

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département de Génie Civil

Mémoire pour l'obtention du

Diplôme de Master en Génie Civil

Option **Civil Engineering Management**

Intitulé

**Projet d'une bâtisse de (3.5 x 3.5 m²) à efficacité énergétique :
de l'idée à la clôture du projet en passant par la réalisation**

Présenté par

BABA AHMED Abla Narimene

MEDJAHDI Housseyn Ismail

Soutenu en juin 2013 devant le jury composé de

MEGNOUNIF A.	<i>Professeur</i>	Président
ALLAL M. A.	<i>Professeur</i>	Encadreur
MELOUKA S.	<i>Maître assistant A</i>	Encadreur
BENHABIB M. A.	<i>Ingénieur</i>	Encadreur
BENACHENHOU K. A. ép. HAKIKI	<i>Maître assistante A</i>	Examinatrice
BENYELLES Z.	<i>Maître assistant A</i>	Examineur

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'études

A feu mon grand-père Abdelkader BABA AHMED, qui a fait peu d'études et qui a toujours encouragé ses petits enfants pour en faire.

A mes parents qui ont fait de moi ce que je suis en ce moment, je les remercie pour leur soutien et leur aide apportés tout au long de ce projet.

A mon petit frère, Nassim, que j'embêtais souvent mais qui n'hésitait pas à prendre sur son temps pour donner un coup de main sur chantier.

A mes grand parents maternelle, qui s'inquiétaient plus que moi pour mon projet. A

mes tantes qui même de loin me soutiennaient moralement.

A mon binôme MEDJAHDI Housseyn Ismail, pour son travail, son calme et son soutien durant cette étape importante.

Et enfin à mes camarades, qui m'ont soutenu durant cette épreuve et qui ont participé à la construction de notre maisonnette : Hamid , Faiza , Anis , Imane, Omar, Redouan, Ilyes, Fethi, Ryadh, Nassim et surtout Djamel KARA SLIMANE pour son aide et son soutien durant toute l'année.

BABA AHMED A. N.

Je dédie ce mémoire de fin d'études

A mes parents que je remercie beaucoup de leur soutien durant toute la période de mes études, particulièrement à maman à qui je souhaite une très vite guérison.

A mes sœurs, Nawel à qui je souhaite un heureux mariage et Samia à qui je souhaite un fleurissant parcours dans ses études.

A mes grands parent et toute ma famille, spécialement GANA Yacine à qui je souhaite une excellente remédiation.

A toute la promotion C.E.M professeur et étudiants, en particulier HADDAM Abdel Hamid qui m'a aidé durant tous mon MASTER avec courtoisie et modestie.

A mon binôme BABA Ahmed Abla Narimene pour le travail remarquable qu'elle a fourni durant ce projet de fin d'études.

A MAHMOUDI Nour El Houda pour son soutien moral.

A toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à l'accomplissement de ce mémoire, exceptionnellement messieurs ALLAL A., BENHABIB A. et MELLOUKA S.

MEDJAHDI Housseyn Ismail

Remerciements

Nous remercions Dieu tout Puissant qui nous a donné la force et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre encadreur Mr ALLAL Mohammed El Amine, pour avoir accepté de nous encadrer tout au long de ce travail, pour sa disponibilité, son amabilité, ses conseils et suggestions durant tout notre cursus, et pour toute l'aide morale qu'il n'a cessé de nous donner.

Nous tenons aussi à remercier nos deux co-encadreur Mr MELLOUKA Smain et Mr BENHABIB Mohammed El Amine pour leur disponibilité, leurs aide et conseils et surtout leur patience pendant la réalisation de la maquette.

Nous tenons également à remercier Mr MEGNOUNIF pour l'honneur qu'il nous fait de présider notre jury de soutenance nous lui exprimons ici notre profonde gratitude.

Nos remerciements s'adressent ensuite à Mme BENACHENHOU Kamila Amel épouse HAKIKI et Mr BENYELLES qui ont aimablement accepté d'examiner et de juger notre travail. Sans oublier nos très chères familles et surtout parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Nous remercions aussi l'université AbouBekr Belkaid ainsi que l'équipe des laboratoires : de topographie, et de structure d'avoir mis en notre disposition le matériel nécessaire pour l'achèvement du projet.

Nous remercions Karoune, pour son aide incroyable, sa patience et son transfert d'expérience pendant la construction de notre maquette.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à tous et à toutes.

Résumé

Le travail présenté ci-après porte sur la conduite d'un projet de construction d'une bâtisse de 3,50 m x 3,50 m à efficacité énergétique, de la définition jusqu'à la clôture du projet, en passant par la planification et la réalisation. Celui-ci est conduit et managé par les étudiants, aussi bien sur les aspects théoriques que pratiques. L'objectif technique est d'explorer un nouveau procédé de construction en Algérie, qui consiste à isoler l'enveloppe extérieure de la bâtisse par du polystyrène expansé. Aussi, nous exposons dans ce document, tous les détails techniques de la bâtisse, ainsi que le planning de construction, les ressources utilisés et leurs coûts, les risques rencontrés et leur gestion. Des rapports sur l'état d'avancement du projet, le suivi et la maîtrise des délais, des coûts et des mesures de performance sont présentés en vue de permettre l'évaluation du projet, étape finale nécessaire à l'apprentissage.

Mots clés : Efficacité énergétique, isolation thermique, management de projet.

Abstract

The work presented below is about the conduct of a project to construct a building of 3.50 mx 3.50 m to energy efficiency, the definition until the end of the project through the planning and realization. It is led and managed by students, both on theoretical and practical aspects. The technical objective is to explore a new method of building in Algeria, which is to isolate the outer shell of the building of expanded polystyrene. Also, we present in this paper, all the technical details of the building and the construction schedule, resources used and their costs, the risks faced and their management. Reports on the progress of the project, monitoring and control of time, cost and performance measures are presented to enable the evaluation of the project, the final step necessary for learning.

keywords : Energy efficiency, thermal isolation, project management.

ملخص

العمل المقدم أدناه هو عن مشروع للإنشاء مبنى من 3.5 متر 3.5 متر ذو كفاءة الطاقة و متابعة المشروع من خلال التخطيط و التحقيق . ويقاد المشروع من قبل الطلاب سواء على الجوانب النظرية أو العلمية. الهدف هو تجريب طرية جديدة في الجرائر و التي هي عزل الغلاف الخارجي للمبنى بالبولىسرين أيضا فإننا نقدم التفاصيل التقنية و الجدول الزمن للبناء و أيضا الموارد المستخدمة و تكاليفها و المخاطر التي واجهت المشروع. يتم عرض رصد و مراقبة تدابير المقمة و الكلفة و الأداء تقارير و التقدم في المشروع للتمكن من تقييم المشروع فان الخطوة النهائية هي التعلم.

الكلمات الرئيسية كفاءة الطاقة، و العزل الحراري ,إدارة المشاريع

Table des matières

Dédicaces	I
Remerciements	II
Résumé	III
Abstract	IV
ملخص	V
Table des matières	VI
Table des figures	IX
Liste des tableaux	XI
Abréviations	1
Introduction	1
1 Généralités	4
1.1 Introduction	4
1.2 Efficacité énergétique dans le bâtiment	4
1.2.1 Définitions	4
1.2.2 Les besoins de l'occupant	7
1.2.3 Étapes pour arriver à une construction à efficacité énergétique . .	9
1.3 Management de projet	12
1.3.1 Définition	12
1.3.2 Pourquoi le management de projet ?	12
1.3.3 Caractéristiques du management de projet	13
1.3.4 Domaines de connaissance en management de projet	14
1.3.5 Les différents groupes de processus du management de projet : . .	16
1.4 Conclusion	20

TABLE DES MATIÈRES

2	Étude & réalisation de la maisonnette	21
2.1	Introduction	21
2.2	Phase études préalables/avant projet	22
2.2.1	Étude d'opportunité	22
2.2.2	Cadrage du projet	26
2.2.3	Définition des exigences du projet	28
2.3	Phase études	28
2.3.1	Conception architecturale	29
2.3.2	Prédimensionnement des éléments structuraux	34
2.3.3	Dimensionnement et étude béton armé	35
2.3.4	Calcul de l'épaisseur optimal de l'isolant :	38
2.3.5	Bilan thermique	39
2.4	Conclusion	43
3	Le management du projet « maisonnette a efficacité énergétique »	44
3.1	Introduction	44
3.2	Management de l'intégration du projet	45
3.3	Management du contenu du projet	46
3.3.1	Définition	46
3.3.2	La recueille des exigences	47
3.3.3	Création du WBS	47
3.3.4	Vérification du contenu	50
3.3.5	Maîtrise du contenu	52
3.4	Management des risques du projet	52
3.4.1	Définition	52
3.4.2	Plan de management des risques	53
3.4.3	Identification des risques	53
3.4.4	L'analyse qualitative des risques	54
3.4.5	Mettre en œuvre l'analyse quantitative des risques	54
3.4.6	Planifier les réponses aux risques	55
3.4.7	Surveiller et maîtriser les risques	56
3.5	Management des délais du projet	56
3.5.1	Définition	56
3.5.2	Définition des activités	58
3.5.3	Organiser les activités en séquence	58
3.5.4	Estimer les ressources nécessaires aux activités	65
3.5.5	Estimer la durée des activités	65
3.5.6	Élaboration de l'échéancier	65
3.5.7	Maîtrise de l'échéancier	65
3.6	Management des coûts du projet	72
3.6.1	Définition	72
3.6.2	L'estimation des coûts	72

TABLE DES MATIÈRES

3.6.3	La détermination du budget	72
3.6.4	Maîtrise des coûts	74
3.7	Management de la qualité	74
3.8	Management des communications	75
3.9	Management des ressources humaines	75
3.10	Conclusion	76
4	Mesures des performances et amélioration continue	77
4.1	Introduction	77
4.2	Vérification du contenu, des coûts et des délais :	77
4.3	Maitrise du contenu	80
4.4	Maîtrise de l'échéancier	81
4.5	Maîtrise des coûts	83
4.6	Amélioration continue	85
4.7	Conclusion	88
	Conclusion	89
	A Tableaux	90
	B Calcul du bilan thermique	98
	C Cahier des charges	102
	D WBS et diagramme de GANTT du PFE	121
	E Rapports des points de contrôle du projet	126
	Bibliographie	128

Table des figures

1	Consommation finale par secteur d'activité en 2005 en Algérie	1
1.1	Modes de transfert de chaleur	5
1.2	Transfert de chaleur	6
1.3	Types de ponts thermiques	6
1.4	Débit d'air requis pour l'évacuation	9
1.5	Processus général du management de projet	12
1.6	Les contraintes de la construction	13
1.7	Domaines de connaissances (<i>PMBOK 2009</i>)	14
1.8	Définition des domaines de connaissances	15
1.9	Interactions des processus de management de projet (<i>PMBOK 2009</i>) . .	17
2.1	Cycle de vie d'un projet de construction	21
2.2	Avant projet	22
2.3	L'étude d'opportunité	23
2.4	Étapes de l'étude de faisabilité	24
2.5	Étapes de la phase études	29
2.6	Plan de masse	30
2.7	Vue en plan	31
2.8	Coupe A-A	32
2.9	Plan de coffrage	33
2.10	Variations du prix et de la déperdition en fonction de l'épaisseur du polystyrène	38
2.11	Photo des différents composants du mur	39
2.12	Procédé de comparaison	40
2.13	Comparaison entre les deux procédés de construction	43
3.1	Cycle de gestion de projet	45
3.2	Superposition des activités du management de projet sur le cycle de vie du projet.	45
3.3	WBS réalisation d'une maisonnette de 3,50m x 3,50m à efficacité énergétique	49

TABLE DES FIGURES

3.4	Planification sur MSP	51
3.5	Matrice des risques	55
3.6	Liaisons entre les tâches	59
3.7	Graphie des ressources	66
3.8	Suivi du chantier sur Excel	67
3.9	Affectation des ressources	73
3.10	Principes du management de la qualité	74
3.11	Processus de communication	75
4.1	Graphique de la valeur acquise	82
4.2	Indice de performance au fils du temps	83
4.3	Statut des coûts du projet	84
4.4	Statut du projet du point de vue travail réel, restant et planifié	84
4.5	Fouille + élément en béton armé	86
4.6	Travaux de terrassements	86
4.7	Creusement des fouilles	87

Liste des tableaux

1.1	Conditions thermiques et aéroliques	8
1.2	Quelques sources de pollution	8
1.3	Correspondance entre groupe de processus de management de projet et domaine de connaissance. (<i>PMBOK 2009</i>)	19
2.1	Analyse préliminaire des risques	26
2.2	Matrice de cadrage	27
2.3	Matrice des priorités	28
2.4	Calculs pour les éléments de la structure	36
2.5	Composition du béton	37
2.6	Quantité d'acier	37
2.7	Bilan thermique de la maisonnette à une seule paroi	41
2.8	Bilan thermique de la maisonnette à double parois	42
3.1	Formulaire d'évaluation des risques	54
3.2	Matrice de réponses aux risques	57
4.1	Comparaison entre la planification V1.0 et le contenu réel du projet . .	78
4.2	Maîtrise du contenu	81
A.1	Caractéristiques des matériaux isolants	91

Abréviations

GIZ : Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit ; Organisme de coopération Allemand - initiateur du projet de transfert.

PFE : Projet de fin d'études.

SATINFO : Société Algérienne des Techniques d'Information.

UABT : Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

WBS : Work Breakdown Structure.

SDP : Structure de découpage du projet.

MSP : Microsoft Project.

CEM : Civil Engineering Management.

GES : Gaz à effet de serre.

EC : Ecart des coûts.

ED : Ecart des délais.

CRTE : Coût réel du travail effectué.

CBTE : Coût budgété du travail effectué.

VA : Valeur acquise.

IPP : Indice de performance du planing du projet.

IPC : Indice de performance de planification.

PC : Point de contrôle

Introduction

A cause d'une démographie galopante, le monde compte de plus en plus de personnes. Comme partout, en Algérie la courbe de la population est croissante, et qui dit augmentation de la population dit augmentation de la consommation d'énergie dans tous les secteurs : résidentiel, transport, bâtiment et l'agriculture.

Nous savons qu'en Algérie, en 2005, le secteur résidentiel était classé numéro 1 en terme de consommation d'énergie finale, selon le ministère des énergies et des mines, suivi en cela par le transport, l'industrie du bâtiment et travaux publics puis l'agriculture (*figure 1*). Même si les pourcentages ont sûrement changés, l'ordre de consommation énergétique n'a pas changé.

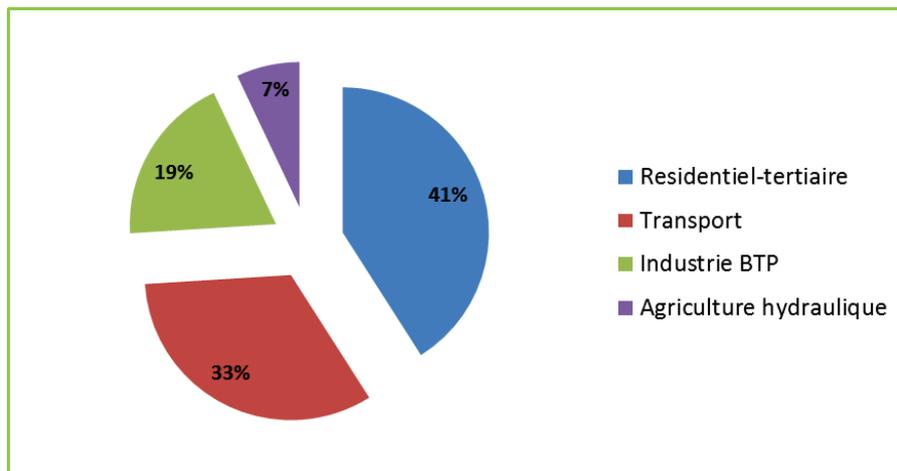


FIGURE 0.1: consommation finale par secteur d'activité en 2005 en Algérie
(*Ministère des énergies et des mines 2005*)

Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures et le gaz naturel, qui est l'énergie la plus disponible. Il n'est donc fait appel aux autres formes d'énergie que lorsque le gaz ne peut pas être utilisé. A long terme, l'équilibre offre-demande sera dérangé en ce qui concerne cette énergie.

« Les niveaux des besoins en gaz naturel du marché national seraient de l'ordre de 45 milliards de m^3 en 2020 et 55 milliards de m^3 en 2030. A ces besoins s'ajoutent les

volumes dédiés à l'exportation dont les revenus contribuent au financement de l'économie nationale » [SAT. 2011]

Toute cette consommation a un impact sur l'environnement, cet impact se traduit par : l'épuisement des ressources et l'augmentation des émissions GES , car l'intensité des processus de combustion pour la production de la chaleur ou de l'énergie ne fait que s'accroître.

Pour cela nous devons penser au long terme ce qui nous amène à nous poser les questions suivantes :

- Quelle sont les stratégies à adopter ?
- Qu'est-ce que l'efficacité énergétique ?
- Qu'est-ce que l'efficacité énergétique dans le bâtiment ?
- Pourquoi l'efficacité énergétique dans le bâtiment ?
- Quelles sont les techniques de construction à efficacité énergétique ?
- Comment manager ce projet en étant efficace ?
- Quelles méthodes d'estimations utiliser pour diminuer l'écart des coûts et des délais ?

Ainsi les objectifs de notre projet de fin est de :

- Faire une synthèse bibliographique de ce qui a été fait dans le monde et localement en matière d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, et en particulier dans le volet de l'isolation thermique.
- Appuyer la théorie par la réalisation d'une maisonnette de $(3,5 \times 3,5) m^2$ et d'isoler les murs par l'extérieur avec du polystyrène expansé afin de voir l'influence de l'enveloppe sur la température surfacique intérieure des murs dans le climat de Tlemcen.
- Conduire ce projet avec les outils de management de projet. Reconnu de bonne pratique, et regroupés dans le PMBOK (PMI), à savoir, management du contenu, des coûts, des délais, des risques, de la qualité, et tout cela à partir de l'étude d'opportunité/faisabilité jusqu'à la clôture du projet.
- La comparaison entre une construction normale et une construction à efficacité énergétique (du point de vue bilan thermique)
- Exploiter de nouveaux modes et procédés de construction. L'isolation : la pose du polystyrène.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous avons élaboré le plan de travail suivant :

En chapitre 1 nous parlerons en première partie des généralités sur l'efficacité énergétique, pour se familiariser avec son lexique, voir quelles sont les étapes pour arriver à une construction énergétique chose qu'on doit faire dans ce projet de construction, et aussi connaître les besoins de l'occupant afin de bien cibler ces exigences après. En seconde partie nous donnerons les généralités sur le management de projet en définissant les différents domaines de connaissances ainsi que les groupes de processus dont nous aurons besoin tout au long de notre construction.

En chapitre 2 nous trouverons les détails technique du projet de construction en allant de l'idée qui a suscité ce projet en passant par les différentes études d'opportunité, de

faisabilité, les exigences techniques jusqu'aux plans architecturaux et génie civil, et bien sur le calcul du bilan thermique.

En chapitre 3 il y aura la partie managériale de notre projet « Etude et réalisation d'une bâtisse de 3,50 m x 3,50 m à efficacité énergétique » nous passerons du management de l'intégration et du management de contenu au management des risques, des délais et des coûts.

Le dernier chapitre est réservé pour tout ce qui est maîtrise du contenu, coût et délais et de l'amélioration continue.

Chapitre 1

Généralités

1.1 Introduction

Chaque travail a besoin tout d'abord de quelques définitions, de généralités afin que le lecteur puisse suivre le cheminement de ce travail sans difficultés. Ce chapitre va nous permettre d'avoir une vision générale, ce qui nous aidera à détailler et à appliquer ce que nous avons appris. Nous allons nous familiariser avec le lexique de l'efficacité énergétique et du management de projet, car il ne peut y avoir de construction à efficacité énergétique sans une bonne gestion de projet.

1.2 Efficacité énergétique dans le bâtiment

1.2.1 Définitions

1.2.1.1 *L'efficacité énergétique*

Est le rapport entre ce que produit le dispositif ou le système, et ce qu'il absorbe comme énergie. Son concept c'est : consommer moins pour le même confort thermique.

1.2.1.2 *L'efficacité énergétique dans le bâtiment*

Le bâtiment consomme une quantité importante d'énergie ; pour cela le concept de l'efficacité énergétique dans le bâtiment a été développé. Il concerne la réduction de la consommation d'énergie en utilisant un autre procédé de construction, des matériaux efficaces avec un procédé de production efficace.

1.2.1.3 *L'isolant*

« *L'isolant est un corps non conducteur de la chaleur ou de l'électricité* » [Le Petit LAROUSSE 1978]

Suivant une épaisseur étudiée l'isolant présentera une résistance thermique suffisante pour les besoins envisagés. C'est donc un matériau qui transmet mal la chaleur, que ce soit par conduction, convection ou rayonnement. Chaque matériau a des caractéristiques propres à lui comme la conductivité thermique, la capacité thermique, la densité, la résistance au feu, et aussi des avantages et inconvénients (*voir en annexe tableau A.1*).

1.2.1.4 Le transfert de chaleur

Le transfert de chaleur dans les bâtiments se fait comme entre deux milieux ayant une différence de température; nous compterons 3 modes de transfert de chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement. Les milieux sont différents et chaque milieu a son mode de transfert (*voir figure 1.1*).

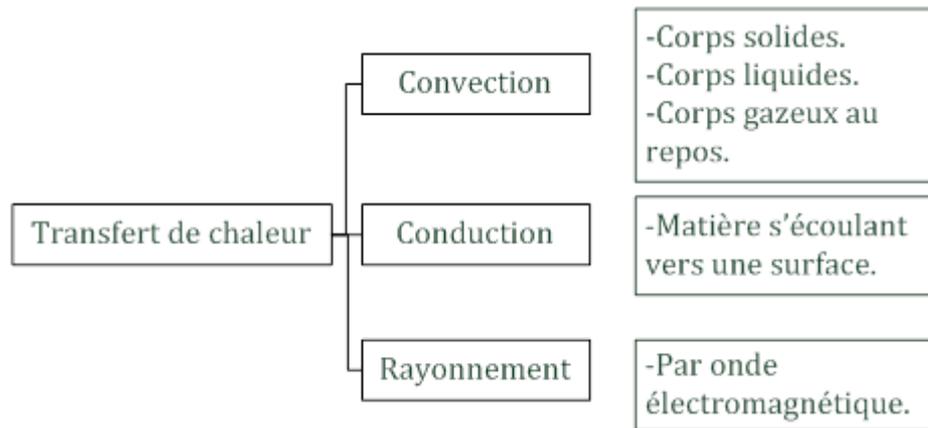


FIGURE 1.1: Modes de transfert de chaleur

Voyons un peu ce que veulent dire ces modes de transfert :

- **La conduction** : dans des corps solides ou fluides au repos, une énergie interne est transmise par la collision de particules voisines. Ce phénomène s'appelle la conductivité thermique.
- **La convection** : tout transport de chaleur depuis un fluide s'écoulant vers une surface ou *vice versa*, s'appelle la convection. On prend en considération la convection car, dans une pièce ayant une fenêtre et un élément de chaleur, un courant d'air libre se forme. une **partie de l'air** prend la chaleur par convection, devient plus légère et s'échappe vers le haut. cette dernière se refroidit ensuite, toujours par la convection, au niveau des fenêtres et des murs et devient ainsi plus lourd et retombe.
- **Le rayonnement thermique** : c'est un type de transfert thermique immatériel par ondes électromagnétiques. Le rayonnement thermique est un mode de transfert de chaleur qui doit être pris en compte, car pendant la conception des maisons à efficacité énergétique l'orientation est une chose primordiale que nous développerons

par la suite. Voici un schéma qui regroupe tous les modes de transfert de chaleur : (figure 1.2)

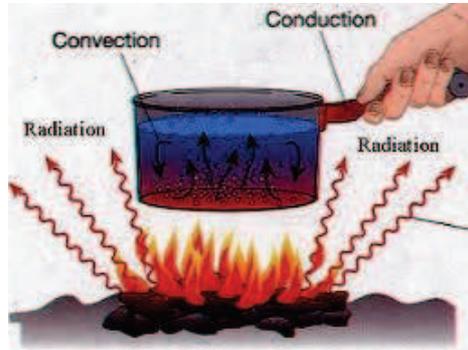


FIGURE 1.2: Transfert de chaleur
[<http://isolation-thermique.franceserv.info>]

Tous ces paramètres doivent être pris en compte lors du calcul du bilan thermique, sans oublier bien-sûr de prendre en considération les ponts thermiques, qui vont être expliqués dans le paragraphe qui suit.

1.2.1.5 Les ponts thermiques

« Un pont thermique est constitué par toute discontinuité dans la couche isolante, par tout endroit où la résistance thermique présente une faiblesse. Au voisinage d'un pont thermique, les lignes de flux se resserrent : plus de chaleur passe par unité de surface. Les isothermes se déforment en s'écartant les unes des autres. Les lignes de flux restent néanmoins perpendiculaires aux isothermes. Ces ponts ne causent pas seulement des pertes de chaleur inutiles, mais peuvent être sources de dégâts : moisissures, taches de poussière» [Techno-science]. On distingue 4 types de ponts thermiques (voir figure 1.3), qui se différencient par leurs emplacements ou leurs formes.

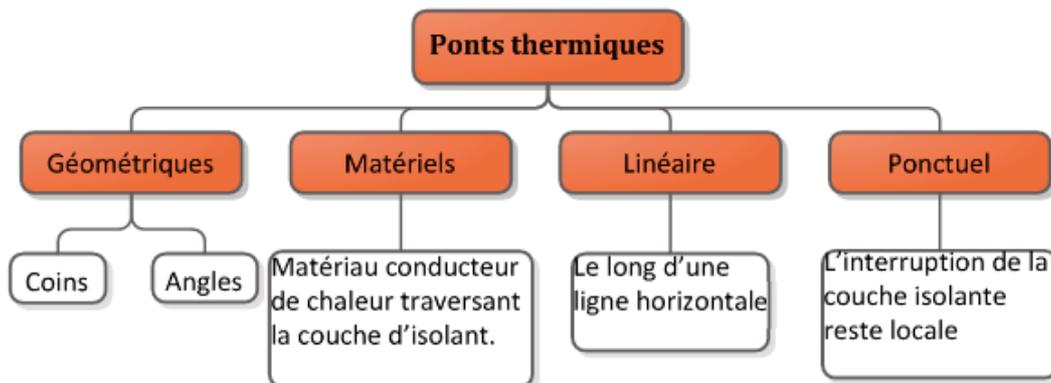


FIGURE 1.3: Types de ponts thermiques

1.2.1.6 *Le bilan thermique*

Le bilan thermique quantifie toutes les sources de perturbations extérieures (température, air neuf) et intérieures (apports internes, activité) qui vont influencer l'ambiance en température et en humidité. Le calcul du bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie nécessaire pour les besoins en chauffage en hiver et en climatisation en été.

Tout ce que nous venons de voir concerne le lexique de l'efficacité énergétique ; mais pour quoi dit-on « efficacité énergétique » ? C'est très simple, en fait la construction vient suite à un besoin exprimé par l'occupant, et donc nous allons nous concentrer sur ses besoins, afin de les satisfaire.

Et pour parvenir à cet objectif nous devons connaître les différentes variables sur lesquelles nous devons agir pour les changer, les améliorer ou faire avec en trouvant des actions correctives . Nous détaillerons les besoins de l'occupant dans les paragraphes qui suivent.

1.2.2 Les besoins de l'occupant

En premier lieu, nous savons que le logement doit permettre à son occupant de s'épanouir en lui assurant un climat intérieur agréable. Ce qui veut dire qu'on ne doit pas faire passer les exigences énergétique avant les besoins de l'habitant. Car le bâtiment est d'abord construit pour assurer le bien-être de l'occupant, et non pour économiser de l'énergie. Bien sûr, notons qu'un bon confort n'implique pas automatiquement une énorme consommation d'énergie. Par une planification intelligente et intégrée, il est parfaitement possible d'assurer une excellente qualité d'environnement intérieur avec une très faible consommation d'énergie. Le confort thermique, la qualité d'air, l'éclairage, la protection acoustique et la consommation d'énergie sont les différentes exigences à prendre en considération afin d'assurer le bien-être de l'occupant. Nous allons détailler ces exigences là dans les paragraphes qui suivent.

1.2.2.1 *Le confort*

Est un état de bien-être général. Il est mesuré a contrario par le taux d'insatisfaction des occupants. En ne prenant pas en compte les conditions propres à l'individu (métabolisme, activité, habillement), il est reconnu que les paramètres suivants (qui figurent dans le *tableau 1.1*) interviennent dans le confort de l'occupant.

Tableau 1.1: Conditions thermiques et aéroliques

Paramètres	Détails
<i>Conditions thermiques</i>	Température de l'air Sources de rayonnement Températures des surfaces environnantes Perméabilité thermique des surfaces en contact avec le corps
<i>Qualité de l'air</i>	Vitesse relative de l'air par rapport au sujet Humidité relative de l'air Pureté ou pollution de l'air, odeurs
<i>Acoustique</i>	Niveau de bruit Nuisances acoustiques Temps de réverbération (durée de l'écho)
<i>Visuel</i>	Éclairage naturel et artificiel Couleurs Volume intérieur et distribution des volumes
<i>Autres influences</i>	Degré d'occupation des locaux « ambiance »

Le confort est donc une sensation physiologique faisant intervenir plusieurs paramètres à prendre en considération pour le satisfaire.

1.2.2.2 La qualité de l'air

En général, l'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur. C'est là que le rôle de l'aération intervient en remplaçant l'air intérieur pollué par de l'air extérieur, qui est en principe plus propre. Le *tableau 1.2* nous donne une idée sur les différentes sources de pollution.

Tableau 1.2: Quelques sources de pollution

Airs	Composition
Air extérieur	Chauffage, transports, industrie SO_2 , NO_x , Co, hydrocarbures, poussières bactéries, spores, pollens
Air intérieur	Odeurs, CO_2 , vapeur d'eau, particules, bactéries tabac, feux, combustion de gaz, aldéhydes composés organiques, méthane, sprays, amiante, solvants

1.2.2.3 L'aération

Afin de maintenir les occupants en bonne santé, il faut assurer un environnement intérieur confortable. Et ceci se fait par une bonne aération. Un air sans cesse renouvelé

à l'intérieur des bâtiments est nécessaire, non pour assurer l'apport d'oxygène indispensable à la vie, mais surtout pour éliminer au fur et à mesure les divers polluants générés dans le bâtiment et qui rendent l'atmosphère malodorante et toxique. En cas d'une mauvaise, ou d'une absence d'aération, l'occupant sera incommodé par une concentration trop élevée en polluants.

Ces nuisances sont essentiellement générées par l'activité de l'occupant. Afin d'évacuer cet air pollué, chaque polluant nécessite une quantité d'air bien précise (*Figure 1.4*).

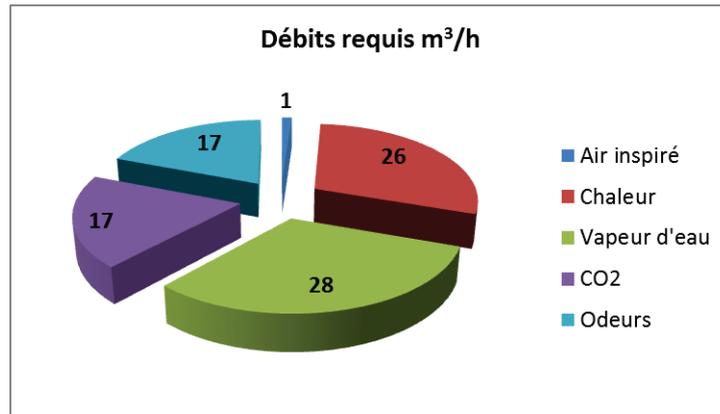


FIGURE 1.4: Débit d'air requis pour l'évacuation des polluants. *Morel et Gnansounou. 2009*

Nous pouvons remarquer que c'est la vapeur d'eau et la chaleur qui ont besoin d'une quantité importante d'air nouveau (extérieur) pour être évacué, pour garder un confort intérieur. Pour satisfaire ces exigences, il vaut mieux avoir une construction à efficacité énergétique.

Et pour cela les ingénieurs et architectes doivent suivre et respecter chaque étape du processus. Les paragraphes qui vont suivre nous donne une idée sur les points à traiter ainsi que les différentes étapes d'une construction à efficacité énergétique.

1.2.3 Étapes pour arriver à une construction à efficacité énergétique

Pour la planification de nouveaux bâtiments ou la rénovation de bâtiments existants, il serait judicieux de lister les mesures concernant l'efficacité énergétique et l'emploi des énergies renouvelables.

La première chose à prendre en considération et à étudier c'est l'isolation du bâtiment, toutes les autres mesures énergétiques sont secondaires à la bonne isolation du bâti extérieur de la construction.

1.2.3.1 *Le choix du type d'architecture*

L'architecture peut influencer de diverses manières les flux d'énergie dans un bâtiment. Une orientation optimale peut avoir un impact conséquent sur les charges de chauffage et de climatisation.

Plusieurs paramètres sont pris en considération pour l'orientation du bâtiment :

- Bien analyser le terrain en prenant en compte l'environnement proche et le micro-climat, pour connaître le régime des vents dominants, repérer le relief et la végétation et déterminer si des constructions proches peuvent faire de l'ombre à certaines heures.
- Chercher à offrir peu de prise aux vents froids, à privilégier les orientations les plus ensoleillées et à bien capter la lumière et le soleil.

Nous savons que le soleil est une source d'énergie inépuisable, donc pourquoi s'en priver ?

En jouant sur les orientations, la nature des vitrages et l'inertie thermique (une conception bioclimatique), cela nous permet d'optimiser cette part d'apports solaires. Bien sûr, il faut faire attention à la surchauffe en été, et donc éviter l'impact direct du soleil sur les fenêtres afin de réaliser des économies considérables au niveau des charges de climatisation. Pour cela, il est possible d'installer des éléments fixes ombrageant les fenêtres, telle que les écrans végétaux, des avancées de toiture, des stores extérieurs ou des pergolas.

1.2.3.2 *La masse thermique*

La masse thermique fonctionne comme un élément refroidissant durant la journée et réchauffant durant la nuit.

Nous avons tous remarqué un jour, qu'un mur massif ensoleillé et bien abrité du vent, reste chaud longtemps après le coucher du soleil, et aussi l'agréable fraîcheur d'une cave même lors des plus fortes chaleurs.

Ce phénomène s'explique par : la construction en forte inertie et la construction en faible inertie. Construire en « Forte inertie » veut dire qu'on utilise des matériaux lourds à l'intérieur de l'habitat afin de stocker la chaleur solaire et d'atténuer les variations de température interne.

À l'inverse, une maison à "faible inertie" montera vite en température au moindre rayon de soleil, sans possibilité de stocker la chaleur solaire. Les écarts de température interne seront importants, les risques de surchauffe plus élevés.

En hiver, les rayons solaires pénètrent à travers les fenêtres ; ils frappent le sol et les murs : si ces parois sont à forte inertie (par exemple avec une isolation placée à l'extérieur et non à l'intérieur), elles rayonnent ensuite lentement leur chaleur dans l'habitation.

Inversement, en été, l'inertie permet de bénéficier de la fraîcheur des murs refroidis la nuit par ventilation : c'est une excellente façon de réaliser un rafraîchissement naturel.

Dans les deux cas l'inertie joue un rôle important sur la qualité du confort intérieur en atténuant les variations de température, ce qui permet un gain sur les charges du chauffage en hiver et de la climatisation en été.

1.2.3.3 L'isolation

La mesure la plus importante pour réduire la consommation d'énergie est l'isolation thermique du bâti extérieur. Car l'approvisionnement en chaleur et en refroidissement est coordonné avec l'insolation thermique architecturale.

La quantité d'isolation est indiquée par le coefficient U d'un mur, d'un toit ou d'une fenêtre.

Il y a une multitude de matériaux isolants, chacun avec des caractéristiques propres à lui ; conductivité thermique, capacité thermique, densité, résistance au feu, et bien sûr avantages et inconvénients (*Voir en annexe le tableau A.1*). Les produits les plus fréquemment utilisés sont les produits de la laine de roche et le polystyrène.

L'isolation se fait sur les parois extérieures en plaçant l'isolant de plusieurs façons :

- Du côté intérieur du mur.
- Entre les parois.
- Du côté extérieur du mur, cette position est la meilleur car elle permet d'éliminer au maximum les ponts thermiques.

A noter qu'une bonne étanchéité des fenêtres permet également de réduire les déperditions thermiques.

Le choix d'un isolant se fait suivant plusieurs critères :

- Sa résistance au feu : pour des raisons de sécurité évidente, car il est interdit d'utiliser des matériaux de construction facilement inflammables.
- Sa résistance mécanique : résistance à la traction pour l'isolation extérieure compacte et les toitures plates non chargées et résistance à la compression pour l'isolation des dalles, des planchers ou des ouvrages souterrains.
- Sa résistance à la diffusion de vapeur d'eau : Pour limiter les risques de dégâts dus à la condensation.
- Sa faible absorption d'eau par immersion, par flottaison et par diffusion , car un matériau humide perd son pouvoir isolant.
- Sa stabilité dimensionnelle et comportement à la chaleur.
- Ses qualités acoustiques.
- Son prix.

1.2.3.4 Les fenêtres

Les fenêtres font partie du bâti extérieur. Durant la saison de chauffage, les fenêtres simple vitrage (coefficient U élevé) représentent une perte de chaleur vers l'extérieur. Par contre les fenêtres double vitrage accroissent l'isolation du bâti extérieur.

Nous avons commencé par parler du procédé de construction à efficacité énergétique, qui est un projet, et tout projet a besoin d'une gestion, d'un management pour le mener à bien. Et aussi, quand on parle d'efficacité énergétique nous parlons aussi de procédés efficaces qui veut dire, faire des économie sur le temps qui implique des économies sur le coût.

Pour cela, un bon management de projet, ne peut qu'être bénéfique pour une construction comme cela. La partie qui suit nous donne un aperçu sur le lexique de ce mode de gestion.

1.3 Management de projet

1.3.1 Définition

« Le management de projet est l'application des connaissances, de compétences, d'outils et de techniques liés aux activités du projet afin d'en respecter les exigences »

Le management de projet est un processus avec des données d'entrées, des outils et techniques et des données de sorties. (*Figure 1.5*).

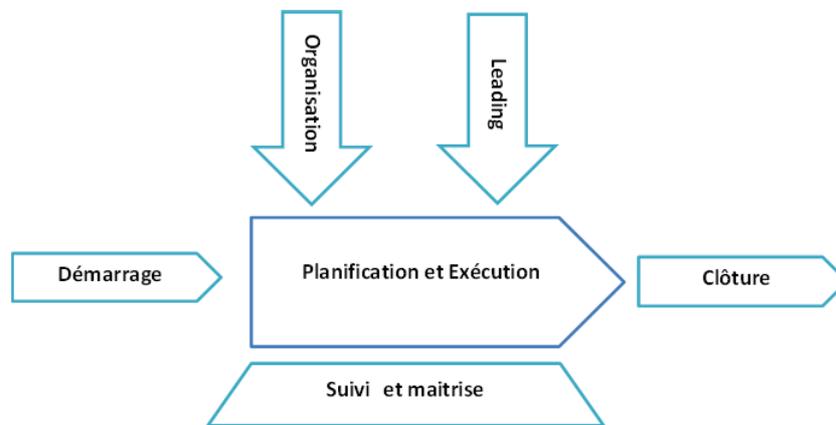


FIGURE 1.5: Processus général du management de projet

Bien sur, cette figure nous montre une vision générale du management de projet, car il se compose de plusieurs sous processus et tâches.

1.3.2 Pourquoi le management de projet ?

Le management de projet permet :

- D'avoir un langage et une méthode commune.
- De réduire les risques.
- D'augmenter les chances de succès.

Tout projet a besoin d'un management spécial à lui, car nous savons que tout projet est unique. Et donc pour arriver à la clôture de ce dernier, et exécuter un travail de qualité, le management se fait pendant tout le cycle de vie du projet, qui le mène de l'idée à la clôture. (*Figure 1.6*).

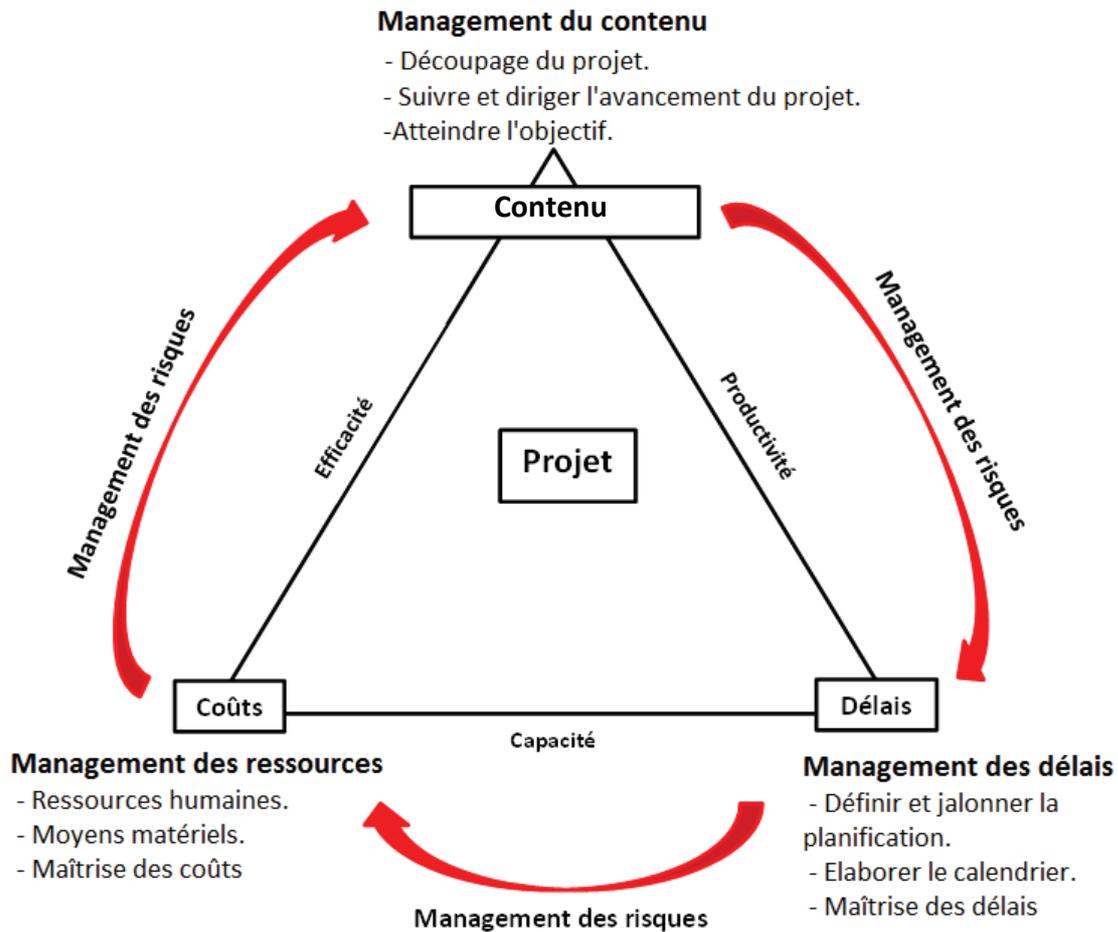


FIGURE 1.6: Les contraintes de la construction

Pour atteindre la performance dans un projet, il faut il faut veiller à l'équilibre du triangle : coût, délais et contenu. Bien sur tout ceci est piloté par le management du contenu, le management des risques, le management des délais et le management des coûts.

1.3.3 Caractéristiques du management de projet

Les caractéristiques du management de projet sont multiples :

- Définir des objectifs SMART (*Spécifique, Mesurable, Assignable, Réalisable et Temporel*)
- Déterminer les exigences du projet.
- L'équilibre entre contenu, coût, délais et qualité.

1.3.4 Domaines de connaissance en management de projet

Afin de bien mener son projet, il y a neuf (09) domaines de connaissance en management de projet selon le *PMBOK 2009* ; ils sont illustrés dans le schéma suivant (*Figure 1.7*).

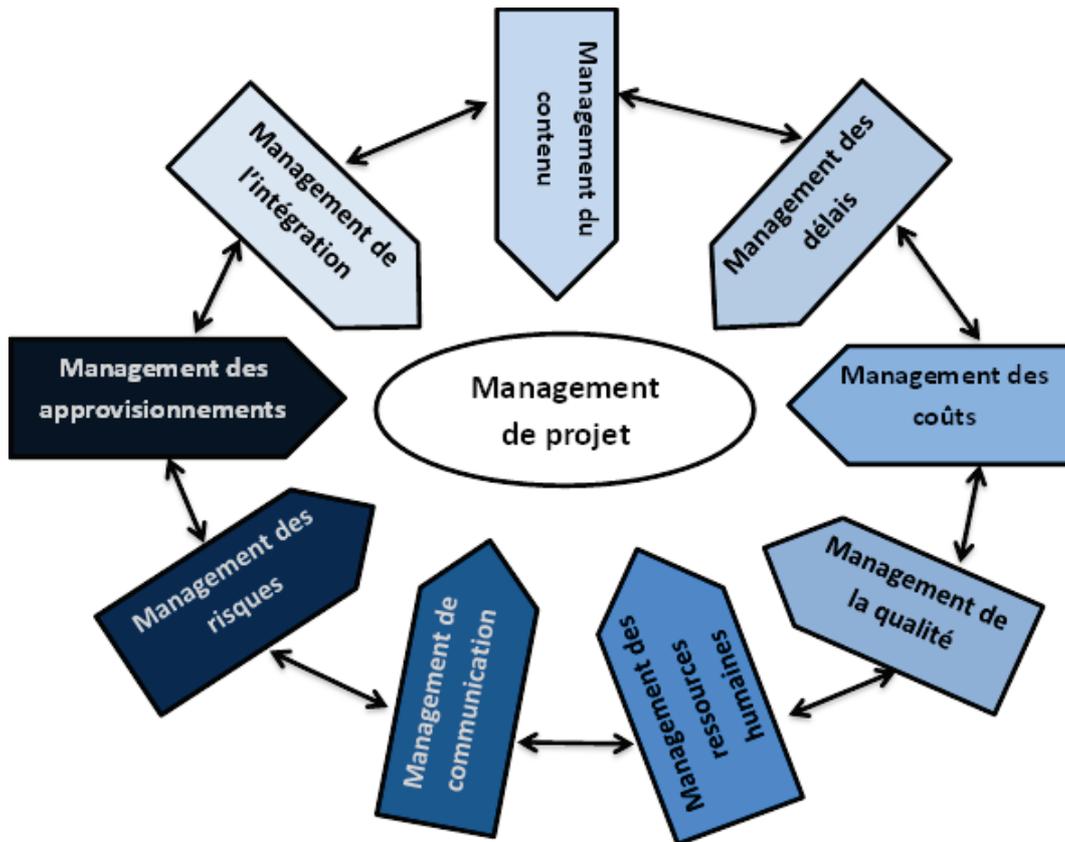


FIGURE 1.7: Domaines de connaissances (*PMBOK 2009*)

Il faut savoir que les domaines de connaissances sont liés les uns aux autres, chaque domaine interagit avec l'autre comme données d'entrée ; par exemple : le management de l'intégration du projet a besoin du management de la qualité, des approvisionnements, de la communication, et des ressources humaines. Et ainsi de suite pour les autres domaines.

La figure qui suit nous donne un aperçu sur ces différents domaines. (*Figure 1.8*)

<p>1. Management de l'intégration du projet:</p> <p>Il comprend les processus et les activités nécessaires à l'identification, la définition, la combinaison, l'unification et la coordination des divers processus et activités de management de projet dans les groupes de processus de management de projet.</p>	<p>2. Management du contenu du projet:</p> <p>Il comprend les processus permettant d'assurer que tout le travail requis par le projet, et seul le travail requis, est effectué pour achever le projet avec succès.</p>	<p>3. Management des délais du projet:</p> <p>Il comprend les processus requis afin d'achever le projet en temps voulu.</p>
<p>4. Management des coûts du projet:</p> <p>Il comprend les processus relatifs à l'estimation des coûts, à l'établissement du budget et à la maîtrise des coûts dans le but d'achever le projet en restant dans le budget approuvé.</p>	<p>5. Management de la qualité du projet:</p> <p>Il comprend les processus et les activités de l'entreprise réalisatrice qui déterminent la politique qualité, les objectifs et les responsabilités en matière de qualité afin que le projet réponde aux besoins pour lesquels il a été entrepris.</p>	<p>6. Management des ressources humaines du projet:</p> <p>Il comprend les processus d'organisation, de management et de direction de l'équipe du projet.</p>
<p>7. Management des communications du projet:</p> <p>Il comprend les processus requis pour assurer, en temps voulu et de façon appropriée, la création, la collecte, la diffusion, le stockage, la récupération et le traitement final des informations du projet.</p>	<p>8. Management des risques du projet:</p> <p>Il comprend les processus de conduite de la planification du management des risques, leur identification, leur analyse, la planification des réponses aux risques, ainsi que leur surveillance et maîtrise dans le cadre du projet.</p>	<p>9. Management des approvisionnements du projet:</p> <p>Il comprend les processus d'achat ou d'acquisition des produits, services ou résultats nécessaires et externes à l'équipe de projet pour exécuter le travail.</p>

FIGURE 1.8: Définition des domaines de connaissances

1.3.5 Les différents groupes de processus du management de projet

Tout projet nécessite cinq (05) groupes de processus qui présentent des dépendances nettes et doivent être exécutés selon la même séquence pour chaque projet.

Notons que ces processus sont indépendants de toute considération de champ d'application ou de secteur d'activité. Les processus d'un groupe peuvent avoir des interactions tant au sein du groupe qu'avec les autres groupes. Bien sur, la nature de ces interactions est différente d'un projet à un autre.

La *figure 1.9* nous montre en résumé le flux et les interactions de base entre les groupes de processus et les parties prenantes particulières.

Un groupe de processus est constitué des processus de management de projet, liés par leurs données d'entrée et de sortie respectives ; c'est-à-dire que le résultat ou l'aboutissement d'un processus devient donnée d'entrée d'un autre.

Comme nous pouvons le voir les groupes de processus ne sont pas des phases du projet. Dans le cas de projets de grande envergure ou complexes, tous les processus des différents groupes de processus peuvent normalement se répéter pour chaque phase ou chaque sous-projet.

Les groupes de processus sont rarement des événements distincts ou qui ne se produisent qu'une seule fois ; ce sont, au contraire, des activités qui se chevauchent et qui se déroulent tout au long du projet. Voyons un peu la définition de ces groupes de processus, et leurs emplacements dans les différents domaines de connaissances.

1.3.5.1 Définition des différents groupes de processus

– *Groupe de processus de démarrage*

Il comprend les processus qui permettent de définir un nouveau projet, ou une nouvelle phase d'un projet existant, moyennant l'autorisation de démarrer le projet ou la phase. C'est dans les processus de démarrage que le contenu initial est défini et que les ressources financières initiales sont engagées.

– *Groupe de processus de planification*

Il comprend les processus permettant :

- D'établir le contenu total de l'effort.
- De définir et d'affiner les objectifs.
- De préciser la suite des actions nécessaires à l'atteinte des objectifs.

Les processus de planification permettent d'élaborer le plan de management du projet et les documents du projet qui seront utilisés pour mener à bien le projet.

– *Groupe de processus d'exécution*

Il comprend les processus permettant d'accomplir le travail défini dans le plan de management du projet pour respecter ses spécifications. Il implique la coordination des personnes et des ressources, ainsi que l'intégration et la conduite des activités du projet conformément au plan de management du projet.

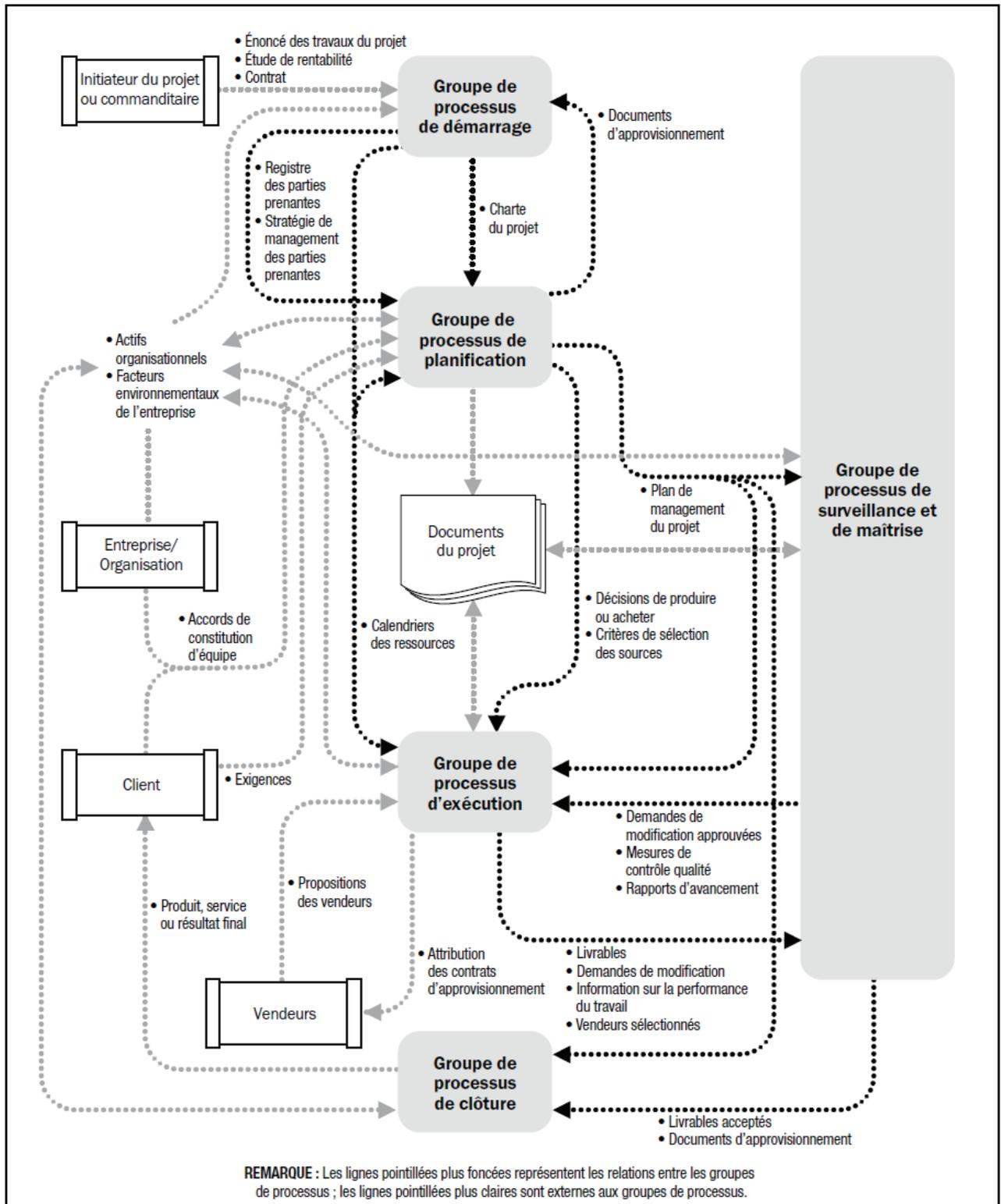


FIGURE 1.9: Interactions des processus de management de projet (PMBOK 2009)

– *Groupe de processus de maîtrise et de surveillance*

Il comprend les processus permettant :

- De suivre, de revoir et de réguler l'avancement et la performance du projet.
- D'identifier les parties dans lesquelles des modifications du plan s'avèrent nécessaires.
- D'entreprendre les modification correspondantes

– *Groupe de processus de clôture*

Il comprend les processus permettant de finaliser toutes les activités pour tous les groupes de processus de management de projet, afin de clore formellement le projet, les phases ou les obligations contractuelles. Une fois achevé, ce groupe de processus vérifie que les processus définis sont achevés pour tous les groupes de processus, afin de clore le projet et d'établir formellement la fin du projet ou de la phase.

Le tableau qui suit nous donne un aperçu sur la répartition des 42 processus de management de projet dans les 5 groupes de processus de management de projet et les 9 domaines de connaissance en management de projet.

Les processus de management de projet sont indiqués dans le groupe de processus où se déroulent la plupart des activités. Par exemple, un processus n'est pas considéré comme nouveau s'il se trouve normalement dans le groupe de processus de planification et est mis à jour dans le groupe de processus d'exécution.

Tableau 1.3: Correspondance entre groupe de processus de management de projet et domaine de connaissance. (PMBOK 2009)

Domaines de connaissance	Groupes de processus de management de projet				
	Groupe de processus de démarrage	Groupe de processus de planification	Groupe de processus d'exécution	Groupe de processus de surveillance et de maîtrise	Groupe de processus de clôture
4. Management de l'Intégration du projet	4.1 Élaborer la charte du projet	4.2 Élaborer le plan de management du projet	4.3 Diriger et piloter l'exécution du projet	4.4 Surveiller et maîtriser le travail du projet 4.5 Mettre en œuvre la maîtrise intégrée des modifications	4.6 Clôre le projet ou la phase
5. Management du contenu du projet		5.1 Recueillir les exigences 5.2 Définir le contenu 5.3 Créer la SDP		5.4 Vérifier le contenu 5.5 Maîtriser le contenu	
6. Management des délais du projet		6.1 Définir les activités 6.2 Organiser les activités en séquence 6.3 Estimer les ressources nécessaires aux activités 6.4 Estimer la durée des activités 6.5 Élaborer l'échéancier		6.6 Maîtriser l'échéancier	
7. Management des coûts du projet		7.1 Estimer les coûts 7.2 Déterminer le budget		7.3 Maîtriser les coûts	
8. Management de la qualité du projet		8.1 Planifier la qualité	8.2 Mettre en œuvre l'assurance qualité	8.3 Mettre en œuvre le contrôle de qualité	
9. Management des ressources humaines du projet		9.1 Élaborer le plan des ressources humaines	9.2 Constituer l'équipe de projet 9.3 Développer l'équipe de projet 9.4 Diriger l'équipe de projet		

Tableau 1.3 : Correspondance entre groupe de processus de management de projet et domaine de connaissance. (PMBOK 2009)

10. Management des communications du projet	10.1 Identifier les parties prenantes	10.2 Planifier les communications	10.3 Diffuser les informations 10.4 Gérer les attentes des parties prenantes	10.5 Rapports d'avancement	
11. Management des risques du projet		11.1 Planifier le management des risques 11.2 Identifier les risques 11.3 Mettre en oeuvre l'analyse qualitative des risques 11.4 Mettre en oeuvre l'analyse quantitative des risques 11.5 Planifier les réponses aux risques		11.6 Surveiller et maîtriser les risques	
12. Management des approvisionnements du projet		12.1 Planifier les approvisionnements	12.2 Procéder aux approvisionnements	12.3 Gérer les approvisionnements	12.4 Clore les approvisionnements

1.4 Conclusion

L'application du management de projet sur un projet de construction à efficacité énergétique, ne va faire que rendre cette construction plus efficace et efficiente, du point de vue coût, délais et qualité. Cela dit il faut respecter les processus de gestion que nous venons de voir pour arriver aux objectifs définis.

Ceci n'est qu'un début, que des généralités et donc il faut l'application de ces derniers pour pouvoir confirmer et mettre en oeuvre ces connaissances là. Dans les chapitres qui suivent nous allons appliquer ces théories à notre cas réel qui est « Étude et réalisation d'une maisonnette de 3.50 m x 3.50 m à efficacité énergétique » et bien sûr mener ce projet avec les outils de management que nous venons de voir.

Chapitre 2

Étude & réalisation de la maisonnette

2.1 Introduction

Le cycle de vie d'un projet de construction débute par un besoin et se termine par le transfert à l'exploitant comme nous pouvons le constater dans la *figure 2.1*. Chaque phase se compose de plusieurs points et elle implique différents acteurs. Donc dans ce chapitre nous commencerons par mettre l'accent sur les études préalables, l'avant projet, ce qui veut dire commencer par définir le besoin qui a suscité notre projet, détailler les études d'opportunité et de faisabilité. Par la suite nous regrouperons ces détails dans la partie cadrage du projet, et nous passerons aux études architecturales, génie civil et calcul du bilan thermique.

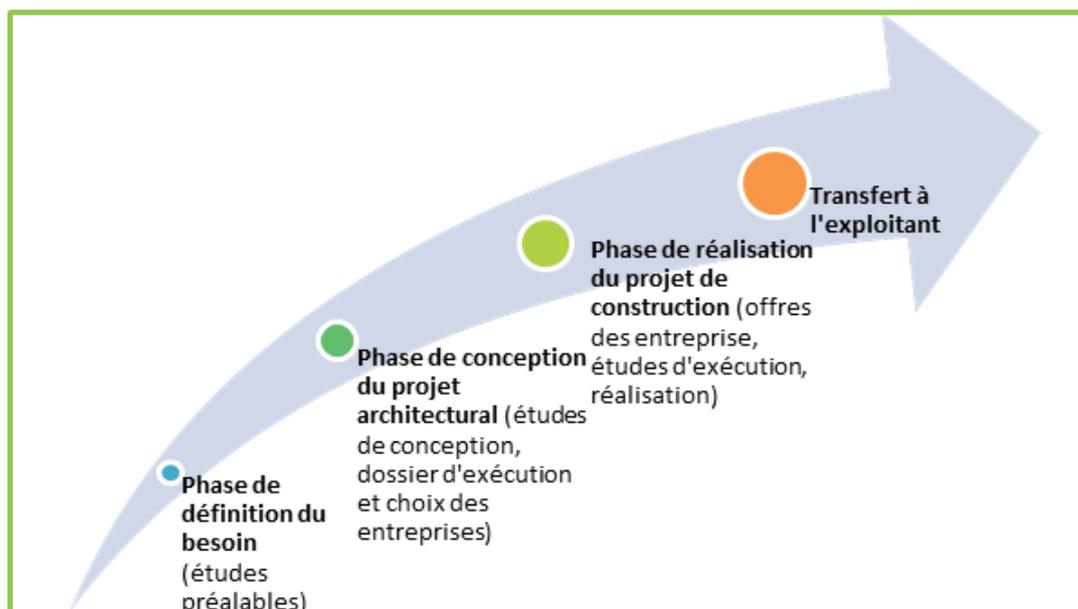


FIGURE 2.1: Cycle de vie d'un projet de construction

2.2 Phase études préalables/avant projet

Tout projet commence par des études préalables montrées dans la *figure 2.2* qui englobent :

- L'étude d'opportunité : avec la définition du besoin, l'étude de faisabilité technique et économique, l'étude d'impact.
- Le cadrage du projet.
- Les exigences du projet.

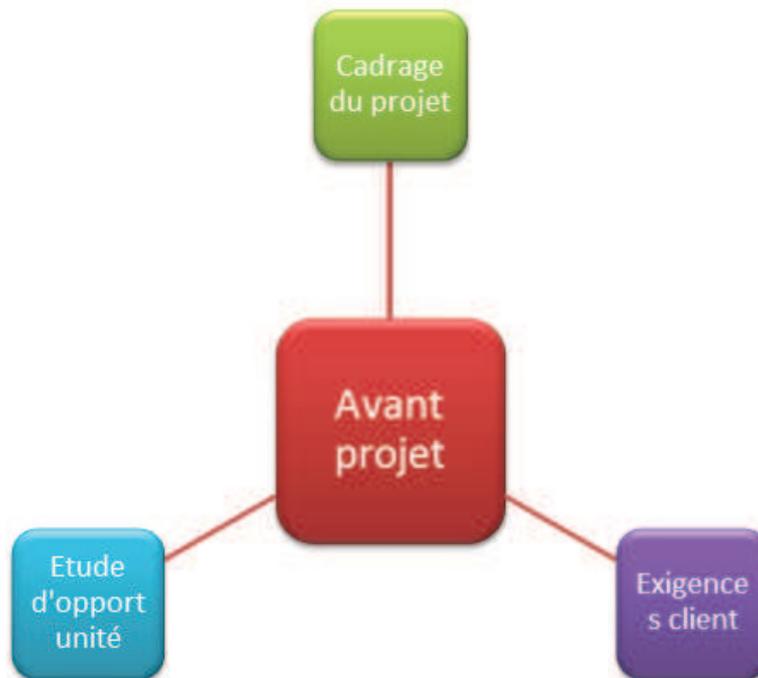


FIGURE 2.2: Avant projet

Les acteurs de cette phase sont : le maître d'ouvrage, le coordonnateur et le programmeur.

2.2.1 Étude d'opportunité

Cette étape englobe (05) cinq points essentiels : l'évaluation du projet, l'impact récurrent, l'étude comparative, rapport de faisabilité et l'analyse de la demande comme le montre la *figure 2.3*



FIGURE 2.3: L'étude d'opportunité

L'aspect pratique de ce PFE ,qui consiste à réaliser une maisonnette de (3.5 x3.5) m², permet d'ouvrir des perspectives de recherche pour les promotions futures qui souhaiteraient s'approfondir dans le domaine de l'efficacité énergétique dans le bâtiment qui est un thème d'actualité.

Nous pouvons constater qu'il y a un programme prévu dans ce domaine suivant cet article :

« Le programme d'efficacité énergétique consiste, principalement, en la réalisation des actions suivantes :

- L'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments ;
- Le développement du chauffe-eau solaire ;
- La généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation ;
- La substitution de la totalité du parc de lampes à mercure par des lampes à sodium ;
- La promotion du GPL/C et du GN/C ;
- La promotion de la cogénération ;
- la conversion au cycle combiné des centrales électrique quand cela est possible ;
- Réalisation de projets de climatisation au solaire ;
- Le dessalement des eaux saumâtres ; » *Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique* »mars 2011 Ministère de l'énergie et des mines, conception et

réalisation SATINFO (Société du Groupe Sonelgaz).

Sans oublier bien sûr, les projets pilotes en méditerranée lancé dans le cadre du projet de la GTZ MED-ENEC sur l'efficacité énergétique dans le secteur de la construction.

2.2.1.1 Définition de l'idée/besoin

L'idée et/ou besoin est le facteur déclencheur du projet et donc dans cette vision notre projet de fin d'études répond au besoin de valider notre diplôme du Master Civil Engineering Management.

Il s'inscrit dans la cadre d'un projet de transfert des connaissances et de la technologie dans le domaine de l'efficacité énergétique dans le bâtiment piloté par la GIZ (Allemagne).

2.2.1.2 Étude de faisabilité

Elle englobe la programmation des besoins, le développement durable, la disponibilité des ressources, la faisabilité technique et économique, l'étude d'impact et l'analyse préliminaire des risques, comme nous le montre la *figure 2.4*.

Elle doit être à la fois pertinente, rapide et peu coûteuse. Suite à cette étude les décisions les plus importantes concernant l'avenir du projet seront prises.



FIGURE 2.4: Étapes de l'étude de faisabilité

– *Programmation des besoins*

En ce qui concerne les matériaux pour l'isolation, nous avons comme exigences d'isoler notre maisonnette par l'extérieur avec du polystyrène expansé en utilisant le ciment colle et le filet d'armature. Ces produits se trouvent facilement sur le marché, et donc on aura pas de problème pour l'approvisionnement. Les autres matériaux de construction comme la brique creuse de 10 cm ou bien le ciment, sont les matériaux standard pour la construction, des matériaux qui se trouve eux aussi sur le marché.

Donc en terme d'approvisionnement, ce projet est faisable.

– *Faisabilité technique*

L'aspect technique de ce PFE consiste à réaliser une maisonnette de 3.50m x 3.50m à efficacité énergétique avec une structure poteaux-poutres et des murs en maçonnerie de briques creuses; l'isolation de l'enveloppe de cette maisonnette sera faite de l'extérieur en polystyrène et des fenêtres à double-vitrage.

Cela nécessite des compétences :

- Maîtrise du logiciel Autocad.
- En génie civil pour les calculs des charges et le dimensionnement de la structure.
- Dans le calcul du bilan thermique, des besoins en chauffage et en climatisation.
- En management de projet.
- En mise en œuvre.

La phase construction requiert la présence de maçon qualifié dans la construction en béton armé et des responsables du PFE pour le suivi continu de l'avancement des travaux.

Étant étudiants en Master 2 Civil Engineering Management, et ayant fait un module de béton, de corps d'état secondaire, d'autocad, nous avons les prés-requis pour la conception architecturale, les calculs génie civil et besoins en chauffage/climatisation, sans oublier les outils de management pour mener à bien ce projet.

Donc techniquement ce projet est faisable.

– *Faisabilité économique*

En ce qui concerne la faisabilité économique, ce projet aura besoin du budget estimé au mètre carré donc une estimation paramétrique :

Le mètre carré est de l'ordre de 33 000 DA/m²

En ce qui concerne le budget dans notre cas, il doit être laissé de côté par l'entreprise réalisatrice. En d'autre terme l'entreprise « CONSTRUCTION ÉNERGÉTIQUE » car elle va financer notre projet.

Donc notre projet est faisable économiquement parlant, car l'aspect financier ne risque pas de poser problème.

– *Étude d'impact*

L'étude d'impact est importante, car implanter un projet sans prendre en considération son impact, sur l'environnement ou la société par exemple, cela peut porter préjudice au projet dans l'avenir.

En ce qui concerne notre projet, il a un impact sur :

- L’environnement : comme les différents déchets (sacs de ciment, morceaux de fils d’attache)
- Le changement du relief de la zone de construction.
- La sensibilisation à l’efficacité énergétique : Comme c’est un projet qui est implanté au sein de l’université et de plus derrière le département d’architecture, il sera visible par les étudiants (future architectes) ce qui les incitera à s’intéresser à ce nouveau procédé.

– *Analyse préliminaire des risques*

L’analyse préliminaire des risques se fait dans l’étude de faisabilité. Elle est importante car elle décide de la faisabilité du projet, ainsi nous pouvons voir les risques principaux et prendre la décision de réaliser ou non notre projet.

Les valeurs des probabilités ont été évaluées suite à un brainstorming fais entre les étudiants du master 2 Civil Engineering Management. Dans le *tableau 2.1* nous retrouvons les 3 principaux risques avec les pondérations des probabilités d’occurrence des risques.

Les trois (03) principaux risques de ce projet		
Risque1 : Intempérie		
Risque 2 : Rupture de sponsoring		
Risque 3 : Manque de ressources humaines/matériels		
La probabilité que le projet soit exposé aux risques énumérés si dessus	0 à 10	Risque1 : 6
	Aucune à élevée	Risque 2 : 5
		Risque 3 : 7
Les chances de réussite du projet avenant de tels risques	0 à 10	Risque 1 : 7
	Aucune à élevée	Risque 2 : 4
		Risque 3 : 6

Tableau 2.1: Analyse préliminaire des risques

On constate que la probabilité d’occurrence des risques dépassent un peu la moyenne, mais les chances de réussite de ce projet avenant ces risques là sont bonnes.

Après avoir étudié et détaillé points par points les études préalables, nous allons maintenant cadrer notre projet, et donc insérer ces points dans une matrice de cadrage pour plus de lisibilité.

2.2.2 Cadrage du projet

Cadrer le projet veut dire donner toutes les informations qui le concerne, et donc nous passerons de l’énoncé du projet, jusqu’aux risques principaux en passant par l’idée/besoin, les objectifs, les parties prenantes etc... comme nous le montre la matrice de cadrage suivante :

Tableau 2.2: Matrice de cadrage

Énoncée	maisonnette de 3.50 m x 3.50 m à efficacité énergétique
Idee/ Besoin	L'idée du projet vient d'une exigence d'un projet de coopération avec GIZ C'est une thématique d'actualité et donc une opportunité pour les chercheurs intéressés.
Objectifs	Étude et réalisation d'une maisonnette de 3.50 m x 3.50 m à efficacité énergétique
coûts	Le coût estimé est de 400 000DA
délai	Le délai estimé est de 2 mois
Caractéristiques essentielles	Maisonnette de 3.50 m x 3.50 m : <ul style="list-style-type: none"> - Structure poteaux poutres. - Une seule paroi en brique perforée. - Hauteur sous plafond 3m. - Isolée par l'extérieur avec du polystyrène expansé de 4 cm. - Une (01) porte en bois de 94/220 cm. - Toiture végétale, couche de terre de 7 cm.
Faisabilité technique	<i>Procédé de construction</i> : système poteaux-poutres avec des semelles isolées <i>Pose du polystyrène</i> : assistance d'un expert. <i>Disponibilité des moyens pour la réalisation</i> : Camion pour le transport des matériaux Engin de terrassement : chargeuse-pelleteuse Matériels : Débarbeuse, rallonge, vibreur, pelles, pioche, brouettes, fils à plomb, clous, taloche. matériel de topographie (un niveau, une mire, une chaîne, des jalons, un théodolite) Maître de l'ouvrage : l'université Aboubekr Belkaid. Entreprises réalisatrices : Construction Énergétique (structure). BENHABIB Réalisation (Revêtements extérieur). GIZ : Organisme de coopération Allemand- Initiateur du projet de transfert. Encadreurs du projet de fin d'étude : M. ALLAL A., M. MELOUKA S., M. BENHABIB A.
Stakeholders (Parties prenantes)	
Faisabilité économique	Le financement repose essentiellement sur le sponsoring.
Étude d'impact	Sensibilisation à l'efficacité énergétique et à la contribution au développement durable. Nouvelles perspectives de recherches, pollution de l'environnement de la faculté.
Risques	Terrain avec principalement du remblai, en dessus présence d'armature donc risque de présence d'éléments en béton armé à l'intérieur du remblai, rupture de sponsoring, conflit entre les acteurs du projet, intempéries vol de matériaux et matériels de construction, la non disponibilité des ressources humaines

Il est important de bien cibler les priorités d'un projet de construction avant de commencer, car suivant ces priorités, plusieurs décisions seront prises. Et donc, pour notre projet, notre matrice des priorités est comme suit :

	Temps	Performance	coût
Contrainte	X		
À améliorer			X
Acceptable		X	

Tableau 2.3: Matrice des priorités

Nous pouvons constater que le coût pour nous est à améliorer, car notre financement repose sur le sponsoring et donc nous ne pouvons pas nous permettre d'avoir plus de ressources afin d'aller plus vite. Le temps consitue une contrainte, car comme tout projet de construction, notre projet a un délai à respecter car il s'inscrit dans un cadre de projet de fin d'étude.

Suite aux études préalables nous avons décider de mettre en œuvre les moyens nécessaires pour réaliser ce projet, car il est techniquement et économiquement faisable comme nous le montre l'étude de faisabilité et la matrice de cadrage.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous devons connaitre les exigences de ce projet. Toutes ces exigences là sont regroupées dans le cahier des charges qui se trouve en annexe C.

2.2.3 Définition des exigences du projet

Le projet consiste à réaliser une maisonnette de (3,5x3,5) m² à efficacité énergétique au sein de l'UABT. Cette maison sera faite en une seule paroi de brique creuse de 10cm, isolée par l'extérieur avec du polystyrène expansé de 6 cm et du mono-couche pour assurer la protection du polystyrène ainsi que pour la finition de la maisonnette. Ces exigences là ont été défini dans la fiche du PFE donnée par les encadreurs, pour les exigences du projet qui restent elles sont détaillées *en Annexe C cahier des charges*.

2.3 Phase études

Dans cette phase nous trouverons les détails architecturaux donc tout ce qui est plan de masse, plan architectural de la maisonnette, plan de coffrage, et aussi les détails de calculs génie civil et bilan thermique. Cette phase se compose de 4 étapes comme illustrées dans la *figure 2.5* :



FIGURE 2.5: Étapes de la phase études

Étant dans un projet d'une maisonnette de 3,50m x 3,50 m nous avons du sauter les deux première étapes car ce n'est pas un projet d'une grande envergure.

2.3.1 Conception architecturale

Rappelons que nous travaillons sur la construction à efficacité énergétique, et donc l'étape de la conception architecturale se place en premier quand on parle d'étapes pour arriver à une construction à efficacité énergétique.

Dans la conception nous définissons tout d'abord :

- L'orientation du projet.
- Les différentes surfaces et séparations.
- Et les détails des ouvertures.

Ces variables là ont une influence sur les flux d'énergie dans une maisonnette. Pour cela il faut les choisir selon des normes, comme par exemple pour les ouvertures il ne faut pas que leur surface dépassent un certain pourcentage ; ce pourcentage dépend de l'orientation de la façade (*SALOMON T. 2000*) :

- Sud : entre 20 et 35%
- Est/Ouest : entre 10 et 25%
- Nord : entre 0 et 10%

Il est évident qu'il faut faire attention aux surchauffes en été, vu qu'on est dans un pays chaud.

Pour ceci, les plans qui suivent sont respectivement *figure 2.6*, *figure 2.7*, *figure 2.8*, *figure 2.9* le plan de masse, une vue en plan, une coupe A-A et un plan de coffrage du projet,

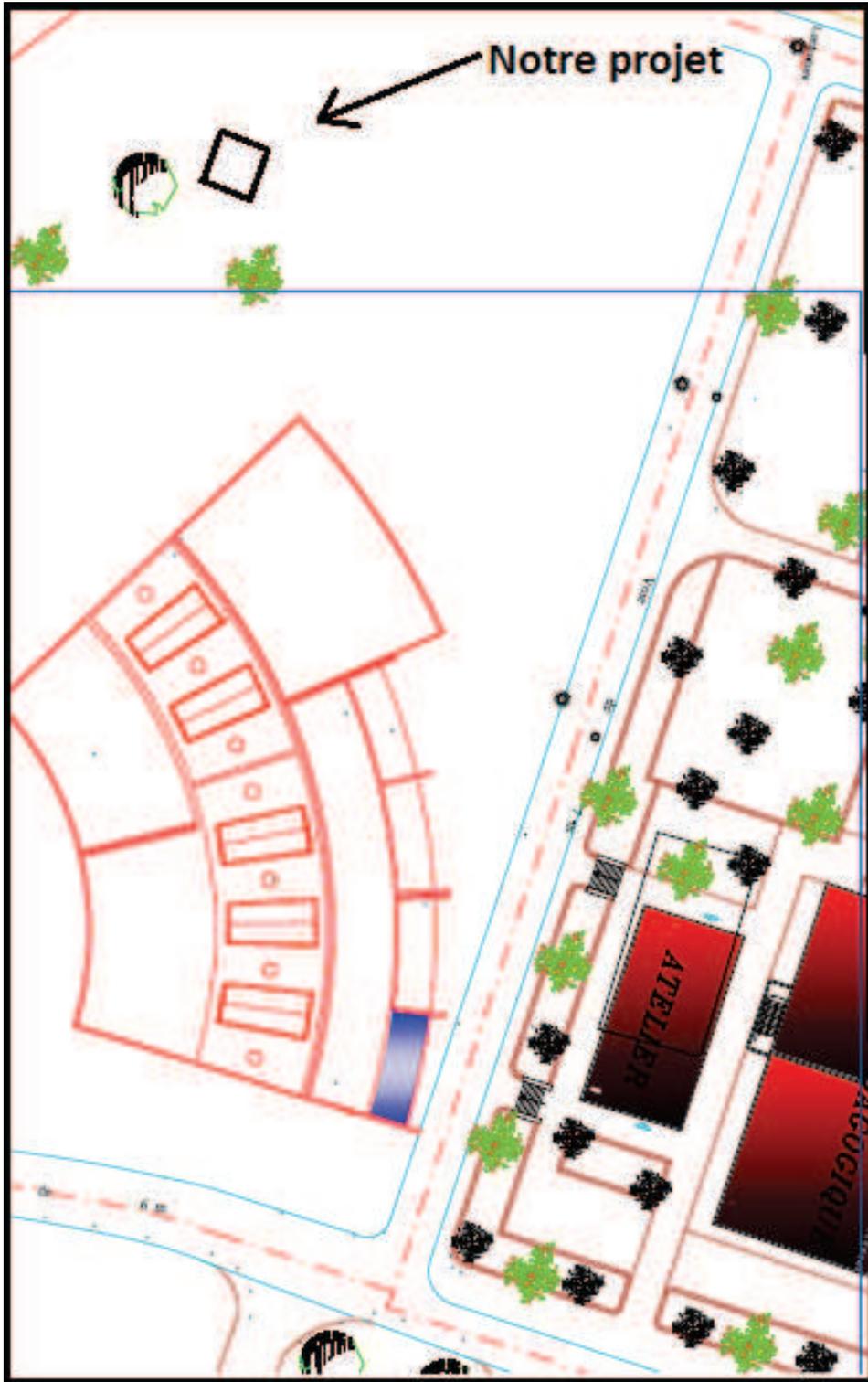


FIGURE 2.6: Plan de masse

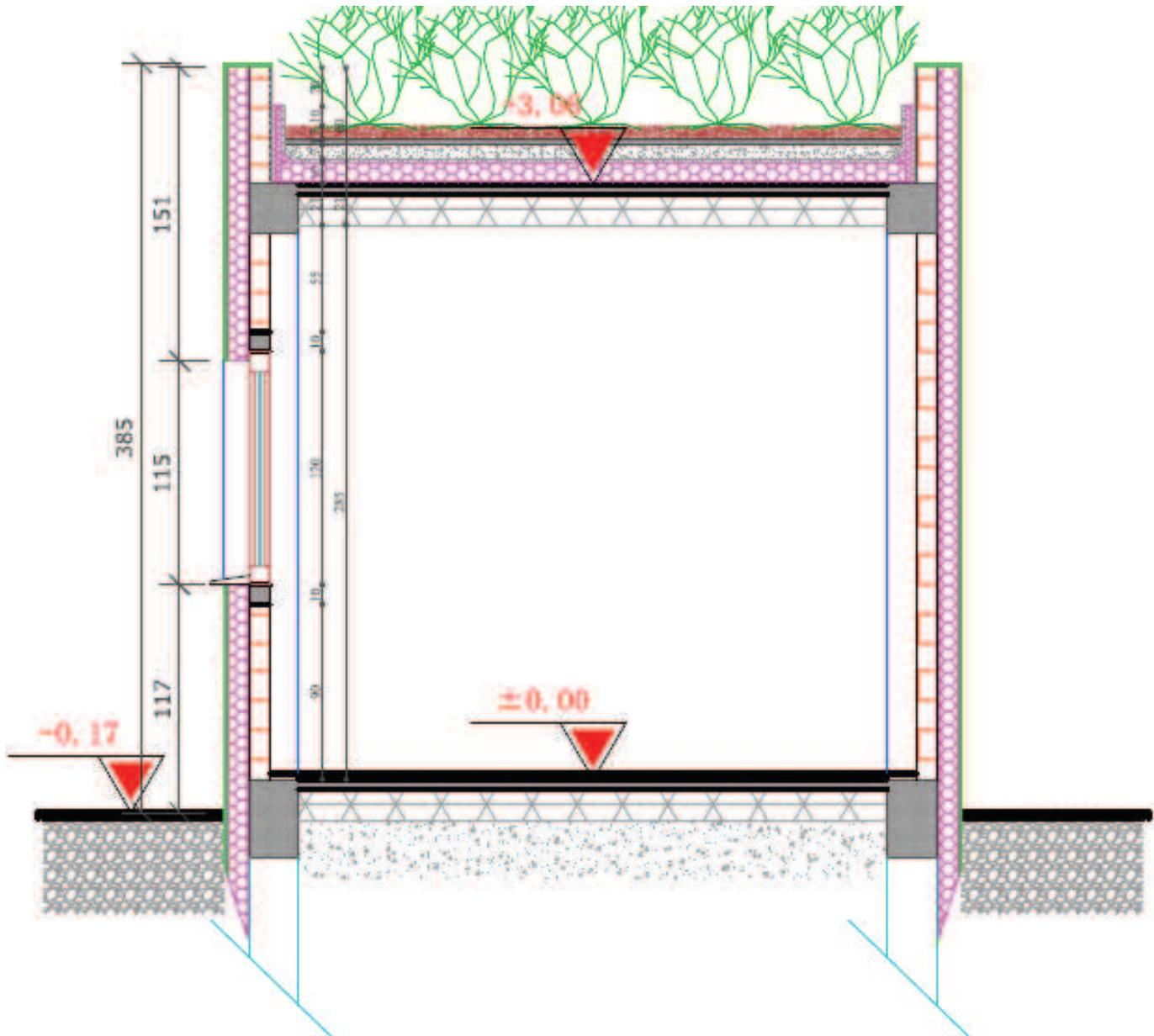


FIGURE 2.8: Coupe A-A

Notre projet est implanté au sein de l'université Aboubekr Belkaid.

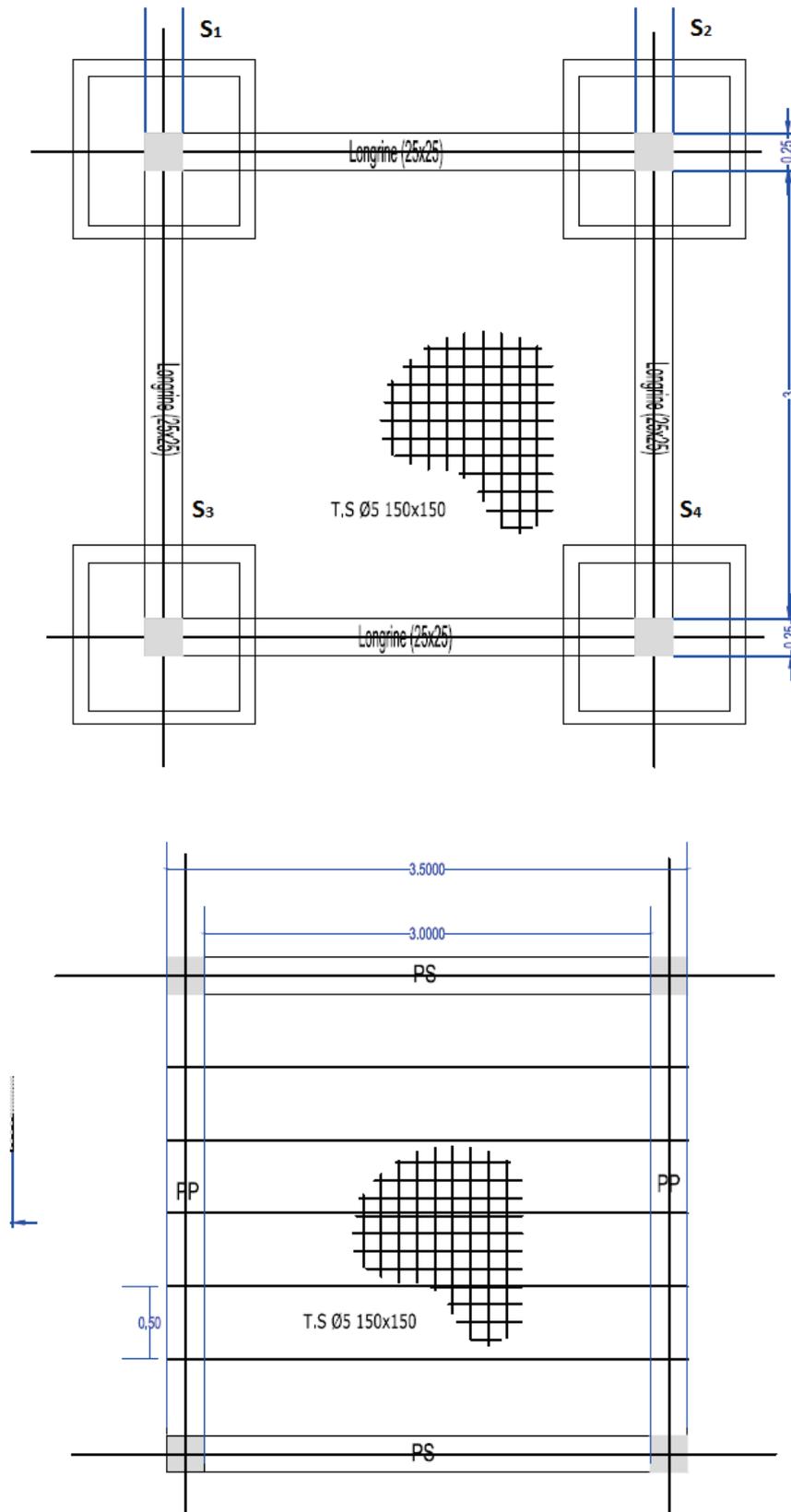


FIGURE 2.9: Plan de coffrage semelles, longrines et dalle

Suite au projet de transfert avec la GIZ, un dossier a été remis à Monsieur le Doyen, élaboré par notre encadreur M. ALLAL A. et le co-encadreur qui représente l'entreprise réalisatrice M. BENHABIB A. Nous avons eu la permission de Monsieur le Doyen de la faculté de technologie pour construire notre maisonnette dans le terrain qui se trouve derrière le département d'architecture. Le plan de masse qui suit nous indique l'implantation du projet.

2.3.2 Prédimensionnement des éléments structuraux

– Poutres principales

$$Lp/15 \leq hp \leq Lp/10.$$

$$325/15 \leq hp \leq 325/10.$$

$$21.5 \leq hp \leq 32.5$$

On prend $hp = 25$ cm

$$0,4hp \leq b \leq 0,8hp.$$

$$0,4 \times 25 \leq b \leq 0,8 \times 25$$

$$15 \leq b \leq 24$$

On prend $b = 25$ cm (minimum dans le RPA)

$$b = 30 > 20$$

$$h = 45 > 30$$

$$h/b = 25/25 = 1 < 4$$

– Poutrelles

La hauteur totale du plancher est déduite par la condition de rigidité :

$$ht \geq L/22,5; L(cm)$$

$$\text{avec : } L/20 \leq ht \leq L/25$$

$ht \rightarrow$ Hauteur (épaisseur) du plancher.

$L \rightarrow$ La plus grande portée entre axes .

$$L = 325\text{cm.}$$

$$ht = 325/22,5 = 14.4$$

On prend $ht = 16 + 5 = 21\text{cm}$

Donc on aura :

5 cm \rightarrow dalle de compression mince réalisée en béton après quadrillage de barres (treillis soudés), pour limiter le risque de fissures et 16 cm de corps creux.

La largeur (b_0) :

$$0,4ht < b_0 < 0,5ht$$

$$0,3 \times 21 < b_0 < 0,4 \times 21$$

$$10 < b_0 < 20b_0 = 10\text{cm.}$$

On prend $B_0 = 10\text{cm}$

$$b_1 = \min\left(\frac{b-b_0}{2}; \frac{L}{10}; 6h_0 \leq b_1 \leq 8h_0\right)$$

B : distance entre 2 poutrelles (distance entre axes)

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$b_1 = 25\text{cm}$$

– *Déscente des charges*

Étanchéité multicouche (1cm) → 0.1KN/m².

Isolation thermique (3 cm) → 0.30KN/m²

Gravier de protection → 0.2KN/m².

Corps creux (16+5) cm → 2.65 KN/m²

Forme de pente → 1KN/m².

Terre végétale 1.25 KN/m²

G = 5.5 KN/m²

Q = 1.5 KN/m²

– *Critère de stabilité*

$L_f = 0,7 \times h_e = 0,7 \times 275 = 192cm$

$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{25 \times 25^3}{12} / 25 \times 25} = 52,08cm$

$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{192}{52,08} = 3,68 \leq 70(C.V)$

– *Prescription « R.P.A 2003 »*

$\min(a; b) \geq 25.....$

On prend $a = b = 25cm$

$\min(a; b) \geq h_e.....300/20 = 15(C.V).$

$\frac{1}{4} \leq b/a \leq 4$

$\frac{1}{4} \leq 1 \leq 4$

Poteaux

Nu=19.88 kN

Ns=14.45 kN

– *Semelle*

$A \geq \sqrt{\frac{14,45}{200}}$

$A \geq 0,07m$

On prend $A = B = 1m$

$d = \frac{B-b}{4} = \frac{100-25}{4} = 18,75cm$

$h = d + 5cm$

On prend $h=25 cm$

– *Ferraillage de la semelle*

$As_a = As_b \geq \frac{N_u(B-b)}{8d\bar{\sigma}} = 0,19cm^2$

On prend 6 HA 12

2.3.3 Dimensionnement et étude béton armé

L'étude génie civil comme dans tout projet de construction est très importante, non seulement pour le dimensionnement de la structure mais aussi pour les différents calculs des besoins en matériaux.

Le tableau suivant nous donne les dimensionnements des différents éléments de la structure ainsi que les volumes de béton nécessaire.

Le volume du béton nous donne une idée sur les quantités : de sable, gravier, eau et ciment dont nous aurons besoin pour notre structure ; les tableaux qui suivent nous donne la composition du béton pour $1 m^3$ ainsi que pour le volume total de la structure. Cette composition a été calculée suivant l'abaque de DREUX, suivant $f_{c28} = 25\text{Mpa}$ et un béton plastique avec un affaissement de 10 cm.

Tableau 2.4: Calculs pour les éléments de la structure

	a (m)	b (m)	h ou L (m)	Nbr	Volume (m^3)
Semelle S1	1	1	0.25		0.25
Semelle S2	1	1	0.25		0.25
Semelle S3	1	1	0.25		0.25
Semelle S4	1	1	0.25		0.25
Semelle					1.00
Longrine 1	0.25	0.25	3.5		0.22
Longrine 2	0.25	0.25	3.5		0.22
Longrine 3	0.25	0.25	3		0.22
Longrine 4	0.25	0.25	3		0.22
Longrines				4	0.88
Poteau 1	0.25	0.25	2.65		0.17
Poteau 2	0.25	0.25	2.65		0.17
Poteau 3	0.25	0.25	2.65		0.17
Poteau 4	0.25	0.25	2.65		0.17
Poteaux				4	0.66
PP1	0.25	0.25	3.5		0.22
PP2	0.25	0.25	3.5		0.22
PS1	0.25	0.25	3		0.22
PS2	0.25	0.25	3		0.2
Poutres					0.88

AV Poteau 1	0.25	0.25	1	0.06	
AV Poteau 2	0.25	0.25	1	0.06	
AV Poteau 3	0.25	0.25	1	0.06	
AV Poteau 4	0.25	0.25	1	0.06	
AV Poteaux				0.30	
Poutrelles	0.2	0.12	3	12	0.864
Volume du béton de la chape	0.05	3	3	0.45	
Volume total				5.1515	

Tableau 2.5: Composition du béton

	$1m^3$	$5.151 m^3$
Ciment	350 kg	1 802.58 kg
Sable	590 l	3 039.09 l
Gravier	720 l	3 708.72 l
Eau	210 l	1 081.71 l

Les quantités d'acier calculées sont détaillées dans le *tableau 2.6*.

Tableau 2.6: Quantité d'acier

	Enrobage (m)	Lx(m)	Ly(m)	Crochet(m)	Nbr	Type	L(m)
Semelle S1	0.05	0.9	0.9	0.15	4	HA 12	7.80
Semelle S2	0.05	0.9	0.9	0.15	4	HA 12	7.80
Semelle S3	0.05	0.9	0.9	0.15	4	HA 12	7.80
Semelle S4	0.05	0.9	0.9	0.15	4	HA 12	7.80
Semelles							31.20
		Last (m)	Lasc (m)	Nbr sup	Nbr inf		
Longrines1		3.5	3.5	2	2	HA 12	14.00
Longrine 1		3.5	3.5	2	2	HA 12	14.00
Longrine 1		3.5	3.5	2	2	HA 12	14.00
Longrine 1		3.5	3.5	2	2	HA 12	14.00
Longrines							56.00
PP1		3.5	3.5	2	3		
PP2		3.5	3.5	2	3		
PP3		3.5	3.5	2	3		
PP4		3.5	3.5	2	3		
Poutres							67.20

	L (m)	Crochet	Barre d'attente	Nbr		
AV Poteau 1	1	0.15	0.25	6	HA 12	8.40
AV Poteau 2	1	0.15	0.25	6	HA 12	8.40
AV Poteau 3	1	0.15	0.25	6	HA 12	8.40
AV Poteau 4	1	0.15	0.25	6	HA 12	8.40
AV Poteaux						33.60
Poteau 1	2.65	0.15		6	HA 12	16.80
Poteau 2	2.65	0.15		6	HA 12	16.80
Poteau 3	2.65	0.15		6	HA 12	16.80
Poteau 4	2.65	0.15		6	HA 12	16.80
Poteaux						67.20

Suivant ces informations sur les quantités d'acier, nous pouvons savoir combien commander d'acier.

2.3.4 Calcul de l'épaisseur optimal de l'isolant

Construire à efficacité énergétique est aussi optimiser que ce soit le temps ou le coût, et pour optimiser le coût il faut trouver l'épaisseur optimale de l'isolant utilisé. Dans notre cas, nous avons utilisé du polystyrène expansé.

Nous allons mettre des informations sur un graphe (*figure 2.10*), d'un coté les différentes épaisseurs du polystyrène et d'un autre les prix tout ceci en fonction de l'épaisseur du polystyrène. Le point d'intersection des deux courbes nous donne l'épaisseur optimale à utiliser. Les prix des différentes épaisseurs du polystyrène ont été ramenés de la SARL ISOBAL.

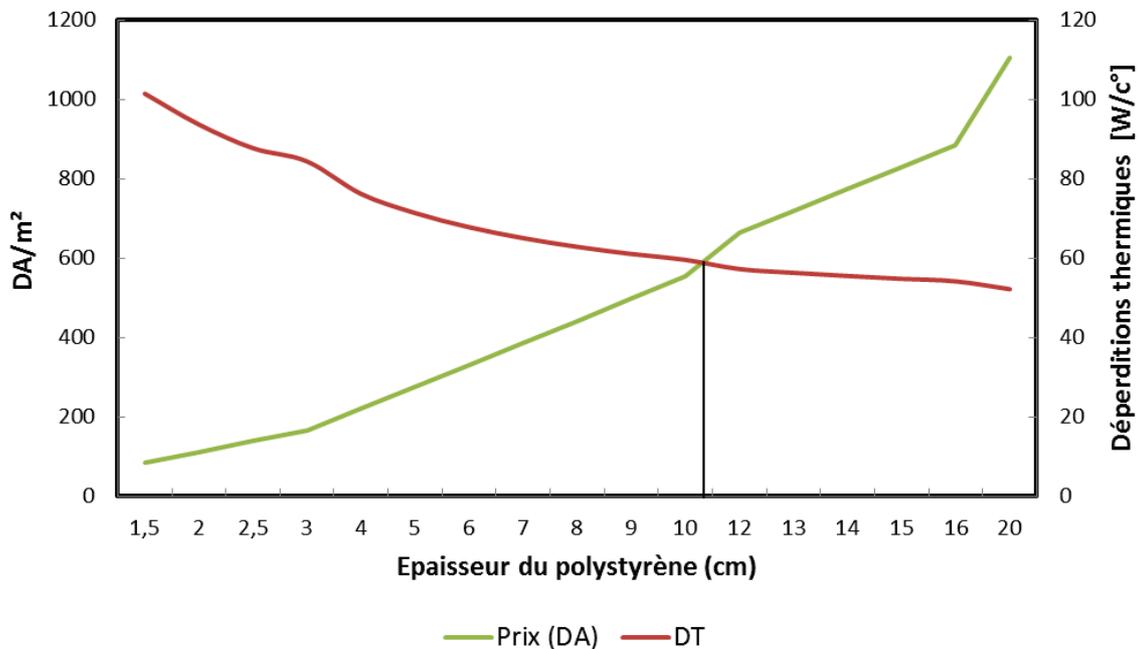


FIGURE 2.10: Variations du prix et de la déperdition en fonction de l'épaisseur du polystyrène

Suivant le graphe, l'épaisseur optimale pour notre maisonnette est de 10 cm. Notons que cette épaisseur est calculée en prenant en considération les apports internes, les appareils de chauffage et climatisation. Or, notre maisonnette n'a pas d'aménagement intérieur (chauffage, climatiseur, appareil électroniques etc...), donc l'épaisseur choisie est de 6 cm pour les murs et 6 cm pour la toiture et le plancher, sachant que les déperditions à travers les murs sont plus importantes que celles à travers le plancher et la toiture.

2.3.5 Bilan thermique

Le calcul du bilan thermique a été fait suivant le DTR C3.2 (Document Technique réglementaire)

Nous allons construire avec un nouveau procédé qui consiste à construire une paroi en brique creuse de 10 cm puis coller de l'extérieur, avec du ciment colle, des plaque de polystyrène. La *figure 2.11* nous montre l'état d'avancement de la pose du polystyrène.



FIGURE 2.11: Photo des différents composants du mur

Ce procédé est nouveau pour nous, et donc pour le comparer avec une construction standard nous allons procéder comme indiqué dans la *figure 2.12* :

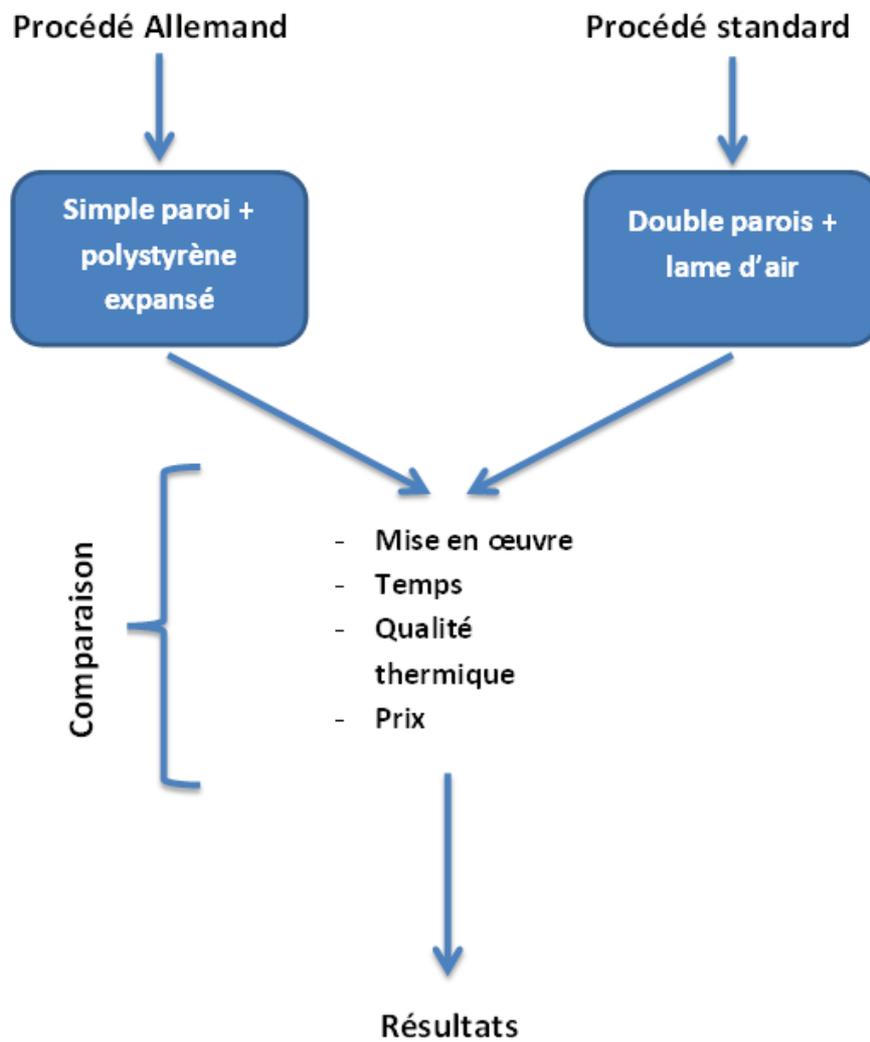


FIGURE 2.12: Procédé de comparaison

Pour la qualité thermique nous avons élaboré un petit programme sur Microsoft Excel afin de calculer les deux bilans thermique, et pouvoir par la suite comparer les déperditions totales.

Les résultats se trouvent dans les *tableaux 2.7 et 2.8* suivant :

Tableau 2.7: Bilan thermique de la maisonnette à une seule paroi

	Surfaces (m ²)	Couches	1	2	3	4	5	6	ΣR	1/he	1/hi	1/he + 1/hi	1/K	Ds [W/c°]	
Toiture (S1)	9	e (m)	0,01	0,16	0,05	0,06	0,02	0,07							
		λ(W/mc°)	0,35		1,75	0,035	0,23	0,00734			0,050	0,170	0,220	11,755	0,766
		R(m ² c°/W)	0,029	0,140	0,029	1,714	0,087	9,537		11,535					
Murs (S2)	33,29	e (m)	0,010	0,016	0,100	0,060	0,015								
		λ(W/mc°)	0,350	0,114	0,500	0,035	0,667				0,060	0,110	0,170	2,275	14,631
		R(m ² c°/W)	0,029	0,140	0,200	1,714	0,022			2,105					
Plancher (S3)	10,82	e (m)	0,05	0,04	0,2										
		λ(W/mc°)	1,75	0,035	2,4						0,05	0,17	0,22	1,47	7,34
		R(m ² c°/W)	0,029	1,143	0,083					1,255					
Portes (S4)	2,068	e (m)													
		λ(W/mc°)												0,285	7,256
		R(m ² c°/W)													
			Lame l'air	K _{un}	r _v [m ² c°/W]	r _{mid} [m ² c°/W]									
Fenêtre (S5)	1,2	e (m)	0,06												
		λ(W/mc°)		4	0,025	0,030								0,769	1,560
		R(m ² c°/W)													
D _{ref}													117,582		
ΣDs													31,55		
D _{li} [W/c°]														6,31	
D _s [W/m.c°]														15,6	
D _r														16,777	
D _i														70,237	
Q _t [W]														1299,81	

Tableau 2.8: Bilan thermique de la maisonnette à double parois

	Surfaces (m ²)	Couches	1	2	3	4	5	6	ΣR	1/he	1/hi	1/(he+1/hi)	1/K	Ds [W/c°]	
Toiture (S1)	9	e (m)	0,01	0,16	0,05	0,06	0,02	0,07							
		λ(W/mc°)	0,35		1,75	0,035	0,23	0,00734			0,050	0,170	0,220	11,755	0,766
		R(m ² c°/W)	0,029	0,140	0,029	1,714	0,087	9,537	11,535						
Murs (S2)	33,29	e (m)	0,010	0,016	0,100	0,040	0,100	0,015							
		λ(W/mc°)	0,350	0,114	0,500		0,500	0,667			0,060	0,110	0,170	0,879	37,891
		R(m ² c°/W)	0,029	0,140	0,200	0,140	0,200	0,022	0,709						
Plancher (S3)	10,82	e (m)	0,05	0,04	0,2										
		λ(W/mc°)	1,75	0,035	2,4						0,05	0,17	0,22	1,47	7,34
		R(m ² c°/W)	0,029	1,143	0,083					1,255					
Portes (S4)	2,068	e (m)													
		λ(W/mc°)													
		R(m ² c°/W)													
			Lame l'air	Kvm	rv[m ² c°/W] ^[rvid] [m ² c°/W]										
Fenêtres (S5)	1,2	e (m)	0,06												
		λ(W/mc°)		4	0,025	0,030									
		R(m ² c°/W)													
Dref															
ΣDs														54,81	
Dli [W/c°]														10,96	
Ds [W/m.c°]														15,6	
Dr														16,777	
Di														98,149	
Q. [W]														1969,71	

Les résultats nous montrent qu'en supprimant une paroi et en isolant de l'extérieur avec du polystyrène nous pouvons diminuer les déperditions thermique de 27,912 w/C° ce qui veut dire de 28.43% . Nous pouvons constater cette différence dans la *figure 2.13*.

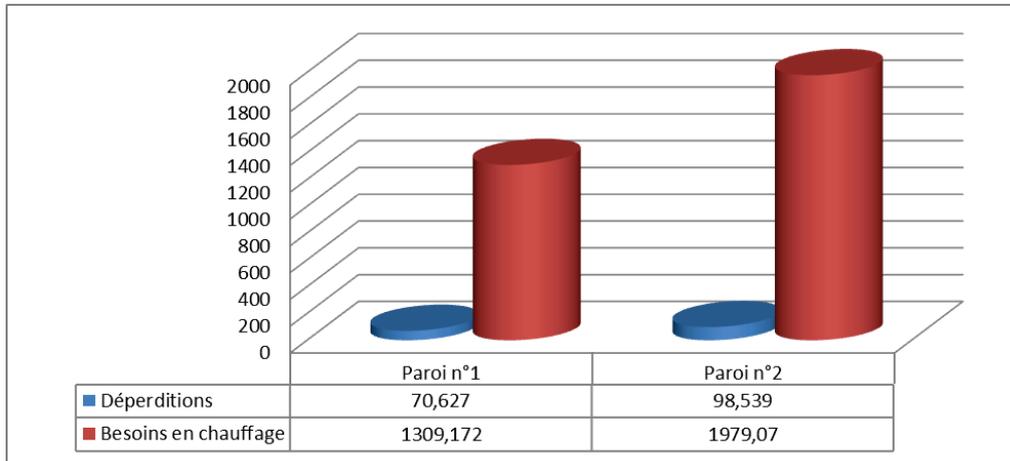


FIGURE 2.13: Comparaison entre les deux procédés de construction

Donc en éliminant une paroi nous aurons :

- Un gain de temps pour la mise en œuvre.
- Un gain de matériaux (briques).
- Moins de déperditions thermique.
- Un gain sur les besoins en chauffage qui se traduit par 34.01%, et donc des économies en chauffage à long terme.

2.4 Conclusion

Nous pouvons dire que ce projet est réellement réalisable, et ceci suite aux différentes études (faisabilité, risques, besoins). Il a été décidé de conduire ce projet jusqu'à la clôture.

Aussi en comparant les deux procédés « Allemand » et « standard » nous avons pu remarquer que le procédé Allemand est meilleur du point de vu coût, temps et mise en œuvre. Bien sûr il faudrait plus de technicité lors de la mise en œuvre, et donc un main d'œuvre qualifié afin de poser correctement l'isolant.

La partie qui suit concerne tout ce qui est management du projet « maisonnette de 3,50 m x 3,50 m à efficacité énergétique ».

Chapitre 3

Le management du projet « maisonnette a efficacité énergétique »

3.1 Introduction

La multiplicité des intervenants et de parties prenantes dans un projet de construction rendent l'opération, de construire, complexe. Pour passer cette barrière il est nécessaire de mettre en place un management qui garanti l'interopérabilité des intervenants sur le chantier. Ceci est assuré par une équipe projet qui doit veiller à ce que les exigences et les attentes du maître de l'ouvrage soient satisfaites toute en respectant l'échéancier et le budget prévus pour la réalisation du projet.

Ce chapitre présentera les démarches du management de projet entretenues tout au long du cycle de vie de notre projet intitulé « étude et réalisation d'une maisonnette de 3,50 m x 3,50 m à efficacité énergétique ».

Les démarches de management de projet sont présentées par domaine de connaissance mais l'application se déroule selon les processus de management de projet. La *figure 3.1* nous donne un aperçu sur ces processus .

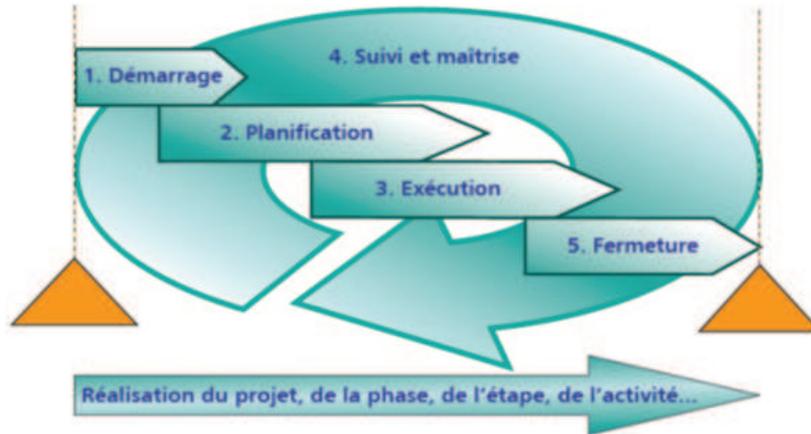


FIGURE 3.1: Cycle de gestion de projet

3.2 Management de l'intégration du projet

Le management de l'intégration du projet comprend les processus et les activités qui permettent d'identifier, de définir, de combiner, d'unifier et de coordonner les différents processus et activités de management de projet au sein des groupes de processus de management de projet. La *figure 3.2* nous donne un aperçu des différentes activités du management de l'intégration tout au long du cycle de vie du projet.

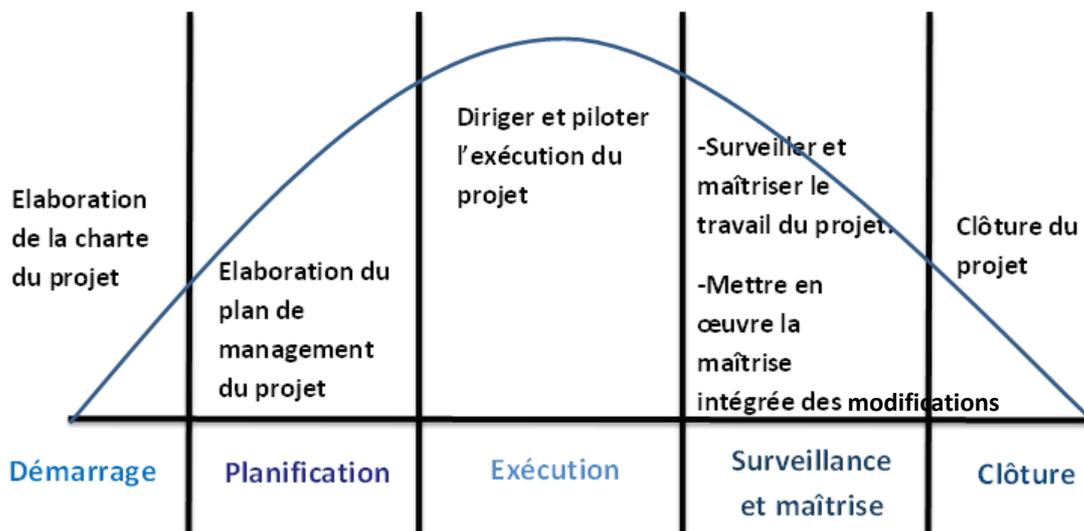


FIGURE 3.2: Superposition des activités du management de projet sur le cycle de vie du projet.

Notre projet intitulé « Étude et réalisation d'une maisonnette de 3,50 m x 3,50 m »

est un projet de fin d'étude réalisé par nous, étudiants, surveillés et pilotés par nos encadreurs. Plusieurs points du management n'ont pas été fait comme par exemple la charte du projet qui, normalement, est la première étape dans le management de l'intégration. Pour des raisons de manque d'informations et de manque de temps cette étape n'a pas été faite.

La deuxième étape est l'élaboration du plan de management du projet, donc ça s'inscrit dans le management du contenu avec bien sûr le recueil des exigences et la création du WBS appelée aussi la SDP. Nous retrouverons cette partie en section *3.3 Management du contenu*.

La troisième étape est la direction et le pilotage de l'exécution du projet : cela consiste à exécuter le travail défini dans le WBS pour atteindre les objectifs du projet. C'est à dire que c'est la partie qui se fait pendant le chantier. Nous retrouverons cette étape dans la partie rapport d'avancement du projet.

La quatrième étape est :

- La surveillance et la maîtrise du travail du projet qui consiste à suivre, revoir et réguler les avancements pour atteindre les objectifs définis dans le WBS.
- Et la mise en œuvre de la maîtrise intégrée des modifications qui consiste à examiner toutes les demandes de modification, à approuver les modifications, et à gérer les modifications des livrables, et du WBS.

Cette étape est incluse dans la management du contenu, des délais et des coûts qui consiste à mettre à jour notre planification sur le logiciel MSP¹, et les différentes modifications du contenu.

La dernière étape est la clôture du projet qui consiste à finaliser toutes les activités pour l'ensemble des groupes de processus de management de projet afin de clore formellement le projet. Cette étape concerne le transfert à l'exploitant, qui est dans notre cas l'UABT ; elle se fera en présence des encadreurs, de l'entreprise réalisatrice ainsi que du doyen de la faculté de technologie.

3.3 Management du contenu du projet

3.3.1 Définition (PMBOK – 4eme édition 2008)

Le management du contenu du projet comprend les processus permettant d'assurer que tout le travail requis par le projet, et seul le travail requis, est effectué pour achever le projet avec succès. Le management du contenu du projet porte essentiellement sur la définition et la maîtrise de ce qui est inclus et ce qui est exclu du projet.

Ces processus sont les suivants :

- **Recueillir les exigences** : C'est le processus qui consiste à définir et à documenter les besoins des parties prenantes nécessaires pour atteindre les objectifs du projet.

1. Microsoft Project est un logiciel de gestion de projet édité par Microsoft. MS Project permet de planifier les projets et les ressources, et d'assurer le suivi des projets pendant leur réalisation.

- **Définir le contenu** : C'est le processus qui consiste à élaborer une description détaillée du projet et du produit.
- **Créer la structure de découpage du projet** : C'est le processus qui consiste à subdiviser les livrables et le travail du projet en composants plus petits et plus faciles à maîtriser.
- **Vérifier le contenu** : C'est le processus qui consiste à formaliser l'acceptation des livrables achevés du projet.
- **Maîtriser le contenu** : C'est le processus qui consiste à surveiller l'état du contenu du projet et du produit, et à gérer les modifications affectant la référence de base du contenu. (PMBOK – 4eme édition 2008)

3.3.2 Le recueil des exigences

Les exigences du projet étaient prédéfinies dans la fiche descriptive du PFE par les encadreurs de ce dernier et consistaient à réaliser une maisonnette de 3,50 m x 3,50 m à efficacité énergétique, isolée par l'extérieur avec une structure porteuse poteaux-poutres.

La collecte des exigences est primordiale pour la réussite du projet, elle comprend les besoins et les attentes des parties prenantes, ces exigences doivent être documentées d'une manière explicite pour qu'elles puissent être suivies toute au long du cycle de vie du projet.

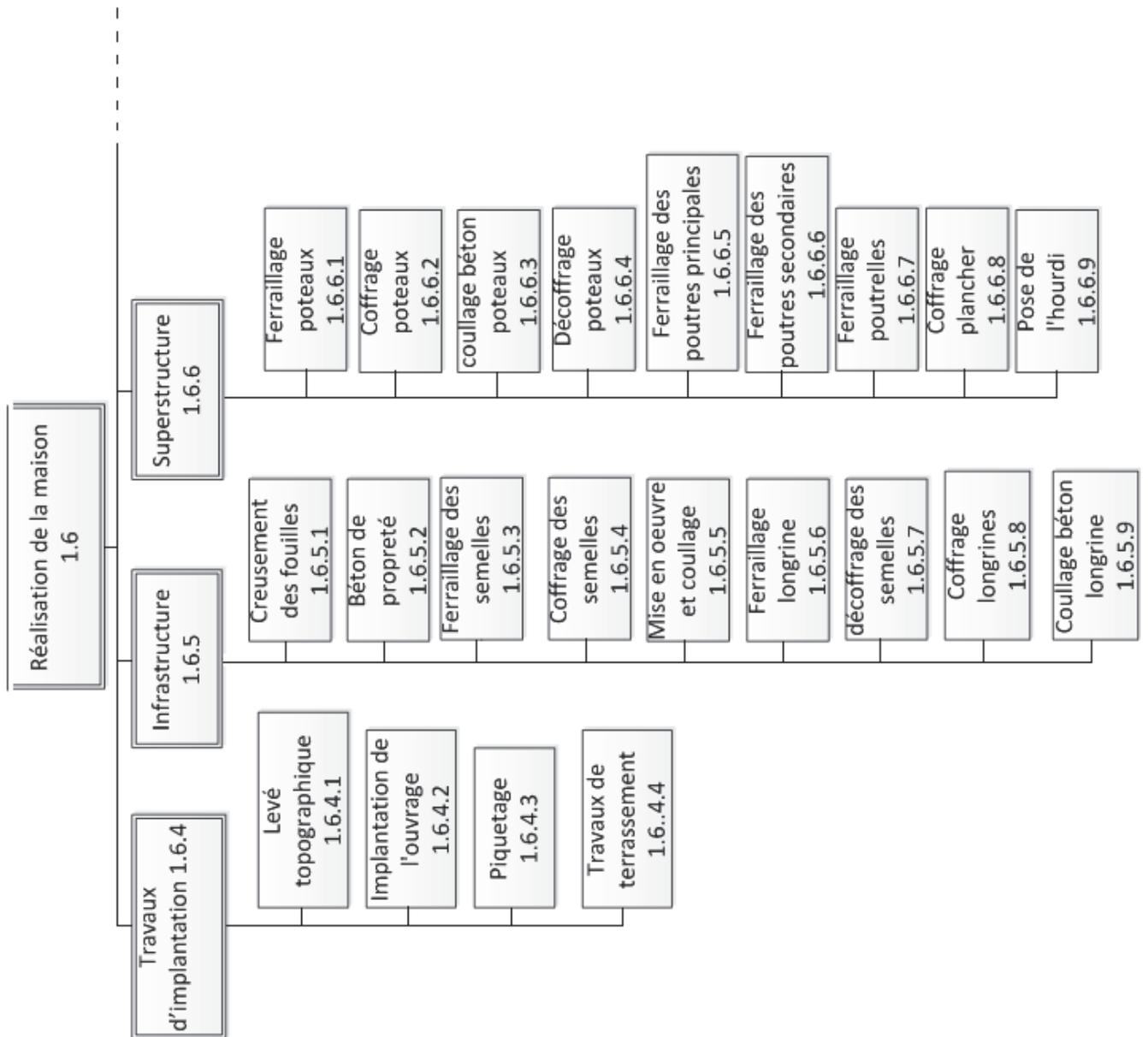
Les interviews, les groupes de consultation, les ateliers dirigés et les techniques de créativité collectives sont des outils efficaces pour recueillir des exigences.

3.3.3 Création du WBS

Elle consiste à subdiviser les livrables et le travail du projet en petits composants faciles à maîtriser.

La (SDP) structure de découpage du projet appelée aussi (WBS) Work Breakdown Structure est une décomposition hiérarchique orientée vers les livrables ; aux niveaux le plus bas on retrouve l'ensemble des tâches nécessaires pour réaliser le projet : c'est le niveau où le coût et la durée des activités du travail peuvent être estimés de manière fiable. Le niveau de décomposition dépend de la taille et de la complexité du projet.

Pour notre projet nous avons fait entrer les différents livrables et tâches dans un fichier MSP ; nous remarquons que la numérotation du livrable « Réalisation de la maison » commence directement par 1.6, car le WBS de la bâtisse est tiré du WBS du PFE (*qui se trouve en annexe E*) vu qu'on a fonctionné en mode projet même pour notre mémoire de fin d'étude. Le WBS de la réalisation de la maison est donné dans la *figure 3.3*.



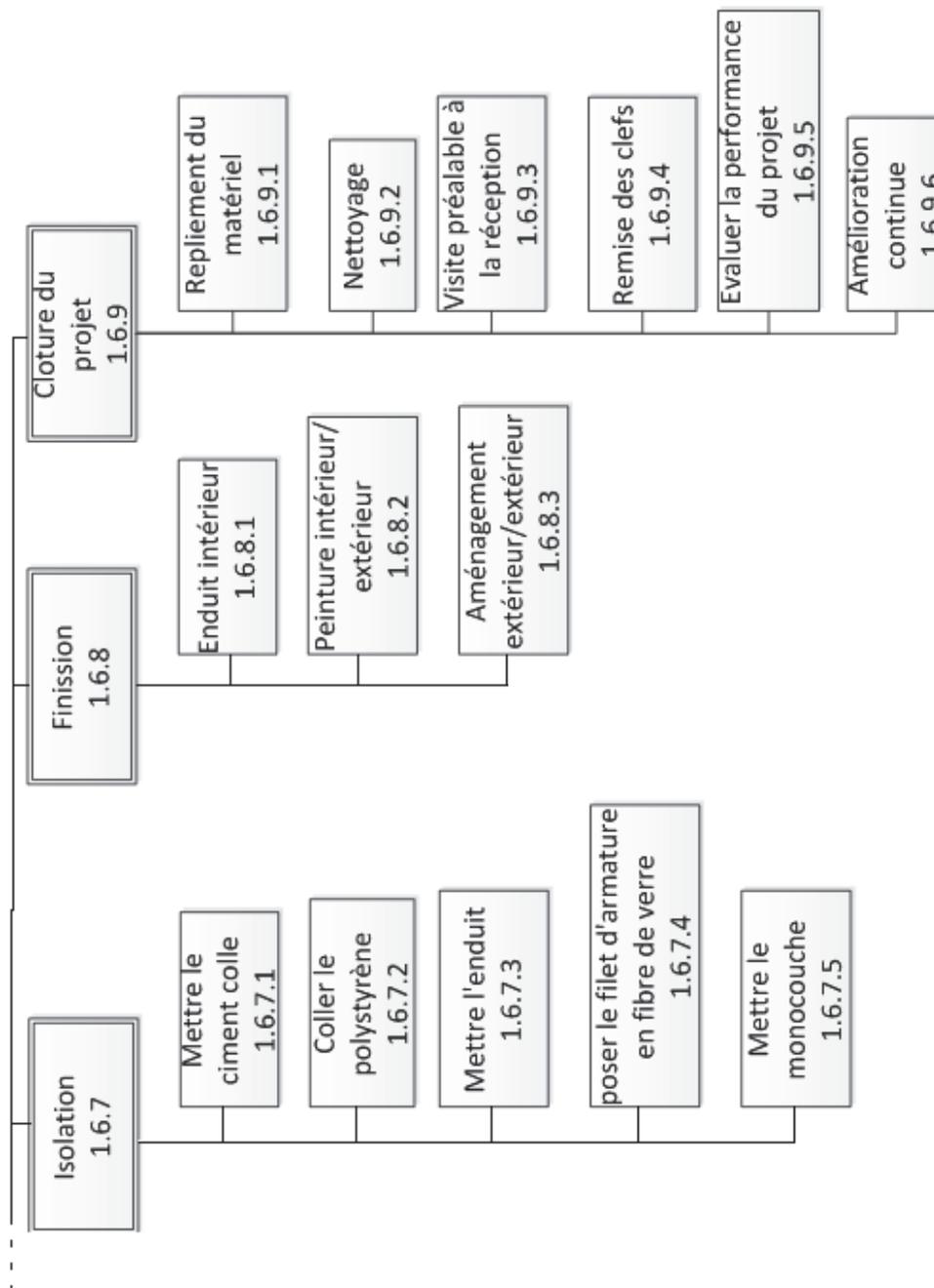


FIGURE 3.3: WBS réalisation d'une maisonnette de 3,50m x 3,50m à efficacité énergétique

3.3.4 Vérification du contenu

Une inspection (mesures, examens, vérifications, audits) est faite par le client ou le commanditaire afin de vérifier la conformité du livrable de projet par rapport aux exigences et aux critères d'acceptations décrits préalablement.

Les livrables conformes doivent être formellement acceptés et approuvés par le client ou le commanditaire aussi, ils doivent être munis d'une documentation formalisant l'acceptation des autres parties prenante du projet.

Les livrable non acceptés sont documentés avec les raisons du refus ; ils peuvent faire l'objet de corrections ou de modifications.

Dans notre projet, la vérification et la validation du contenu a été faite par les encadreurs.

Chaque fin de semaine, des séances de mise au point étaient organisées avec les encadreurs afin de vérifier la planification du projet et son avancement, ceci se faisait en visionnant la planification sur MSP.

Nous pouvons voir dans la *figure 3.4* comment le logiciel MSP présente la planification avec :

- Les livrables et tâches à gauche
- Le diagramme de GANTT à droite.
- Et les dates en haut.
- La ligne verte nous montre la limite des tâches achevées, des tâches en cour et les tâches en retard. Afin de vérifier la planification il suffit de cliquer sur « marquer le suivi » et la ligne verte sera tracée sur le jour de la vérification.

Des cases peuvent être ajoutées pour faire entrer les dates réelles de l'achèvement de la tâche ainsi que son pourcentage d'avancement.

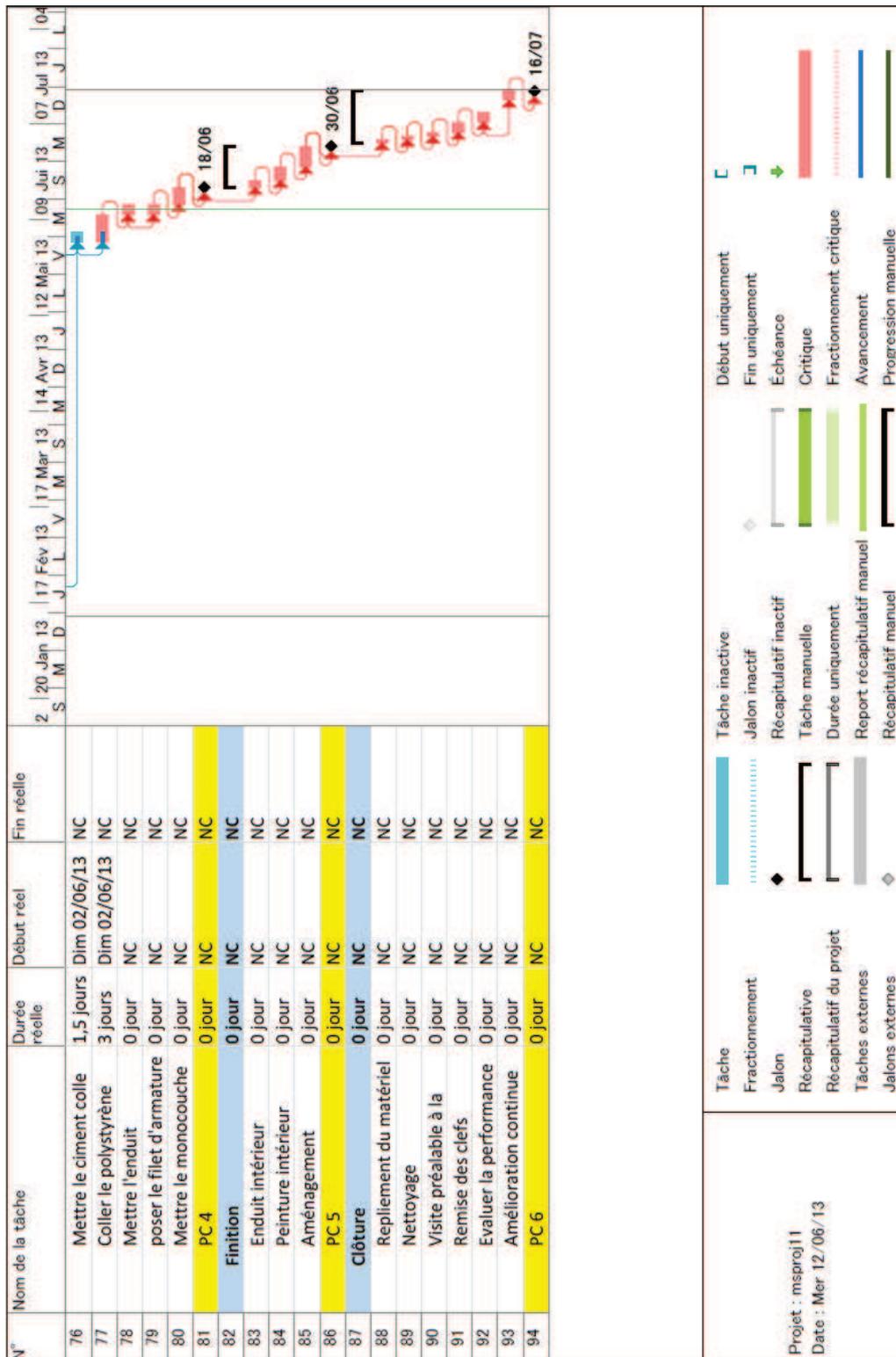


FIGURE 3.4: Planification sur MSP

3.3.5 Maîtrise du contenu

elle permet de faire des mesures de performance en analysant les écarts (cout, délais, contenu) réels par rapport à ce qui a été planifié. Ces mesures sont transmises au client ou au commanditaire et peuvent conduire à des modifications dans le projet. Elles permettent aussi de s'assurer que toutes les modifications demandées et les actions correctives ou préventives recommandées ont été traitées. Pour assurer la maîtrise du contenu dans ce projet, un suivi qui consiste à faire des mesures était prévu à chaque achèvement de lots de travail. Ces mesures ont été comparées par la suite aux exigences comme montré dans le dernier chapitre.

3.4 Management des risques du projet

3.4.1 Définition (PMBOK – 4eme édition 2008)

Le management des risques du projet comprend les processus de conduite de la planification du management des risques, leur identification, leur analyse, la planification des réponses aux risques, ainsi que leur surveillance et maîtrise dans le cadre du projet.

Les objectifs du management des risques du projet sont d'accroître la probabilité et l'impact des événements positifs, et de réduire la probabilité et l'impact des événements négatifs dans le cadre du projet.

Ces processus sont les suivants :

- **Planifier le management des risques** : c'est le processus qui consiste à définir les méthodes de conduite des activités de management des risques d'un projet.
- **Identifier les risques** : c'est le processus qui consiste à identifier les risques pouvant affecter le projet et à documenter leurs caractéristiques.
- **Mettre en œuvre l'analyse qualitative des risques** : c'est le processus qui consiste à définir l'ordre de priorité des risques pour analyse ou actions ultérieures, par évaluation et combinaison de leur probabilité d'occurrence et de leur impact.
- **Mettre en œuvre l'analyse quantitative des risques** : c'est le processus qui consiste à analyser numériquement les effets des risques identifiés sur l'ensemble des objectifs du projet.
- **Planifier les réponses aux risques** : c'est le processus qui consiste à développer des options et des actions permettant d'augmenter les opportunités et de réduire les menaces relatives aux objectifs du projet.
- **Surveiller et maîtriser les risques** : c'est le processus qui consiste à mettre en œuvre les plans de réponse aux risques, à suivre les risques identifiés, à surveiller les risques résiduels, à identifier les nouveaux risques et à évaluer l'efficacité du processus de management des risques tout au long du projet.

3.4.2 Plan de management des risques

Décrit la façon dont les risques vont être gérés toute au long du cycle de vie du projet ; ceci revient à définir les méthodes et les outils de gestion de risque, et à utiliser les rôles et les responsabilités de chacun.

3.4.3 Identification des risques

Consiste à énumérer tous les risques pouvant affecter le projet. L'identification des risques se fait par un brainstorming avec la présence d'une équipe pluridisciplinaire, cette opération est répétitive au fur et à mesure que le projet progresse dans son cycle de vie car de nouveaux risques peuvent évoluer ou apparaître.

Ceci nous permet de sortir avec une liste de risques qui est souvent actualisée pendant le cycle de vie du projet.

Après la création de la SDP, on a procédé à une identification des risques plus fine au niveau hiérarchique le plus bas de la SDP. Après avoir fait un brainstorming avec quelques étudiants du Master 2 CEM nous sommes sortis avec la liste des risques suivante :

1. Les retards lors du lancement de la commande.
2. Les retards lors de la livraison des commandes.
3. Les non disponibilité des matériaux sur le marché.
4. L'inflation du prix des matériaux.
5. Matériaux défectueux.
6. Mauvaise manipulation des matériaux lors du chargement/déchargement.
7. Terrain inaccessible pour le camion (transport).
8. Risque professionnel (manque d'expérience, mauvaise manipulation du matériel).
9. Alimentation en électricité (refus).
10. Intempérie.
11. Panne de la bétonnière.
12. Présence d'éléments en béton armé.
13. Rupture de sponsoring.
14. Conflit entre les acteurs du projet.
15. La non disponibilité de ressources.
16. Maladie.
17. Pollution de l'environnement.
18. Accidents sur chantier.

3.4.4 L'analyse qualitative des risques

Elle évalue la priorité des risques identifiés sur la base de leur probabilité d'occurrence, et de leur impact correspondant sur les objectifs du projet si les risques survenaient.

Les risques sont classés par priorité en groupes selon leur sévérité, à savoir « risque critique », « risque majeur » et « risque modéré », « risque mineur ».

3.4.5 Mettre en œuvre l'analyse quantitative des risques

Il s'agit de quantifier les aspects qualitatifs définis précédemment en affectant des chiffres aux probabilités et aux impacts. Les risques seront ensuite superposés sur une matrice de risques.

Le *tableau 3.1* récapitule les risques identifiés ainsi que leur probabilité, leurs impact et à quel moment du projet ils peuvent survenir.

Tableau 3.1: Formulaire d'évaluation des risques

Risques	Ident.	Probab.	impact	Quand ?
Retards	R1	2	4	Lancement/livraison de commandes
Non disponibilité des matériaux sur le marché	R2	3	4	Tout au long de la réalisation
L'inflation des prix des matériaux	R3	3	4	Au moment des commandes
Matériel défectueux	R4	2	3	Réalisation
Mauvaise manipulation du matériel	R5	2	2	Réalisation
Terrain inaccessible pour l'engin/camion	R6	2	3	Terrassement / Déchargement
Mauvaise manipulation des matériaux	R7	1	3	Chargement / Déchargement
Absence d'alimentation électrique	R8	2	3	Utilisation de la bétonnière
Intempéries	R9	3	4	Réalisation
Panne de la bétonnière	R10	2	3	Mise en œuvre du béton
Présence d'éléments en béton armé	R11	3	4	Terrassement / creusement des fouilles
Rupture de sponsoring	R12	3	4	Réalisation / approvisionnement
Conflit entre les acteurs du projet	R13	2	2	Tout au long du projet

Risques	Ident.	Probab.	impact	Quand ?
La non disponibilité des ressources matériels	R14	2	3	Lors de la réalisation du projet .
Pollution de l'environnement	R15	2	3	Lors de la réalisation du projet .
Accident sur chantier	R16	3	2	Lors de la réalisation du projet .
Maladie	R17	2	4	Lors de la réalisation du projet .

Afin de bien visualiser les risques dans leur cases de sévérité, nous les avons placé dans une matrice des risques. La *figure 3.5* illustre cette matrice.

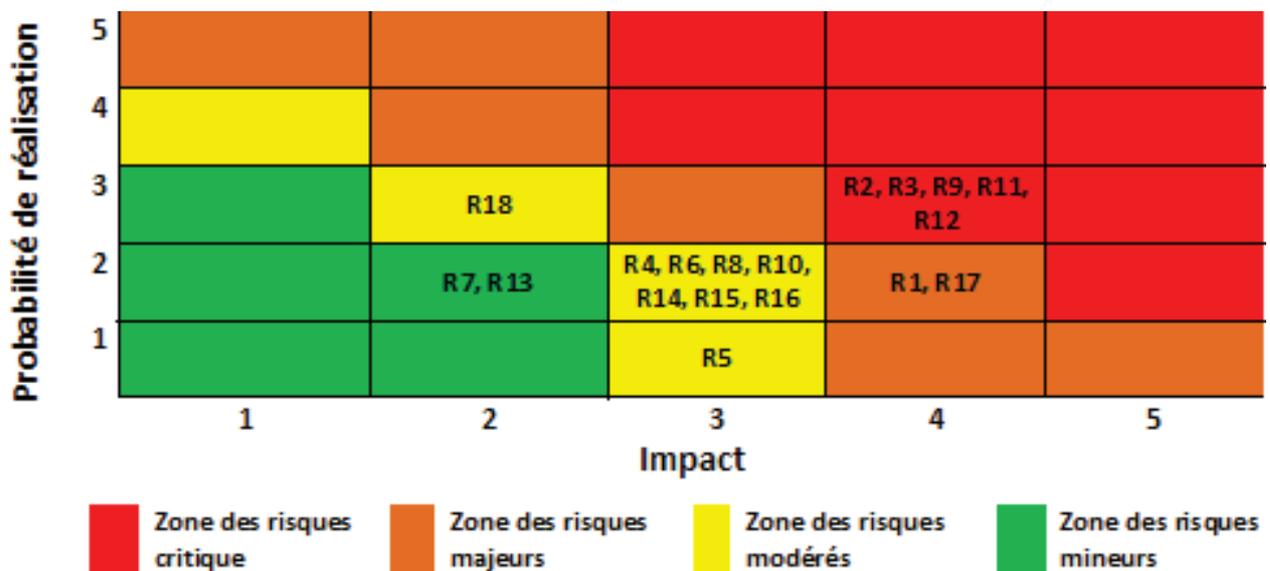


FIGURE 3.5: Matrice des risques

3.4.6 Planifier les réponses aux risques

Il s'agit de prévoir un plan de réponse pour chaque risque en cas d'occurrence de ce dernier.

Les réponses planifiées aux risques doivent être adaptées à l'ampleur des risques et rentables par rapport au défi à l'occurrence de ce dernier.

Il existe 4 stratégies de réponse aux risques :

- **Éviter le risque** : l'identification du risque à éviter implique la modification du plan de management de projet afin d'éliminer la menace entièrement.
- **Transférer le risque** : consiste à trouver une tierce entité qui prend en charge l'impact du risque ainsi que la responsabilité de la réponse.
- **Atténuer le risque** : consiste à abaisser à un seuil acceptable la probabilité et/ou l'impact du risque.

- **Accepter le risque** : c'est une stratégie adoptée pour les risques qui ne peuvent pas être éliminés.

Après avoir listé et analysé les risques qui peuvent se manifester pendant notre projet, nous avons mis en place une matrice de réponses aux risques. Donnée dans le *tableau 3.2* :

3.4.7 Surveiller et maîtriser les risques

La surveillance et la maîtrise des risques se traduit souvent par l'identification de nouveaux risques, la réévaluation des risques actuels et la clôture des risques dépassés.

Pour ce qui est de la maîtrise des risques dans notre projet, elle a été faite et mise à jour directement dans les tableaux qui ont précédés. Comme l'ajout du risque « maladie du maçon » et celui de « présence d'éléments en béton armé pendant le creusement des fouilles »

3.5 Management des délais du projet

3.5.1 Définition (PMBOK – 4eme édition 2008)

Le management des délais du projet comprend les processus permettant de gérer l'achèvement du projet dans le temps voulu. Ces processus sont les suivants :

- **Définir les activités** : C'est le processus qui consiste à identifier les actions spécifiques à entreprendre pour produire les livrables du projet.
- **Organiser les activités en séquence** : C'est le processus qui consiste à identifier et à documenter les relations entre les activités du projet.
- **Estimer les ressources nécessaires aux activités** : C'est le processus qui consiste à définir le profil des personnes et à estimer leur nombre, le type et la quantité de matériels, d'équipements ou de fournitures nécessaires à l'accomplissement de chaque activité.
- **Estimer la durée des activités** : C'est le processus qui consiste à estimer le nombre de périodes de travail requises pour achever chacune des activités avec les ressources estimées.
- **Élaborer l'échéancier** : C'est le processus qui consiste à élaborer l'échéancier du projet à partir de l'analyse des séquences d'activités, des durées, des besoins en ressources et des contraintes de l'échéancier.
- **Maîtriser l'échéancier** : C'est le processus qui consiste à surveiller l'état du projet dans le but de mettre à jour les progrès effectués et de gérer les modifications affectant la référence de base de l'échéancier.

Tableau 3.2: Matrice de réponses aux risques

Évènement à risque	Réponse	Plan de prévention	Plan de substitution
Les retards de livraisons	Réduire	Commander en amont	/
La non disponibilité des matériaux sur la marché	Acceptation	Stockage	Changer de matériaux
L'inflation du prix des matériaux	Acceptation	Prévoir un budget spécial	/
Matériel défectueux	Réduire	Maintenance préventive	Maintenance currative
Mauvaise manipulation du matériel	Réduire	Demander ou lire la fiche avant utilisation	/
Terrain inaccessible pour l'engin/camion	Acceptation	Faire une visite avant le lancement des travaux	Arrêt provisoire des travaux
Mauvaise manipulation des matériaux	Réduire	Demander avant l'utilisation	Nouvelle commande
Absence d'alimentation électrique	Réduire	Groupe électrogène	Mise en œuvre manuellement
Intempéries	Acceptation	S'organiser en fonction des prévisions météorologiques	Avancer dans la tâche du ferrailage
Panne de la bétonnière	Réduire	Faire des essais la veille	Mise en œuvre manuellement
Présence d'éléments en béton armé	Acceptation	/	Nettoyage du terrain
Rupture de sponsoring	Transfert	Demander un budget à l'UABT	Financement par l'entreprise
Conflit entre les acteurs du projet	Réduire	Bien utiliser les outils de communication	Faire une mise au point avec tout les acteurs du projet
La non disponibilité des ressources matériels	Acceptation	Demander la disponibilité avant utilisation	Achat de matériels
Accident sur chantier	Réduire	Port de tenue de travail, gants lunettes de protection, boîte pharmaceutique	Aller à l'infirmerie de l'UABT
Maladie	Acceptation	Avoir un contact avec d'autres ressources humaines	Contacteur d'autres ressources humaines

3.5.2 Définition des activités

Les lots de travail du projet sont subdivisés en composants plus petits et plus faciles à gérer, appelés activités ou tâches; elles constituent l'effort nécessaire à l'achèvement du lot de travail. Ces activités sont reportées sur une liste avec un numéro d'identification unique pour chacune et une description du contenu du travail si nécessaire. Le travail peut être présenté de manière plus ou moins détaillée selon sa position dans le cycle de vie du projet.

3.5.3 Organiser les activités en séquence

L'organisation des activités en séquence peut être effectuée à l'aide d'un logiciel de gestion de projet (Microsoft Project dans notre cas); la méthode utilisée ici pour le séquençage et la construction graphique est « la méthode des antécédents », le séquençage consiste à organiser les tâches en séquence avec des liaisons logiques.

Chaque tâche peut être ou non liée à un prédécesseur et/ou un successeur. Il existe plusieurs types de liaison mais dans notre projet nous avons utilisé ces (03) trois là comme nous pouvons le constater dans la *figure 3.6*.

- **Liaison Fin-Début avec un retard (FD+R)** : le commencement de la tâche successeur est conditionné par un retard de R jours (ex : coulage de la dalle - décoffrage de la dalle).
- **Liaison Début-Début (DD)** : la tâche doit commencer au même moment que son antécédente.
- **Liaison Début-Début avec un retard (DD+R)** : le commencement de la tâche successeur est conditionné par un retard de R jours (ex : creusement des tranchées - pose des canalisations).

Ce séquençage nous permet d'avoir le diagramme de réseau du projet, comme nous pouvons le voir dans les pages qui suivent. Ce diagramme est une représentation schématique des activités de l'échéancier du projet et de leurs liens logiques.

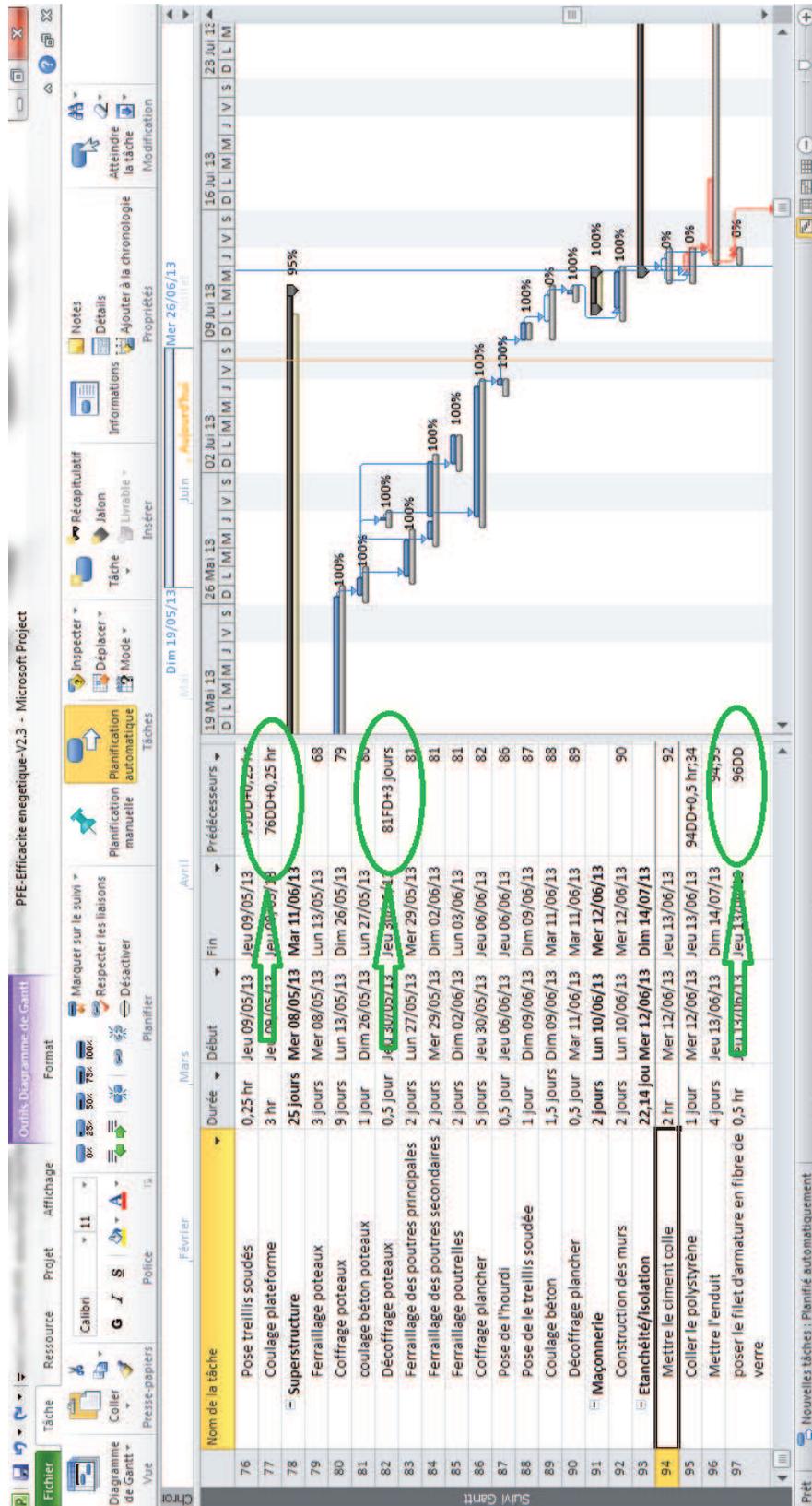
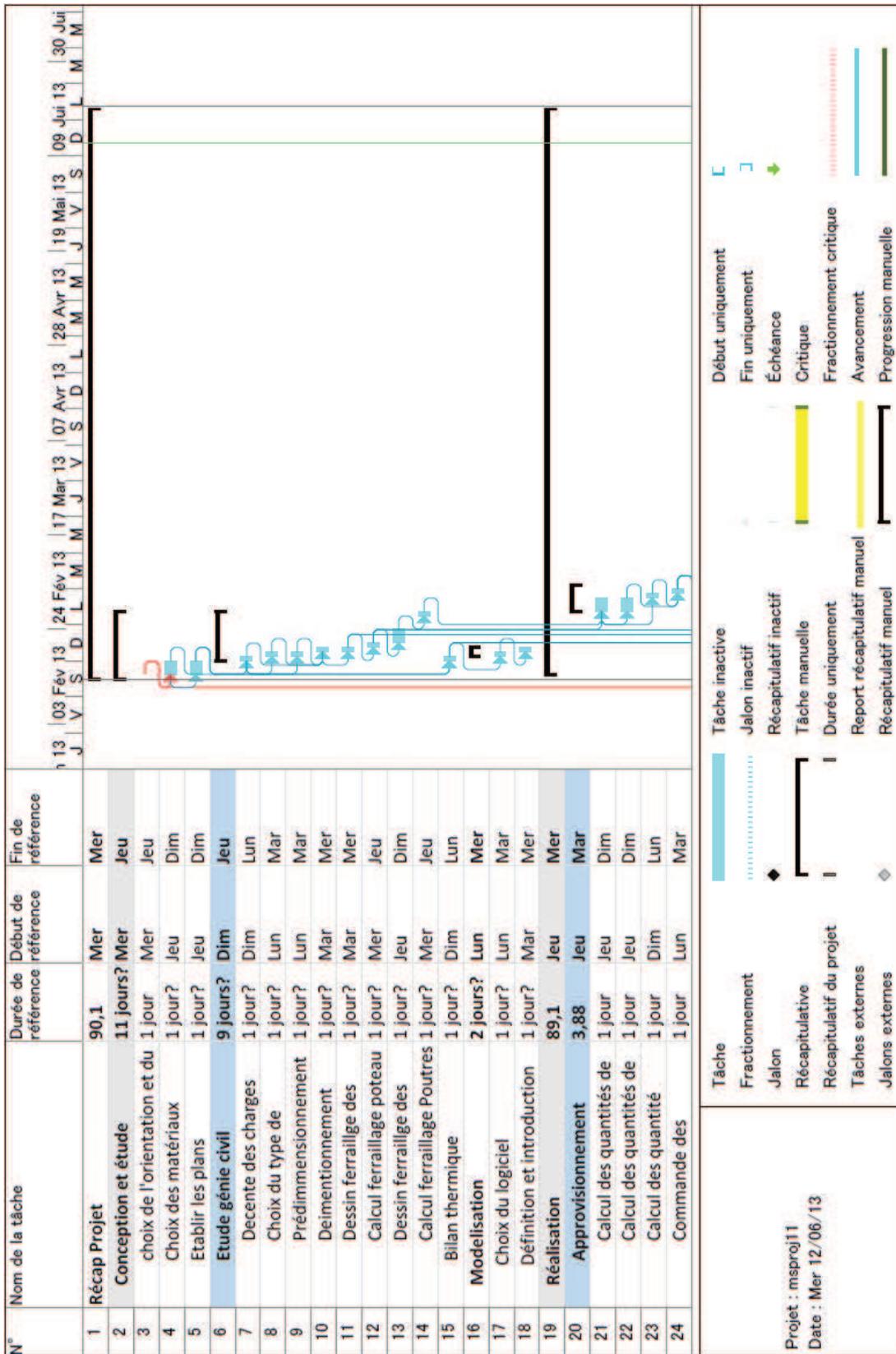
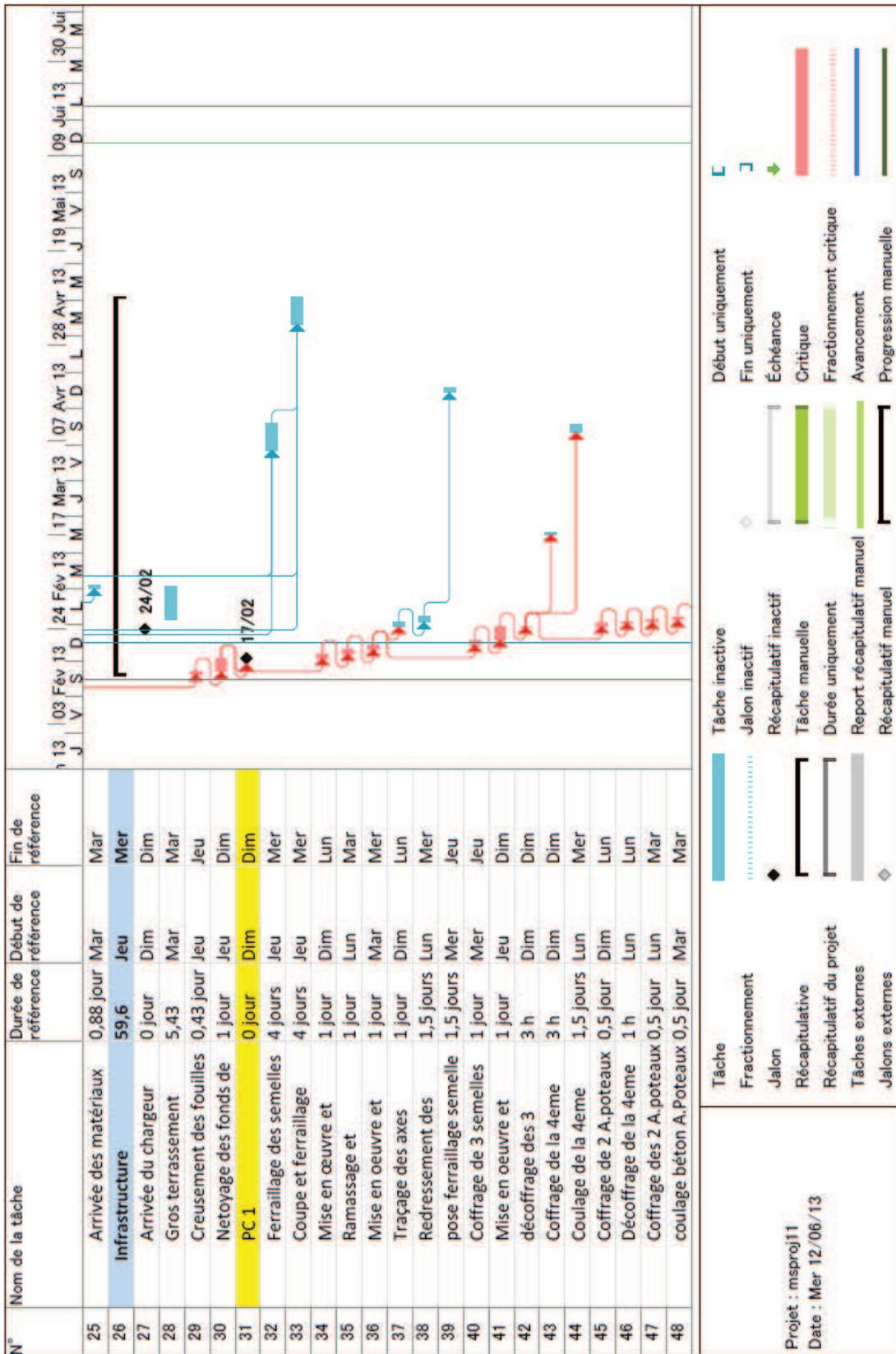
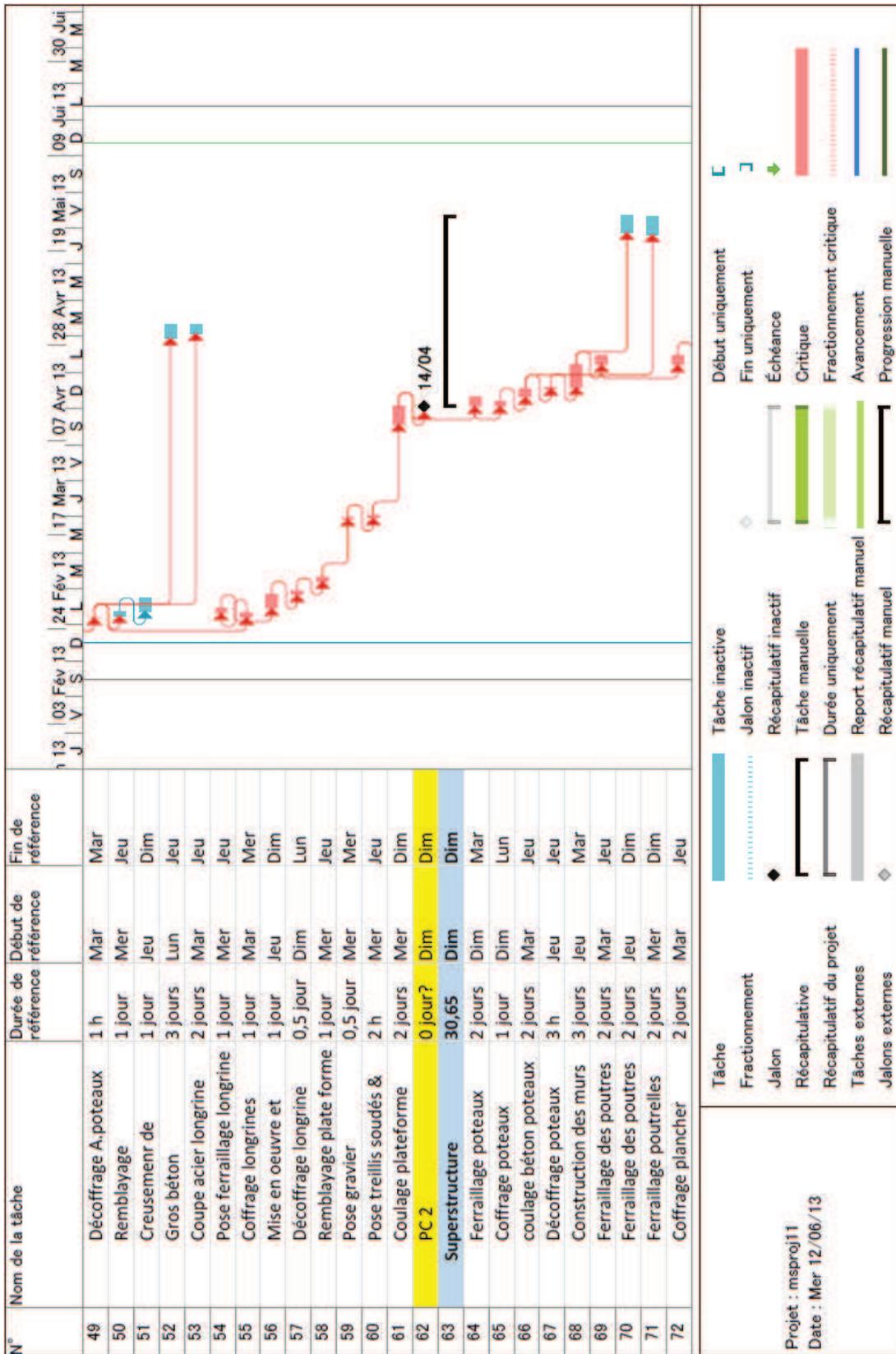
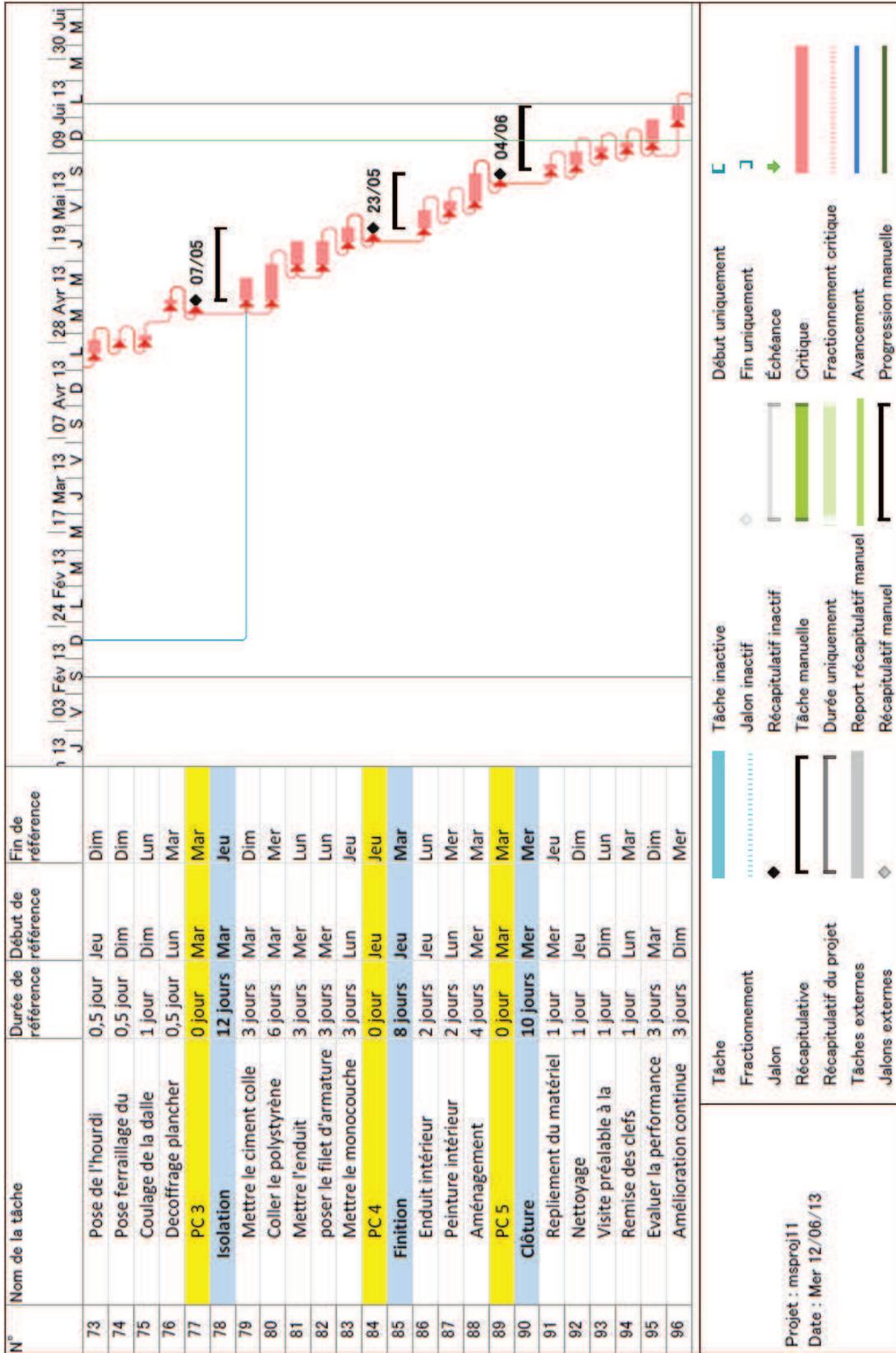


FIGURE 3.6: Liaisons entre les tâches









N°	Nom de la tâche	Durée de référence	Début de référence	Fin de référence
97	PC 6	0 jour	Mer	Mer

<p>Projet : msproj11 Date : Mer 12/06/13</p>				
<p>Tâche</p> <ul style="list-style-type: none"> Fractionnement Jalon Récapitulative Récapitulatif du projet Tâches externes Jalons externes 	<ul style="list-style-type: none"> Tâche inactive Jalon inactif Récapitulatif inactif Tâche manuelle Durée uniquement Report récapitulatif manuel Récapitulatif manuel 	<ul style="list-style-type: none"> Début uniquement Fin uniquement Échéance Critique Fractionnement critique Avancement Progression manuelle 		

3.5.4 Estimer les ressources nécessaires aux activités

L'estimation des ressources doit tenir compte de l'effort, de fournitures et du matériel nécessaires pour accomplir une tâche. S'il en résulte de cette estimation des conflits de ressources, comme nous pouvons le constater dans la *figure 3.7* (les allocations de ressources excèdent les capacités) pour les tâches qui s'exécutent en parallèle, il sera nécessaire de faire le nivellement des ressources. Cela entraînera des modifications dans les durées des activités ou dans le chemin critique initial du projet.

3.5.5 Estimer la durée des activités

L'estimation de la durée des activités à besoin des informations sur :

- Le contenu du travail de l'activité.
- Les types de ressources nécessaires.
- Leurs quantités prévues et leurs calendriers.

Nous avons estimé les durées de chaque tâche suivant un avis d'expert, en demandant à nos encadreurs et aussi aux personnes qui ont déjà travaillé sur chantier.

3.5.6 Élaboration de l'échéancier

L'introduction des activités, leurs durées et besoins en ressources sur MSP permet d'obtenir l'échéancier du projet qui comporte les dates de début et de fin prévus pour chaque tâche.

La méthode du chemin critique calcule pour toutes les tâches les dates de début et de fin au plus tôt sans tenir compte des contraintes de ressources.

Pour cela il faut faire le nivellement des ressources qui consiste à résoudre le conflit de sur-utilisation des ressources (MSP peut assurer cette mission).

3.5.7 Maîtrise de l'échéancier

Elle a pour but de surveiller les modifications apportées à l'échéancier du projet et d'analyser la performance de l'échéancier, c'est-à-dire comparer les dates de début et dates de fin prévu par rapport au réel et justifier les écarts.

Afin d'assurer cette maîtrise, sur le chantier chaque tâche a été chronométrée tout en mentionnant :

- Sa date de début et de fin réelle.
- Et la ressource humaine et matérielle nécessaire.

Ce report consistait à remplir un tableau prédéfini, comme nous pouvons le constater dans la *figure 3.8* :

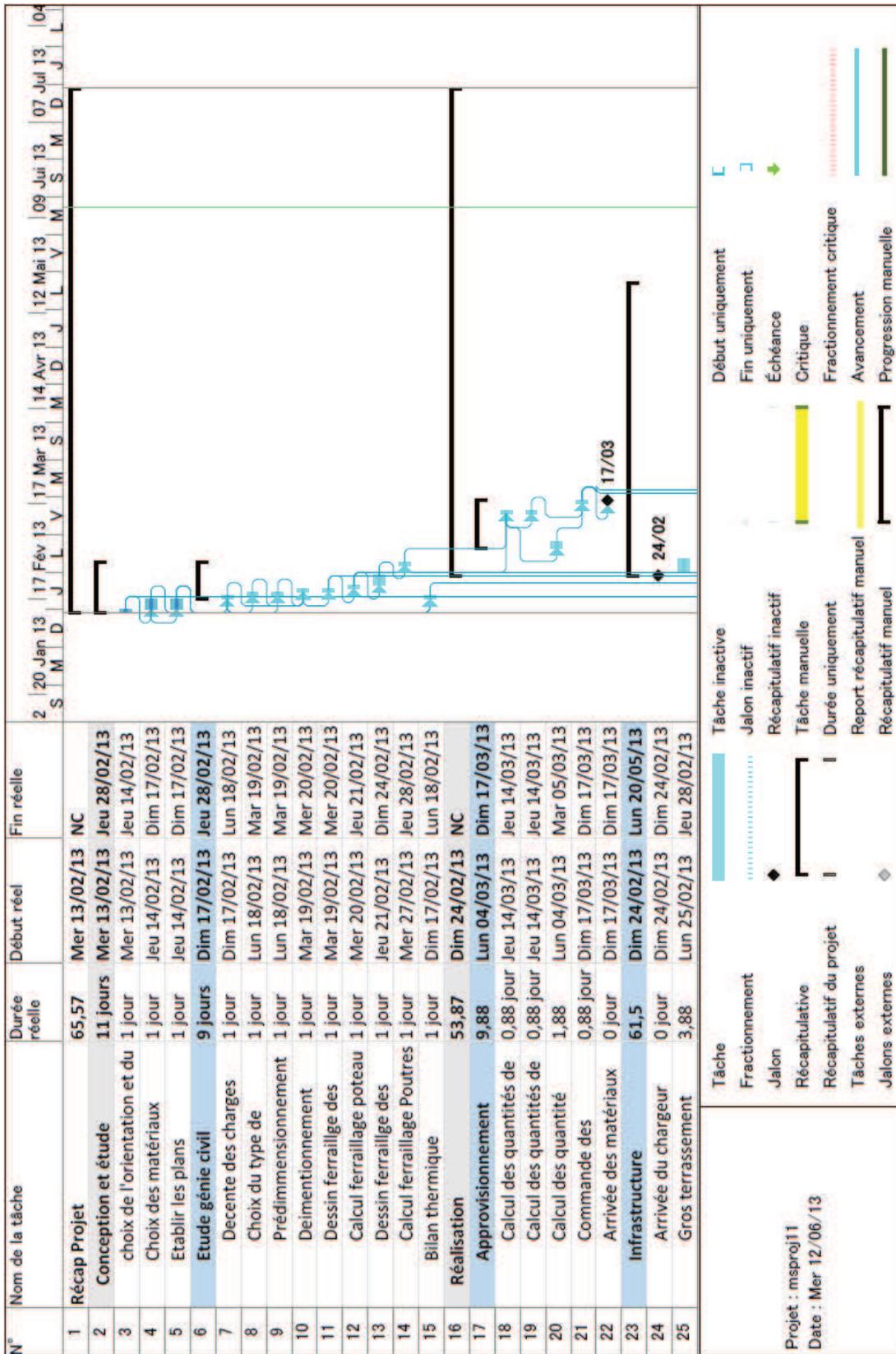
A la fin de chaque journée de travail, le report des ces informations est fait par la suite sur le fichier MSP. Nous pouvons constater que le fichier visualisé précédemment en *3.5.3 organiser les activités en séquence* a été mis à jour, et le résultat est le suivant :

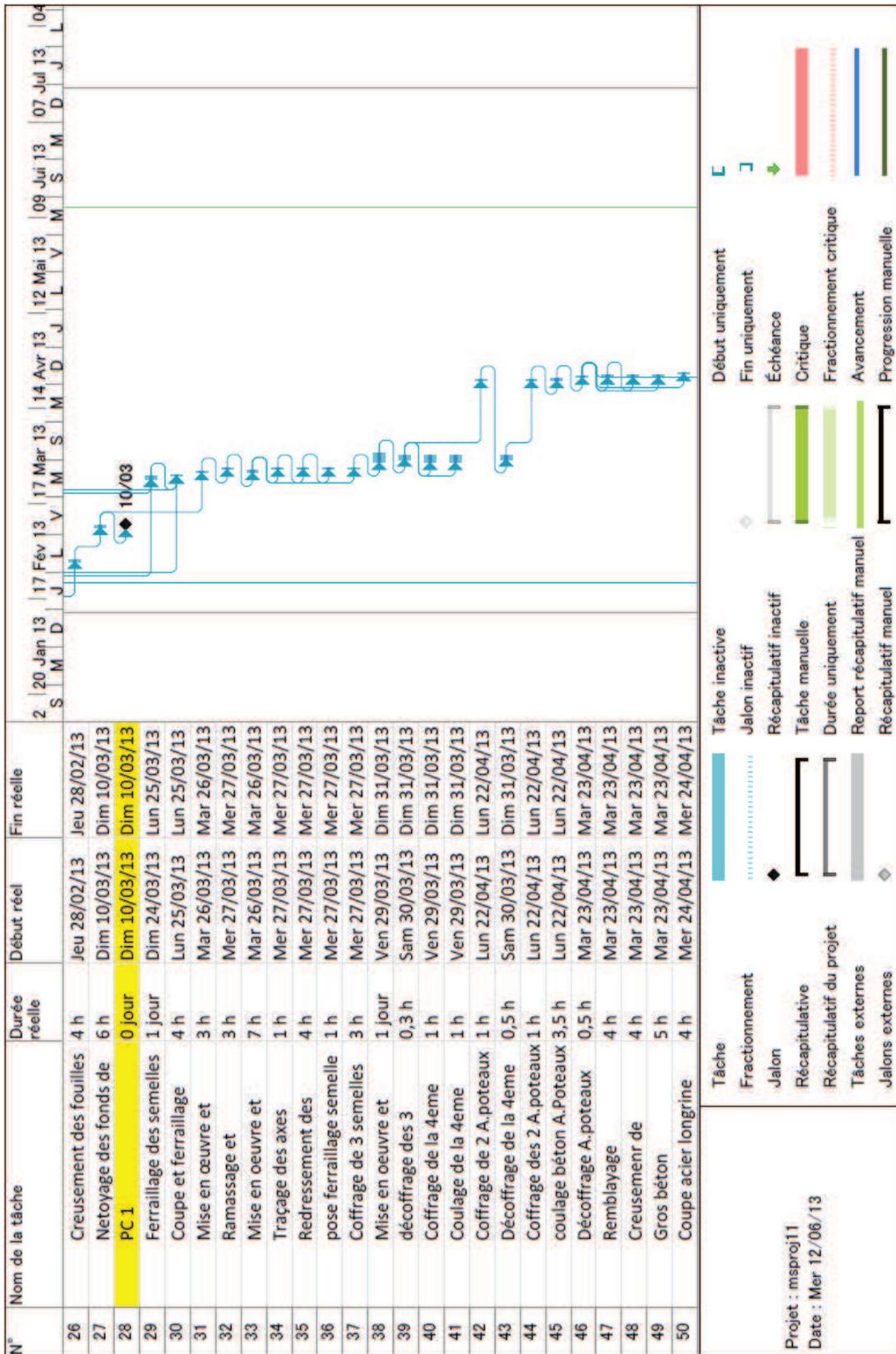


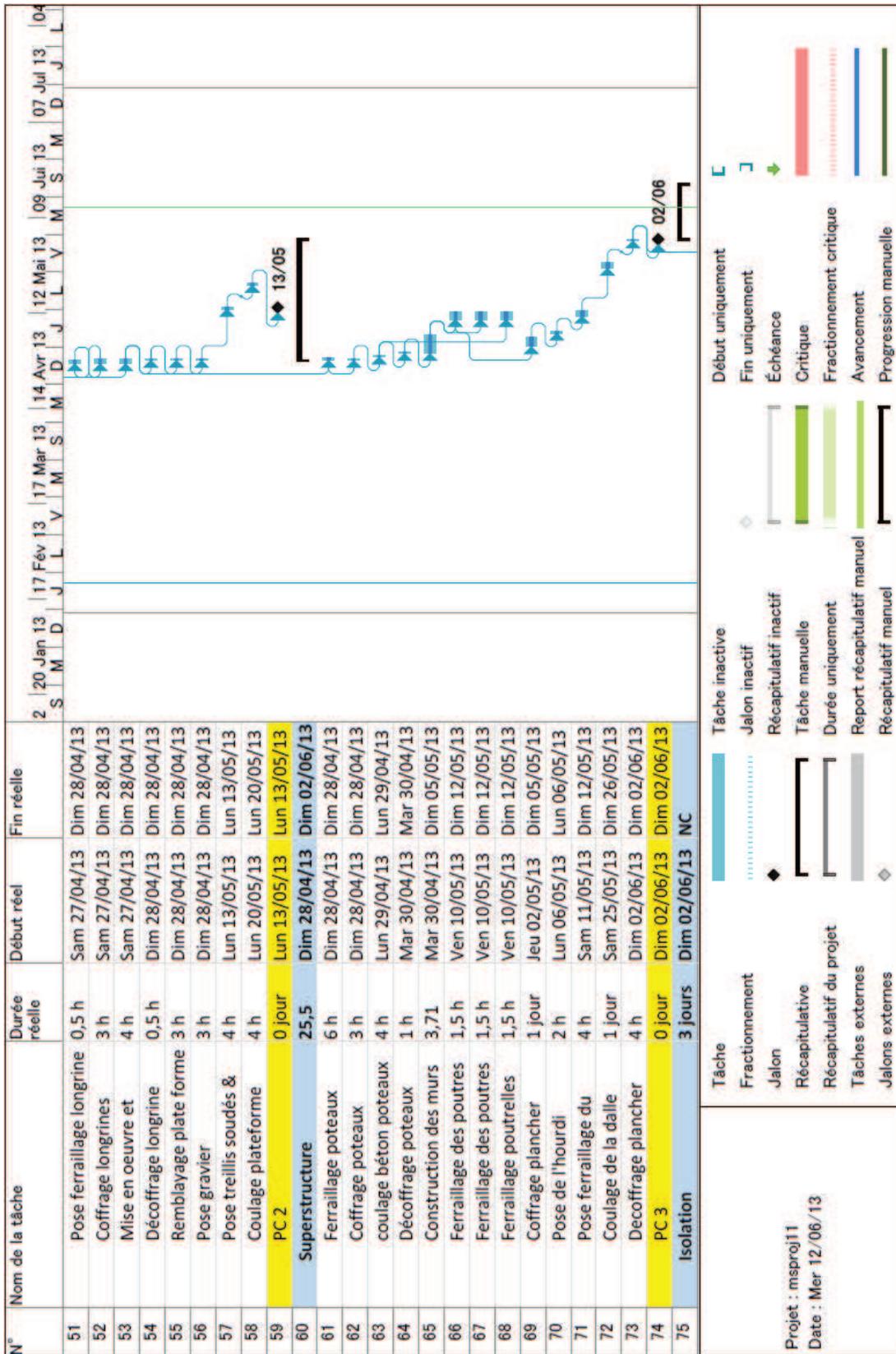
FIGURE 3.7: Graphique des ressources

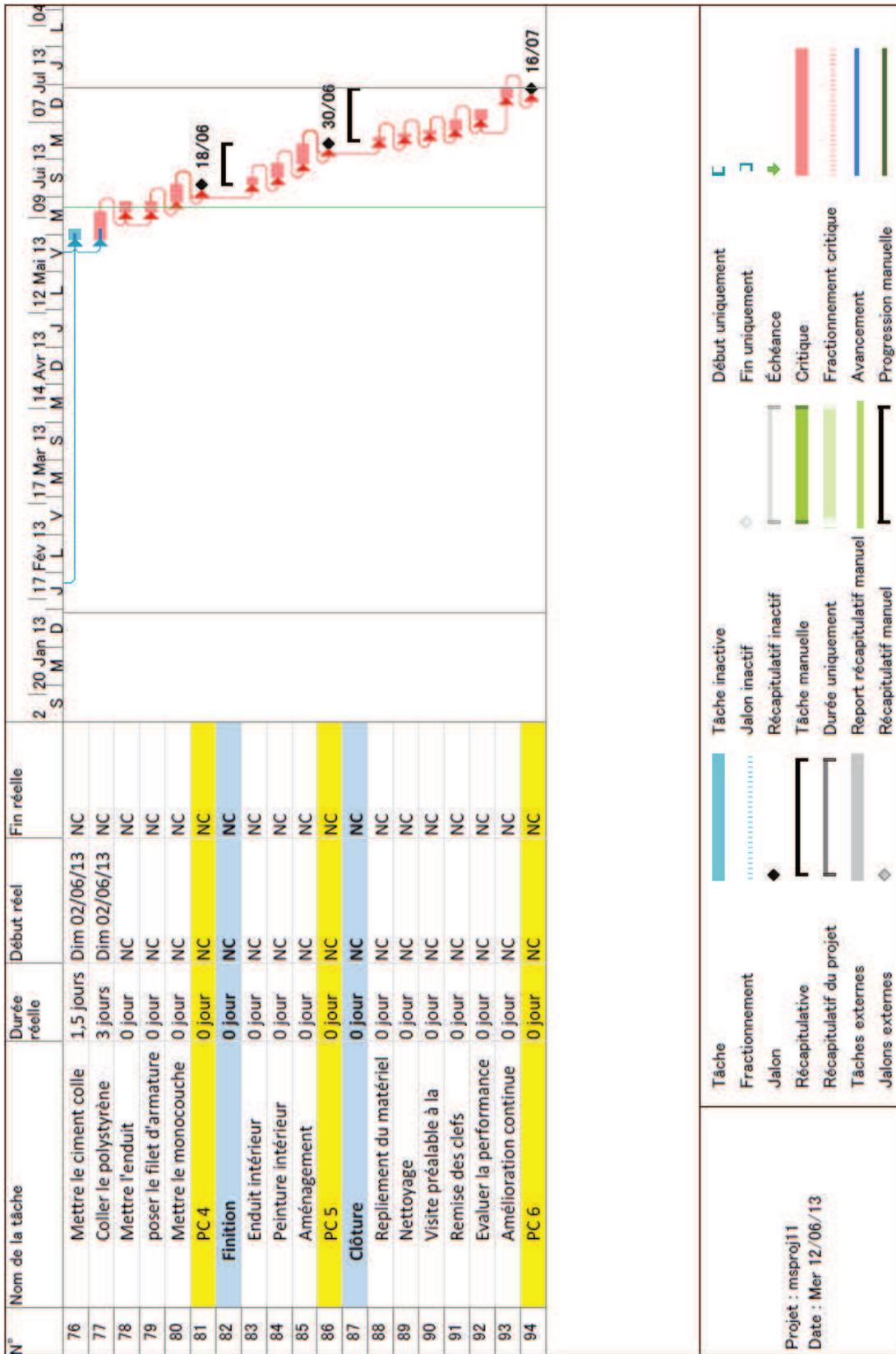
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		H. début	H. fin	Tâche	Avancement	Ressources Hum.	Ressources Mat	Qté	Commandes lancées	Qté	Commandes reçues	Qté	PU
3	17/02/2013	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	18/02/2013	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	19/02/2013	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	20/02/2013	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	21/02/2013	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8				Calcul de la dénivelée	100%	M. MELLOUKA S. M. MEDJAHDI H. I. Melle BABA AHMED A. N.	Niveau Chaine	1 1	/	/	/	/	/
11				Travaux de terrassement	0%	M. MELLOUKA S. M. MEDJAHDI H. I. Melle BABA AHMED A. N. M. BENMANSOUR S. M. BERZOUIG R.	Pioche Engin de terras.	1 1	/	/	/	/	/
16	26/02/2013	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
18				Travaux de terrassement	70%	M. MELLOUKA S. M. MEDJAHDI H. I. Melle BABA AHMED A. N. M. BENMANSOUR S. M. BERZOUIG R.	Pioche Engin de terras.	1 1	/	/	/	/	/
22				Travaux de terrassement	100%	M. BENMANSOUR S. M. BERZOUIG R. M. MEDJAHDI H. I. M. MELLOUKA S.	Pioche Engin de terras.	1 1	/	/	/	/	/

FIGURE 3.8: suivi du chantier sur Excel









3.6 Management des coûts du projet

3.6.1 Définition

Le management des coûts du projet comprend les processus relatifs à l'estimation, à l'établissement du budget et à la maîtrise des coûts dans le but d'achever le projet en restant dans le budget approuvé.

Ces processus sont les suivants :

- **Estimer les coûts** : C'est le processus qui consiste à calculer une approximation des ressources monétaires nécessaires à l'accomplissement des activités du projet.
- **Déterminer le budget** : C'est le processus qui consiste à consolider les coûts estimés de chaque activité individuelle, ou de chaque lot de travail, de façon à établir une référence de base des coûts approuvés.
- **Maîtriser les coûts** : C'est le processus qui consiste à surveiller l'état du projet dans le but de mettre à jour son budget et à gérer les modifications affectant la référence de base des coûts.

3.6.2 L'estimation des coûts

Les coûts sont estimés pour tous les types de ressources pris en compte lors des estimations du coût tel que la main d'œuvre, les matériaux, l'équipement, les services ainsi qu'une réserve contre l'inflation ou une provision pour les aléas.

L'estimation du coût de notre projet a été faite par l'estimation du coût unitaire de la ressource. Donc nous avons procédé de la sorte :

1. Introduisant sur le fichier MSP le coût unitaire de la ressource de type travail ou matériel.
2. Indiquer la capacité maximum de cette ressource.
3. Et affecter les ressources nécessaires aux tâches programmées comme nous le montre la *figure 3.8*.

3.6.3 La détermination du budget

Le budget est le fond alloué au projet pour l'exécution de ce dernier.

La performance des coûts du projet sera calculée par rapport au budget planifié, ce dernier est planifié en cumulant les estimations des activités d'une façon ascendante jusqu'aux niveaux hiérarchiques (lots de travail, livrables puis l'ensemble du projet).

Pour notre cas aucun budget n'a été alloué au projet.

3.6.4 Maîtrise des coûts

Permet de surveiller la performance du projet par rapport aux dépenses qu'il a entraîné et calculer les écarts coûts pour chaque activité; les écarts ainsi que leur cause sont documentés et enregistrés.

La méthode utilisée dans ce projet est la méthode de la valeur acquise : elle donne l'information sur l'état du projet en comparant ce qui a été dépensé par rapport à ce qui a été réalisé et ce qui a été planifié de réaliser avec la même dépense. Nous détaillerons la partie maîtrise des coûts dans le chapitre qui suit.

3.7 Management de la qualité

Le management de la qualité du projet porte à la fois sur le management du projet et de son produit, c'est-à-dire les procédures et les démarches de gestion de projet ainsi que les caractéristiques du produit final.

Il exige la mise en œuvre d'un système de management de la qualité par le biais de la politique qualité, des procédures et la mise en œuvre des processus d'amélioration continue tout au long du projet. La *figure 3.8* illustre les principaux axes du management de la qualité.



FIGURE 3.10: Principes du management de la qualité

Il n'y a pas eu un management de la qualité dans notre projet pour des raisons de délai, ceci n'a pas empêché d'appliquer un processus d'amélioration continue qui sera détaillé dans le chapitre qui suit.

3.8 Management des communications

Il comprend les processus requis pour assurer, en temps voulu, la création, la collecte et la diffusion des informations. Il permet d'identifier les parties prenantes concernées et leurs besoins en informations.

Dans ce projet le processus du management des communications a été fait comme montré dans la *figure 3.10*.

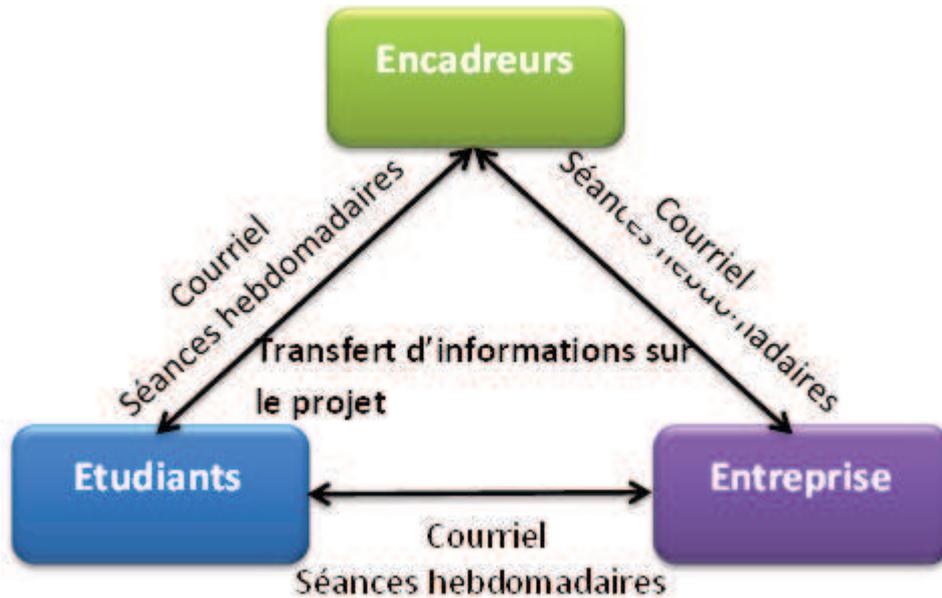


FIGURE 3.11: Processus de communication

L'information sur l'avancement du projet, les risques avérés ainsi que les modifications, se faisait lors des séances de mise au point pendant la vérification et le suivi du projet, en présence des encadreurs et de l'entreprise.

3.9 Management des ressources humaines

Il comprend les processus d'organisation, de management et de direction de l'équipe de projet.

L'équipe de projet est constituée de personnes ayant des rôles et des responsabilités qui leur ont été attribués pour mener le projet à son terme.

Le management des ressources humaines permet d'identifier et de documenter les rôles, les responsabilités, et les compétences requises pour la réussite du projet ainsi que les relations d'autorité au sein de ce dernier ; il permet aussi de suivre la performance des membres de l'équipe, effectuer des retours d'information, résoudre les problèmes et gérer les modifications afin d'optimiser la performance du projet.

Dans ce projet en vue de la taille et de l'équipe projet, le management des ressources humaines s'est limité à définir les ressources nécessaires de chaque tâche ainsi que la responsabilité de chacun des intervenants.

3.10 Conclusion

Les risques avérés dans ce projet ne sont pas sans impact sur sa performance, les écarts ne sont pas négligeables surtout en terme de délais et d'estimation des coûts et durée. Ces écarts doivent être documentés et archivés afin de permettre aux promotions futures d'en tirer profit.

Des mesures de performance et d'écart permettront de mettre en place les actions correctives pour une amélioration continue ; ceci constituera une référence des estimations et des risques avérés pour les projets à venir.

Le dernier chapitre englobera la partie maîtrise du contenu, des coûts et des délais ainsi que l'amélioration continue tirée de ce projet.

Chapitre 4

Mesures des performances et amélioration continue

4.1 Introduction

Piloter un projet, le faire aboutir, et atteindre ses objectifs définis au début nous paraît simple. Il n'y a pas mieux que la mesure de performance qui nous montre les différents écarts entre ce qui a été prévu de faire, et ce qui a été fait réellement, pour les projets futurs. Ainsi pour tirer profit de cette mesure, il faut mettre en place un système d'amélioration continue, qui nous guide dans les projets à venir, et donc nous permet de mieux manager et de ne pas refaire les mêmes erreurs que ce soit d'estimation ou de gestion.

Pour cela dans ce dernier chapitre nous allons voir les écarts entre les estimations des coûts et des délais, mais aussi dans le contenu de notre projet. Nous verrons aussi l'amélioration continue tirée de ce projet.

4.2 Vérification du contenu, des coûts et des délais

La vérification se fait après chaque étape, c'est à dire : après avoir élaborer la SDP il faut donner ce découpage aux responsables pour une vérification et une approbation, de même pour le fichier sur MSP après affectation des ressources et des coûts unitaires.

Pour notre cas la vérification s'est faite durant tout le projet de construction, car notre inexpérience dans le domaine du chantier a montré qu'il y avait des tâches manquantes, ou bien une surestimation des délais ou des coûts. Les séances hebdomadaires ont permis d'affiner ces estimations, ainsi que d'arranger le contenu. Nous pouvons constater dans le *tableau 4.1* la différence entre le contenu du planning version 1.0 et le contenu réel du projet.

Tableau 4.1: Comparaison entre la planification V1.0 et la planification finale

Contenu du planning V 1,0	Contenu du planning réel
Réalisation	Réalisation
/	Approvisionnement
	Calcul des quantités de bétons
	Calcul des quantités de granulats
	Calcul des quantité d'aciers
	Commande des matériaux nécessaires
	Arrivée des matériaux
Levé topographique	
Nivèlement	
Implantation de l'ouvrage	
Infrastructure	Infrastructure
Creusement des fouilles	Arrivée du chargeur
Béton de propreté	Gros terrassement
Ferraillage des semelles	Creusement des fouilles
Coffrage des semelles	Nettoyage des fonds de fouilles
Mise en œuvre et coulage	PC 1
Ferraillage longrine	Ferraillage des semelles
décoffrage des semelles	Coupe et ferraillage A. Poteaux
Coffrage longrines	Mise en œuvre et coulage du béton de propreté
Coulage béton longrine	Ramassage et concassage des pierres
Décoffrage longrine	Mise en œuvre et coulage gros béton
	Traçage des axes
	Redressement des fouilles
	pose ferraillage semelle et A. poteaux
	Coffrage de 3 semelles
	Mise en œuvre et coulage béton(3 semelles)
	décoffrage des 3 semelles
	Coffrage de la 4eme semelle
	Coulage de la 4eme semelle
	Coffrage de 2 A. Poteaux
	Décoffrage de la 4eme semelle
	Coffrage des 2 A. Poteaux restants
	coulage béton A. Poteaux
	Décoffrage A. Poteaux

	Remblayage
	Creusement de tranchées
	Gros béton
	Coupe acier longrine
	Pose ferrailage longrine
	Coffrage longrines
	Mise en œuvre et coulage béton longrine
	Décoffrage longrine
	Remblayage plate forme
	Pose gravier
	Pose treillis soudés & polystyrène
	Coulage plateforme
	PC 2
Superstructure	Superstructure
Ferrailage poteaux	Ferrailage poteaux
Coffrage poteaux	Coffrage poteaux
coulage béton poteaux	coulage béton poteaux
Décoffrage poteaux	Décoffrage poteaux
Ferrailage des poutres principales	Construction des murs
Ferrailage des poutres secondaires	Ferrailage des poutres principales
Ferrailage poutrelles	Ferrailage des poutres secondaires
Coffrage plancher	Ferrailage poutrelles
Pose de l'hourdi	Coffrage plancher
Pose de la treillis soudée	Pose de l'hourdi
Collage béton	Pose ferrailage du treillis soudé
Décoffrage plancher	Coulage de la dalle
Construction des murs	Décoffrage plancher
	PC 3
Isolation	Isolation
Mettre le ciment colle	Mettre le ciment colle
Coller le polystyrène	Coller le polystyrène
Mettre le monocouche	Mettre l'enduit
enduit intérieur	poser le filet d'armature en fibre de verre
Peindre l'extérieur/intérieur	Mettre le monocouche
	PC 4

	Finition
	Enduit intérieur
	Peinture intérieur
	Aménagement extérieur/extérieur
	PC 5
Clôture du projet	Clôture du projet
Repliement du matériel	Repliement du matériel
Nettoyage	Nettoyage
Visite préalable à la réception	Visite préalable à la réception
Remise des clefs	Remise des clefs
Evaluer la performance du projet	Evaluer la performance du projet
Amélioration continue	Amélioration continue
	PC 6

Nous avons prévu des points de contrôle (PC) après chaque livrable, afin de tirer des rapports pour une meilleure vérification du contenu. (*Voir les rapports en annexe E*).

4.3 Maitrise du contenu

Les modifications dans n'importe quel projet, et surtout dans un projet de construction, sont inévitables. Et donc il faut avoir un processus de maitrise des modifications afin de bien cibler les différentes modifications et maitriser leur impact.

Pour cela nous allons commencer par la maitrise du contenu *tableau 4.1*.

Nous pouvons constater que 3 livrables ont été modifiés, car au moment du traçage des axes nous avons mesuré 3 m entre nu, alors qu'il était convenu d'avoir 3m entre axes. Cette erreur a été commise car nous n'avions pas demandé plus de précision sur « une maison de 3x3m », est-ce la surface habitable? ou la surface du terrain?

Et donc, la surface de la maison a été augmenté de 0.25 m².

Les autres paramètres n'ont pas subi de modifications.

Les paramètres qui restent (isolation de l'enveloppe et finition) n'ont pas pu être finis au moment de la rédaction de ce mémoire.

Tableau 4.2: Maîtrise du contenu

Livrables	U	Exigences	Mesures	acceptation/modification
Infrastructure				
Profondeur de la fouille	M	1,5	1,5	✓
Semelle	M ²	1	1	✓
Avant poteaux	M	0,25x0,25	0,25x0,25	✓
Longrine	M	2,5	3	!
Sperstructure				
Poteaux	M	0,25x0,25x2,75	0,25x0,25x2,75	✓
Poutres principales	M	0,25x0,25x2,5	0,25x0,25x3	!
Poutrelles	M	0,6x3	0,6x3,5	
Poutres secondaires	M	0,25x0,25x3	0,25x0,25x3	!
Murs	U	Simple paroi	Simple paroi	✓
Isolation de l'enveloppe		Polystyrène		
Finition				
Intérieur		Plaque en plâtre		
Extérieur		Monocouche		
Clôture				

✓	Accepté
!	Modifié
✗	Refusé

4.4 Maîtrise de l'échéancier

La maîtrise de l'échéancier consiste à surveiller l'état du projet dans le but de mettre à jour les progrès effectués et de gérer les modifications affectant la référence de base de l'échéancier. Pour cela, nous utilisons la méthode de la valeur acquise pour voir les écarts des délais tout au long du projet. La *figure 4.1* a été tirée des rapports de MSP ; elle schématise la valeur planifiée (VP), le coût réel du travail effectué (CRTE) et la valeur acquise (VA) tout au long du projet.

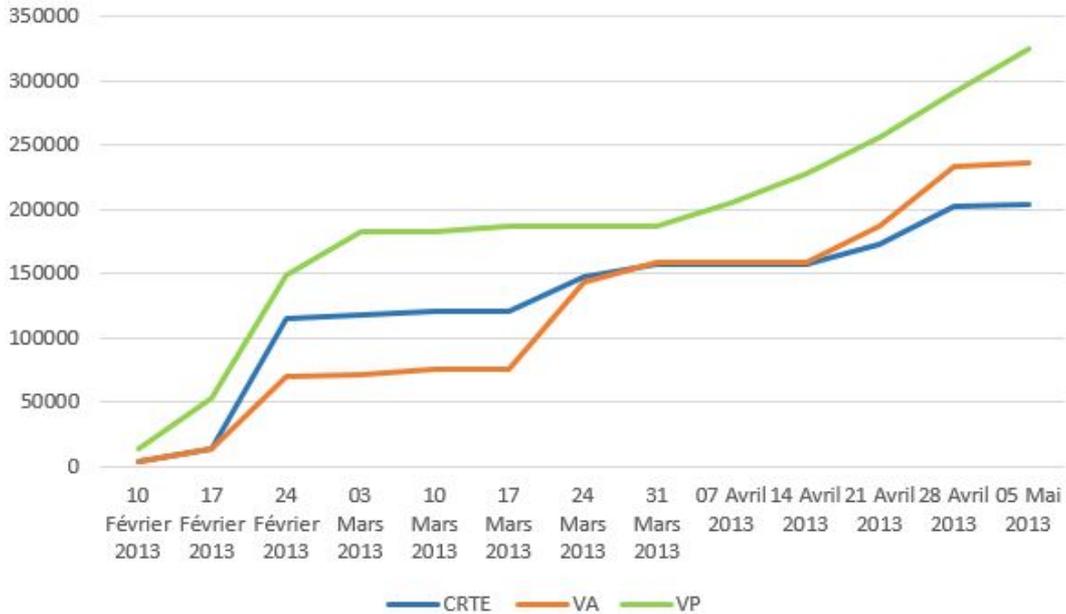


FIGURE 4.1: Graphique de la valeur acquise

Notons que les courbes en S sont classiquement de type $f(\text{temps}) = \text{argent}$.

- Coût Réel du Travail Effectué (CRTE) Cette courbe représente les coûts constatés par rapport à l'avancement calendaire.
- Coût Budgété du Travail Effectué (CBTE) Cette courbe représente la valeur réellement acquise par rapport à l'avancement calendaire.

Donc l'écart que nous percevons entre la valeur planifiée et la valeur acquise est un écart de délais. Nous remarquons que les écarts des délais entre le 24/02/2013 jusqu'au 17/03/2013 sont assez important par rapport à tout le projet.

Jusqu'à aujourd'hui (12/06/2013) nous avons un écart de délais $ED = 1$ mois, car dans notre planification la pose du polystyrène devait commencer le 07/05/2013 et finir le 08/05/2013 ; hors pendant les (02) deux premières semaines il y a eu des intempéries et les (02) dernières semaines nous attendions l'équipe experte dans la pose du polystyrène, mais après ces (02) deux semaines d'attente ils ont fini par se décommander, donc le polystyrène fut collé par nous, étudiants, et l'entreprise.

Montrons maintenant l'indice de performance du planning du projet, représenté dans la figure 4.2 ; notons que :

- $IPP = 1$ (ou $= 100\%$) : le projet est en phase avec la planification
- $IPP < 1$ (ou $< 100\%$) : le projet n'est pas en phase avec la planification

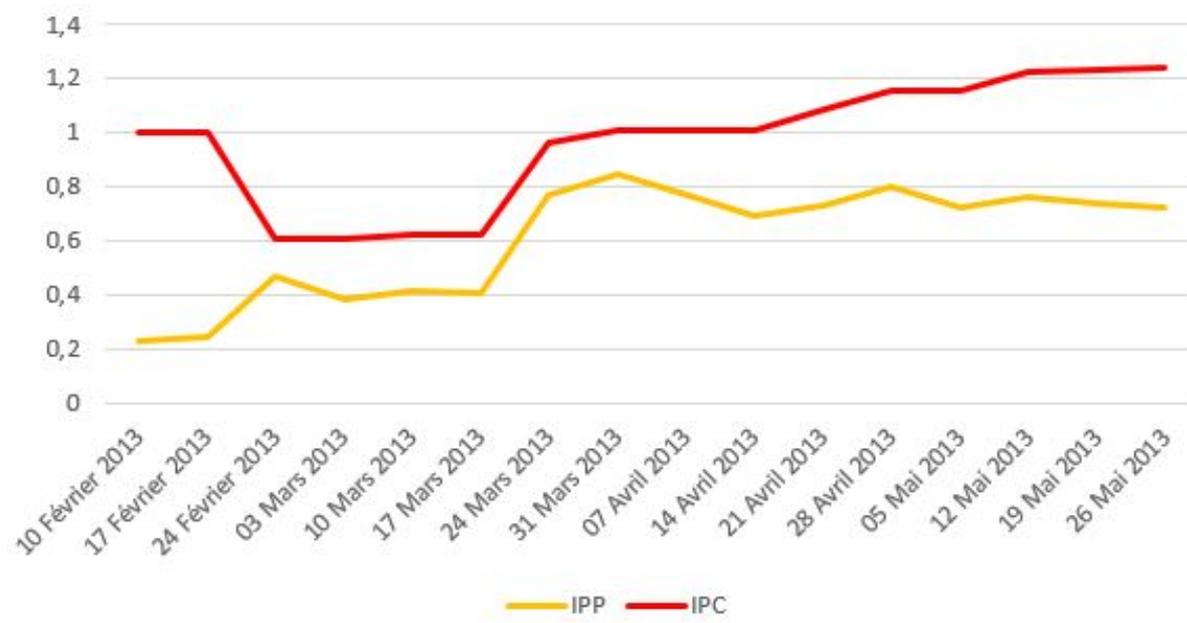


FIGURE 4.2: Indice de performance au fils du temps

Nous remarquons qu'entre le 24/03/2013 et le 28/04/2013 le projet est en phase avec sa planification, en dehors de cet intervalle le projet n'est pas en phase avec sa planification. Ceci est la conséquence du risque « intempéries » et aussi risque « maladie du maçon ». Notons que le risque « maladie du maçon » n'a pas été géré au temps voulu.

4.5 Maîtrise des coûts

La maîtrise des coûts consiste à surveiller l'état du projet dans le but de gérer les modifications affectant la référence de base des coûts. Nous ferons référence à la même courbe de la *figure 4.1* car l'écart qui se trouve entre la valeur planifiée et les coûts réels n'est en fait qu'un écart de coût. Donc nous remarquons un écart de coût du début du projet, et cet écart ne fait qu'augmenter pendant l'avancement du projet. Ce qui veut dire que les estimations de coût ont été mal faites au moment de la planification (rappelons que nous avons utilisé la méthode des coûts unitaires pour l'estimation des coûts ce notre projet).

N'oublions pas que le projet n'est pas encore dans sa phase de clôture, car le chiffre le plus intéressant est ce que le projet aura couté lorsqu'il sera terminé. La *figure 4.3* nous donne un aperçu sur les coûts utilisés, les coûts planifiés et les coûts restants.

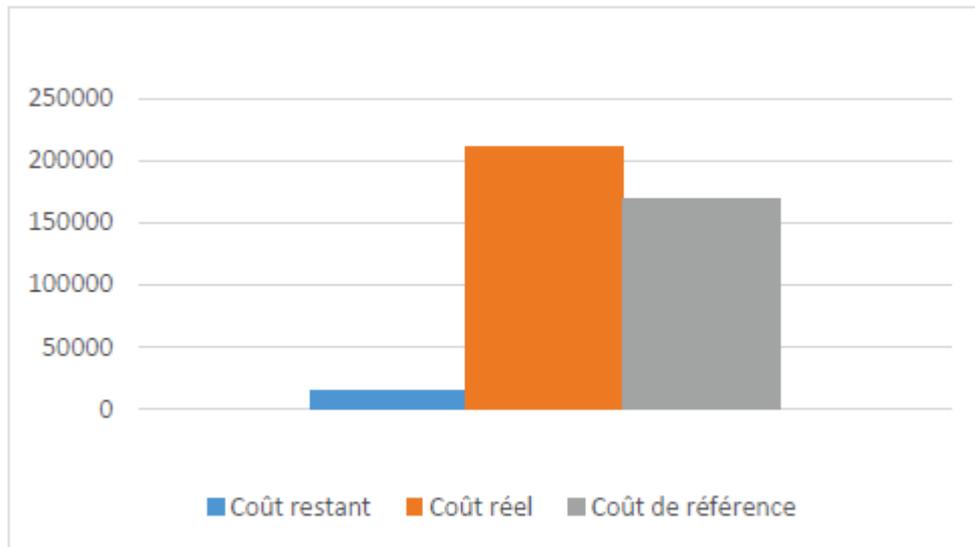


FIGURE 4.3: Statut des coûts du projet

Nous constatons qu'il y a une différence entre les coûts planifiés et les coûts réels de l'achèvement du projet, cette différence est due aux sous estimations au début de notre planification. Les coûts unitaires que nous avons fait entrer ne reflétaient pas vraiment la réalité car :

- Le maçon qu'on avait nous a juste aidé.
- Les manœuvres qui l'ont aidé tout au long de la partie infrastructure, superstructure n'étaient que nous étudiants, et nos camarades.

Quant à la *figure 4.4* elle nous donne un aperçu sur la comparaison entre les heures du travail achevé, restant et planifié :

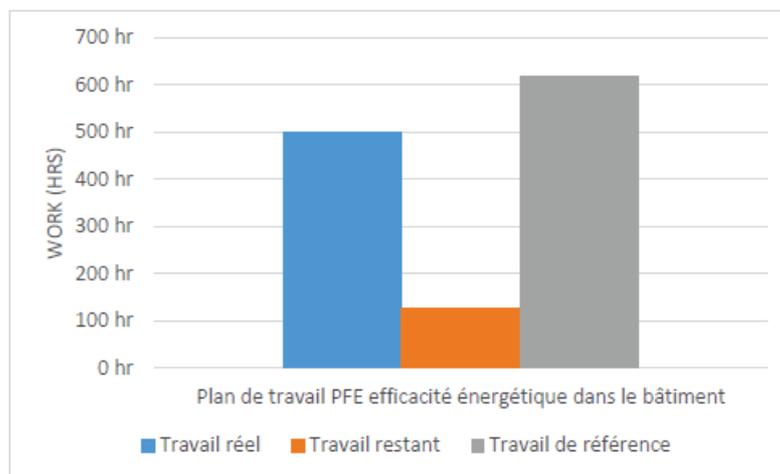


FIGURE 4.4: Statut du projet du point de vue travail réel, restant et planifié

Ceci dit, notre projet est à 80% de son achèvement :

- 498.52 hr travail réel.
- 126 hr travail restant.

Nous remarquons que les heures du travail pour ce projet ont été surestimées, et ceci est dû à notre inexpérience dans le domaine du chantier. Il aurait été préférable de vérifier ces estimations avec les responsables de notre projet de fin d'étude afin d'affiner cette estimation.

4.6 Amélioration continue

Selon la Norme NF EN ISO 9000 « L'amélioration continue est l'activité régulière permettant d'accroître la capacité à satisfaire aux exigences ». Donc le processus d'amélioration continue vise aussi à réduire les dysfonctionnements et les défauts pour une meilleure satisfaction des clients. Dans cette vision nous allons revenir sur les différentes étapes de notre projet de construction, en sortir les dysfonctionnements que nous avons rencontrés, et donner des solutions pour ne pas refaire les mêmes erreurs dans des projets à venir.

Commençons par la première partie avant la construction :

1. *Les travaux de terrassements*

Cette tâche a été planifiée pour le 17/02/2013. Elle devait prendre au maximum deux jours de travail pour terrasser la partie où la maisonnette devait être implantée. Mais suite à une grève du personnel nous n'avons pas pu commencer les travaux, car il fallait une autorisation d'entrée à l'université pour le chargeur.

—> Faire la demande d'autorisation une semaine ou plus avant le début des travaux et pas le jour même.

Elle a commencé le 25/02/2013 et a fini le 28/02/2013, l'engin a trouvé beaucoup de difficultés avec le terrain suite aux intempéries, en plus de cela :

- Nous avons perdu la journée du 25/02/2013 car nous avons insisté pour que l'engin commence les travaux de terrassements, alors que le terrain était inaccessible.

- Le conducteur de l'engin n'était pas expérimenté, donc il a eu beaucoup de difficulté pour dégager son engin de la boue.

—> Faire une visite de chantier avant de commencer les travaux de terrassement sachant que c'est un terrain argileux.

2. *Creusement des fouilles*

Cette tâche a eu beaucoup de mal à avancer, car il y avait des éléments en béton armé, comme nous pouvons le constater dans la *figure 4.5*, ainsi que des blocs de pierre de un mètre cube (*figure 4.6*). Donc la tâche a été mal faite, comme nous pouvons le constater dans la *figure 4.7*, les fouilles n'ont pas été creusées dans le

même sens et pas à la largeur voulue, ce qui a nécessité un redressement des fouilles durant 2 autres jours.



FIGURE 4.5: Fouille + élément en béton armé

Cette figure nous donne un aperçu sur les blocs que nous avons trouvé enfouis à l'intérieur du terrain à déblayer.



FIGURE 4.6: Travaux de terrassements



FIGURE 4.7: Creusement des fouilles

3. *Coffrage des semelles*

Cette tâche devait se faire en une journée, sauf qu'il y avait un manque de coffrage. Donc le 27/03/2013 les 3 semelles ont été coffrées, et la 4^{ème} a été coffré après décoffrage des autres semelles, donc le coulage des semelles a duré 3 jours au lieu de deux (un jour pour le coffrage des 4 semelles et un jour pour le coulage).

—> Prévoir le coffrage des 4 semelles.

4. *Coulage de la plate forme*

Cette tâche avait besoin comme approvisionnement : sable, gravier, ciment eau, du film polyane et du polystyrène. Nous avons passé la commande avec les quantités nécessaires l'avant veille. Au moment de la réception des matériaux nous n'avions pas fait attention au métrage du film polyane. Nous pensions qu'il se vendait au mètre carré, alors qu'il se vend au mètre linéaire. Nous avons omis de vérifier la quantité reçue, et donc nous nous sommes rendu compte qu'il nous manquait du film polyane le jour de la mise en place des matériaux.

—> Vérifier les quantités lors de la réception des matériaux, et se renseigner sur les dimensions du matériau avant de passer la commande.

5. *La mise en place de l'isolation*

Pour cette étape particulière, nous avons espéré avoir de l'aide de professionnels. Donc pour une maisonnette de 3,50 m x 3,50 m l'estimation de cette tâche était d'un jour. Mais finalement le sponsor qu'on avait prévu de ramener nous a lâché à la dernière minute. N'étant pas des professionnels la tâche a duré plus que prévue. Elle a débuté le 03/06/2013 et n'est pas finie jusqu'ici (12/06/2013)

—> Faire un accord officiel avec les sponsors.

Jusqu'ici notre projet est dans la phase isolation de l'enveloppe. Cette étape est importante car notre projet consiste à réaliser une maison à efficacité énergétique et donc la partie isolation joue un grand rôle. Nous espérons avoir l'appareil de mesure de température surfacique pour voir la performance de ce procédé.

On peut faire remarquer qu'avec une mesure archaïque (en touchant le mur de l'intérieur) nous avons pu constater que la moitié du mur couverte par le polystyrène était plus fraîche que la partie non couverte.

4.7 Conclusion

Pour conclure on peut dire que cette partie du management de projet « l'amélioration continue » est une sorte de base de données pour le chef de projet, afin qu'il en tire un bénéfice pour ses projets à venir. Pour nous ça nous a permis de nous remettre en question, de voir notre niveau dans la gestion d'un projet de construction et d'améliorer notre façon d'agir dans des moments où il y a d'importantes prises de décision.

Conclusion

En conclusion nous pouvons dire que nous avons eu la chance d'avoir travaillé sur un projet de fin d'études où il fallait mettre en œuvre toutes les connaissances acquises dans notre formation, aussi bien le volet technique que managérial.

Sachant que la pratique est la mise en œuvre de la théorie, logiquement la planification et le réel doivent être superposés l'un sur l'autre. Or, il y a toujours des aléas qu'on ne perçoit pas au début, qu'on néglige, ainsi que des risques qu'on ne peut pas gérer. Car ce qui reste encore complexe est « l'identification des risques ». Mais le point fort en management de projet est l'amélioration continue, qui est un processus d'apprentissage permettant un retour d'expérience au chef de projet.

Ceci dit, il faut respecter les démarches qui viennent avant le lancement des travaux, tout ce qui est études préalables. Car ce sont elles qui nous guident pendant les travaux, et une mauvaise estimation ou planification aura des répercussions et des impacts sur les coûts, les délais, le contenu et la qualité du projet.

Aussi nous avons dû construire cette maisonnette en mettant, nous étudiants, la main à la pâte, et c'était pour nous une expérience inoubliable, du point de vue apprentissage, communication, travail en groupe et surtout la gestion d'un projet réel et pas que dans la théorie.

Enfin avoir été initié à la construction à efficacité énergétique nous a permis d'élargir notre vision vers plusieurs perspectives comme :

- Approfondir nos connaissances dans le domaine de la construction à efficacité énergétique, en utilisant d'autres procédés plus efficaces et efficaces.
- Faire des recherches approfondies sur les matériaux isolants recyclés, afin d'être plus efficace en terme de coût, et d'essayer de libérer l'environnement des déchets.
- Aller vers la gestion des risques, qui pose toujours problème dans les projets de construction, et essayer de trouver des solutions dans ce domaine.

Pour finir on peut dire que l'efficacité énergétique permet un gain en temps du point de vue mise en œuvre, car pour notre projet nous avons éliminé une paroi, ce qui implique un gain de temps, et avoir isolé par l'extérieur et non de l'intérieur a permis un gain de surface habitable et une meilleure élimination des ponts thermiques.

Annexe A

Tableaux

Tableau A.1: Caractéristiques des matériaux isolants

	Avantages	Inconvénients	Densité kg/m ³	Conductivité thermique λ W/m.C°	Capacité thermique kJ/m ³ .C°	Classement au feu	Coef. De résistance a la vapeur d'eau	Energie grise kWh/m ³	Bilan CO ₂ kg eq. CO ₂ /m ³
Isolants d'origine minérale									
Laine de verre	coût performance thermique	Dégradations mécanique et des performances thermique en présence d'humidité Protection très limitée de la structure en cas d'incendie. Protection indispensable pour la mise en œuvre Ressource non-renouvelable Impact sanitaire 17,5 et environnemental	13 à 100	0,039	14 à 104	M1	1 à 4	225	75
Laine de roche	Coût	Dégradations mécanique et des performances thermique en présence d'humidité Protection très limitée de la structure en cas d'incendie. Protection indispensable pour la mise en œuvre Ressource non-renouvelable Impact sanitaire et environnemental	20 à 150	0,037	21 à 157	M1	Rouleaux : 1 à 2 Panneaux : 3 à 4	150	45
Verre cellulaire	Ininflammable Imputrescible Insensible aux micro-organismes. Pas de dégagements toxiques. Pas de dangers sanitaires.	Energie grise et bilan CO2 très élevé Prix Non renouvelable Totaletement imperméable à la vapeur d'eau	100 à 165	0,035 à 0,048	1	M0	infini	1600	Elevé89

Annexe A Tableaux

Perlite	Réutilisable en tant qu'isolant Incombustible Ininflammable	Mauvais comportement à l'humidité Coût	90	0,045 à 0,05	0,9	M0	3 à 4	230	69
Vermiculite	Produit brut réutilisable en isolant Incombustible Inerte sous forme brut Capacité d'isolement des champs électromagnétiques (peut être un inconvénient)	Emanations de gaz toxiques (si bitumée ou siliconée) Comportement à l'humidité Coût	75 à 130	0,06 à 0,08	0,9	M0	3 à 4	230	69
Argile expansé	Insoluble dans l'eau imputrescible prédateurs : inattaquable pas de dégagement toxique résistance à l'humidité	Coût Performance thermique médiocre	290 à 700	0,103 à 0,108		M0	Varie en fonction du liant utilisé	300	moyen
Isolants d'origine végétale									
Laine de chanvre	Bon régulateur hygrométrique Ressource renouvelable Recyclage, compostage Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendie La culture du chanvre permet de régénérer les sols Pas de dangers sanitaires Un des meilleurs compromis technique, économique et écologique	Traitement au sel de bore Tassement en isolation verticale par rouleaux Découpage dans la longueur difficile Fibres de polyesters pour les produits texturés	Vrac : 20 Rouleaux : 25 Panneaux : 30	0,039	1 à 1,5	E	1 à 2	30	9

Annexe A Tableaux

Laine de bois	Diffusant à la vapeur d'eau Bon régulateur hygrométrique Ressource renouvelable et de grande disponibilité. Bonne isolation thermique hiver/été. Bilan CO2 très largement positif. Recyclage et élimination. Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.	Tassement en isolation verticale	40 ou 55	0,039		E	1 à 2	50	15
Fibre de bois	Diffusant à la vapeur d'eau Bon régulateur hygrométrique Ressource renouvelable et de grande disponibilité. Bonne isolation thermique hiver/été. Bilan CO2 très largement positif. Recyclage et élimination. Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies. Panneaux rigides : Bon isolant phonique et inertie thermique	Energie grise plus importante pour le transport que pour la fabrication. Coût d'une isolation complète encore élevée pour les produits haute densité Tassement en isolation verticale pour les panneaux à faible densité	110 à 160	0,05		E	5	800	240

Annexe A Tableaux

Laine de coton	Très bonne capacité à absorber la vapeur d'eau sans nuire à sa capacité d'isolation mise en place possible sans freine vapeur (si la paroi extérieur est suffisamment perméable) renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie bonne isolation phonique	utilisation de pesticides pour la culture beaucoup de poussière lors de la mise en œuvre (port d'un masque fortement recommandé)	Rouleurs :20 Vrac :25 à 30	0,04	MI	1 à 2	Moyenne	élevé
Laine de coco	renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie bonne isolation phonique pas d'effet négatif connu sur la santé	utilisation de pesticides pour la culture bilan écologique mauvais pour un matériau naturel	Rouleurs : 20 Panneaux :50	Rouleurs et vrac :0,047 Panneaux :0,050	MI	1 à 2	Moyenne	élevé
Laine de lin	renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie bon compromis technique, écologique pas d'effet négatif connu sur la santé	certaines présentations texturées au polyester	Rouleurs : 18 à 20 Panneaux : 30 à 35	0,047	MI à M2	1 à 2	30	Peu élevé

Annexe A Tableaux

<p>Ouate de cellulose</p>	<p>très bon rapport qualité technique, écologique et coût (vrac). Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique Insensible aux micro-organismes. Peu d'énergie à la fabrication Ressource renouvelable Recyclage (produits sans sel de bore) Pas de dégagements toxiques. Pas de dangers sanitaires.</p>	<p>Nécessité d'avoir une machine pour défibrer la ouate insufflée Location ou prêt de machine de soufflage à éviter, sans l'aide et le conseil de professionnel. Prix du panneau Panneaux : 70 à 100 Panneaux acoustiques : 320 Vrac : 50 à 75</p>	<p>1,3 à 1,8</p>	<p>MI</p>	<p>1 à 2</p>	<p>6</p>	<p>2 à 3</p>
<p>Bottes de paille</p>	<p>renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie bon compromis technique, écologique, coût pas d'effet négatif connu sur la santé performance thermique stable même en présence d'humidité retarde la propagation du feu</p>	<p>putrescible réaliser l'étanchéité à l'eau et à l'air meticuleusement (une fissure même superficielle mettra en péril la durabilité de la paille)</p>	<p>0,045 à 0,07</p>	<p>MI à M2</p>	<p>1</p>	<p>Très faible</p>	<p>Très faible</p>

Liège	simplicité de mise en œuvre renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie imputrescible insensible aux micro-organismes pas d'effet négatif connu sur la santé arrêt des champs magnétiques (en panneaux)	coût matière première rare bilan énergie grise et CO2 moyen	Panneaux : 65 à 75 Vrac : 70 à 160	0,032 à 0,045		MI	5 à 30	450	moyen
Isolants d'origine animale									
Laine de mouton	renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie pas d'effet négatif connu sur la santé bonne capacité hygroscopique	coût mauvaise tenue dans le temps utilisation d'additifs antimites (toxique pour les animaux à sang chaud)	10 à 20	0,035 à 0,045		MI	1 à 2	55	moyen
Plume de canard	bonne inertie renouvelable et recyclable pas de dégagement toxique en cas d'incendie pas d'effet négatif connu sur la santé bonne capacité hygroscopique bon isolant acoustique	utilisation d'additifs antimites tassement en pose verticale si le maintien n'est pas correct à éloigner des sources de chaleur (conduits de cheminée, spots,...)	26 à 34	0,033 à 0,042		M2	6	50	moyen

Annexe B

Calcul du bilan thermique

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [[1 + \max(c_r; c_{in})] \times D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] \dots\dots(2.9)$$

$t_{bi}[C^\circ]$: température intérieur de base.

$t_{be}[C^\circ]$: température extérieur de base.

$D_T[W/C^\circ]$: déperditions par transmission du logement.

$D_R[W/C^\circ]$: déperditions par renouvellement d'air du logement.

c_r : ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel. Pour notre cas : $c_r = 0$.

c_{in} : représente un coefficient de surpuissance. Pour notre cas : $c_{in} = 0,20$

La puissance de chauffage Q_i nécessaire pour un volume thermique s'obtient en utilisant la formule (2.9) et en remplaçant les termes (D_T) par $(D_T)_i$ et (D_R) par $(D_R)_i$

Déperditions par transmission

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{lnc})_i [W/C^\circ]$$

$(D_s)_i$: déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

$(D_{li})_i$: déperditions à travers les liaisons.

$(D_{sol})_i$: déperditions avec les parois en contact avec le sol.

$(D_{lnc})_i$: déperditions à travers les locaux non chauffés.

Déperditions par renouvellement d'air

$$(D_R)_i = (D_{Rv})_i + (D_{Rs})_i$$

$(D_{Rv})_i$: déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation.

$(D_{Rs})_i$: déperditions supplémentaires dues au vent.

Vérification réglementaire

$$D_T \leq 1,05 D_{ref}$$

D_T : déperditions par transmission du logement.

D_{ref} : déperdition de référence.

$$D_{ref} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5$$

S_i : représente les surfaces des parois en contact avec l'extérieur :

S_1, S_2, S_3 sont comptés en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur.

a, b, c, d, e sont des coefficients donnés dans le tableau 2.1 du DRT C3.2, ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique.

Notons que Tlemcen fait partie de la zone A et donc en se référant au tableau 2.1 et 2.2 du DTR C3.2 :

a=1,1 ; b=2,4 ; c=1,4 ; d=3,5 ; e=4,5

$t_{bi} = 21\text{C}^\circ$

$t_{be} = 1\text{C}^\circ$

Déperditions surfacique à travers les parois

$$D_s = K \times A$$

K (en $W/m^2.C^\circ$) est le coefficient de transmission surfacique (appelé aussi conductance).

A (en m^2) est la surface intérieure de la paroi.

Coefficient K des parois opaques

$$\frac{1}{K} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.C^\circ/W]$$

$\sum R$ (en $m^2.C^\circ/W$) représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi.

La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau dépend de la nature du matériau, c'est à dire s'il est homogène ou non.

$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.C^\circ/W]$ représente la somme des coefficients d'échange superficiel.

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} [m^2.C^\circ/W]$$

R_i (en $m^2.C^\circ/W$) représente la résistance thermique de la couche i.

e_i (en m) représente l'épaisseur de la couche de matériau.

λ_i ($W/m.C^\circ$) représente la conductivité thermique du matériau.

Coefficient K des parois vitrées

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vn}} + r_v + r_{rid} [m^2.C^\circ / W]$$

K_{vn} (en $W/m^2.C^\circ$) représente le coefficient K du vitrage nu.

r_v (en $m^2.C^\circ / W$) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels, on adopte $r_v = 0,025m^2.C^\circ / W$

r_{rid} (en $m^2.C^\circ / W$) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels, on adopte $r_{rid} = 0,030m^2.C^\circ / W$

En se référant au tableau 3.2 du DTR C3.2

$$K_{vn} = 4,0W/m.C^\circ$$

Coefficient K des portes

En se référant au tableau 3.3 du DTR C3.2

$$K = 3,5 W/m.C^\circ$$

Déperdition à travers les ponts thermiques

$$D_{li} = 0,5 \times D_s$$

Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol

$$D_{sol} = K_s \times p$$

K (en $W/m^2.C^\circ$) représente le coefficient K du plancher bas ou du mur enterré.

p (en m) est la longueur de la paroi.

En se référant au tableau 5.4 et 5.5

$$K_s = 1,3W/m.C^\circ$$

Déperdition par renouvellement d'air

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s) [W/C^\circ]$$

0,34 (en $Wh/m^3.C^\circ$) est la chaleur volumique de l'air.

Q_v (en m^3/h) est le débit spécifique de ventilation.

Q_s (en m^3/h) est le débit supplémentaire par infiltration dues au vent.

$$Q_s = \sum (P_{pi} \times e_{vi}) [m^3/h]$$

P_{pi} [m^3/h] est la perméabilité à l'air de la paroi i.

e_{vi} est le coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi i.

$$P_{pi} = \sum (P_{oj} \times A_j) [m^3/h.m^2] \text{ sous } \Delta P = 1Pa$$

Annexe B Calcul du bilan thermique

$P_{oj}[m^3/h.m^2]$ sous $\Delta P = 1Pa$, est la perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant j.
 En se référant au tableau 7.3 et 7.4 du DTR C3.2 : $P_o = 4,0$ pour la fenêtre ; $P_o = 6,0$ pour la porte et $e_v = 2,71$

N° des couches	Mur	Toiture	Plancher
1	Enduit intérieur	Enduit intérieur	Béton
2	Mortier de ciment	Hourdis	Polystyrène
3	Brique	Béton	Pierre sèche
4	Polystyrène	Polystyrène	/
5	Enduit extérieur	Étanchéité (goudron)	/
6	/	Terre végétale	/

Annexe C

Cahier des charges

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
WILAYA DE TLEMCCEN
UNIVERSITÉ ABOUBEKR BELKAID TLEMCCEN

Numéro de l'Opération : NF : 0307

Nature Du Programme : Programme normal

CAHIER DES CHARGES

Année : 2012 /2013

INTITULE DE L'OPERATION :

Etude et réalisation d'une bâtisse de 3,50 m x 3, 50 m au sein de l'université Aboubekr
Belkaid Tlemcen

Objet du Cahier des Charges : Réalisation d'une pièce isolée par l'extérieur avec du
polystyrène au sein de l'université de Tlemcen.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

WILAYA DE TLEMCCEN

NUMERO D'OPERATION N° 0307

INTITULE :

Etude et réalisation d'une pièce de 3,25 x3, 25 m à efficacité énergétique au sein de
l'université Aboubekr Belkaid Tlemcen

Cahier des prescriptions techniques

(C.P.T)

CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

1. Règles de calcul

Règle définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions dites règles N.V/ 65. Règle de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction et des répartitions de base des bâtiments.

2. Qualité et provenance des matériaux

a) Généralités

L'Entrepreneur devra fournir, avant approvisionnement, une fiche technique comportant toutes les indications sur la marque, qualité et la provenance de matériels et matériaux qu'il compte utiliser.

Un échantillon de certains matériaux devra être remis au Maître de l'Oeuvre avant la mise en oeuvre.

Tout le matériel ou matériaux non conforme sera obligatoirement refusé. La demande de réception du matériel devra être présentée au moins quatre (04) jours avant son emploi.

L'Entrepreneur devra prendre toutes les dispositions pour procéder sur le chantier des quantités suffisantes de matériaux, vérifiés et acceptés, nécessaires à la bonne marche du chantier.

Les matériaux refusés devront être immédiatement évacués et les ouvrages éventuellement commencés avec ces matériaux, de rebut, devront être démolis et refaits au frais de l'entrepreneur.

b) Provenance des matériaux

Les matériaux et produits fabriqués nécessaires à l'exécution des Travaux ou fournitures devront obligatoirement provenir de l'industrie algérienne chaque fois, que celui ci sera en mesure d'y satisfaire dans les conditions techniques fixés au marché.

Des dérogations ne pourront être accordées que si le titulaire du marché apporte la preuve que l'industrie n'est pas en mesure de fournir dans les délais normaux à des prix équivalents à ceux des matériaux ou produits fabriqués d'autres origines.

Le silence de l'administration pendant un délai supérieur à quinze (15) Jours à compter de la réception de la demande de dérogation vaudra acceptation de cette demande.

c) Qualité des matériaux

Les matériaux destinés à la construction des ouvrages répondront aux spécifications du cahier des clauses administratives générales. Ils seront présentés à l'agrément du Maître de l'Ouvrage.

Avant approvisionnement le Maître de l'Ouvrage sera toujours en droit d'exiger de l'entrepreneur la communication des factures et document établissant la qualité des matériaux employés.

d) *Vérification des matériaux et appareils de toute nature*

L'Entreprise du présent lot doit prendre toutes dispositions pour avoir sur chantier les qualités de matériaux vérifiés et acceptés nécessaires à la marche normale des travaux.

En cas d'insuffisance de matériaux vérifiés l'entrepreneur peut employer à ses risques et périls des matériaux non vérifiés ou en cours de vérifications. Si les vérifications ne sont pas satisfaisantes, les ouvrages ainsi exécutés, sont démolis et reconstruits à ces frais sans qu'il prétende à aucune indemnité.

L'administration est présumée avoir accepté les matériaux de l'entrepreneur dix (10) jours et trente (30) par exception pour les liants hydrauliques, après avoir effectué les prélèvements des matériaux pour vérification.

L'entrepreneur a droit d'exiger qu'il soit procédé à des nouveaux essais de matériaux rebutés. Nonobstant ces essais et le contrôle de l'administration l'entrepreneur reste responsable de toutes les conséquences de la qualité de ses matériaux appareils. L'entrepreneur est également seul responsable de l'emploi des matériaux et appareils livrés par l'administration dès l'instant qu'il n'aurait point avec l'emploi et de façon spéciale, élevé de réclamation écrite en tempos opportun.

Aucune réserve générale de sa part n'est susceptible d'atténuer cette responsabilité les matériaux refusés doivent être enlevés du chantier dans les cinq (05) jours par les soins et aux frais de l'entrepreneur du présent marché.

Les frais de main d'œuvre et outillage nécessaire à la vérification des matériaux et appareils sont à la charge de l'entrepreneur ainsi que toutes les dépenses d'essais.

e) *Essais de matériaux*

Conformément aux stipulations de l'article 12.3 paragraphe 1 et 2 norme P.03.0II les frais des essais des matériaux seront à la charge du maître de l'ouvrage.

Des matériaux inserts pour améliorer la plasticité, la compacité, la densité et la résistance réellement employés sur le chantier.

Les essais seront effectués obligatoirement par un laboratoire agréés par le Maître d'Ouvrage.

L'Entrepreneur devra tenir en permanence sur le chantier des récipients ou éléments de matériaux disponibles de prélèvement pour étude, essais ou analyses.

L'Entrepreneur fournira à ses frais la main d'œuvre et tout le matériel nécessaire, le cas échéant, pour procéder aux preuves des ouvrages.

3. Risques concernant les fournitures

Les matériaux fournis par l'Entrepreneur resteront sous sa garde et se responsabilité même après avoir été acceptés provisoirement par le Maître de l'Oeuvre.

L'Entrepreneur devra en conséquence, supporter les pertes pouvant survenir jusqu'à la réception provisoire des travaux.

République Algérienne Démocratique Et Populaire

WILAYA : TLEMCEM

Université Aboubekr Belkaid Tlemcen

Réalisation d'une bâtisse à efficacité énergétique au sein de l'université Aboubekr
Belkaid Tlemcen

Devis Descriptif

Description des travaux

– **Objet des travaux**

Le présent marché règle les conditions et charges applicables aux travaux de :
Réalisation d'une bâtisse à efficacité énergétique au sein de l'université Aboubekr Belkaid Tlemcen

– **Nature des travaux**

Le présent marché consiste en la réalisation des travaux de la bâtisse.

Gros-Oeuvres

1. Terrassement

Sur le terrain désigné que l'entreprise prendra dans l'état où il se trouve sera exécuté.

- Décapage de la terre végétale.
- Fouilles en trous pour semelles isolées.
- Fouilles en rigole pour longrine.
- Remblais des fouilles après exécution des bétons en fondation.

2. Structure

a) *Béton armé en fondation :*

Tous les ouvrages en béton armé en infrastructure (Semelles, amorce poteau, Longrines) reposeront sur un béton dosé à 200 kg/m³ de CPA 325, dit de propreté, exécuté suivant les indications portées sur le dossier graphique (Béton Armé).

Les bétons pour semelles, longrines, amorces poteaux, dalles flottantes seront dosés à 350 kg/m³ de C.P.A 325.

Les ouvrages en béton armé devront être exécutés conformément aux règles de l'art pour ce qui concerne l'enrobage des aciers et la qualité de ces derniers.

b) *Béton en élévation :*

Les bétons armés en élévation concernant les ouvrages suivants sont dosés à 350 kg/m³

- Poteaux.
- Poutres et chaînages.
- Auvent et Dalle pleine.
- Linteaux.
- Acrotère.

3. Maçonnerie

Les maçonneries en briques creuses seront hourdées au mortier de ciment CFA 325 et dosé à 350 kg/m³ pour 1200 litres de sable tous les murs seront exécutés suivant

le processus Allemand qui est : une paroi en briques creuses de 10 cm à 8 trous et des plaques de polystyrène extrudés.

Mur extérieur épaisseur 0,17 m réalisé en briques creuses de 0,10 m, d'une paroi en brique creuse de 10 trous plus 0,06 m de polystyrène expansé collé à l'extérieur.

4. Enduit

a) *Enduit extérieur :*

- Sur les surfaces extérieures, horizontale et verticale, les enduits seront exécutés en monocouche projeté.
- Sur le reste des surfaces extérieur, les enduits seront exécutés au mortier de ciment.

b) *Enduit intérieur sur mur :*

- Toutes les surfaces intérieurs des murs seront exécutés au ciment colle puis une plaque de plâtre.

5. Revêtements

Carrelage en granito de 30 x30 avec joints au ciment blanc.

Revêtement mural en plaque de plâtre, puis peinture.

Plinthes en terre cuite vernissée à bord arrondie de 20 x 7 cm de hauteur.

Seuils des portes en granito pour l'entrée.

Etanchéité

1. Sur terrasse

- Une couche d'isolation en polystyrène de 03 à 04 cm d'épaisseur.
- Film polyane.
- Une forme de pente exécutée en béton maigre d'une épaisseur variable.
- Les relevées étanchéité seront exécutées en étanchéité type multicouche et avec une couche de protection en paxalumin.
- Une couche de pax.
- Protection de l'étanchéité en gravier roulé.
- Une couche de 7 cm de terre végétale.

2. Evacuation des eaux pluviales

- Les eaux de pluie collectées sur terrasse seront évacuées au moyen de gouttières

3. Analyse et essais

- Toutes les analyses et essais que peut demander l'architecte seront à la charge de l'Entrepreneur du présent lot.

4. Garantie

- L'Entrepreneur devra garantir tous les travaux d'étanchéité pendant une période de (10) ans à partir du jour de la réception provisoire.

- La garantie comprend la remise en état du produit d'étanchéité et de sa protection.

Menuiserie en bois

1. Prescriptions techniques

a) *Généralités*

Les du présent lot comprennent tous les ouvrages de Menuiserie bois intérieurs et extérieurs.

b) *Rappel des textes*

Les travaux du présent lot seront régis par :

- Les D.T.U.
- Les cahiers d'avis du C.S.T.B.
- Les cahiers des charges relatifs aux travaux de menuiserie, ainsi que tous les textes en vigueur.

c) *Qualité des matériaux*

Les bois seront de classe A de bonne qualité fil sera sensiblement droit sur les 3/4 de la longueur et la pente superficielle de séchage.

Les bois seront exempt de fente, nœud noir, nœud vicieux, poche de résine, rouleau entre écorce, fils tors, fracture d'abattage, coloration anormale, piquêre, échauffure, pourriture.

d) *Exécution des menuiseries*

Les pièces de bois seront d'un seul tenant dans leur longueur au cas où il s'avérerait qu'elles soient en plusieurs parties, elles seront exécutées de telles sortes à ce que leur rigidité et leur durabilité, soient indiqués à celles des pièces d'un seul tendant.

Les parements apparents seront effleurés et poncés, les rives droites seront sans trace de suage, épaufrures.

Les têtes de pointes, têtes d'hommes et chevilles métalliques seront chassées sur une profondeur supérieure à 1mm sur les parements vus, les traces étant bouchées et rendues invisibles sur les bois devant restés apparents.

Les contre-profilés pourront être admis dans les raccords de mouluration sur autorisation du Maître d'œuvre.

Les nœuds des bois devant être peints, pourront être si besoin est bouchonnés avec des bouchons de même essence, collés en respectant le sens du doigt.

e) *Mise en oeuvre*

Les menuiseries extérieures seront posées que si leur humidité est comprise entre 13 et 18 %. Les menuiseries intérieures, hormis ces distributions ne seront posées que lorsque, l'humidité du bois sera comprise entre 12 et 16%.

Tous les assemblages seront conformés aux spécifications du R.E.F.
Les tenons et mortaises seront parfaitement ajustés et ils seront comprimés avant leur montage. Tous les trous de scellement sont à la charge du présent lot, les scellements seront exécutés soit au plâtre soit au ciment suivant les supports initiaux.

Bordereau des prix unitaires

Lot : Gros Oeuvres

N°	Désignation des ouvrages	U	Qté	PU(DA)
	1- Travaux de terrassements			
1	Terrassement généraux en grande masse exécutés à l'engin mécanique quelque soit la nature du terrain.	M^3	27	370,37
2	Fouille en puits pour semelles isolées à une prof. ne dépassant pas les 3 m.	M^2	5,76	350
3	Remblais des fouilles compacté en couches successives en terre de dépôt y compris arrosage.	M^3	6,6	227,27
	2- Infrastructure			
4	Gros béton sous fondation et sous longrines dosé à 200kg	M^3	6,4	5000
5	Béton de propreté moyenne de 0,1m, dosé à 200kg/m ³ sous semelles	M^3	0,4	5000
	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ , coffrage, ferrailage, façonnage des aciers, mise en oeuvre du béton, décoffrage			
6	a) Pour les semelles isolées	M^3	1	29 000
	b) Pour les longrines	M^3	0,75	29 000
	c) Pour les avant-poteaux	M^3	0,4	29 000
7	Hérissinage en moellon de pierres sèches sur un épais. de 20 cm	M^3	1,8	800
8	Exécution d'une dalle de 10cm en béton légèrement armé en treillis soudés sur du polystyrène de 0,04 m entre deux film de polyane	M^3	0,9	1 000
	3- Superstructure			
	Béton armé dosés à 350 kg/m ³ , coffrage, ferrailage façonnage des aciers, mise en oeuvre du béton, décoffrage			
9	a) pour poteaux	M^3	0,75	30 000
	b) pour poutres	M^3	0,75	30 000
	c) pour dalles pleines et bandes noyées	M^3	0,45	30 000
	d) pour acrotères	M^3	0,6	24 000
	e) pour menus ouvrages (linteaux, appuis de fenêtres)	M^3	0,005	1 000
10	Isolation en polystyrène de 0,06 m	M^2	38,5	150
11	Plancher en corps creux plat, poutrelles, hourdis, dalle de compression, coffrage, treillis soudés, polystyrène ep : 16+5 cm	M^2	9	2 200

Bordereau des prix unitaires

Lot : Corps d'état secondaire

N°	Désignation des ouvrages	U	Qté	PU
	4- Etanchéité			
	Forme de pente en béton y compris film de polyane.	M ²	9	700
	Polystyrène expansé de 0,04 m d'épaisseur.	M ²	9	400
	Relève d'étanchéité en pax aluminium réalisé à la base d'acrotères	M ²	9	700
	Protection d'étanchéité en gravier roulé de 0,04m	M ²	9	150
	5- Maçonnerie			
	Maçonnerie extérieur en brique creuse simple paroi de 10cm d'épaisseur, y compris hourdée au mortier de ciment.	M ²	32,5	1 950
	6- Revêtement	M ²		
	Fourniture et pose de dalle de sol y compris des joints en ciment blanc et nettoyage.	Ml	9	1 500
	Revêtement en pleinthés.	M ²	10,8	200
	Revêtement en monocouches pour les murs extérieurs.	M ²	38,5	2 000
	Revêtement en plaque de plâtre pour les murs intérieurs.		32,5	700
	7- Menuiserie en bois			
	Porte pleine de 7 cm d'épaisseur comprenant quicailleterie 0,94m x 2,20 m		1	9 00
	Fenêtre en double vitrage de 1,00m x1,20 m		1	1 200
	Petite fenêtre de 0,50m x0,50m		1	300
	8- Peinture			
	Peinture vinylique sur mur intérieur en deux couches.	M ²	32,5	140
	Peinture vinylique sur mur intérieur en trois couches.	M ²	38,5	140

Devis quantitatif et estimatif

Lot : Gros oeuvres

Annexe C Cahier des charges

N°	Désignation des ouvrages	U	Qté	PU(DA)	Montant (DA)	Montant en lettres
	<i>1- Travaux de terrassements</i>					
1	Terrassement généraux en grande masse exécutés à l'engin mécanique quelque soit la nature du terrain.	M ³	27	370,37	10 000	Dix milles dinars
2	Fouille en puits pour semelles isolées à une prof. ne dépassant pas les 3 m.	M ²	5,76	350	2 016	Deux milles seize dinars
3	Remblais des fouilles compacté en couches successives en terre de dépôt y compris arrosage.	M ³	6,6	227,27	1 500	Mille cinq cent dinars
	Sous total 01				13 516	Treize mille cinq cent seize dinars
	<i>2- Infrastructure</i>					
4	Gros béton sous fondation et sous longrines dosé à 200kg	M ³	6,4	5000	32 000	Trente deux mille dinars
5	Béton de propreté moyenne de 0,1m, dosé à 200kg/m ³ sous semelles	M ³	0,4	5000	2 000	Deux milles dinars
	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ , coffrage, ferrallage, façonnage des aciers, mise en oeuvre du béton, décoffrage					
6	a) Pour les semelles isolées	M ³	1	29 000	29 000	Vingt et neuf mille dinars
	b) Pour les longrines	M ³	0,75	29 000	21 750	Vint et un mille sept cent cinquante dinars
	c) Pour les avant-poteaux	M ³	0,4	29 000	11 600	Onze mille six cent
7	Hérissage en moellon de pierres sèches sur un épais. de 20 cm	M ³	1,8	800	1 440	Mille quatre cent quarante dinars
8	Exécution d'une dalle de 10cm en béton légèrement armé en treillis soudés sur du polystyrène de 0,04 m entre deux film de polyane	M ³	0,9	1 000	900	Neuf cent dinars
	Sous total 02				98 690	Quatre vingt et huit mille six cent quatre vingt dix dinars

N°	désignation de l'ouvrage	U	Qté	PU(DA)	Montant en DA	Montant en lettres
	<i>3- Superstructure</i>					
9	Béton armé dosés à 350 kg/m ³ , coffrage, ferrailage façonnage des aciers, mise en oeuvre du béton, décoffrage					
	a) pour poteaux	M ³	0,75	30 000	22 500	Vingt deux mille cinq cent dinars
	b) pour poutres	M ³	0,75	30 000	22 500	Vingt deux mille cinq cent dinars
	c) pour dalles pleines et bandes noyées	M ³	0,45	30 000	13 500	Treize mille cinq cent dinars
	d) pour acrotères	M ³	0,6	24 000	14 400	Quatorze mille quatre cent dinars
	e) pour menus ouvrages (linteaux, appuis de fenêtres)	M ³	0,005	1 000	5	Cinq dinars
10	Isolation en polystyrène de 0,06 m	M ²	38,5	150	5 775	Cinq mille sept cent soixante quinze dinars
11	Plancher en corps creux plat, poutrelles, hourdis, dalle de compression, coffrage, treillis soudés, polystyrène ep : 16+5 cm	M ²	9	2 200	19 800	Dix neuf mille huit vent dinars

Devis quantitatif et estimatif

Lot : Second oeuvre

Annexe C Cahier des charges

N°	Désignation des ouvrages	U	Qté	PU	Montant (DA)	Montant en lettres
	4- Etanchéité					
1	Forme de pente en béton y compris film de polyane.	M ²	9	700	6 300	Six mille trois cent dinars
2	Polystyrène expansé de 0,04 m d'épaisseur.	M ²	9	400	3 600	Trois mille six cent dinars
3	Relève d'étanchéité en pax aluminium réalisé à la base d'acrotères	M ²	9	700	6 300	Six mille trois cent dinars
4	Protection d'étanchéité en gravier roulé de 0,04m	M ²	9	150	1 350	Mille trois cent cinquante dinars
	Sous total 04				17 550	Dix sept mille cinq cent cinquante
	5- Maçonnerie					
5	Maçonnerie extérieur en brique creuse simple paroi de 10cm d'épaisseur, y compris hourdée au mortier de ciment.	M ²	32,5	1 950	63 375	Soixante trois mille trois cent soixante quinze dinars
	Sous total 05				63 375	Soixante trois mille trois cent soixante quinze dinars
	6- Revêtement					
6	Fourriture et pose de dalle de sol y compris des joints en ciment blanc et nettoyage.	M ²	9	1 500	13 500	treize mille cinq cent dinars
7	Revêtement en plainthes.	Ml	10,8	200	2 160	Deux mille cent soixante dinars
8	Revêtement en monocouches pour les murs extérieurs.	M ²	38,5	2 000	77 000	Soixante sept mille dinars
9	Revêtement en plaque de plâtre pour les murs intérieurs.	M ²	32,5	700	22 750	Vingt deux mille sept cent cinquante dinars
	Sous total 06				115 410	Cent quinze mille quatre cent dix dinars
	7- Menuiserie en bois					
10	Porte pleine de 7 cm d'épaisseur comprenant quicallerie 0,94m x 2,20 m		1	9 000	9 000	Neuf mille dinars
11	Fenêtre en double vitrage de 1,00m x1,20 m		1	1 200	1 200	Mille deux cent dinars
12	Petite fenêtre de 0,50m x0,50m		1	900	900	Neuf cent dinars
	Sous total 07				11 100	Onze mille cent dinars
	8- Peinture					
13	Peinture vinylique sur mur intérieur en deux couches.	M ²	32,5	140	4 550	Quatre mille cinq cent cinquante dinars
14	Peinture vinylique sur mur intérieur en trois couches.	M ²	38,5	140	5 390	Cinq mille trois cent quatre vingt dinars
	Sous total 08				9 940	Neuf mille neuf cent quarante dinars
	Montant total				217 375	Deux cent dix sept mille trois cent soixante quinze dinars

Récapitulatif générale

Opération: Réalisation d'une bâtisse de 3,25mx3,25m au sein de l'université Aboubekr Belkaid
Dans la wilaya de Tlemcen

N° lots	Désignation des lots	Montants	Montants en lettres
1	Terrassements	13516,00	Treize mille cinq cent seize Dinars
2	Infrastructure	98690,00	Quatre vingt dix huit mille six cent quatre vingt dix Dinars
3	Superstructure	98480,00	Quatre vingt dix huit mille quatre cent quatre vingt Dinars
4	Etanchéité	17550,00	Dix sept mille cinq cent cinquante Dinars
5	Maçonnerie	63375,00	Soixante trois mille trois cent soixante quinze Dinars
6	Revêtement	115410,00	Cent quinze mille quatre cent dix Dinars
7	Menuiserie en bois	11100,00	Onze mille cent Dinars
8	Peinture	9940,00	Neuf mille neuf cent quarante Dinars
	Montant total	428061,00	Quatre cent vingt et huit mille soixante et un Dinars

Annexe C Cahier des charges

Montant des travaux En H.T : 428 061,00 DA

Montant de la T.V.A En (17 %) : 72 770,37 DA

Montant des travaux en T.T.C : 500 831,37 DA

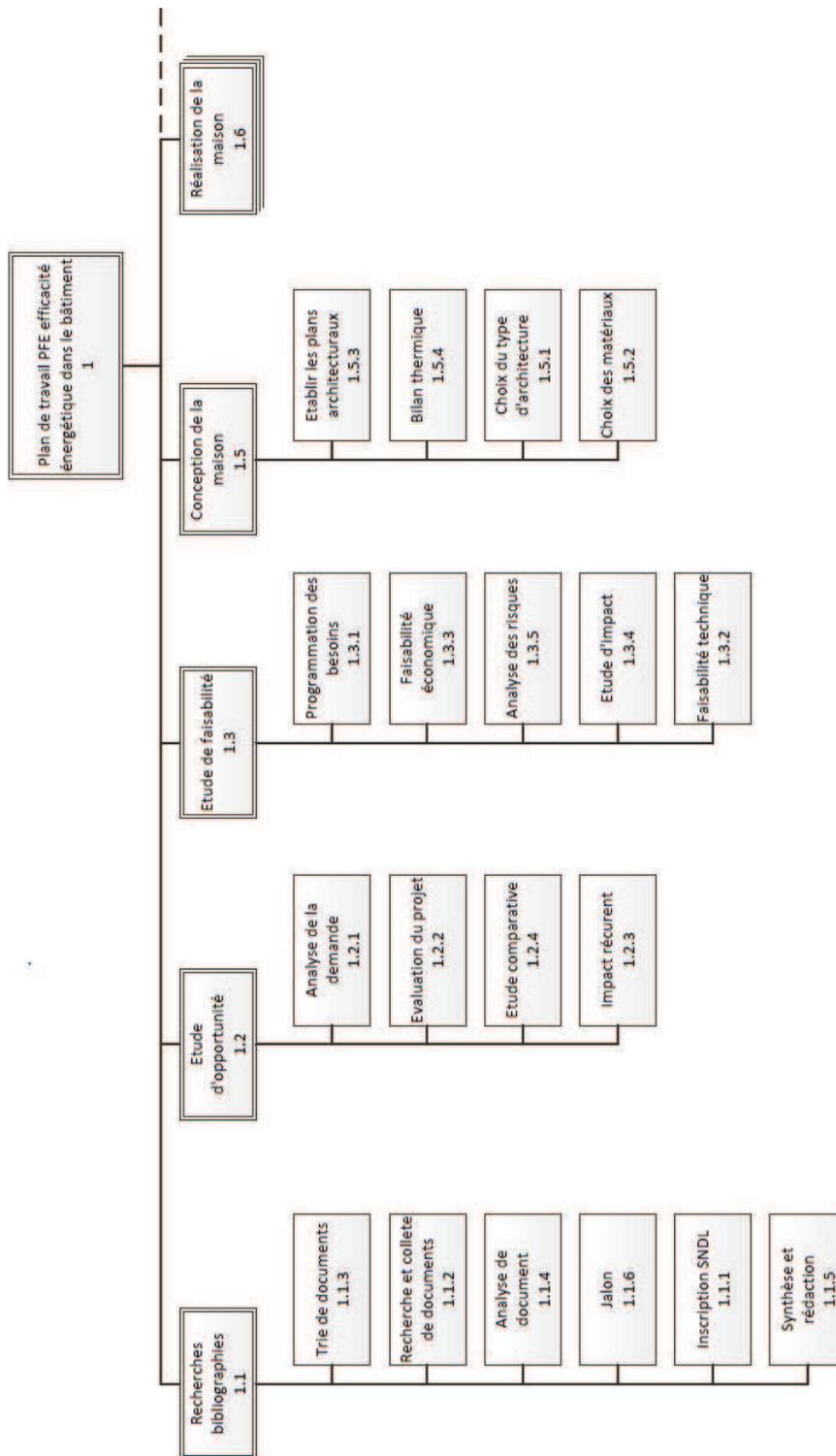
Arrêté le présent Devis en (T.T.C.) à la somme de : Cinq cent mille huit cent trente et un Dinars et trente-sept centimes

Délai : Suivant la programmation des tâches sur MSProject nous sommes arrivés à une estimation de durée de 2 mois.

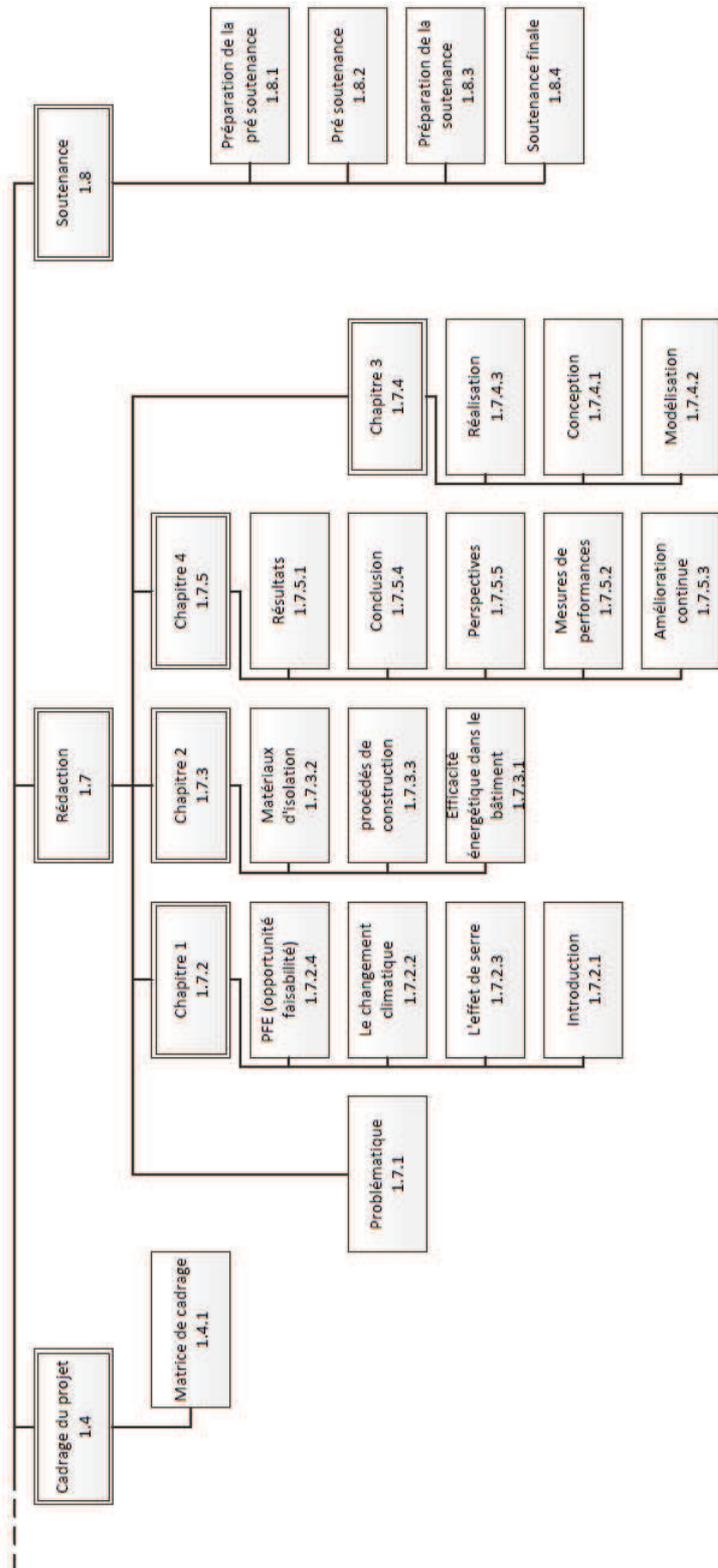
Annexe D

**WBS et diagramme de GANTT du
PFE**

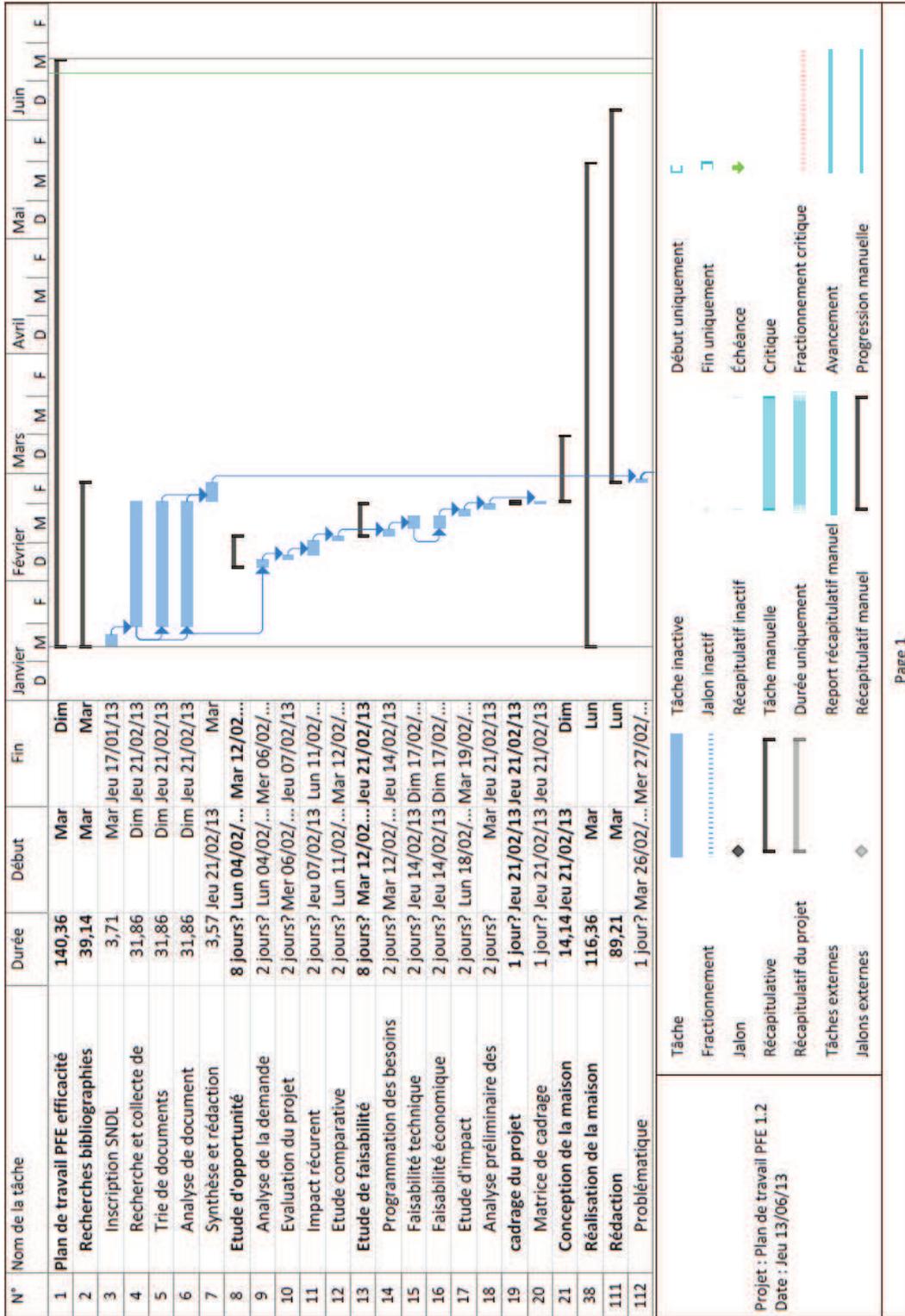
Annexe D WBS et diagramme de GANTT du PFE



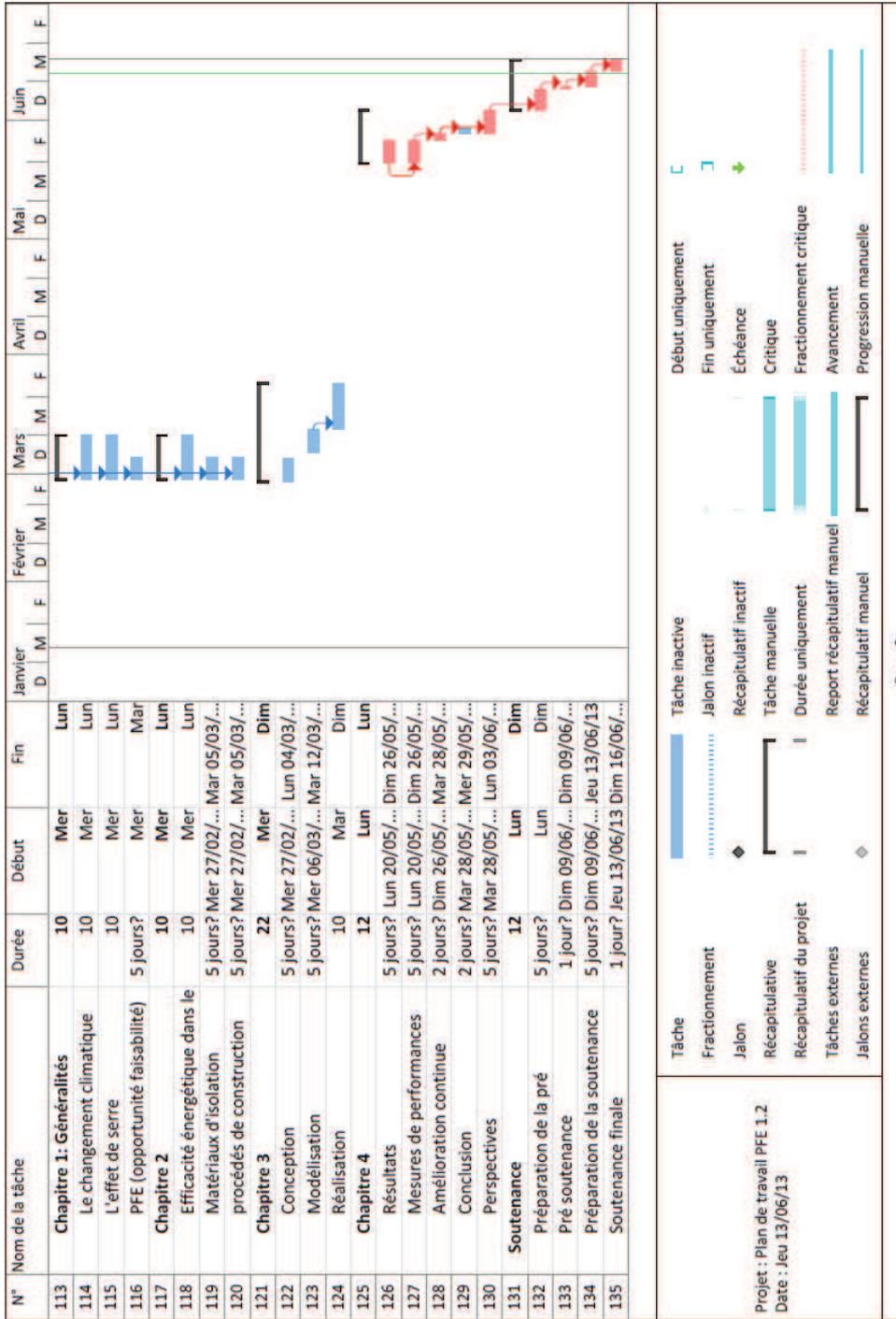
Annexe D WBS et diagramme de GANTT du PFE



Annexe D WBS et diagramme de GANTT du PFE



Annexe D WBS et diagramme de GANTT du PFE



Annexe E

Rapports sur l'état du projet au 02/06/2013

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET

MER 13/02/13 - MAR 02/06/13

% ACHEVÉ

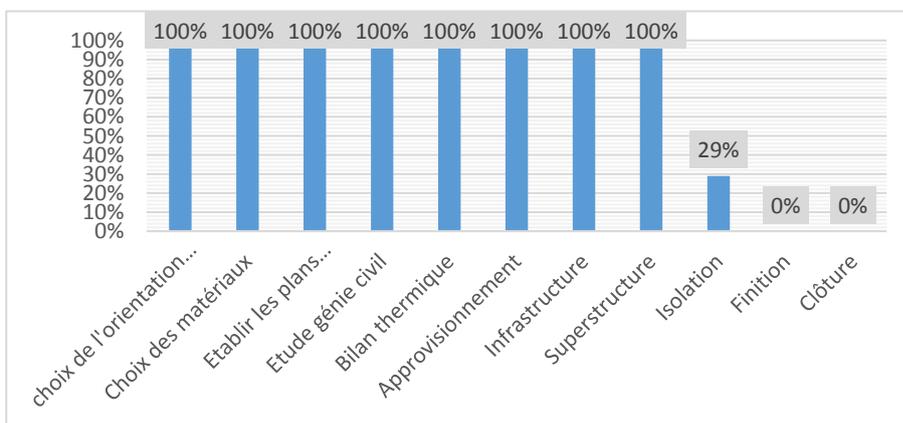
63%

TÂCHES EN RETARD

Nom	Début	Fin	Durée	% achevé	Noms ressources
Mettre le ciment colle	Dim 02/06/13	Mer 05/06/13	3 jours	50%	Maçon;Manoeuvre[200%];Polystyrène 6cm[24];Ciment colle[6]
Coller le polystyrène	Dim 02/06/13	Lun 10/06/13	6 jours	50%	Manoeuvre[200%];Maçon
Mettre l'enduit	Lun 10/06/13	Jeu 13/06/13	3 jours	0%	Maçon;Manoeuvre
poser le filet d'armature en fibre de verre	Lun 10/06/13	Jeu 13/06/13	3 jours	0%	Maçon;Manoeuvre;Filet d'armature[11]
Mettre le monocouche	Jeu 13/06/13	Mar 18/06/13	3 jours	0%	
PC 4	Mar 18/06/13	Mar 18/06/13	0 jour	0%	

% ACHEVÉ

État de toutes les tâches de niveau supérieur.



VUE D'ENSEMBLE DU TRAVAIL

Mer 13/02/13

Mar 02/06/13

% Travail achevé

63%

Travail restant

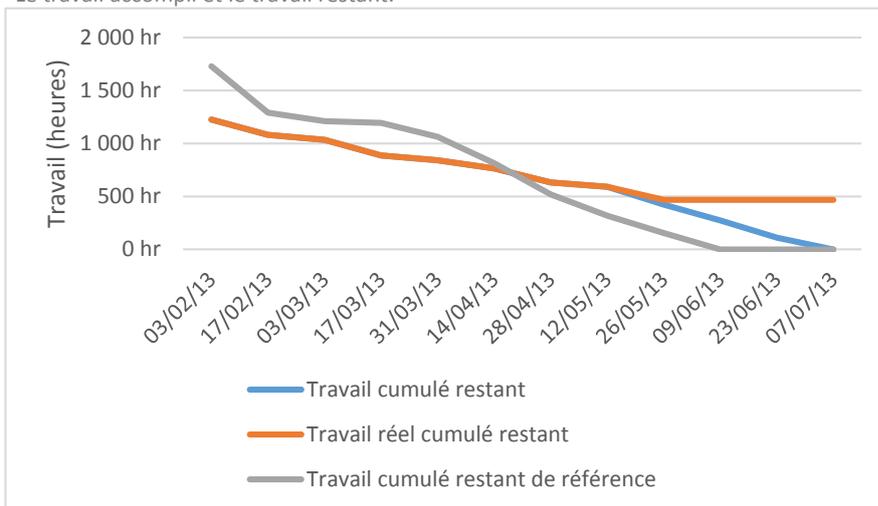
468 h

Travail réel

780,1 h

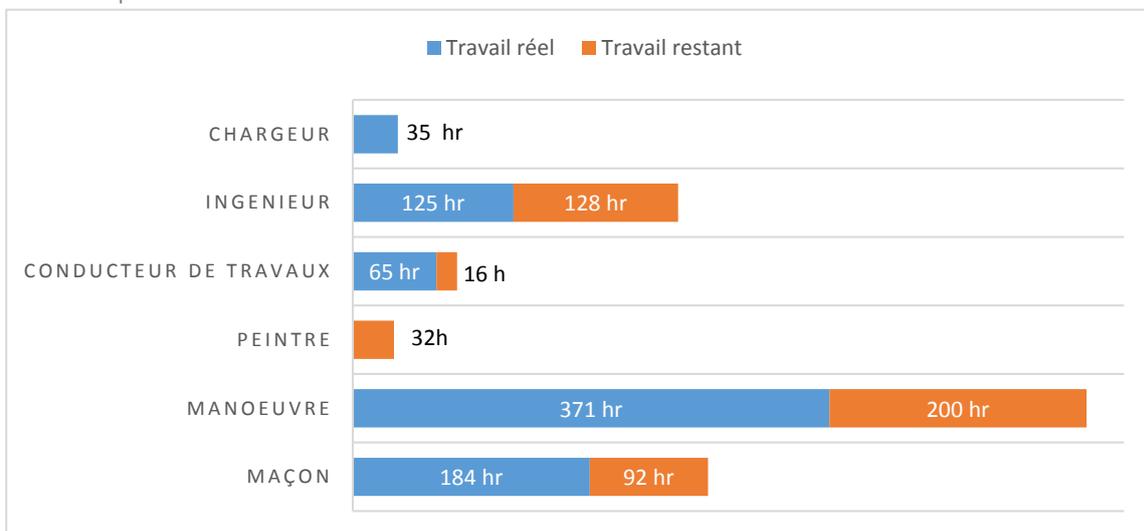
AVANCEMENT DU TRAVAIL

Le travail accompli et le travail restant.



STATISTIQUES DES RESSOURCES

Les statistiques de travail de toutes les ressources.



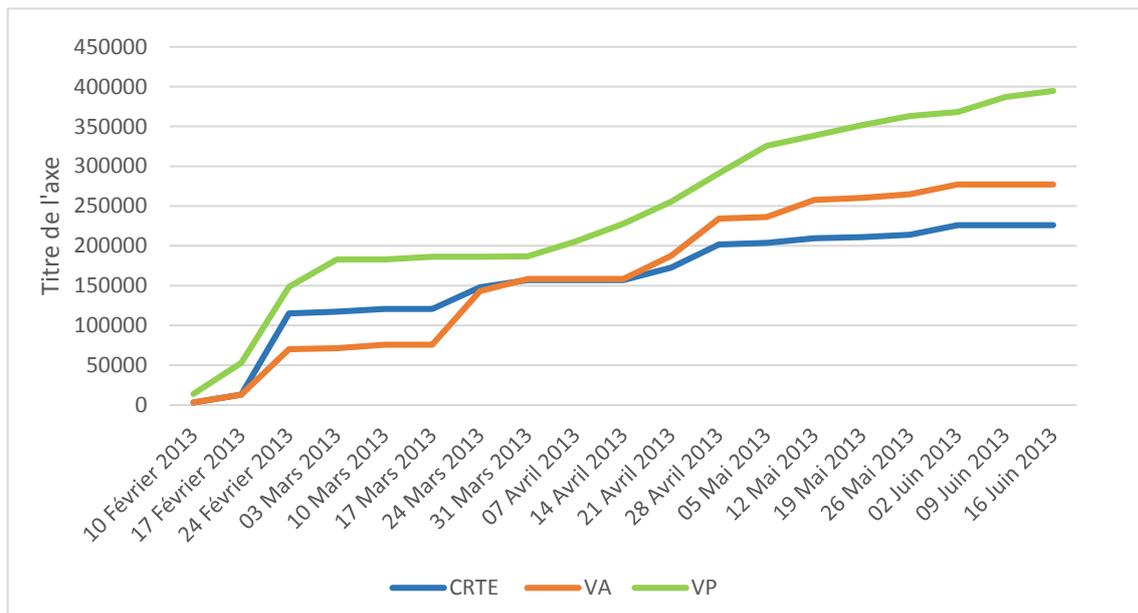
VUE D'ENSEMBLE DES COÛTS

Mer 13/02/13

Mar 02/06/13

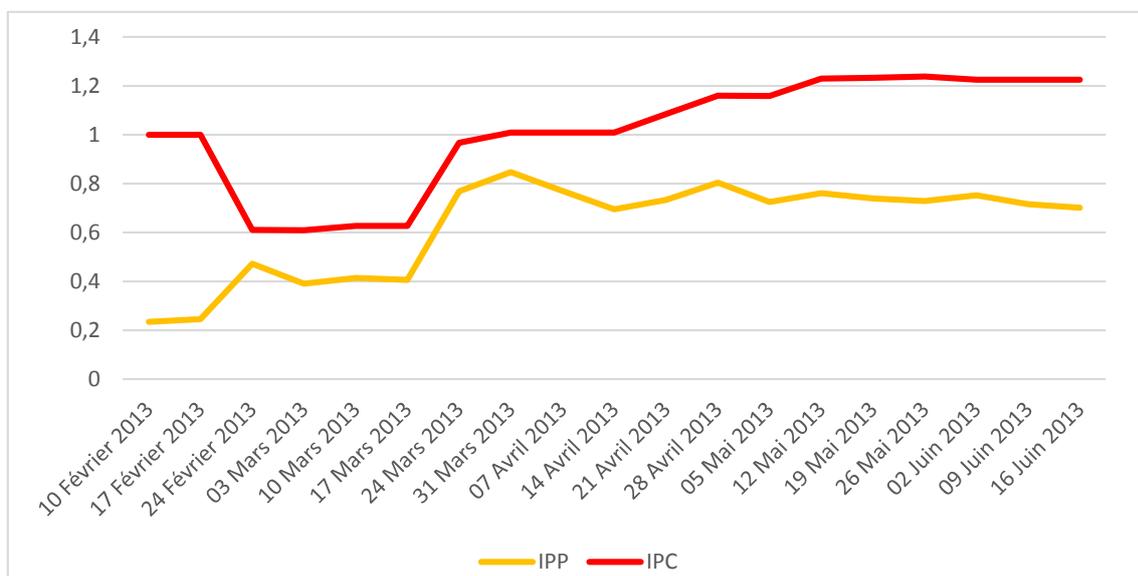
VALEUR ACQUISE DANS LE TEMPS

Valeur acquise du projet en fonction de la date d'état.



INDICES DANS LE TEMPS

Indices de coût et de performance pour le projet selon la date d'état.



Bibliographie

[A. et D. 2012] ANGIOLETTI R. & DESPREZT H. 2012. Maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. Définitions, usages, consommations. Techniques de l'ingénieur.

[A. et D. 2012] ANGIOLETTI R. & DESPREZT H. 2012. Maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. Tarifs de l'énergie. Techniques de l'ingénieur.

[A. et D. 2012] ANGIOLETTI R. & DESPREZT H. 2012. Maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. Techniques. Techniques de l'ingénieur.

[B. M. K. 2001] BERRAH M. K. 2011. Démographie Algérienne.

[C. et G. 2012] CANTIN R. & GUARRACNO G. 2012. Performance énergétique des bâtiments existants- caractérisation. Techniques de l'ingénieur.

[C. et G. 2012] CANTIN R. & GUARRACNO G. 2012. Performance énergétique des bâtiments existants- Etudes de cas. Techniques de l'ingénieur.

[D.H. 2012] DESPREZT H. 2012. Critères et démarches de choix énergétique dans le bâtiment. Techniques de l'ingénieur.

[DTR C 3,2] règles de calcul des déperditions calorifiques facicule 1.

[EDF] EDF. Le guide des matériaux pour l'isolation thermique.

[G. et K. et A. 2011] GEBING W. & KREBS O. & AHARDAN O. 2011. ILT- Efficacité énergétique dans le bâtiment. Module 1. Changement climatique, conventions, stratégies et mécanismes / instruments au niveau international pour surmonter les défis.

[Guide PMBOK] Guide PMBOK 4ème édition - 2008.

Mars 2011 Ministère de l'énergie et des mines, conception et réalisation.

[Minist. Trans. 2009] Ministère des transport. 2009. Guide de gestion des projets routiers.

BIBLIOGRAPHIE

[Minst. 2005] Ministère de l'énergie et des mines. 2005. Consommation énergétique finale de l'Algérie.

[Morel Gnansounou 2009] Énergétique du bâtiment Section de Génie Civil, 4ème/5ème année Nicolas Morel et Edgard Gnansounou (nouvelle édition du cours précédemment donné par Claude-Alain Roulet et Arnaud Dauriat) Edition septembre 2009.

[P. D. H. 2007] Paul de Haut. 2007. Chauffage, isolation et ventilation écologique. Editions EYROLLES.

[PMI] Dr ALLAL M.Amine, "POURQUOI LE MANAGEMENT DE PROJET ?" ; Cours ; chap.2, 2012.

[RPA] Ministère de l'habitat. Regles parasismiques algériennes version 2003.

[SAT. 2011] SATINFO; Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ; Ministère de l'énergie et des mines ; Mars 2011.

[Thierry SALOMON 2000] Thierry SALOMON, "Architecture solaire et conception climatique des bâtiments",2000.

[V. K. 2011] Dr. VAUPEL K. 2011 ILT- Efficacité énergétique dans le bâtiment. Module 2 « conception de bâtiments ».

[V. K. 2011] Dr. VAUPEL K. 2011 ILT- Efficacité énergétique dans le bâtiment. Module 3 « Enveloppe du bâtiment ».

Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique » Mars 2011.

Ministère de l'énergie et des mines, conception et réalisation SATINFO (Société du Groupe Sonelgaz).