

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

---

Université A.Mira De Bejaia  
Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur  
Département de Génie Civil

---

## MEMOIRE DE MAGISTER

Option : Matériaux et Structures

Présenté par :

**Monsieur MEHENNI Halim**

Ingénieur d'état en Génie Civil

Option : CCI

### THEME

**Méthodologie pour l'estimation  
du coût de réalisation d'un projet de construction  
de logements sur la base d'un APS**

Devant la commission d'examen :

Président	: Mr CHELOUAH Nacer	Maître de conférence – U.A/MIRA BEJAIA
Rapporteur	: Mr CHERRARED Marzouk	Maître de conférence – U.A/MIRA BEJAIA
Examineur	: Mr BAHAR Ramdane	Professeur – U.M.M.T.O
Examineur	: Mr TAHAKOURT Abdelkader	Maître de conférence – U.A/MIRA BEJAIA

Soutenu le 21 / 06 / 2007

## **Résumé**

La présente étude a porté sur la mise au point et la programmation d'une méthodologie d'évaluation de différents coûts de construction d'un projet de bâtiment à usage d'habitation, sur la base d'une étude d'avant projet sommaire. L'étude s'inscrit dans la perspective de couvrir l'absence, dans différentes institutions concernées (maître d'œuvre, maître d'ouvrage...), de méthodes homogènes et fiables à ce stade de l'étude. Après avoir effectué une analyse de l'état actuel des connaissances, et une description détaillée d'un bâtiment, axée sur les deux aspects architectural et structural, une dizaine d'études de cas réels de projets de construction de bâtiments à usage d'habitation ont été exploitées et étudiées. L'analyse des différentes données des projets a permis d'élaborer un certain nombre de modèles de calcul des coûts en fonction des paramètres à influence directe. Ces différents paramètres d'influence étant facilement quantifiables au stade d'un A.P.S

Un outil informatique (sous DELPHI avec programmation en Pascal) de calcul basé sur les conclusions des étapes précédentes a été réalisé, L'outil permet d'une part, la manipulation des données nécessaires d'un projet quelconque à travers une « interface utilisateur » souple et d'autre part l'estimation de différents coûts de construction.

## **Abstract**

The studies aim is to elaborate and to program a methodology to evaluate the different costs of the building project with regarding data of summary study. This study enters in the perspective of covering the absence of homogenous and reliable methods at this level of the study. After analyse the current state of knowledge and detailing description of a building with considering both architectural and structural aspects, tens we have exploited and studied of real case studies. The analyses of data concerning some construction projects have permitted the elaboration of a number of calculation models of cost function of parameters that have a straight influence. These parameters must be easily quantifiable at the stage of the summary studies step.

A computing tool (under DELPHI with programming in Pascal) based on the conclusions of the latter steps have been elaborated. This tool allows the manipulation of necessary data to any project through a soft user interface, and the estimation of the different costs of construction.

## LISTE DES TABLEAUX

	<b>Page</b>
<b>Tab I-1</b> : les différents niveaux d'évaluation du coût d'un projet le long du processus de sa création.....	15
<b>Tab II-1</b> : Répartition des surfaces par type de logement .....	25
<b>Tab II-2</b> : Description des éléments structuraux (poteaux, poutres et voiles).....	28
<b>Tab II-3</b> : Description des éléments structuraux (planchers à corps creux et dalle pleine) ...	29
<b>Tab II-4</b> : Différent types de cloison de distribution et de séparation.....	32
<b>Tab II-5</b> : Différents types de murs enveloppes .....	33
<b>Tab II-6</b> : Tableau récapitulatif des éléments non structuraux.....	36
<b>Tab II-7</b> : Les conditions de choix du système de contreventement.....	39
<b>Tab II-8</b> : Les caractéristiques du béton courant. ....	40
<b>Tab II-9</b> : Caractéristiques des matériaux de secondes œuvres .....	41
<b>Tab II-10</b> : Le pré dimensionnement des éléments structuraux.....	42
<b>Tab II-11</b> : Le pré dimensionnement des éléments non structuraux.....	43
<b>Tab II-12</b> : Le pré dimensionnement des fondations.....	44
<b>Tab III -1</b> : Les caractéristiques physiques des projets étudiés .....	47
<b>Tab III -2</b> : Coûts des différents postes de dépense composant les projets étudiés (DA) .....	48
<b>Tab III-3</b> : Rapports des coûts des postes de dépense .....	48
<b>Tab III-4</b> : Coût de la superstructure par bloc.....	57
<b>Tab III-5</b> : Tableau des données.....	59
<b>Tab III-6</b> : Tableau des coefficients du Modèle01.....	59
<b>Tab III-7</b> : Tableau des résidus.....	60
<b>Tab III-8</b> : Synthèse des modèles de régression d'estimation du coût.....	63
<b>Tab IV-1</b> : Méthode de calcul des quantités (Gros œuvre).....	70
<b>Tab IV-2</b> : Méthode de calcul des quantités (Maçonnerie).....	70
<b>Tab IV-3</b> : Méthode de calcul des quantités (Etanchéité).....	71
<b>Tab IV-4</b> : Méthode de calcul des quantités (Revêtement).....	71
<b>Tab IV-5</b> : Méthode de calcul des quantités (Menuiserie).....	72
<b>Tab IV-6</b> Désignation des notations utilisées dans les Tab IV-1, IV-2, IV-3, IV-4 & IV-5.....	73
<b>Tab IV-7</b> : Méthode de calcul des quantités (Fondations).....	74
<b>Tab IV-8</b> Désignation des notations utilisées dans le Tab IV-7.....	75
<b>Tab IV-9</b> : Méthode de calcul des quantités (Gros œuvre cas des bâtiments contreventés par voile).....	75
<b>Tab IV-10</b> Méthode de calcul (Maçonnerie cas des bâtiments contreventés par voile)....	76
<b>Tab IV-11</b> : Désignation des notations utilisées dans le Tab IV-9 & IV-10.....	76
<b>Tab IV-12</b> : Les différents coûts calculés par l'outil.....	77
<b>Tab IV-13</b> : Les coûts réels et les coûts estimés .....	84
<b>Tab IV-14</b> : Les erreurs entre les coûts réels et les coûts estimés.....	85

## LISTE DES FIGURES

	<b>Page</b>
<b>Figure I-1</b> : Les intervenants qui participe à l'acte de bâtir.....	4
<b>Figure I-2</b> : Evolution de la répartition des coûts de construction.....	6
<b>Figure I-3</b> : Schéma général du coût global d'un projet de bâtiments.....	7
<b>Figure I-4</b> : Décomposition du prix de revient total.....	9
<b>Figure I-5</b> : Classification des divers postes de dépense d'une opération de construction de Logements.....	10
<b>Figure I-6</b> : Les différents niveaux d'évaluation du coût d'un projet le long du processus de l'étude.....	14
<b>Figure I-7</b> : La limite entre la phase A.P.S et la phase Etude.....	16
<b>Figure II-1</b> : Organigramme descriptif d'un bâtiment.....	23
<b>Figure II-2</b> : Schéma descriptif d'un bâtiment.....	23
<b>Figure II-3</b> : Description architecturale d'un bâtiment.....	24
<b>Figure II-4</b> : Schéma descriptif d'un logement F4.....	26
<b>Figure II-5</b> : Organigramme descriptif des éléments non structuraux.....	30
<b>Figure II-6</b> : Schéma descriptif d'un composant surfacique.....	31
<b>Figure II-7</b> : Caractéristiques d'un escalier.....	34
<b>Figure II-8</b> : Schéma descriptif de l'infrastructure.....	37
<b>Figure II-9</b> : Typologie des fondations.....	37
<b>Figure II-10</b> : Schéma descriptif d'une longrine.....	38
<b>Figure II-11</b> : Schéma descriptif d'un voile périphérique.....	38
<b>Figure III-1</b> : Décomposition du coût d'un projet de bâtiment à usage d'habitation.....	45
<b>Figure III-2</b> : Graphique séquentiel en 3D du coût total des projets.....	49
<b>Figure III-3</b> : Coût total de chaque projet en fonction de la surface habitable.....	49
<b>Figure III-4</b> : Coût de l'infrastructure et de la superstructure en fonction de la surface habitable.....	50
<b>Figure III-5</b> : Les paramètres décisionnels qui interviennent dans le coût de l'infrastructure.....	51
<b>Figure III-6</b> : Coût corrigé de la superstructure en fonction de la surface habitable.....	52
<b>Figure III-7</b> : Ratios des différents postes de dépense de la superstructure.....	52
<b>Figure III-8</b> : Coûts Gros Œuvres, Maçonnerie, Etanchéité, Revêtement en fonction de la surface habitable.....	53
<b>Figure III-9</b> : Coûts Menuiserie, Electricité, Plomberie, Peinture vitrerie en fonction de la surface habitable.....	53
<b>Figure III-10</b> : Coût de la superstructure en fonction de nombre de logement.....	54
<b>Figure III-11</b> : Coût de la superstructure par bloc en fonction de nombre d'étage.....	55
<b>Figure III-12</b> : Résultats d'analyse.....	59
<b>Figure III-13</b> : Coûts total et la fonction (Modèle01) en fonction de la surface habitable....	61
<b>Figure IV-1</b> : Intérêt de l'évaluation du coût au stade de l'A.P.S.....	66
<b>Figure IV-2</b> : Structure générale de l'application.....	67
<b>Figure IV-3</b> : Organigramme fonctionnel de l'application.....	68

<b>Figure IV-4</b> : Interface principale de l'application.....	79
<b>Figure IV-5</b> : Interface pour introduire les données générales du projet.....	79
<b>Figure IV-6</b> : Interface pour introduire la description du projet.....	80
<b>Figure IV-7</b> : Interface pour introduire la description des logements.....	80
<b>Figure IV-8</b> : Interface pour introduire les caractéristiques des Poteaux.....	80
<b>Figure IV-9</b> : Interface pour introduire les caractéristiques des Poutres.....	81
<b>Figure IV-10</b> : Interface pour introduire les caractéristiques des Voiles.....	81
<b>Figure IV-11</b> : Interface pour introduire les surfaces et les longueurs.....	81
<b>Figure IV-12</b> : Interface pour introduire les portes et les fenêtres.....	82
<b>Figure IV-13</b> : Interface pour introduire les caractéristiques des Fondations.....	82
<b>Figure IV-14</b> : Interface pour l'évaluation des projets.....	82
<b>Figure IV-15</b> : Interface pour archiver les listes des prix unitaires.....	83
<b>Figure IV-16</b> : Interface pour l'affichage des résultats.....	83
<b>Figure IV-17</b> : Comparaison des différents coûts totaux du projet.....	85
<b>Figure IV-18</b> : Comparaison des coûts de la superstructure estimés et réels.....	85
<b>Figure IV-19</b> : Comparaison des coûts par poste de dépense estimé et réel.....	85

# SOMMAIRE

	Page
Introduction.....	1
 <b>Chapitre I: Le critère économique et le bâtiment -Etats actuel des connaissances</b>	
Introduction.....	2
I-1 : Les Intervenants qui participe dans l'acte de bâtir.....	2
A) Maître d'ouvrage .....	2
B) Maître d'œuvre .....	2
C) Entreprise .....	3
I-2 : Economie de la construction et critère économique .....	4
I-2-1 : La fonction économique .....	4
I-2-2 : Analyse économique classique des projets .....	5
I-2-3 : Démarche économiste et coût de construction en cours de conception .....	7
I-3 : Critère économique pour l'étude d'un projet .....	8
I-3-1 : Domaine d'étude d'un projet – Postes de dépense .....	9
I-3-2 : Utilisation du critère économique dans le processus de conception .....	10
I-3-2-1 : Notion du coût d'objectif .....	10
I-3-2-2 : Le critère économique et le programme .....	11
I-3-2-3 : Le critère économique et l'A.P.S .....	12
I-3-2-4 : Le critère économique lors de l'A.P.D. et du projet .....	13
I-4 : Pour quoi l'estimation au stade de l'APS .....	13
I-5-La nécessité de méthodes originales.....	16
I-5-1- Bibliographie des méthodes d'évaluation .....	16
I-5-1-1- la méthode A.R.C .....	17
I-5-1-2- la méthode de l'U.N.T.E.C .....	17
I-5-1-3- Autres méthodes .....	18
I-5-2 : Modèle d'évaluation analytique du coût .....	19
a) Coût des matériaux.....	19
b) Coût de la main-d'œuvre.....	19
c) Les frais généraux.....	19
I-5-2-1 : Evaluation analytique du coût de Construction.....	26
I-5-3-2 : Normalisation du coût .....	21
Conclusion .....	21

## Chapitre II : Analyse descriptive d'un bâtiment

Introduction .....	22
II-1 : Description d'un bâtiment .....	22
II-1-1: Description architecturale du bâtiment .....	23
II-1-1-1 : Composition du logement.....	24
II-1-1-2 : Prescriptions fonctionnelles et techniques .....	25
II-1-2 : Description structurale du bâtiment .....	26
II-1-2-1 : La superstructure.....	27
II-1-2-1-1 : Les éléments structuraux.....	27
II-1-2-1-2 : Les éléments non structuraux.....	30
a : Parois séparatives.....	30
a.1 : Les cloisons de distribution.....	31
a.2 : Les cloisons séparatives .....	31
a.3 : Murs enveloppes .....	32
b : Eléments de circulation verticale.....	33
b.1 : Les escaliers .....	33
b.2: Les ascenseurs .....	35
c : Les ouvrants .....	35
II-1-2-2: L'infrastructure .....	37
II-1-2-2-1 : Les fondations .....	37
II-1-2-2-2 : Les longrines.....	38
II-1-2-2-3 : Le voile périphérique .....	38
II-2-1 : Les systèmes de contreventement .....	38
II-3 : Les matériaux de construction .....	40
II-3-1 : les matériaux de gros œuvres.....	40
II-3-2 : Les matériaux secondes œuvres.....	41
II-4 : Pré dimensionnement des éléments en phase d'A.P.S .....	42
Conclusion .....	44

## Chapitre III : Analyse et Exploitation d'étude de cas

Introduction.....	45
III-1 : Analyse et Traitement des données .....	46
a) L'infrastructure .....	50
b) La superstructure .....	51
III-2 : Les rapports des postes de dépense .....	52
III-3 : Affinement des données .....	54
III-3-a : Affinement en fonction du nombre de logement .....	54
III-3-b : Affinement en fonction du nombre d'étage .....	54
III-4 : La régression des données .....	56
III-4-1 : Les étapes d'une analyse de régression multiple .....	56
III-4-2 : Estimation des paramètres.....	56

III-4-2 : Variance résiduelle et coefficient de détermination .....	57
III-4-2-2: Test sur les paramètres.....	58
III-4-3 : Modèle d'estimation.....	58
III-4-3-1 : Modèle d'estimation (M1) .....	58
a) Le problème posé .....	58
b) Analyse de la variance.....	59
c) Test sur la validité des coefficients .....	60
d) Test sur la validité du modèle .....	60
e) Conclusion.....	61
f) Evaluation de la performance .....	61
III-4-3-1 : Autres modèles d'estimation .....	62
Conclusion .....	64

## **Chapitre IV : Programmation Informatique et Exemple d'Application**

Introduction .....	65
IV-1 : Organisation fonctionnel général .....	65
1) Pour quel utilisateur cette outil est il destiné ?.....	66
2) Quels Coûts doit-on évaluer et avec quelle précision ? .....	66
3) Quelles sont les données qu'on doit fournir pour rendre l'application exécutable ?.....	67
IV-2 : Base de données .....	67
IV-2-1 : définition .....	67
IV-2-2 : Conception de la base de données .....	69
IV-3 : Le module de calcul (La « boîte noire ») .....	69
a) méthode de calcul des quantités des postes de dépense.....	70
b) Méthodes de calcul des coûts .....	77
IV-4 : l'interface utilisateur.....	78
IV-5 : Exemple d'application .....	84
IV-6 : analyse des résultats .....	85
Conclusion .....	88

<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>91</b>
ANNEXE I.....	93
ANNEXE II .....	98



# INTRODUCTION

## **Introduction**

Durant ces dernière décennies, les bâtiments à usage d'habitation ont subi de profondes modifications dans leurs aspects et leurs formes. Ceci s'est produit sous l'apport de nouvelles technologies, amenant un savoir faire technique plus important. Cependant, la maîtrise d'œuvre dans son aspect économique reste la préoccupation majeure des auteurs de construction.

Il est, à notre avis, indispensable pour tout maître d'ouvrage et maître d'œuvre de maîtriser les conséquences de leurs décisions, notamment au niveau du coût. Etant donné que le bâtiment est constitué d'un nombre considérable d'éléments souvent en interaction, l'évaluation des conséquences d'une telle décision à une phase avancée de conception, permet d'améliorer ou de porter des modifications éventuelles avec un minimum de frais. Donc, toute aide à la décision surtout dans une situation aussi importante que celle d'un bâtiment, doit tenir compte du rapport qualité/prix. Cela nécessite la quantification et la valorisation de la construction le plus en amont possible du processus d'exécution du projet, avec les informations et les détails disponibles à ce niveau de l'étude. Celles ci devraient être définies en cohérence avec les prix unitaires disponibles ou accessibles et évaluées sommairement à partir des données et documents du projet avec une précision suffisante.

Notre étude, porte sur la recherche d'une méthodologie pour d'estimation du coût de réalisation d'un projet de construction de logements sur la base d'un avant projet sommaire. Pour cela, nous avons effectué d'abord, une analyse de l'aspect économique et son rôle dans le bâtiment à usage d'habitation dans les divers stades du projet et une synthèse des méthodes utilisées pour l'estimation du coût de projet.

En suite, nous avons fait une analyse descriptive d'un bâtiment sous ses deux aspects architectural et structural, afin de comprendre et d'affiner les divers postes de dépense qui entrent dans l'estimation du coût d'un projet de construction d'un bâtiment à usage d'habitation. C'est l'objet du deuxième chapitre.

Le troisième chapitre porte sur l'analyse et l'exploitation de données réelle de 10 études de cas (projet effectifs). Ce qui nous a permis d'établir des fonctions d'estimation en utilisant une étude de corrélation par régressions simple et multiples.

Dans la phase finale du mémoire (chapitre IV), nous avons réalisé une application informatique qui permet d'effectuer une estimation rapide et avec une précision de calcul acceptable d'un projet de bâtiment à usage d'habitation sur la base d'un avant projet sommaire. Un teste sur un projet réel a été effectuée à cet effet.

# CHAPITRE I

**Le critère économique et le bâtiment**

**États actuel des connaissances**

## **Introduction**

Le critère économique résume la plus importante contrainte du maître de l'ouvrage ; son objectif est la réalisation d'un bâtiment correspondant à ses désirs et aux exigences qu'il a pu définir, de meilleure qualité possible et d'un coût acceptable compte tenu des moyens de financement.

Le souci de base est en conséquence l'obtention du meilleur rapport qualité / prix. Ce rapport, établi lors de l'étude, devra ensuite être respecté par les entreprises ; il s'agit en effet pour le maître d'ouvrage de rechercher une garantie sur le montant des dépenses futures, à charge pour lui de prévoir leur échelonnement et d'obtenir les financements correspondants.

Mais avant de rentrer dans le rôle de la fonction économique et le bâtiment nous commençons par l'analyse des différents intervenants qui participe à l'acte de bâtir.

### **I-1 : Les Intervenants qui participe dans l'acte de bâtir**

#### **A) Maître d'ouvrage**

Le maître d'ouvrage est décideur et investisseur, c'est une personne physique ou morale pour le compte duquel est produit l'ouvrage, et dont le rôle essentiel est de :

- Définir les besoins à satisfaire
- Décider la construction de l'ouvrage.
- Prévoir et organiser les opérations d'investissement.
- Définir le programme et les délais d'exécution
- Choisir des intervenants (Control Technique, le maître d'œuvre, l'entreprise, laboratoire...)
- S'assurer du respect des dispositions contractuelles et la législation en vigueur.
- Contrôler la bonne exécution des études et des travaux et leur conformité avec le programme défini
- Gérer les marchés d'études, le contrôle et des opérations et la réception de l'ouvrage.
- Exploiter l'ouvrage : Gestion et l'entretien (après la réception définitive cas OPGI-logements sociaux).

#### **B) Maître d'œuvre**

Le maître d'œuvre est l'acteur du projet ; Il peut être éventuellement chargé d'en conduire la réalisation. Lors de l'établissement du projet de bâtiment, n'interviennent au début et au principal que le maître de l'œuvre et le maître de l'ouvrage, certes, ce dernier peut être assisté par des conseillers tels qu'un conducteur d'opération, un faiseur de programme un contrôleur technique ou un technicien spécialisé, mais ceux ci sont simplement préposés à fournir des éléments d'appréciation au maître d'ouvrage, non à intervenir directement au près du maître d'œuvre

**C) Entreprise**

Elle est chargée de la réalisation de l'ouvrage. Avant de consulter et confier des travaux à des entreprises, il est utile, au préalable, de les connaître parfaitement (moyens humains, matériels, technologie).

1) le bâtiment est une industrie particulière

✓ La production :

A la différence manufacturée le bâtiment produit uniquement des prototypes, la variation des ouvrages et quasiment sans limites [1].

-On ne construit jamais deux ouvrages identiques.

-On ne construit jamais à deux endroits identiques.

-On ne construit jamais avec les mêmes individus.

-Il n'existe jamais deux chantiers identiques.

✓ Les entreprises :

Elles sont hétérogènes par leur taille, leur activité et leur technicité plus ou moins développées.

2)- La dévolution des marchés

✓ Les divers types de procédures : la réalisation de l'ouvrage est confiée à une entreprise générale ou bien à plusieurs entreprises.

✓ La politique et la pratique de dévolution des marchés :

- La pratique habituelle : la réalisation est confiée au moins disant, c'est la capacité de faire un prix de vente sans connaître le rentable prix de revient.

- La pratique souhaitée par la profession : dans ce cas la réalisation est confiée au mieux disant, celle-ci ne sera applicable que lorsque certaines notions seront intégrées tels que :

-la qualité du travail.

-les délais convenables.

-les compétences réelles de l'entreprise et lorsque les « donneurs » réels d'ouvrage raisonneront non plus à court terme mais à long terme.

3)-La qualification et la certification :

✓ La qualification : respectée par les maître d'ouvrage dans le choix des candidatures et obit à :

- l'organisation

- le fonctionnement

- le rôle

✓ la certification de l'assurance qualité :

● Le principe de l'assurance qualité se résume ainsi [1]:

-Ecrire ce que l'on va faire

-Faire ce que l'on a écrit.

-Pouvoir justifier qu'on l'a définitivement fait.

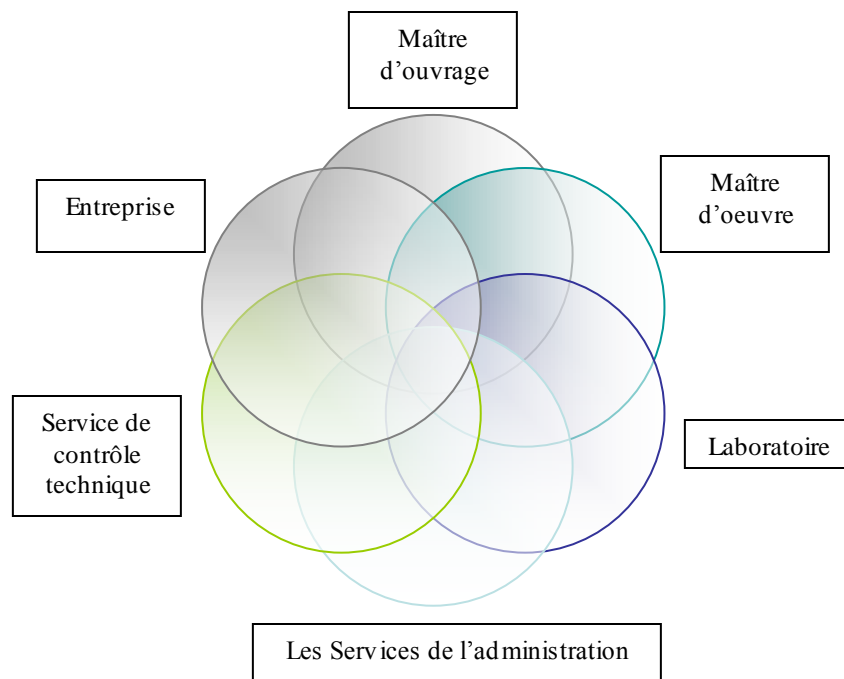
● Niveau de l'entreprise.

● Niveau de chaque chantier.

Dans une entreprise, l'information doit être totale et cohérente, chacun doit avoir des objectifs précis, si la démarche qualité a réussi dans l'entreprise, elle va entraîner une modification du comportement des individus qui seront aptes à s'autocontrôler ce qui va permettre de « bien faire du premier coup », donc améliorer les coûts de production et le

produit fini, et aussi la performance commerciale de l'entreprise, en résumé, les quatre points principaux qui peuvent définir la notion de qualité sont :

- Le niveau de la prestation promise et réalisée.
- La qualité de l'accueil et des relations commerciales.
- La compétence technique.
- L'organisation de l'entreprise permettant d'assurer une réalisation correcte, depuis la conception du chantier jusqu'à la livraison.



**Figure I-1** : Les intervenants qui participe à l'acte de bâtir [1]

## **I-2 : Economie de la construction et critère économique**

### **I-2-1 : La fonction économique**

La fonction économique de la construction a pour rôle de rechercher et déterminer, par des documents écrits, le coût de l'ouvrage en fonction des données économiques et de la conjoncture ainsi que des données architecturales et techniques découlant du projet. Au cours de la réalisation, elle a pour objet de contrôler la dépense conformément aux documents contractuels ; sa vocation est d'assurer l'économie financière de l'ouvrage [2].

**I-2-2 : Analyse économique classique des projets**

La construction est une des plus importantes activités de l'économie ; une large part des ressources nationales est utilisée pour la construction et l'entretien des bâtiments. Le secteur du bâtiment joue donc un rôle important dans le développement et la création des services [2].

A ce titre tout à fait général, il est nécessaire qu'au plus haut niveau où se prennent les décisions, soit opérée une analyse de projets. C'est un problème économique fondamental qui se pose à tous les pays : comment affecter les ressources par définitions limitées à un certain nombre d'emplois, de telle façon que le pays en retire des avantages nets aussi importants que possible.

C'est un des objectifs de l'analyse économique des projets que de trouver des démarches permettant de guider ces choix.

Soulignons seulement que d'une façon générale, il s'agit de la recherche d'un équilibre entre deux pôles :

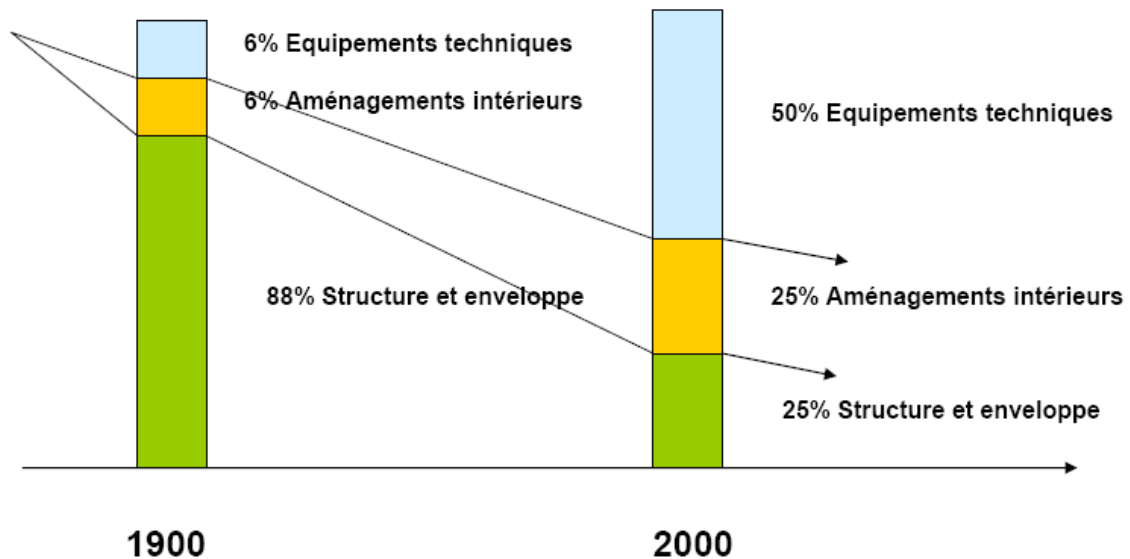
- L'accroissement du revenu national global (objectif de croissance).
- L'amélioration de sa répartition (objectif de justice sociale).

Ce genre de préoccupations dépasse très largement le cadre de notre étude.

L'analyse globale d'un secteur étant réalisée, il convient de se donner les moyens de son développement. Nous abordons alors les domaines de la socio-économique et de l'économie immobilière et financière de la construction, les points qu'il convient d'examiner à ce titre sont les suivants (dans le cas de bâtiment à usage de logement) :

- Etude du logement au niveau national.
- Elaboration d'une politique générale pour le logement.
- L'industrie du bâtiment, les modes de production
- Le financement du logement.
- Les institutions de financement et le logement.
- Les mécanismes du financement privé de la construction.
- La pratique des crédits bancaires au logement.
- Le déplacement locatif. [3]

Le coût global de la construction varie en fonction du temps vu le développement rapide des méthodes et de la technologie de réalisation et de conception. Et cela induit une réduction du coût de structure et une augmentation du coût des équipements techniques et des aménagements intérieurs. Dans le cas des constructions industrielles et dans le cas des bâtiments à usage de logement, cette évolution de la répartition des coûts de construction devient moins intense.



**Figure I-2** : Evolution de la répartition des coûts de construction [4]

L'équation fondamentale du coût global peut s'écrire ainsi [5]:

Coût global = coût initial + coûts différés (dépenses d'exploitation, d'entretien, de réparation et de remplacement de même que les coûts liés à l'utilisation) - la valeur de récupération (c.-à-d. la valeur d'un bien au terme de sa vie utile ou de la période d'étude) (figure I-3).

Le coût initial comprend toutes les dépenses d'investissement ayant un rapport direct avec le projet, y compris le prix du terrain, le coût de la conception, du raccordement aux services et de la construction. Les coûts différés peuvent être divisés en deux catégories: les dépenses énergétiques d'exploitation pour refroidir, chauffer et éclairer le bâtiment et les dépenses d'entretien comprenant les frais de réparation et de remplacement. On peut inclure dans les coûts d'entretien les coûts liés à l'utilisation (les frais qui découlent d'une modification de l'usage d'un bâtiment ou d'une modification ou de l'amélioration des installations mécaniques et électriques) de même que le coût de modifications nécessaires pour que le bâtiment soit conforme aux codes et aux normes.

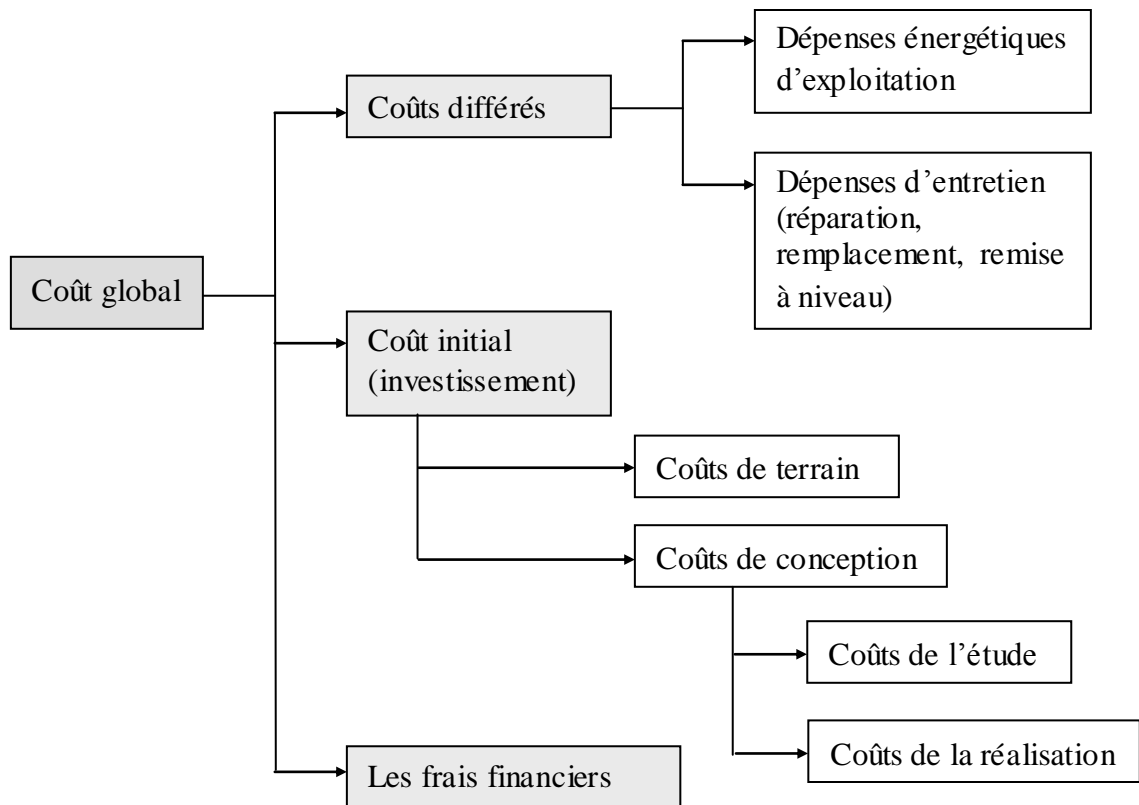
Les Coûts de construction ont deux origines

1. *la conception* : à travers les désirs du maître de l'ouvrage et les solutions proposées.
2. *la réalisation* : à travers la compétition interentreprises lors de la signature du marché.

Ces deux origines ne peuvent être séparées dans les résultats induits car elles sont en étroite corrélation. En effet, la détermination des coûts de réalisation dépend en grande partie des cadres de conception, de la même manière certains aspects du coût de construction échappent au concepteur et ne sont connus ou déterminés que par l'entreprise chargée de la réalisation. Ceci devient moins vrai dans le cas de production plus voisine du type industriel où le produit est conçu par la société qui suivra la réalisation au titre d'entreprise. Ce schéma n'est pas



généralisable et dans la plupart des cas, l'agence ou le bureau où s'effectue la conception est séparée de l'entreprise qui effectuera la réalisation.



**Figure I-3** : Schéma général du coût global d'un projet de bâtiments

### I-2-3 : Démarche économiste et coût de construction en cours de conception

C'est le maître de l'ouvrage qui donne la première valeur du coût de construction, bien que ne connaissant pas toujours exactement le détail de projet. Quant à l'objet, il connaît toujours ce à quoi il peut s'engager en termes de limitation budgétaire [2].

L'économiste cherche à effectuer des analyses globales susceptibles d'intervenir au moment de la conception afin de rester à l'intérieur de la fourchette financière définie par le maître de l'ouvrage. Les exemples montrant l'influence des choix généraux en conception sur le coût de construction sont multiples. Nous nous bornerons ici à la fourniture d'une classification en composantes dont l'influence est significative [6].

#### ➤ Classe 1 : forme et volume du bâtiment :

Ces deux facteurs peuvent être considérés comme inséparables car ils représentent deux aspects du même objet pris comme volume à trois dimensions. Ces deux facteurs sont en relation directe avec les quantités de matériaux dont les plus significatifs sont les éléments d'enveloppe et les surfaces de plancher, mais également avec l'agencement des volumes qui sont la raison d'exister de l'objet.

La conséquence qui en est tirée est qu'en faisant exception des constructions sphériques c'est le bâtiment cubique qui représente la forme la plus économique tout étant égal par ailleurs [2].

Parmi les plus significatives nous retiendrons par exemple :

- Les lignes droites et les plans horizontaux et verticaux sont plus économiques que les lignes brisées et les plans décalés.
- Les angles droits sont les plus économiques.
- Les formes rectangulaires sont plus économiques que les formes circulaires ou polygonales quelconques.

Il convient d'ajouter à ces exemples à base de géométrie ceux à base de la hauteur de bâtiment ; Les bâtiments hauts sont d'un coût de construction généralement plus élevé que celui des bâtiments bas pour les raisons suivantes :

- Les bâtiments hauts occasionnent des plus values en structure à cause du contreventement et de façon générale parce que le poids propre encaissé par un élément est plus fort.
- Les bâtiments hauts nécessitent des surcroûts de sécurité lors de la réalisation, en effet celle-ci devient plus délicate du fait de la restriction de l'espace de travail en altitude.
- Les enveloppes extérieures des bâtiments hauts sont plus sensibles aux actions des agents extérieurs et nécessitent donc d'être traitées en conséquence.

**Remarque :** la vérification pratique de ces lois économiques n'est pas toujours évidente. En effet la technologie utilisée peut parfois modifier ou tout au moins amoindrir les écarts annoncés, cette remarque introduite la seconde classe des éléments déterminants.

➤ *Classe 2 : matériau et méthode de construction :*

Le coût de construction est bien évidemment fonction de matériaux utilisés, quant à ceux-ci ils résultent des choix personnels du concepteur mais également, en proportion variable de facteurs extérieurs dont nous retiendrons :

- Le climat : la température et la pluviométrie ont une influence non négligeable sur les natures d'enveloppe et les quantités des matériaux mis en œuvre.
- Disponibilité des matériaux et maîtrise de sa mise en œuvre sur le site : il faut dans cet ordre d'idées classer les obligations de mise en œuvre des matériaux dans des sites protégés mais aussi la sous utilisation de matériaux (c'est très souvent le cas pour le béton armé dans l'habitat individuel).
- Règles et lois de la construction.

### **I-3 : Critère économique pour l'étude d'un projet**

Le critère économique intervient comme point déterminant dans notre étude car nous focalisons nos efforts autour de sa mesure , nous sommes cependant conscient du fait que l'analyse d'un projet est une analyse multicritère , il s'agit de choisir une solution parmi les diverses possibilités offertes par la diversité des techniques de fabrication et les innovations des matériaux de construction , en tenant compte de la qualité globale de l'ouvrage cela , nécessite la construction correcte d'une matrice de décision qui conduira forcément à définir une famille cohérente de solution potentielle selon ces critères [7].

En référence à l'analyse économique il convient d'ajouter que nous considérons comme relevant de la fonction économique les diverses mesures des paramètres ayant servi à la classification.

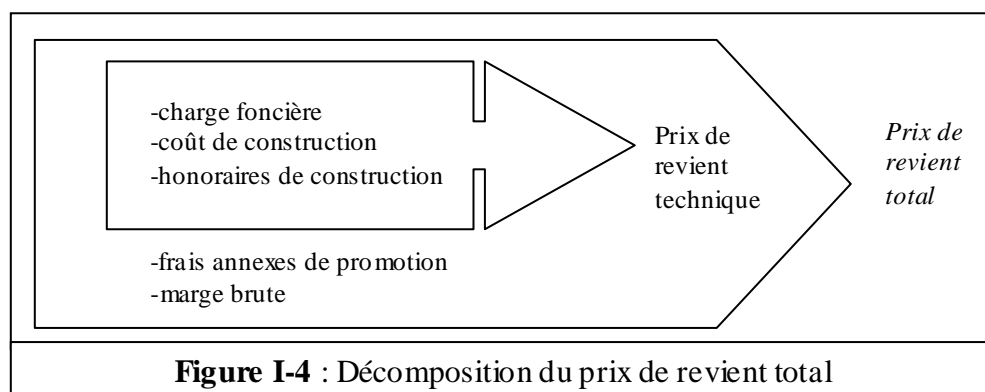
- Paramètres de forme et volume : surfaces habitables, Surface hors œuvre, rendement (rapport des deux surfaces précédentes) divers ratios de forme (linéaire d'enveloppe rapports au mètre carré habitable ou hors œuvre, hauteur ;..).
- Paramètre de matériau : index de taux de prestation, rapports relatifs des coûts de construction par poste, ratios de prix ramenés aux unités préférentielles.

Ces divers éléments assortis du coût de construction global et détaillé poste par poste constituent la panoplie des éléments utiles à la prise de décision qu'il convient de mettre à la disposition du concepteur.

### I-3-1 : Domaine d'étude d'un projet – Postes de dépense

Nous nous plaçons ici du point de vue de maître de l'ouvrage afin d'envisager l'ensemble des éléments ayant trait à l'aspect économique, celui ci raisonne en terme de programme financier, il est vital pour lui de connaître au plus tôt le montant des dépenses admissibles : il s'agit d'un problème d'investissement, ce dernier représente le prix total de l'opération, toutes dépenses confondues y compris le terrain, les honoraires techniques et les frais financiers [2]

On peut représenter globalement ce prix total par un schéma du type de celui qui fait, l'objet de la figure I-4.



De façon plus détaillée on peut encore décomposer chaque élément et dresser ainsi une grille à usage des maîtres de l'ouvrage et regroupant les divers postes de dépenses, le tableau de la figure I-5 présente un résumé de cette classification.

L'ensemble de ces postes de dépenses représente le domaine d'étude pour un projet.

Classification des divers postes de dépense d'une opération de construction de logements
<b>0 – frais de constitution de société.</b>
<b>1 – frais relatifs au terrain :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Achat et frais d'achat.</li> <li>• Aménagement terrain nu</li> <li>• Entretien réserves foncières.</li> <li>• Indemnités- Taxes- Redevances.</li> </ul>
<b>2- Réseaux – VRD :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voirie.</li> <li>• Assainissement.</li> <li>• Eau- Electricité- Eclairage- Télévision- Téléphone- Gaz.</li> </ul>
<b>3- Construction- structure</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gros œuvre- cloisonnement intérieur</li> <li>• Toiture- Menuiseries- protections –Serrurerie.</li> </ul>
<b>4- construction – seconde œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revêtements de sol.</li> <li>• Peinture- Vitrierie- Décorations.</li> </ul>
<b>5-Construction – Technique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plomberie – Chauffage – Ventilation mécanique</li> <li>• Electricité – Ascenseurs – Télévision – Téléphone.</li> </ul>
<b>6 – Dépense diverses Techniques – montant de rémunération des études :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Honoraires Ingénierie</li> <li>• Honoraires divers – Frais dossiers techniques.</li> </ul>
<b>7 – Dépenses de promotion – classe 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurances – Frais financiers vente.</li> <li>• Rémunération et imprévus – Frais commerciaux, impôts, Taxes.</li> </ul>

**Figure I-5 :** Classification des divers postes de dépense d'une opération de construction de logements [2]

### **I-3-2 : Utilisation du critère économique dans le processus de conception**

Le critère économique et l'estimation de la valeur d'un ouvrage qui constitue l'outil de mesure sont utilisés pratiquement pendant une très longue période relativement à un bâtiment :

- Avant réalisation : afin de chiffrer le coût des travaux envisagés.
- En cours de réalisation : pour les constructions de grande envergure et de façon générale, afin de définir le montant des situations mensuelles.
- Après réalisation : dans le cas des modifications ainsi que pour le suivi de l'entretien et de l'exploitation.

#### **I-3-2-1 : Notion du coût d'objectif**

En ce qui nous concerne, c'est la connaissance du montant total qui est primordiale. Dans le cas de la réforme de l'ingénierie il est prévu que le maître de l'ouvrage demande au maître d'œuvre de lui indiquer le coût de l'ouvrage et de s'engager à étudier et faire réaliser l'ouvrage à ce coût fixé comme étant le coût d'objectif [8] [9].

Comme il sera vu plus loin, le coût des travaux reste une quantité essentiellement aléatoire. De ce fait, le coût d'objectif est considéré seulement comme une estimation prévisionnelle assortie d'une marge d'incertitude fixée par le maître de l'ouvrage : c'est l'écart toléré.

Après règlement des décomptes définitifs des entreprises et déduction faite des variations économiques, on calcule le coût constaté des travaux qui est alors comparé au coût d'objectif

Lorsque l'opération lancée par le maître d'ouvrage risque de comporter des aléas importants, le maître d'ouvrage peut avoir recours à deux procédés :

- Mise en compétition sur A.P.S (Avant Projet Sommaire) : le maître d'ouvrage confie à quelques maîtres d'œuvre son programme et leur demande d'étudier un A.P.S assorti d'un engagement sur coût d'objectif.
- Mise en compétition sur coût d'objectif provisoire : dans ce cas, le maître d'ouvrage demande à chaque concepteur de s'engager sur un coût d'objectif ; il choisit la meilleure proposition et le maître d'œuvre retenu entame l'étude de l'A.P.S puis de l'A.P.D (Avant Projet Détaillé).

Si le maître d'ouvrage n'adopte pas la méthode par coût d'objectif provisoire, le calcul du coût d'objectif s'effectue le plus souvent sur les bases du programme et au plus tard sur la base de l'A.P.D.

### **I-3-2-2 : Le critère économique et le programme**

La remarque principale que nous suggère l'introduction de la notion de coût d'objectif est qu'elle implique la nécessité d'utiliser des méthodes d'évaluation relativement précises dès les stades préliminaires d'élaboration du projet.

Traditionnellement, on se bornait à utiliser des estimations au mètre carré ou bien au mètre carré pondéré par allure du bâtiment. Cependant, ces estimations rapides mais grossières ne sont pas toujours capables d'intégrer les diverses possibilités du programme compte tenu des écarts tolérés [2].

Les écarts tolérés dépendent de la nature des travaux, de la classe de complexité, du niveau auquel est calculé le coût d'objectif et enfin de la procédure utilisée (coût d'objectif provisoire ou coût d'objectif définitif).

Le programme est ici considéré comme la formalisation des désirs du maître de l'ouvrage. Dans le pire des cas, il s'agit d'une simple définition sommaire de l'ouvrage. Prenons l'exemple de bâtiments à usage de logement ; le plus souvent le maître de l'ouvrage définit globalement ce qu'il attend de l'opération :

- ✓ Sa nature (destination)
- ✓ Sa localisation
- ✓ Son mode de financement

Le bilan de la phase préliminaire doit se terminer par définition détaillée de l'ouvrage comprenant deux catégories d'éléments

- ✓ Les éléments constatés : ensemble des données et contraintes.
- ✓ Les éléments imposés : ensemble des besoins et exigences.

La traduction de ces divers éléments conduit à choisir des quantités très utiles pour les évaluations :

- Surface habitable
- Nombre de pièces principales ou bien répartition en types de logements.
- Hauteur sous plafond.
- Nombre total de logements

Dans certain cas on pourra peut être avoir des hypothèses raisonnables sur :

- le nombre de niveaux.
- le type de structure envisagée.

C'est à partir de cet ensemble d'informations qu'il s'agit de définir le coût d'objectif.

### **I-3-2-3 : Le critère économique et l'A.P.S**

Pour le domaine fonctionnel du bâtiment, nous trouvons en particulier dans la liste des documents constituant l'A.P.S, un mémoire à la fois descriptif, explicatif et justificatif comprenant entre autres :

- ✓ l'exposé et l'étude comparative des différentes solutions d'ensemble possibles dans le cadre du programme.
- ✓ La justification du choix de la solution d'ensemble préconisée notamment par référence à la notion de coût global.

Au cours de cette phase d'A.P.S, tout se déroule en fait par approximations successives. Cette procédure vise à rendre de plus en plus cohérents les points définis par le programme les solutions architecturales et techniques avec leur évaluations.

Du point de vue de l'ouvrage nous sommes ici dans la phase primordiale des choix techniques et des prés dimensionnements.

Si nous prenons par exemple les bâtiments collectifs à usage d'habitation c'est au cours de l'A.P.S que l'on opère les choix de parti suivants [10] :

- La structure porteuse et l'enveloppe du bâtiment selon la réglementation technique.
- Choix de la structure porteuse intérieure verticale et horizontale.
- Choix des escaliers.
- Choix de l'enveloppe verticale et de la couverture.
- Choix du mode de fondation et adaptation au sol.
- L'énergie thermique et son mode de distribution selon la réglementation technique.

Les divers éléments choisis sont pré dimensionnés c'est à dire que leur définition est affinée et que l'on peut déjà parler de quantités et de mesures. Cependant, toutes les règles précises de calcul n'ont pas été appliquées et les dimensions peuvent encore évoluer.

Placées dans ce contexte, les méthodes d'évaluation doivent intégrer les divers paramètres faisant l'objet des choix effectués. Elles doivent en outre, satisfaire à trois exigences essentielles :

- donner au maître d'ouvrage une fourchette de prix.
- aider le maître d'ouvrage à choisir entre certaines prestations pour définir plus complètement le programme.
- aider l'équipe de projet à déceler les améliorations les plus rentables ou les plus souhaitables.

**I-3-2-4 : Le critère économique lors de l'A.P.D. et du projet**

Cette phase de l'étude où nous confondons pour les besoins de l'argumentation, A.P.D et projet se caractérise par une précision apportée aux choix effectués lors de l'A.P.S.

Il s'agit en effet de façon schématique :

- d'effectuer les dimensionnements définitifs de la structure et des fondations en restant dans le cadre des solutions retenues en A.P.S.
- de compléter les lots techniques autres que ceux qui ont été fixés en A.P.S : gaines techniques et divers corps d'états secondaires.
- D'harmoniser et coordonner l'ensemble des solutions à ce stade là entièrement définies.

Lors de cette étape les principes de fonctionnement de l'ensemble de l'ouvrage, la nature et la qualité des matériaux et matériels et les dimensions sont connus.

Il en résulte que les méthodes d'évaluation, se rapprochent de plus en plus des techniques d'énumération exhaustive et sous hypothèses assorties de prix unitaires détaillés retrouvant ainsi une technique traditionnelle du métreur.

Le projet est constitué de spécifications techniques détaillés et de plans d'exécution des ouvrages concrétisant de façon écrite et dessinant les divers éléments déjà élaborés dans les phases précédentes.

Il s'agit ici de prendre en compte le critère réalisation.

A ce propos, on entend souvent des remarques incriminant la mauvaise compréhension des méthodes utilisées par les entreprises pour la planification des opérations et l'affectation des ressources. Il en découle une incohérence entre projet et réalisation. Une meilleure connaissance et compréhension assorties d'une intégration des pratiques de l'entreprise dans le projet devrait permettre de concevoir plus économiquement les projets, d'arriver à de plus justes évaluations des temps économiques de construction et d'obtenir des prix de soumission moins élevés.

**I-4 : Pour quoi l'estimation au stade de l'APS**

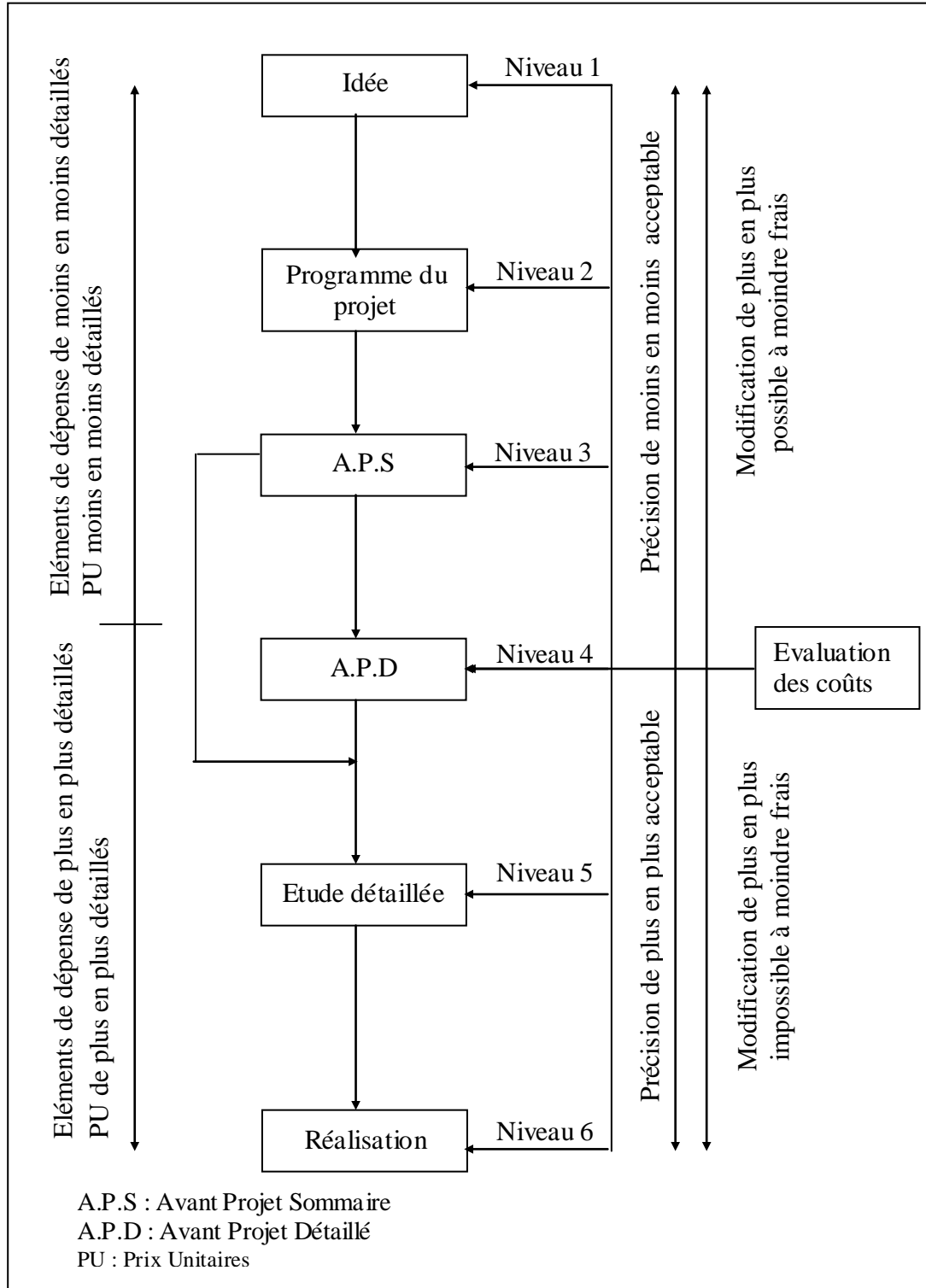
Les raisons du choix des deux premières phases de conception pour l'élaboration et l'application des méthodes d'évaluation, s'appuient sur les points principaux suivants :

- Comme il a été vu précédemment, la phase préliminaire et l'A.P.S sont les moments privilégiés de la conception ; C'est-à-dire les moments où sont effectués les principaux choix conditionnant la suite des études.
- C'est à ce moment que l'étude des variantes peut s'effectuer avec le maximum d'efficacité : le nombre d'éléments ou d'informations manipulées ou directement sous entendues n'est encore pas très important, l'homogénéité est ainsi plus facile à vérifier. Plus tard, au niveau de l'A.P.D , il sera en général trop tard pour remettre en cause des décisions prise auparavant, le temps d'études supplémentaires et leur coût constituent le plus souvent des éléments rédhibitoires. C'est donc dès ce stade que l'on doit faire porter les efforts de l'aide à la conception.

La figure I-6 montre clairement ce constat. Le niveau 3 constitue le meilleur compromis pour :

- satisfaire une précision de calcul acceptable.
- Minimiser les frais supplémentaires dus à des modifications éventuelles.
- Disposer de suffisamment de données nécessaire sur le projet pour l'estimation du coût

Les niveaux sont décrits dans le tableau I-1



**Figure I-6 :** Les différents niveaux d'évaluation du coût d'un projet le long du processus de l'étude



Tab I-1 : Les différents niveaux d'évaluation du coût d'un projet le long du processus de sa création

Niveau	Phase d'étude	Description	Méthodes de Calcul possible des Coûts		Observation
			Formulation	Conditions nécessaires	
1	Idee	On a l'idée de construire n logements	$C = N \cdot PU$	N nombre de logement PU prix unitaire du logement	Précision insuffisante des PU Erreur importante
2	programme	On définit le programme : N1 logts de type 1 N2 logts de type 2, etc..... M1 bâtiments de type R+e1 M2 bâtiments de type R+e2, etc...	$C = \sum_{i=1}^n N_i \cdot PU_i$ Ou bien $C = \sum_{i=1}^m Met_i \cdot PUE_i$	Ni : nombre de logement de type i PUi : prix unitaire par logement de type i ; n : n <sup>bre</sup> de types de logements Net : nombre d'étage de bâtiment de type i PUEi : prix unitaire par étage de type i m : n <sup>bre</sup> de types de bâtiment	Précision insuffisante des PU Erreur importante Frais des modifications proche de zéro
3	A.P.S	On dispose de : Les vues en plans des étages La description des logts La surface habitable Le système de contreventement et le pré dimensionnement des éléments	$C = SH \cdot PU_i$	SH : la surface habitable PUi : le prix unitaire par m2 de surface habitable de qualité donnée.	Risque d'erreur, Frais des modifications négligeables, moment idéal des décisions <b>Donc il faut chercher des méthodes qui minimisent l'erreur</b>
4	APD *	Choix final du type et la qualité matériaux Pré dimensionnement des éléments plus détaillé	$C_{Gro} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot PU_i$ $C_j = C_{Gro} \cdot R$ $C = C_j + C_i$	$C_{Gro}$ le coût du Gros oeuvre $Q_i$ quantité de sous poste de dépense i de Gros Oeuvre, n : n <sup>bre</sup> de sous poste de Gros oeuvre R : coeff de majoration dépend de type de bât (structure...) R >1	Moins de risque d'erreur Mais frais des modifications non négligeables
5	Etude	Etude détaillée Etablissement de projet d'exécution, dossier génie civil, corps d'états secondaire, marcher...	$C = \sum_{i=1}^n C_i$ $C_j = \sum_{i=1}^n Q_{ij} \cdot PU_{ij}$	$C_i$ coût de poste de dépense i $Q_{ij}$ quantité de sous Poste de Dépense j de Poste de Dépense i ; PUij son prix unitaire	Risque minime dans l'estimation mais frais des modifications très importants
6	Réalisation	La réalisation du bâtiment sur site	$C = \sum_{i=1}^n C_{P_i}$	$C_{P_i}$ : coût facturé par l'entreprise i	Risque d'erreur nul Modification impossible

\* La phase d'APD est généralement considérée avec la phase de l'APS  $C_j$  : coût superstructure,  $C_i = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot PU_i =$  coût inf rstructure

Les études d'avant projet sommaire on pour objet de [10] :

- Préciser la composition générale en plan et en volume.
- Vérifier la comptabilité de la solution retenue avec les contraintes du programme et du site ainsi qu'avec les déférentes réglementations notamment celles relatives à l'hygiène et sécurité
- Contrôler les relations fonctionnelles des éléments du programme et leurs surfaces.
- Apprécier les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage ainsi que les intentions de traitement des espaces d'accompagnement.
- Proposer les dispositions technique pouvant être envisagées qu'éventuellement des performances techniques à atteindre.
- Préciser un calendrier de réalisation et le cas échéant, le découpage en tranches fonctionnelles.
- Etablir une estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux le niveau de définition correspond à des plans établis au 1/200, avec certains détails significatifs au 1/100

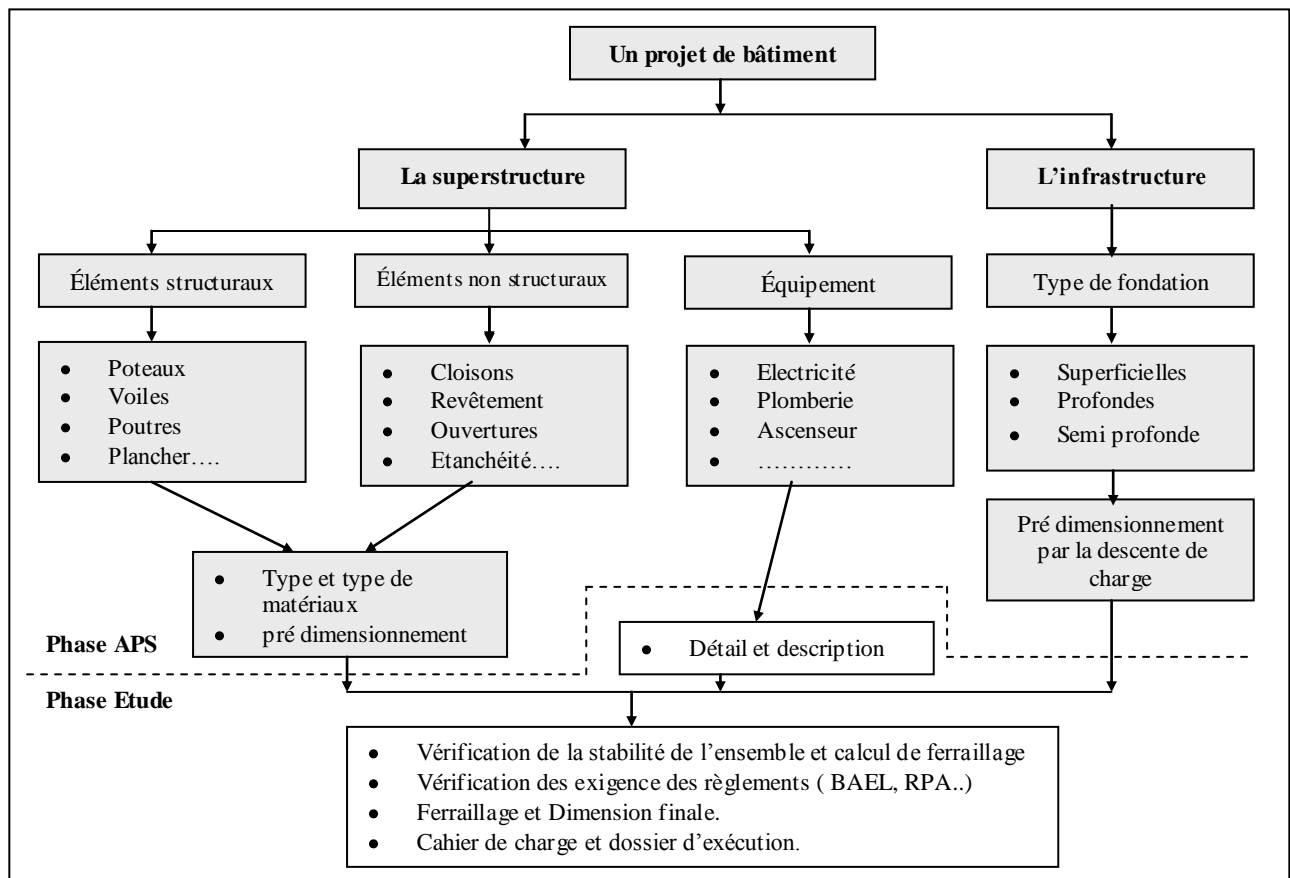


Figure I-7: La limite entre la phase A.P.S et la phase Etude

## I-5-La nécessité de méthodes originales

### I-5-1- Bibliographie des méthodes d'évaluation

Nous nous bornerons ici à présenter les méthodes dont nous nous sommes inspiré ainsi que celles qui nous ont paru les plus significatives.

**I-5-1-1- la méthode A.R.C** (Appréciation ou Analyse Rapide du Coût de Construction)

On ne peut raisonnablement parler d'évaluation économique sans faire référence à la méthode A.R.C. élaborée par le C.S.T.B. (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment de France).

Née en 1966 des études de M HUNT et NOEL, elle voit un premier remaniement en 1968 [2]. Cette méthode qui a vu le jour alors que régnait encore un climat d'euphorie dans la construction se prêtait très bien au contexte.

Le principe de la méthode est fondé sur la recherche des ratios (rapport entre deux quantités) et s'est effectuée sur la base d'études en cabinet à partir de typologies de bâtiments. Donc le problème d'estimation revient à calculer une seule quantité de poste de dépense, le reste des quantités des autres postes de dépense se calcule par ratios. Ces quantités seront associées au prix unitaires composés, afin de ressortir le coût d'un bâtiment.

Dans ce contexte, elle s'est vue assortir une production de graphiques permettant de faciliter le traitement manuel. Parallèlement, était mis en place au sein du C.S.T.B un programme informatique reflet de la même méthode.

Cette méthode très riche de part l'originalité de la démarche d'évaluation, a reçu de la part du C.S.T.B quelques améliorations permettant de l'affiner et de la rendre performante aux divers stades des études.

**I-5-1-2- la méthode de L'U.N.T.E.C** (Union Nationale des Techniciens de l'Economie et de la Construction)

Au sein de L'U.N.T.E.C la « Commission fiches statistiques » s'est donné comme objectif la recherche d'une méthode d'estimation adaptée au déroulement des études, Pour ce faire elle cherche à appréhender les problèmes par stades successifs afin de permettre de déterminer des niveaux d'études économiques de plus en plus précis [2].

Ceci constitue somme toute une démarche propre à toutes les études de ce type. Par contre les moyens mis en place pour sa validation ne sont pas banals.

La méthode a pour base un processus d'analyse de coût des réalisations immobilières déjà exécutées, en vue d'en extraire des prix d'ordre fonctionnels. Ce fond statistique est constitué sur une bibliothèque de fiches analytiques mise en place à partir du plus grand nombre possible d'éléments en provenance des cabinets des membres de L'U.N.T.E.C. Ainsi est établi, au plan national, un fichier « prix statistiques » de L'U.N.T.E.C. celui-ci, ainsi que des programmes informatiques sont mis à disposition des ses membres.

Le principe de fonctionnement de ces programmes, établis selon le processus d'analyse vu ci avant, est cependant axé sur la recherche du plus grand nombre possible d'informations et leur diffusion après traitement statistique.

Ceci doit permettre à l'économiste de remplir entièrement son rôle.

Les programmes dont il est fait état traitent respectivement :

- du calcul rapide des coûts prévisionnels des constructions au stade de l'APS.
- du calcul des honoraires d'ingénierie et d'architecture à partir du coût prévisionnel
- de l'établissement des situations de travaux.

La commission U.N.T.E.C. informatique poursuit ses efforts afin de mettre à disposition de ses membres des outils relatifs à l'APD.

**I-5-1-3- Autres méthodes**

- *la méthode ESTIM de L'OTH (Omnium Technique Holding)*

Elle se caractérise également par une décomposition hiérarchique du bâtiment assortie de prix unitaire rassemblés dans un fichier.

La décomposition effectuée repose sur la recherche de sous ensemble de technologie définie que l'on peu évaluer globalement.

Cette décomposition a été en fait considérablement affinée et elle comporte ainsi un très grand nombre d'éléments. Dans le mode de traitement, on peut dire qu'elle se rapproche de celui de la méthode de L'U.N.T.E.C.

Ici également l'effort porte sur l'obtention et la construction du fichier des prix unitaires. La solution retenue en définitive consiste à relever un ensemble de prix d'ouvrages élémentaires et les données géométriques du projet traité. Ces informations doivent par la suite permettre de recomposer des prix d'ouvrages complexes particuliers à partir de sous détails.

Le fichier des prix d'ouvrages élémentaires est constitué et mis à jour par traitement informatique.

- *Les méthodes proposées par le CACT (Centre d'Assistance au Calcul Technique) :*

Ce centre, associé à l'Institut Technique du bâtiment et des travaux publics met à la disposition de ses clients deux programmes :

- Le programme METRAU
- le programme DEVIS

Le programme METRAU est issu d'une méthode traitant du mètre d'entreprise. De par ses origines, elle se donne un objectif très précis qui nécessite cependant une connaissance très détaillée de l'objet à évaluer.

Le programme DEVIS est l'adaptation sur micro-ordinateur d'un programme de devis automatique utilisé dans une entreprise sur un ordinateur classique de gestion. Ce programme respecte la démarche classique d'une étude de prix en entreprise et permet au technicien de conserver la maîtrise du raisonnement.

De toute évidence ces deux programmes trouvent leur domaine d'application privilégié au plus tôt au stade de l'Avant-projet détaillé.

Nous retrouvons ici des méthodes ou bien voisines ou bien inspirées de la méthode A.R.C du C.S.T.B.

Nous avons déjà abordé la méthode propre au programme COCO très proche d'entrepreneur. Il existe d'autres méthodes d'évaluations attachées à des systèmes constructifs particuliers.

Plus proche de nos préoccupations, nous devons signaler les quelques exemples d'insertion de méthodes d'estimation dans un contexte de C.A.O. (Conception Assisté par Ordinateur). Ceux-ci ont été présentés lors du congrès international sur l'emploi des ordinateurs dans l'architecture, la construction et la planification urbain qui s'est tenu à Berlin en mai 1979. Il s'agit plus particulièrement :

- du programme CONTMOD
- des programmes GOAL et PHASE

Le premier définit surtout une méthodologie permettant la décomposition d'une affaire pour en faciliter l'estimation. Les programmes GOAL et PHASE élaborés au sein du

groupe ABACUS tentent de regrouper les aspects techniques et économiques sur des ensembles particuliers (bâtiment au stade de l'esquisse – groupe hospitalier).

### **I-5-2 : Modèle d'évaluation analytique du coût [11]**

Le coût de construction peut se subdiviser en trois catégories :

- Coût des matières premières (matériaux),
- Main-d'oeuvre,
- Frais généraux.

#### **a) Coût des matériaux**

L'estimation du coût des matériaux consiste à quantifier les volumes requis pour la construction et à obtenir les prix des fournisseurs ou des sous-traitants. Cette tâche, à priori simple, est cependant liée à toutes les imprécisions au niveau du devis demandé aux fournisseurs et qui entraînent une surestimation des coûts dont il résulte un accroissement de la marge d'erreur sur l'estimation globale [11] [8].

#### **b) Coût de la main-d'oeuvre**

La solution alternative aux formulations empiriques est l'évaluation analytique de la charge de travail. Une telle approche nécessite la connaissance de la durée de travail requise pour la tâche standard associée à chaque poste de travail ainsi que la subdivision en postes de l'ensemble du procédé de construction (toutes opérations comprises).

Les clefs d'une évaluation correcte du coût de la main-d'oeuvre sont les suivantes:

- Décomposer la construction en étapes de réalisation et quantifier le travail à effectuer pour chacune d'entre elles.
- Disposer pour chaque poste de travail d'une méthode d'évaluation de la charge de travail à effectuer. Cette charge sera quantifiée en «heures-homme». Comme une évaluation précise de la charge de travail par poste est aussi requise pour la planification de la production, son estimation semble à priori chose évidente. L'expérience montre toutefois que c'est à ce niveau que les incertitudes sont les plus importantes.

Ainsi, on assiste parfois à une double évaluation, d'abord au niveau de l'estimateur afin d'effectuer l'offre de prix et ensuite, quelques mois plus tard, au niveau de la planification. Il n'y a parfois aucun lien entre les deux estimations. Si une recherche de l'optimum structurel doit avoir lieu, il est impératif que les estimations effectuées au stade du projet (ou avant-projet) reflètent la réalité du terrain [11] [8].

#### **c) Les frais généraux**

Les frais généraux sont les frais qui ne peuvent pas être attachés à des postes du processus de construction mais qui sont cependant liés à cette construction. Il faut distinguer les frais variables et les frais fixes.

- Les frais variables, on comprend les frais qui varient avec la production, comme par exemple, les assurances, les fluides (eau, électricité, gaz, chauffage),...

- Les frais fixes sont les charges qui incombent au chantier mais qui sont indépendantes du niveau de production. Ils comprennent l'entretien du site de production, les loyers, le personnel de direction (comptabilité, secrétariat,...), etc.

### I-5-2-1 : Evaluation analytique du coût de Construction

Le coût réel de construction d'une structure peut s'écrire:

$$\text{Prix total} = \text{Prix matériaux} + \text{coût main-d'oeuvre} + \text{frais généraux}$$

(PT)                    (Mat)                    (MdO)                    (FG)

C'est-à-dire  $PT = Mat + MdO + FG$

Les frais généraux (FG), bien que non négligeables, peuvent ne pas être considérés par le modèle d'évaluation analytique du coût. Il en résulte que le coût considéré sera [12]:

$$PT = Mat + MdO$$

$$= \sum_{j=1}^K Q_j \cdot P_j + \sum_{i=1}^{NT} T_i \cdot M_i \cdot S_i$$

(Nombre (DA/unité) d'unité)    (Heures hommes partâche)    (Nbre de x (DA/h-h) tâche)

j = un matériau donné

K = le nombre de matériaux différents, j=1,K

Qj = la quantité requise du matériau j,

Pj = le prix unitaire du matériau j (DA/unité),

NT = le nombre de tâches standards différentes,

i = l'indice de la tâche, i=1,NT

Ti = la charge de travail nécessaire pour effectuer la tâche standard i (heures-homme),

Mi = le nombre de fois que cette tâche Ti devra être effectuée,

Si = le coût horaire de la main-d'oeuvre (DA/heure-homme) d'une personne effectuant la tâche standard i.

Bien que cette équation représente fidèlement le coût total de fabrication, elle masque la diversité et la multitude des matériaux mais surtout la multitude des tâches standards élémentaires qui sont incluses dans le processus de construction. La difficulté ne réside donc pas dans le calcul des équations précédentes mais dans le travail de subdivision des tâches standards en sous-tâches standards et enfin en tâches standards élémentaires. Une tâche standard élémentaire est définie comme étant une tâche qui ne peut plus se décomposer. L'équation précédente est donc la forme condensée d'une équation plus générale dans laquelle le détail des tâches, des sous-tâches et des tâches élémentaires apparaissent, c'est-à-dire :

$$MdO = \left( \sum_{i1=1}^{NT1} M_{i1} \cdot \left[ \sum_{i2=1}^{NT2} M_{i2} \left[ \dots \left[ \sum_{ik=1}^{NTk} M_{ik} \left[ \dots \left( \sum_{in=1}^{NTn} M_{in} \cdot T_{in} \cdot S_{in} \right) \right] \right] \right] \right] \right]$$

Avec  $k$  = le niveau hiérarchique de la tâche

$k = 1$  le niveau supérieur (bloc)

$k = 2, 3, \dots$ , les niveaux intermédiaires (panneaux, ...)

$k = n$  le niveau élémentaire

Les étapes de l'estimation du coût nécessitent donc :

- de diviser l'ensemble du processus de construction en NT1 tâches standards de niveau 1. Plusieurs blocs peuvent être identiques ( $M_{i1} = 1, 2, 3, \dots$ );
- de subdiviser chacune de ces NT1 tâches standard en NT2 sous tâches standards;
- de répéter ce processus jusqu'à parvenir à un ensemble de tâches standards élémentaires (qui ne peuvent plus se subdiviser ou que l'on ne souhaite plus scinder);
- de définir le coût unitaire ( $S_i$ ) de chaque tâche élémentaire  $i$ , ( $i = 1$  à  $NT_n$ ).

### I-5-3-2 : Normalisation du coût [11]

Moe et Lund (1968) ont introduit le CERW («Cost Equivalent Relative Weight») que nous appelons «Equivalent Poids (EQP)» et qui se base sur les équations suivantes :

$$PT = \frac{(DA)}{Q} \cdot \frac{(DA/t)}{P} + \frac{(prixunitaire Mdo)}{S} \cdot \frac{(VolumeMdo)}{T.M}$$

$$EQP = \frac{PT}{Q} = P(t) + k \left( \frac{t}{h-h} \right) \cdot T.M (h-h) \quad (\text{tonne})$$

$$aveck = \frac{S}{Q} = \frac{\text{Prixunitaire Mdo}(DA/h-h)}{\text{Prixunitaire Mat}(DA/t)} \quad \left( \frac{\text{tonne}}{\text{heures-hommes}} \right)$$

Cet équivalent poids permet une évaluation aisée du coût total pour une gamme de prix unitaires des matériaux ( $Q$ ) et de la main-d'oeuvre ( $S$ ). Il permet ainsi une comparaison entre des pays différents pour lesquels le coefficient  $k$  varie. Pour les pays occidentaux, le coefficient  $k$  varie entre 0,03 et 0,10 t/heure-homme.

Donc :

$$PT = Q \cdot EQP$$

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé le critère économique et sa relation avec le bâtiment, en commençant par la définition et l'analyse de la fonction économique ainsi que la détermination des facteurs influant sur ce critère.

Nous avons aussi cités l'importance du critère économique dans l'APS et l'A.P.D et les paramètres déterminants dans l'évaluation du coût du bâtiment au niveau de chaque stade du processus et sa précision.

A la fin de ce chapitre, une bibliographie des méthodes d'évaluation a été exposée. La complexité de la fonction d'évaluation du coût de la construction et le nombre abondant des paramètres et variables nécessaires pour quantifier et valoriser un bâtiment nous a conduit à décomposer le bâtiment en éléments simples, leurs descriptions feront l'objet du chapitre II.

# CHAPITRE II

## **Analyse descriptive d'un bâtiment**



## Introduction

Un bâtiment forme un lieu intermédiaire entre ses occupants et l'environnement extérieur. Il a pour but de constituer un espace approprié aux activités prévues (logement activités professionnelles, etc.) tout en s'intégrant dans un site.

Produire un bâtiment de qualité nécessite la prise en considération, le long du processus de conception, de l'ensemble des paramètres influant sur les performances globales de l'ouvrage et qui permet de satisfaire un certain nombre d'exigences de qualité de l'environnement intérieur (fonctionnalité des espaces, confort thermique, visuel, acoustique la durée de vie de l'ouvrage, la stabilité global du bâtiment, ...) et l'analyse des problèmes environnementaux en étudiant l'impact de l'ouvrage sur l'environnement extérieur à ses différentes échelles (protection du climat, du paysage, des ressources naturelles,...).

A cet effet, nous allons présenter dans ce chapitre, les éléments de base constituant un bâtiment avec ces deux aspects architecturaux et structuraux:

- dans la partie architecturale on présente la décomposition hiérarchique du bâtiment, en passant par la définition géométrique générale de l'unité globale qui recouvre l'aménagement spatial de l'ouvrage à la définition des entités principales à savoir étage, logements, cellules, ...
- Dans la partie structurale, on définit les éléments essentiels constituant le bâtiment leurs fonctions, et les matériaux de chaque composant. Les principales caractéristiques des matériaux permettant d'évaluer les performances de chaque composante seront présentées à la fin de ce chapitre.

Cette description est nécessaire pour mieux comprendre le problème traité dans la suite du rapport.

### II-1 : Description d'un bâtiment

Le bâtiment est un système composé de sous-systèmes, "étages". Ces derniers sont constitués de sous-systèmes, "logements", chaque logement peut être décomposé en sous-systèmes (unités volumiques), qui sont formés par des systèmes élémentaires "composants" (poteaux, poutres, murs, ...). Ces composants peuvent être divisés en sous-systèmes (matériaux constitutifs).

On peut décomposer un bâtiment en deux parties essentielles à savoir :

- La partie architecturale;
- La partie structurale;

La figure I.1 représente les différentes parties d'un bâtiment.

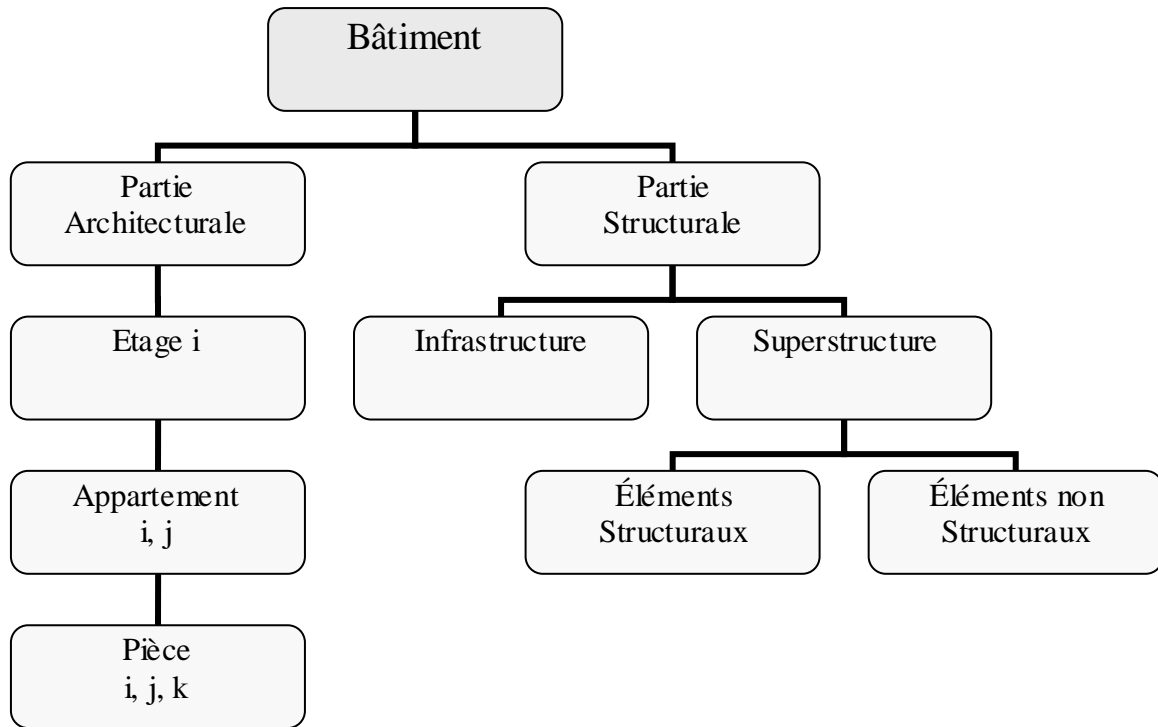


Figure II-1 : Organigramme descriptif d'un bâtiment

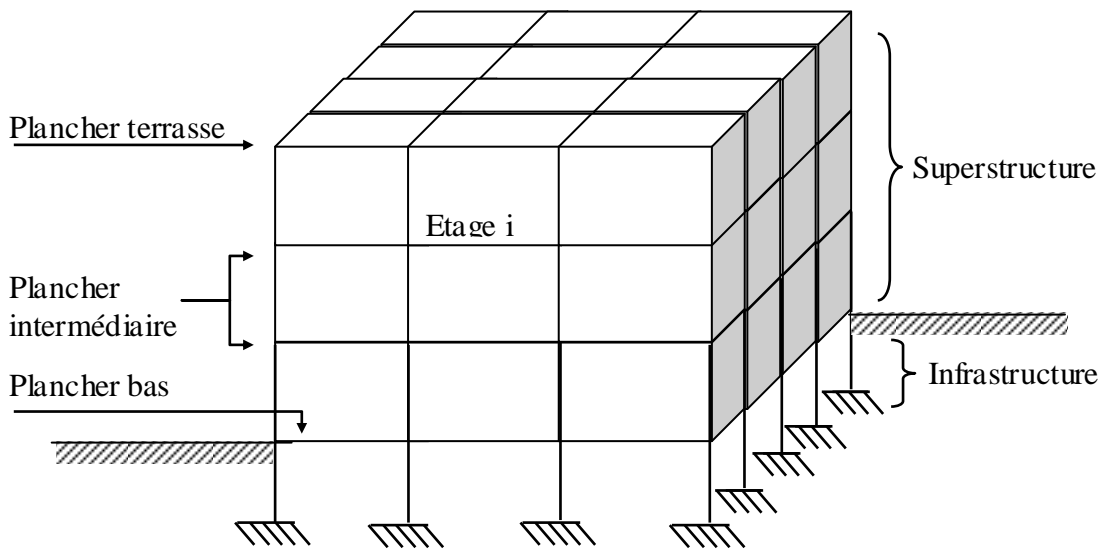
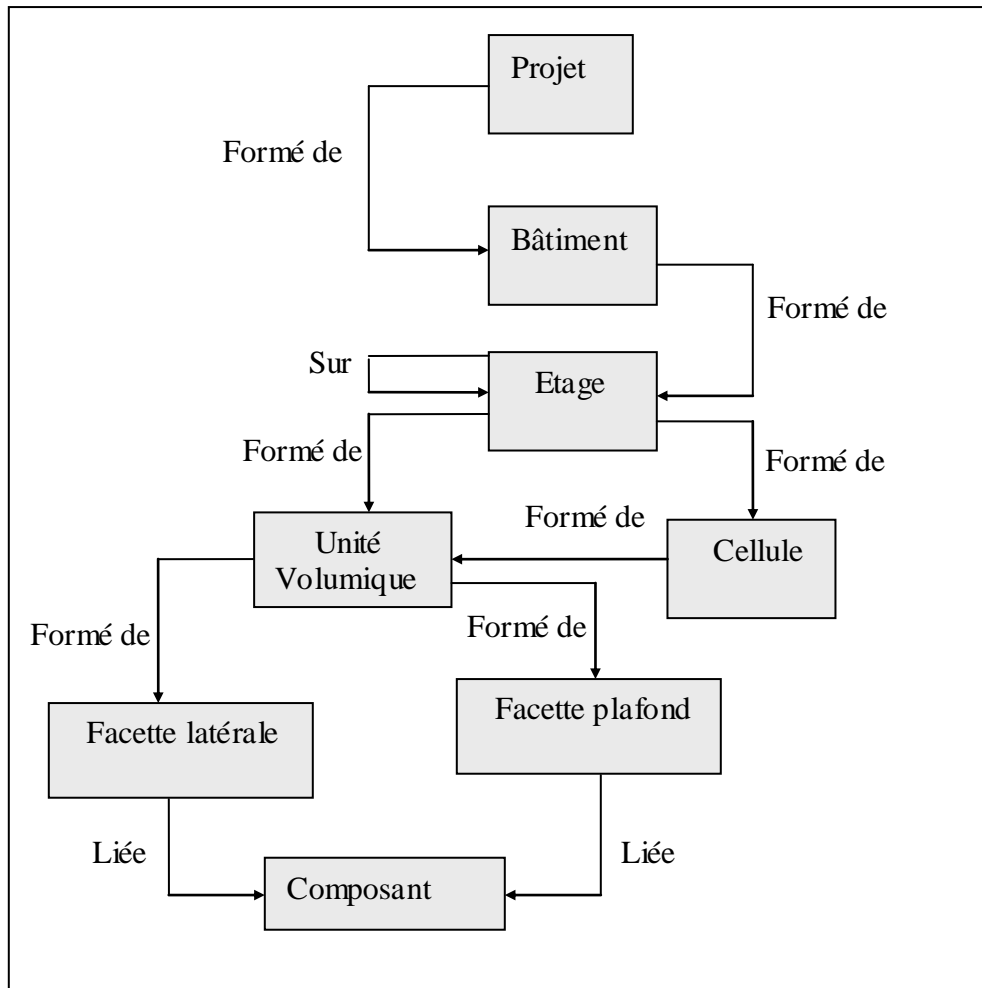


Figure II-2 : Schéma descriptif d'un bâtiment

**II-1-1: Description architecturale du bâtiment**

La géométrie et la topologie d'un bâtiment sont définies par une structure tridimensionnelle à base de facettes. Elle est habillée par un ensemble de composants qui recouvrent la notion d'ouvrage (murs ; poutres ; planchers...)

Cette description peut être présentée schématiquement par la figure II.3



**Figure II-3:** Description architecturale d'un bâtiment [12]

### II-1-1-1 : Composition du logement:

Chaque logement se compose obligatoirement de :

- un séjour
- une ou plusieurs chambres
- une cuisine
- salle de bain
- W.C
- Des volumes de rangement
- Un espace de Circulation intérieure

Ces éléments constituent la surface habitable d'un logement.

- Une loggia et un séchoir.

Les surfaces minimales habitables sont indiquées dans le tableau II.1

**Tab II-1** : Répartition des surfaces par type de logement [13] [14].

Espace	Type de logements (surface en m <sup>2</sup> )			
	F2	F3	F4	F5
Séjour	19	19	21	21
Chambre 1	13	13	13	13
Chambre 2	-	13	12	12
Chambre 3	-	-	12	12
Chambre 4	-	-	-	12
Cuisine	9	11	11	11
Salle de bains	3	3	3	3
W.C	1	1	1	1
Rangement	2	2	2	2
Circulation intérieure	8	8	10	10
Total surface habitable	55	70	85	97
Séchoir	3	3	3	3
Loggia	4	4	4	4
Total surface logement	62	77	92	104

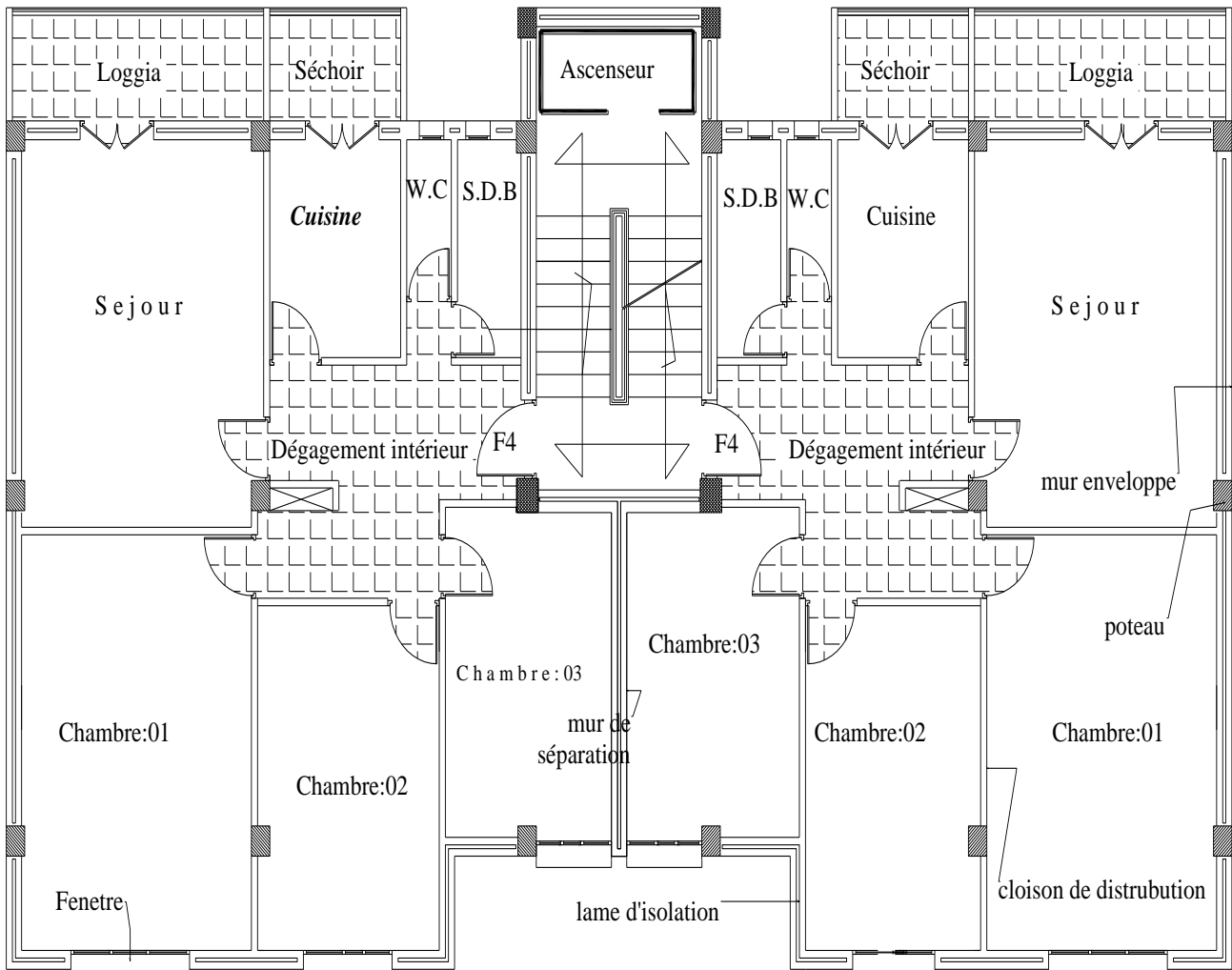
### II-1-1-2 : Prescriptions fonctionnelles et techniques

Il s'agit là d'orientations non limitatives destinées à guider le concepteur (architecte) vers la recherche d'un maximum d'économie dans les projets. L'objectif essentiel n'est pas de réduire l'espace vital indispensable à la fonctionnalité d'un logement ; mais de limiter les aires de circulation, d'éliminer les espaces résiduels et de favoriser les agencements optimaux qui rentabilisent mieux les espaces communs.

Une architecture de qualité, doit répondre aux besoins fonctionnels de ses occupants sans engendrer des surcoûts. Par exemple le regroupement des pièces de services en plan et sa superposition en élévation permet d'améliorer le confort acoustique dans les pièces de repos sans dépenses supplémentaires (figure II.4). Là, s'ajoute d'autres recommandations [13] [14] telles que:

- les espaces fonctionnels du logement devront être totalement indépendants et avoir une communication directe avec le dégagement.
- La hauteur minimale nette sous plafond est de 2,7m
- Le rapport entre la longueur et la largeur des chambres et cuisine doit être de l'ordre de 0,75.
- Le séjour est prolongé par une loggia et la cuisine par un séchoir.
- Le séjour doit être disposé de façon à ce qu'un visiteur éventuel puisse y accéder directement, sans passer par des espaces réservés à la vie intime du ménage.
- La surface des dégagements intérieurs ne doit pas excéder 12% de la surface habitable du logement. Sa largeur ne doit pas être inférieure à 1m.

- La largeur de loggia doit être de 1.40m au minimum.
- La largeur du séchoir doit être de 1.40m au minimum, tout en permettant un ensoleillement suffisant, le linge étendu doit être le moins visible possible de l'extérieur.



**Figure II-4 :** Schéma descriptif d'un logement F4.

### II-1-2 : Description structurale du bâtiment :

Les principaux éléments d'une construction comprennent :

- les fondations, qui permettent à la construction de reposer sur le sol tout en la supportant en assurant sa stabilité ;
- l'ossature, qui assure la stabilité aérienne de l'ouvrage, supporte toutes les charges appliquées et transmet aux fondations les sollicitations dues au poids de l'édifice, aux charges d'occupation et aux sollicitations exercées par le vent, les secousses sismiques la neige, etc.
- les murs porteurs qui peuvent être intégrés à la structure, ainsi que les poteaux, les poutres et les planchers qui définissent l'ossature.

- les cloisons intérieures ou murs de refend, qui peuvent être parfois intégrés à la structure ;
- les systèmes de circulation verticale : ascenseurs, escaliers.
- l'enveloppe, constituée de façade, des pignons et de la toiture, qui sépare l'intérieur de l'extérieur de la construction et qui la protège des sollicitations diverses à savoir : la pluie, le vent, la chaleur, le froid, la lumière solaire, etc.

En fonction de la position de la structure du bâtiment par rapport au sol, on distingue deux parties structurales :

- La superstructure.
- l'infrastructure.

### **II-1-2-1 : La superstructure:**

C'est la partie supérieure du bâtiment, elle est constituée par des éléments structuraux et des éléments non structuraux.

#### **II-1-2-1-1 : Les éléments structuraux:**

Ce sont des éléments porteurs faisant partie du système de contreventement de l'ouvrage, qui assure la tenue de celui-ci sous l'action des charges c'est à- dire :

- la stabilité d'ensemble ;
- la résistance mécanique et le report des charges sans risque de rupture ;
- la rigidité ou l'aptitude à supporter les efforts sans risque de déformation.

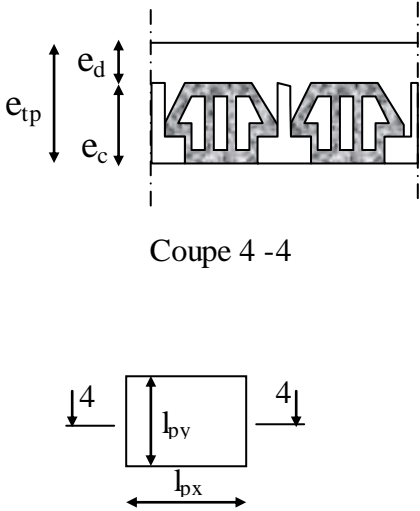
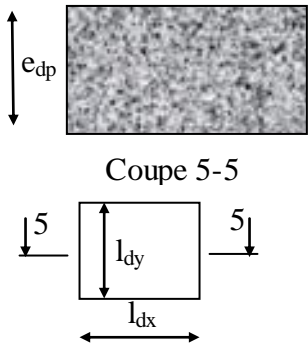
Nous pouvons distinguer deux classes d'éléments :

- les éléments verticaux (poteaux, murs, voiles)
- les éléments horizontaux (les poutres, les planchers)

La description des différents éléments est représentée dans les tableaux n° 2 et 3.

Type d'élément	Description géométrique	Caractéristiques géométriques	Matériaux utilisés
Poteaux	<p>Coupe 1-1</p>	<p><math>h_l</math> : la hauteur libre de poteau  <math>h_e</math> : la hauteur d'étage  <math>a \times b</math> : la section transversale de poteau  <math>a</math> : la longueur de la section  <math>b</math> : la largeur de la section</p>	Béton armé
Poutres	<p>Coupe 2-2</p>	<p><math>L_{pn}</math> : la portée de la poutre.  <math>b_p</math> : la largeur de la poutre.  <math>h_p</math> ; la hauteur de la poutre.  <math>b_p \times h_p</math> : la section de la poutre.</p>	
Voiles	<p>Coupe 3-3</p>	<p><math>h_v</math> : la hauteur libre de voile.  <math>h_{ve}</math> : la hauteur d'étage.  <math>l_v</math> : la longueur de voile.  <math>e_v</math> : l'épaisseur de voile.</p>	

Tab II-2 : Description des éléments structuraux (poteaux, poutres et voiles).

Type de planchers	Description Géométrique	Caractéristiques Géométriques	Matériaux utilisés
Plancher à corps creux	 <p>Coupe 4 -4</p>	<p><math>e_{tp}</math>: l'épaisseur totale du plancher.  <math>e_d</math>: l'épaisseur de la dalle de compression  <math>e_c</math>: l'épaisseur de l'entrevous.  <math>l_{px}</math>: la portée de la dalle sens xx  <math>l_{py}</math>: la portée de la dalle sens yy</p>	<p>- Béton armé pour dalle de compression et poutrelles.</p> <p>- béton de granulats pour l'entrevous.</p>
			<p>- Béton armé pour dalle de compression et poutrelles.</p> <p>- terre cuite pour l'entrevous</p>
			<p>- Béton armé pour dalle de compression et poutrelles.</p> <p>- Polystyrène pour l'entrevous</p>
Plancher en dalle pleine	 <p>Coupe 5-5</p>	<p><math>e_{dp}</math>: l'épaisseur de la dalle pleine.  <math>l_{dx}</math>: la portée de la dalle sens xx  <math>l_{dy}</math>: la portée de la dalle sens yy</p>	Béton armé

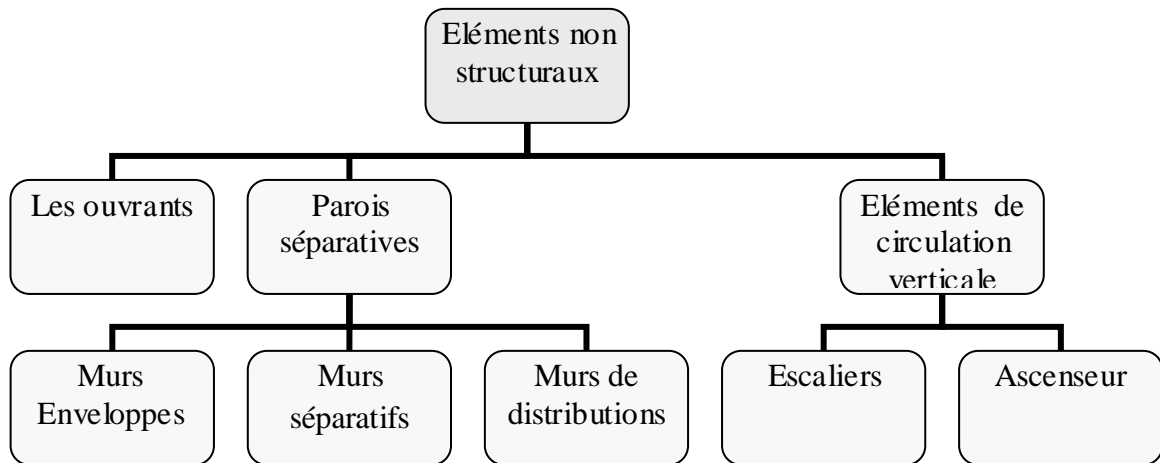
Tab II-3 : Description des éléments structuraux (planchers à corps creux et dalle pleine).



### II-1-2-1-2 : Les éléments non structuraux:

Ce sont des éléments qui n'ont pas une fonction porteuse ou de contreventement. Leur rôle est d'assurer la fonctionnalité des espaces intérieurs du bâtiment ainsi que leurs protections de l'agressivité du milieu extérieur (isolation acoustique et thermique, protection contre l'incendie...).

La figure II.5 représente les différents types d'éléments non structuraux.



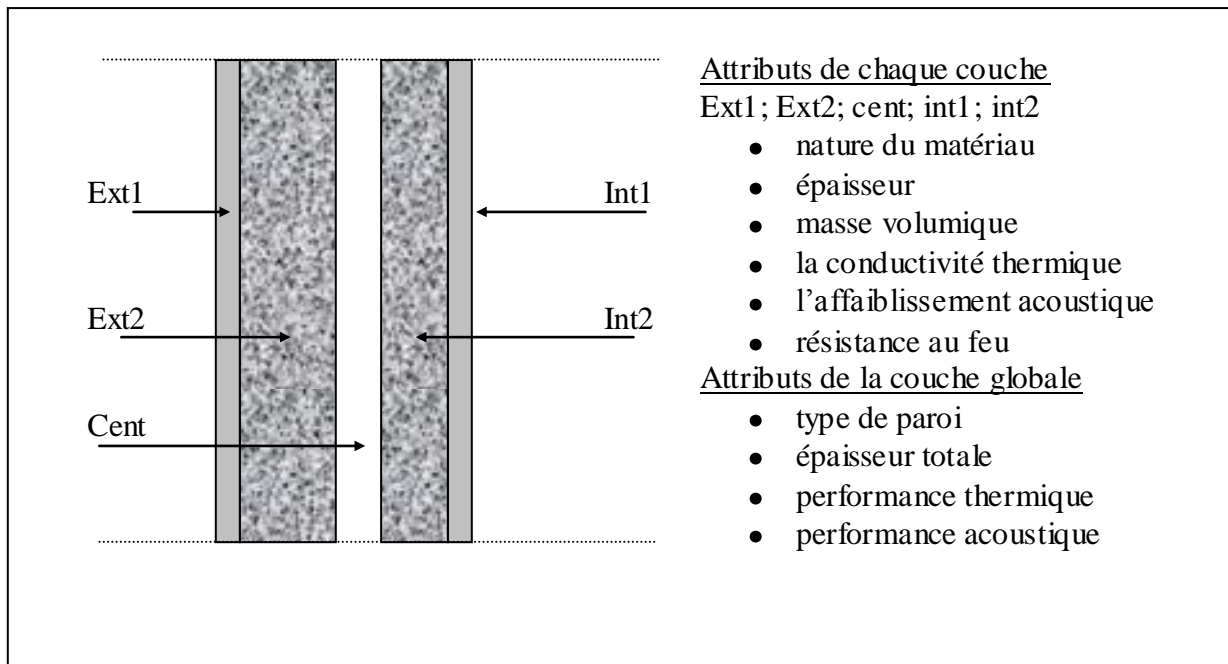
**Figure II-5 :** Organigramme descriptif des éléments non structuraux

#### a : Parois séparatives:

Les parois séparatives sont des composants surfaciques qui sont définis généralement par 5 couches au maximum (nommées ext1, ext2, centre, int1, int2) (figure II.5). Chaque couche est définie par un ensemble d'attributs (type de matériaux épaisseur de la couche, masse volumique, conductivité thermique, affaiblissement acoustique, ...). L'ensemble des couches constitue l'ouvrage global défini par son épaisseur total, ses caractéristiques et sa fonction.

En fonction du rôle à remplir par chaque élément et sa situation dans le bâtiment on peut distinguer trois types de parois séparatives : Les cloisons de distribution, les cloisons séparatives et les Murs enveloppes.

La figure II-6 représente les différentes couches d'un composant surfacique



**Figure II-6** : Schéma descriptif d'un composant surfacique

**a.1 : Les cloisons de distribution:**

Elles assurent la séparation entre plusieurs pièces d'une même unité fonctionnelle (cloison entre la chambre et le séjour, cloison entre les chambres,...).

**a.2 : Les cloisons séparatives :**

Elles assurent la séparation entre les unités fonctionnelles distinctes (cloison de séparation entre deux appartements, cloison de séparation entre un appartement et les parties communes).

Les différents types de cloison sont indiqués dans le tableau II.4.

**Tab II-4 :** Différent types de cloison de distribution et de séparation.

Type de mur	Epaisseur de chaque couche en cm					Matériaux de chaque couche					
	Ext1	Ext2	Cent	Int2	Int1	Ext1	Ext2	Cent	Int2	Int1	
murs de distributions	1,5	-	10	-	1,5	Enduit en plâtre	-	Briques plâtriers	-	Enduit en plâtre	
	1,5	-	10	-	1,5	Enduit en plâtre	-	Briques creuses en terre cuite	-	Enduit en plâtre	
	1,5	-	10	-	1,5	Enduit en ciment	-	Blocs de béton cellulaire	-	Enduit en ciment	
	-	-	10	-	-	-	-	Carreaux de Plâtre	-	-	
	-	-	10	-	-	-	-	Carreaux en terre cuite	-	-	
murs séparatifs	Simple cloison	1,5	-	15	-	1,5	Enduit en ciment	-	Béton cellulaire	-	Enduit en plâtre
		1,5	-	20	-	1,5	Enduit en ciment	-	Briques en terre cuite	-	Enduit en plâtre
	Double cloison	-	7	5	5	-	-	Carreau de plâtre	Laine minérale	Carreau de plâtre	-
		-	7	5	5	-	-	Carreau de terre cuite	Laine minérale	Carreau de terre cuite	-
		1,5	8	5	5	1,5	Enduit en plâtre	Briques plâtriers	Laine minérale	Briques plâtriers	Enduit en plâtre
		1,5	10	5	10	1,5	Enduit en ciment	Briques en terre cuite	Lame d'air	Briques en terre cuite	Enduit en ciment

**a.3 : Murs enveloppes :**

Ce sont des écrans sélectifs entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment ; ils doivent d'une part, être solides et d'autre part, constituer un filtre contre le vent, la pluie, le rayonnement solaire,...

Le tableau II.5 représente quelques types de murs enveloppes.

**Tab II-5 : Différents types de murs enveloppes**

Type de mur	Epaisseur de chaque couche en cm					Matériaux de chaque couche				
	Ext1	Ext2	Cent	Int2	Int1	Ext1	Ext2	Cent	Int2	Int1
Double cloison	1,5	15	5	10	1,5	Enduit en ciment	Brique en terre cuite	Lame Air	Brique en terre cuite	Enduit en plâtre
	1,5	15	5	10	1,5	Enduit en ciment	Brique en terre cuite	Polystyrène	Brique en terre cuite	Enduit en plâtre
	1,5	15	5	10	1,5	Enduit en ciment	Brique en terre cuite	Laine minérale	Brique en terre cuite	Enduit en plâtre
	1,5	15	5	10	1,5	Enduit en ciment	Brique en terre cuite	Laine minérale	Brique en terre cuite	Enduit en ciment
Blocs en béton cellulaire	1,5	-	20	-	1,5	Enduit en ciment	-	Béton cellulaire	-	Enduit en plâtre
Blocs en béton cellulaire avec doublage	1,5	-	10	4	1,5	Enduit en ciment	-	Béton cellulaire	Laine de verre	Plaque de plâtre

**b : Eléments de circulation verticale:**

**b.1 : Les escaliers :**

Les escaliers sont des éléments constitués d'une succession de gradins permettant le passage à pied entre les différents niveaux d'un bâtiment. Ils constituent la famille la plus employée des circulations verticales. En effet, quel que soit le type du bâtiment, ils sont indispensables, soit à titre de circulation principale, soit à titre de circulation de secours.

Un escalier est caractérisé par (figure II.7):

- la hauteur d'étage ( $h_e$ ) ;
- la trémie d'escalier ( $t_e$ );
- la cage d'escalier ( $c_e$ );
- le palier ( $p$ ) ;

- la volée (v);
- l'embranchement ( $l_m$ );
- le giron (g);
- la hauteur de marche ( $h_m$ );
- la pente ( $p_e$ );
- l'échappée ( $E_{éch}$ );
- le jour de l'escalier (j);

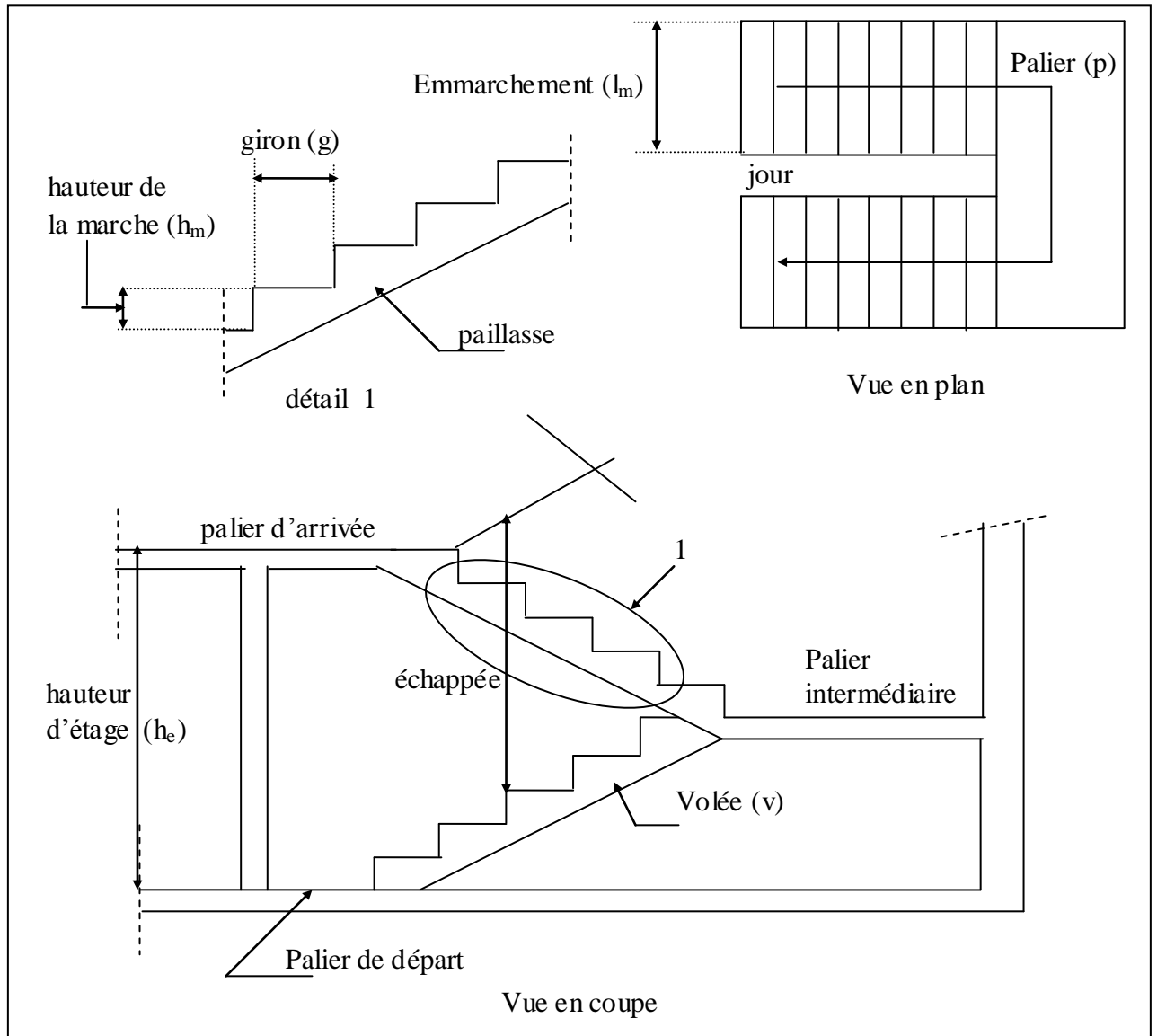


Figure II-7 : Caractéristiques d'un escalier

**b.2: Les ascenseurs :**

Les ascenseurs sont des appareils élévateurs, installés à la demeure afin d'assurer le transport des personnes ou des marchandises pour accéder aux différents niveaux d'un bâtiment. Ils s'imposent actuellement dans l'habitat collectif pour équiper des immeubles ayant au minimum six étages. Ils peuvent être utilisés comme élément de confort quelle que soit la hauteur de bâtiment.

L'apport des nouvelles technologies permet de garantir une meilleure fiabilité et une grande sécurité dans le respect des règles de construction.

Les ascenseurs sont classés selon quatre critères qui portent sur le service assuré le mode de fonctionnement, la charge nominale et la vitesse nominale.

**c : Les ouvrants :**

Ils permettent de mettre en communication les différentes unités volumiques d'une construction entre elles, ainsi que l'intérieur d'un bâtiment avec l'extérieur.

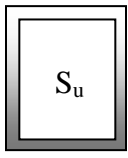
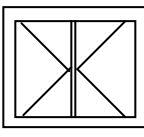
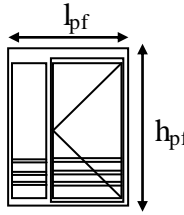
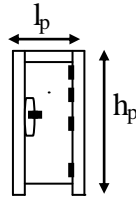
En fonction de la situation de chaque ouvrant, on peut les diviser en trois types: les portes, les fenêtres, les portes fenêtres, ...

Les ouvrants peuvent être décrits par un ensemble de caractéristiques tels que :

Le type d'ouvrant, la largeur, la hauteur, type de matériau, la surface de vitrage, ...

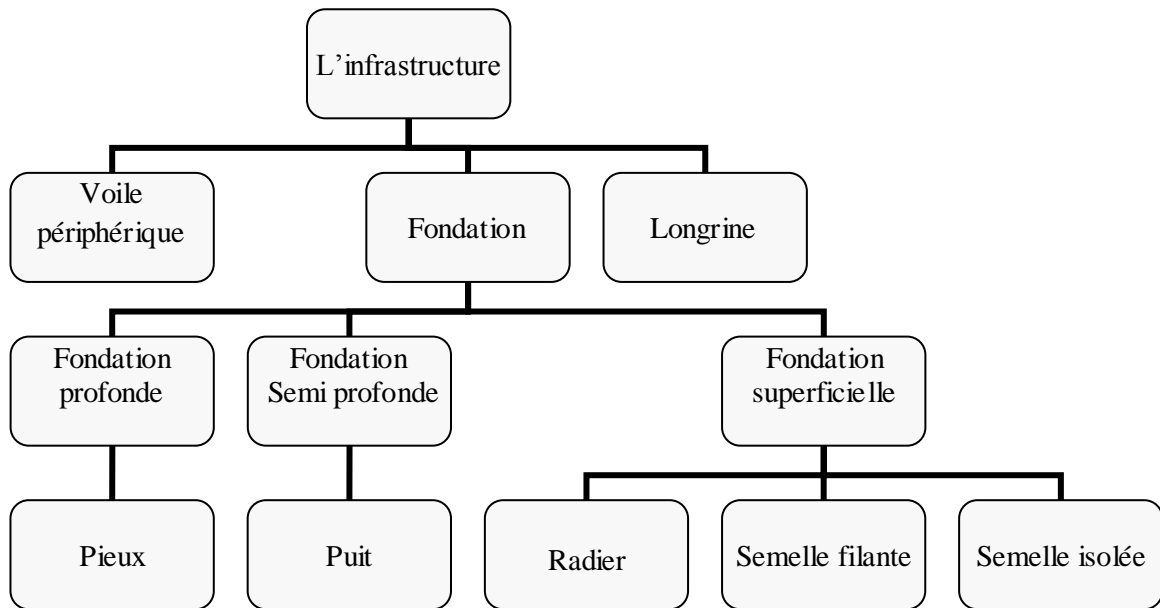
Les matériaux usuels entrant dans la fabrication des ouvrants en dehors des vitres sont: l'aluminium et le bois.

**Tab II-6** : Tableau récapitulatif des éléments non structuraux.

Eléments	Type	Rôle	Schéma descriptif	Paramètres caractéristiques	Observation
Parois séparatives	Cloison de distribution	La séparation intérieure d'une même unité fonctionnelle	Figure II.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epaisseur des parois</li> <li>• La masse surfacique</li> <li>• Résistance thermique</li> <li>• Indice d'affaiblissement acoustique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DTU 20.1 (NF P10-202)</li> <li>• DTU 25.1 (NF P 71-201)</li> <li>• DTU 25.31 (NF P72-202)</li> <li>• NF P 05-311</li> </ul>
	Cloison de séparation	La séparation entre les unités fonctionnelles			
	Mur enveloppe	La séparation entre l'intérieure et l'extérieure d'un bâtiment			
Eléments de circulation verticale	Escalier	Assure la circulation verticale entre les différents niveaux d'un bâtiment	Figure II.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la hauteur de la marche <math>h_m</math></li> <li>• la pente <math>p_e</math></li> <li>• l'emmachement <math>l_m</math></li> </ul>	• DTU 21 (NF P18.201)
	Ascenseur	Assure le transport des personnes ou de marchandises pour accéder aux différents niveaux d'un bâtiment		<ul style="list-style-type: none"> <li>• la charge nominale</li> <li>• la vitesse nominale</li> <li>• le mode de fonctionnement</li> <li>• surface utile de la cabine <math>S_u</math></li> </ul>	• DTU (NF P82)
Les ouvrants	Fenêtre	Eclairage et ventilation des locaux		<ul style="list-style-type: none"> <li>• la largeur <math>l_f</math></li> <li>• la hauteur <math>h_f</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DTU 36 (NF P23.201)</li> <li>• DTU 36.1/371 (NF P20-201)</li> </ul>
	Les portes fenêtres	Elles mettent en communication l'intérieure d'une construction avec un balcon ou une terrasse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• la largeur <math>l_{pf}</math></li> <li>• la hauteur <math>h_{pf}</math></li> </ul>	
	Les portes	Elles mettent en communication les différentes unités fonctionnelles		<ul style="list-style-type: none"> <li>• la largeur <math>l_p</math></li> <li>• la hauteur <math>h_p</math></li> </ul>	

**II-1-2-2 : L'infrastructure :**

C'est la partie enterrée du bâtiment. Elle est constituée de : fondation ; voile périphérique et longrines (figure II.8).

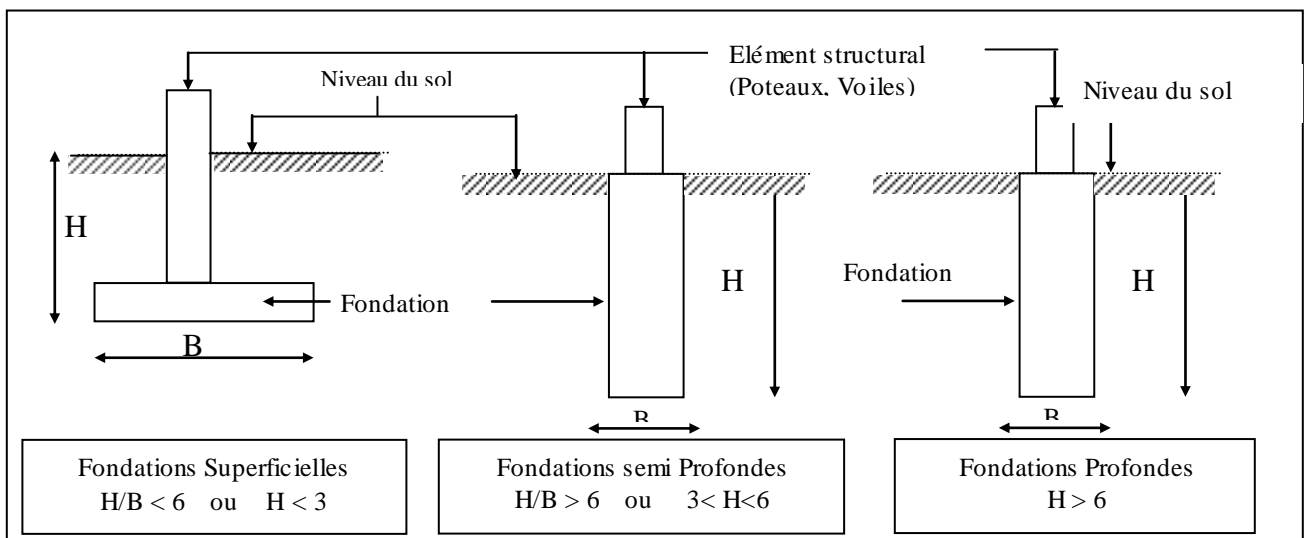


**Figure II-8 :** Schéma descriptif de l'infrastructure

**II-1-2-2-1 : Les fondations :**

Les fondations, sont des éléments qui jouent le rôle d'interface entre la structure porteuse et le terrain d'assise. Elles doivent être adaptées, à la fois, à l'ouvrage et à la nature du sol. Elles sont classées selon leurs dimensionnements et leurs profondeurs en deux classes (figure II.9).

- les fondations superficielles.
- les fondations profondes.



**Figure II-9 :** Typologie des fondations



**II-1-2-2-2 : Les longrines :**

« Les points d'appui d'un même bloc doivent être solidarisés par un réseau bidirectionnel de longrines ou tout dispositif équivalent tendant à s'opposer au déplacement relatif de ces points d'appui dans le plan horizontal » [15] [16]

Les dimensions minimales de la section transversale des longrines sont :

25cm x 30cm : sites de catégorie S2 et S3

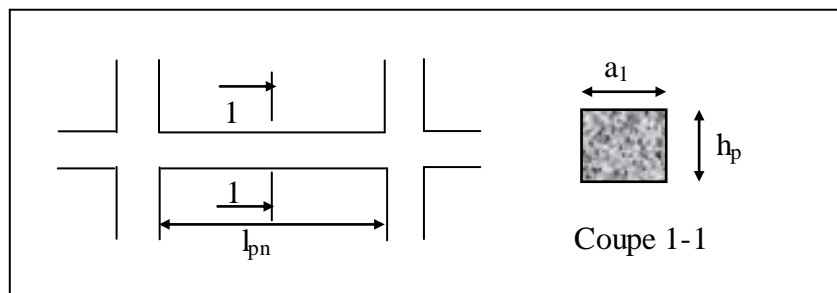
30cm x 30cm : sites de catégorie S4

Catégorie S1 : site rocheux

Catégorie S2 : site ferme

Catégorie S3 : site meuble

Catégorie S4 : site très meuble

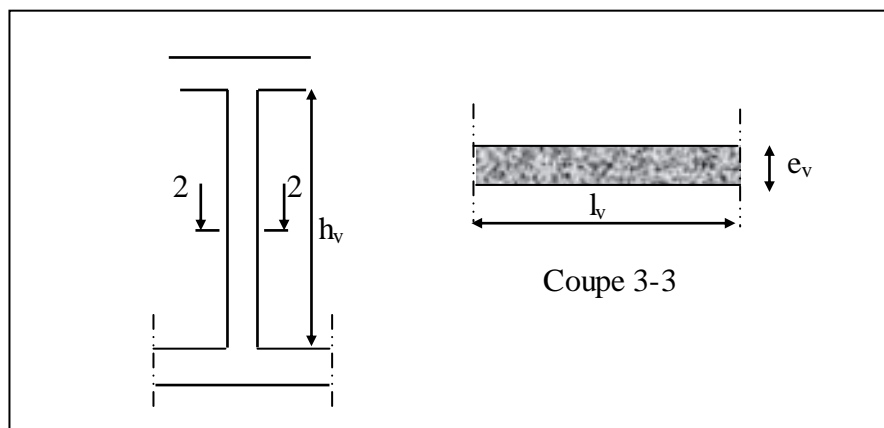


**Figure II-10 :** Schéma descriptif d'une longrine

**II-1-2-2-3 : Le voile périphérique :**

Les ossatures au dessous du niveau de base, formées de poteaux courts, par exemple vides sanitaires, doivent comporter un voile périphérique continu entre le niveau des fondations et le niveau de base [15]. Le voile périphérique est une composante surfacique définie par :

Épaisseur voile :  $e_v$



**Figure II-11 :** Schéma descriptif d'un voile périphérique

**II-2 : Les systèmes de contreventement :**

La classification des systèmes de contreventement est faite en tenant compte de leur fiabilité et de leur capacité de dissipation de l'énergie vis-à-vis de l'action sismique. Le coefficient de comportement correspondant est fixé en fonction de la nature des matériaux constitutifs, du type de construction, des possibilités de redistribution d'efforts dans la structure et des capacités de déformation des éléments dans le domaine post-élastique. En

fonction du type de contreventement et des matériaux utilisés, on distingue plusieurs types de structures [15] [16], à savoir :

- Des structures en béton armé : selon le type de contreventement on distingue :
  - 1) les structures en portiques auto stables sans remplissage en maçonnerie rigide ;
  - 2) système de contreventement en voiles ;
  - 3) système de contreventement mixte ;
  - 4) système contreventé par un noyau central ;
- Des structures en acier : en fonction de système d'ossature on distingue :
  - 1) ossature contreventée par portiques auto stables ordinaires ;
  - 2) ossature contreventée par palées triangulées concentriques ;
  - 3) ossature avec contreventements mixtes ;
- Des structures en maçonnerie porteuse chaînée : ce système est composé des structures porteuses réalisées en moellons ou petits éléments manufacturés et comportant des chaînages en béton armé mis en œuvre après exécution de la maçonnerie.

**Le choix du type de contreventement :**

Le choix du système de contreventement dépend de plusieurs paramètres. Il doit satisfaire les exigences du règlement parasismique algérien (RPA99 version 2003) et les documents techniques réglementaires (DTR) en tenant compte des critères économiques et sécuritaires (tableau II.7). Les systèmes de contreventement les plus utilisés dans les bâtiments d'habitation sont :

- Portique autos table (poteaux-poutres) ;
- Contreventement par refends (voiles) ;
- Contreventement mixte (voiles, poteaux-poutres) ;

**Tab II-7** : Les conditions de choix du système de contreventement.

Destination de l'ouvrage	Système de contreventement	L' hauteur du bâtiment H (m)	Zone sismique	N° D'article (RPA 99. version 2003)
Bâtiment d'habitation	Poteaux-poutres (sans remplissage en maçonnerie rigide)	H < 17m	I	3.4 .1.a
		H < 14m	IIa	
		H < 11m	IIb et III	
	Mixte	H < 33m	I, IIa et IIb	3.4.4.b
			III	
	Refends		-	I, IIa et IIb
-			III	

**II-3 : Les matériaux de construction :**

Les matériaux, sont des matières d'origine naturelle ou artificielle qui entrent dans la construction des ouvrages. Ils sont d'une grande diversité et sont utilisés en fonction de différents critères climatiques, techniques et économiques.

Les matériaux de construction peuvent être classés selon leurs fonctions dans l'ouvrage en deux groupes:

- les matériaux de gros œuvres (matériaux de structure)
- les matériaux de seconde œuvre (les matériaux isolants, les matériaux de finition et les matériaux d'enveloppe, ...).

**II-3-1 : les matériaux de gros œuvres:**

De nombreux matériaux sont utilisés dans la réalisation de la structure du bâtiment. Le béton, compte tenu de ses qualités, est couramment retenu pour réaliser les travaux de gros œuvres. Le tableau II.8 présente les caractéristiques du béton courant.

**Tab II-8** : Les caractéristiques du béton courant. [17]

Matériaux  Propriétés du matériau	Béton	Aciers	
		Fe E 235	Fe E 400
La résistance à la compression $f_{c28}$ (MPa)	25	-	-
La résistance à la traction $F_{t28}$ (MPa)	2,1	-	-
Module d'Young $E$ (dan/mm <sup>2</sup> )	3500	21000	
Conductivité thermique $\lambda$ (W/m°C)	1,75	-	-
Comportement au feu	M <sub>0</sub>	-	-
La masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	2500	-	-
Limite d'élasticité garantie $f_e$ (MPa)	-	235	400
Module d'élasticité longitudinale $E_s$ (MPa)	-	200000	

**NOTE** : les valeurs données dans le tableau II.8, représentent les caractéristiques des matériaux couramment utilisés dans la construction des bâtiments d'habitation. Elles varient en fonction de la qualité des matériaux. Nous signalons que la résistance thermique des bétons légers est plus élevée que celle du béton curant.

**II-3-2 : Les matériaux seconds œuvres:**

La diversité des matériaux de secondes œuvres offre au constructeur plusieurs solutions pour la réalisation de son ouvrage. Le choix entre les différents matériaux prend en considération leurs qualités, notamment les performances de leurs propriétés physiques et mécaniques (tableau II.9).

**Tab II-9 :** Caractéristiques des matériaux de secondes œuvres [18] [19] [20].

Type de matériaux	La masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m°C)	Comportement au feu	Domaine d'utilisation
Terre cuite	1900	1,15	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brique pour murs enveloppes, cloisons de distributions et cloisons de séparation.</li> <li>• Entrevous pour plancher à corps creux.</li> </ul>
Mortier de ciment	1950	1,15	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revêtements intérieurs et extérieurs des murs de séparation et des planchers.</li> </ul>
Plâtre courant	900	0,35	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revêtements intérieurs des murs de séparation et des planchers.</li> </ul>
Béton cellulaire	500 à 1500	0,18 à 0,33	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blocs en béton les pour murs de séparation</li> </ul>
L'air	-	0,03	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lame pour isolation thermique et acoustique.</li> </ul>
Polystyrène	18	0,04	M <sub>2</sub> à M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• isolation thermique</li> <li>• entrevous pour plancher à corps creux.</li> </ul>
Laine de verre	15	0,04	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• isolation thermo acoustique.</li> </ul>
Verre	2700	0,85 à 1,15	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vitrage des fenêtres et portes fenêtres</li> </ul>
Bois lourd	650	0,23	M <sub>3</sub> à M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fabrication des ouvrants (portes, fenêtres, portes fenêtres,...)</li> </ul>
Bois léger	400	0,12	M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fabrication des portes intérieures.</li> </ul>
Aluminium	2700	230	M <sub>0</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fabrication des ouvrants (portes, fenêtres, portes fenêtres)</li> </ul>

**Avec :**

M<sub>0</sub> : matériaux incombustibles ;

M<sub>2</sub> : matériaux difficilement inflammables

M<sub>3</sub> : matériaux moyennement inflammables

M<sub>4</sub> : matériaux facilement inflammables.

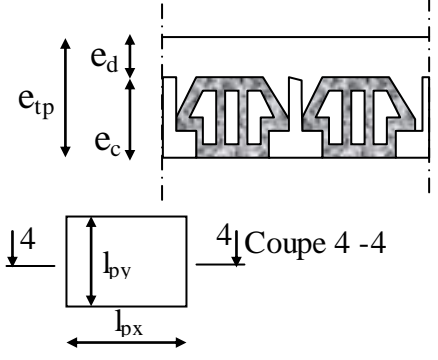
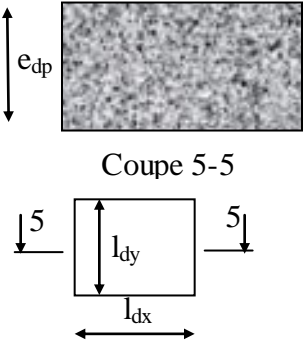
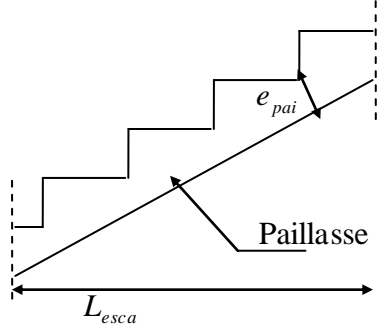
**II-4 : Pré dimensionnement des éléments en phase d'A.P.S :**

Au stade de l'A.P.S le choix de système de contreventement du bâtiment doit être pris, et le pré dimensionnement des éléments doit être vérifié et fait selon certaines lois qui sont exposées dans les tableaux II-10, II-11, II-12. [15][21][22]

**Tab II-10 :** Le pré dimensionnement des éléments structuraux.

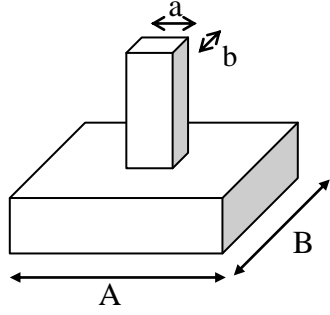
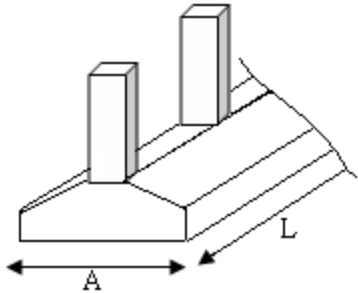
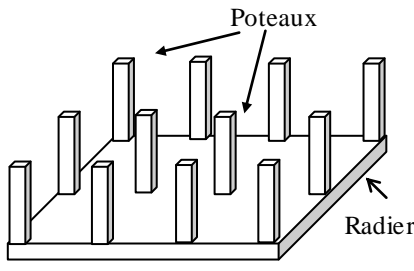
Type d'élément	Le pré dimensionnement	Description géométrique
Poteaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\min \{b, b'\} \geq 25cm</math> en zones I et IIa</li> <li>- <math>\min \{b, b'\} \geq 30cm</math> en zones IIbet III</li> <li>- <math>\min \{b, b'\} \geq h_e / 20</math></li> <li>- <math>-1/4 &lt; a/b &lt; 4</math></li> </ul>	
Poutres	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>l_{pn} / 15 \leq h_t \leq l_{pn} / 10</math></li> <li><math>b_p \geq 20cm</math></li> <li><math>h_p \geq 30cm</math></li> <li><math>h_p / b_p \leq 4</math></li> <li><math>b_{max} \leq 1.5h_p + b_p</math></li> </ul>	
Voiles	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>e_v \geq 15cm</math></li> <li><math>l_v \geq 4e_v</math></li> </ul>	

**Tab II-11** : Le pré dimensionnement des éléments non structuraux.

Type d'élément	Le pré dimensionnement	Description géométrique
Les planchers	$e_p \geq l_p / 22.5$	
Les dalles pleines	<p>Selon la résistance Sur 03 ou 04 appui :</p> $l_d / 50 \leq e_{dp} \leq l_d / 40$ $l_d / 35 \leq e_{dp} \leq l_d / 30 \text{ pour 02 appui}$ <p>selon le coupe feu</p> $\begin{cases} e \geq 7 \text{ cm pour } 1H \text{ de coupe feu} \\ e \geq 11 \text{ cm pour } 2H \text{ de coupe feu} \end{cases}$	
Les escaliers	<p>L'épaisseur de la paillasse</p> $l_{esca} / 30 \leq e_{pai} \leq l_{esca} / 20$	

Le pré dimensionnement des fondations commence par une estimation du poids totale de la structure ; Ce dernier est calculé par la multiplication de la surface totale hors œuvre du bâtiment par le la densité du poids par mètre carré dans un bâtiment en béton armé à usage d'habitation ordinaire soit 8 KN/m2 (valeur fournie par le Control Technique des Construction)

Tab II-12 : Le pré dimensionnement des fondations.

Type d'élément	Le pré dimensionnement	Description géométrique
Semelle isolée	$\sigma_{ad} \geq N / A.B$ $A/B = a/b$ $\sigma_{ad} : \text{Contrainte admissible du sol}$ $N : \text{effort normal apporté par le poteau}$ $a, b : \text{dimension du poteau}$	
Semelle filante	$\sigma_{ad} \geq N / A.L$ $\sigma_{ad} : \text{Contrainte admissible du sol}$ $N : \text{effort normal apporté par les poteaux}$	
Radier	$\sigma_{ad} \geq N / S$ $S : \text{surface du radier}$ $N : \text{poids total du bâtiment}$ $\sigma_{ad} : \text{Contrainte admissible du sol}$	

## Conclusion

Dans ce présent chapitre, le but était de mieux comprendre les descriptions architecturales du bâtiment, la composition du logement, les prescriptions fonctionnelles et le pré dimensionnement des éléments dans le bâtiment, afin de comprendre et affiner les divers postes de dépense, qui entrent dans l'estimation du coût d'un projet de construction du bâtiment à usage d'habitation au stade de l'avant projet sommaire. Ce sera le but du chapitre suivant « Analyse et exploitation d'étude de cas ».

Les éléments de base qui constituent le bâtiment, sont exposés dans le présent chapitre dans le but d'élaborer une base de données caractéristique et descriptive des différents éléments, permettant d'étudier et d'analyser le coût d'un projet de bâtiment à usage d'habitation.

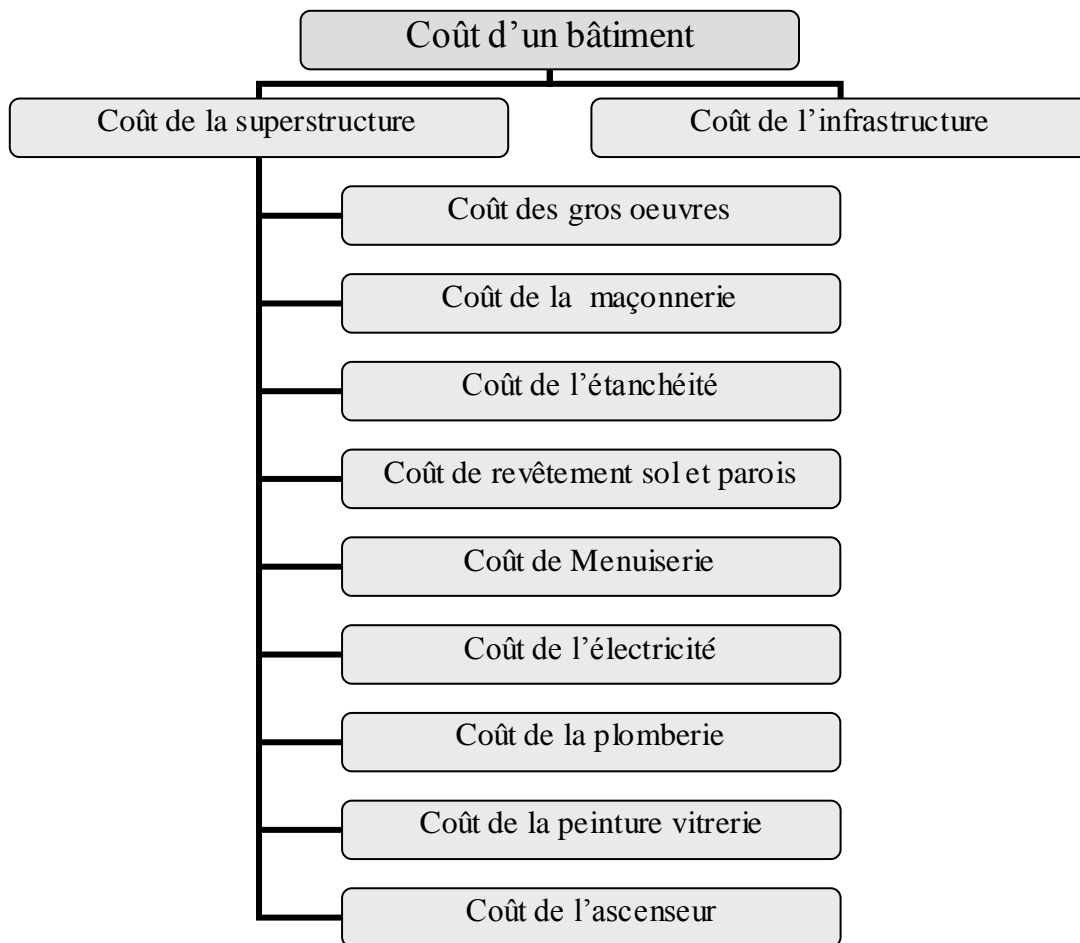
# CHAPITRE III

## **Analyse et Exploitation d'étude de cas**



## Introduction

Dans le cadre de notre étude, nous avons analysé et exploité une dizaine de projets en cours de réalisation de plusieurs maîtres d'ouvrage et confiés à plusieurs maîtres d'œuvre et plusieurs entreprises de réalisation. Cette analyse nous a permis de décomposer le coût total de chaque projet en plusieurs lots ou postes de dépense. Nous avons constaté que le coût d'un projet de bâtiment à usage d'habitation est composé de plusieurs coûts selon les postes de dépense indiqués par la figure III-1.



**Figure III-1 :** Décomposition du coût d'un projet de bâtiment à usage d'habitation

Le coût d'un projet de bâtiment à usage d'habitation est composé de deux parties, coût de l'infrastructure et coût de la superstructure. Cette dernière est composée de plusieurs postes de dépense (Gros œuvres, Maçonnerie, Etanchéité, Revêtement sol et parois, Menuiserie, Electricité, Plomberie, Peinture vitrerie, Ascenseur) et ces derniers eux même se décomposent en plusieurs sous postes de dépense (voir les coûts des différents postes de dépense composant les projets étudiés tableau III .2)

### **III-1 : Analyse et Traitement des données**

Avant de traiter ou d'analyser les coûts des projets consultés, il faut analyser d'abord quelques données techniques et architecturales caractéristiques telles que :

- ✓ Le nombre de bâtiment par projet.
- ✓ Nombre de logements par bâtiment.
- ✓ Surface habitable pour chaque type de logement et pour chaque projet.
- ✓ Nombre d'étages pour chaque bâtiment.
- ✓ Type de contreventement et type de fondation.

Les tableaux III-1, III-2 et III-3 montrent les différentes caractéristiques physiques et financières de l'étude de cas étudiés.

La représentation des données en graphique séquentiel en 3D du coût total des projets (figure III-2), et la courbe du coût total de chaque projet en fonction de la surface habitable (figure III-3) montrant que le coût total ne suit pas une tendance régulière.

Tab III - 1 : Les caractéristiques physiques des projets étudiés [23]

Projet	N <sup>bre</sup> de bâtiment	N <sup>bre</sup> d'étage	N de logts/bât		Surface par logts (m <sup>2</sup> )		Surface habitable par bâtiment (m <sup>2</sup> )	Surface habitable total du projet (m <sup>2</sup> )	Système de contreventement	Système des Fondations
			F3	F4	F3	F4				
30logts (A) Tazmelt	1	R+3	8	F2=7	65.89	F2=52.38	893.78	1774.05	Contreventé par portique auto stable	superficielle Semelles isolés
	1	R+3	7	F2=8	65.89	F2=52.38	880.27			
30logts (B) Kherrata	3	R+5	10	0	70	0	700	2100	Contreventé par portique auto stable	superficielle Semelles filantes
36logts Bejaia	2	R+5	12	6	70	85	70	85	Contreventé par portique voile	superficielle radier
42logts Bejaia	2	R+7	14	7	70	85	1575	3150	Contreventé par portique voile	superficielle radier
48logts Bejaia	4	R+5	6	6	70	85	930	3720	Contreventé par portique voile	superficielle radier
50logts OuadGhir	5	R+5	10	0	74.98	0	749.98	3749.4	Contreventé par portique voile	superficielle radier
60logts Bejaia	3	R+9	10	10	75	85	1500	4500	Contreventé Par voile	profonde Radier sur pieux
72logts Bejaia	4	R+9	9	9	75	85	1395	5580	Contreventé par portique voile	superficielle radier
	2	R+7	7	7	75	85	1120	6560	Contreventé par portique voile	superficielle radier
3	R+9	9	9	75	85	1440				
112logts Bejaia	1	R+7	14	0	75	0	980	8680	Contreventé par portique voile	superficielle radier
	1	R+7	0	14	0	85	1190			
	6	R+7	7	7	75	85	1085			

Tab III -2 : Coûts des différents postes de dépense composant les projets étudiés (DA) [23]

Projet	30logts A	30logts B	36logts	42logts	48logts	50logts	60logts	72logts	82logts	112logts
Gros oeuvre	8746264	10967743	30409540	33359248	42037400	23746082	31015240	36061800	53098200	52933627
Maçonnerie	4598090	5 530234	9111960	11714600	12146136	13308855	12004006	15043820	14930600	18321925
Erancheité	1070600	494532	1927054	2754122	3 854108	524 600	1 712419	1 000794	3 137600	1 769393
Revêtement s	5183035	6475611	12863500	14773900	18039760	10246671	4 528496	6 020900	18530780	7159367
Menuiserie	3000910	3257220	5325000	6183000	7596000	6368400	6641259	10864620	11374000	10648800
Electricité	802 710	1121090	2 249400	2 863000	3 417000	2 189538	2 550468	3044408	3 979320	4 588485
Plomberie	1262310	1195165	6 703800	7 802600	9 383000	2 846694	6 283485	5401760	7 662600	8 285083
Peinture vitrerie	1111662	1306651	1 960600	2 294400	2 776585	2 048462	6 913221	4889000	4 922550	7 642850
Ascenseurs	00	00	00	12 000000	00	00	10 400 000	17800000	10 000000	41 600000
Total	25775582	30348247	70550854	93744870	99249989	61279304	82048598	100127102	127635650	152949532
superstructure										
infrastructure	5061470	4702904	30238158	32524398	36590788	8593586	76946290	16344678	10757125	67716450
Total du projet	30837052	35051151	100789012	126269268	135840777	69872891	158994888	102139062	138392775	220665982

Tab III -3 : Rapports des coûts des postes de dépense (%)

Projet	30logtsA	30logtsB	36logts	42logts	48logts	50logts	60logts	72logts	82logts	112logts	Moyenne
Gros oeuvre	33.93%	36.14%	43.10%	35.59%	42.36%	38.75%	37.80%	36.02%	41.60%	34.61%	37.99%
Maçonnerie	17.84%	18.22%	12.92%	12.50%	12.24%	21.72%	14.63%	15.02%	11.70%	11.98%	14.88%
Erancheité	4.15%	1.63%	2.73%	2.94%	3.88%	0.86%	2.09%	1.00%	2.46%	1.16%	2.29%
Revêtement	20.11%	21.34%	18.23%	15.76%	18.18%	16.72%	5.52%	6.01%	14.52%	4.68%	14.11%
Menuiserie	9.73%	9.29%	5.28%	4.90%	5.59%	9.11%	4.18%	9.33%	8.22%	4.83%	7.05%
Electricité	3.11%	3.69%	3.19%	3.05%	3.44%	3.57%	3.11%	3.04%	3.12%	3.00%	3.23%
Plomberie	4.90%	3.94%	9.50%	8.32%	9.45%	4.65%	7.66%	5.39%	6.00%	5.42%	6.52%
Peinture vitrerie	4.31%	4.31%	2.78%	2.45%	2.80%	3.34%	8.43%	4.88%	3.86%	5.00%	4.21%
Ascenseurs	0.00%	0.00%	0.00%	12.80%	0.00%	0.00%	12.68%	17.78%	7.83%	27.20%	7.83%
superstructure	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
infrastructure	16.41%	13.41%	30.00%	25.76%	26.94%	12.30%	48.40%	16.00%	7.77%	30.68%	22.76%

Le pourcentage de l'infrastructure est par rapport au coût total du projet, les autres sont par rapport au coût total de la superstructure

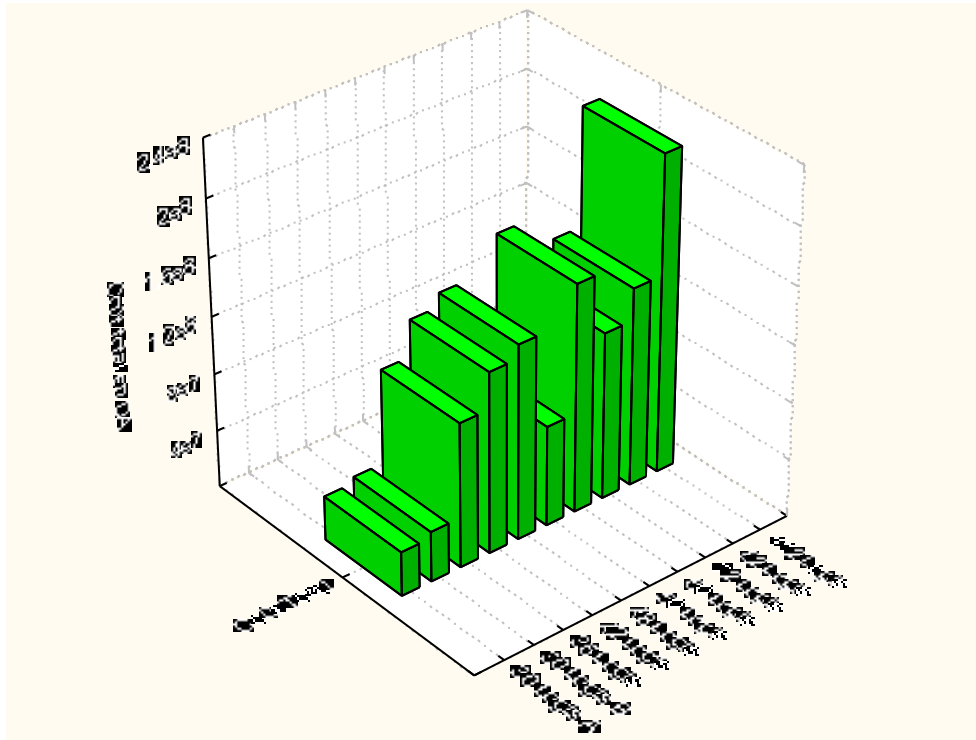


Figure III-2 : Graphique séquentiel en 3D du coût total des projets

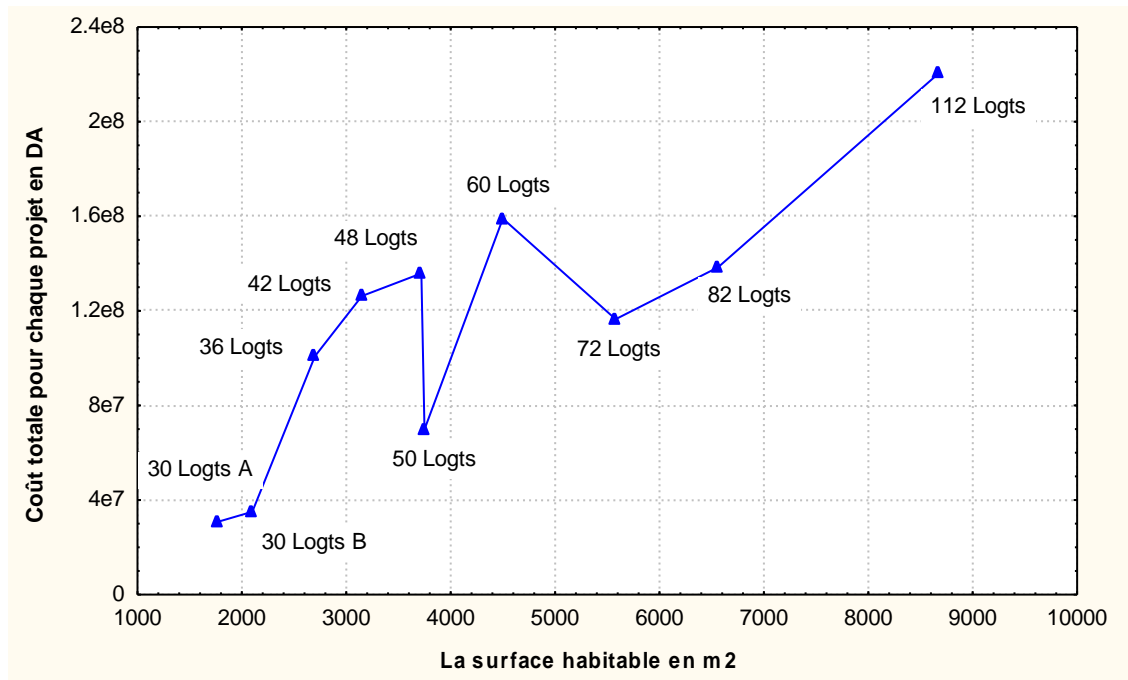
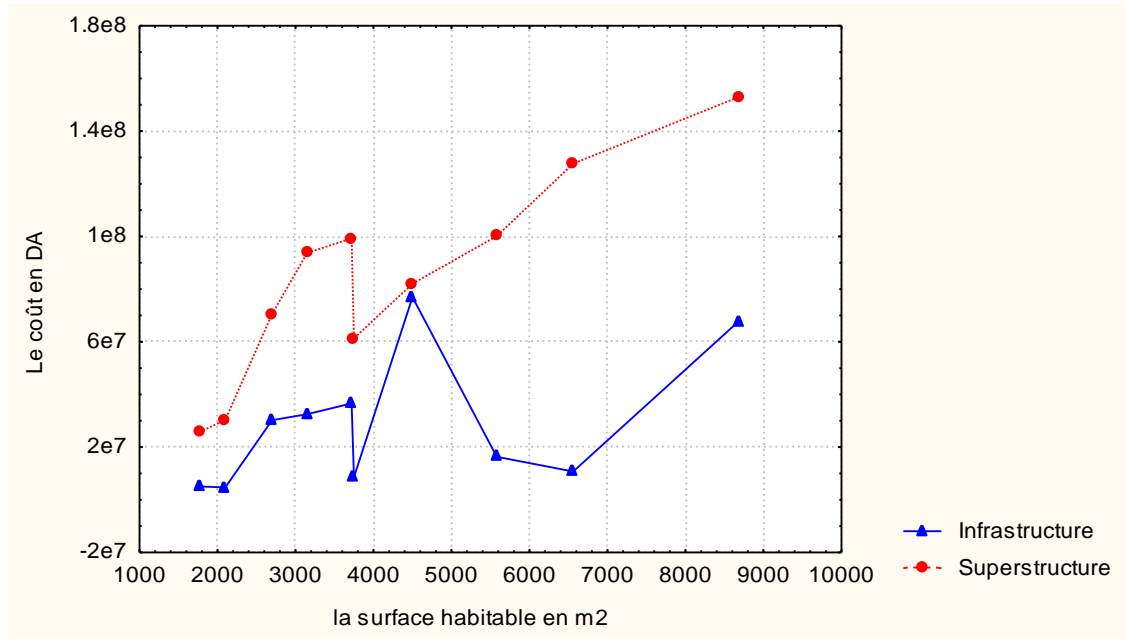


Figure III-3 : Coût total de chaque projet en fonction de la surface habitable

D’où la nécessité d’affiner plus les données pour repérer les paramètres éventuels qui influent sur le coût total des projets. Comme le bâtiment est composé essentiellement de deux parties, infrastructure et superstructure, nous avons affiné le coût total des projets en deux parties : coût d’infrastructure et coût de superstructure, comme la montre la figure III-4.

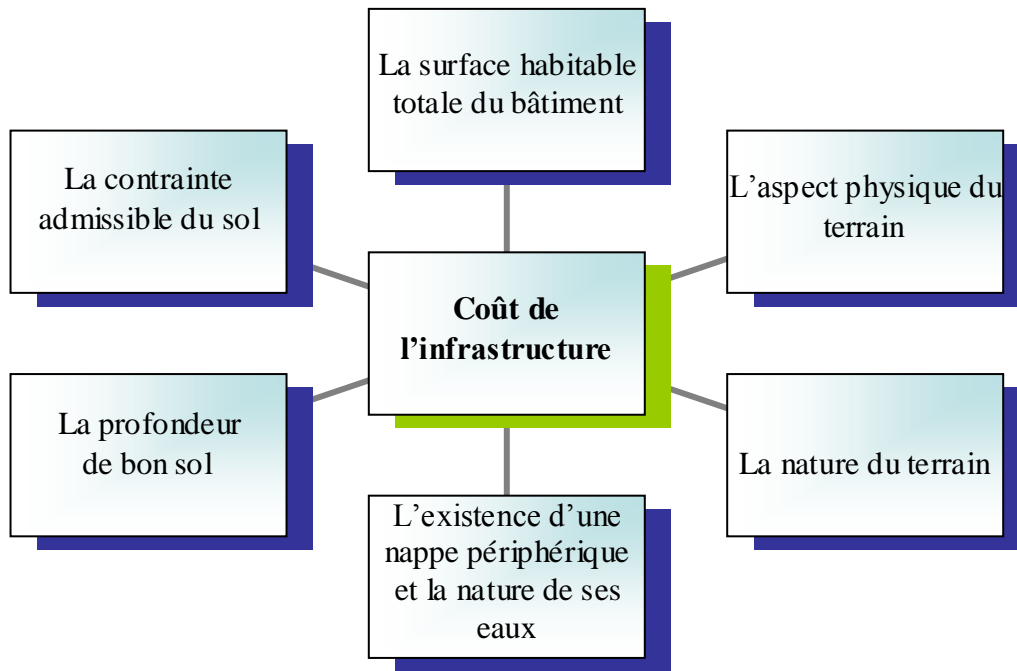


**Figure III-4** : Coût de l'infrastructure et de la superstructure en fonction de la surface habitable

#### a) L'infrastructure

On remarque que la partie infrastructure ne suit pas une tendance globale bien définie, à l'exception des trois projets (36logts, 42logts, 48logts) pour la raison qu'ils sont construits sur le même site, ce qui veut dire, la même contrainte admissible du sol, cette dernière est un paramètre décisionnel très important dans le type et le dimensionnement des fondations (voir le Tab II-12).

A cet effet, le coût de l'infrastructure dépend essentiellement de deux paramètres : le poids total du bâtiment, qu'on peut l'estimer à partir de la surface habitable totale de l'ouvrage, et la contrainte admissible du sol, tel qu'il est indiqué dans le paragraphe II-4 ; D'autres paramètres impliquent aussi directement dans le calcul de l'infrastructure [24], on les trouve dans la figure III-5.



**Figure III-5** : Les paramètres décisionnels qui interviennent dans le coût de l'infrastructure

La recherche d'une fonction d'estimation nécessite une régression multiple des coûts de l'infrastructure des projets, en fonction des paramètres cités dans la figure III-5.

#### ***b) La superstructure***

On remarque que la partie superstructure représente une courbe qui traduit une fonction croissante logique vu que tous les projets appartiennent à la même zone de sismicité donc ont les mêmes paramètres de dimensionnement et de calcul, à l'exception des trois projets (36logts, 42logts, 48logts) qui sont un peu décalés sur la courbe. Après analyse des coûts des différents postes de dépense, on a constaté que les prix unitaires sont élevés par rapport aux autres projets dont les prix unitaires sont proches. Pour cela on a défini un coefficient d'ajustement  $C_{ajus}$ , pour rapprocher ces trois points de l'allure générale, donné par :

$$C_{ajus} = \frac{\text{Coût moyen des projets par } m^3 \text{ de béton armé}}{\text{Coût moyen des 03 projets par } m^3 \text{ de béton armé}} = 0.7370$$

$$C' = C \cdot C_{ajus}$$

C : ancien coût du projet corrigé.

C' : le coût corrigé.

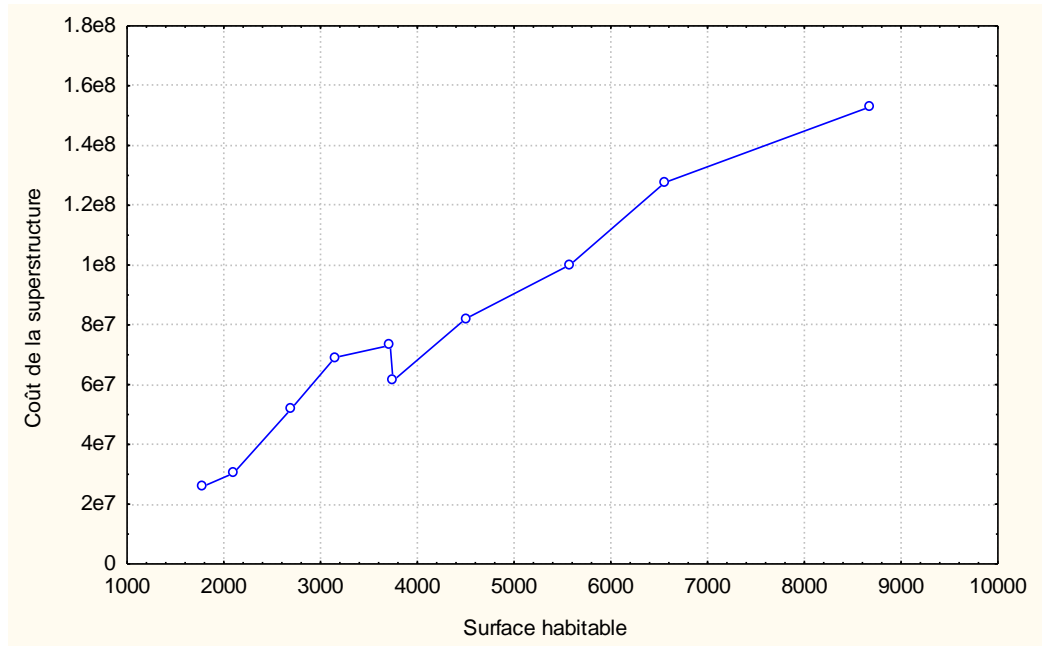


Figure III-6 : Coût corrigé de la superstructure en fonction de la surface habitable

III-2 : Les rapports des postes de dépense

La définition de  $C_{ajus}$  a été établie après l'analyse des rapports des postes de dépense par rapport au coût totale de la superstructure. On remarque dans la figure suivante (qui représente les rapports moyens des postes de dépense), qu'un rapport de 38% du coût de la superstructure est pris par le poste de dépense « gros œuvre » par la suite ils viennent les deux poste de dépense « Maçonnerie » et « Revêtement sol et parois » avec 14.88% et 14.11% successivement, et les 33% qui reste sont distribués sur les autres postes de dépense

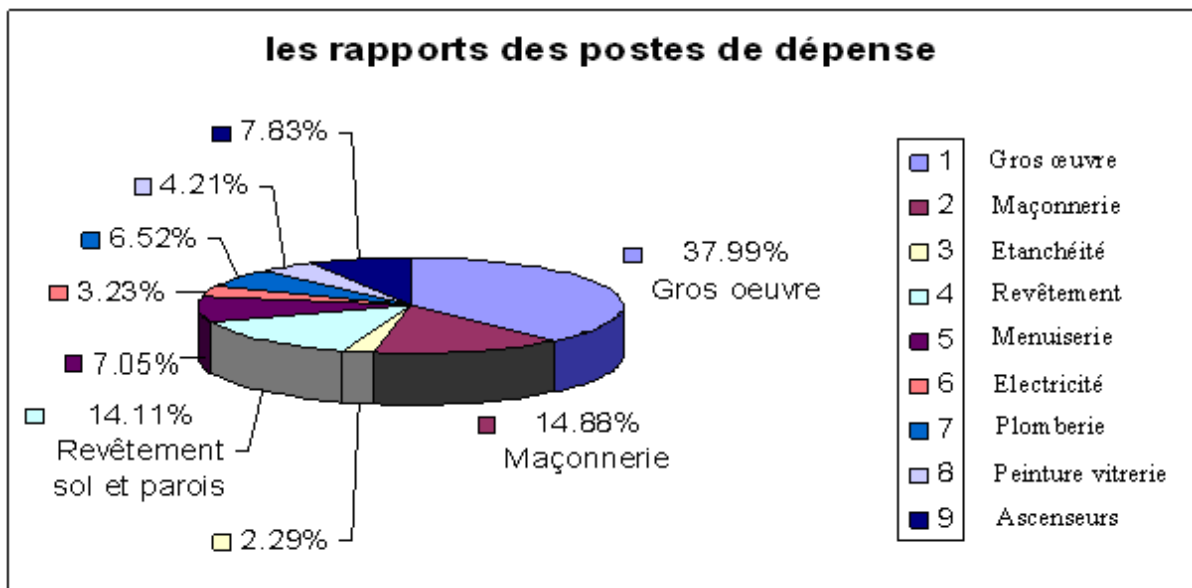


Figure III-7 : Ratios des différents postes de dépense de la superstructure



Pour mieux voir la signification de ces derniers (les rapports des poste de dépense), on a représenté dans les deux figure III-8 et III-9, le coût des divers postes de dépense de chaque projet en fonction de la surface habitable des projets.

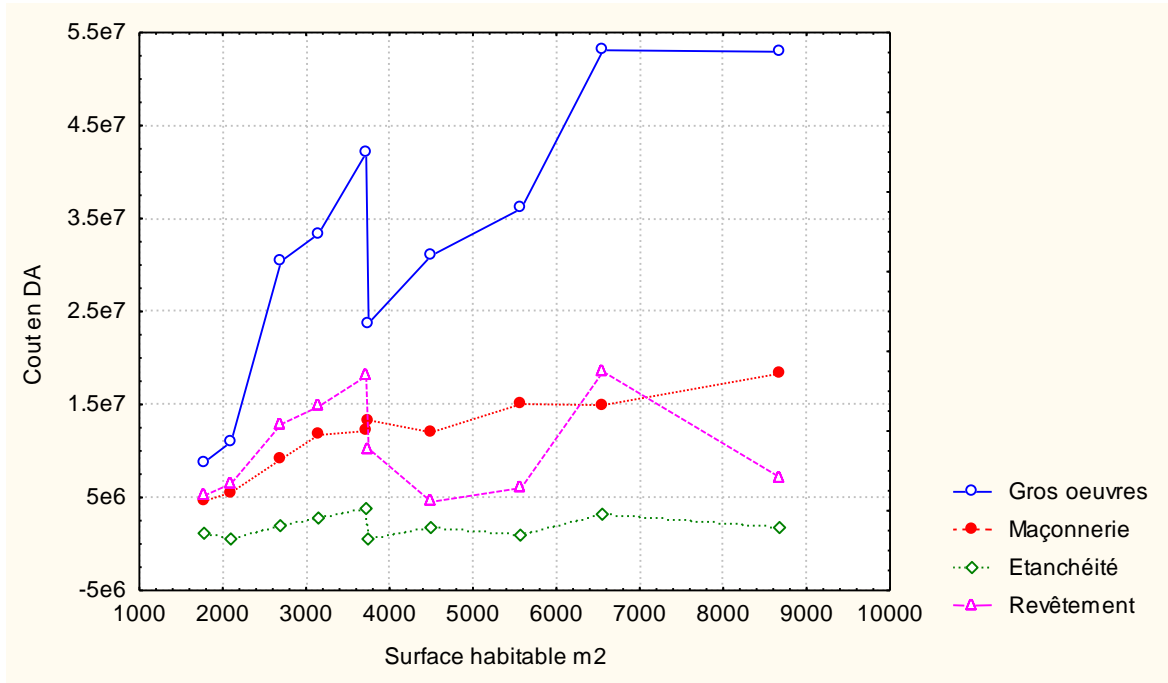


Figure III-8 : Coûts Gros Oeuvres, Maçonnerie, Etanchéité, Revêtement en fonction de la surface habitable

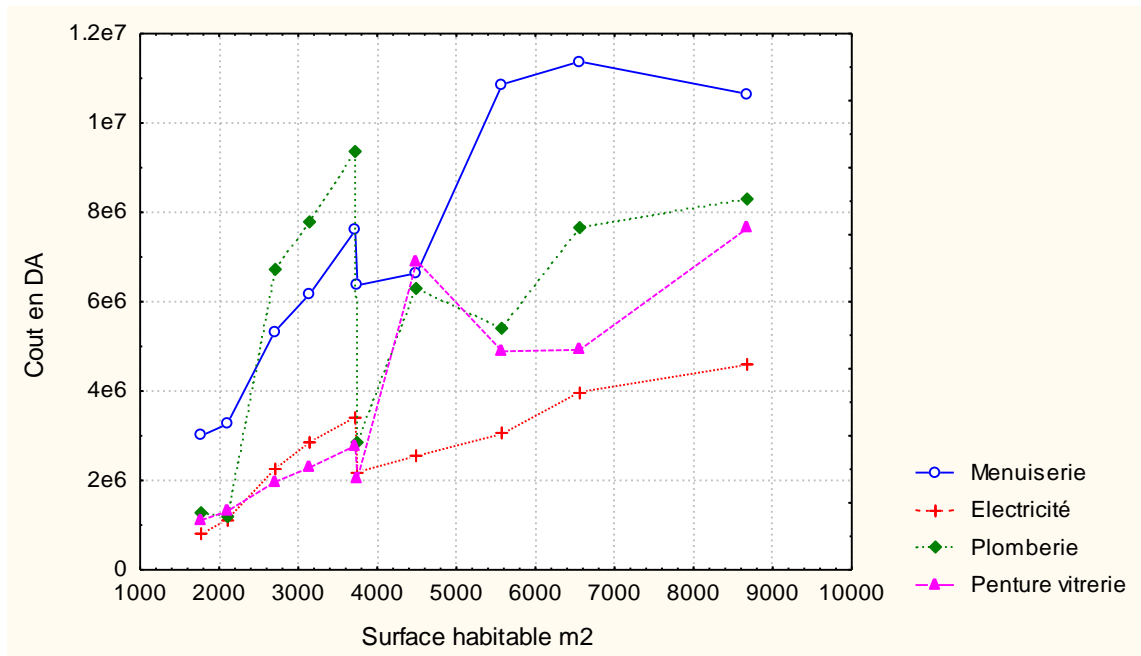


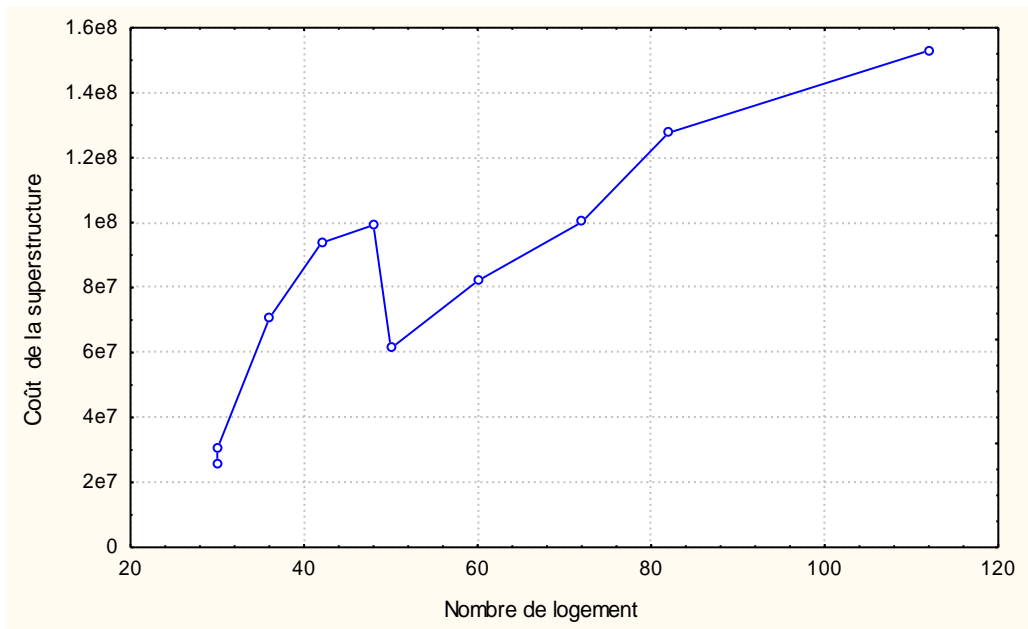
Figure III-9 : Coûts Menuiserie, Electricité, Plomberie, Peinture vitrerie en fonction de la surface habitable

On remarque bien, sur les deux figures III-8 et III-9, que les courbes du coût pour chaque poste de dépense ont relativement la même tendance pour les projets ou les prix unitaires utilisés sont proches. Pour les autres, les coûts varient en fonction de variation des prix unitaires (chaque entreprise choisit sa manière de distribuer le coût total sur les divers postes de dépense est selon ses intérêts et sa politique).

### III-3 : Affinement des données

L'analyse des données effectuées précédemment a été faite en fonction d'un seul paramètre décisionnel qui est la surface habitable. D'autres paramètres peuvent être efficaces dans l'analyse de telles données, tels que le nombre de logement et le nombre d'étage.

#### III-3-a : Affinement en fonction du nombre de logement :



**Figure III-10** : Coût de la superstructure en fonction de nombre de logement

On observe la même tendance que l'analyse précédente en fonction de la surface habitable.

#### III-3-b : Affinement en fonction du nombre d'étage

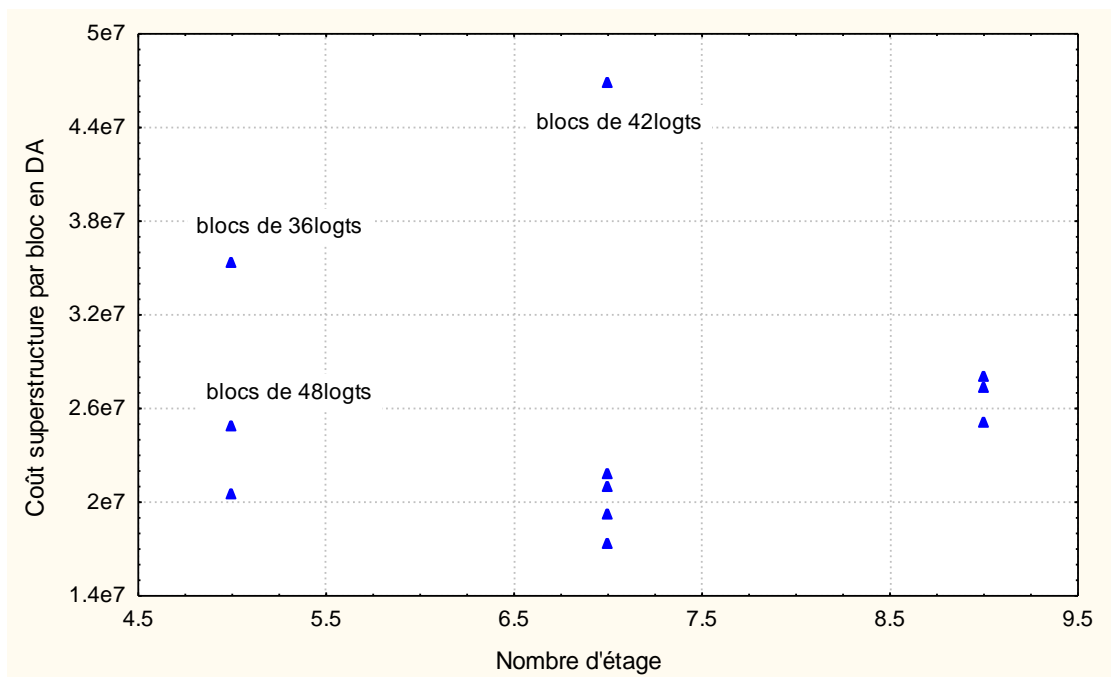
Pour faire ressortir le coût de la superstructure par bloc, nous avons divisé le coût de la superstructure par projet sur le nombre de blocs en tenant compte de la surface habitable par bloc. Pour cela, on a tenu compte de pourcentage de la surface habitable par bloc par rapport à la surface total habitable par projet.

$$C_B = C_T \cdot \frac{Sh_B}{S_{TP}}$$

- Avec :
- $C_B$  : Coût par bloc.
  - $C_T$  : Coût par projet.
  - $Sh_B$  : Surface habitable par bloc.
  - $S_{TP}$  : Surface habitable par projet.

Nom du projet	Surface/étage (m <sup>2</sup> )	Nombre de Bloc	Nombre d'étage	Coût de la superstructure (DA)
36logts	225	2	5	35275427
42logts	225	2	7	46872435
48logts	155	4	5	24812497,4
50logts	149.98	3	5	20426434,9
60logts	155	3	9	27349532,7
36logts	155	4	9	25031775,7
82logts	54	3	9	28017581,7
	28	2	7	21791452,4
112logts	14	1	7	17268495,6
	14	1	7	20968887,6
	84	6	7	19118691,6

**Tab III-4** : Coût de la superstructure par bloc.



**Figure III-11** : Coût de la superstructure par bloc en fonction de nombre d'étage

On remarque dans la figure III-11, que l'ensemble des points suit relativement la même tendance, à l'exception des trois points qui sont indiqués dans la figure, qu'ils ont des prix unitaires très élevés par rapport aux autres projets. De plus on remarque bien dans le Tab III-3 que les deux points (bloc de 36logts, bloc de 42logts) les plus éloignés de la tendance globale du nuage des points, ont une surface d'étage plus grande que les autres blocs d'autres projets.

### III-4 : La régression des données

Les méthodes statistiques sont aujourd'hui utilisées dans presque tous les secteurs des activités humaines et font partie des connaissances de base de l'ingénieur [25], du gestionnaire, de l'économiste.... Parmi les innombrables applications, citons dans le domaine industriel : la fiabilité des matériels, le control de qualité, l'analyse des résultats de mesure et leur planification, la prévision, et dans le domaine de l'économie et des sciences de l'homme : les modèles économétrique, les sondages, les enquêtes d'opinion, les études quantitatives du marché etc....

Le terme régression a une origine curieuse, il remonte à l'étude du physiologiste et anthropologue Sir Galton (1889) sur la relation entre la taille des parents et celle des enfants.

La méthode de la régression a pour but de décrire la relation entre une variable aléatoire dépendante ( $y$ ) et un ensemble de variable indépendantes  $x$ , et en tenant d'estimer la variable  $y$  à l'aide des variables explicatives  $x_1, x_2, \dots, x_m$ .

Lorsque l'estimation est fondée sur plusieurs variables prédictives le problème est une régression multiples, s'il le problème n'implique qu'une seule variable explicative, utilisée simplement au premier degré (et non pas sous la forme  $x^2, x^3$ , etc. ), il s'agit de régression simple [25].

On parle de régression linéaire lorsqu'on désire calculer une fonction du premier degré liant les variables  $y$  et  $x$ , cette fonction linéaire, de forme  $\hat{y} = a + bx$ , correspond à l'équation d'une ligne droite traversant le nuage de points et permettant de calculer une valeur droite porte le nom d'estimation ou droite de régression de  $y$  en  $x$ .

#### III-4-1 : Les étapes d'une analyse de régression multiple :

- définir la variable dépendante.
- définir l'ensemble des variables explicatives.
- délimiter l'ensemble des données.
- spécifier la nature de relation entre les variables dépendantes et les variables explicatives. Cette relation doit être linéaire ou pouvant être ramenée à une relation linéaire par artifice (transformation des variables).
- appliquer le modèle linéaire qui consiste à estimer les coefficients du modèle choisi a partir de l'ensemble des données. Il faut ensuite interpréter les résultats du point de vue statistique (la qualité de l'ajustement du modèle et la validité des suppositions). Il faut en fin, interpréter la signification du modèle par apport au problème posé.

#### III-4-2 : Estimation des paramètres

On considère une variable expliquée  $Y$  et un certain nombre ( $k$ ) de la variable explicatives  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Une façon de décrire la relation entre la variable expliquée et les variables explicatives est le modèle de régression multiple s'écrit sous la forme suivante [25] :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + \xi$$

On peut l'écrire sous forme matricielle comme suit:

$$y = bx + x_i$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_k \end{pmatrix}; \quad X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}; \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_k \end{pmatrix}, \quad \xi = \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \vdots \\ \xi_k \end{pmatrix}$$

En effet l'estimation des paramètres se base sur le principe des moindres carrés [25] qui revient à minimiser l'expression suivante :

$$\sum_{i=1}^k \xi_i^2 = \sum_{i=1}^k \left[ y_i - (b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k) \right]^2$$

C'est-à-dire à minimiser la fonction objective suivante :

$$\Phi(b_1, b_2, \dots, b_k) = \sum_{i=1}^k \left[ y_i - (b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k) \right]^2$$

$$\text{Donc } \hat{y} = x\hat{b} \quad \text{et} \quad \hat{\xi} = y - \hat{y} = y - x\hat{b}$$

### III-4-2 : Variance résiduelle et coefficient de détermination

On note  $\mathfrak{R}$  le coefficient de corrélation entre la série  $y_1, y_2, \dots, y_k$  et la série  $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_k$  son carré s'interprète en terme de variance expliquée, il est appelé coefficient de détermination.

$$\mathfrak{R}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

$\mathfrak{R}^2$  Est la proportion de la variance de  $y$  expliquée par les variables explicatives, il est utilisé pour tester la qualité de l'ajustement de  $y$  par  $\hat{y}$ .

La formule suivante :

$S_{\xi}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2$  Est la partie non expliquée par la régression. il est appelée la variance résiduelle.

**III-4-2-2: Test sur les paramètres**

La approximation des coefficients de régression permet de réaliser le test de l'hypothèse  $H_0$  qu'un coefficient de régression est nul, c'est à dire la variable correspondante n'explique pas la variable dépendante, on test alors :

$$H_0 "b_j = 0" \quad \text{Contre} \quad H_1 "b_j \neq 0" \quad j = 1 \dots k$$

Ce test est basé sur la statistique :

$$T_{bj} = \frac{|\hat{b} - b_j|}{\sqrt{\sigma^2 \left( X^{-1} \right)_{jj}}}$$

$$T_{bj} \text{ sous } H_0 (b_j = 0) \text{ suit une } t_{(n-k)}$$

Si  $T_{bj} > t_{(n-k), \alpha/2} \Rightarrow$  on rejette  $H_0 \Rightarrow$  la variable Y est en fonction des  $x_i$

Dans ce qui suit, nous proposons plusieurs modèles d'estimation du coût assorties d'une régression simple ou multiple des coûts des projets

**III-4-3 : Modèle d'estimation****III-4-3-1 : Modèle d'estimation (M1) :**

Dans ce paragraphe on cherche une fonction d'estimation du coût total du projet en fonction de la surface habitable

Pour les raisons indiqués dans le paragraphe III-1-2, nous avons ajusté les coûts des trois projets (36logts, 42logts, 48logts), par le coefficient établie dans le paragraphe III-2-1, et nous avons écarté le coût du projet 60logts, puisque son type de fondation (fondation profond) est différents de celui des autres projets. Afin d'avoir un échantillon homogène, pour ce type de recherche du modèle d'estimation.

**a) Le problème posé :**

Soit le modèle de régression de la variable dépendante Y (le coût total du projet) en fonction de la variable indépendante X (la surface habitable) de 09 observations figurant dans le tableau suivant:

**Tab III-5** : Tableau des données

X (la surface habitable en m2)	Y (le coût de total en DA)
1774.05	30837052.5
2100	35051152
2700	74281501.8
3150	93060450.5
3720	100114653
3749.4	69872890.5
5580	116471781
6560	138392775
8680	220665983

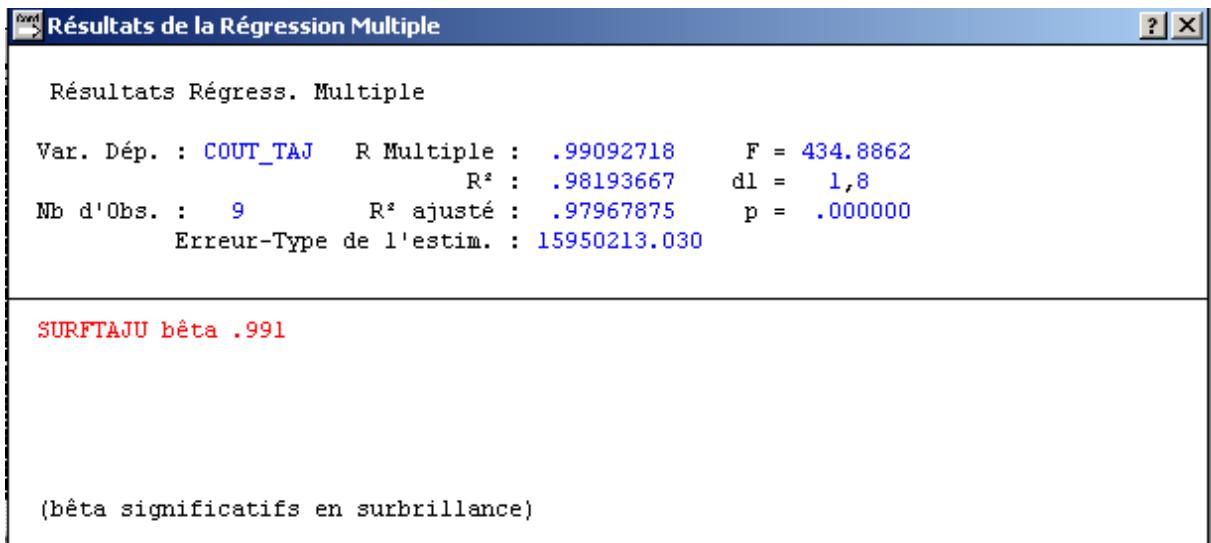
**b) Analyse de la variance**

Dans notre cas le nombre de variable  $p$  est fixé, c à d on doit proposer un modèle de régression linéaire Y en fonction de X.

Donc on teste tous les modèles possibles de X et on choisit celui qui garantit un coefficient de détermination  $R^2$  plus élevé, tout en respectant les conditions de validité de modèle.

Après avoir testé plusieurs possibilités avec le logiciel STATISTICA, on a choisi parmi eux le modèle qui a la forme suivante:  $Y = \beta x$

Tel que les conditions de validité du modèle soient vérifiées comme le montre la figure suivante:

**Figure III-12** : Résultats d'analyse

$$R^2 = 0.98193667, \quad SURFTAJU = X$$

Et pour confirmer la validité du modèle on vérifie sur le test des coefficients si ces derniers sont égaux à zéro, tel que les résultats suivants le confirment:

**Tab III-6** : Tableau des coefficients du Modèle01

	BETA	Err-Type de BETA	B	Err-Type de B	t(8)
SURFAJU	0990927	0.047518	23393.05	1121.757	20.85393

**c) : Test sur la validité des coefficients :**

On fait le test au niveau  $\alpha = 0.05$  (seuil de signification), sur la table de student [25] [26].

$$t_{(n-2, 0.025)} = 2.89$$

On teste  $H_0 : \beta = 0$  contre  $H_1 : \beta \neq 0$

Ce teste est basé sur la statistique

$$T_\beta = \frac{|\hat{\beta}|}{\hat{\sigma}_\beta}$$

Sa réalisation est  $T_\beta = 20.85393$

$|t_\beta| > t_{(n-2, 0.025)} \Rightarrow$  On rejette l'hypothèse  $H_0 \Rightarrow \beta \neq 0$

**d) : Test sur la validité du modèle :**

On teste l'hypothèse que les coefficients des variables explicatives soient égaux à 0.

C'est-à-dire, on test

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$$

Ce test est basé sur la statistique

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{10} (k_i - \bar{Y})^2 / 2}{\sum_{i=1}^{10} (k_i - \hat{Y}_i)^2 / 10}$$

$F_{2,8} = 434.88$  Au niveau  $\alpha = 0.05$ , sur la table [25] [26]  $F_{2,8,0.05} = 4.46$

$F_{2,8} > F_{2,8,0.05}$  On rejette  $H_0$

**Tab III-7 : Tableau des résidus**

	Valeur Observée	Valeur Prévues	Résidus	Erreur
1	30837052	41500432	10663380	0.34579765
2	35051152	49125396	14074244	0.40153442
3	74281504	63161224	11120280	0.14970456
4	93060448	73688096	19372352	0.20816955
5	100114656	87022128	13092528	0.13077534
6	69872888	87709888	17837000	0.25527784
7	116471784	130533192	14061408	0.12072802
8	138392768	153458384	15065616	0.1088613
9	220665984	203051632	17614352	0.07982359
Minimum	30837052	41500432	-17837000	/
Maximum	220665984	203051632	19372352	/
Moyenne	97638696	98805600	-1166904	/
Médiane	93060448	87022128	-10663380	/



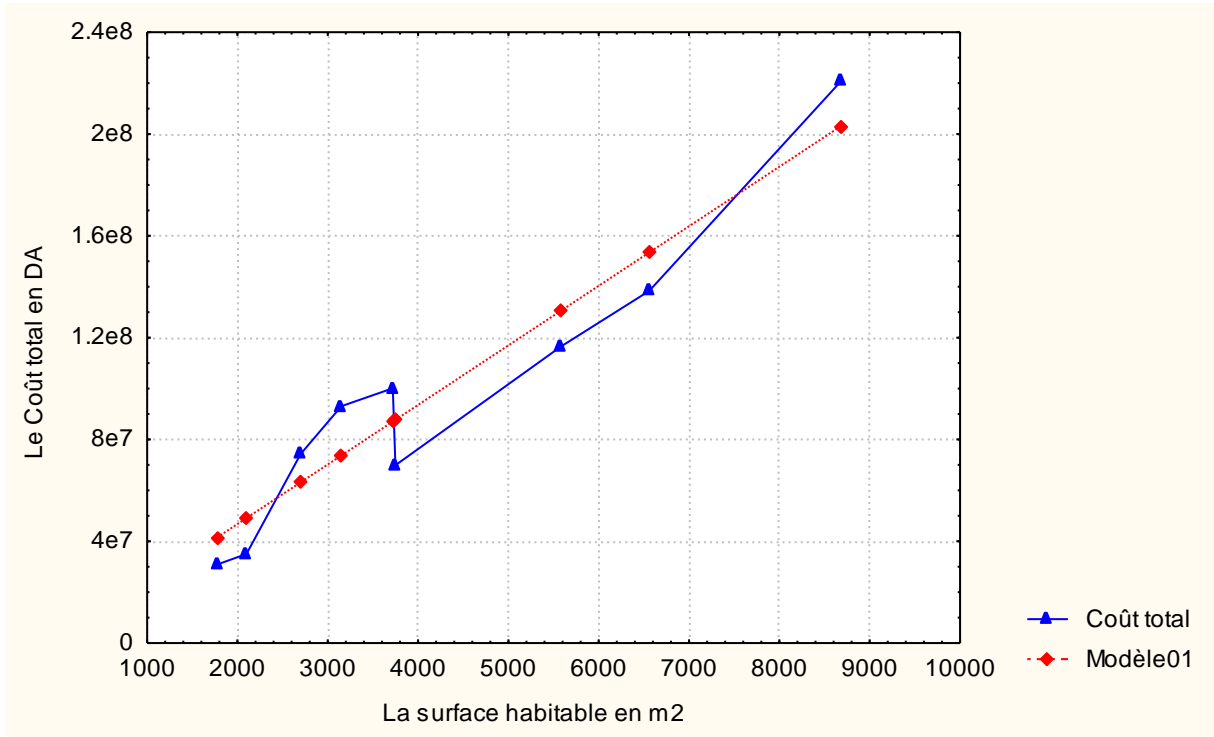
### e) Conclusion

On conclut que le modèle  $y = \beta X$  est validé tel que :

$$\beta = 23393.05$$

$$\Rightarrow Y = 23393.05 X$$

- la proportion de la variance de Y expliquée par les variables explicatives est  $R^2 = 0.98193667$



**Figure III-13** : Coûts total et la fonction (Modèle01) en fonction de la surface habitable

### f) Evaluation de la performance [27] :

La performance de modèle avec 10 ensembles de données de l'épreuve a est évalué en utilisant le taux de l'erreur absolue moyen (Mean Absolute Error Rate MAER), lequel a été calculé par la formule :

$$MAER = \left( \frac{\sum \left| \frac{C_e - C_p}{C_p} \cdot 100 \right|}{n} \right)$$

Avec :

$C_e$  : coût estimé

$C_p$  : coût prévu

$n$  : nombre de données

Après le calcul on trouve :  $MAER = 20,00\%$

**Conclusion :**

On remarque que le taux de l'erreur absolu moyen est de 20% que nous jugeons un peu grand, pour ce la nous nous le proposons comme modèle d'estimation à la phase de programme du projet. Par conséquent, nous proposons d'autres régressions des coûts de la superstructure.

**III-4-3-1 : Autres modèles d'estimation :**

Nous trouvons dans le tableau III-8, la synthèse des autres modèles établis par la régression, après avoir faire le même parcours que le modèle M1 pour valider les modèles

- **Nota** pour le modèle M4 : Pour les raisons indiqué dans le paragraphe III-1-2, nous avons ajusté les coûts de superstructure des trois projets (36logts, 42logts .48logts), par le coefficient établie dans le paragraphe III-2-1. Afin d'avoir un échantillon homogène, pour ce type de recherche du modèle d'estimation.
- **Nota** pour le modèle M5 : Pour les raisons indiqué dans le paragraphe III-1-2, nous avons écarté les coûts des superstructure des trois projets (36logts, 42logts .48logts),. Afin d'avoir un échantillon homogène, pour ce type de recherche du modèle d'estimation.

Tab III-8 : Synthèse des modèles de régression d'estimation du coût

Modèle	Type de régression	Le paramètre explicatif Y (DA)	Les paramètres explicatifs X	Syntaxe du modèle	Nbr de pts	Coefficient de détermination $r^2$	MAER*	Validation
M1	Simple	Coût total	Surface habitable (m <sup>2</sup> )	$Y = 23393,05X$	9	0,98193	20%	Valide
M2	Simple	Coût superstructure	Surface habitable (m <sup>2</sup> )	$Y = 2590108 \sqrt{X} - 9687344 \ln X$	10	0,97504	20,95%	Non valide
M3	Multiple	Coût superstructure	X1=Surface habitable (m <sup>2</sup> ) X2= nombre de logements	$y = 3245191 \ln X_2 e^{X_1^3} - 37625675 \ln X_1$	10	0,97704	19,25%	valide
M4	Simple	Coût superstructure	Surface habitable (m <sup>2</sup> )	$Y = 18262,8X$	10	0,99432	10,45%	valide
M5	Simple	Coût superstructure	Surface habitable (m <sup>2</sup> )	$Y = 17933,33X$	7	0,99620	9,79%	valide

- Mean Absolute Error Rate (Taux Moyen de l'erreur absolue), (doit être  $\leq 20\%$ ).
- Le coût est estimé par le maître d'œuvre au stade de l'A.P.S., et devrait être à 20% de près du coût réel après réalisation (si nonisque de sanction financières)

**Conclusion :**

Dans ce présent chapitre nous avons analysé et exploité des données réelles de 10 projets effectifs. Dans cette partie, nous trouvons une décomposition du coût d'un projet de bâtiment à usage d'habitation, et un traitement des données des coûts et des prix unitaires des projets actuellement en cours de réalisation. Ces données nous permettent d'analyser et d'affiner le coût d'un projet afin de faire ressortir les divers paramètres décisionnels intervenant dans l'évaluation du coût d'un projet au stade de l'A.P.S. Cette exploitation nous a permis d'établir des modèles d'estimation en utilisant une étude de corrélation par régressions simple et multiple.

# CHAPITRE IV

## **Programmation Informatique et Exemple d'Application**

## Introduction

Le présent chapitre a pour but, la réalisation d'un outil informatique de calcul des coûts d'un bâtiment (ou d'un projet de logements), sur la base des données d'un avant projet sommaire. Les méthodes de calcul programmées découlent de la partie précédente de l'étude (Chapitre III). Nous rappelons que ces méthodes sont axées sur trois principes de calcul différents :

- Méthode des ratios dont le principe consiste à estimer les coûts de certains postes de dépense en fonction des autres coûts (ratio extraits de l'analyse de projets effectués au chapitre III).
- Méthode basée sur les modèles des régressions élaborées à partir de l'analyse d'étude de cas (chapitre III).
- Méthodes basées sur le principe d'utilisation des paramètres quantitatifs de dépense et des prix unitaires associés (méthodes classiques).

L'abondance des données nécessaires et le volume d'information à éditer par l'utilisateur, nous a conduit à structurer l'ensemble de données dans une base de données afin d'éviter la redondance d'information et l'incohérence lors de l'évaluation des projets.

En effet, dans une base de données plusieurs fichiers peuvent exister, l'ensemble des fichiers est unifié par un modèle unique et cohérent. Celui-ci permet de définir les relations qui existent entre les différentes données de la base. Une base de données peut être créée indépendamment des programmes qui l'utilisent, et elle peut être exploitée à la fois par plusieurs programmes. Cela est permis par les systèmes de gestion de base de données (SGBD) qui sont créés à cet effet. Un SGBD est un ensemble d'outils logiciels permettant la création et l'utilisation des bases de données.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les différentes étapes de cette partie qui consiste à :

- Elaboration de l'organigramme fonctionnel général de l'outil informatique.
- Mise au point du module de construction et de gestion de la base de données nécessaire.
- Mise au point du module de calcul des différents coûts (la « boîte noire »).
- Définition et fonctionnement de l'interface utilisateur.
- Réalisation de différents jeux d'essai sur des cas réels pour tester la validation (la précision) de notre outil de calcul.
- Et enfin, on termine ce chapitre par une analyse des résultats obtenus.

### IV-1 : Organisation fonctionnel général

Notre outil doit permettre l'estimation rapide, avec une précision de calcul acceptable, d'un projet de bâtiment à usage d'habitation sur la base d'un avant projet sommaire. On devrait aussi prendre en compte l'estimation des coûts des différents postes de dépense important d'un bâtiment tel que :

- ✓ Le coût des fondations.

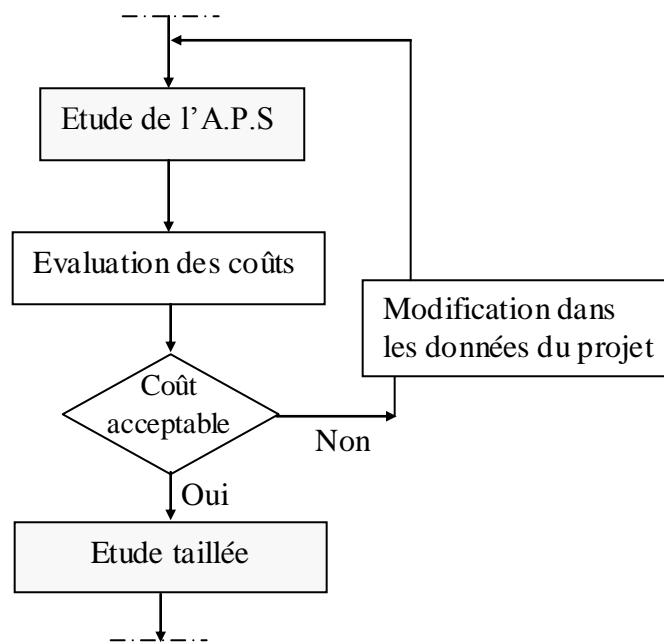
- ✓ Le coût des gros œuvres.
- ✓ Le coût de la maçonnerie.
- ✓ Le coût des revêtements des parois.
- ✓ Le coût de la menuiserie.
- ✓ Les coûts d'autres éléments de dépense tel que l'étanchéité, l'électricité, la plomberie, la peinture et la vitrerie.

Ces derniers sont généralement estimés par la méthode des ratios, dont les taux ont été extraits de l'analyse des projets réels étudiés au chapitre III.

Pour éclaircir la finalité de notre outil on s'est fixé trois (03) questions fondamentales :

### 1) Pour quel utilisateur cette outil est il destiné ?

L'outil est destiné aux maîtres d'œuvre et au maître d'ouvrage afin de mieux cerner le coût du projet suffisamment à l'amont du processus de l'étude avant de commencer l'étude détaillée. Pour le maître de l'ouvrage la connaissance de coût à ce stade de l'étude, lui permettrait de décider sur les modifications éventuelles à apporter au projet (pour modifier le coût) sans frais supplémentaires importants. La figure IV-1 montre l'intérêt de l'évaluation du coût au stade de l'A.P.S.



**Figure IV-1** : Intérêt de l'évaluation du coût au stade de l'A.P.S

Pour le maître d'œuvre aussi l'intérêt de Connaître le coût du projet en phase sommaire de l'étude, est de disposer de critères valables pour l'orientation de ces propositions (soumission) de projet, dans le cadre d'un devis estimatif proche du cadre réel.

### 2) Quels Coûts doit-on évaluer et avec quelle précision ?

On s'intéresse bien sûr, dans notre cas, au coût de conception (réalisation). Le coût de l'étude étant généralement relativement constant d'un projet à l'autre, et le coût d'exploitation est, en plus, négligeable par rapport au coût de réalisation. En ce qui concerne

la précision de calcul, elle dépend de la méthode utilisée pour le calcul du coût, donc des données utilisées aussi. La figure I-4 montre les différents niveaux d'évaluation du coût d'un projet le long de processus de l'étude. Les méthodes de calcul du coût diffèrent d'un niveau à l'autre (tableau I-1).

### 3) Quelles sont les données qu'on doit fournir pour rendre l'application exécutable ?

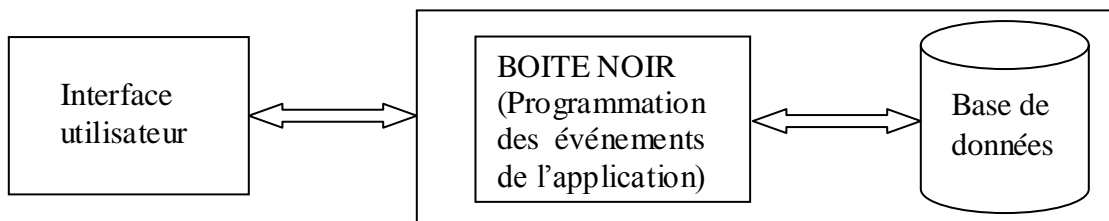
Ce sont des données extraites des pièces graphiques du projet au stade de l'A.P.S, et le pré dimensionnement des élément porteur de projet à savoir (le nombre de logement ; le nombre d'étage ; le nombre de logement par étage ; les caractéristiques géométrique des élément porteurs ..etc.), toute les données nécessaire sont inscrit sous forme d'une notice des données (annexe I).

*Remarque* : la notice doit être remplie soigneusement afin de faciliter la saisie des données dans l'application et d'avoir des résultats logiques, cette notice existe aussi dans l'aide de l'application.

L'application fonctionne essentiellement autour de trois parties à savoir :

1. la base de données ;
2. la « boîte noire » (la partie de programmation des différents événements de l'application) ;
3. interface utilisateur ;

La figure IV.2 montre la structure générale de l'application.



**Figure IV.2** : Structure générale de l'application

L'organigramme fonctionnel général est donné par la figure IV-3

## IV-2 : Base de données :

### IV-2-1 : définition :

Une base de données est un ensemble de données structurées, celles-ci sont regroupées dans un ou plusieurs fichiers. Chaque fichier, représenté par une table de données, est formé d'enregistrements et de champs. Dans une base de données (relationnelle) les données sont présentées sous la forme d'un ensemble de tables. Une table est un regroupement logique de données relatives à un même domaine, et elles sont faites de lignes qu'on appelle enregistrement, et de colonnes qu'on appelle champs, à chaque champs est associé un nom, un type, et une taille. [28].



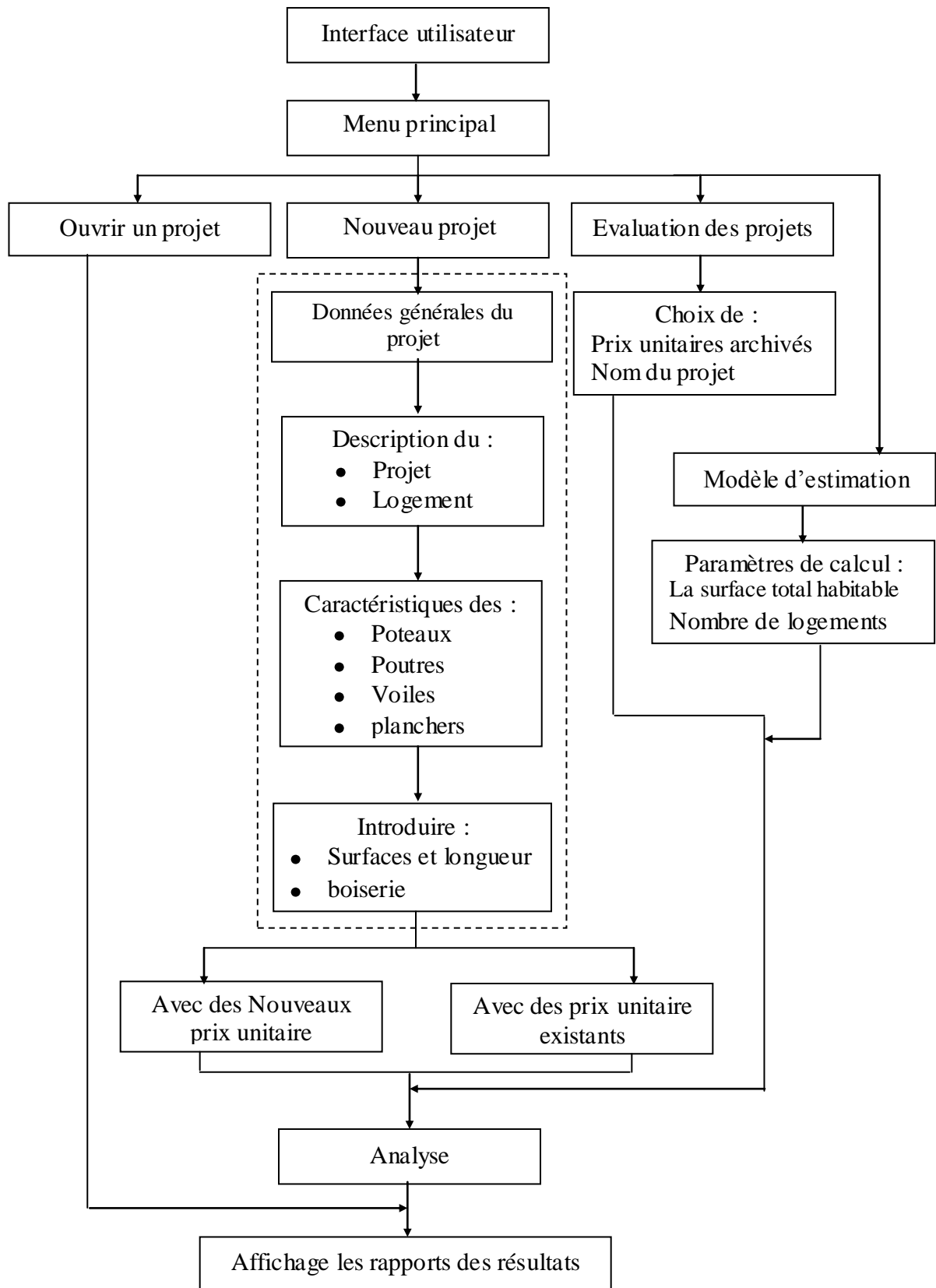


Figure IV-3 : Organigramme fonctionnel de l'application

### IV-2-2 : Conception de la base de données :

La conception de la base de données passe par l'analyse des données qu'elle doit contenir. Cette analyse aboutit à l'élaboration d'un schéma relationnel qui répartit les données dans des tables et donne aussi les relations qui existent entre ces dernières. Connaissant les tables qui composent la base de données, on définit la structure de chaque table (les champs de chaque table, le type de données pour chaque champ et la taille de chaque champ).

La saisie des données peut se faire d'une manière directe en remplissant les tables par leurs enregistrements, comme elle peut se faire aussi par programmation, à travers une interface utilisateur permettant d'éditer ces données. Ce qui offre une grande souplesse à l'utilisateur pour la mise à jour de la base de données. On s'intéresse ici à la gestion des entrées (les composants du bâtiment et leurs caractéristiques ainsi que les données relatives à un projet spécifique) et des sorties (les rapports d'estimation des différents coûts). Ce qui donne naissance aux tables présentées en annexe II.

### IV-3 : Le module de calcul (La « boîte noire »)

Le module de calcul est la partie cachée de l'outil. Il contient un ensemble d'instructions liées aux différents événements (Nouveau projet, Ouvrir un projet, Evaluation des projets, enregistrer, Quitter,...).

Il permet à l'utilisateur de visualiser les enregistrements et d'exploiter la base de données. Il a aussi la possibilité d'éditer les données relatives à son projet, de choisir le type de contreventement et le type des fondations, en exploitant les composants prédéfinis de l'environnement Delphi, qui fait appel à une conception visuelle des applications et à la programmation objet [29]. De plus il prend en charge le maintien automatique d'une partie du code sources.

Ce module est constitué d'un ensemble de procédures et de fonctions, programmées en langage Pascal, et qui permet essentiellement de :

- Calculer les quantités des différents postes de dépense en particulier ceux jugés majeurs dans la construction du bâtiment (Fondation, Gros œuvre, Maçonnerie, Etanchéité, Revêtement des parois, Menuiserie).
- Estimer les autres postes de dépenses, dits « secondaires » (Electricité ; Plomberie ; Peinture vitrerie) ;
- établir les rapports des résultats ;
- archiver des fiches des prix unitaires des différentes entreprises de réalisation, avec la possibilité de mise à jour
- Evaluer les projets selon les différentes fiches des prix unitaires archivés (disponibles)

### a) méthode de calcul des quantités des postes de dépense

Les quantités des « sous postes » de dépense sont calculées par les formules exposées dans les tableaux suivants :

**Tab IV-1:** Méthode de calcul des quantités (Gros œuvre)

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Béton armé pour les poteaux	m <sup>3</sup>	$Q11 = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \cdot h_i \cdot Npot_i$
Béton armé pour les voiles	m <sup>3</sup>	$Q12 = \sum_{i=1}^n e_i \cdot L_i \cdot h_i \cdot Nvoil_i$
Béton armé pour les poutres	m <sup>3</sup>	$Q13 = \sum_{i=1}^n ap_i \cdot bp_i \cdot L_i$
Béton armé pour escalier	m <sup>3</sup>	$Q14 = S_e \cdot C_{esc} \cdot (N_{et} - 1)$
Béton armé pour les dalles pleines	m <sup>3</sup>	$Q15 = \sum_{i=1}^n Sdp_i \cdot edp_i$
Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre	m <sup>3</sup>	$Q16 = \sum_{i=1}^n Lov_i \cdot 0,15^2$
Plancher a corps creux	m <sup>2</sup>	$Q17 = \sum_{i=1}^n Sp_i \cdot \left[ \sum_{i=1}^n L_i \cdot ap_i + \sum_{i=1}^n Sdp_i + S_e \cdot (N_{et} - 1) \right]$
Béton armé pour l'acrotère	m <sup>3</sup>	$Q18 = Lpt \cdot Cacr$

**Tab IV-2 :** Méthode de calcul des quantités (Maçonnerie)

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Maçonnerie en double paroi de brique	m <sup>3</sup>	$Q21 = \sum_{i=1}^n L_{Mdp_i} \cdot h_i - Soex_i$
Maçonnerie en simple paroi de brique	m <sup>3</sup>	$Q22 = \sum_{i=1}^n L_{Msp_i} \cdot h_i - Soin_i$
Potager de cuisine en maçonnerie dim 200x60	m <sup>3</sup>	$Q23 = N_{\log t}$
Conduite de fumée type shunt	m <sup>3</sup>	$Q24 = N_{L/E} \cdot \sum_{i=1}^n h_i$
Souche de cheminée en terrasse	m <sup>3</sup>	$Q25 = N_{L/E}$
Toiture	m <sup>3</sup>	$Q26 = S_{ST}$

**Tab IV-3 : Méthode de calcul des quantités (Etanchéité)**

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Etanchéité terrasse	m2	$Q31 = S_{EtaTer}$
relevé d'étanchéité sur acrotère	ml	$Q32 = Lpt$
Etanchéité sous carrelage pour cuisine WC et SDB	m2	$Q33 = \sum_{i=1}^m Scu_i + Ssdb_i + Swc_i$

**Tab IV-4 : Méthode de calcul des quantités (Revêtement)**

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Revêtement de sol en carreau granito	m2	$Q41 = \sum_{i=1}^{n-1} (Sp_i - Svo_i)$
Revêtement en carreau faïence blanche	m2	$Q42 = \sum_{i=1}^m (Pr cu_i + Pr sdb_i + Pr wc_i) \cdot 2$
Revêtement pour les c/marches	u	$Q43 = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{2 \cdot h_i}{17} \right)$
Revêtement pour les marches	u	$Q44 = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{2 \cdot h_i}{17} - 1 \right)$
Plinthes de terre cuite vernissée de 20/10	ml	$Q45 = \sum_{i=1}^n L_{Mdp_i} + 2 \cdot L_{Msp_i}$
Enduit en mortier de ciment sur parois des locaux sanitaires	m2	$Q46 = \sum_{i=1}^m (Scu_i + Ssdb_i + Swc_i) + \sum_{i=1}^m (Pr cu_i + Pr sdb_i + Pr wc_i) \cdot (h_i - 2)$
Enduit en plâtre sur murs intérieurs et plafonds	m2	$Q47 = \sum_{i=1}^m (L_{Mdp_i} + 2 \cdot l_{Msp_i}) \cdot h_i + \sum_{i=1}^m Sh log_i - (Scu_i + Ssdb_i + Swc_i) - \sum_{i=1}^m (Pr cu_i + Pr sdb_i + Pr wc_i) \cdot h_i$
Enduit en mortier de ciment en 02 couches sur murs	m2	$Q48 = S_e \cdot N_{et} + \sum_{i=1}^n Lp_i \cdot h_i - Soex_i + Lpesc_i \cdot h_i$

Tab IV-5 : Méthode de calcul des quantités (Menuiserie)

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Ensemble placards P/potager à 4 portes 200x70	u	$Q511 = N_{\log t}$
Porte de gaine technique dim 60x217	u	$Q512 = 3.N_{et}$
Porte palière pleine en bois rouge dim 104x217	u	$Q513 = N_{\log t}$
Porte de chambre dim 94x217	u	$Q514 = N_{pch}$
Porte de cuisine dim 84x217	u	$Q515 = N_{\log t}$
Porte de SDB dim 84x217	u	$Q516 = N_{\log t}$
Porte de WC dim 74x217	u	$Q517 = N_{\log t}$
Porte pour le séjour dim 130x217	u	$Q518 = N_{\log t}$
Porte fenêtre dim 140x217	u	$Q519 = N_{pfg}$
Porte fenêtre dim 84x217	u	$Q5110 = N_{pfp}$
Fenêtre croisée dim 120x120	u	$Q5111 = N_f$
Boites a lettre	u	$Q5112 = N_{\log t}$
Fenêtre croisée dim 140x120	u	$Q5113 = N_f 140$
Porte d'entrée principale à deux vantaux dim 240x250	u	$Q521 = 1$
Garde corps d'escalier 80cm d'hauteur	ml	$Q522 = \sum_{i=1}^{n-1} \left( 2 \cdot h_i / 0.17 \cdot \sqrt{0.17^2 + 0.30^2} \right)$
Garde corps pour les balcons	ml	$Q523 = L_{B/L} \cdot N_{\log t}$

**Tab IV-6** Désignation des notations utilisées dans les Tab IV-1, IV-2, IV-3, IV-4 & IV-5

<b>Notation</b>	<b>Désignation</b>
$a.b$	Les dimensions de la section des poteaux
$h_i N_{pot}$	La hauteur et le nombre de chaque type de poteau
$ev.Lv$	L'épaisseur et la longueur de chaque type de voile
$h.Nvoil$	La hauteur et le nombre de chaque type de voile
$ap.bp$	Les dimensions de la section des poutres
$L_i$	La longueur de chaque type de poutres
$S_e$	La surface horizontale des escaliers
$C_{esc}$	La densité de la quantité du béton en fonction de la surface $m^3/m^2$
$N_{et}$	Nombre d'étage du bâtiment
$Sdp$	La surface des dalles pleines dans chaque étage
$edp$	L'épaisseur des dalles pleines dans chaque étage
$Lov$	La longueur des ouvertures dans chaque étage (portes, fenêtres)
$Sp$	La surface du plancher de chaque étage
$L_{Mdp}$	La longueur des murs en double paroi de brique
$Soex$	La surface des ouvertures extérieures de chaque étage
$L_{Msp}$	La longueur des murs intérieures en simple paroi de brique
$Soin$	La surface des ouvertures intérieures de chaque étage
$N_{logt}$	Nombre de logement
$N_{L/E}$	Nombre de logement par étage
$S_{ST}$	La surface horizontale sous la toiture
$S_{EtaTer}$	La surface d'étage terrasse
$Lpt$	La longueur du périmètre du plancher terrasse
$Scu_i, Ssdb_i, Swc_i$	La surface de la cuisine, de la SDB et de WC de chaque logement
$Svo_i$	La surface de volées des escaliers de chaque étage
$Pr cu_i$	La longueur du périmètre de la cuisine de chaque logement
$Pr sdb_i$	La longueur du périmètre de la SDB de chaque logement
$Pr wc_i$	La longueur du périmètre du WC de chaque logement
$Sh log_i$	La surface habitable de chaque logement
$Lpesc$	La longueur du périmètre de la cage d'escalier
$Npch$	Le nombre des portes des chambres dans tout le bâtiment
$Npfg$	Le nombre des portes fenêtres dans tout le bâtiment dim 140x217
$Npfp$	Le nombre des portes fenêtres dans tout le bâtiment dim 84x217
$Nf, Nf140$	Le nombre des fenêtres croisées dans tout le bâtiment dim 120x120 Le nombre des fenêtres croisées dans tout le bâtiment dim 140x120
$L_{B/L}$	La longueur moyenne du Garde corps pour les balcons dans un logement

**Tab IV-7** : Méthode de calcul des quantités (Fondations)

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Excavation des fouilles pour les semelles	m3	$Q01 = \begin{cases} S.isolé \rightarrow \sum_{i=1}^n (As_i + 0.2) \cdot (Bs_i + 0.2) \cdot h_{enc} \\ S.filante \rightarrow \sum_{i=1}^n (Asf_i + 0.2) \cdot (Bsf_i + 0.2) \cdot h_{enc} \\ Radier \rightarrow Sr \cdot h_{enc} \end{cases}$
Remblai des fouilles avec les terres de déblais	m3	$Q02 = \begin{cases} S.isolé \rightarrow Q01 - Q07 - Q08 \\ S.filante \rightarrow Q01 - Q09 - Q010 - Q011 \\ Radier \rightarrow Q01 - Q012 - Q013 - Q014 \end{cases}$
Transport des terres excédentaires à la décharge publique	m3	$Q03 = Q01 - Q02$
Béton armé pour les longrines	m3	$Q04 = \sum_{i=1}^n a_{li} \cdot b_{li} \cdot L_{li}$
Béton armé pour le voile périphérique	m3	$Q05 = Lvp \cdot evp \cdot h_{enc}$
F/P de flint kot sur voile	m2	$Q06 = Lvp \cdot h_{enc}$
Béton de propreté sous les semelles isolées	m3	$Q07 = \sum_{i=1}^n (As_i + 0.1) \cdot (Bs_i + 0.1) \cdot 1$
Béton armé pour les semelles isolées	m3	$Q08 = \sum_{i=1}^n As_i \cdot Bs_i \cdot Hs_i$
Béton de propreté sous les semelles filantes	m3	$Q09 = \sum_{i=1}^n (Asf_i + 0.1) \cdot (Bsf_i + 0.1) \cdot 1$
Béton armé pour les semelles filantes	m3	$Q010 = \sum_{i=1}^n (Asf_i - Bpr_i) \cdot Lsf_i \cdot Hsf_i$
Béton armé pour les poutres de rigidité	m3	$Q011 = \sum_{i=1}^n Apr_i \cdot Bpr_i \cdot Lsf_i$
Béton de propreté sous le radier	m3	$Q012 = Sr \cdot 0.1$
Béton armé pour les poutres de rigidité du radier	m3	$Q013 = \sum_{i=1}^n Apr_i \cdot Bpr_i \cdot Lpr_i$
Béton armé pour le radier	m3	$Q014 = Sr \cdot er - er \cdot \sum_{i=1}^n Bpr_i \cdot Lpr_i$
Béton armé pour les avants poteaux	m3	$Q015 = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \cdot h_{enc} \cdot Npot_i$
Béton armé pour les avants voiles	m3	$Q016 = \sum_{i=1}^n ev_i \cdot Lv_i \cdot h_{enc} \cdot Nvoil_i$

**Tab IV-8** Désignation des notations utilisées dans le Tab IV-7

Notation	Désignation
$h_{enc}$	La hauteur d'encrage des fondations
$As, Bs$	Largeur et longueur d'une semelle isolée
$Asf, Lsf$	Largeur et longueur d'une semelle filante
$Sr$	La surface totale du radier
$Hs$	La hauteur d'une semelle isolée
$Hsf$	La hauteur d'une semelle filante
$a_i, b_i, L_i$	Hauteur, largeur & longueur des longrines
$Lvp$	Longueur du voile périphérique
$evp$	Epaisseur du voile périphérique
$Apr, Bpr$	La hauteur et la largeur des poutres de rigidité
$Lpr$	La longueur de la poutre de rigidité
$a_i, b_i, Npot$	Dimensions de la section des poteaux à la base et le nombre
$ev, Lv, Nvoil$	Dimensions de la section des poteaux à la base et le nombre

**Cas des bâtiments contreventés par voile :**

Pour le cas des bâtiments contreventés par voile, l'application évalue les quantités des sous postes de dépense seulement pour deux poste de dépense (gros œuvre et maçonnerie) en plus des fondations.

Les tableaux IV-9 & IV-10 montre les formules de calcul des quantités des sous postes de dépense (gros œuvre et maçonnerie)

**Tab IV-9** : Méthode de calcul des quantités (Gros œuvre cas des bâtiments contreventés par voile)

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Béton armé pour les voiles	m <sup>3</sup>	$Qv11 = \left( \sum_{i=1}^n ev_i \cdot Lv_i \cdot h - Sodv \right) N_{et}$
Béton armé pour les poutres	m <sup>3</sup>	$Qv12 = \left( \sum_{i=1}^n ap_i \cdot bp_i \cdot L_i \right) \cdot N_{et}$
Béton armé pour les poteaux	m <sup>3</sup>	$Qv13 = \left( \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \cdot h Npot_i \right) \cdot N_{et}$
Béton armé pour escalier	m <sup>3</sup>	$Qv14 = S_e \cdot C_{esc} \cdot (N_{et} - 1)$
Béton armé pour les planchers (dalles pleines)	m <sup>3</sup>	$Qv15 = (dp \cdot edp) \cdot Net$
Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre	m <sup>3</sup>	$Qv16 = \left( \sum_{i=1}^n Lov_i \cdot 0,15^2 \right) \cdot N_{et}$
Béton armé pour l'acrotère	m <sup>3</sup>	$Qv17 = Lpt \cdot Cacr$



**Tab IV-10** Méthode de calcul (Maçonnerie cas des bâtiments contreventés par voile)

Sous poste de dépense	unité	les quantités
Maçonnerie en double paroi de brique	m <sup>2</sup>	$Q_{v21} = \left( \sum_{i=1}^n L_{Mdp} \cdot h - S_{ou/dp} \right) \cdot N_{et}$
Maçonnerie en simple paroi de brique	m <sup>2</sup>	$Q_{v22} = \left( \sum_{i=1}^n L_{Msp} \cdot h - S_{ou/sp} \right) \cdot N_{et}$
habillage en brique creuse de 5cm	m <sup>2</sup>	$Q_{v23} = \left( \sum_{i=1}^n L_{v_i} \cdot h - S_{odv} \right) N_{et}$
Potager de cuisine en maçonnerie dim 200x60	u	$Q_{v24} = N_{logt}$
Conduite de fumée type shunt	ml	$Q_{v25} = N_{L/E} \cdot h \cdot N_{et}$
Souche de cheminée en terrasse	u	$Q_{v26} = N_{L/E}$

**Tab IV-11** : Désignation des notations utilisées dans le Tab IV-9 & IV-10.

Notation	Désignation
$a_i, b_i$	Les dimensions de la section des poteaux
$h, N$	La hauteur et le nombre de chaque type de poteau
$ev_i, Lv_i$	L'épaisseur et la longueur de chaque type de voile
$h_i, N_{voil_i}$	La hauteur et le nombre de chaque type de voile
$ap_i, bp_i$	Les dimensions de la section des poutres
$L_i$	La longueur de chaque type de poutres
$S_e$	La surface horizontale des escaliers
$C_{esc}$	La densité de la quantité du béton en fonction de la surface $m^3 / m^2$
$N_{et}$	Nombre d'étage du bâtiment
$S_{dp}$	La surface des dalles pleines dans chaque étage
$edp$	L'épaisseur des dalles pleines dans chaque étage
$L_{ov_i}$	La longueur des ouvertures dans chaque étage (portes, fenêtres)
$L_{Mdp}$	La longueur des murs en double paroi de brique
$S_{ou/dp}$	La surface des ouvertures dans les murs en double paroi de brique
$L_{Msp}$	La longueur des murs en simple paroi de brique
$S_{ou/sp}$	La surface des ouvertures intérieures de chaque étage
$N_{logt}$	Nombre de logement
$N_{L/E}$	Nombre de logement par étage
$L_{pt}$	La longueur du périmètre du plancher terrasse

## b) Méthodes de calcul des coûts

➤ *Méthode classique* : cette méthode utilisée pour le calcul des postes de dépense suivant :

- Coût des fondations  $C_{Fon} = \sum_{j=1}^m Q_{0j} \cdot PU_{0j}$   $m$  : nombre de sous poste de dépense .
- Coût des gros oeuvres  $C_{Go} = \sum_{j=1}^m Q_{1j} \cdot PU_{1j}$   $m$  : nombre de sous poste de dépense
- Coût de la maçonnerie  $C_{Mac} = \sum_{j=1}^m Q_{2j} \cdot PU_{2j}$   $m$  : nombre de sous poste de dépense
- Coût de l'étanchéité  $C_{Eta} = \sum_{j=1}^m Q_{3j} \cdot PU_{3j}$   $m$  : nombre de sous poste de dépense
- Coût des revêtements  $C_{Rev} = \sum_{j=1}^m Q_{4j} \cdot PU_{4j}$   $m$  : nombre de sous poste de dépense
- Coût de la menuiserie  $C_{Men} = \sum_{j=1}^m Q_{5j} \cdot PU_{5j}$   $m$  : nombre de sous poste de dépense

$Q_{ij}$  : La quantité du sous poste de dépense « j », du poste de dépense « i ».

Le calcul des ses quantités se fait par les formules exposées dans les (tab IV-1, IV-2, IV-3, IV-4, IV-5, IV-7, IV-9, IV-10).

$PU_{ij}$  : Le prix unitaire du sous poste de dépense « j », du poste de dépense « i ».

➤ *Méthode des ratios* : cette méthode utilisée pour le calcul des postes de dépense suivant :

- Coût de l'électricité  $C_{Ele} = C' \cdot R_{Ele}$   $R_{Ele} = \frac{T_{Ele}}{\underbrace{C_{Go} + T_{Mac} + T_{Eta} + T_{Rev} + T_{Men}}_{\text{---}}}$
- Coût de la plomberie  $C_{Plm} = C' \cdot R_{Plm}$   $R_{Plm} = \frac{T_{Plm}}{\underbrace{C_{Go} + T_{Mac} + T_{Eta} + T_{Rev} + T_{Men}}_{\text{---}}}$
- Coût de la peinture vitrerie  $C_{PV} = C' \cdot R_{PV}$   $R_{PV} = \frac{T_{PV}}{\underbrace{C_{Go} + T_{Mac} + T_{Eta} + T_{Rev} + T_{Men}}_{\text{---}}}$

Avec :  $C' = C_{Go} + C_{Mac} + C_{Eta} + C_{Rev} + C_{Men}$

T : Ratio de chaque poste de dépense, extrait de la figure III-7.

Le coût total  $C = C_{Fon} + C_{Go} + C_{Mac} + C_{Eta} + C_{Rev} + C_{Men} + C_{Ele} + C_{Plm} + C_{PV}$

➤ *Méthode basée sur les modèles des régressions* :

Les modèles programmés sont exposés dans le Tab III-8.

Les différents coûts calculés par l'outil réalisé, sont exposés dans Le tableau IV-11

**Tab IV-12** : Les différents coûts calculés par l'outil

Les coûts	Le nombre des coûts calculés	Méthode utilisée
<b>Coût total</b>	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La méthode classique avec la méthode des ratios.</li> <li>● Le modèle M1. (Tab III-8).</li> </ul>
<b>Coûts de la superstructure</b>	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La méthode classique avec la méthode des ratios.</li> <li>● Les modèles M2, M3, M4, M5 (Tab III-8).</li> </ul>
<b>Coûts des postes de dépense</b>	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La méthode classique avec la méthode des ratios.</li> </ul>

#### IV.4 : l'interface utilisateur

C'est la partie visuelle de l'application, elle constitue un lien entre l'utilisateur et la « boîte noire ». Cette interface se compose principalement de :

1. interface principale : (figure IV-3) composée de :
  - Menu Fichier : Nouveau projet, Ouvrir un projet, Evaluation des projets....
  - Menu Edition : Défaire, Refaire, couper, copier, coller....
  - Menu Données : Fondation, Surface escalier et terrasse, Données géométriques, Surfaces, Poteaux, Poutres, Voile, Boiserie.
  - Menu Prix unitaires : Avec des prix existants, Avec des nouveaux prix, Archiver les prix unitaires.
  - Menu Analyse : Etablir les rapports.
  - Menu Résultats : Rapport Fondation, Rapport Gros œuvre, Maçonnerie, Etanchéité, Rapport Revêtement, menuiserie, rapport Coût total estimé du projet
  - Menu aide : Aide, à propos.
2. fenêtres pour introduire les données. (figure IV-4 à IV-14).
3. fenêtres (pages) pour l'affichage des résultats.(figure IV-15).

Les figures qui suivent représentent les principales interfaces de l'application.



Figure IV.4 : Interface principale de l'application

**Données Générale du Projet**

Nom du projet

Nombre de logement

Nnombre d'étages

Nombre de logements/étage

Nombre de chaque type F1  F2  F3  F4

Type de contreventement

Type de fondation  H encrage

Figure IV.5 : Interface pour introduire les données générales du projet

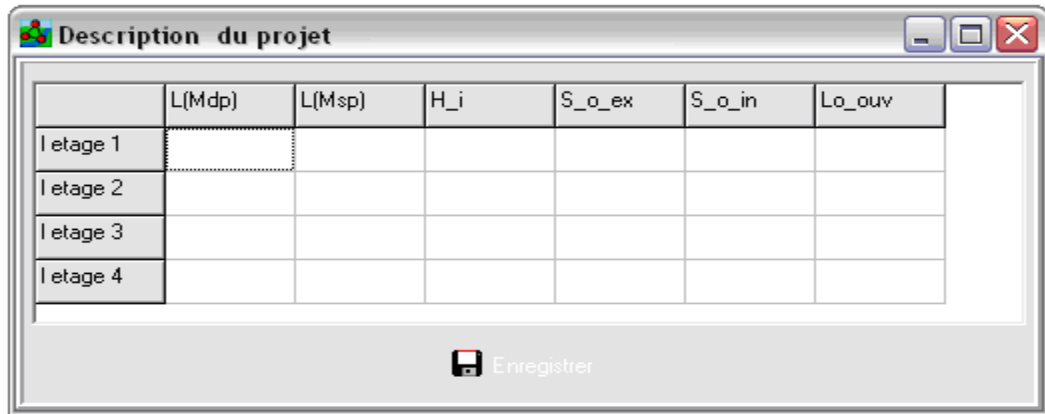


Figure IV.6 : Interface pour introduire la description du projet



Figure IV-7 : Interface pour introduire la description des logements

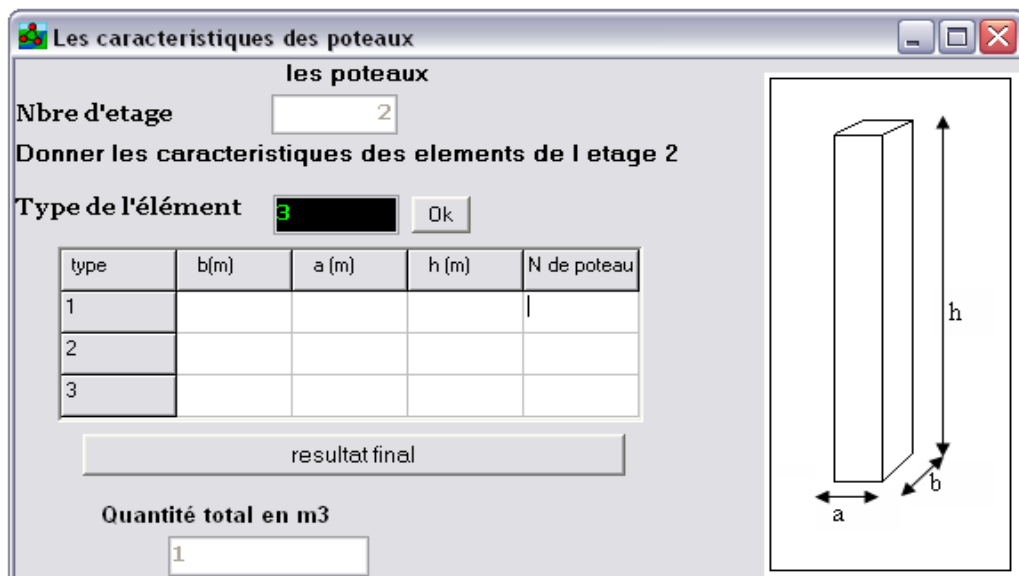


Figure IV-8 : Interface pour introduire les caractéristiques des Poteaux

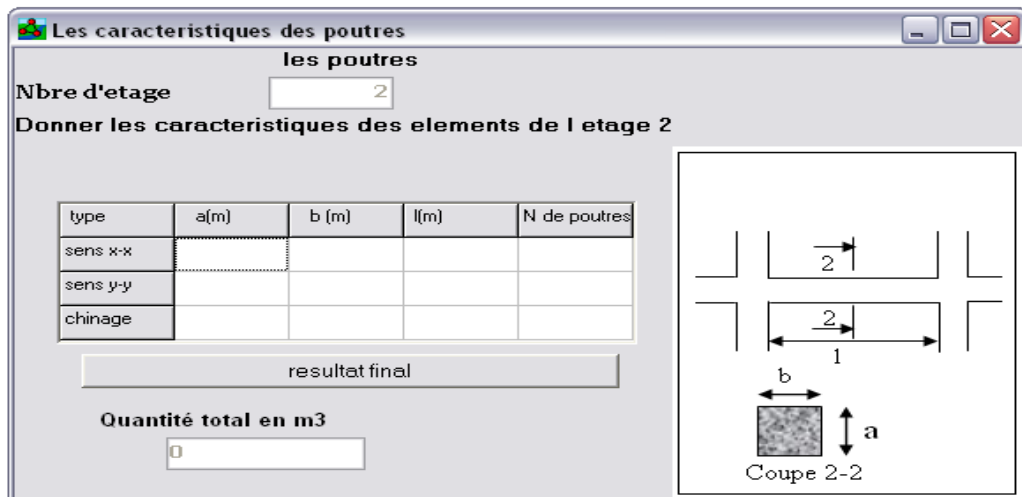


Figure IV-9 : Interface pour introduire les caractéristiques des Poutres

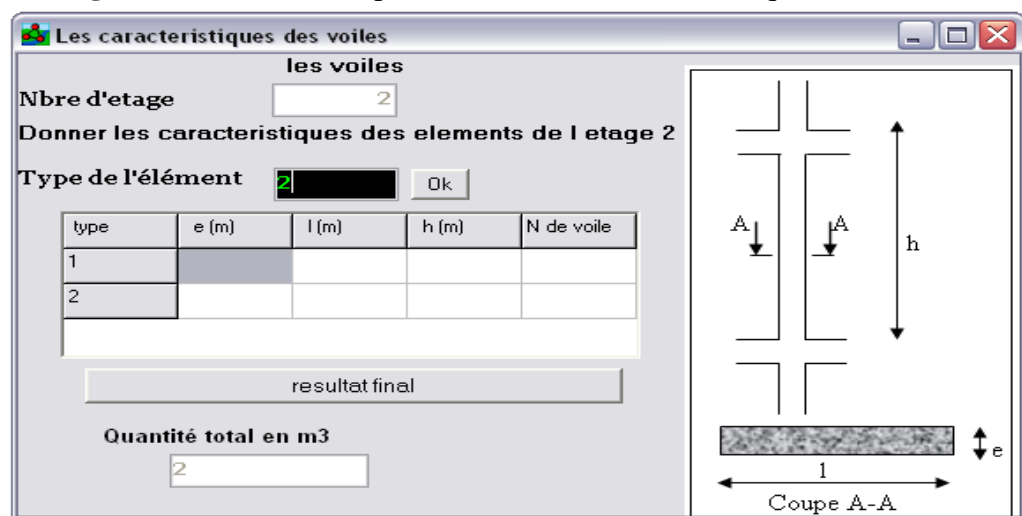


Figure IV-10 : Interface pour introduire les caractéristiques des Voiles

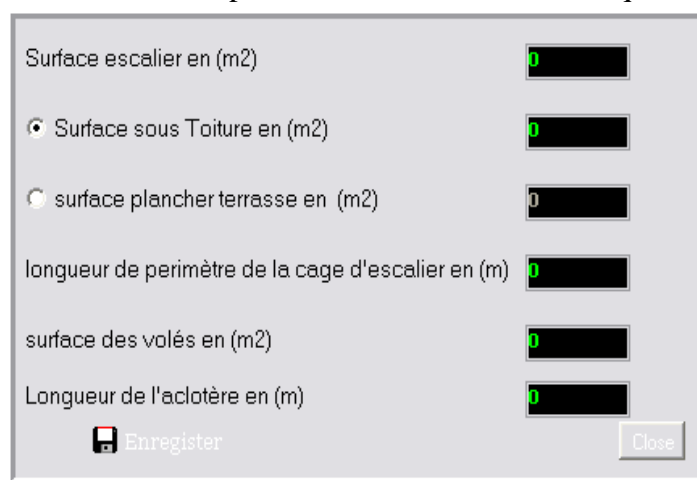


Figure IV-11 : Interface pour introduire les surfaces et les longueurs

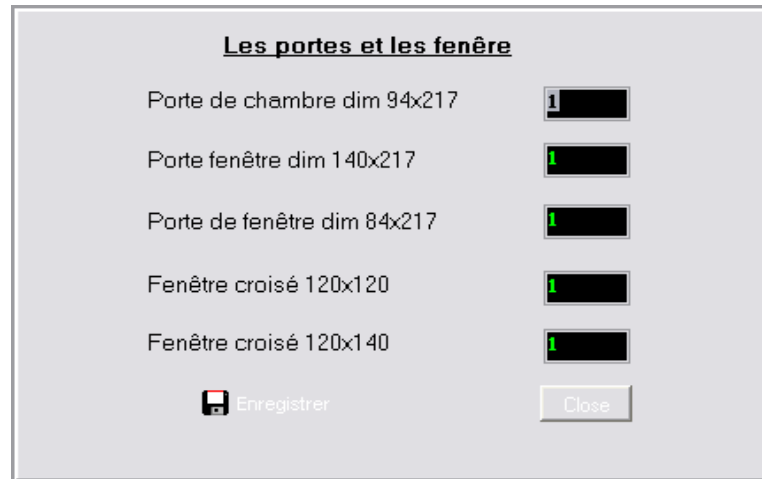


Figure IV-12 : Interface pour introduire les portes et les fenêtres

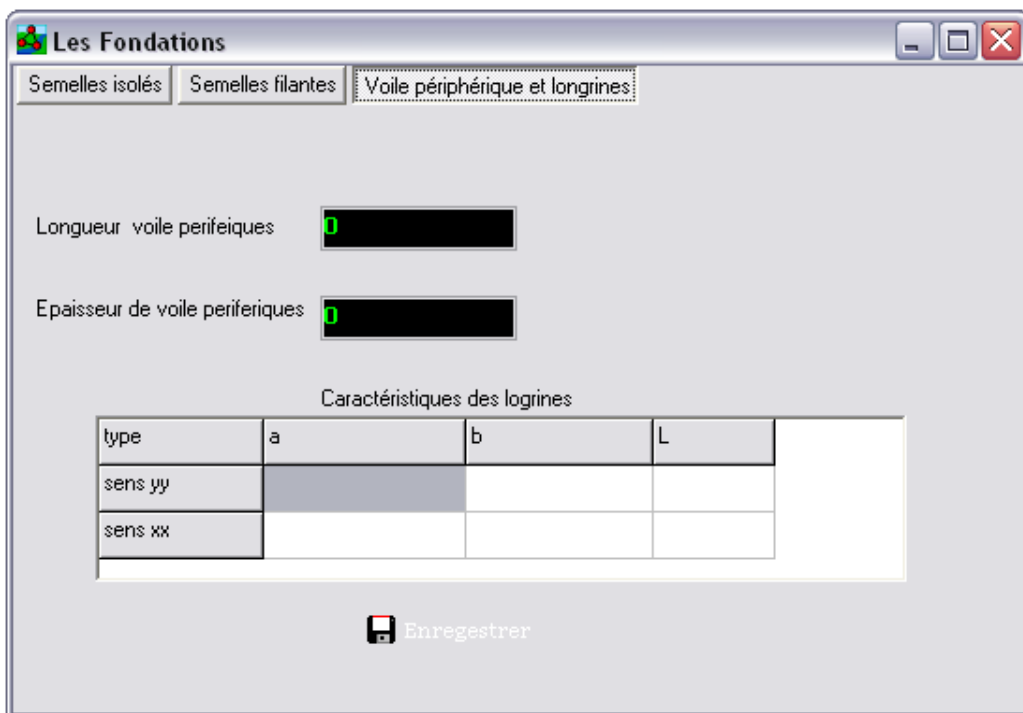


Figure IV-13 : Interface pour introduire les caractéristiques des Fondations



Figure IV-14 : Interface pour l'évaluation des projets

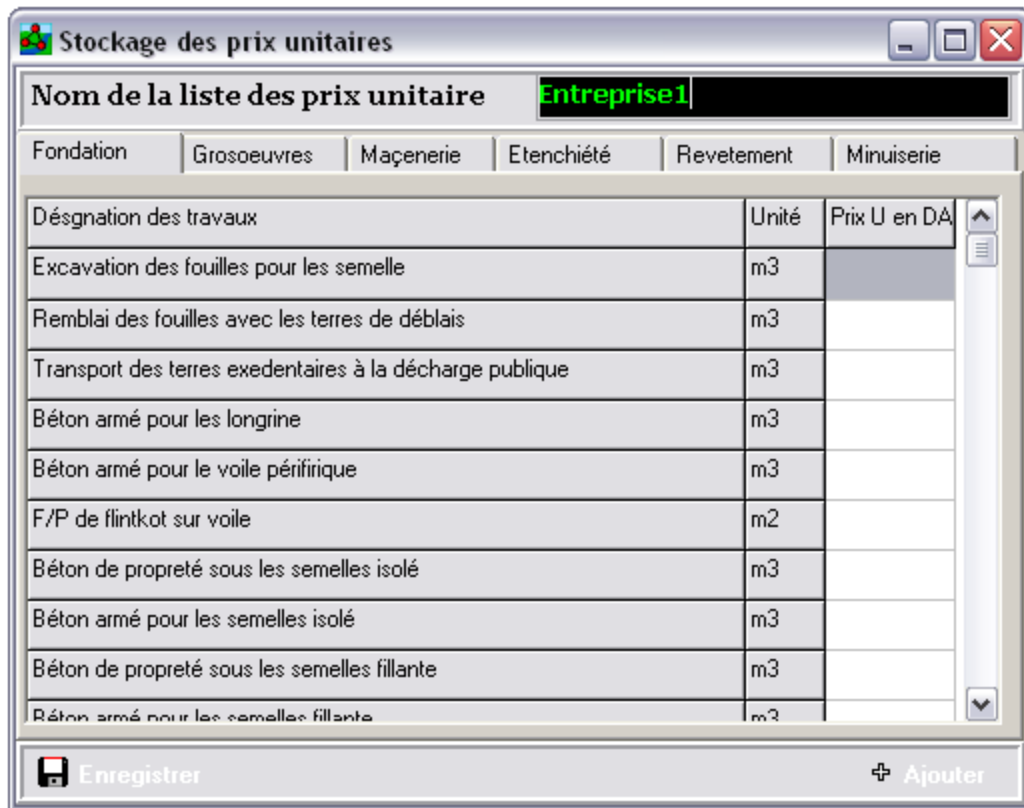


Figure IV-15 : Interface pour archiver les listes des prix unitaires

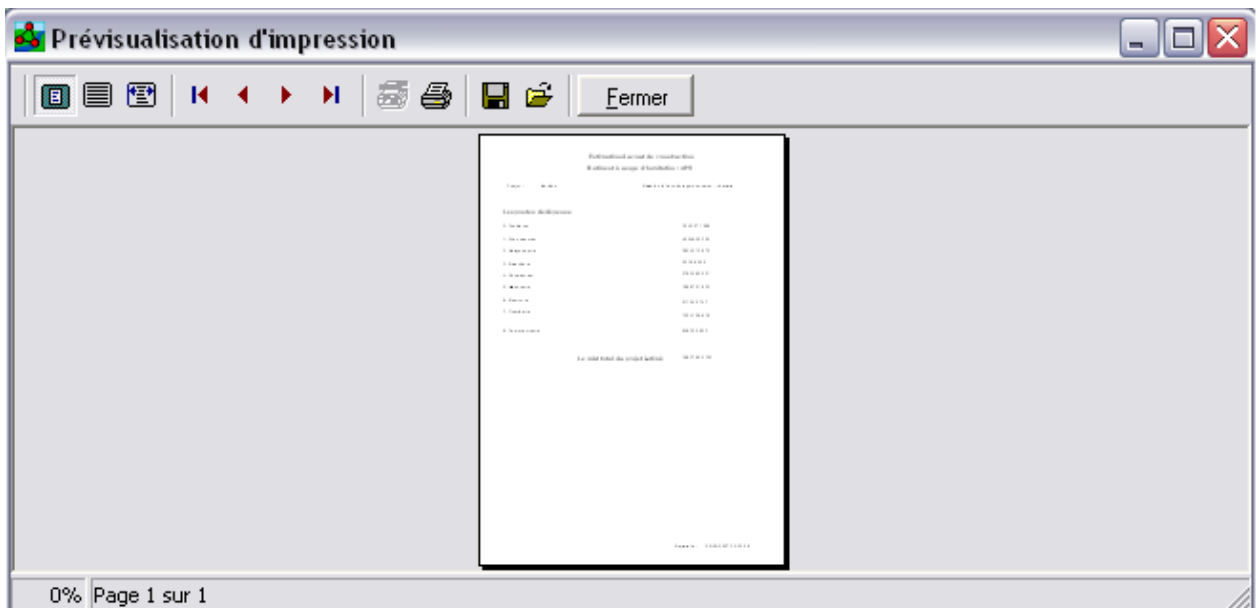


Figure IV-16 : Interface pour l'affichage des résultats



### IV.5 : Exemple d'application

Dans ce paragraphe nous exposons, un exemple d'application sur un cas réel, afin de tester la validation (la précision) de notre outil de calcul

Le cas réel étudié consiste en un projet de 30 logements sociaux faisant partie du programme national de l'année 2005. Le projet se situe dans la commune de KHERRATA, il se compose de deux blocs identiques (15 logement chacun) en quatre étages. Chaque bloc contient quatre logements par palier, sauf le dernier étage qui n'en contient que trois logements, la surface habitable total du projet est de 1774.05 m<sup>2</sup>.

Les vues en plans du projet nous a permis d'extraire les données nécessaires pour l'exécution de notre outil, les données extraites du projet et les vues en plans sont présentées à l'annexe I.

Dans le tableau IV-10, nous avons confronté les coûts réels du projet et les coûts estimés par notre outil.

On note que les coûts M1, M2, M3, M4 et M5 sont les coûts calculés par les modèles présentés dans le tableau III-8, les coûts de « MCR » sont les coûts calculés par la méthode classique et la méthode des ratios.

**Tab IV-13 :** Les coûts réels et les coûts estimés en DA.

Poste de dépense	Coût réel (CR)	MCR	M1	M2	M3	M4	M5
<b>Infrastructure</b>	5 061 470.42	4081142.14	/	/	/	/	/
<b>Gros oeuvre</b>	8 746 264.20	8029333.61	/	/	/	/	/
<b>Maçonnerie</b>	4 598 090.56	5982239.75	/	/	/	/	/
<b>Etanchéité</b>	1 070 600.00	58608.00	/	/	/	/	/
<b>Revêtement</b>	5 183 035.05	7289331.06	/	/	/	/	/
<b>Menuiserie</b>	3 000 910.00	3338051.64	/	/	/	/	/
<b>Electricité</b>	802 710.00	1019986.34	/	/	/	/	/
<b>Plomberie</b>	1 262 310.00	2002069.84	/	/	/	/	/
<b>Peinture vitreie</b>	1 111 662.30	1292747.55	/	/	/	/	/
<b>Coût superstructure</b>	25775582.1	29012367.8	/	36622766.2	32990727.1	32399120.3	31814624.1
<b>Coût total</b>	30837052.5	33093509.9	41505762.5	/	/	/	/

Tab IV-14 : Les erreurs entre les coûts réels et les coûts estimés.

Poste de dépense	Coût réel (CR)	MCR	M1	M2	M3	M4	M5
<b>Infrastructure</b>	5061470.42	-19.36%	/	/	/	/	/
<b>Gros oeuvre</b>	8746264.20	-8.19%	/	/	/	/	/
<b>Maçonnerie</b>	4598090.56	30.10%	/	/	/	/	/
<b>Etanchéité</b>	1070600.00	-94.52%	/	/	/	/	/
<b>Revêtement</b>	5183035.05	40.63%	/	/	/	/	/
<b>Menuiserie</b>	3000 910.00	11.23%	/	/	/	/	/
<b>Electricité</b>	802 710.00	27.06%	/	/	/	/	/
<b>Plomberie</b>	1 262310.00	58.60%	/	/	/	/	/
<b>Peinture vitrierie</b>	1 111662.30	16.28%	/	/	/	/	/
<b>Coût superstructure</b>	25775582.1	12.55%	/	42.08%	27.99%	25.69%	23.42%
<b>Coût total</b>	30837052.5	7.31%	34.60%	/	/	/	/

## IV-6 : analyse des résultats :

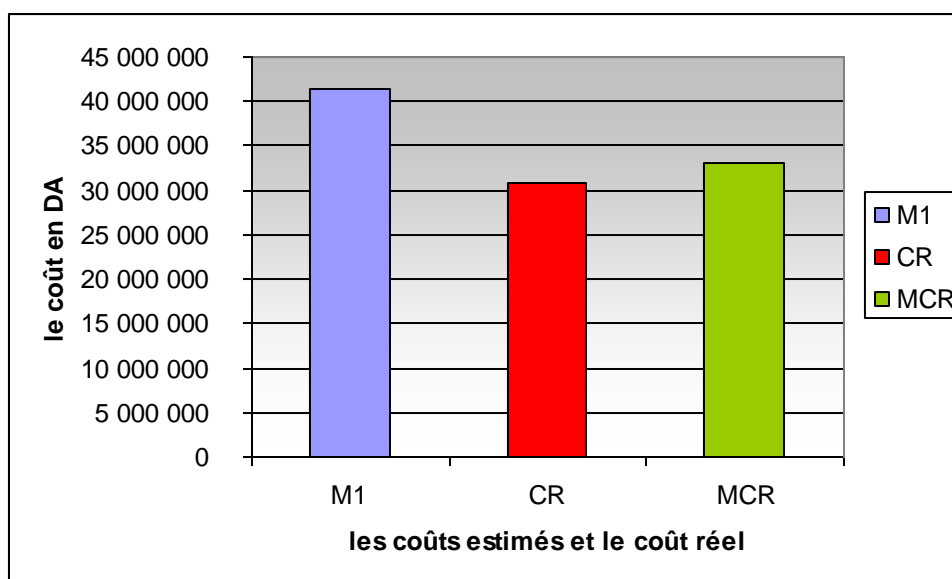
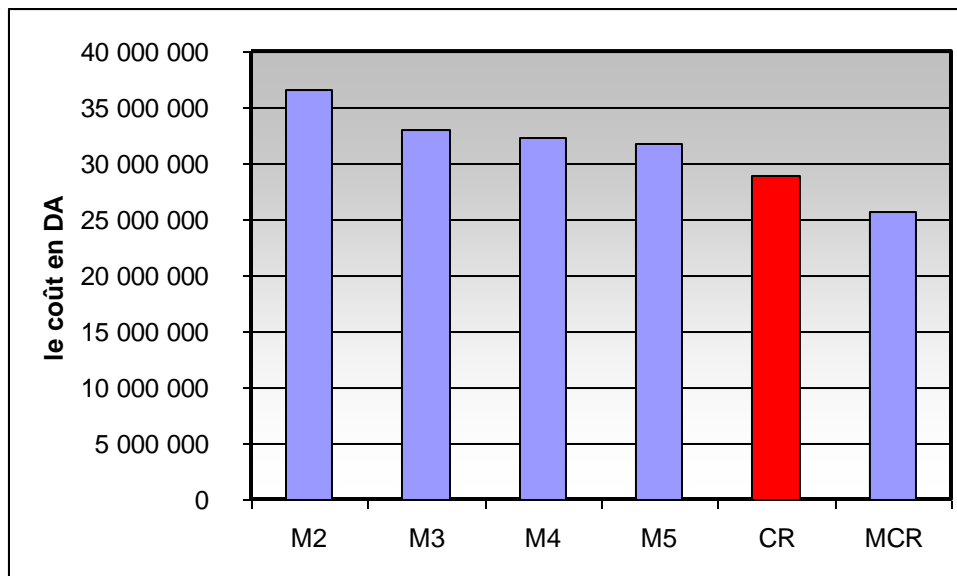


Figure IV-17 : Comparaison des différents coûts totaux du projet

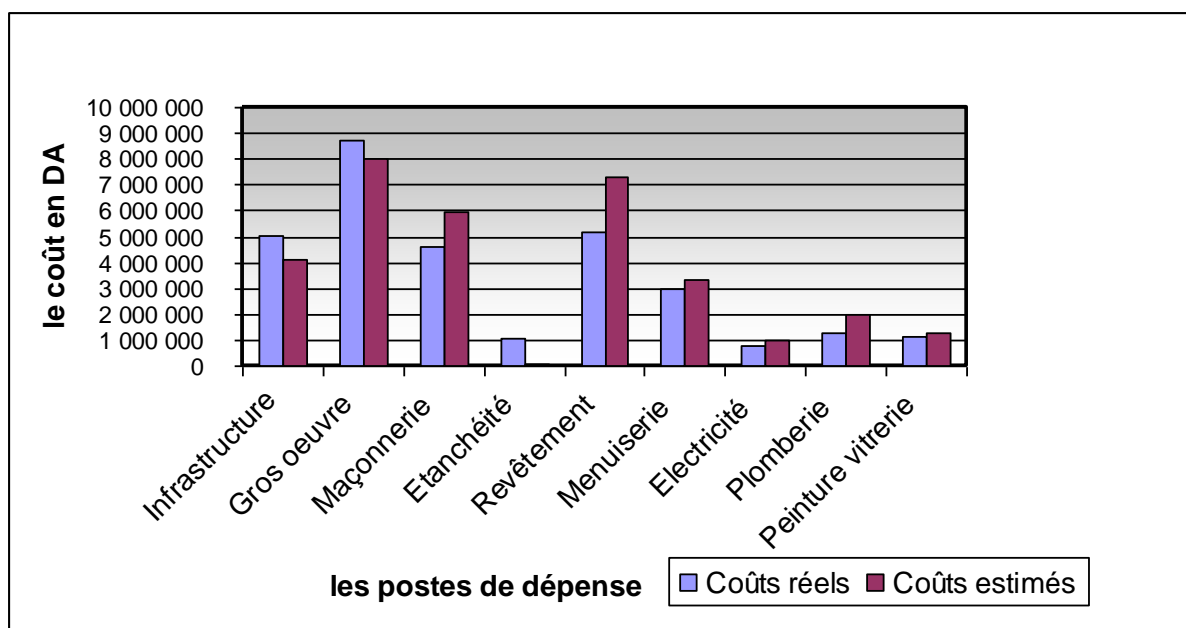
La représentation graphique des coûts totaux du projet estimés en utilisant le modèle d'évaluation M1, le coût de MCR et le coût réel du projet, montre la marge d'erreur entre coûts estimés et le coût total réel du projet. Il y a lieu de constater que la marge d'erreur dans le modèle M1 est plus grande que le modèle MCR. Cela résulte du fait que le modèle M1 utilise un seul paramètre décisionnel dans le calcul de coût total (la surface habitable), par contre le coût estimé de « MCR » utilise des paramètres quantitatifs de dépense réels du projet et des prix unitaires associés.

- ✓ L'erreur relative entre le coût total réel et le coût total du modèle M1, traduit le taux d'erreur relatif absolu moyen de ce dernier (indiqué dans le Tab III-7), évalué lors de l'élaboration du modèle.
- ✓ Puisque le coût total de MCR est estimé sur la base des paramètres quantitatifs de dépense et des prix unitaires associés (pour six postes de dépense les plus importants), et la méthode des ratios pour les autre postes de dépense secondaire, le coût total estimé de MCR est proche du coût total réel du projet, même cas pour le coût de la superstructure.



**Figure IV-18 :** Comparaison des coûts de la superstructure estimés et réels.

Dans cette figure, on remarque que le coût réel du projet est cerné par le coût estimé avec le modèle M5 et le coût estimé par MCR. La tendance des erreurs des modèles M2, M3, M4 et M5 traduit clairement la tendance des taux d'erreur relatif absolu moyen de ces derniers (indiqué dans le Tab III-7).



**Figure IV-19** : Comparaison des coûts par poste de dépense estimé (MCR) et réel.

Dans cette figure on remarque la tendance globale des coûts des postes dépense estimés, suit relativement la tendance du coût de poste de dépense réel.

- ✓ L'erreur du coût du poste de dépense « Etanchéité » est due essentiellement aux modifications apportées au projet au stade de l'A.P.D et l'étude. Nous signalons qu'au stade de l'A.P.S, tous les derniers planchers étaient sous toiture, par la suite au stade de l'A.P.D, une grande partie de toiture a été modifier en terrasse inaccessible, d'où un coût relativement important d'étanchéité terrasse s'impose, ce que explique l'écart entre le coût d'étanchéité estimé et réel.
- ✓ L'écart entre les coûts de poste de dépense « revêtement » estimé et réel, résulte de l'écart des quantités de sous poste de dépense « Revêtement vertical en carreaux de faïence », sachant que l'outil suppose pour le calcul de cette quantité, que les parois des cuisines et des sanitaires (SDB, CW) sont revêtis par des carreaux de faïence jusqu'à 2m de hauteur, contrairement à la réalité pour ce projet, pour des raisons économiques, chaque logement possède juste 10m<sup>2</sup> de Revêtement en carreaux de faïence distribués sur la cuisine et les sanitaire.
- ✓ L'erreur du coût du poste de dépense « fondation », traduit la difficulté du pré dimensionnement des fondations. Autrement dit, le dimensionnement des fondations dans la majorité des cas diffère du pré dimensionnement. Ce changement des dimensions des fondations est souvent dues à des contraintes de terrain et de sol imprévisibles au stade de l'A.P.S.

**Conclusion**

La réalisation d'un outil informatique nous a permis de mieux structurer les données nécessaires à l'évaluation du coût d'un projet à usage d'habitation au stade de l'avant projet sommaire, par les différentes méthodes et les différents modèles d'estimation établis.

Un teste sur la base d'un projet réel à été effectué. A cet effet, nous concluons que la méthode classique associée à la méthode des ratios est la plus significative, elle donne le plus petit taux d'erreur du coût total, ce dernier est de l'ordre de 7.31%, que nous jugeons très satisfaisant. Par contre cette méthode nécessite un nombre important des données extraites soigneusement des plans disponibles au stade de l'A.P.S.

**CONCLUSIONS  
ET  
PERSPECTIVES**

## Conclusion

Dans ce travail, nous avons d'abord exposé le critère économique et sa relation avec le bâtiment. L'importance de ce critère dans le processus de l'étude nous a conduit à définir et à analyser la fonction économique en tenant compte des paramètres déterminants dans l'évaluation du coût d'un bâtiment au niveau de chaque phase du processus et de la précision qui en découle.

Dans le but d'identifier les paramètres potentiels constituant la fonction économique et d'élaborer une base de données caractéristiques et descriptives des différents éléments d'un bâtiment, permettant d'étudier et d'analyser le coût, nous avons établi une description détaillée d'un ouvrage axée sur les deux aspects architectural et structural

Nous avons aussi analysé et exploité des données réelles de 10 projets effectifs. L'analyse et l'affinement des différentes données nous ont permis d'élaborer un certain nombre de modèles de calcul des coûts, en utilisant une étude de corrélation par régressions simple et multiple.

Un outil informatique sous DELPHI a été réalisé dans le but de manipuler les données nécessaires d'un projet quelconque (saisie, mise à jour, consultation, ...), à travers une « interface utilisateur » souple, et d'évaluer les différents coûts de construction au stade de l'avant projet sommaire. Sachant que les méthodes utilisées sont axées sur trois principes de calcul différents :

- ✓ Utilisation des paramètres quantitatifs de dépense et des prix unitaire associés (Méthode classique)
- ✓ Estimation des coûts de certains postes de dépense en fonction des autres coûts (Méthode de ratios)
- ✓ Utilisation des modèles des régressions élaborés à partir de l'analyse d'études de cas.

En dernier lieu, un teste d'application sur un cas réel a été réalisé. L'analyse des résultats obtenus a montré des degrés de validité (de précision) satisfaisants des méthodes utilisées.

Les modèles d'estimation des régressions représentent des taux d'erreur relativement élevés par rapport au taux d'erreur des coûts estimés par la méthode classique associée à la méthode des ratios ; cela résulte du faite que les modèles d'estimation utilisent un seul paramètre décisionnel (la surface habitable).

Et puisque les coûts estimés par la méthode classique associé à la méthode des ratios sont estimés sur la base des paramètres quantitatifs de dépense et des prix unitaires associés (pour six postes de dépense les plus importants), et la méthode des ratios pour les autre postes de dépense secondaire, le coût total et le coût de la superstructure estimés sont proche des coûts réels (taux d'erreur de coût total et de coût de la superstructure sont de l'ordre de 7.31% et 12.55% successivement).

Nous concluons que la méthode classique associée à la méthode des ratios est la plus significative. Elle donne le plus petit taux d'erreur du coût total et de la superstructure, que nous jugeons très satisfaisants. Par conséquent, cette méthode nécessite un nombre important de données extraites soigneusement des plans disponibles au stade de l'avant projet sommaire

En terme de perspectives, une grande partie du travail reste à effectuer, à savoir :

- Elaboration des modèles mathématiques nécessaires à l'évaluation des coûts de l'infrastructure en fonction des paramètres d'influence décisionnels. Cette évaluation ne peut se faire que sur la base de données disponibles suffisantes d'études réelles
- Affiner la méthode basée sur l'utilisation de ratios et l'extrapoler sur les autres postes de dépense (importants) non pris en compte dans notre étude faute de données disponibles.
- Amélioration de l'outil informatique réalisé en :
  - Intégrant d'autres modèles de calcul (qui devraient être élaborés à partir d'un nombre suffisant d'études réelles à données disponibles)
  - Créant des interfaces de communication avec les programmes et/ou les logiciels de conception assistée par ordinateur existants (outil réalisé au département de génie civil à l'université de Bejaia d'étude multicritère d'aide à la décision de ZADRI Saadi en 2005, AUTO CAD, ARCHI CAD...).



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Institut National de perfectionnement de l'équipement INPE 2001, « Maîtrise de l'ouvrage », Formation au profit des cadres du ministre de l'habitat.
- [2] Jacques DUFAU 1981, « Conception Assistée par Ordinateur, contribution à l'évaluation technique et économique de structure et second œuvre d'avant projets de bâtiments », Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et L'Université Claude Bernard LYON 1
- [3] P.LE BESNERAIS « Cours d'Economie Immobilière et Financière de la Construction », Unité pédagogique d'architecture de Lyon. Ecole nationale supérieure d'architecture de Lyon
- [4] Marc COLOMBARD-PROUT, Orlando CATARINA 2004, « Performances, durées de vie et durabilité des ouvrages et des produits de construction » journée d'information et d'échange, paris 30 novembre 2004.
- [5] A. S. Rakhra, 1980, « Le bâtiment et le coût global », Institut de Recherche en Construction, conseil national de recherche CANADA
- [6] P.A.STONE, 1976, « Building economy Design, production, and organisation », edition Pergamon Press.
- [7] ZADRI SAADI 2005, « Contribution à l'étude multicritère pour la conception d'un bâtiment à usage d'habitation », mémoire de magister, université de Bejaia.
- [8] Claude PAULOZ, Jacques LIEBENS, 1993, « l'étude des coûts et prix dans le bâtiment », EYROLLES Paris.
- [9] Roger GILLIARD, 1971, « coût des travaux de génie civil », DUNOD France.
- [10] Armelle BARATON, René BORDREAU, Dominique DURAND-PEREZ, Jacques HOVECK, Gilles JOUBLANT, Didier KLINKAMMER, Gabriel LARROSE, serge LEVASSEUR, Francis MATIN-LAVIGNE, 2004, « Réglementation et les exigences techniques compliment /mise à jour Août 2004 », Edition WEKA Paris.
- [11] Philippe RIGO, 2002, « L'OPTIMISATION DES STRUCTURES NAVALES minimisation du coût de construction de la coque métallique » Philippe RIGO Docteur Ingénieur, Maître de Recherche du Fond National de la Recherche Scientifique (FNRS), Université de liège Belgique.
- [12] Ali MESSABHIA, 1989, « Aide à la définition de la technologie et à la modélisation des ouvrages de structure dans un système de C.A.O bâtiment », thèse de doctorat, Université de Savoie de Chambéry.
- [13] Codes du Foncier et de l'Urbanisme 2001-2002 ; « Recueil de textes législatifs et Règlementaires de la république Algérienne », Edition Berti Alger.

- [14] Direction des programmes d'habitat et de la promotion immobilière, 2001, « Prescriptions fonctionnelles et techniques », Journal Officiel de la République Algérienne N°52. 16 septembre 2001.
- [15] Ministère de l'habitat, 2003, « Document Technique Réglementaire DTR BC 2 48 ; Règles Parasismiques Algériennes RPA99/ version 2003 ».
- [16] Control Technique de Construction centre, 2005, « Guide d'utilisation à l'usage des ingénieurs, Règles parasismique algériennes RPA 99-2003 pour structures en béton armé », Edition D.R.I.F Alger.
- [17] Gerard KARSENTY : La fabrication du bâtiment : le gros œuvre, Tome 1 ; Edition EYROLLES. 2001
- [18] Gerard KARSENTY, 2001, « La fabrication du bâtiment : Le second œuvre, Tome2 », Edition EYROLLES Paris.
- [19] R. DELEBECQUE, 1990, « Techniques et Normalisation ; Elément de construction », Edition Delagrave, Paris.
- [20] Michel Creusé, 1997, « Techniques du bâtiment ; Matériaux & Composants Gros œuvre », Edition Delagrave, Paris.
- [21] Règles BAEL 91 (Béton Armé aux Etats Limite), modifiées 99, Règle technique de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode de états limite, EYROLLES, paris 2001
- [22] Ministère de l'habitat, 1994, « Règles de conception et calcul des structures en béton armé CBA 93 », Génie Parasismique.
- [23] Agence d'Amélioration et de Développement du Logement (AADL de Bejaia), Office (OPGI de Bejaia), 2005 à 2006 « Document et dossier de 10 études de cas réels ».
- [24] HADOUMI Intissar, ELYOUSFI hanane , 2004, « Estimation du coût d'un bâtiment à usage service », Rapport de stage parrainage, Caisse de Dépôt et Gestion (CDG) Maroc.
- [25] Yadolah DODGE, 1999, « Analyse de régression appliquée », DUNOD paris.
- [26] KHALED, KHALDI, 2005, « Méthodes statistiques, rappels de cours, exercices corrigés », Office des publications universitaires Alger.
- [27] Gwang-Hee Kim, Jie-Eon Yoon, Sung-Hoon An, Hun-Hee Cho, Kyung-In Kang , 2004, « Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction costs » ELSEVIER.
- [28] les cahiers du savoir, 2002, « Introduction aux systèmes d'information », Edition Page Bleus, Alger.
- [29] Pierre-Jean BELLA VOINE, 2003, « DELPHI 7 », DUNOD Paris.

# **Annexe I**

## **Exemple d'Application**

-----**Notice des données de l'exemple de l'application**-----Nom du projet : **30logts**Nombre de logement : **15**Nombre d'étage : **4**Nombre de logements par étage : **4**Nombre de chaque type F1 : **0** F2 : **8** F3 : **7** F4 : **0**Type de contreventement : (**portique autostable** ; mixte voile portique ; contreventement par voile)Type de fondation : (**semelles isolées** ; semelles filantes ; mixte filante isolé ; radier)Hauteur d'encrage des fondations : **1.5**

## -----description du projet-----

Longueurs cumulées des murs en double parois par étage : **123.29 / 123.29 / 123.29 / 98.9**Longueurs cumulées des murs en simple paroi par étage : **89.24 / 89.24 / 89.24 / 73.0**La hauteur de chaque étage : **2.89 / 2.89 / 2.89 / 2.89**Les surfaces cumulées des ouvertures extérieures par étage : **34.9 / 34.9 / 34.9 / 28.07**Les surfaces cumulées des ouvertures intérieures par étage : **32.8 / 32.8 / 32.8 / 25.52**Les longueurs cumulées des ouvertures par étage : **34.32 / 34.32 / 34.32 / 29.96**

## -----description du logement-----

Surface de cuisine de chaque variante : **9.36 / 8.15 / 10.27**Surface de salle de bain de chaque variante : **3.02 / 2.08 / 3.02**Surface de toilette (CW) de chaque variante : **1.60 / 1.47 / 1.50**Périmètre de cuisine de chaque variante : **12.3 / 11.5 / 13.30**Périmètre de salle de bain de chaque variante : **6.92 / 6.10 / 6.90**Périmètre de toilette (CW) de chaque variante : **5.35 / 5.05 / 5.30**La surface hors œuvre de chaque variante : **71.94 / 59.67 / 74.0**Nombre de chaque variante dans tout le bâtiment : **6 / 7 / 2**La hauteur de chaque variante : **2.89 / 2.89 / 2.89**Longueur des gardes corps pour les balcons dans chaque variante : **5.40 / 7.30 / 8.20***Les caractéristiques des poteaux de chaque étage :*Nombre de type (par géométrie) des poteaux dans chaque étage : **01**Longueur ; largeur ; hauteur & nombre dans chaque étage : **0.30 / 0.40 / 2.89 / 30***Les caractéristiques des poutres de chaque étage :*

Longueur ; largeur ; hauteur &amp; nombre dans chaque sens et même pour le chaînage s'ils existent :

**0.35 / 0.30 / 48.55 / 2****0.40 / 0.30 / 45.10 / 2** pour le 1, 2 & 3 étage**0.30 / 0.30 / 29.55 / 1****0.35 / 0.30 / 41.55 / 2****0.40 / 0.30 / 35.0 / 2** pour l'étage 4**0.30 / 0.30 / 21.10 / 1***Les caractéristiques des dalles plaines et des planchers de chaque étage :*

Épaisseur &amp; surfaces cumulées des dalles plaines pour chaque étage :

Surface totale du plancher pour chaque étage :

**0.15 / 13.84 / 332.85****0.15 / 13.84 / 332.85**

**0.15 / 13.84 / 332.85**

**0.15 / 51.09 / 271.07**

*Les surfaces*

Surface d'escalier : **16.45**

Surface sous toiture : **332.85**

Surface plancher terrasse : **0**

Longueur de périmètre de la cage d'escalier : **16.68**

Surface des volés : **6.60**

Longueur cumulés de l'acrotère : **0**

-----Les portes & les fenêtres-----

Porte de chambre dans tout le bâtiment : **23**

Porte fenêtre 140x217 dans tout le bâtiment : **7**

Porte fenêtre 84x217 dans tout le bâtiment : **23**

Fenêtre croisée 120x120 dans tout le bâtiment : **23**

Fenêtre croisée 120x140 dans tout le bâtiment : **31**

**Les fondations :**

*Voile périphérique & longrine :*

Longueur du voile périphérique : **72.89**

Epaisseur du voile périphérique : **0.2**

Largeur ; hauteur; longueur des longrines dans les deux sens :

**0.30 / 0.30 / 126.65**

**0.30 / 0.30 / 90.2**

*Semelles isolées :*

Nombre de type (par géométrie) de semelle isolé :

Longueur ; Largeur ; hauteur de la semelle pour chaque type :

**1.2 / 1.6 / 0.35 / 4**

**1.3 / 1.7 / 0.40 / 1**

**1.5 / 1.9 / 0.45 / 3**

**1.6 / 2.1 / 0.50 / 2**

**1.8 / 2.4 / 0.55 / 6**

**1.9 / 2.5 / 0.55 / 4**

**2.0 / 2.6 / 0.60 / 8**

**2.1 / 2.7 / 0.60 / 2**

-----  
**Fiche des prix unitaires :**  
 -----

<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Prix unitaire en DA</b>
<b>Gros oeuvre</b>		
Béton armé pour les poteaux	M3	17000
Béton armé pour les voiles	M3	17000
Béton armé pour les poutres	M3	17000
Béton armé pour escalier	M3	17000
Béton armé pour les dalles pleines	M3	17000
Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre	M3	17000
Plancher a corps creux	M2	1300
Béton armé pour l'acrotère	M3	17000
<b>Maçonnerie</b>		
Maçonnerie en double paroi de brique	M2	1200
Maçonnerie en simple paroi de brique	M2	650
Potager de cuisine en maçonnerie dim 200x60	U	3000
Conduite de fumée type shunt	M1	1000
Souche de cheminée en terrasse	U	2500
Toiture	M2	2700
<b>Etanchéité</b>		
Etanchéité terrasse	M2	2170
relevé d'étanchéité sur acrotère	M1	400
Etanchéité sous carrelage pour cuisine WC et SDB	M2	150
<b>Revêtement des parois</b>		
Revêtement de sol en carreau granito	M2	700
Revêtement en carreau faïence blanche	M2	900
Revêtement pour les c/marches	U	1200
Revêtement pour les marches	U	1200
Plinthes de terre cuite vernissée de 20/10	M1	160
Enduit en mortier de ciment sur parois des locaux sanitaires	M2	240
Enduit en plâtre sur murs intérieurs et plafonds	M2	230
Enduit en mortier de ciment en 02 couches sur murs extérieurs	M2	250
<b>Menuiserie</b>		
Ensemble placards P/potager à 4 portes 200x70	U	2000
Porte de gaine technique dim 60x217	U	2500
Porte palière pleine en bois rouge dim 104x217	U	9500
Porte de chambre dim 94x217	U	5500
Porte de cuisine dim 84x217	U	5000
Porte de SDB dim 84x217	U	5000
Porte de WC dim 74x217	U	4500
Porte pour le séjour dim 130x217	U	6000
Porte fenêtre dim 140x217	U	13000
Porte fenêtre dim 84x217	U	10000
Fenêtre croisée dim 120x120	U	5500

Boites aux lettre	U	1000
Fenêtre croisée dim 120x140	U	11000
Porte d'entrée principale à deux vantaux dim 240x250	U	7000
Garde corps d'escalier 80cm d'hauteur	M1	1800
Garde corps pour les balcons	M1	1800
<b>Fondation</b>		
Excavation des fouilles pour les semelles	M3	250
Remblai des fouilles avec les terres de déblais	M3	200
Transport des terres excédentaires à la décharge publique	M3	200
Béton armé pour les longrines	M3	16500
Béton armé pour le voile périphérique	M3	16800
F/P de flint kot sur voile	M2	60
Béton de propreté	M3	4000
Béton armé pour les semelles	M3	16800
Béton armé pour les avants poteau	M3	16800
Béton armé pour les avants voiles	M3	16800

**Les Coûts réels des postes de dépense (30 logts Kherrata):**

<b>Poste de dépense</b>	<b>Coût de chaque poste</b>
<b>Infrastructure</b>	<b>5 061 470.42</b>
<b>Gros oeuvre</b>	<b>8 746 264.20</b>
<b>Maçonnerie</b>	<b>4 598 090.56</b>
<b>Etanchéité</b>	<b>1 070 600.00</b>
<b>Revêtement</b>	<b>5 183 035.05</b>
<b>Menuiserie</b>	<b>3 000 910.00</b>
<b>Electricité</b>	<b>802 710.00</b>
<b>Plomberie</b>	<b>1 262 310.00</b>
<b>Penture vitrerie</b>	<b>1 111 662.30</b>
<b>Total</b>	<b>30 837 052.53</b>





# **Annexe II**

**Description des Tables de la base de données**

**Annexe II** : description des Tables de la base de données.

## 1. Table descriptive du projet.

Nom de la table	Nom du champ	Type du champ	Description du champ
2  Projet	n_p	Texte	Nom de projet
	n_logts	Numérique	Nombre de logement
	n_etage	Numérique	Nombre d'étage
	n_lo_et	Numérique	Nombre de logement par étage
	npch	Numérique	Nombre de porte de chambre
	npfg	Numérique	Nombre de porte de fenêtre 140x217
	npfp	Numérique	Nombre de porte de fenêtre 90x217
	nf	Numérique	Nombre de fenêtre 120x120
	L_BL	Numérique	Longueur de garde de corps pour les balcon
	f1	Numérique	Nombre de logement type F1
	t_contreventement	Texte	Type de contreventement
	f2	Numérique	Nombre de logement type F2
	f3	Numérique	Nombre de logement type F3
	f4	Numérique	Nombre de logement type F4
	h_en	Numérique	La hauteur d'encrage des fondations
t_f	Texte	Type de fondation	
Nf140	Numérique	Nombre de fenêtre 120x140	

## 2. Table descriptive des surfaces.

Nom de la table	Nom du champ	Type du champ	Description du champ
Surface	s_es	Numérique	Surface de la cage d'escalier
	s_toi	Numérique	Surface sous toiture
	s_ter	Numérique	Surface terrasse
	s_vol	Numérique	Surface des volés dans un étage
	lpesc	Numérique	Longueur du périmètre de la cage d'escalier
	lpt	Numérique	Longueur du périmètre terrasse

## 3. Table descriptive des prix unitaires.

Nom de la table	Nom du champ	Type du champ	Description du champ
Prix unitaire	1_1	Numérique	Béton armé pour les poteaux
	1_2	Numérique	Béton armé pour les voiles
	1_3	Numérique	Béton armé pour les poutres
	1_4	Numérique	Béton armé pour escalier
	1_5	Numérique	Béton armé pour les dalles pleines
	1_6	Numérique	Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre
	1_7	Numérique	Plancher a corps creux
	1_8	Numérique	Béton armé pour l'acrotère
	2_1	Numérique	Maçonnerie en double paroi de brique
	2_2	Numérique	Maçonnerie en simple paroi de brique
	2_3	Numérique	Potager de cuisine en maçonnerie dim 200x60
	2_4	Numérique	Conduite de fumée type shunt
	2_5	Numérique	Souche de cheminée en terrasse
	2_6	Numérique	Toiture
	3_1	Numérique	Etanchéité terrasse
	3_2	Numérique	relevé d'étanchéité sur acrotère
	3_3	Numérique	Etanchéité sous carrelage pour cuisine WC et SDB
	4_1	Numérique	Revêtement de sol en carreau granito
	4_2	Numérique	Revêtement en carreau faïence blanche
	4_3	Numérique	Revêtement pour les c/marches
	4_3b	Numérique	Revêtement pour les marches
	4_4	Numérique	Plinthes de terre cuite vernissée de 20/10
	4_5	Numérique	Enduit en mortier de ciment sur parois des locaux sanitaires
	4_6	Numérique	Enduit en plâtre sur murs intérieurs et plafonds
	4_7	Numérique	Enduit en mortier de ciment en 02 couches sur murs extérieurs
	5_1_1	Numérique	Ensemble placards P/potager à 4 portes 200x70
	5_1_2	Numérique	Porte de gaine technique dim 60x217
	5_1_3	Numérique	Porte palière pleine en bois rouge dim 104x217
	5_1_4	Numérique	Porte de chambre dim 94x217
	5_1_5	Numérique	Porte de cuisine dim 84x217
	5_1_6	Numérique	Porte de SDB dim 84x217
	5_1_7	Numérique	Porte de WC dim 74x217
	5_1_8	Numérique	Porte pour le séjour dim 130x217
	5_1_9	Numérique	Porte fenêtre dim 140x217
	5_1_10	Numérique	Porte fenêtre dim 84x217
	5_1_11	Numérique	Fenêtre croisée dim 120x120
	5_1_12	Numérique	Boîtes a lettre
	5_1_13	Numérique	Fenêtre croisée dim 120x140
	5_2_1	Numérique	Porte d'entrée principale à deux vantaux dim 240x250
	5_2_2	Numérique	Garde corps d'escalier 80cm d hauteur
	5_2_3	Numérique	Garde corps pour les balcons
	0_1	Numérique	Excavation des fouilles pour les semelles
0_2	Numérique	Remblai des fouilles avec les terres de déblais	
0_3	Numérique	Transport des terres exentérations à la décharge publique	

0_4	Numérique	Béton armé pour les longrines
0_5	Numérique	Béton armé pour le voile périphérique
0_6	Numérique	F/P de flint kot sur voile
0_7	Numérique	Béton de propreté
0_8	Numérique	Béton armé pour les semelles
0_9	Numérique	Béton de propreté sous les semelles filantes
0_10	Numérique	Béton armé pour les semelles filantes
0_11	Numérique	Béton armé pour les poutres de rigidité
0_12	Numérique	Béton de propreté sous le radier
0_13	Numérique	Béton armé pour les poutres de rigidité
0_14	Numérique	Béton armé pour le radier
0_15	Numérique	Béton armé pour les avants poteau
0_16	Numérique	Béton armé pour les avants voiles
v11	Numérique	Béton armé pour les voiles (bâtiment en voile)
v12	Numérique	Béton armé pour poutres (bâtiment en voile)
v13	Numérique	Béton armé pour les poteaux (bâtiment en voile)
v14	Numérique	Béton armé pour escalier (bâtiment en voile)
v15	Numérique	Béton armé pour les Dalle pleines(les plancher bâtiment en voile)
v16	Numérique	Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre (bâtiment en voile)
v17	Numérique	Béton armé pour l'Acrotère(bâtiment en voile)
v21	Numérique	Maçonnerie en double paroi de brique (bâtiment en voile)
v22	Numérique	Maçonnerie en simple paroi de brique (bâtiment en voile)
v23	Numérique	Habillage en brique creuse de 5cm (bâtiment en voile)
v24	Numérique	Potager de cuisine en maçonnerie dim 200 x 60 (bâtiment en voile)
v25	Numérique	Conduite de fumée type shunt (bâtiment en voile)
v26	Numérique	Souche de cheminée en terrasse (bâtiment en voile)

## 4. Table descriptive des quantités.

Nom de la table	Nom du champ	Type du champ	Description du champ
Quantité	q1_1	Numérique	Béton armé pour les poteaux
	q1_2	Numérique	Béton armé pour les voiles
	q1_3	Numérique	Béton armé pour les poutres
	q1_4	Numérique	Béton armé pour escalier
	q1_5	Numérique	Béton armé pour les dalles pleines
	q1_6	Numérique	Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre
	q1_7	Numérique	Plancher a corps creux
	q1_8	Numérique	Béton armé pour l'acrotère
	q2_1	Numérique	Maçonnerie en double paroi de brique
	q2_2	Numérique	Maçonnerie en simple paroi de brique
	q2_3	Numérique	Potager de cuisine en maçonnerie dim 200x60
	q2_4	Numérique	Conduite de fumée type shunt
	q2_5	Numérique	Souche de cheminée en terrasse
	q2_6	Numérique	Toiture
	q3_1	Numérique	Etanchéité terrasse
	q3_2	Numérique	relevé d'étanchéité sur acrotère
	q3_3	Numérique	Etanchéité sous carrelage pour cuisine WC et SDB
	q4_1	Numérique	Revêtement de sol en carreau granito
	q4_2	Numérique	Revêtement en carreau faïence blanche
	q4_3	Numérique	Revêtement pour les c/marches
	q4_3b	Numérique	Revêtement pour les marches
	q4_4	Numérique	Plinthes de terre cuite vernissée de 20/10
	q4_5	Numérique	Enduit en mortier de ciment sur parois des locaux sanitaires
	q4_6	Numérique	Enduit en plâtre sur murs intérieurs et plafonds
	q4_7	Numérique	Enduit en mortier de ciment en 02 couches sur murs extérieurs
	q5_1_1	Numérique	Ensemble placards P/potager à 4 portes 200x70
	q5_1_2	Numérique	Porte de gaine technique dim 60x217
	q5_1_3	Numérique	Porte palière pleine en bois rouge dim 104x217
	q5_1_4	Numérique	Porte de chambre dim 94x217
	q5_1_5	Numérique	Porte de cuisine dim 84x217
	q5_1_6	Numérique	Porte de SDB dim 84x217
	q5_1_7	Numérique	Porte de WC dim 74x217
	q5_1_8	Numérique	Porte pour le séjour dim 130x217
	q5_1_9	Numérique	Porte fenêtre dim 140x217
	q5_1_10	Numérique	Porte fenêtre dim 84x217
	q5_1_11	Numérique	Fenêtre croisée dim 120x120
	q5_1_12	Numérique	Boîtes a lettre
	q5_1_13	Numérique	Fenêtre croisée dim 120x140
	q5_2_1	Numérique	Porte d'entrée principale à deux vantaux dim 240x250
	q5_2_2	Numérique	Garde corps d'escalier 80cm d hauteur
	q5_2_3	Numérique	Garde corps pour les balcons
	q0_1	Numérique	Excavation des fouilles pour les semelles
q0_2	Numérique	Remblai des fouilles avec les terres de déblais	
q0_3	Numérique	Transport des terres exentérations à la décharge publique	

q0_4	Numérique	Béton armé pour les longrines
q0_5	Numérique	Béton armé pour le voile périphérique
q0_6	Numérique	F/P de flint kot sur voile
q0_7	Numérique	Béton de propreté
q0_8	Numérique	Béton armé pour les semelles
q0_9	Numérique	Béton de propreté sous les semelles filantes
q0_10	Numérique	Béton armé pour les semelles filantes
q0_11	Numérique	Béton armé pour les poutres de rigidité
q0_12	Numérique	Béton de propreté sous le radier
q0_13	Numérique	Béton armé pour les poutres de rigidité
q0_14	Numérique	Béton armé pour le radier
q0_15	Numérique	Béton armé pour les avants poteau
q0_16	Numérique	Béton armé pour les avants voiles
qv11	Numérique	Béton armé pour les voiles (bâtiment en voile)
qv12	Numérique	Béton armé pour poutres (bâtiment en voile)
qv13	Numérique	Béton armé pour les poteaux (bâtiment en voile)
qv14	Numérique	Béton armé pour escalier (bâtiment en voile)
qv15	Numérique	Béton armé pour les Dalle pleines(les plancher bâtiment en voile)
qv16	Numérique	Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre (bâtiment en voile)
qv17	Numérique	Béton armé pour l' Acrotère (bâtiment en voile)
qv21	Numérique	Maçonnerie en double paroi de brique (bâtiment en voile)
qv22	Numérique	Maçonnerie en simple paroi de brique (bâtiment en voile)
qv23	Numérique	Habillage en brique creuse de 5cm (bâtiment en voile)
qv24	Numérique	Potager de cuisine en maçonnerie dim 200 x 60 (bâtiment en voile)
qv25	Numérique	Conduite de fumée type shunt (bâtiment en voile)
qv26	Numérique	Souche de cheminée en terrasse (bâtiment en voile)

## 5. Table descriptive des montants.

Nom de la table	Nom du champ	Type du champ	Description du champ
Montant	r1_1	Numérique	Béton armé pour les poteaux
	r1_2	Numérique	Béton armé pour les voiles
	r1_3	Numérique	Béton armé pour les poutres
	r1_4	Numérique	Béton armé pour escalier
	r1_5	Numérique	Béton armé pour les dalles pleines
	r1_6	Numérique	Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre
	r1_7	Numérique	Plancher a corps creux
	r1_8	Numérique	Béton armé pour l'acrotère
	r2_1	Numérique	Maçonnerie en double paroi de brique
	r2_2	Numérique	Maçonnerie en simple paroi de brique
	r2_3	Numérique	Potager de cuisine en maçonnerie dim 200x60
	r2_4	Numérique	Conduite de fumée type shunt
	r2_5	Numérique	Souche de cheminée en terrasse
	r2_6	Numérique	Toiture
	r3_1	Numérique	Etanchéité terrasse
	r3_2	Numérique	relevé d'étanchéité sur acrotère
	r3_3	Numérique	Etanchéité sous carrelage pour cuisine WC et SDB
	r4_1	Numérique	Revêtement de sol en carreau granito
	r4_2	Numérique	Revêtement en carreau faïence blanche
	r4_3	Numérique	Revêtement pour les c/marches
	r4_3b	Numérique	Revêtement pour les marches
	r4_4	Numérique	Plinthes de terre cuite vernissée de 20/10
	r4_5	Numérique	Enduit en mortier de ciment sur parois des locaux sanitaires
	r4_6	Numérique	Enduit en plâtre sur murs intérieurs et plafonds
	r4_7	Numérique	Enduit en mortier de ciment en 02 couches sur murs extérieurs
	r5_1_1	Numérique	Ensemble placards P/potager à 4 portes 200x70
	r5_1_2	Numérique	Porte de gaine technique dim 60x217
	r5_1_3	Numérique	Porte palière pleine en bois rouge dim 104x217
	r5_1_4	Numérique	Porte de chambre dim 94x217
	r5_1_5	Numérique	Porte de cuisine dim 84x217
	r5_1_6	Numérique	Porte de SDB dim 84x217
	r5_1_7	Numérique	Porte de WC dim 74x217
	r5_1_8	Numérique	Porte pour le séjour dim 130x217
	r5_1_9	Numérique	Porte fenêtre dim 140x217
	r5_1_10	Numérique	Porte fenêtre dim 84x217
	r5_1_11	Numérique	Fenêtre croisée dim 120x120
	r5_1_12	Numérique	Boites a lettre
	r5_1_13	Numérique	Fenêtre croisée dim 120x140
	r5_2_1	Numérique	Porte d'entrée principale à deux vantaux dim 240x250
	r5_2_2	Numérique	Garde corps d'escalier 80cm d hauteur
r5_2_3	Numérique	Garde corps pour les balcons	
r0_1	Numérique	Excavation des fouilles pour les semelles	
r0_2	Numérique	Remblai des fouilles avec les terres de déblais	
r0_3	Numérique	Transport des terres exedentaires à la décharge publique	

r0_4	Numérique	Béton armé pour les longrines
r0_5	Numérique	Béton armé pour le voile périphérique
r0_6	Numérique	F/P de flint kot sur voile
r0_7	Numérique	Béton de propreté
r0_8	Numérique	Béton armé pour les semelles
r0_9	Numérique	Béton de propreté sous les semelles filantes
r0_10	Numérique	Béton armé pour les semelles filantes
r0_11	Numérique	Béton armé pour les poutres de rigidité
r0_12	Numérique	Béton de propreté sous le radier
r0_13	Numérique	Béton armé pour les poutres de rigidité
r0_14	Numérique	Béton armé pour le radier
r0_15	Numérique	Béton armé pour les avants poteau
r0_16	Numérique	Béton armé pour les avants voiles
rv11	Numérique	Béton armé pour les voiles (bâtiment en voile)
rv12	Numérique	Béton armé pour poutres (bâtiment en voile)
rv13	Numérique	Béton armé pour les poteaux (bâtiment en voile)
rv14	Numérique	Béton armé pour escalier (bâtiment en voile)
rv15	Numérique	Béton armé pour les Dalle pleines (les plancher bâtiment en voile)
rv16	Numérique	Béton armé pour les linteaux et appuis fenêtre (bâtiment en voile)
rv17	Numérique	Béton armé pour l'Acrotère (bâtiment en voile)
rv21	Numérique	Maçonnerie en double paroi de brique (bâtiment en voile)
rv22	Numérique	Maçonnerie en simple paroi de brique (bâtiment en voile)
rv23	Numérique	Habillage en brique creuse de 5cm (bâtiment en voile)
rv24	Numérique	Potager de cuisine en maçonnerie dim 200 x 60 (bâtiment en voile)
rv25	Numérique	Conduite de fumée type shunt (bâtiment en voile)
rv26	Numérique	Souche de cheminée en terrasse (bâtiment en voile)