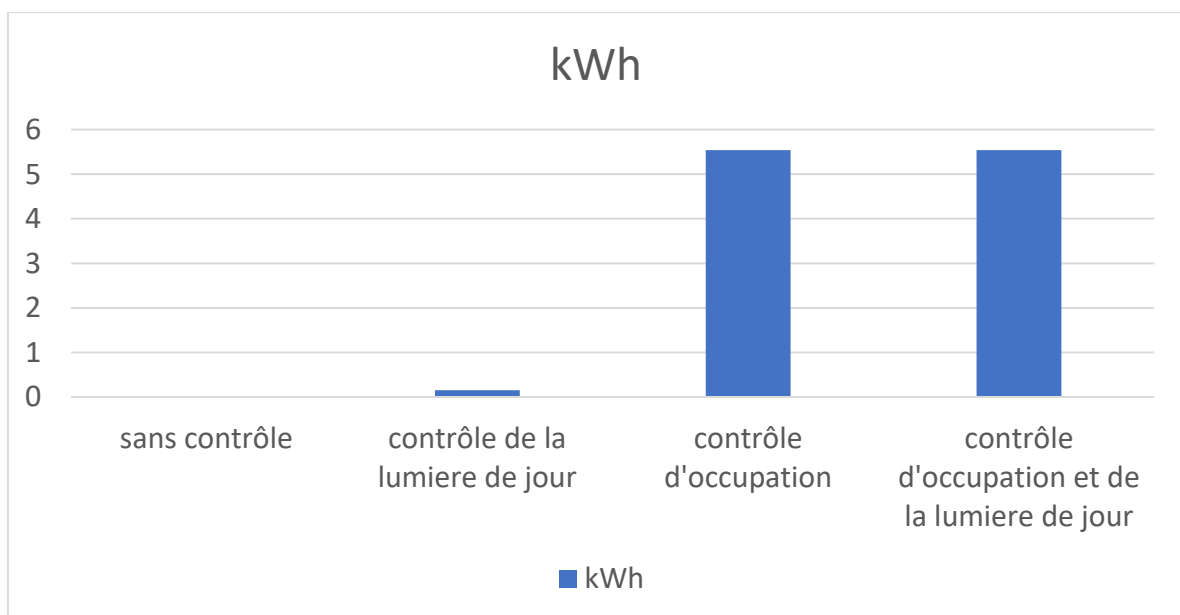


Figure VII-12 Résultats de facteur de contrôle d'occupation et contrôle de la lumière du jour

Source : auteur.

4.2.8 Efficacité de charge des fiches :

La charge de prise est l'électricité ou l'énergie utilisée par des biens ou des appareils qui obtiennent de l'énergie grâce aux prises électriques. Une valeur de moins de 1.5 w/m² est déterminée l'efficacité de la charge de la prise dans ce cas d'étude.

4.2.9 Calendrier d'exploitation

Il s'agit du temps d'occupation de bâtiment en heures et en jours, la valeur moyenne est prise en compte pour l'optimisation. Nous pouvons changer cette valeur selon le planning d'exploitation du bâtiment tel que présenté à la figure 14.

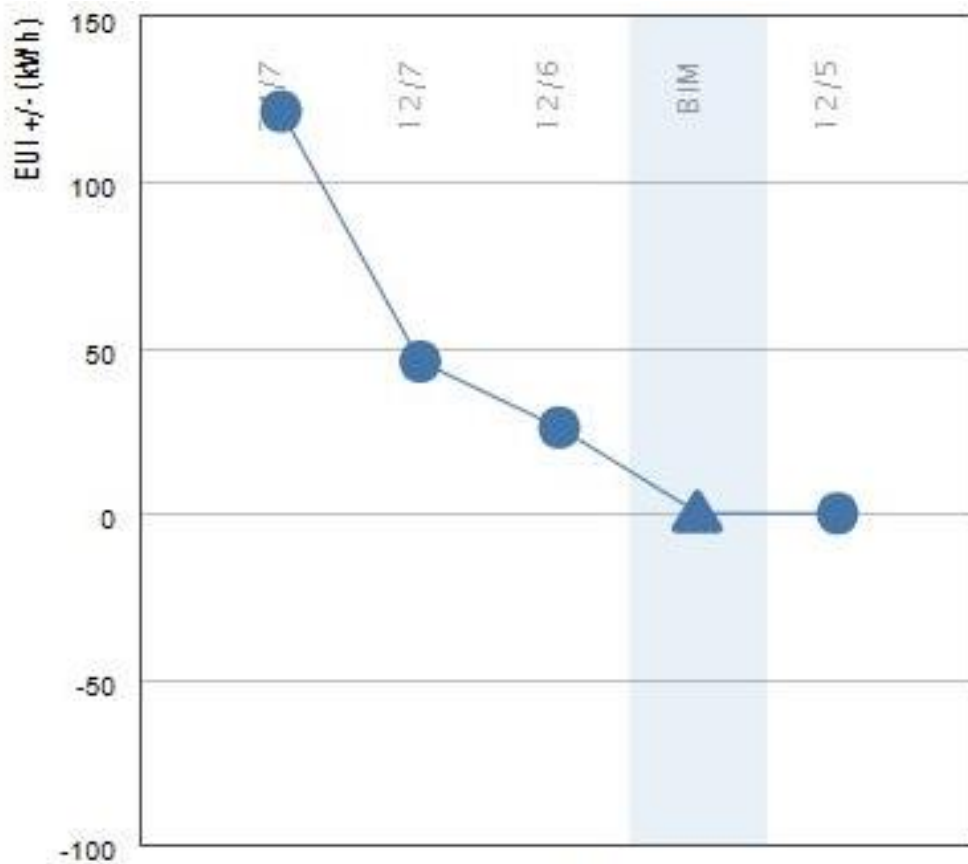


Figure VII-13 Impact de temps d'occupation sur la consommation énergétique
Source : auteur

➤ Efficacité des panneaux photovoltaïques :

Les panneaux photovoltaïques sont utilisés pour convertir l'énergie du rayonnement solaire en électricité. Les panneaux ayant un coût plus élevé sont plus efficaces et produisent plus l'énergie en utilisant la surface. Le rendement du panneau est de 18,6% dans ce cas étude.

4.3 L'optimisation énergétique

La figure 15 présente la valeur optimisée de l'énergie après l'adoption de mesures énergétiques.



Figure VII-14 Résultats avant et après optimisation

Source : auteur

Grâce aux scénarios ciblés réalisés avec Autodesk Revit et Insight, notre conception optimisée finale a permis une réduction de 80 % du coût de consommation énergétique avec des économies significatives de 12.8 USD/ m²/an à 2.48 USD/ m²/an en assurant la qualité.

5 Conclusion du chapitre

L'optimisation énergétique réalisée avec Revit + Insight montre que la mise en œuvre de diverses mesures d'efficacité énergétique, telles que le choix de vitrages à haute isolation, la réduction des infiltrations d'air, l'adoption de systèmes d'éclairage et de luminaires plus performants et l'intégration de l'énergie solaire, a permis de réduire la consommation d'énergie d'environ 80 % par rapport à la configuration initiale. La figure 16 indique que les principaux facteurs de cette réduction ont été la maîtrise de rapport fenêtre/mur, l'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe et les systèmes d'éclairage, s'est avérée la mesure la plus efficace en termes de retour sur investissement direct.

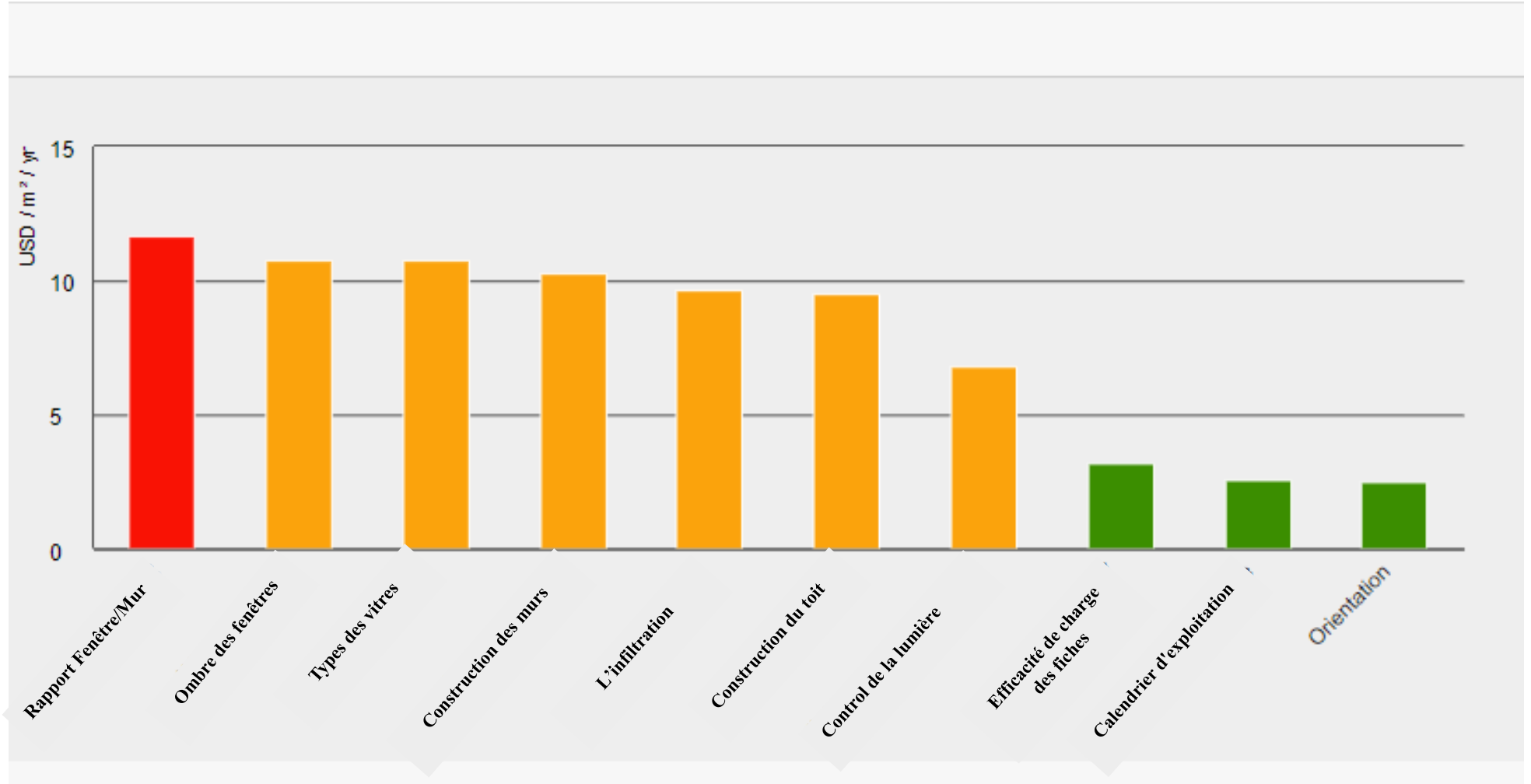


Figure VII-15 Synthèse des facteurs d'optimisation

D'un point de vue managérial, cette analyse constitue un outil précis pour **gérer le cout dès la phase de conception**, permettant ainsi d'identifier les interventions les plus rentables et **d'éviter les dépenses inutiles**. Elle contribue également à **un gain de temps** en proposant les scénarios les plus performants pour **assurer la durabilité dans les projets architecturaux** au lieu de réaliser des essais sur site, réduit les risques financiers en prévoyant les futures factures énergétiques et garantit des décisions de conception et économiques plus judicieuses. Le chef de projet est ainsi en mesure d'équilibrer les coûts et les performances et d'orienter les investissements vers les solutions qui **apportent la qualité tout au long du cycle de vie du bâtiment**.

CHAPITRE VIII CONCLUSION GENERALE

L'efficacité énergétique est un facteur majeur dans les projets architecturaux durables qu'elle a des impacts sur la qualité de la conception et sur la gestion de tels projets. La présente recherche a été menée dans ce contexte, pour objectif principal d'examiner l'impact de l'efficacité énergétique sur la qualité au niveau de la maîtrise d'œuvre ainsi que dans le projet architectural en explorant les perceptions et les pratiques des architectes algériens qui sont la partie prenante responsable de la décision énergétique dans la conception, et à évaluer concrètement un cas d'étude conçu.

Pour répondre à la question centrale de recherche, une méthodologie mixte a été adoptée, combinant :

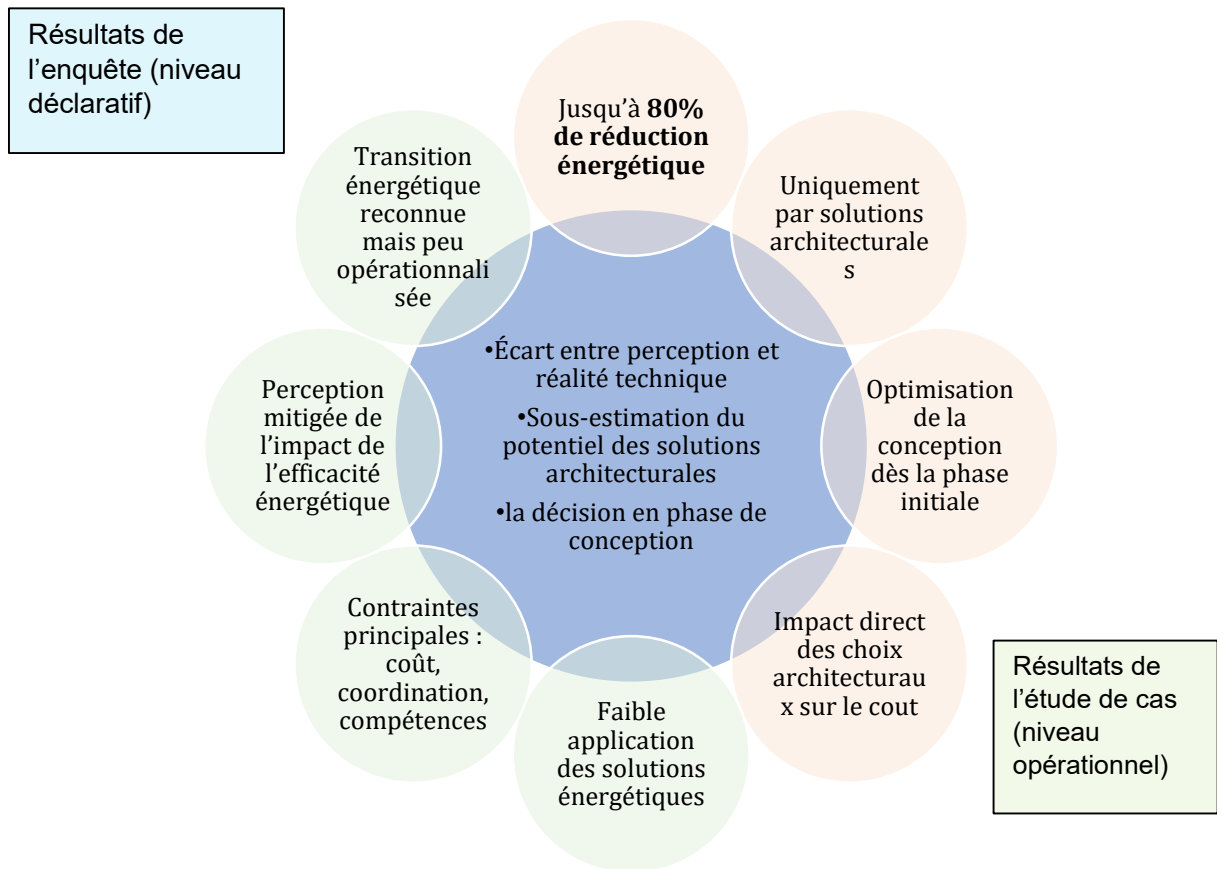
- Un questionnaire d'enquête adressé aux 371 architectes algériens, visant à élaborer une étude managériale globale de l'efficacité énergétique liée à la maîtrise d'œuvre en Algérie selon trois axes : politique, managérial, et technique ;
- Une étude de cas centrée sur un projet architectural réel, analysé sous l'angle de l'efficacité énergétique en se basant sur un modèle BIM.

Cette double approche a permis de relier les perceptions professionnelles des architectes à des données objectives sur la performance énergétique, mettant en évidence le lien direct entre les décisions de conception et leurs impacts sur le coût, et la qualité des projets.

Les résultats ont révélé que la prise en compte d'efficacité énergétique reste encore insuffisante à cause des défis significatifs : le manque de communication et d'échange d'informations entre l'équipe multidisciplinaire et le budget dans un premier lieu, dans un second degré comme la mentalité locale, l'insuffisance de production de panneaux solaires, le manque de main-d'œuvre qualifiée et le manque de suivi des recommandations et des demandes.

Les solutions proposées pour faire face aux ces défis ont été l'encouragement de la conception intégrée avec la collaboration de toutes les parties prenantes en élaborant un plan de communication en complément d'une utilisation adoptée des technologies de l'information et de la communication ICT dans la gestion de projet et même dans la conception architecturale et la mise en œuvre d'un plan de suivi et d'évaluation, en addition d'encouragement d'investissement dans la production locale des panneaux solaires;

- L'analyse de l'étude de cas a confirmé que l'appui sur ces outils d'information et de communication pour optimiser l'efficacité énergétique peuvent réduire le cout par un pourcentage de 80% de 12.8 USD/ m²/an à 2.48 USD/ m²/an en assurant la qualité.



Dans l'ensemble, ces résultats ont partiellement confirmé les hypothèses initiales :

H1 : Les causes associées à une limite intégration des critères d'efficacité énergétique ainsi qu'à une moindre assurance de qualité et durabilité dans les projets architecturaux en Algérie selon les trois axes sont été confirmées.

H2 : L'intégration de l'efficacité énergétique améliore la qualité perçue des projets durables et diminue le cout lorsqu'elle est soutenue par des stratégies de conception adéquates dès les premières phases en assurant une communication performante entre les parties prenantes de projet. Ces outils facilitent le management et l'harmonisation des exigences en matière d'énergie, de qualité et de durabilité.

Contributions de la recherche

Ce travail apporte plusieurs contributions :

- Contribution scientifique : il complète une lacune dans la littérature en reliant les aspects techniques de l'efficacité énergétique aux processus décisionnels et professionnels dans le contexte algérien ;
- Contribution pratique : il met en évidence les principaux obstacles rencontrés par la maîtrise d'œuvre et propose des solutions pour renforcer l'intégration de l'efficacité énergétique dès la phase de conception ;
- Contribution méthodologique : il montre une combinaison d'approches quantitatives et qualitatives dans la recherche architecturale.

Limites de la recherche

D'autre part, cette étude présente certaines limites qu'on peut les mentionner :

- L'accès à des données techniques a parfois été limité ;

Perspectives de recherche

Plusieurs axes de recherche apparaissent dans ce travail :

- Réaliser des études comparatives avec d'autres pays selon les trois axes qui se complètent (politique, technique et managérial);
- Évaluer l'impact socio-économique des pratiques architecturales économes en énergie sur la durabilité à long terme des villes algériennes.

En conclusion, cette recherche confirme que l'efficacité énergétique est un levier principal pour améliorer la qualité des projets architecturaux durables en Algérie. Elle appelle à une plus grande sensibilisation des architectes et des décideurs, ainsi qu'à une meilleure intégration des critères énergétiques dans les pratiques de conception. En reliant la performance technique avec la pratique professionnelle, ce travail contribue à faire progresser les connaissances académiques et les solutions pratiques pour un projet architectural plus durable en intégrant les critères d'efficacité énergétique dès la phase de conception : l'orientation, l'enveloppe thermique, la ventilation naturelle et les stratégies

d'éclairage naturel doivent être prises en compte dès la phase conceptuelle, en gérant la multidisciplinarité dans une approche systémique, et en adoptant des outils de technologie de l'information (BIM, logiciels de simulation énergétique) : pour anticiper la performance énergétique, optimiser les conceptions et réduire les coûts d'exploitation à long terme.

CHAPITRE IX BIBLIOGRAPHIE

- ABIMBOLA, O., WINDAPO , L., & ROTIMI, J.-O. (2012). Contemporary Issues in Building Collapse and Its Implications for Sustainable Development. *Building*, 283-299.
- Achman, R. (2013). Stakeholders' Perspectives on Sustainability in Project Management. In A.J.G. Silvius & J. Tharp, (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 20, pp. 321-336).
- Aiouaz M.Z. (2015). Demarche qualite: Outils de gestion et mise en œuvre dans les bibliotheques. *Revue Sciences Humaines*(43), pp49-68.
- Akadiri, P.O., Olomolaiye, P.O., & Chinyio, E.A. (2013). Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects. *Automation in Construction*, 30, 113-125. doi: 10.1016/j.autcon.2012.10.004
- Akpahou, R., Mensah, L., Quansah, D., & Kemausuor, F. (2024). Energy planning and modeling tools for sustainable development: A systematic literature review. *Energy Reports*, 830-845.
- Al-Saleh, Y.M., & Taleb, H.N. (2010). The integration of sustainability within value management practices: A study of experienced value managers in the GCC countries. *Project Management Journal*, 41(2), 50-59. doi: 10.1002/pmj.20147
- Alecrim, I., Carvalho, J., Bragança, L., & Mateus, R. (2020). Integrating BIM-Based LCA and Building Sustainability Assessment. *Sustainability*, pp.1-17.
- ALI, S. (2022). Building Information Modelling for Energy Analysis and Environmental Assessment. Master Programme in Energy Systems, UNIVERSITY OF GAFLE.
- ALLAIRE , D. (2012). Architecture, aménagement de l'espace. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est, France.
- Allaire, D. (2012). Développement d'une approche systémique de la gestion patrimoniale d'un parc immobilier d'envergure nationale pour améliorer sa performance énergétique : une application menée sur le parc immobilier de l'État utilisé par le ministère de la défense. Université Paris-Est, France.
- AlWaer, H., Sibley, M., & Lewis, J. (2008). Different Stakeholder Perceptions of Sustainability Assessment. *Architectural Science Review*, 51(1), 48-59. doi: 10.3763/asre.2008.5107
- Association for Project Management (2006). APM supports sustainability outlooks. Retrieved January 2nd, 2011 from <http://www.apm.org.uk/page.asp?categoryID=4>
- AMARA, S., BENMOUSSAT, A., BENYOUCEF, B., & NORDELL, B. (2007). Evaluation des besoins énergétiques de chauffage et climatisation d'un bâtiment pour le site de Tlemcen. 13èmes Journées Internationales de Thermique.
- ANGELIKI ZANNI, M., RUIKAR , K., & SOETANTO , R. (2016). Towards a BIM-enabled sustainable building design process: roles, responsibilities, and requirements. *Architectural Engineering and Design Management*.
- Asse , A., Géraldine , F., Schembri, P., Geronimi, V., & Méral , P. (2002). Environnement et développement – quelques réflexions autour du concept de« développement durable ». (J. Martin, Éd.) *Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations*, 51-71.
- Attia , S., Gratia, E., De Herde , A., & Hensen , J. (2012). Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. *Energy and Buildings*, 49, 2-15. doi:doi:10.1016/j.enbuild.2012.01.028
- AUGUSTINS , E., JAUNZEMS , D., ROCHAS , C., & KAMENDERS , A. (2018). managing energy efficiency of buildings: analysis of ESCO experience in Latvia. International scientific conference "environmental and climate technologies.

- AYOUDJ, Y. (2017). La mise en place de la qualité au sein du processus gestion des ressources humaines cas : de la norme iso 9001. *REVUE NOUVELLE ECONOMIE*, 2(17), 51-62.
- Bachelet, R. (2016). *L'évaluation d'impact des projets*. Lille.
- BACHMANI, C. (2014). Une étude analytique comparative des formules utilisées pour calculer la taille de l'échantillon aléatoire. *Revue de la recherche et d'études de l'Université de Tishreen*.
- Badiru, A.B. (2010). The many languages of sustainability. *Industrial Engineer*, 42(11), 31-34.
- BASU, R. (2014). Managing quality in projects: An empirical study. *International journal of Project Management*, 178-187. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.02.003>
- Bersalli, G., & Simon, J. (2017). Towards an energy transition in emerging countries: what policies to encourage renewable energy in the electricity sector in Argentina. *Developpement Durable et Territoires*, 1-21.
- BETHENCOURT, A et CHORIN, J., *Efficacité énergétique : un gisement d'économies ; un objectif prioritaire*. Paris: Les éditions des JOURNAUX OFFICIELS, 2013.
- Boodi, A. (2021). *Bâtiments éco-énergétiques: modélisation dynamique hybride pour l'analyse et le contrôle*. Thèse De Doctorat.
- BOUAMAMA, W. (2013). *AU SUJET DE LA POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE EN ALGERIE :APPROCHE SYSTEMIQUE*. These de doctorat - Tlemcen.
- BOUAMAMA, W. (2013). *AU SUJET DE LA POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE EN ALGERIE : APPROCHE SYSTEMIQUE POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE CAS DE : PROGRAMME ECO-BAT*. University of Tlemcen, Magister en génie civile, Algerie.
- BOUGRAIN, F., COLOMBARD-PROUT, M., GRILLON, D., & MARKL, L. (2010). Guide pour le montage et le suivi des contrats de performance énergétique dans les collèges et lycées. *Guide CPE establishments d'enseignement secondaire V1*.
- BOURDEAU, L. (1999). Sustainable development and the future of construction: a comparison of visions from various countries. *building research and information*, 27(6), 354-366.
- BOURGES.B. et BROCC.J.S., *L'évaluation d'opérations locales de maîtrise de l'énergie: un domaine privilégié d'approches pluridisciplinaires*. Colloque Energie et Société-Sciences gouvernances et usages, 2007, Nantes, France.
- BOVEA, M., & Pérez-Belis, V. (2012). A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production*, 61-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.012>
- Brent, A.C. & Petrick, W. (2007). Environmental Impact Assessment (EIA) during project execution phases: Towards a stage-gate project management model for the raw materials processing industry of the energy sector. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 25 (2), 111-122. doi: 10.3152/146155107X205832
- Brent, A.C., & Labuschagne, C. (2006). Social indicators for sustainable project and technology life cycle management in the process industry. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(1), 3-15. doi: 10.1065/lca2006.01.233
- Brent, A.C., & Labuschagne, C. (2007). An appraisal of social aspects in project and technology life cycle management in the process industry. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 18(4), 413-426. doi: 10.1108/14777830710753811

- Brent, A.C., Heuberger, R., & Manzini, D. (2005). Evaluating projects that are potentially eligible for Clean Development Mechanism (CDM) funding in the South African context: A case study to establish weighting values for sustainable development criteria. *Environment and Development Economics*, 10(5), 631-649. doi: 10.1017/S1355770X05002366
- Bruntland, G.H. (1987). *Our Common Future: World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- BUI, T. (2012). *L'integration de developpement durable dans les projets de quartiers: le cas de la ville d'HANOI*. Université de Toulouse, FRANCE.
- Bulle, C., Rezaei, F., & Lesage, P. (2019). Integrating Building Information Modeling and Life Cycle Assessment in the Early and Detailed Building Design Stages. *International Conference on Technological Imagination in the Green and Digital Transition*, (pp. pp.158–167).
- Cantin, R. (Nd). *De l'interprétation systémique du projet de réhabiliter un bâtiment*. (U. d. Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Éd.) *Acta Europeana Systemica*, 109-115.
- Cantin, R., & Cryonnet, J. (2014). *Le projet de réhabilitation d'un bâtiment vu comme un système*. 9th Congress of EUS-UES European Union for Systemics. valencia.
- Carboni, J., & Reeson, M. (2012). *The Advent of the Sustainability Management Plan: Practical Activities That Are Long Overdue*. *Proceedings of the 26th IPMA World Congress*, Crete, pp. 1113-1117.
- Costa, A., Silvestre, J., Pyl, L., & Santos, R. (2019). *Integration of LCA and LCC Analysis Within a BIM-Based Environment*. *Mechanics of Materials and Constructions*, 127–149.
- Craddock, W.T. (2013). *How Business Excellence Models Contribute to Project Sustainability and Project Success*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp, (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 1, pp. 1-19).
- Crawford, L. (2013). *Leading Sustainability through Projects*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp, (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 14, pp. 235-244).
- D.Ashokkumar. (2014). *Study of Quality Management in Construction Industry*. *International Conference on Engineering Technology and Science-(ICETS'14)*, 3.
- D.Ashokkumar. (2014). *Study of Quality Management in Construction Industry*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3, 36-43.
- Daganaud, F. (2014). *Efficacité Énergétique dans l'industrie: systeme de management énergétique SME*. Berlin: Renewables Academy (RENAC).
- Dakhia, A., & Zemmouri, N. (2021). *Energy Optimization and Environmental Impact of an Office Building at Biskra City, Algeria: Life Cycle Assessment, Applied to the Building Envelope in Hot and Dry Climate*. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 287-297.
- Debizet, G., & P., G. (2015). *Savoirs et modèles en transition, constats et pistes de recherche*. (E. d. Villette, Éd.) *Architecture et urbanisme durables, Modèles et savoirs, Cahier RAMAU*, 7, 276-286.
- Deland, D. (2009). *Sustainability Through Project Management and Net Impact*. PMI Global Congress North America. Philadelphia PA: Project Management Institute.
- Diaz, J., & Anton, L. (2014). *Integration of Life Cycle Assessment in a BIM Environment*. *Procedia Engineering*, Pages 26-32.

- Ding, G.K.C. (2008). Sustainable construction - The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), 451-464. doi: 10.1016/j.jenvman.2006.12.025
- DONNADIEU, G., DURAND, D., NEEL, D., NUNEZ, E., & SAINT-PAUL, L. (2003). *L'Approche systémique : de quoi s'agit-il ?* paris: Synthèse des travaux du Groupe AFSCET.
- Durand, A. (2021). Elaborating the regulatory and incentive framework for energy efficiency in Algeria. *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)*.
- Díaz,, J., & Antón, L. (2014). Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction. *Engineering, Environmental Science*, pp.1378–1382.
- EAVANAM., *Plan d'action de projet d'AIN NAHAAS*, 2016.
- Ebbesen, J.B., & Hope, A.J. (2013). Re-imagining the Iron Triangle: Embedding Sustainability into Project Constraints. *PM World Journal*, 2(3).
- Edum-Fotwe, F.T., & Price, A.D.F. (2009). A Social Ontology for Appraising Sustainability of Construction Projects and Developments. *International Journal of Project Management*, 27(4), 313-322. doi: 10.1016/j.ijproman.2008.04.003
- Eid, M. (2002). A sustainable approach to the project management odyssey. *PMI Research Conference: Frontiers of Project Management Research and Application*, Seattle. Philadelphia PA: Project Management Institute.
- Eid, M. (2009). *Sustainable Development & Project Management*. Cologne: Lambert Academic Publishing.
- Ekici , B. B., & Aksoy, U. T. (2011). Prediction of building energy needs in early stage of design by using ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 38, 5352-5358. doi:doi:10.1016/j.eswa.2010.10.021
- El Harrouni, K., Kharmich, , H., & Karibi, K. (2020). L'architecture traditionnelle à base de terre comme outil de durabilité et moyen d'adaptation au changement climatique(chaleur et froid). *African and Mediterranean Journal of Architecture and Urbanism*, 2(2), 100-122. doi:doi:https://doi.org/10.48399/IMIST.PRSM/amjau-v2i2.23377
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone Publishing
- Esfand , B., Jain, N., Mumovic, D., & Davies, M. (2021). Managing energy performance in buildings from design to operation using modelling and calibration. *Building Services Engineering Research & Technology*.
- Eskerod, P., & Huemann, M. (2013). Sustainable development and project stakeholder management: what standards say. *International Journal of Managing Projects in Business*, 6(1), 36-50. doi: 10.1108/17538371311291017
- FELICE.E., REVILLA.P., *Guide de l'éco-habitat : l'essentiel à savoir avant de construire ou rénover*. DUNOD, Paris,2011.
- Fouquet, M. (2015). *Réflexions et contributions méthodologiques à l'ACV de bâtiments neufs : modélisation du contributeur énergie*. Université Grenoble Alpes. Récupéré sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01301609>
- García-Martínez, , A., Soust-Verdaguer, B., & Llatas, C. (2017). Critical review of bim-Based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*.
- Gareis, R., Huemann, M., & Martinuzzi, R.-A. (2009). *Relating sustainable development and project management*. IRNOP IX, Berlin.
- Gareis, R., Huemann, M., & Martinuzzi, R.-A. (2010). *Relating sustainable development and project management: a conceptual model*. *PMI Research & Education Conference*, Washington DC. Philadelphia PA: Project Management Institute.

- Gareis, R., Huemann, M., & Martinuzzi, R.-A. (2011a). What can project management learn from considering sustainability principles? *Project Perspectives*, XXXIII, pp.60-65.
- Gareis, R., Huemann, M., Martinuzzi, R.-A., Sedlacko, M., & Weninger, C. (2011b). The SustPM Matrix: Relating sustainability principles to project assignment and project management. EURAM11, Talinn.82 Social Business, Volume 4
- Gareis, R., Huemann, M., Martinuzzi, R.-A., with the assistance of Weninger, C. & Sedlacko, M. (2013). *Project Management & Sustainable Development Principles*. Newton Square, PA: Project Management Institute.
- Garvare, R., & Johansson, P. (2010). Management for sustainability – A stakeholder theory. *Total Quality Management & Business*, 21, 737 –744. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14783363.2010.483095>
- GENDRO, C., & REVÉRET, J.-P. (2000). Le développement durable. *Économies et Sociétés* (37), 111-124.
- Gholipour, V., Bignon, J., & Morel-Guimaraes, L. (2010). ECO-MODELES: Une methode aide l'eco-conception de batiments durables. CONFERE 09.
- Gilbert, R., Stevenson, D., Girardet, H., & Stern, R. [Eds.] (1996). *Making Cities Work: The Role of Local Authorities in the Urban Environment*. Earthscan Publications Ltd.
- GIS. (2022). Développement du cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie.
- Goedknecht, D. (2012). Sustainability in Project Management; A case study at University of Applied Sciences Utrecht. *PM World Journal*, I(IV).
- Goedknecht, D. (2013). Sustainability in Project Management: Perceptions of Responsibility. In A.J.G. Silvius & J. Tharp, (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management*(Chapter 17, pp. 279-287).
- Goedknecht, D., & Silvius, A.J.G. (2012). The implementation of sustainability principles in project management. *Proceedings of the 26th IPMA World Congress, Crete*, pp. 875-882.
- Graugnard, G., & Heeren, N. (1999). *Définition et mise en place d'indicateurs d'impact*. Lille: CIEDEL.
- GRAUGNARD.G., HEEREN.N. *Prise en compte de l'impact et construction d'indicateurs d'impact*, CIEDEL, Paris, 1999.
- Gregersen, H.M., Lundgren, A.L., & White, T.A. (1994). *Improving project management for sustainable development*. Midwest Universities Consortium for International Activities, Inc. (MUCIA), Policy Brief No. 7.
- GRIGNON-MASSE.L., *Développement d'une méthodologie d'analyse coût-bénéfice en vue d'évaluer le potentiel de réduction des impacts environnementaux liés au confort d'été : cas des climatiseurs individuels fixes en France métropolitaine, mémoire pour l'obtention du diplôme de docteur délivré par l'école nationale supérieure des mines de paris*, 2010.
- Guay, J., Arch., B., & Ing., M. (2010). La qualité dans la réalisation des projets de bâtiment. *Le bulletin REVAY*, 29(3).
- Hadji, I., Mazouz, S., Mejedoub Mokhtari, A., Benzaama, M., & El-Mendili, Y. (2024). Multi-Zone Energy Performance Assessment of Algerian Social Housing Using a Parametric Approach. *Buildings*.
- Haldi, F., & Robinson, D. (2008). On the behaviour and adaptation of office occupants, *Build. Building and environment*, 2163–2177. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.01.003>
- Hagan, G. (2012). *The New Triple Constraints for Sustainable Projects, Programs, and Portfolios*. Boca Raton, FL USA: CRC Press.

- Herazo, B., Lizarralde, G., & Paquin, R. (2010). Sustainable development in the building sector: a Canadian case study on the alignment of strategic and tactical management. *Project Management Journal*, 43(2), 84-100. doi: 10.1002/pmj.21258
- International Standards Organization (2010). ISO 26000 Guidance on Social Responsibility, ISO.
- Izzet , Y., & Tülay Tikansak , K. (2017). Energy-Efficient Building Design in the Context of Building Life Cycle. Dans *Energy Efficient Buildings* (pp. 93-121). doi:http://dx.doi.org/10.5772/66670
- Keeble, J.J., Topiol, S., & Berkeley, S. (2003). Using Indicators to Measure Sustainability Performance at a Corporate and Project Level. *Journal of Business Ethics*, 44(2-3), 149-158. doi: 10.1023/A:1023343614973
- Keeyes, L.A. (2012). Emerging Sustainable Development Strategy in Projects: A Theoretical Framework. *PM World Journal*, I(II).
- Khalfan, M.M.A. (2006). Managing Sustainability within Construction Projects. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 8(1), 41-60. doi: 10.1142/S1464333206002359
- KHELLASSI.R., Précision du management, Editions HOUMA, Alger, 2011..
- KIMA , S., ZADEHB , P., STAUB-FRENCHC , S., & FROESD, T. (2016). Assessment of the Impact of Window Size, Position and Orientation on Building Energy Load Using BIM. *International Conference on Sustainable Design. Engineering and Construction* .
- Klarin, T. (2018). The Concept of Sustainable Development: . *Zagreb International Review of Economics & Business*, 21(1), 67-94. doi:10.2478/zireb-2018-0005
- Klotz, L., & Horman, M. (2010). Counterfactual analysis of sustainable project delivery processes. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), 595-605. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000148
- Kuei , C., & Lu, M. (2013). Integrating quality management principles into sustainability management. *Total Quality Management*, 24, 62-78. doi:https://doi.org/10.1080/14783363.2012.669536
- Labuschagne, C., & Brent, A.C. (2005). Sustainable Project Life Cycle Management: the need to integrate life cycles in the manufacturing sector. *International Journal of Project Management*, 23(2), 159-168. doi: 10.1016/j.ijproman.2004.06.003
- Labuschagne, C., & Brent, A.C. (2007). Sustainability assessment criteria for projects and technologies: Judgements of industry managers. *South African Journal of Industrial Engineering*, 18(1), 19-33.
- Labuschagne, C., & Brent, A.C. (2008). An industry perspective of the completeness and relevance of a social assessment framework for project and technology management in the manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 16(3), 253-262. doi: 10.1016/j.jclepro.2006.07.028
- LEROY, Y. (2009). développement d'une méthodologie de fiabilisation des prises de décisions environnementales dans le cadre d'analyses de cycle de vie basée sur l'analyse et la gestion des incertitudes sur les données d'inventaires. 181p. l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris.
- LEROY, Y. (2009). développement d'une méthodologie de fiabilisation des prises de décisions environnementales dans le cadre d'analyses de cycle de vie basée sur l'analyse et la gestion des incertitudes sur les données d'inventaires. PARIS : l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, .
- Linda PERRON « l'approche systémique dans la gestion des dossiers pilotés par la direction d'un établissement scolaire au primaire », février 2009

- M. Fouquet. (2015). Réflexions et contributions méthodologiques à l'ACV de bâtiments neufs : modélisation du contributeur énergie. Génie civil. Université Grenoble Alpes,.
- Ma, U. (2011). No Waste: Managing Sustainability in Construction. Farnham: Gower Publishing.
- Mallaband , B., Staddon, S., & Wood , G. (2017). Crossing transdisciplinary boundaries within energy research: An 'on the ground' perspective from early career researchers. *Energy Research & Social Science*, 107-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.01.021>
- Maltzman, R., & Shirley, D. (2010). Green Project Management. Boca Raton, FL USA: CRC Press. Silvius & Schipper Sustainability in project management
- Maltzman, R., & Shirley, D. (2013). Project Manager as a Pivot Point for Implementing Sustainability in an Enterprise. In A.J.G. Silvius & J.Tharp (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 16, pp. 262-278).
- Martens, P. (2006). Sustainability: science or fiction? *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 2(1), 36-41.
- Martínez-Jurado, P., & Moyano-Fuentes, J. (2013). Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 1-17. doi:10.1016/j.jclepro.2013.09.042
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle To Cradle: Remaking The Way We Make Things*. New York: North Point Press.
- McKinlay, M. (2008). Where is Project Management running to ... ? Keynote address delivered at the 22nd World Congress of the International Project Management Association, Rome.
- Merzouk, M., Zhao , J., & Xu, Z. (2025). Sustainable Building Project Management in Algeria: Challenges, Strategies, and Future Directions for Environmentally Friendly Construction. *Buildings*.
- Mishra, P., Dangayach, G.S., & Mittal, M.L. (2011). An Ethical approach towards sustainable project Success. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 25(Special issue: International Conference on Asia Pacific Business Innovation & Technology Management), 338-344. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.10.552
- Morfaw, J.N. (2011). *Project Sustainability: A Comprehensive Guide to Sustaining Projects, Systems and Organizations in A Competitive Marketplace*. Bloomington, IN, USA: iUniverse Publishing.
- Morfaw, J.N. (2012). *Fundamentals of Project Sustainability: Strategies, Processes and Plans*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- MORLAT, C., & PINTO-SILVA, K. (2013). Principes de gouvernance et de modélisation d'un projet d'efficacité énergétique du bâtiment. Dans *Ecologie politique vs écologie industrielle : quelles stratégies pour le développement durable ?* (pp. 271-289). Ferrand: Editions Oeconomia.
- MORRISSEY,, J., MOORE, T., & HORNE, R. (2011). Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation. *Journal of Renewable Energy*.
- Mulder, J., & Brent, A.C. (2006). Selection of Sustainable Rural Agriculture Projects in South Africa: Case Studies in the LandCare Programme. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(2), 55-84. doi: 10.1300/J064v28n02_06
- MUNCH, L. (2016). *Démarche d'efficacité énergétique en 20 fiches-outils*. ESPAGNE: DUNOD.
- MUNCH.L., *Démarche d'efficacité énergétique : en 20 fiches-outils*. DUNOD, Paris. 2016.

- Müller-Pelzer, F. (2009). Sustainability Management in CDM Project Activities: How to demonstrate and assess the contribution to sustainable development of Clean Development Mechanism (CDM) project activities.
- NASSER, M., & TIJANE, M. (2020). Les 7 outils de base du système de management de la qualité. *Revue du Contrôle de la Comptabilité et de l'Audit*, 4.
- Ning, C., Zhang, S., & Li, L. (2009). Sustainable Project Management: A Balance Analysis Model of Effect. *International Conference on Management and Service Science, Wuhan*. doi: 10.1109/ICMSS.2009.5302357
- Nizam, R., Zhang, C., & Tian, L. (2018). A BIM based tool for assessing embodied energy for buildings. *Energy and Buildings*.
- Office of Government Commerce (2009). *Managing Successful Projects with PRINCE2*. Norwich, UK
- Office of Government Commerce (2010). *Management of Risk: Guidance for Practitioners*. Norwich, UK
- OMER, A. M. (2008). Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2265-2300. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.05.001
- OTHMANI MARABOUT, N. (2010). Etude des interactions maître d'œuvre-maître d'ouvrage dans un processus de conception architecturale.
- Oumeziane H. (2005). *A systemic approach for integrated building engineering: Contribution*. Paris, France. : PhD Thesis, Ecole Centrale, .
- Pacheco, R., Ordóñez , J., & Martínez, G. (2012). Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3559–3573. doi:doi:10.1016/j.rser.2012.03.045
- Pade, C., Mallinson, B., & Sewry, D. (2008). An Elaboration of Critical Success Factors for Rural ICT Project Sustainability in Developing Countries: Exploring the Dwesa Case. *The Journal of Information Technology Case and Application*, 10(4), 32-55.
- Pade, C.I., Mallinson, B., & Sewry, D. (2006). An exploration of the categories associated with ICT project sustainability in rural areas of developing countries: a case study of the Dwesa project. *Proceedings of the 2006 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries (SAICSIT)*, 100-106. doi: 10.1145/1216262.1216273
- Pade-Khene, C.I., Mallinson, B., & Sewry, D. (2011). Sustainable rural ICT project management practice for developing countries: investigating the Dwesa and RUMEP projects. *Information Technology for Development*, 17(3, Special issue on Information Technology Success Factors and Models in Developing and Emerging Economies), 187-212. doi: 10.1080/02681102.2011.568222
- Pala, M., & Bouchlaghem, , N. (2012). How could ICT benefit design managers for assessing sustainability of their project?. *Conference contribution*. . Loughborough University. .
- Perrini, F., & Tencati, A. (2006). Sustainability and Stakeholder Management: the Need for New Corporate Performance Evaluation and Reporting Systems. *Business Strategy and the Environment*, 15(5), 286-308. doi: 10.1002/bse.538
- PESQUEUX, Y. (2020). *Définition de la notion de qualité, chronologie et fondements de la gestion*. France.
- Pesqueux.Y. (2020.). *Les références de la gestion de la qualité*.
- Peupartier, B., Kellenberger, D., Anink, D., Mötzl, H., Anderson, J., Vares, S., König, H. (2004). Inter-comparison and benchmarking of LCA-based environmental assessment and design tools. Warsaw, Poland: In *Sustainable Buidling* . Récupéré sur <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB2844.pdf>

- PMI. (2004). *A Guide to the Project Management* (éd. 3). Pennsylvania: Project Management Institute.
- Prieto, B. (2011). *Sustainability on Large, Complex Engineering & Construction Programs Utilizing a Program Management Approach*.
- Project Management Institute (2013). *A Guide to Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, Fifth edition. Newtown Square, PA USA: Project Management Institute.
- QUINIO, J., *Le Système de Management de la Qualité dans les projets*, La Cible, 82, 05 mai 2000, pp 04-06.
- Rahmani , S., Kaoula, D., & Hamdy , M. (11-13 May 2022). *Energy Efficiency Benchmarking: Review of Key Policies, Agencies, Program Developments in North Africa, Case of Algeria*. 5th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2022) (pp. 217-224).
- Razzaghipour, A. (2021). *The Need for Efficiency of Energy Sources Management in Sustainable Architecture*. *Journal of History Culture and Art Research*, 10(1), 16-27. doi:10.7596/taksad.v10i1.2952
- Robichaud, L.R., & Anantatmula, V.S. (2011). *Greening Project Management Practices for Sustainable Construction*. *Journal of Management in Engineering*, 27(148), 48-57. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000030
- Robinson, J. (2004). *Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development*. *Ecological Economics*, 48(4), 369-384. doi: 10.1016/j.ecolecon.2003.10.017
- Romo, E. V. (2015). *Processus de conception énergétique de bâtiments*. paris: Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM.
- ROMON, C., & VILLEMANT, H. (2011). *Maitrise d'ouvrage publique. Quelle démarche pour des projets durables ?*
- Roy, M. (2021). *Sustainable Development Strategies*. Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818920-7.00005-0>
- Russell, J. (2008). *Corporate social responsibility: what it means for the project manager*. PMI Global Congress EMEA, Malta. Philadelphia PA: Project Management Institute.
- Salem, R. (2020). *Design and evaluation of Nearly Zero Energy Buildings and their viability post-2013s UK climate conditions*. Doctoral thesis, University of West London.
- Schieg, M. (2009). *The model of corporate social responsibility in project management*. *Business: Theory & Practice*, 10(4), 315-321. doi: 10.3846/1648-0627.2009.10.315-321
- Schmidt, S., & Weigt, H. (2015). *Interdisciplinary energy research and energy consumption: What, why, and how?* *Energy Research & Social Science*, 10, 206-219. doi:doi:10.1016/j.erss.2015.08.001
- Silvius, A.J.G. (2013). *Sustainability in Project Management Processes*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 4, pp. 58-75).
- Silvius, A.J.G., & Nedeski, S. (2011). *Sustainability in IS projects: A case study*. *Communications of the IIMA*, 11(4), 1-11.
- Silvius, A.J.G., & Schipper, R. (2012). *Sustainability in the Business Case*. *Proceedings of the 26th IPMA World Congress, Crete*, 1062-1069.
- Silvius, A.J.G., & Tharp, J. [Eds.] (2013). *Sustainability Integration for Effective Project Management*. Hershey, PA: IGI Global Publishing.
- Silvius, A.J.G., Schipper, R., & Nedeski, S. (2013a). *Consideration of Sustainability in Projects and Project Management: An Empirical Study*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp

- (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 13, pp. 212-233). Hershey, PA: IGI Global Publishing.
- Silvius, A.J.G., Schipper, R., & Nedeski, S. (2013b). *Sustainability in Project Management: Reality Bites*. *PM World Journal*, 2(2).
- Silvius, A.J.G., Schipper, R., Planko, J., van den Brink, J., & Köhler, A. (2012). *Sustainability in Project Management*, Farnham: Gower Publishing.
- Silvius, A.J.G., van den Brink, J., & Köhler, A. (2009). *Views on Sustainable Project Management*. In K. Kähkönen, A. Samad Kazi, & M. Rekola (Eds.), *Human Side of Projects in Modern Business*, IPMA Scientific Research Paper Series, Helsinki, Finland.
- SITTIPUNT, P. (1984). *The systems approach to building: a study of systems building development*.
- SIVA, V., GREMYR, I., BERGUIST, B., GARVAR, R., ZOBEL, T., & ISAKSON, R. (2016). *The support of Quality Management to sustainable development*. *Journal of Cleaner Production*. doi:doi: 10.1016/j.jclepro.2016.01.020.
- Sousa, J. (ND). *Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison*.
- Stern, P. (2017). *How can social science research become more influential in energy transitions?* *Energy Research & Social Science*, 26, 91-95. doi:https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.01.010
- Steyn, H. (2008). *A Framework for Managing Quality on System Development Projects*. *PICMET 2008 Proceedings, 27-31 July, Cape Town, South Africa* (c) 2008 PICMET, (pp. 1295-1003).
- Talbot, J., & Venkataraman, R. (2011). *Integration of Sustainability Principles Into Project Baselines Using A Comprehensive Indicator Set*. *International Business & Economics Research Journal*, 10(9), 29-40.
- Talbot, R., & Venkataraman, R. (2013). *Managing Sustainability on Projects Using Indicators*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 12, pp. 194-211).
- Tam, G. (2010). *The program management process with sustainability considerations*. *Journal of Project, Program & Portfolio Management*, 1(1), 17-27.
- Taylor, T. (2010). *Sustainability Interventions - for Managers of Projects and Programmes*. *Centre for Education in the Built Environment*, Salford: The Higher Education Academy.
- TERFAYA.N. *Démarche qualité dans l'entreprise et analyse des risques*, Editions HOUMA, Alger, 2013.
- Tharp, J. (2013). *Sustainability in Project Management: Practical Applications*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 11, pp. 182-193). Hershey, PA: IGI Global Publishing.
- Thomas, G., & Fernandez, W. (2007). *The Elusive Target of IT Project Success*. *Proceedings of the 2nd International Research Workshop on IT Project Management (IRWITPM), Montreal, Quebec, Canada*, pp. 93-102. Association of Information Systems, Special Interest Group for Information Technology Project Management.
- Thoumy, M., & Vachon, S. (2012). *Environmental projects and financial performance: Exploring the impact of project characteristics*. *International Journal Production Economics*, 140, 28-34. doi: 10.1016/j.ijpe.2012.01.014
- Tiron-Tudor, A., & Dragu, I.-M. (2013). *Project Success by Integrating Sustainability in Project Management*. In A.J.G. Silvius & J. Tharp, (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Chapter 7, pp. 106-127). Hershey, PA: IGI Global Publishing.

- TRACHTE, S., & SALVESEN, F. (2014). International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings Industry. Sustainable renovation of non-residential buildings, a response to lowering the environmental impact of the building sector in Europe (pp. 1512-1518). Freiburg, Germany: Elsevier Ltd.
- Turner, J.R. (2010). Responsibilities for Sustainable Development in Project and Program Management. In H. Knoepfel (Ed.), *Survival and Sustainability as Challenges for Projects* Zurich: International Project Management Association.
- van Pelt, M.J.F. (1993). *Ecological Sustainability and Project Appraisal: Case Studies in Developing Countries*. Aldershot: Avebury.
- Wang, W., Rivard, H., & Zmeureanu, R. (2006). Floor shape optimization for green building design. *Advanced Engineering Informatics*, 20, 363-378. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aei.2006.07.001>
- Wastiels, L., & Decuyper, R. (2019). Identification and comparison of LCA-BIM integration strategies. Conference Series Earth and Environmental Science. Graz, Austria.
- Wilson, C., & Dowlatabadi, H. (2007). Models of decision making and residential energy use. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 169-203. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.053006.141137>
- Winnall, J.-L. (2013). Social Sustainability to Social Benefit: Creating Positive Outcomes through a Social Risk-based approach. In A.J.G. Silvius & J. Tharp (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management*, (Chapter 6, pp. 95-105).
- Yahong, D., Peng, L., & Ng, T. (2021). A comprehensive analysis towards benchmarking of life cycle assessment of buildings based on systematic review. *Building and Environment*, 1-17.
- Zhang, K., & Russell, A. (2005). *Quality Management and IT. Conférence spécialisée sur le génie de la construction*. Canada.
- www.energy.gov.dz consulté en octobre 2017
- <https://www.ademe.fr> consulté en octobre 2017
- www.aprue.org.dz consulté en octobre 2017
- <https://cop23.unfccc.int/> consulté en novembre 2017

ANNEXES

Annexe A. Citations

Citation 1

« La qualité est définie comme l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques inséparables à satisfaire des exigences. »

« L'ensemble des caractéristiques d'une entité qui influent sur sa capacité à satisfaire un besoin exprimé et implicite »

La norme ISO 9000 :2000

Citation 2

« L'ensemble des caractéristiques intrinsèques d'un bien qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins et les attentes des utilisateurs. Telle notion de la qualité ne fait ainsi pas uniquement référence à la qualité des matériaux ou de l'exécution, mais également à la qualité du "processus" qui englobe de façon équilibrée la qualité, le budget et l'échéancier du projet. »

(Guay , Arch., & Ing., 2010)

Citation 3

« Ces définitions mettent en avant deux angles d'approche de cette notion : un caractère subjectif et peu formalisable et l'idée de degré. Le caractère subjectif de la qualité se réfère à l'idée de « manière d'être » et contient un aspect de jugement de valeur (la qualité valorise les choses et les hommes au regard d'une « manière d'être jugée bonne ») compte-tenu d'une idée d'objectivité (des aptitudes et des capacités). C'est ce qui sera à l'origine des nombreux développements sur la qualité perçue. S'ajoute l'idée de degré qui conduit à fonder des échelles de jugement (mauvais, moyen, bon, etc.). Dans les catégories du jugement, la qualité permet donc de jouer à la fois sur le registre de l'absolu et du relatif. »

(PESQUEUX, 2020)

Citation 4

« Le management de la qualité est : toutes les activités coordonnées permettant d'orienter et de contrôler un organisme en matière de qualité L'orientation et le contrôle d'un organisme en matière de qualité incluent généralement l'établissement d'une politique qualité et d'objectifs qualités, la planification, la maîtrise, l'assurance et l'amélioration de la qualité.»

La version 2015 de la norme ISO 9000

(AYOUDJ, 2017)

Citation 5

« La gestion de la qualité est la gestion de tous les éléments du processus dans la perspective de leur maîtrise. Conformément à l'acceptation donnée par la norme ISO, c'est en effet grâce à une bonne gestion que l'on maîtrise son métier »

(PESQUEUX, 2020)

Citation 6

« La norme rappelle à diriger et faire fonctionner un organisme avec succès nécessite de le gérer méthodiquement et en transparence. Le succès peut dépendre de la mise en œuvre et de l'entretien d'un système de management conçu pour s'améliorer de façon continue en répondant aux besoins de toutes les parties intéressées. Le management d'un organisme inclut le management de la qualité parmi d'autres disciplines de management ».

(Pesqueux.Y., 2020.)

Annexe B. Questionnaire

I. Le rapport des architectes avec la politique algérienne liée à l'efficacité énergétique et son contexte international.
Question 01. Comment évaluez-vous votre rapport au règlements liés à l'efficacité énergétique ?
La réponse
01. Je l'ai lu et je l'ai appliqué.
02. Je l'ai lu mais je ne l'ai pas appliqué.
03. Je ne l'ai jamais lu.
Question 02. Pensez-vous que c'est un programme faisable ?
La réponse
01. Oui.
02. Non.
03. Je ne sais pas.
Question 03. Si vous voyez qu'il n'est pas faisable, pensez-vous que c'est à cause des barrières :
La réponse
01. Politiques.
02. Financières.
03. Techniques.
04. Je ne sais pas.
Question 04. Croyez-vous que la transition énergétique aujourd'hui dans son contexte international est :
La réponse
01. Une nécessité et une priorité.
02. Une exigence internationale.
03. Un choix.
04. Pas importante.
Question 05. Pourquoi à votre avis :
La réponse
01. Une nécessité et une priorité à cause de :
01. la réservation de la planète des effets des énergies non-renouvelables.
02. La raréfaction des ressources fossiles non-renouvelables.
03. La durabilité des énergies renouvelables.
04. L'économie d'énergie.
05. Des raisons politiques.
02. Une exigence internationale à cause de :
01. Exigence pour la protection de l'atmosphère.
02. La mondialisation.
03. La transition énergétique mondiale vers les énergies renouvelables.
03. Un choix :
01. la diversité des moyens de chaque pays.
02. le coût élevé.
04. pas importante :
01. c'est utopique.
02. Il n'est pas une priorité.
03. je ne sais pas.
II. L'axe managérial : le management en service d'efficacité énergétique :
Question 06. Pensez-vous que la mise en considération d'efficacité énergétique est la responsabilité de :
La réponse

01.la maîtrise d'ouvrage.
02.la maîtrise d'œuvre.
03.les deux.
Question 07. Pensez-vous que l'intégration des nouveaux concepts dans la conception architecturale peut provoquer un retard dans les délais en générale ou dans le planning des taches :
La réponse
01.Oui.
02.Non.
03.Je ne sais pas.
Question 8. Croyez-vous que l'intégration des nouveaux concepts dans la conception architecturale tels que les énergies renouvelables ont des impacts sur la qualité (dans le sens de conformité aux spécifications au cahier des charges) dans la phase de réalisation des projets durables :
La réponse
01.Oui.
02.Non.
03.Je ne sais pas.
Question 9. Quelles sont les causes qui peuvent-être derrière le non-respect des exigences du cahier de charges dans la conception de maitre d'œuvre ?
La réponse
01.Le budget.
02.La gestion de la communication.
03.La main d'œuvre qualifiée.
04.Les délais.
05.La sélection de la maitrise d'œuvre.
06.autre.
Question 10. Comment évaluez-vous la gestion de la communication entre les parties prenantes dans un projet en Algérie ?
La réponse
01.exelente.
02.bonne.
03.moyenne.
04.faible.
05.tres faible.
III. l'axe technique : L'efficacité énergétique dans la conception architecturale
Question 11. Dans la conception de vos projets, pensez-vous à mettre des solutions architecturales qui baissent la consommation d'énergie dans le bâtiment comme
La réponse
01.toujours.
02.souvent.
03.parfois.
04.rarement.
05.jamais.
Question 12. Dans la conception de vos projets pensez-vous à intégrer des nouvelles technologies des énergies renouvelables : énergie solaire, énergie photovoltaïque ...
La réponse
01.toujours.
02.souvent.
03.parfois.
04.rarement.
05.jamais.

Question 13. Quelles sont les causes qui peuvent-être des contraintes devant la conception durable et écologique à votre avis ?

La réponse

01.La main d'œuvre qualifiée.

02.Le budget.

03. Le manque des usines qui fabriquent les équipements et ces conséquences sur le budget et les délais.

04.autre.

Annexe C. Cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie

L'efficacité énergétique occupe une place importante dans la politique énergétique du pays. En effet, un programme volontariste à l'horizon 2030 portant sur l'efficacité énergétique a été adopté par le gouvernement algérien en 2016. Il prévoit notamment un ralentissement de la demande en énergie de 80 Mtep à 73 Mtep d'ici 2030. La mise en oeuvre de ce programme multisectoriel générerait un gain cumulé de 63 Mtep à l'horizon 2030. Il couvre l'isolation thermique, l'éclairage performant et l'installation de chauffe-eaux solaires pour 100 000 logements/an sur un parc de 12 millions de logements à l'horizon 2030.

De par son engagement à la COP 21 de Paris, l'Algérie fait des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique la plus grande contribution à la réduction des gaz à effet de serre. Enfin, l'amélioration du cadre de vie impose des solutions écologiques et durables avec une consommation efficace d'énergie pour une contribution à la culture du bien-être humain.

Pour promouvoir l'efficacité énergétique, l'Algérie a promulgué une série de textes réglementaires à inventorier depuis plus d'une vingtaine d'années et continue à chercher le cadre adéquat pour mieux appréhender la transition énergétique. Toutefois, le cadre réglementaire dans le secteur de l'efficacité énergétique est à améliorer afin de pouvoir atteindre les objectifs nationaux fixés. C'est tout l'enjeu de cette étude qui visera à élaborer un inventaire de la réglementation régissant l'efficacité énergétique en Algérie et à faire un benchmarking avec des pays sélectionnés pour en tirer les meilleures pratiques quant au développement et à la promotion de l'efficacité énergétique. (Durand, 2021)

Depuis 1999, l'Algérie dispose de la loi n° 99- 0910 du 15 Rabie Ethani 1420 correspondant au 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. Ce texte est l'élément central du cadre algérien en matière d'efficacité énergétique et couvre (cf. Figure 3-1) :

- Tous les secteurs : résidentiel, tertiaire, industrie et transport ;
- Les principaux types d'instruments : réglementation (normes minimales de performance), incitations financières, information, sensibilisation ;
- Ainsi que les aspects de gouvernance. (Durand, 2021)

Plusieurs textes réglementaires agencent la maîtrise de l'énergie en Algérie, en complément de la loi n°99-09 :

• **Décret exécutif n° 2000-90 du 19 Moharram 1421 correspondant au 24 avril 2000** portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. De nombreux documents techniques réglementaires (D.T.R) ont été définis en complément pour préciser les différents aspects techniques.

• **Décret exécutif n° 05-16 du 11 janvier 2005** fixant les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, aux gaz et aux produits pétroliers. Ce décret est complété par les textes suivants :

• **Arrêté interministériel du 5 Dhou El Kaada 1429** correspondant au 3 novembre 2008 fixant les appareils et les catégories d'appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique. Il s'agit des appareils suivants :

- Les réfrigérateurs, les congélateurs et les appareils combinés (réfrigérateurs-congélateurs) ;
- Les climatiseurs individuels ;
- Les lampes et les appareils d'éclairage ;

- Les appareils de production et de stockage de l'eau chaude ;
- Les machines à laver le linge, les sèche-linges et les appareils combinés (lavage-séchage) ;
- Les machines à laver la vaisselle ;
- Les fours ;
- Les fers à repasser ;
- Les appareils audio-visuels ;
- Les appareils de chauffage électriques.

Arrêté interministériel du Aouel Dhou El Hidja 1429 correspondant au 29 novembre 2008 définissant la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique.

- **Arrêté du 21 février 2009** relatif à l'étiquetage énergétique des réfrigérateurs, des congélateurs et des appareils combinés à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique.

- **Arrêté du 25 Safar 1430 correspondant au 21 février 2009** relatif à l'étiquetage énergétique des climatiseurs à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique.

- **Arrêté du 25 Safar 1430 correspondant au 21 février 2009** relatif à l'étiquetage énergétique des lampes domestiques soumises aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique.

- **Arrêté interministériel du 29 novembre 2008** définissant la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'Énergie électrique.

- **Décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005** relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie. Ce décret est complété par les textes suivants :

- **Arrêté interministériel du 20 Chaoual 1431 correspondant au 29 septembre 2010** portant sur les cahiers des charges définissant la méthodologie, le rapport d'audit et sa synthèse, le guide méthodologique, les valeurs des pouvoirs calorifiques, les facteurs de conversion pour le calcul de la consommation ainsi que les modalités d'agrément des auditeurs.

- **Décret exécutif n° 13-424 du 15 Safar 1435 correspondant au 18 décembre 2013** modifiant et complétant le décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.

- **Décret exécutif n° 2013-424 du 15 Safar 1435 correspondant au 18 décembre 2013** modifiant et complétant le décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.

• **Décret exécutif n° 04-149 du 29 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 19 mai 2004** fixant les modalités d'élaboration du Programme National de Maîtrise de l'Énergie (PNME). Ce décret est complété par :

• **Arrêté du 21 Ramadhan 1437 correspondant au 26 juin 2016** portant nomination des membres du Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Énergie. En plus de ces textes relatifs au ministère en charge de l'énergie, il faut également mentionner des textes relevant du ministère des finances :

• **Loi n° 2014-10 du 8 Rabie El Aouel 1436 correspondant au 30 décembre 2014** portant loi de finances pour 2015

• **Décret exécutif n° 15-319 du Aouel Rabie El Aouel 1437 correspondant au 13 décembre 2015** fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-131 intitulé « Fonds national pour la maîtrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la cogénération »

• **Décret exécutif n° 2016-121 du 28 Joumada Ethania 1437 correspondant au 6 avril 2016** modifiant et complétant le décret exécutif n° 2015-319 du Aouel Rabie El Aouel 1437 correspondant au 13 décembre 2015 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-131 intitulé « Fonds national pour la maîtrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la cogénération »

• **Arrêté interministériel du 22 Rabie El Aouel 1438 correspondant au 22 décembre 2016** déterminant la nomenclature des recettes et des dépenses imputables sur le compte d'affectation spéciale n° 302-131 intitulé « Fonds national pour la maîtrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la cogénération ». Ce dernier arrêté interministériel précise le financement des actions et projets inscrits dans le programme pour la maîtrise de l'énergie. Le type de dépenses possibles pour soutenir la maîtrise de l'énergie:

- Actions inscrites dans le programme de la maîtrise de l'énergie :
- L'introduction des exigences, des normes et des labels d'efficacité énergétique ;
- La sensibilisation, la communication, l'information, l'éducation, la promotion, la coordination et la formation dans le domaine de la maîtrise de l'énergie ;
- La recherche et le développement dans le domaine de la maîtrise de l'énergie ;
- L'accompagnement des industriels en vue de l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements et appareils de fabrication nationale ;
- Les actions et les travaux d'évaluation des potentiels d'efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activités ;

- L'animation et la coordination de la maîtrise de l'énergie ;
- L'élaboration et le suivi du programme de maîtrise de l'énergie ;
- La gestion et le suivi des audits énergétiques ;
- L'instruction, le suivi et le contrôle des projets bénéficiaires des ressources du Fonds national pour la maîtrise de l'énergie ;
- L'évaluation de l'impact des projets sur la consommation d'énergie ;
- L'élaboration, la publication et la diffusion des indicateurs d'efficacité énergétique.
- Projets inscrits dans le programme de la maîtrise de l'énergie :
- L'isolation thermique dans les bâtiments ;
- L'introduction et la diffusion des lampes performantes ;

- L'éclairage public performant ;
- La diffusion du chauffe-eau solaire individuel et collectif ;
- La conversion des véhicules au GPL/C et au GN/C ;
- L'acquisition et la conversion des bus au GN/C ;
- L'introduction des équipements performants dans l'ensemble des secteurs d'activité ;
- L'aide à la décision en matière d'audits énergétiques et de faisabilité des projets ;
- Les opérations pilotes et de démonstration.
- L'octroi de prêts non rémunérés consentis aux investissements porteurs d'efficacité énergétique et non-inscrits dans le programme pour la maîtrise de l'énergie émanant des opérateurs.
 - L'octroi de garanties pour les emprunts effectués auprès des banques ou des établissements financiers.
 - Les dotations destinées au préfinancement de l'acquisition des appareils et équipements liés à l'efficacité énergétique.

Le Ministère de la Transition Énergétique et des Énergies Renouvelables¹³ a été créé par le décret exécutif n° 20-322 du 22 novembre 2020 fixant les attributions du ministère de la transition énergétique et des énergies renouvelables.

En vertu de ce décret, les missions du MTEER sont les suivantes :

- Assurer la mise en oeuvre des politiques et des stratégies nationales dans les domaines de la transition énergétique et des énergies renouvelables et définir les moyens juridiques, humains, financiers et matériels nécessaires ;
- Proposer, en relation avec les secteurs concernés et en conformité avec le programme du Gouvernement, le modèle énergétique basé sur les économies d'énergie, les énergies renouvelables et un mode de consommation et de production d'énergie durable ;
- Développer et valoriser les énergies renouvelables ;
- Développer et promouvoir la maîtrise de l'énergie et de la substitution interénergétique ;
- Initier l'élaboration des textes législatifs et réglementaires régissant ses domaines de compétence ;
- Exercer l'autorité publique dans ses domaines de compétence, dans le cadre de la législation et de la réglementation en vigueur ;
- Veiller à l'application des règlements et des prescriptions techniques dans ses domaines de compétence. En matière de transition énergétique, les missions sont plus spécifiquement :
 - Concevoir et mettre en oeuvre, en relation avec les secteurs concernés, les stratégies et les plans d'action de la transition énergétique ;
 - Élaborer, en concertation avec les secteurs concernés, le modèle énergétique national ;
 - Les instruments de planification des activités concernant la transition énergétique ;
 - Initier et contribuer, en relation avec les secteurs concernés, à toute étude et tous travaux d'analyse, de prévision et de prospective dans le domaine de la maîtrise de l'énergie ;
 - Proposer, en concertation avec les secteurs concernés, un plan national de maîtrise de l'énergie, de veiller à sa mise en oeuvre et évaluer les effets de son application ;
 - Proposer toute mesure favorisant une stratégie de substitution progressive interénergétique par la promotion des sources d'énergie les plus rentables et les moins polluantes ;
- Promouvoir la culture de l'utilisation rationnelle de l'énergie.



Environmental Engineering and Management Journal

*Founding Editor: Matei Macoveanu
Editor-in-Chief: Maria Gavrilescu*



"Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi



"Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Romania



ENERGY EFFICIENCY INTO DESIGN STAGE FOR SUSTAINABLE BUILDING IN ALGERIA: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

Sarra Rouini^{1*}, Slimane Belhadj-Mostefa¹, Samira Louafi Bellara²

¹AVMF Research Laboratory (Architecture, City, Professions and Training), Salah Boubnider University, Constantine, Algeria

²Bioclimatic Architecture and Environment Laboratory, Salah Boubnider University, Constantine, Algeria

Abstract

Energy efficiency has been a pivotal subject in sustainable construction since the earliest stages of engineering projects, as it integrates architectural strategies such as orientation, compactness, and material choice to reduce energy consumption and environmental impacts. In the present study, an interdisciplinary approach is employed to analyze how architects in Algeria incorporate these factors into the building design process. The interaction of political, managerial, and technical dimensions is examined, as these strongly dictate energy-related decision-making and the success of efficiency measures. To provide empirical insights, a quantitative survey of 256 Algerian architects was conducted, representing a significant case study for identifying the main challenges to the energy transition. The study seeks to evaluate architects' involvement in both national and international contexts of energy efficiency, their perspectives on architectural and technical solutions for improving building performance, and the managerial constraints they face during the design process. Based on these results, a set of guidelines is proposed to facilitate the incorporation of energy efficiency into architectural practice and contribute to the broader goals of sustainable development in Algeria. Findings reveal that many architects acknowledge the importance of energy efficiency but face barriers linked to political frameworks, limited technical resources, budgetary restrictions, and communication management within project teams. While strategies such as compact design, improved insulation, and passive ventilation are recognized, their systematic integration into practice remains insufficient. Moreover, the adoption of new technologies, including renewable energy systems, is limited due to financial constraints and a lack of locally manufactured equipment. By combining political, managerial, and technical insights, this study highlights the complexity of embedding energy efficiency into the architectural design stage. It emphasizes the need for stronger collaboration among stakeholders, improved training, and clearer regulatory frameworks to achieve the energy transition. Ultimately, the work contributes to identifying practical pathways for integrating energy efficiency into sustainable building practices in Algeria and other developing nations.

Key words: building design, energy decision, energy efficiency, energy transition, sustainable building

Received: March, 2023; *Revised final:* January, 2025; *Accepted:* January, 2025; *Published in final edited form:* September, 2025

1. Introduction

By 2056, the world's population will have increased by more than 50%, resulting in a nearly threefold increase in energy consumption. The construction sector is the largest energy consumer (Akadiri et al., 2012; Othman and Matarazzo, 2021). As the intersection of environmental responsibility and architecture has grown into a critical force in the face of pressing global challenges such as climate

change and diminishing natural resources, the demand for sustainable and energy-efficient buildings has increased (Umoh et al., 2024). It is expected to rise over the next 40 years in response to rising global housing demand (Feria and Amado, 2019). Despite the efforts made by all building sector actors to address this issue, it still requires attention to the development of energy-efficient buildings (Belussi et al., 2019) to reduce its environmental impacts and the importance of preserving future generations' needs (Othman and

* Author to whom all correspondence should be addressed: e-mail: sarra.rouini@univ-constantine3.dz; Phone: +21 3696936933

Matarazzo, 2021; Feria and Amado, 2019). Architects have a unique opportunity to reduce environmental impact by incorporating energy efficiency considerations into architectural designs (Geyer, 2012; Nindita et al., 2023; Umoh et al., 2024).

The architectural design of such structures is a multifaceted and collaborative process. To achieve the energetic objectives, effective collaboration between multidisciplinary teams must begin in the early stages (Zanni et al., 2016). So, why is it necessary to redesign the current approach of architectural practice towards more efficient strategies in construction design? First, understand the effects of climate change (Feria and Amado, 2019) in terms of environmental impacts or other design issues, and then figure out how to mitigate these effects (Boonkanit and Aphikajornsin, 2010; Umoh et al., 2024). By aiming to develop design configurations with reduced resources, consumption, emissions, and economic feasibility, as well as improve building energy efficiency, particularly in the early stages (Geyer, 2012), when approximately 80% of building consumption is defined and continues to be affected throughout the rest of the life cycle (Feria and Amado, 2019; Turrin et al., 2011).

The main objective of this study is to examine the incorporation of energy efficiency considerations into the building design phase by Algerian architects through a comprehensive approach encompassing political, technical, and managerial dimensions. Subsequently, their evaluation of architectural and technical solutions to attain performance, along with the managerial constraints, is analyzed. Ultimately, a list of directives derived from their responses is compiled to facilitate the incorporation of energy efficiency in architectural design aimed at achieving the energy transition in Algeria as a case study of developing nations. As a hypothesis, we note:

H1. *The involvement of architects in national and international contexts remains insufficient due to political (axis) and managerial (axis) constraints such as communication between stakeholders. Therefore, the inclusion of energy efficiency in building design remains insufficient to achieve the energy transition (technical axis).*

2. Algerian architects' incorporation of energy-efficient considerations into building design: a survey

A quantitative survey was conducted among architects and distributed electronically to confirm or refute the aforementioned hypothesis and investigate the consideration of energy efficiency in the design phase of architectural projects in Algeria.

2.1. Survey composition

The survey included 13 questions on three axes that comply with the hypothesis: political, managerial, and technical.

The political axis - to know:

- architects' involvement in energy efficiency regulations and the national renewable energy program;
- feasibility assessment of this program;
- opinion on energy transition in their international context.

The managerial axis - to determine:

- responsibility for the energy decision;
- possibility of non-compliance with de deadlines;
- possibility of non-compliance with the requirements of the specifications and, therefore, the non-quality and the causes behind that;
- assessment of the management of communication between stakeholders.

The technical axis - to improve:

- consider architectural solutions capable of lowering energy consumption in buildings, such as orientation, ventilation, compactness, and insulation;
- integration of new technologies in architectural design, such as renewable energies;
- challenges of efficient design.

2.2. Determination of survey sample

The architect is involved in the design of the architectural project. In Algeria, architects must be registered in a national register overseen by the "Conseil National de l'Ordre des Architectes (CNOA)". Our study covered 2,902 architects registered in 2018 across 11 departments, including western Algeria (Tlemcen and Oran), central Algeria (Tipaza, Algiers and Blida), eastern Algeria (Sétif, Constantine and Annaba), and southern Algeria (Ouargla, Ghardaïa and Adrar), with climates ranging from maritime to semi-arid and arid (Fig. 1).

2.3. Determining sample size

The sampling strategy is an important step in the survey design process. We used Steven Thompson's formula (Bashmani, 2014) to calculate the optimal, meaningful, and representative sample size (Eq. 1).

$$n = \frac{N \times p(1 - p)}{[(N - 1) \times (d^2 + z^2)] - p(1 - p)} \tag{1}$$

where: n = the optimal sample size; minimum sample size for obtaining meaningful results; N = the size of the survey sample; z = confidence level (the typical value for the 95% confidence level will be 1.96); d = margin of error 0.05; p = estimated proportion of the sample exhibiting the characteristic = 0.50.

$$n = \frac{7255}{[(2.90] - 0.25]}$$

$n \geq 230$ respondents

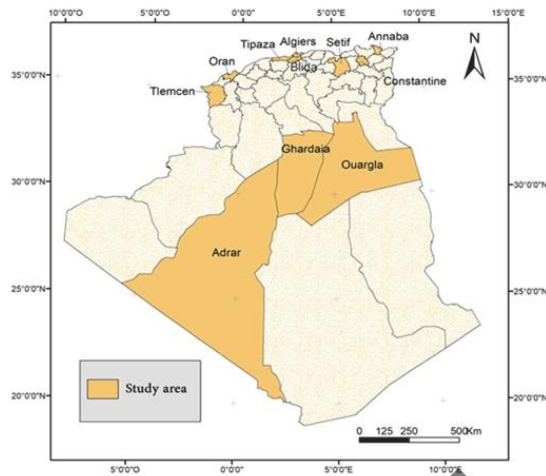


Fig. 1. Distribution of departments targeted by the questionnaire survey. (Authors, 2023)

The number of respondents must be at least 230 for the survey to be meaningful. Table 1 defines the target sample on the basis of a simple random sample of registered architects with experience ranging from 0 to over 10 years in 11 departments.

3. Survey findings

3.1. The political axis: architects' involvement in Algeria's energy efficiency program and its international context

The national program for renewable energies and energy efficiency by 2030 seeks to encourage the implementation of innovative technologies in the building sector by promoting thermal insulation during the architectural design phase, with the goal of improving interior comfort while saving energy. These initiatives reflect Algeria's strategic commitment to sustainable energy development, aiming to reduce greenhouse gas emissions, conserve hydrocarbon resources, and meet growing domestic energy demands through renewable sources. (Ministry of Energy and Mines, 2021). The responses are summarized in Table 2. Respondents were questioned about their involvement in the program and the international context of the energy transition. Table 2 indicates that 58% of architects have never read the program, 32% have read it but have not used it in the design of their architectural projects, and only 10% of the sample read the program and attempted to use it (Question 1). Of the remaining 42% who have read the program, 40% believe it is feasible, 34% believe it is not feasible, and 26% abstained (Question 2). The previous 35% percentage had been spread by the non-feasibility of the program, which is estimated to be 44% because of political barriers, 24% because of financial barriers, and 18% because of technical barriers, while approximately 14% abstained (Question 3).

Regarding the international context of the energy transition, a large section of the survey sample (72%) thinks that it is a necessity and a priority to preserve the planet from the negative effects of the use of fossil fuels, pollution, and global warming by a percentage of respondents around 35%. The scarcity of fossil fuels by 20%, and the sustainability of renewable energies by a similar percentage. Saving renewable energy is another reason for need by 15% of respondents, with only 10% believing it is for political reasons.

The energy transition is an international requirement for 18% of architects; half of this last percentage believes that environmental protection is the responsibility of all countries on the planet, while 40% believe it is an international requirement as a result of globalization and the rest as a result of the global shift to new technologies. Because of the diversity of resources in each country and the high cost of new technologies, 08% have chosen to transition to renewable energy. Furthermore, 2% believe the energy transition is unimportant because it is utopian and not a global priority (Question 5 and Question 6).

3.2. The managerial axis: management at the service of energy efficiency

The second section of the questionnaire focuses on the managerial axis (Table 3), starting with the identification of the person in charge of the energy decision. More than half of the sample mentioned both the project owner and the architect at the same time, with approximately 40% believing it is the project owner's responsibility to include this in the specifications (Question 6). Sixty-eight percent of the respondents do not believe that incorporating new concepts into architectural design will cause delays in general deadlines or task planning. Only 25% agreed that it could cause delays (Question 7).

Table 1. Target sample of Algerian architects surveyed for this study, including the number of questionnaires distributed and responses received across 11 departments representing different climatic regions of Algeria (maritime, semi-arid, and arid)

Department	Number of questionnaires sent	Number of responses received	Years of experience		
			Between 0 and 5 years	Between 5 and 10 years	More than 10 years
Adrar	73	20	0	12	8
Alger	719	54	1	7	46
Annaba	240	56	6	18	32
Blida	274	20	2	4	14
Constantine	324	54	1	8	45
Ghardaïa	68	19	2	5	12
Oran	327	30	2	8	20
Ouargla	113	19	0	4	15
Sétif	530	63	9	15	39
Tipaza	98	9	2	4	3
Tlemcen	136	27	0	5	22
Sum	2902	371	25	90	256

Table 2. Responses to the political axis: the participation of architects in Algeria's energy efficiency program and its international context

Question 1: How would you describe your participation in this program?	
Response	Ratio (%)
I have read it and applied it	10
I have read it, but I have not applied it	32
I have never read it	58
Question 2. Do you think this program is feasible?	
Response	Ratio (%)
Yes	40
No	34
I do not know	26
Question 3. If you find that it is not feasible, what do you think the obstacles are?	
Response	Ratio (%)
Political	44
Financial	24
Technical	18
I do not know	14
Question 4. Do you think that the energy transition today in its international context is:	
Response	Ratio (%)
1. A necessity and a priority	72
2. An international requirement	18
3. A choice	8
4. Not important	2
Question 5. Why do you think it is:	
Response	Ratio (%)
1. A necessity and a priority: From 72	
1. The preservation of the planet from the effects of non-renewable energies	35
2. The scarcity of non-renewable fossil resources	20
3. The sustainability of renewable energies	20
4. Energy saving	15
5. Political reasons	10
2. An international requirement: From 18	
1. Requirement for the protection of the atmosphere	50
2. Globalization	40
3. The global energy transition towards renewable energies	10
3. A choice: From 8	
1. The diversity of resources in each country	65
2. The high cost	35
4. Not important: From 2	
1. It is utopian	25
2. It is not a priority	25
3. I do not know	50

Regarding the consequences of quality and non-compliance with specification requirements, the responses were divided into two groups, with one half stating that there are negative consequences and the other half stating that there are none. The causes of non-compliance with the requirements of the specifications in the design are the budget and communication management, which are 29% and 25%, respectively, followed by the selection of masterwork and a lack of skilled labor, which are 15% and 21% respectively, and deadlines, which are around 8% (Question 9). The findings also show that 40% and 25% of respondents consider communication management to be poor and very poor, respectively (Question 10).

3.3. The technical axis: energy efficiency in architectural design

Table 4 summarizes the results from the third part of the questionnaire, which included three questions about the technical axis. An efficient architectural design can reduce energy consumption by up to 40% (Akadiri et al., 2012). Thermal insulation and optimal building orientation are two architectural

solutions that reduce energy consumption in constructions that can be positive in energy production by incorporating new renewable resource technologies. Table 4 shows that 37% of responding architects “often” consider architectural solutions when designing architectural projects, while 28% “always” consider the building’s orientation, insulation, and compactness. While 24% of respondents said they do “sometimes,” only 9% and 2% said they do “rarely” and “never” in that order (Question 11). According to the responses collected, the integration of new technologies in architectural design is “rare” for 28% of the sample, 15% have “never” integrated renewable energies in their designs, 32% and 18% have “sometimes” and “often” integration and only 7% have implemented new technologies in constructions (Question 12). According to the study sample, the first cause of these results is the budget (36% of responses), followed by a lack of skilled labor (27% of responses). The cause is a lack of factories that manufacture the equipment, which has an impact on budgets and deadlines; the remaining 11% chose the “other” response, which includes political will, stakeholder awareness, culture, and specification requirements (Question 13).

Table 3. Responses of managerial axis: management for energy efficiency

Question 6. Do you think that taking energy efficiency into account is the responsibility of:	
Response	Ratio (%)
1. Project owner	43
2. Architect	02
3. Both of them	55
Question 7. Do you think that integrating new concepts into architectural design can lead to delays in overall deadlines or task planning?	
Response	Ratio (%)
1. Yes	25
2. No	68
3. I do not know	07
Question 8. Do you think the integration of new concepts in architectural design, such as renewable energies, has an impact on quality (in the sense of compliance with specifications) in the implementation phase of sustainable projects?	
Response	Ratio (%)
1. Yes	43
2. No	50
3. I do not know	7
Question 9. What are the causes of non-compliance with requirements and specifications in project design?	
Response	Ratio (%)
1. Budget	29
2. Communication management	25
3. Skilled workforce	21.5
4. Delays	8
5. Choice of architect	15
6. Other	2
Question 10. How would you rate communication management between project stakeholders in Algeria?	
Response	Ratio (%)
1. Excellent	1
2. Good	4
3. Average	30
4. Poor	40
5. Too poor	25

Table 4. Responses of the technical axis

Question 11. When designing your projects, do you think about integrating architectural solutions that reduce energy consumption in the building?	
Response	Ratio (%)
1. Always	28
2. Often	37
4. Sometimes	24
5. Rarely	9
6. Never	2
Question 12. When designing your projects, are you thinking of integrating new renewable energy technologies such as solar energy and photovoltaics?	
Response	Ratio (%)
1. Always	7
2. Often	18
3. Sometimes	32
4. Rarely	28
5. Never	15
Question 13. What do you think are the possible causes of the constraints on sustainable and ecological design?	
Response	Ratio (%)
1. Skilled workforce	27
2. Budget	36
3. The lack of factories to manufacture equipment and the resulting impact on budgets and deadlines	26
4. Other	11

4. Discussions

4.1. The political axis

The first part of the hypothesis identifies political challenges to the energy transition despite the fact that 40% of respondents who read the program believe the program is feasible. The rest of the architects are not considering the Algerian political program and the consideration of energy efficiency. However, the findings indicate that they are aware of the importance of the energy transition and its necessity in an international context. Despite being aware of the need for a transition, 70% of the sample with more than 10 years of experience have not yet shifted to new technologies in their design practices.

The top-down approach to drawing up a national renewable energy and energy efficiency program for 2030 came up against a global international agreement that could be signed at the Climate Conference (COP) without taking into account the conditions and means specific to each country. Therefore, there is no single model that can be applied worldwide: differences in relative development, available resources (including energy resources), and different economic and institutional models result in very different situations. Even in countries with similar geography or culture, they can be very different (Bersalli and Simon, 2017).

There is also a lack of participation and contribution from all stakeholders in establishing a national multidisciplinary dialogue on energy planning from all disciplines that relate to being at the same stage and working together to achieve specific goals (Döring, 2019). We notice the lack of political condemnation and the follow-up on recommendations and requests.

These political axis elements help to confirm the first part of the hypothesis regarding the political stakes involved in disseminating the national program and monitoring its implementation in the architectural project design.

4.2. The managerial axis

According to the analysis of the results of the managerial axis, which is the third component of the hypothesis, the most significant challenges are stakeholder communication management, cost management, and a lack of monitoring and evaluation.

4.2.1. Communication management

The proposed solution for managing communication and information exchange is consistent with an integrated design, a method used during the design phase of a construction project. Regardless of its task and scope, the objective of the collaborative process is to involve all the professionals concerned together for collaboration (engineers, architects, economists, managers), and in a participatory approach, the non-professional actors (users, authorities) could be included in this process (Daoust and Forgues, 2017; Dionne, 2015) with an efficient adoption of information and communication technology ICT, in addition to the exploitation of Controlled use of ICT could aid in the integration of efficiency in the process, but this is unlikely only if the design managers employ a structured, systematic approach.

This approach to information management would ensure that participants received the correct information at the appropriate time (Pacheco et al., 2012; Pala and Bouchlaghem, 2019; Zanni et al., 2016).

4.2.2. Cost management

Several factors influence building costs. A common argument against increasing energy efficiency standards is that they require more bespoke designs, which raises builders' costs. A strategy used in some countries is based on energy performance contracts (EPC), which revolve around four axes: energy supply, engineering, financing, installation, and maintenance. They consist of ensuring energy savings through the reduction in energy consumption achieved by construction or renovation projects. It takes a financial approach and compensates the consumer in the medium or long term (Munch, 2016).

4.2.3. Monitoring and evaluation

It is critical to develop a measurement and evaluation plan that includes a reference situation, a follow-up period, a definition of energy prices, a determination of responsibility for follow-up, and the specification of quality assurance procedures (Munch, 2016). These elements help to confirm the first part of the hypothesis regarding the managerial axis.

4.3. The technical axis

In terms of the technical axis, which is the third part of the hypothesis, the majority of responses indicate awareness of architectural solutions. Nonetheless, the solutions for integrating new technologies are still very weak; the architects mention that this is because of a lack of skilled labor, a lack of factories that manufacture the equipment, and the consequences on budget and deadlines, budget and local mentality. So, the second part of the hypothesis regarding the technical axis can be confirmed. Consequently, we propose the following solutions:

- Increased local energy production: Algeria currently has only four factories producing solar panels.

The encouragement of local investment allows for a reduction in the additional cost of integrating renewable energies by leveraging the vast solar potential (Attia et al., 2012).

- Workforce qualification.
- Orientation toward the use of new information and communication technologies to assist in energy decision-making (Oumeziane, 2005).

5. Synthetic guidelines for implementing energy efficiency in the architectural design

To achieve energy efficiency in the building sector, we suggest the adoption of a multidisciplinary approach covering a number of the most important guidelines from the results of the review of the literature and the survey findings (summarized in Fig. 2):

- *smart energy decision*: the energy decision has three levels: the international level of standardization, the local level of each country based on legislation and regulations, and the third level unique to each project in the form of specifications;
- *project management*: construction projects are becoming more complex and difficult to manage; however, ensuring effective communication management, cost efficiency, and a monitoring and evaluation plan can help achieve performance goals;
- *architectural design*: through the integration of energy-efficient design strategies, the exploitation of software and programs to design performant projects, and finally, the qualification of the workforce.

6. Conclusions

This study examined the importance of considering energy efficiency during the design phase in order to reduce energy consumption.

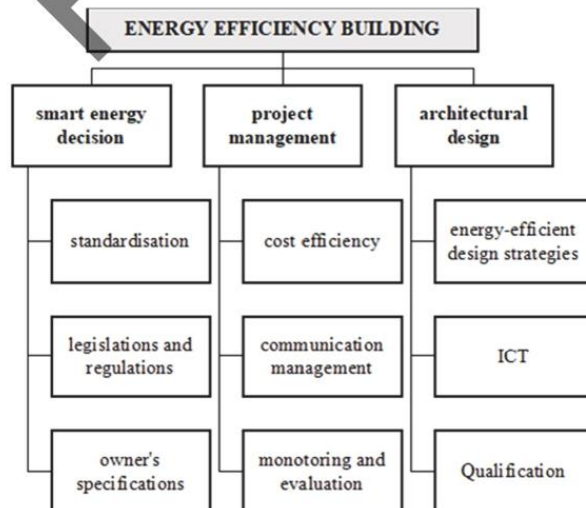


Fig. 2. Schematic of synthetic guidelines for implementing energy efficiency in the architectural design

Furthermore, the paper aimed to assess Algerian architects' involvement in efficiency and the barriers that prevent them from designing for outperformance as a case study of a developing country in order to identify some Transition Energy challenges. The findings revealed that adequate consideration of these critical concepts is still lacking. Most responding architects appeared hesitant to incorporate efficient design and solar technologies into their projects. The findings identified two significant challenges: the budget challenge (29%) and a lack of communication and information exchange between the multidisciplinary team (25%). The results also reveal second-degree constraints such as local mentality, insufficient production of solar panels, a lack of workforce qualification, and a lack of political censorship and follow-up on recommendations and demands.

The solutions proposed to address the aforementioned challenges included encouraging an integrated conception with the collaboration of all project actors (professionals and non-professionals), developing a communication plan, and implementing information and communication technologies (ICT) in project management and even architectural design.

References

- Akadiri P.O., Chinyio E.A., Olomolaiye P.O., (2012), Design of a sustainable building: a conceptual framework for implementing sustainability in the building sector, *Buildings*, **2**, 126-152.
- Attia S.G., Grätia E., De Herde A., Hensen J.L.M., (2012), Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design, *Energy and Buildings*, **49**, 2-15.
- Bashmani S., (2014), A comparative analysis of the formulas used to calculate the random sample size, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Economic and Legal Sciences Series*, **36**, 85-100.
- Belussi L., Barozzi B., Bellazzi A., Danza L., Devitofrancesco A., Fanciulli C., Gjellere M., Guazzi G., Meroni I., Salamone F., Scamoni F., Scrosati C., (2019), A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency, *Journal of Building Engineering*, **25**, 100772, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2019.100772>.
- Bersalli G., Simon J.C., (2017), Towards an energy transition in emerging countries: what policies to encourage renewable energy in the electricity sector in Argentina, (in French), *Developpement Durable et Territoires*, **8**, 1-21.
- Boonkanit P., Aphikajornsin A., (2010), An energetic ecodesign at conceptual design phase, *International Journal of Industrial Engineering*, **17**, 190-199.
- Daoust A., Forgues D., (2017), Proposal of a framework for the use of energy simulation tools within an integrated design process (in French), *Leadership en matière d'Infrastructures Durables*, Vancouver, Canada, On line at: https://www.csce.ca/elf/apps/CONFERENCEVIEWER/conferences/2017/pdfs/CONSPEC/FinalPaper_240.pdf
- de Jesus Pacheco D.A., Schwengber ten Caten C., Jung C.F., Sassanelli C., Terzi S., (2019), Overcoming barriers towards sustainable product-service systems in small and medium-sized enterprises: state of the art and a novel decision matrix, *Journal of Cleaner Production*, **222**, 903-921.
- Dionne J.P., (2015), *Integrated design, a facilitating process for reducing environmental impacts and improving the energy efficiency of buildings* (in French), PhD Thesis, Superior School of Technology, University of Quebec., Montreal.
- Döring M., (2019), Sustainability-oriented energy planning: anchoring Tunisia's energy transition at the local level (in French), On line at: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-62645-8>
- Feria M., Amado M., (2019), Architectural Design: Sustainability in the decision-making process, *Buildings*, **9**, 135, <https://doi.org/10.3390/buildings9050135>.
- Geyer P., (2012), Systems modelling for sustainable building design, *Advanced Engineering Informatics*, **26**, 656-668.
- Ministry of Energy and Mines, (2021), The national program for renewable energies and energy efficiency by 2030, On line at: <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>
- Munch L., (2016), Energy efficiency approach in 20 tool sheets, (in French), DUNOD, Paris, France.
- Nindita V., Purwanto P., Windarta J., (2023), A comparison among the rating systems for sustainability of green building: a review, *Environmental Engineering and Management Journal*, **22**, 1037-1046.
- Othman A.M.A., Matarozzo A., (2021), Impacts of climate change on building energy performance: analysis of future scenarios for an office building in Milan, MSc Thesis, Politecnico di Milano, Italy.
- Oumeziane H., (2005), *A systemic approach for integrated building engineering: Contribution to the interoperability of building actors in advanced design* (in French), PhD Thesis, Ecole Centrale, Paris, France.
- Pala M., Bouchlaghem D., (2019), *How could ICT benefit design managers for assessing sustainability of their project?*, 7th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction, São Paulo, Brazil, 15-17 August.
- Shakib B., (2014), Comparative Analysis of Formulas Used to Calculate the Size of the Random Sample, (in Arabic), *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies- Economic and Legal Sciences Series*, **36**, 85-100.
- Turrin M., Buelow P.V., Stouffs R., (2011), Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms, *Advanced Engineering Informatics*, **25**, 656-675.
- Umoh A.A., Adefemi A., Ibekwe K.I., Etukudoh E., Ilojiyanya V., Nwokediegwu Z., (2024), Green architecture and energy efficiency: a review innovative design and construction techniques, *Engineering Science & Technology Journal*, **5**, 185-200.
- Zanni M.A., Soetanto R., Ruikar K., (2016), Towards a BIM-enabled sustainable building, *Architectural Engineering and Design Management*, **13**, 101-129.



Nom et Prénom : Sarra ROUINI

Managériale d'Impact d'Efficacité Energétique Sur la Qualité Dans les
Projets Durables

CasDu C.E.M ZOUINI Taher - Ali Mendjeli

Thèse en vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en
Management de projet

Résumé

La présente recherche a été menée pour objectif principal d'examiner l'impact de l'efficacité énergétique sur la qualité au niveau de la maîtrise d'œuvre ainsi que dans le projet architectural en analysant les résultats de questionnaire d'enquête adressé aux 256 architectes algériens, visant à élaborer une étude managériale globale de l'efficacité énergétique liée à la maîtrise d'œuvre en Algérie selon trois axes : politique, managérial, et technique, et à évaluer concrètement un cas d'étude conçu en se basant sur un modèle BIM.

Les résultats ont révélé que la prise en compte d'efficacité énergétique reste encore insuffisante à cause des défis significatifs tels que : le manque de communication entre l'équipe multidisciplinaire et le budget dans un premier lieu, dans un second degré comme la mentalité locale et le manque de main-d'œuvre qualifiée. Les solutions proposées ont été l'encouragement de la conception intégrée avec la collaboration de toutes les parties prenantes en élaborant un plan de communication et la mise en œuvre d'un plan de suivi et d'évaluation.

Quant aux résultats liés au projet architectural. L'analyse de l'étude de cas a confirmé que l'appui sur ses outils BIM pour optimiser l'efficacité énergétique peuvent réduire le cout par un pourcentage de 80% de 12.8 USD/ m²/an à 2.48 USD/ m²/an en assurant la qualité dans un contexte durable.

Mots clés efficacité énergétique, qualité, durabilité, BIM/INSIGHT

Directeur de thèse : Mr BELHADJ-MOSTEPHA Slimane-Université Constantine 3
Mdm BELLARA LOUAFI Samira - Université Constantine 3

Année Universitaire : 2019-2020

