

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET EN BRIQUE AUTO- PLACANTE (APPLIQUE A UNE CONSRUCTION R+2)

Par KATSONGO SIKIRYAMUVA Melchisédech

Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du
Diplôme de licence en Sciences de l'ingénieur.

Orientation : Génie Civil

Directeur : Prof. BISHWEKA BIRYONDEKE Chérif

Encadreur : Ir. KATUMBI KOKO Pascal

ANNEE ACADEMIQUE 2022-2023

Epigraphe

« La qualité ne coûte jamais autant que l'ignorance »

Benjamin FRANKLIN

In memoriam

*A nos regretté parents, Célestin KATSONGO et Anne ISEGHUNDI qui sont partis tôt, merci
pour vos prières.*

KATSONGO SIKIRYAMUVA Melchisédech

Dédicace

A toute la famille KATSONGO pour leurs sacrifices, affections et accompagnement du quotidien.

KATSONGO SIKIRYAMUVA Melchisédech

Remerciements

Le présent travail n'est pas l'œuvre de nos propres efforts. La contribution de plusieurs personnes nous a été très importante tout au long de son élaboration. Nous tenons à rendre gloire à notre seigneur Dieu, pour son soutien, la force et le courage qu'il nous a accordé pour atteindre ce niveau du cycle de licence.

Nous trouvons digne de remercier notre Directeur, Prof. Ir BISHWEKA Chérif et notre encadreur, Ir KATUMBI KOKO Pascal qui se sont donnés corps et âmes pour nous diriger afin d'aboutir avec pertinence à la réalisation de ce travail.

Que le corps académique et scientifique de l'Université Libre des Pays de Grands Lacs en général et particulièrement celui de la Faculté des sciences de l'ingénieur trouvent ici l'expression de notre gratitude pour la qualité d'enseignements reçus tout au long de notre formation universitaire.

Nos sincères remerciements s'adressent à nos chers parents KATSONGO SIKIRYAMUVA Célestin et Anne ISEGHUNDI qui nous soutiennent tout au long de notre parcours d'apprentissage au bas de l'école.

Nous serons ingrats de ne pas rendre nos remerciements au couple de monsieur Pascal MURHULA et Rachel KATSONGO KAVIRA pour leurs soutiens tout au long de notre cursus universitaire. Notre sincère reconnaissance s'adresse vivement à mes frères et mes sœurs, Samuel Katsongo et son épouse Yvette Kwizera, Judith Kabuo, amis et amies pour l'encouragement et le soutien tant moral que matériel dont nous avons bénéficié de leur part. A nos camarades étudiants qui nous ont également bien soutenus pendant les moments de joie et de durs labeurs, qu'ils trouvent ici le sentiment de notre profonde gratitude.

Que tous ceux que nous n'avons pas cités explicitement ici se sentent aussi associé à ce mot. Ils sont encore très nombreux car les citer tous seraient impossible. Ils savent qu'ils y sont et nous les portons tous au cœur.

KATSONGO SIKIRYAMUVA Melchisédech

Résumé

La construction présente à nos jours un système des consommations de l'énergie cela fait que dans le secteur de la construction surgi un problème économique. Les questions pertinentes sont de garantir l'investissement dans le domaine de construction malgré le changement climatique à nos jours. Il se présente un besoin des logements pour un coût qui serait de plus en plus faible. Nous avons effectué une étude économique comparative afin d'arriver à évaluer les différents coûts de ceux deux types de construction pour déterminer une construction économique entre les deux. Une étude comparative généralisée sur la propriété, la caractéristique et la mise en œuvre nous a permis d'obtenir une comparaison sur la composition et la performance de ces matériaux. Une étude d'évaluation des charges qui sollicitent la structure nous a permis de dimensionner la structure en fonction de la portance du sol considéré. Enfin nous avons effectué une étude comparative de coût et une interprétation des résultats, on a remarqué un dépassement économique à long terme de la construction en parpaing d'au moins 7,33%. Cependant la construction en brique auto-plaçante est la construction économique qui pourrait tenir pour une durée de vie considérable.

Mots clés : Parpaing, brique auto-plaçante, étude comparative économique.

Abstract

Today, construction presents as system of energy consumption, which means that an economic problem has arisen in the construction sector. Relevant issues are to secure investment in the construction field despite climate change today. There is a need for housing at an increasingly low cost. We carried out a comparative study in order to evaluate the different long-term costs of two types of construction of substitute on economical construction between the two. A generalized comparative study on the property, characteristic and implementation allowed us to obtain a comparison on the composition and performance of these materials. A study to evaluate the loads that stress the structure allowed us to size the structure according to the bearing capacity of the ground considered, so we carried out a comparative cost study and an interpretation of the results, we noticed an economic overrun in the long term. Term of concrete block construction of at least 7,33%. However, self-compacting brick construction is an economical construction that could last for a considerable lifespan.

Key words: concrete block, self-compacting brick, economic comparative study.

Table des matières

Epigraphe	i
In memoriam.....	ii
Dédicace.....	iii
Remerciements.....	iv
Résumé.....	v
Table des matières	vii
Liste des abréviations.....	x
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures	xii
Introduction générale	1
CHAPITRE I. GENERALITE SUR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION.....	3
Introduction.....	3
I.1 Généralités sur les matériaux	3
I.1.1 Les blocs de béton.....	3
I.1.2 Le parpaing	4
I.1.3 Les avantages et les inconvénients de parpaing.....	5
I.1.4 Les propriétés physiques du parpaing.....	6
I.1.5 Caractéristique du parpaing	7
I.1.6 La mise en œuvre.	9
I.2 Le matériau en terre crue.....	12

Introduction.....	12
I.2.1 Les briques de terre compressée (BTC).....	12
I.2.2 Brique auto-plaçante	15
I.2.3 Les murs éléments structuraux.....	20
I.2.4 Les murs en maçonneries	22
I.3 Économie d'une construction.....	22
I.3.1 Le mètre	22
I.3.2 Avant-mètre :	23
Conclusion partielle	23
CHAPITRE II. METHODOLOGIE ET APPROCHES MATERIELS	24
Introduction.....	24
II.1 Technique documentaire	24
II.2 Conception de l'ouvrage	24
II.3 Méthode numérique.....	25
II.3.1 Calcul économique de la construction	25
II.4 Description générale des logiciels [20]	28
II.4.1 Prédimensionnement des éléments structuraux	28
Conclusion partielle	29
CHAPITRE III. PRÉSENTATION ET INTERPRETATION DES	
RÉSULTATS	30
Introduction.....	30
III.1 Devis descriptif.....	30
III.2 Devis quantitatif	32
III.2.1 Murs en maçonnerie.....	32
III.2.2 Le calendrier d'exécution de projet	33
III.3 Interprétation comparative de Coût	34
III.3.1 Etude de cout de maintenance à long terme.....	36
Conclusion partielle	39

Conclusion générale.....	40
Bibliographie.....	41
Annexe A	44

Liste des abréviations

ULPGL	Université libre des pays des grands lacs
NF	Norme française
Kg	Kilogramme
Mpa	Méga pascal
KN	Kilo newton
DTU	Document technique unifié
BAEL	Béton armé aux états limites
BTC	Brique en terre cuite
N	Newton
m	Mètre
Cm	centimètres
CAO	Conception assistée par ordinateur
DAO	Dessin assisté par ordinateur
DDC	Direction du développement et de la coopération

Liste des tableaux

<i>Tableau I-1 Les caractéristiques mécaniques des blocs en béton</i>	<i>8</i>
<i>Tableau I-2 usage de parpaing dans une construction [6].....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau I-3 Fonctions du mur et type mortier.....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau I-4 désignation d'un BTC et description de BTC</i>	<i>13</i>
<i>Tableau I-5 Caractéristique principales de brique auto-plaçante [13]</i>	<i>18</i>
<i>Tableau II-1 ordre de l'avant-métré</i>	<i>27</i>
<i>Tableau III-1 Le dimensionnement des éléments de la structure</i>	<i>30</i>
<i>Tableau III-2 le métré des parpaings.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau III-3 : le métré Briques auto-plaçantes.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau III-4 la description géométrique et le coût unitaire [22] [13]</i>	<i>32</i>
<i>Tableau III-5 le coût de gros œuvre de construction.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau III-6 le coût du second œuvre de la construction.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau III-7 le coût total de la construction</i>	<i>36</i>
<i>Tableau III-8 le coût d'entretien de la construction.....</i>	<i>36</i>
<i>Tableau III-9 Le coût de démolition de la construction et du recyclage.....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau III-10 les coûts de l'ouvrage.....</i>	<i>37</i>

Liste des figures

<i>Figure III-2 Planning de la construction en parpaing</i>	<i>33</i>
<i>Figure III-3 planning de la construction en brique auto-plaçante.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III-4 le diagramme de comparaison des coûts.....</i>	<i>38</i>

Introduction générale

Les activités liées à la construction de bâtiments et aux travaux publics sont très anciennes. La construction est vue comme un secteur très important qui reflète assez bien les tendances générales de l'économie [1]. Un ouvrage présente des caractéristiques bien particulières. Ceci explique que chaque ouvrage doit faire l'objet d'une étude avant sa construction. La performance environnementale des bâtiments représente des enjeux importants à l'échelle mondiale. Ainsi donc la consommation de l'énergie lors de la fabrication des matériaux et lors de son cycle de vie, selon les statistiques mondiales, les bâtiments consomment plus de 40% d'énergie, sans compter la consommation énergétique des matériaux [2].

Ces matériaux comme tout autre a un impact sur l'environnement car ils nécessitent l'extraction de matières premières, l'utilisation d'énergie, l'utilisation de consommables pour l'entretien et un traitement adapté en fin de sa durée [3]. A ces jours il est intéressant un matériau performant pour une construction qui crée de l'énergie qu'elles n'en consomment.

En effet, il est nécessaire et important pour un ingénieur de faire un choix judicieux du matériau qu'il doit utiliser dans la construction en tenant compte des conditions climatique, géophysique du milieu et économique. Ainsi donc, pour ce qui concerne le matériau d'élévation de mur son choix est essentiel.

L'économie est l'un des éléments les plus importants associés à un projet. Dans ce cadre, quelle est la différence des coûts initiaux entre une construction en parpaing et une construction en brique auto-plaçante, en tenant compte du coût des matériaux, de la main-d'œuvre et des autres dépenses associées à la construction ? Quelle est le coût de démolition et de maintenance à long terme d'une construction en parpaing et de la construction en brique auto-plaçante?

Aux vues des questions sus-évoquées, les hypothèses suivantes ont été émises : Les coûts de construction d'une structure en brique auto-plaçante seraient plus élevés que ceux en parpaing en raison des charges propres de matériaux. Les coûts d'entretien à long terme d'une construction en brique auto-plaçante seraient inférieurs à ceux d'une construction en parpaing en raison de la durabilité et de la résistance supérieure de la brique auto-plaçante.

Dans ce travail nous poursuivons une étude comparative économique et nous analyserions les coûts associés à la construction en parpaings et à la construction en brique auto-plaçante. Cette étude vise à évaluer les coûts initiaux de construction, les coûts de maintenance à long terme, l'efficacité énergétique, la durabilité et la résistance aux intempéries des deux types de construction. Ainsi de fournir des recommandations basées sur des preuves aidant les ingénieurs à prendre des décisions éclairées sur le choix d'un matériau de construction économique pour un projet.

En vue d'atteindre les objectifs énumérés précédemment, il a été nécessaire de présenter les généralités sur les matériaux à utiliser, d'effectuer les dimensionnements, les métrés, les devis; la comparaison économique de la construction en parpaing et la construction en brique auto-plaçante à l'aide d'une modélisation d'un ouvrage.

A part l'introduction et la conclusion générale, ce travail est subdivisé en trois chapitres, notamment le premier présente les généralités sur les matériaux, le deuxième chapitre présente la méthodologie et approches matériels; Le troisième qui est le dernier concerne la présentation et l'interprétation des résultats.

CHAPITRE I. GENERALITE SUR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Introduction

Les matériaux de construction sont de la nature différente, c'est par la combinaison des granulats que nous obtenons les éléments qui entrent dans les différents montages des structures, de ce qui concerne ces matériaux on a ceux provenant de carrière et d'autres qui proviennent du mélange bien dosé pour l'obtention d'une autre forme d'éléments de construction. Dans cette partie nous allons montrer les éléments importants ayant trait avec notre étude concernant la construction faite à la base de parpaing et de la construction faite à la base de brique auto-plaçante. Les différents types de murs et leurs fonctions, ainsi que quelques généralités pour approfondir notre compréhension dans le cadre d'une étude économique.

I.1 Généralités sur les matériaux

I.1.1 Les blocs de béton

Les blocs de béton sont généralement parallélépipédiques, ils sont produits industriellement en béton, les blocs doivent garantir la fourniture des matériaux de qualité aux caractéristiques bien définies et identiques.

Les trois sortes de blocs de béton couramment utilisés :

On distingue trois catégories des blocs de béton standards de granulats courants ou légers, selon l'importance de la surface des alvéoles :

- Les blocs pleins sans alvéoles
- Les blocs perforés
- Les blocs creux

❖ Sortes des blocs de béton

Les blocs perforés et pleins : Ces blocs ont une résistance à l'écrasement supérieure et peuvent donc subir des contraintes de charge plus importantes.

Blocs creux : ces blocs se différencient des autres blocs standards (perforés et pleins) par un poids moins important mais aussi une résistance à l'écrasement inférieure mais admissible pour des charges plus ou moins importantes.

Le bloc accessoire : permettent d'avoir un système de construction complet. Simplicité et rapidité d'exécution des points singuliers.

Les blocs de béton cellulaire autoclave : Sont encore appelés thermo pierre, ont une masse volumique peu élevée, et offrent une résistance mécanique relativement faible. Ils ne peuvent pas recevoir de charges importantes.

Blocs à isolation intégrée : Sont des blocs coffrages isolants de béton avec polystyrène à l'extérieur ou à l'intérieur, les deux assurent une isolation thermique par l'extérieur ou par l'intérieur ou simultanée. Le montage s'effectue à sec par emboitements horizontaux et verticaux.

Blocs à bancher : Destinés à être utilisés lorsque les murs sont soumis à des efforts importants, les blocs à bancher servent de coffrage perdu au béton coulé en place et remplacent les banches. Ils sont utilisés dans la réalisation de murs porteurs extérieurs et intérieurs enduits.

I.1.2 Le parpaing

Le parpaing est un bloc de béton formé dans une pâte épaisse qui est ensuite coulée dans des moules généralement parallélépipédiques et de dimensions qui le rendent manutenable lors de leur mise en œuvre, une fois durci, il forme un bloc, solide et durable. Il est utilisé pour la réalisation de murs et de structures porteuses.

Le parpaing est également nommé moellon, agglomère au caïron, est un bloc de béton manufacturé produit industriellement en béton non armé afin d'être monté sur chantier à joints de mortier qui leur résiste.

I.1.2.1 Composition du parpaing

Le parpaing ordinaire est essentiellement composé de sable, l'eau, du ciment et du gravillon. Certaines sous variétés de blocs incorporent toutefois des matières isolantes telles que de l'argile expansée, du schiste (argile expansée puis cuite) ou de la pierre ponce (roche volcanique poreuse). Parlant du mélange, le parpaing ordinaire est constitué à 87% de granulats, 7% de ciment et 6% d'eau, lesquels composants sont moulés afin d'obtenir une structure solide et plus ou moins homogène [4].

I.1.3 Les avantages et les inconvénients de parpaing

I.1.3.1 Les avantages d'une construction en parpaing

- **Résistance** : les parpaings sont connus pour leur robustesse et leur résistance aux chocs.
- **Coût abordable** : les parpaings sont moins chers que d'autres matériaux de construction ce qui fait un choix-économique.
- **Résistance au feu** : la maçonnerie en parpaing de béton vibre présente un temps de résistance à la transmission de chaleur de plus de 4 heures ce qui constitue un important avantage dans les données du système de sécurité contre incendies, ce qui contribue à la sécurité de la construction [5] .
- **Rapidité et économie** : on bénéficie de la réduction de la main d'œuvre par rapport aux méthodes traditionnelles par la simplification de la pose par le nombre réduit d'éléments à poser au m² ceci implique aussi une notable réduction de mortier pour réaliser l'ouvrage. D'autre part, par l'uniformité de la texture et dimensions des parpaings, on obtient un parement homogène sans besoin de crépis, ce qui se traduit une fois de plus par une économie de temps et coûts.

I.1.3.2 Les inconvénients d'une construction en parpaing

- **Isolation thermique et acoustique insuffisante** : Les parpaings sont très peu isolants en raison de leur structure poreuse. Cela peut entraîner des variations de température à l'intérieur de la maison et une grande sensibilité au bruit extérieur. En raison de leur mauvaise isolation thermique, les constructions en parpaings peuvent nécessiter une isolation supplémentaire, ce qui augmente les coûts de construction.

- **Durabilité limitée** : bien que les parpaings soient robustes, ils peuvent se dégrader plus rapidement que certains autres matériaux de construction, notamment en cas d'exposition à des conditions climatiques extrêmes.
- **Difficulté de modification ou de réparation** : en raison de la nature solide et fixe des parpaings, il peut être difficile de faire des modifications ou des réparations ultérieures de nouvelles installations ou réparer des fissures.

I.1.4 Les propriétés physiques du parpaing

- **Résistance structurale** : le parpaing est conçu pour fournir une résistance élevée aux charges verticales et horizontales, ce qui en fait un matériau solide et durable.
- **Résistance à la compression** : le parpaing peut avoir une résistance à la compression de 8Mpa et plus, en fonction de sa qualité.
- **Absorption d'eau** : le parpaing peut être légèrement poreux et avoir une certaine capacité d'absorption d'eau, bien qu'il puisse également être traité pour être plus résistant à l'eau.

I.1.4.1 les propriétés structurelles [5]

- **Résistance et stabilité structurelle** : La propre capacité portante du bloc creux, ajoutée à la possibilité d'incorporer des ferrailages en quantités et en droits critiques [6], arrivent à satisfaire un large spectre d'exigences face à la résistance de structures des murs lourdes.
- **Résistance thermique R** : Elle représente l'inverse du flux de chaleur à travers 1 m² de surface pour une différence de température de 1K entre deux faces. Lorsqu'un produit est de plusieurs couches homogènes la résistance thermique de l'ensemble est la somme des résistances de chaque couche.
- **Coefficient de transmission thermique U** : C'est le flux de chaleur à travers 1 m² de paroi pour une différence de température de 1K entre deux faces. Il correspond à l'inverse de la résistance thermique de la paroi majorée des résistances thermiques superficielles.
- **Pont thermique linéaire Y** : C'est une partie linéaire de bâtiment où la résistance thermique d'une paroi entre un local chauffé et un local non chauffé ou l'extérieure est sensiblement modifiée par une discontinuité (changement d'épaisseur de matériaux, liaison entre deux parois).

I.1.5 Caractéristique du parpaing

Il s'avère de s'appuyer sur les caractéristiques des matériaux pour évaluer leur efficacité en fonction de leurs performances.

I.1.5.1 Caractéristique géométrique

La taille peut varier selon les exigences du produit, l'épaisseur minimale d'une paroi est de 17mm, pour une taille maximale des granulats de 8mm. Les parpaings ont généralement une longueur de 40 à 50 cm, largeur de 10 à 20 cm et une hauteur de 20 cm. Le parpaing standard pèse entre 14 et 18kg, en fonction de sa taille et de sa composition. La figure I-1 présente la caractéristique géométrique du parpaing.

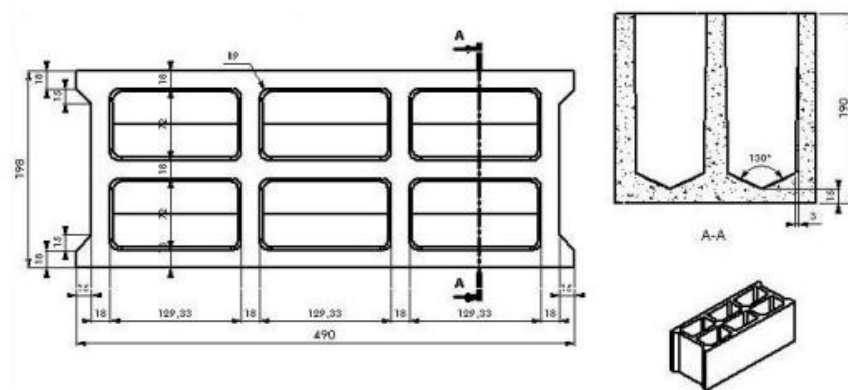


Figure .I I-1 dessin de définition d'un bloc courant

I.1.5.2 Partie de parpaing

Un parpaing a généralement six faces, qui sont les surfaces visibles lorsqu'il est utilisé dans la construction.

- **Face supérieure** : c'est la surface supérieure du parpaing qui est généralement plane. Elle facilite l'assemblage des parpaings lors de la construction.
- **Face inférieure** : c'est la surface inférieure du parpaing qui repose sur le sol ou sur une fondation.
- **Faces latérales** : ce sont les surfaces verticales du parpaing qui sont en contact avec les autres parpaings lors de l'empilement.

- **Faces de bout** : ce sont les surfaces horizontales du parpaing qui sont visibles lors de la construction. Elles peuvent être lisses ou avoir des reliefs pour améliorer l'adhérence entre les parpaings.
- **Alvéoles** : ce sont de cavités présentes à l'intérieur du parpaing. Elles permettent de réduire le poids du parpaing tout en conservant sa résistance. Elles peuvent également faciliter le passage des câbles électriques ou des tuyaux.
- **Rainures et languettes** : certaines parties des parpaings peuvent avoir des rainures et des languettes pour faciliter l'assemblage lors de la construction. Ces rainures et languettes permettent d'obtenir des joints plus étanches et plus solides.

I.1.5.3 Caractéristiques mécanique de parpaing

Le parpaing étant un mortier, il est fait pour un usage de sédation des pièces, il ne supporte donc aucune charge sur le mur à part la succession accumulée des poids propres. Les essais effectués en compression permettent de déterminer la résistance mécanique en compression de ces éléments non-porteurs. Généralement à 28 jours après confection, on atteint une résistance allant de 4Mpa à 8Mpa, selon les dimensions et dosage effectué. Notons que à 7 jours, la résistance totale du parpaing est atteinte à 40%-60% [7]. le tableau I-1 comprend le caractéristique du blocs en béton.

Tableau I-1 *Les caractéristiques mécaniques des blocs en béton*

Caractéristiques mécaniques		Blocs creux			Blocs pleins et perfores		
Granulat courant	Classe	B40	B60	B80	B80	B120	B160
	R(MPa)	4	6	8	8	12	16
Granulat léger	Classe	L25	L40	-	L35	L45	L70
	R(MPA)	2,5	4	-	3,5	4,5	7

I.1.6 La mise en œuvre.

C'est nécessaire de maintenir les blocs secs sur chantier et ne pas les humidifiés comme pour les briques avant de les placer ; ceci évitera les dilatations et les fissures au séchage. Le Tableau I-2 présente usage de parpaing dans une construction selon les types.

Tableau I-2 *usage de parpaing dans une construction* [6].

N°	PARPAING	USAGE
1	Bloc creux	Ce bloc comporte des alvéoles régulières et deux extrémités en forme de bride pour le garnissage des joints verticaux
2	Bloc porteur ou d'angle	Possédant un trou carré ou rond et une extrémité plate et lisse, ce bloc permet de réaliser le chaînage vertical d'un mur
3	Bloc de chaînage	En forme spécifique, il est conçu pour poser un linteau en haut de baie ou réaliser le chaînage horizontal d'un bâtiment. Ce bloc est destiné à la réalisation des tableaux de baies et des coins.
4	Bloc perfore ou plein	Le plus dense et le plus lourd, ces qualités sont réservées au soubassement et au sous-sol enterré car il permet d'asseoir solidement la structure d'un bâtiment
5	Bloc en bancher	En forme de h, ce bloc fait office de coffrage perdu il est parfaitement adapté à la construction de murs de soutènement. Après insertion des armatures le béton est coule directement dans les alvéoles

I.1.6.1 Matérielles

Avant le démarrage du chantier, il convient de s'assurer que le personnel connaît les spécifications de mise en œuvre des produits. Le personnel dispose des outils adaptés pour la pose et la coupe des blocs en béton. Comme matériel nous avons : Mètre à ruban, Un marteau, Niveau à bulle, Fil à plomb, Une truelle, Une règle (un tube en acier), Equerre de maçonnerie, Taloche...

I.1.6.2 Étape de construction

Au commencement des travaux, le maçon doit analyser et interpréter les plans de l'ouvrage (les vues et les coupe de l'ouvrage) pour identifier toutes les dimensions des creux et ouvertures de portes et fenêtres. Avant de commencer à monter le mur, il devra préparer la fondation ou semelle d'appui qui devra être suffisamment propre pour faciliter l'adhérence du mortier d'union, raisonnablement nivelée pour éviter des joints de correction trop gros ou trop fins.

I.1.6.3 Pose du parpaing d'assise

En premier on doit marquer sur la fondation une ligne de référence au cordeau, pour faciliter l'alignement des blocs. Le maçon commence par poser les blocs les uns à cote des autres à joints secs (joint sans mortier) afin de vérifier la correcte modularité de la pose. Pour assurer l'espace de joint on utilise un taquet (petite cale en bois).

On conseille de commencer à poser les blocs des coins, des angles pour cela il faut utilise une équerre métallique de préférence. Cette phase de pose demande la plus grande attention et précision, car l'ouvrage en dépend. Utiliser le fil à plomb et le niveau. Pour le premier rang, on leve chaque bloc et on le pose sur une couche de mortier de 4cm. Après la pose de la règle et du cordeau, on procède à l'élévation du mur, rangée par rangée. On garnit de mortier de pose au-dessus des blocs déjà poses en première rangée et on pose les nouveaux blocs par-dessus [5].

I.1.6.4 Le mortier de pose

Le mortier de pose est un mélange de ciment, sable et eau. Il doit être de bonne qualité pour obtenir un mur résistant et des joints imperméables à l'action de la pluie, sans nécessité de crépir le mur en partie extérieure. Le volume de mortier de hourdage n'est que de 10% du mortier total ce qui n'affecte pas le coût économique à utiliser un très bon mortier.

Les matériaux agglomérant à utiliser est le ciment portland de bonne qualité et le sable devra être de granulométrie adéquate. Les sables absents de grains fins procurent des mortiers rugueux et de faible onctuosité qui rend plus difficile le remplissage des joints, un sable trop gros demandera plus de ciment sans apporter plus de résistance. un mortier gâché avec du sable fin garanti la faible rétraction et évite les fissures [5]. L'utilisation du niveau et de l'équerre de maçon prend tout son sens, pour le jointoiement des parpaings [8].

I.1.6.5 Quelques règles de mise en œuvre [9]

- 1) Pendant la construction, il convient de conserver le ciment ou le mortier à l'abri de l'eau
- 2) Prendre en compte la condition climatique :
 - Lorsque la température est supérieure à 30°C, il est nécessaire de protéger le mortier de la dessiccation et lorsque la température est inférieure à 5°C, il est préférable d'arrêter le montage.
 - Lors de fortes pluies, de vents battants ou de neige, les murs doivent être protégés par des bâches ou des auvents
- 3) Tenir compte des interruptions et reprises des travaux : la maçonnerie doit garantir la stabilité au cours de la construction, le montage doit être interrompu d'une manière appropriée.
- 4) Le mortier ne doit pas être étalé ni préparé à l'avance, elle doit être si nécessaire nettoyée et humidifiée au moment de la reprise du montage.

I.1.6.6 Mélange

Il est préférable de réaliser le mélange avec une bétonnière ou sur une surface plane [5] [8] pour s'assurer de l'homogénéité, plasticité et la rétention d'eau. La dessiccation se fera, de préférence, par mesure volumétrique avec un seau. Le tableau I-3 présente les fonctions du mur et les types de mortier.

Tableau I-3 *Fonctions du mur et type mortier*

Mortier type	Fonctions du mur
A	Murs et semelles de fondation, murs porteurs extérieurs de fortes charges de compression ou charges horizontales générées par poussées du sol, vents ou séismes.
B	Murs porteurs, ayant seulement des charges de compression mais qui requièrent des hautes résistances d'adhérence des charges de compression pour des efforts de cisaillement ou flexion
C	Murs porteurs ou extérieurs de charges moyennes.
D	Cloisons intérieures non porteuses. Cloisonnement décoratif.

I.1.6.7 Les crépissages

Grâce à l'uniformité des dimensions des blocs et à leur bonne finition, les maçons n'auront pas de grandes difficultés à obtenir des bons et beaux murs bien alignés, nivelés et de très bonne présentation. Ainsi de ce fait, il ne sera pas nécessaire de crépir en couche trop épaisse d'où un facteur d'économie de plus à tenir en compte [5].

I.2 Le matériau en terre crue

Introduction

Les matériaux en terre crue est un des plus anciens matériaux de construction sur Terre au même titre que la pierre et le bois. Selon les cultures, traditions, régions et conditions climatiques, il existe différents modes de mise en œuvre de la terre crue. Les cinq techniques de construction de matériau en terre crue qui ont été répertoriées sont les suivantes : le pisé, la bauge, le torchis, les adobes, les briques de terre comprimée sont autant de techniques qui ont leur propre spécificité et utilisent une terre bien précise. Cette richesse patrimoniale millénaire a été plus améliorée à nos jours par d'autres techniques. Certains on était schématiquement répertorié dans une (roue des techniques de construction) en 1995 par Guillaud et houben [6].

I.2.1 Les briques de terre comprimée (BTC)

Les blocs de terre comprimée sont des éléments de maçonnerie, de dimensions réduites et de caractéristiques régulières et contrôlées obtenus par compression statique ou dynamique de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

I.2.1.1 Description

La BTC de type courant se décrit géométriquement par la donnée de son format. Le format du produit décrit comporte la forme générale ainsi que les dimensions principales et les types de reliefs éventuels (évidement, perforation etc.) que comporte le produit. Le format le plus courant est le format parallélépipédique rectangle (ou prismatique), la donnée des trois dimensions dans l'ordre (L, l, h) est suffisante pour son emploi.

Généralement ces blocs sont réalisés par compactage statique de la matière à des contraintes appliquées ne dépassant pas 5Mpa. Généralement ces briques sont stabilisées à l'aide de liants hydrauliques comme la chaux et le ciment. Ce mode de mise en œuvre permet de mieux maîtriser la qualité des briques fabriquées en visant leurs propriétés mécaniques minimales et s'assuré à la conformité standard actuels de la construction. Ce qui permet d'obtenir des résistances à la compression assez élevées et régulières. Aussi parce que le matériau terre est mis en œuvre à des teneurs en eau assez faibles.

Le technique de fabrication de briques en terre sont en cours d'évolution, nous allons plus nous intéresser au brique en terre comprimée particulièrement la brique auto-plaçant. Le tableau I-4 présente la désignation d'un BTC et description de BTC.

Tableau I-4 *désignation d'un BTC et description de BTC*

Désignation	Description	Exemple
BTCO1S	Bloc de terre comprimée ordinaire utilisé en élément de structure non porteur en milieu sec non soumis à l'abrasion mécanique.	Cloison intérieure d'une maison unifamiliale en rez-de-chaussée.
BTCPF3PA	Bloc de terre comprimée de parement fin utilisé,comme élément de structure porteur soumis à l'action de la pluie par aspersion latérale ainsi qu'à l'abrasion mécanique.	Mur extérieur d'un immeuble de 3 étages de haute qualité visuelle exposé à la pluie battante et aux vents de sable.

I.2.1.2 Diversité des blocs de terre comprimée

a) La terminologie de la technologie des BTC

La terminologie technologique des blocs de terre comprimée se rapproche fortement de la terminologie classique des petits éléments de maçonnerie et qui en général convient parfaitement. L'ensemble des experts optent pour le terme « blocs de terre comprimée » (BTC). Ce terme générique comprend toutes les variantes de ce produit, que la terre soit stabilisée ou non. La littérature abonde en d'autres dénominations qui désignent toutes des produits identiques : BTC « briques de terre compactée », BTS « briques de terre stabilisée ».

Le bloc de terre comprimée peut être stabilisé. Dans ce cas on parle alors de bloc de terre, comprimée stabilisée. Stabiliser la terre, c'est modifier les propriétés d'un système terre eau air pour obtenir des propriétés pérennantes compatibles avec des applications particulières.

I.2.1.3 Constituants des BTC

Les blocs de terre comprimée sont constitués principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre ; un additif peut être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits. La terre est désignée le matériau de base composé essentiellement le BTC et on a également des proportions étudiées des composants [6].

I.2.1.4 Classification de BTC [10]

1. La classification suivant le format parallélépipédique
2. La classification suivant l'utilisation
3. La classification selon le domaine d'emploi

a) Classification suivant le format parallélépipédique

Le format parallélépipédique rectangle plein comportant un ou plusieurs reliefs évidements arrondis, biseaux, etc.) sur les panneaux, les boutisses ou simultanément sur plusieurs faces.

b) La classification suivant l'utilisation

Suivant leur utilisation, on distingue deux groupes de BTC :

- ❖ **BTC ordinaires** : ce sont des BTC destinés à être recouverts par une protection quelconque.
- ❖ **BTC de parement** : ce sont des BTC destinés à rester apparents. On distingue :
 - BTC de parement normal
 - BTC de parement fin

La différence entre ces deux BTC de parement est limitée à leur aspect sans affecter les autres caractéristiques.

c) La classification selon le domaine d'emploi

Les domaines d'emploi des BTC à l'intérieur des structures maçonnées sont classifiés suivant deux types de sollicitations qui peuvent être simultanées :

- ❖ **Sollicitations mécaniques** : on distingue 3 catégories seul des éléments de structure non porteurs et pouvant résister à des sollicitations faibles par des charges extérieures, éléments de structure pouvant résister à des sollicitations importantes par des charges extérieures, éléments de structure pouvant résiste pouvant résister à des sollicitations très importantes par des charges extérieures.
- ❖ **Sollicitations environnementales** : on distingue 4 catégories celle des éléments de structure se trouvant en milieu sec sans risque d'humidification ; éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par aspersion latérale ; éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par pénétration verticale ; éléments de structure pouvant resister tà l'abrasion mécanique.

Parmi ces diverses classifications des BTC nous aurons à détailler seulement dans le cadre de ce travail la classification selon le type qui contient le brique auto-plaçante.

I.2.2 Brique auto-plaçante

Les briques auto-plaçantes sont utilisées pour la construction de murs intérieurs et extérieurs porteurs afin d'apporter l'inertie thermique, la régulation hygrométrique et l'isolation phonique idéale. Ils peuvent être gardes apparents ou couverts (enduit/ peinture perméable à la vapeur d'eau, solution hydrofuge).

I.2.2.1 Composition de brique auto-plaçante

Les briques auto-plaçantes sont composées de latérites, une proportion de ciment est ajoutée pour améliorer les caractéristiques à la compression, du sable et de l'eau. Après les processus de fabrication il sont stokes au-dessus de palettes d'environ 1200kg pour 5m² soit 262 briques [11]. Les briques sont stockées à l'abri des intempéries pour éviter les phénomènes de retrait lors de la pose, dans un local sec, ventile et lumineux de préférence.

I.2.2.2 Les avantages et les inconvénients de briques auto-plaçant

a) Les avantages de brique auto-plaçante

Il s'agit d'un matériau composé de matières naturelles. Il est totalement recyclable, non polluant en soi et peu lors de sa fabrication. C'est un matériau éco, sans risque pour la santé, facile à réutiliser [12].

Les avantages de brique auto-plaçantes peuvent varier en fonction des spécificités de chaque projet de construction. La construction en briques auto-plaçantes présente plusieurs avantages qui sont :

- **Rapidité de construction** : la brique auto-plaçante permet de réduire considérablement le temps de construction grâce à son mode d'assemblage facile et rapide.
- **Economie de main-d'œuvre** : étant donné que les briques auto-plaçantes sont faciles à manipuler et à poser, elles nécessitent moins de main-d'œuvre que d'autres méthodes de construction.
- **Isolation thermique et acoustique** : les briques auto-plaçantes offrent une excellente isolation thermique et acoustique, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie et d'améliorer le confort de vie à l'intérieur des bâtiments.
- **Durabilité** : les briques auto-plaçantes sont résistantes aux intempéries, à l'usure et à la corrosion, ce qui garantit une durée de vie plus longue des bâtiments construits avec ce matériau.
- **Faible coût** : comparées à d'autres matériaux de construction, les briques auto-plaçantes sont généralement moins chères, ce qui permet de réaliser des économies sur le coût total de la construction.
- **Respect l'environnement** : la production des briques auto-plaçantes génère moins de déchets et consomme moins d'énergie que d'autres méthodes de construction, ce qui les rend plus respectueuses de l'environnement (écologique).
- **Flexibilité architecturale** : les briques auto-plaçantes sont disponibles dans une variété de formes et de couleurs, ce qui offre une grande flexibilité architecturale et permet de réaliser des designs uniques et personnalisés.

b) Les inconvénients de brique auto-plaçante

- **Les coûts** : la construction en brique auto-plaçante peut être plus couteuse que d'autres méthodes de construction en raison de l'utilisation de matériaux spécifiques et de la technologie nécessaire pour réaliser le processus d'auto-placement.
- **Compétences requises** : La construction en brique auto-plaçante nécessite une expertise et une formation spécifiques pour utiliser correctement l'équipement et assurer la qualité de la construction. Cela peut rendre plus difficile la réalisation de ce type de construction sans l'aide de professionnels qualifiés.
- **Temps de construction** : la construction en brique auto-plaçante peut nécessiter plus de temps que d'autres méthodes de construction, car elle implique des étapes supplémentaires telles que le mélange et l'application des matériaux. Cela peut entraîner des délais plus longs pour achever le projet.
- **Durabilités** : bien que les briques auto-plaçantes puissent offrir une résistance accrue et une meilleure isolation thermique, leur durabilité à long terme peut varier en fonction de la qualité des matériaux utilisés. Une mauvaise construction ou des conditions environnementales défavorables peuvent affecter la solidité des briques.

I.2.2.3 Propriétés de brique auto-plaçante

- **Résistance** : les briques auto-plaçantes sont généralement conçues pour avoir une résistance élevée à la compression, ce qui les rend solides et durables.
- **Plastique** : les briques auto-plaçantes sont généralement fabriquées à partir de matériaux plastiques, ce qui les rend légères et faciles à manipuler.
- **Auto-placement** : comme leur nom l'indique, les briques auto-plaçantes sont conçues pour s'assembler automatiquement lorsqu'elles sont empilées correctement. Cela facilite leur installation et réduit le besoin de mortier ou de colle pour les maintenir en place.
- **Isolation thermique** : certaines briques auto-plaçantes sont conçues pour offrir une meilleure isolation thermique, ce qui contribue à réduire les pertes de chaleur dans les bâtiments.

- **Résistance au feu** : certains types de briques auto-plaçantes sont également résistantes au feu, ce qui les rend adaptées à une utilisation dans les zones où la sécurité incendie est une préoccupation majeure.

I.2.2.4 Les caractéristiques principales des briques auto-plaçante

- **Facilité de pose** : les briques auto-plaçantes sont spécialement conçues pour être faciles à manipuler et à poser. Les rainures et les languettes permettent un emboîtement précis et rapide, réduisant ainsi les erreurs de pose.
- **Solidité** : les briques auto-plaçantes sont robustes et résistantes, assurant une structure solide pour les constructions.
- **Isolation thermique** : les briques auto-plaçantes peuvent avoir des propriétés isolantes pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments réduisant ainsi les pertes de chaleur.
- **Esthétique** : les briques auto-plaçantes sont disponibles dans une variété de couleurs et de finitions pour s'adapter aux préférences esthétiques des constructeurs.

Le tableau I-5 qui présente les caractéristiques principales de brique auto-plaçante.

Tableau I-5 *Caractéristique principales de brique auto-plaçante* [13]

CARACTERISTIQUE ESSENTIELLES		PERFORMANCES
Dimensions	Longueur	250mm
	Largeur	125mm
	Hauteur	76mm
	Catégorie de tolérance	D3
Configuration	Forme et caractéristique	
	Groupe selon l'en 1996-1-1	
Résistance à la compression	Résistance à la compression	6 N/mm ²
	Résistance moyenne à la compression	6,5 N/mm ²

a) Les parties de la brique auto-plaçante

Une brique auto-plaçante est une brique spéciale conçue pour faciliter la pose lors de la construction. Voici les principales parties d'une brique auto-plaçante.

- Corps de la brique : c'est la partie principale de la brique qui forme sa structure. Elle est généralement en argile ou en béton et assure la résistance de la brique.
- Joints horizontaux : ce sont les parties plates situées sur le dessus et le bas de la brique. Elles permettent d'assurer l'alignement et la stabilité.
- Joints verticaux : ce sont les parties verticales situées sur les côtes de la brique. Elles servent également à l'alignement et à la stabilité lors de la pose en se connectant aux briques voisines.
- Rainures et languettes : les briques auto-plaçantes sont souvent équipées de rainures et de languettes sur les côtes. Ces éléments permettent un emboîtement facile et précis des briques lors de la pose assurant ainsi une bonne cohésion entre les briques.
- Ouvertures : certaines briques auto-plaçantes peuvent avoir des ouvertures ou des perforations internes pour réduire le poids de la brique et faciliter sa manipulation lors de la construction.

I.2.2.5 Types de murs des briques auto-plaçantes

On distingue 4 types de murs [11] :

- Mur à paroi simple de 12,5 cm
- Mur à paroi simple doublé de 25 cm
- Mur à double paroi de 37,5 cm
- Mur à liant vertical hydrofugé de 25 cm

I.2.2.6 La mise en œuvre.

leur mise en œuvre se fait selon les règles de la maçonnerie traditionnelle (DTU 20.1) avant toute construction , nous recommandons fortement de disposer une rangée de blocs sur tous les emplacements de murs prévus(ouvertures inclus) afin de s'assurer de la continuité du mur supérieur [11].

a) Matérielle utilise

- Un maillet en caoutchouc pour aider à positionner les briques (sur la première rangée)
- Une éponge pour nettoyer les briques après application du liant
- Niveau, règle de maçon...

b) Préparation des briques

La pose avec collage doit se réaliser avec des briques relativement sèches, la dimension d'une brique mouillée à cœur est de 0,3-0,4mm supplémentaire aussi la pose de 10 briques trop humides peut occasionne un retrait de 3mm tous les 2,5m et donc des fissures probables. Le but est d'éviter un phénomène dit de « retrait » qui peut se produire quand la brique est trop humide et sèche rapidement par la suite. L'humidification de la brique est sans effet sur ses qualités ;

La première rangée du mur doit impérativement être posé à l'aide d'un niveau sur une chape de mortier hydrofugé à base de ciment [11].

c) Liaisons entre les briques

On recommande l'emploi d'une colle à joint mince correspondant à la NF-EN-998-2 de type T afin d'être conforme au DTU 20.1. La colle ne doit pas ajouter de hauteur à la construction ou delà de 2mm, ni déborder sur les faces de parement, elle doit être nettoyée avant séchage.

d) Percement pour les fluides

Les perforations des briques perforées permettent de passer les câbles et conduites sans avoir besoin de faire des saignés. Pour poser des interrupteurs, prises... Il faut percer verticalement au milieu de la brique face à une des deux perforations.

I.2.3 Les murs éléments structuraux

Les murs sont des ouvrages d'assemblage de différents matériaux de construction, ils peuvent être préfabriqués ou réalisés directement à leur emplacement définitif dans une construction. Ces sont des éléments structuraux sollicités principalement dans leur plan et dont l'épaisseur est généralement faible par rapport à d'autres dimensions.

I.2.3.1 Types des murs [14]

Selon leur fonction et mode de sollicitation nous distinguons essentiellement différents types de murs :

- Les murs porteurs, sont des éléments structuraux sollicités principalement par des efforts normaux quasi centrés découlant de la descente de charges
- Les murs cloisons, sont des éléments structuraux soumises à des sollicitations de flexion et de cisaillement dans leur plan à la manière de poutres fléchies.
- Les murs de contreventement sollicités à la fois par des efforts normaux dus aux charges verticales, des efforts de flexion et de cisaillement dans leur plan dus aux actions horizontales.

I.2.3.2 Fonction de murs

En plus de leur rôle de portance où de contreventement, les murs assurent le confort et la sécurité des usages. Les différentes fonctions d'un mur ou d'une paroi verticale.

- Fonction de séparation
- Fonction résistance
- Fonction isolant
- Fonction esthétique pour l'environnement
- Fonction de porte d'éclairage
- Fonction d'étanchéité de l'air

I.2.3.3 Différents types de murs

Les murs peuvent être faits de différents matériaux, selon leur position et leur rôle, on distingue :

- Le mur pignon
- Le mur de refend
- Le mur de façade
- Le mur de fondations
- Le mur enterre
- Le mur de remplissage
- Le mur de clôture

I.2.4 Les murs en maçonneries

Un mur en maçonnerie est une structure verticale composée par l'assemblage d'éléments de petites dimensions, montés en lits horizontaux et à joints croisés, liés entre eux par joint de mortier, par collage ou par emboîtement. Ces éléments de petites dimensions peuvent être :

- De la pierre
- Des blocs de béton courant (parpaings)
- Des briques en terre cuite la brique (auto-plaçante)

I.3 Économie d'une construction

Les travaux de construction font intervenir plusieurs acteurs : la personne physique et morale, le maître d'œuvre, le maître d'ouvrage, l'entrepreneur... etc. [15]. Parmi ces intervenants l'étude économique est faite par l'entrepreneur qui a la charge de réaliser les travaux ou les ouvrages aux conditions définies dans les pièces du marché. Son rôle principal est d'étudier le projet du point de vue du coût des travaux, c'est-à-dire étudier :

- Le métré
- Avant métré

I.3.1 Le métré

Le métré a pour but d'évaluer le coût des ouvrages en partant de leur mesurage. Le métré se fait avant, pendant et après la réalisation d'un ouvrage. Le métré constitue une spécialité particulière de la construction à la fois des quantités et du coût des ouvrages composants cette construction. Le métré sert à [16] : L'estimation préalable des travaux, la conduite de l'exécution des travaux, la facturation des travaux.

Le métré consiste donc à analyser quantitativement et qualitativement l'ensemble des travaux nécessaires à la réalisation des projets afin de pouvoir, en fin de compte, en déterminer le prix. Nous noterons que le métré est directement lié aux différentes technologies, puisqu'il s'appuie sur une connaissance approfondie des matériaux, de leurs mises en œuvre, ainsi que de la manière dont les travaux sont conduits [17].

I.3.2 Avant-métré :

L'avant-métré, comme le métré ont pour objet le calcul détaillé des diverses quantités d'ouvrages élémentaires. Ils sont à la fois une science, en technique et un art.

Une science pour l'application des connaissances mathématiques de base nécessaires à l'établissement et au calcul des quantités d'ouvrage.

Une technique par la connaissance du matériel et matériaux. Ainsi que les conditions de leur mise en œuvre. Un art par la faculté d'observation, d'adaptation et de de déduction nécessaires au choix des quantités à établir et les valeurs à leurs appliquer.

Opération qui permet l'évaluation d'un projet, elle consiste à mesurer les éléments qui entrent dans la composition d'une construction pour en connaître les longueurs, les surfaces, les volumes ou les poids, ils sont établis en tenant compte des unités de références mentionnées aux bordereaux des prix.

Conclusion partielle

Ce chapitre est consacré aux généralités sur les matériaux et quelques notions sur l'économie d'une construction en générale. Il présente d'une manière large les caractéristiques de ces matériaux, leurs propriétés, leurs compositions et leurs mises en œuvre ; Nous avons aussi parlé d'économie d'une construction pour avoir une brèche sur le notions économique et d'estimation des coûts d'une construction en parpaing et d'une construction en brique auto-plaçante.

CHAPITRE II. METHODOLOGIE ET APPROCHES MATERIELS

Introduction

Le principe de cette étude est de comparer économiquement dans une construction deux matériaux de caractéristiques et des propriétés différentes afin de faire un choix économique entre le deux. Pour obtenir de résultats nous nous sommes définis une méthodologie de travail basée sur la recherche documentaire, ainsi que sur quelques logiciels pour la modélisation de la structure et de l'ouvrage suivant des critères bien définis et une conclusion.

II.1 Technique documentaire

Avant d'ouvrir cette étude nous avons fait une collection d'ouvrages qui nous a permis une orientation dans cette étude, de porte les informations suffisantes sur les matériaux pour le différencier. Savoir aussi leur apport économique dans la condition climatique actuelle et le coût initial pour garantir une construction économique et durable.

Les données recueillis pour cette étude sont : Les caractéristiques des matériaux, les avantages et inconvénients de ces matériaux, leurs propriétés, leurs prix sur le marché. Ainsi que d'autres littérature sur composition et aspect géométrique.

II.2 Conception de l'ouvrage

Dans le secteur de bâtiment on jouet avec tous les critères de gestion efficace de projet de construction, la modélisation des informations du bâtiment est la méthode de travail définie dans le cadre d'une culture de collaboration et d'une pratique intégrée, car elle intègre tous les agents impliqués dans le processus de construction et établit un flux de communication croisé entre eux, cadre générant un modelé virtuel qui contient toutes les informations relatives au bâtiment tout au long de son cycle de vie , depuis sa conception initiale , pendant sa construction et tout au long de sa vie utile jusqu'à sa démolition [18]. Ces informations proviennent des différents types de logiciels, programmes de modélisation, calcul structurel, etc.

Cependant nous avons réalisé une conception d'une maison R+2, qui représente une construction en hauteur, l'étude peut mettre en évidence les défis spécifiques liés à ce type de structure et les implications économiques associées au choix entre parpaings et brique auto-plaçante, pour nous permettre de contextualiser et de cibler l'analyse. En se concentrant sur un type d'ouvrage particulier, on peut prendre en compte les exigences structurelles thermiques et économiques spécifiques à ce type de construction. Cela permet également de fournir des recommandations ainsi qu'en aidant les professionnels du secteur à prendre des décisions éclairées lors de la planification et de la réalisation de projets similaires.

II.3 Méthode numérique

II.3.1 Calcul économique de la construction

L'étude de prix est une étape initiale pour l'acquisition d'une construction, plusieurs paramètres et plusieurs données doivent être actualisées et étudiées pour constituer un prix. Pour notre cas nous nous limiterons qu'à l'étude de la construction en maçonnerie en considérant la structure comme étant unique et là même pour les deux types des matériaux prenant usage dans la maçonnerie des murs. L'étude économique fait intervenir plusieurs compétences qui cadrent avec le domaine économique.

II.3.1.1 Méthodes de calcul

Pour réaliser une bonne étude de prix, il existe plusieurs méthodes mais nous étudierons uniquement celle du sous détail de prix. Cette méthode consiste à calculer le prix de chaque ouvrage élémentaire pour un ouvrage.

II.3.1.2 Document de base [19].

L'adjoint technique doit connaître les nécessaires pour établir l'estimation d'un projet.

a) Devis descriptif :

Est un document définissant en détail les travaux prévus dans le projet. A savoir le programme de la construction à édifier. Les plans, les coupes et les élévations. En effet, pour donner les maximums de renseignements aux différents corps d'état sur la nature de la construction prévue et les matériaux à employer.

Il comprend :

- Une étude technique sur dessin
- Notes de calcul fixant les dimensions de chaque partie de l'ouvrage
- La nature des matériaux, leur provenance, leur mode de réalisation

b) Devis quantitatif :

Sur la base des plans et du devis descriptif on calcule les quantités de chaque partie de l'ouvrage suivant les cas : calcul de longueur totale, de surface totale et du poids total. Ainsi c'est en mètre linéaire que seront mesurés les canalisations d'un réseau d'eau potable. En mètre cube que seront comptés les travaux de terrassement en fouilles, en kg ou en tonne que seront comptés les armatures, le ciment.

Bordereau de prix : C'est un tableau qui fait correspondre à chaque tâche élémentaire un prix unitaire. Il est le procédé le plus commode de règlement pour la plupart des travaux. Ainsi donc le maître d'œuvre seul peut limiter plus au moins la liste des tâches élémentaires de l'ouvrage mais pas les prix unitaires de ces tâches.

Les prix unitaires correspondent :

Mais ce prix P n'engage ni l'entrepreneur ni le client c'est-à-dire qu'il ne présente pas un caractère contractuel alors que les prix unitaires P_i le sont car les quantités peuvent varier au cours de la réalisation. Les prix unitaires sont susceptibles à des révisions.

c) Détail estimatif ou devis estimatif

Les plans et les devis descriptifs ayant été établis sur cette base on effectue un avant-métré, en relevant les dimensions des ouvrages (surface, volume, poids) sur lesquels on applique les prix unitaires correspondants afin d'obtenir par addition des résultats partiels l'estimation totale du projet. Le déroulement des opérations qui permettent le choix de la solution optimale.

d) L'avant-métré

L'avant-métré est une base de fixation de montant d'un projet. Ainsi que l'utilisation des résultats de l'avant-métré pour l'établissement des plannings qui sont des programmes de réalisation des erreurs peuvent avoir une influence prépondérante sur le bon déroulement des travaux : elles

peuvent entrainer dans les cas extrêmes leur non achèvement par manque de crédits nécessaires (prévisions insuffisantes). Pour limiter les erreurs qui peuvent être commises par tout homme d'art. il faut recourir à une forme méthodique, en présentant les différents éléments selon un ordre logique qui facilite la vérification, le contrôle et la codification de l'avant- mètre.

e) **Ordre de l'avant-métré**

La rédaction de l'avant-métré on divise l'ouvrage ou le projet en chapitres qui suivent un ordre logique, il peut être l'ordre de la réalisation des travaux : terrassement, fondation, élévation... Soit par corps d'états. Le tableau II-1 présente l'ordre de l'avant-métré.

Tableau II-1 *ordre de l'avant-métré*

N d'ordre	Désignation des travaux	unité	Prix unitaire	Quantité
	Gros œuvre			
	Terrassement			
	Fondation			
	Elévation			
	Second œuvre			
	Electricité			
	Menuiserie			
	Chauffage			
	Plomberie			

f) **Le métré**

Les métrés sont l'ensemble des opérations qui permettent de calculer les dimensions d'une construction et d'en déterminer le prix global en utilisant correctement les prix unitaires. Nous avons vu que l'avant-métré a pour objet l'estimation de la valeur d'un projet à partir des plans alors que le métré a pour objet l'évaluation exacte de l'ouvrage réalisé à partir des constats d'exécution établis après les travaux. Les quantités qu'il mentionne donnent lieu à un règlement. La différence c'est que les dimensions et les cotes sont relevées sur chantier et non à partir des plans.

II.4 Description générale des logiciels [20]

II.4.1 Prédimensionnement des éléments structuraux

Le prédimensionnement des éléments d'une structure est basé sur le principe de la descente de charges, pour déterminer l'effort revenant à chaque élément dû à la charge et surcharge. Il lui a pour but « le pré calcul » des différentes sections pour leurs résistances premières [21].

II.4.1.1 Logiciel Robot

Le logiciel robot bat est un logiciel CAO/DAO (calcul assisté par ordinateur et dessin assisté par ordinateur) destine à modéliser et dimensionner les différents types de structures. Robot bat permet de modéliser les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, et dimensionner les éléments spécifiques de la structure [20]. La dernière étape gérée par le logiciel est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée.

II.4.1.2 Les différentes étapes d'études à l'aide du robot.

Il suffit de définir la descente des charges et le nombre des niveaux et les caractéristiques des bâtiments c'est-à-dire étages et matériaux, puis :

- Définir la grille : les lignes d'axes des éléments porteurs ;
- Créer le schéma du bâtiment
- Définir les cas de charges et introduire leurs valeurs correspondantes ;
- Lancer les calculs automatiques de la descente de charge ;

Exporter le bâtiment du module robot DDC vers le module robot dalle structure pour vérification et dimensionnement des éléments avec sortie de notes de calcul et plan d'exécution (poteaux, poutres, dalles etc.)

Exporter la dalle du module robot DDC vers le module robot dalle pour vérification et dimensionnement de celle-ci avec sortie de notes de calcul et plans de ferraillages (dalle) ;

g) Hypothèse de calcul

Les éléments en béton armé de la structure seront dimensionnés selon le BEAL 91 modifié 99 et les semelles seront calculées selon DTU.13.12. Pré dimensionnement de certain élément porteur de la structure : C'est un travail qui permet de déterminer les dimensions des éléments porteurs.

h) Estimation des charges

Les charges sont obtenues par calcul de surface d'influence et ensuite appliquées sur différents éléments de la structure porteuse dans robot. Le poids propre des poteaux, poutres dalles ... sont pris en considération, les charges que nous avons appliqué à notre structure sont [22] :

- Les charges permanentes
- Charges d'exploitation
- Les charges accidentelles seront pas prises en compte

Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous avons présenté la méthodologie descriptive, l'organigramme de la conception de l'ouvrage qui sera appliqué à notre thème de recherche et la méthodologie analytique qui en globe analyse quantitative et qualitative et une études économique liée à celui-ci, nous avons parlé de la méthode de calcul par le logiciel *Robot structure* qui nous facilitera de faire le prédimensionnement. Nous avons présenté par la suite quelques documents importants pour effectuer un devis et une estimation de coût de construction.

CHAPITRE III. PRÉSENTATION ET INTERPRETATION DES RÉSULTATS

Introduction

Au cours de ce travail nous avons recueilli de notions sur l'étude comparative économique d'une construction, ainsi donc nous avons porté notre attention pour essayer d'obtenir une estimation du coût du projet. Ce chapitre va nous donner les différents résultats et des différentes interprétations pour mettre en lumière les problématiques et les hypothèses. Cette partie est constitué de quelques documents qui porte les résultats en détail de notre recherche.

III.1 Devis descriptif

Nous avons conçu une maison d'habitation R+2 de 10m de hauteur, une surface à bâtir de 244,4m². La structure a été pré-dimensionne et en suite dimensionne à l'aide du logiciel Robot, comme résultats: le tableau III-1 présente le dimensionnement corrige par le logiciel après calcul.

Tableau III-1 *Le dimensionnement des éléments de la structure*

CONSTRUCTION EN BRIQUE AUTO-PLAÇANTE					
Matériaux	Résistance	Désignation	Section en cm ²		
Béton armé	25Mpa	Poteaux	15×20	15×35	
		Poutres	20×50	50×15	15×60
		Dalle	Ep15	Ep20	
CONSTRUCTION EN PARPAING					
Matériaux	Résistance	Désignation	Section en cm ²		
Béton armé	25Mpa	Poteaux	15×25	15×35	
		Poutres	20×35	50×15	15×60
		Dalle	Ep15	Ep20	

Avec Robot Analysis nous avons constaté que la structure la plus chargée, de la charge propre est celui de brique auto-plaçante avec des dimensions de la structure supérieure par rapport aux dimensions de la structure en parpaing.

Les tableaux III-2 et III-3 présentent la quantité de matériaux, la surface, le volume des murs.

Tableau III-2 *le mètre des parpaings*

MURS	Surface m ²	Volume m ³	Quantité /m ²	Quantité
Niveau 3	228,22	44,38	12	2738,64
Niveau 2	172,88	33,85	12	2074,56
Niveau 1	230,04	45,84	12	2760,48
Total	703,17	156,72	12	7573,68
Total	Coefficient de sécurité liées au transport et à la construction 1,25			9467,1

Tableau III-3 : *le mètre Briques auto-plaçantes*

MURS	Surface m ²	Volume m ³	Quantité /m ²	Quantité
Niveau 3	228,22	44,38	52,4	11958,73
Niveau 2	172,88	33,85	52,4	9058,91
Niveau 1	230,04	45,84	52,4	12054,1
Total Surface	703,17	156,72	52,4	36846,11
Total Matériaux	Coefficient de sécurité liées au transport et à la construction 1,25			46057,64

Comme vue dans le tableau III-2 et III-3 la quantité de parpaing est de 9467,1 et de brique auto-plaçante est de 46 057,64. Le nombre des matériaux par m² est fonction de caractère géométrique des matériaux, pour le parpaing les dimensions sont de 40×15×20 en cm et pour le brique auto-plaçante les dimensions sont de 25×12,5×7,6 en cm. Le coefficient de sécurité est pris en compte pour compenser les pertes sur chantier.

Les deux matériaux étant distinct présente d'autres avantages liés à la longévité compte tenu de la résistance et de la stabilité, ceci pourra influencer sur le coût de maintenance du bâtiment. Nous avons fait une évaluation de la performance de ces deux matériaux compte tenu de l'expérience de nos bâtiments nous avons obtenu comme résultat comparative qui suit :

- La brique auto-plaçante est fabriqué à partir de matériaux argile ce qui lui confère une excellente résistance aux intempéries à la pourriture et à la corrosion contrairement aux parpaings qui est sensible à l'humidité et à la décomposition au fil du temps malgré couvert d'une couche d'enduit.
- La brique auto-plaçante est généralement plus résistante aux chocs et aux contrainte, grâce à sa composition homogène et sa méthode de fabrication garantissent la résistance structurelle et une meilleure durabilité.

La construction qui présente une maintenance réduite est la construction en brique auto-plaçante, La construction en parpaing par contre a une fréquence élevé d'entretien que la brique, la construction en brique autobloquante aura une durée de vie longue.

III.2 Devis quantitatif

III.2.1 Murs en maçonnerie

Comme il a été mentionné dans la généralité les murs en maçonnerie sont des ouvrages d'assemblage de différents matériaux de construction, dans ce travail nous avons pris en compte une construction en parpaing et en brique auto-plaçante comme mur de remplissage. Le tableau III-6 présente la description géométrique de ces matériaux et leurs coûts unitaires.

Tableau III-4la description géométrique et le coût unitaire [22] [13]

Type	Poids volumique	Masse	dimension en cm	Prix unitaire
Parpaing	13,5KN/ m ³	18 Kg	40×15×20	0,7\$
Brique auto-plaçante	195 KN/ m ³	4,5 Kg	25×12,5×7,6	0,4\$

III.2.2 Le calendrier d'exécution de projet

Le calendrier d'exécution du projet en fonction du volume de travaux, qui nous donne la période nécessaire pour chaque sous projet. Nous permettrons d'observer le délai que peut prendre une construction en parpaing par rapport à une construction en brique auto-plaçante. Les figures III-2 et III-3 ci-dessous présentent respectivement le planning de la construction en parpaing et en brique auto-plaçante.

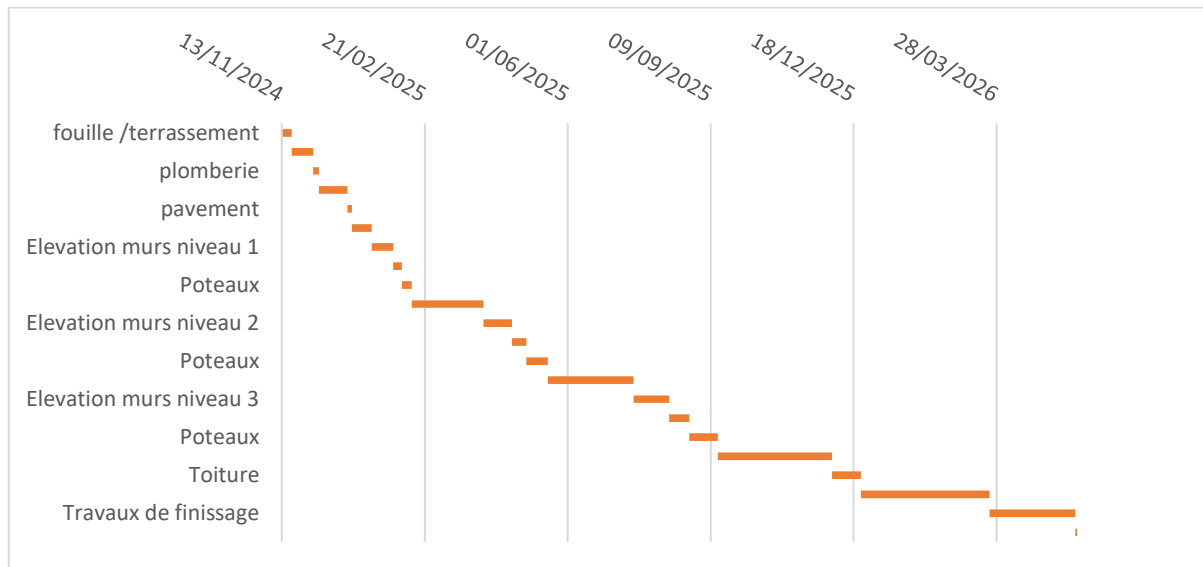


Figure III-1 *Planning de la construction en parpaing*

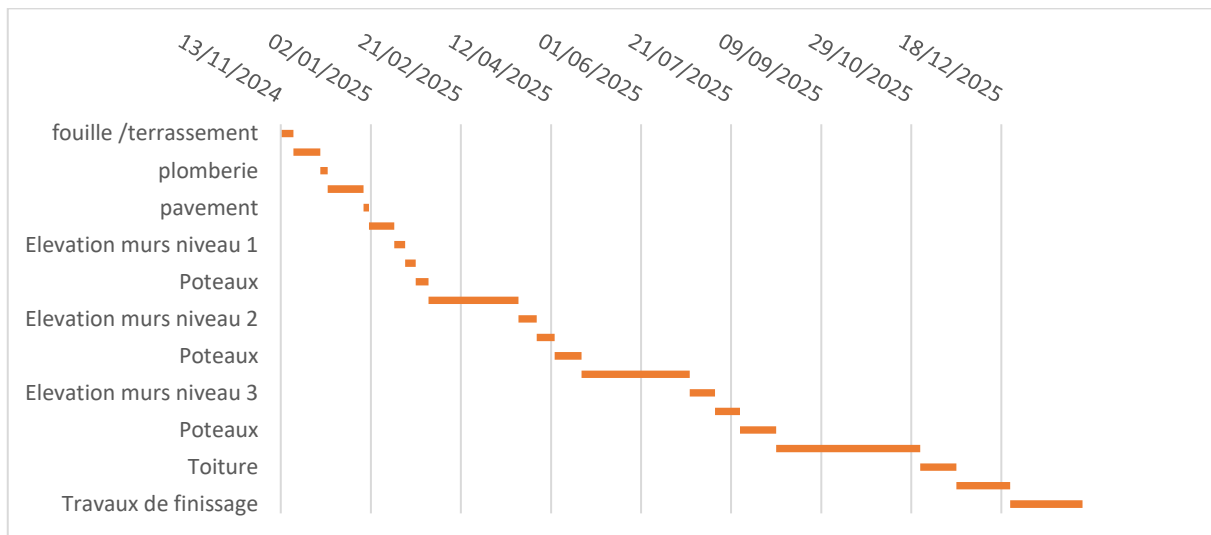


Figure III-2 *planning de la construction en brique auto-plaçante*

D'après les deux calendriers d'exécution ci-haut, la construction en parpaing prend 2 ans, 8 mois et 15 jours et la construction en brique auto-plaçante prend 1 année, 1 mois et 5 jours la construction en parpaing prends plus de temps en raison de sa mise en œuvre de la construction et ses travaux de finissage (crépissage, la peinture, etc.) Pour un même ouvrage nous avons obtenu pour la construction en brique auto-plaçante un gain de temps d'une année 9 mois et 10 jours de moins.

III.3 Interprétation comparative de Coût

La comparaison de la construction s'est effectué par le calcul du devis de la construction, nous avons effectué le devis par étape de la construction seulement certains éléments de finissage n'ont pas été évalué, nous nous sommes plus focalisé sur la structure et l'élévation de murs. A l'aide du bordereau de prix nous avons effectué le calcul quantitative qui se retrouve dans l'annexe ce tableau III-7 nous présente le coût de l'ouvrage par étape d'exécution.

Tableau III-5 le coût de gros œuvre de construction

GROS ŒUVRE D'UNE CONSTRUCTION EN PARPAING		
	Montant \$	Interprétation de coût
fondation	9697,452	Coût bas
élévation	27 786,224	Coût bas
Structure	48 637,515	Coût bas
TOTAL	86 121,191	Coût bas
GROS ŒUVRE D'UNE CONSTRUCTION EN BRIQUE AUTO-PLACANTE		
DESIGNATION	Montant \$	Interprétation de coût
fondation	10 884,882	Coût élevé
Elévation de murs	89 527,928	Coût très élevé
Structure	56 379,755	Coût élevé

TOTAL	156 792,565	Coût élevé
-------	-------------	------------

Le coût de la construction de gros œuvre en brique auto-plaçante est élève par rapport au coût de la construction gros œuvre en parpaing. Cela s'est justifié car la structure en brique auto-plaçante est la plus chargée mais aussi le coût de la construction par m² de la brique auto-plaçante a influencé la hausse de prix de murs. La construction en parpaing est la plus économique aux travaux de gros œuvres.

Tableau III-6 le coût du second œuvre de la construction

SECOND ŒUVRE D'UNE CONSTRUCTION EN PARPAING		
Installation et Appareillage	21 626,9416 \$	Coût élevé
crépissage	12 335,4 \$	Coût élevé
Main d'œuvre	33 739,76 \$	25%
SECOND ŒUVRE D'UNE CONSTRUCTION EN BRIQUE AUTO-PLACANTE		
Installation et Appareillage	19 901,94 \$	Coût bas
Crépissage	3 440,23\$	Coût bas
Main d'œuvre	35 338,90\$	20%

Le coût des travaux du second œuvre de la construction en parpaing est élevé car on tient compte des couches du crépissage à l'intérieur comme à l'extérieur de l'ouvrage pour la protection de murs contre les intempéries. Les coûts des mains œuvres sont estimé en pourcentage en tenant compte de l'exigence technique de montage que demande la construction.

III.3.1.1 Le coût total de la construction

Le tableau III-7 ci-dessous présente le coût total de la construction de l'ouvrage en parpaing et en brique auto-plaçante

Tableau III-7 le coût total de la construction

Désignation	coût total	Pourcentage	Différence
Brique auto-plaçante	212 033,4079\$	55,69%	11,38% soit
Parpaing	168 698,786 \$	44,31%	43 334,62\$

Nous remarquons un dépassement de 11,38% du coût total de la construction en brique auto-plaçante en raison des dimensions de la structure et de la quantité des matériaux et du main d'œuvre nécessaire.

III.3.1 Etude de cout de maintenance à long terme

Etude de la maintenance à long terme est fonction du temps, ce paramètre temps est plus important dans l'étude de la maintenance car elle implique le vieillissement de la construction. Pour le cadre de ce projet, nous avons estimé une durée de vie de l'ouvrage de 50 ans. Les tableaux III-8 et III-9 présentent le coût d'entretien de la construction en parpaings et en brique auto-plaçante.

Tableau III-8 le coût d'entretien de la construction

COUT D'ENTREIN DE LA CONSTRUCTION EN PARPAINGS				
Corps d'état	Durée d'utilisation	Fréquence de renouvellement	coût unitaire\$	coût total\$
Murs	50	0,11	400	44
P Interne	5	9	700	6300
P Externe	5	9	800	7200
TOTAL				13544
COUT D'ENTREIN DE LA CONSTRUCTION EN BRIQUE AUTO-PALACANTE				
Corps d'état	Durée d'utilisation	Fréquence de renouvellement	coût unitaire\$	coût total\$
Murs	50	1,11	200	222
TOTAL				11100

Tableau III-9 *Le coût de démolition de la construction et du recyclage*

COUT DES TRAVAUX DE DÉMOLITION PARPAING					
	Unite	coût unitaire\$	Quantité	Transport\$	coût total\$
Murs	m ³	40	156,72	10	15672
Poutre	m ³	25	76,997	5	9624,625
Poteau	m ³	25	36	5	4500
Dalle	m ³	30	121,99	5	18298,5
Recyclage	75%	44816,37			33612,2775
Coût de démolition					48095,125
Retour sur l'investissement					-14482,848
COUT DES TRAVAUX DE DÉMOLITION BRIQUE AUTO-PLAÇANTE					
	Unite	coût unitaire\$	Quantité	Transport\$	coût total\$
Murs	m ³	25	156,72	10	39180
Poutre	m ³	25	76,997	5	9624,625
Poteau	m ³	25	36	5	4500
Dalle	m ³	30	121,99	5	18298,5
Recyclage	75%	122587,316			91940,487
Coût de démolition					71603,125
Retour sur l'investissement					20337,362

Le tableau III-10 présente les coûts de l'ouvrage pour une durée de 50 ans, il comporte le coût de la construction, d'entretien, de démolition, de recyclage des matériaux et le coût de retour sur l'investissement, il est le gain d'un investisseur au du propriétaire de l'ouvrage après la durée de vie considérée.

Tableau III-10 *les coûts de l'ouvrage*

PARPAING	MONTANT \$	BRIQUE AUTO-PLACANTE	MONTANT2 \$
coût de construction	29126,304	coût de construction	89527,928
coût d'entretien	13544	coût d'entretien	11100
coût de démolition	48095,125	coût de démolition	71603,125
coût total	168698,7862	coût total	212033,4079
Bénéfice du recyclage	33612,2775	Bénéfice du recyclage	91940,487
Retour sur l'investissement	-14482,8475	Retour sur l'investissement	20337,362

La figure III-3 nous indique le diagramme de comparaison des coûts de la construction en parpaing et la construction en brique auto-plaçante.

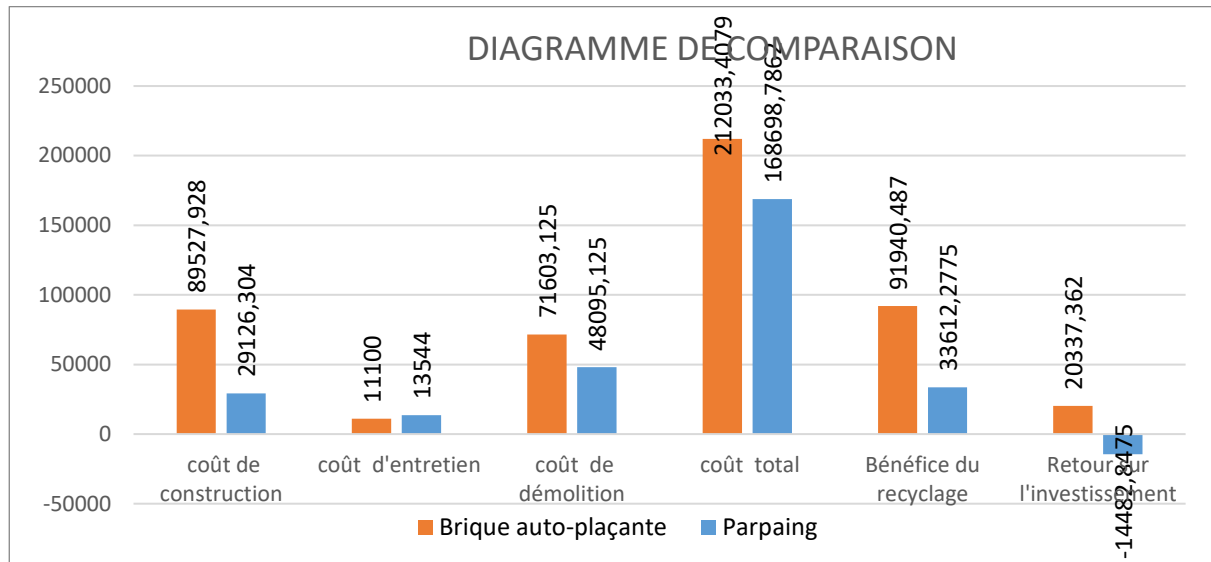


Figure III-3 le diagramme de comparaison des coûts

Nous avons effectué le calcul de ce projet et nous avons constaté que la maison faite avec la brique auto-plaçante et la construction en parpaing a différence de 4% par rapport au coût de global de la construction.

Le coût d'entretien d'une construction en parpaing est plus élevé que celui en brique auto-plaçante, il est de 9,9% plus que celui de la construction en brique auto-plaçante.

Le coût de démolition de la construction en brique auto-plaçante est élevé en raison de plus de précaution en prendre en compte lors de la démolition il dépasse de 19,6% le coût de démolition de la construction en parpaing.

Le coût total de la construction est élevé en raison du coût d'élévation de murs et de dimensionnement de la structure car la construction en brique auto-plaçante a une charge très élevé au niveau d'élément porteur, le coût total dépasse celui de la construction en parpaing de 11,38%.

Le coût de recyclage des matériaux de la construction en brique auto-plaçante est élevé car la brique est un matériau plus recyclable que le parpaing, nous avons considéré un prix de vente sur marché de 75% et nous avons remarqué que la construction en brique auto-plaçante aura un coût de recyclage de 46,44% et de 53,56% pour la construction en parpaing. Qui fait une différence de 7,12%.

Le coût de retour sur l'investissement de brique auto-plaçante a un bénéfice par contre celui de parpaing est sans retour économique. Cela fait un dépassement économique de 7,3% à long terme ce qui fait que la construction en parpaing est moins économique.

Conclusion partielle

Une étude comparative a été fait dans le but de déterminer une construction économique entre deux constructions. Après avoir effectué une étude sur le coût de la construction faite en parpaing et en brique auto-plaçante et après analyser de la structure nous avons constaté que la construction la moins économique serait celle en brique auto-plaçante.

Conclusion générale

Cette étude comparative économique de la construction en parpaing et de la construction en brique auto-plaçante appliqué à un ouvrage R+2 a permis de fournir d'éléments de réponse aux questions posées au début de ce travail, en examinant les coûts initiaux, les frais de construction et les caractéristiques et les propriétés distinctes de ces deux matériaux. Les résultats ont révélé que les deux méthodes de construction présentent des avantages et inconvénients distincts en termes de performance et des coûts.

Le brique auto-plaçante offre de critère écologique pendant sa mise en forme et durant sa viabilité, elle présente aussi un coût d'achat unitaire plus bas que celui du parpaing, il offre une esthétique supérieure et une mise en œuvre rapide, le choix entre parpaing et brique auto-plaçante ne se limite pas seulement sur la raison économique. Le parpaing est un matériau solide et doté d'une capacité importante à supporter des charges ; Son côté esthétique étant moins attrayant fait de lui un matériau moins esthétique, raison pour laquelle elle nécessite une couche de protection surtout à sa partie environnant le milieu extérieur. Des nombreux facteurs qualitatifs tels que la durabilité, la résistance structurelle et l'esthétique doivent potentiellement s'associées à chaque méthode de construction et doivent être évalué de manière approfondie.

Cette étude à vise à fournir une base solide pour aider les professionnels du secteur de la construction à prendre des décisions éclairées lors du choix entre parpaings et brique auto-plaçante pour la réalisation d'un ouvrage économique. Nous demanderons à d'autres passionnés de la recherche d'évaluer d'autre paramètre sur l'essai de résistance à la compression et l'essai d'absorption d'eau de ces matériaux.

Bibliographie

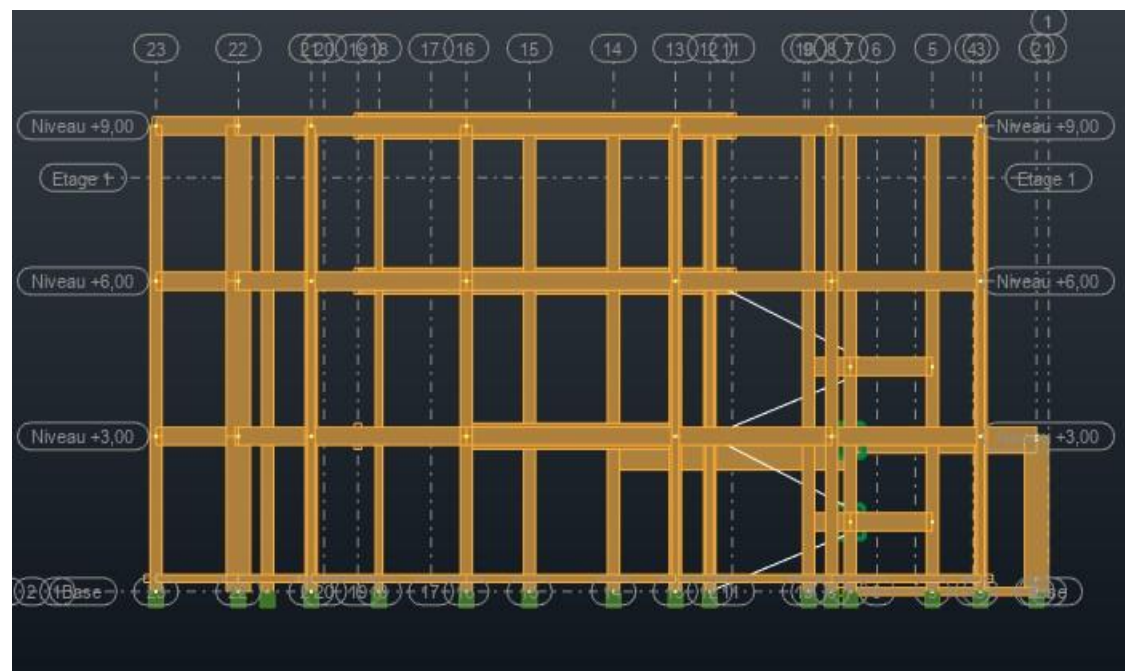
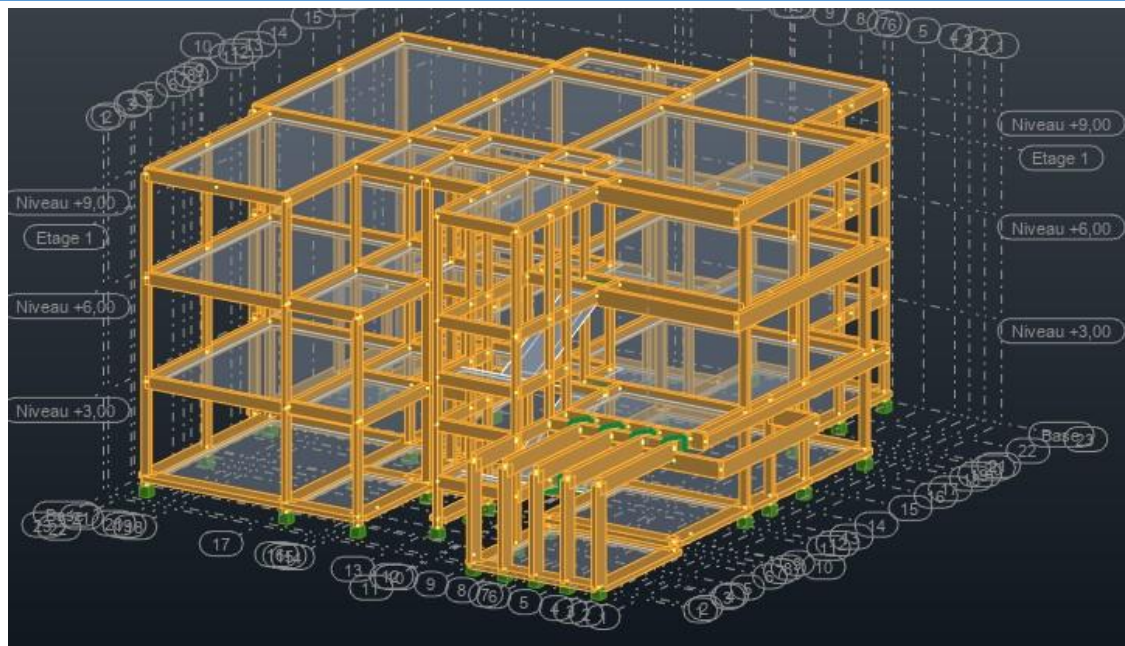
- [1] J. c. TOURNIER, «l'economie du batiment et des travaux public,» PRESSE UNIVERSITAIRE DE FRANCE, Paris, janvier 1998.
- [2] «secteur d'energie dans le secteur du bâtiment,» 2010.
- [3] R. ZANNAKIS, «les nouveaux matériaux pour economiser l'energie,» UNIVERSITÉ DUPLITTORAL CÔTE D'OPALE, Janvier 2014.
- [4] P. Stéphane, «comportement dynamique du béton fraisapplication au procédé au de fabrication des parpaings,» ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN, 2004.
- [5] PRESSaBLOCS, pose des parpaings, 2012.
- [6] G. Simon, «Formulation et renforts de blocs en matériau terre pour une utilisation structurelle,» LGCGM, 2020.
- [7] S. ISSA, «caractérisation thermomécanique des parpaings renforces a base des dechets des cartons et papiers en ville de Goma,» ULPGL, Goma, 2023.
- [8] SystemeD, «maçonnerie parpaings,» 2011.
- [9] béton, «construction en maçonnerie de blocs en béton».
- [10] BLOCS DE TERRE COMPRIMEE NORMES, Centre pour le Développement Indistuel.
- [11] Rev.IX, «BTC-25PL la brique de guyanne,» 2020.
- [12] AQAA, «étude éco-matériaux,» 2019.
- [13] «BTC-25PL la brique de guyanne,» 2020.
- [14] P. A. KASSOUL, «Ossatre Bâtiment,» UHBChief, 2014.
- [15] OUNIFI, «Métré et étude de prix,» 2015/2016.
- [16] travaux, «résumé théorique et guige de travaux pratiques,» Maroc, 2007.
- [17] Wordpresse.com, «réalisation des ouvrages cours métré».
- [18] J. c. carrasco, «efficacite énergetique et construction durable,» Universitat polotècnica de valència, ESPAGNE, avril 2021.
- [19] M. J. Abdellah, «métré des routeset de bâtiment,» Maroc, 1987.

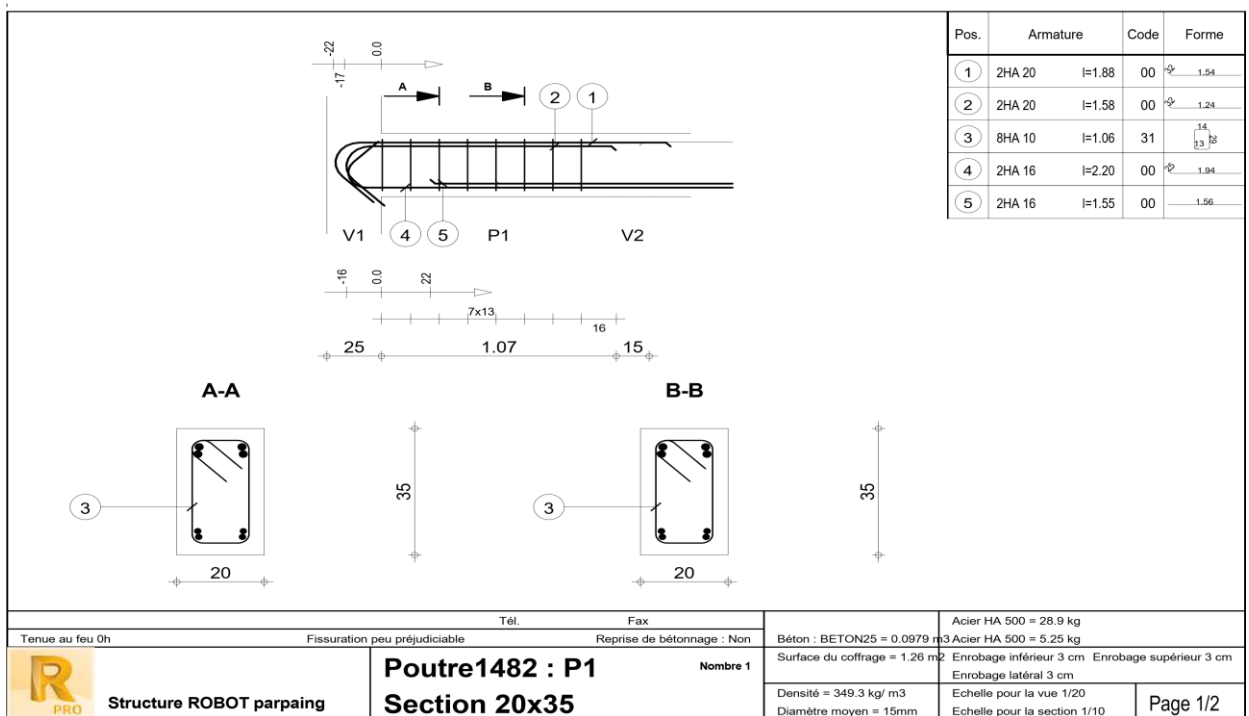
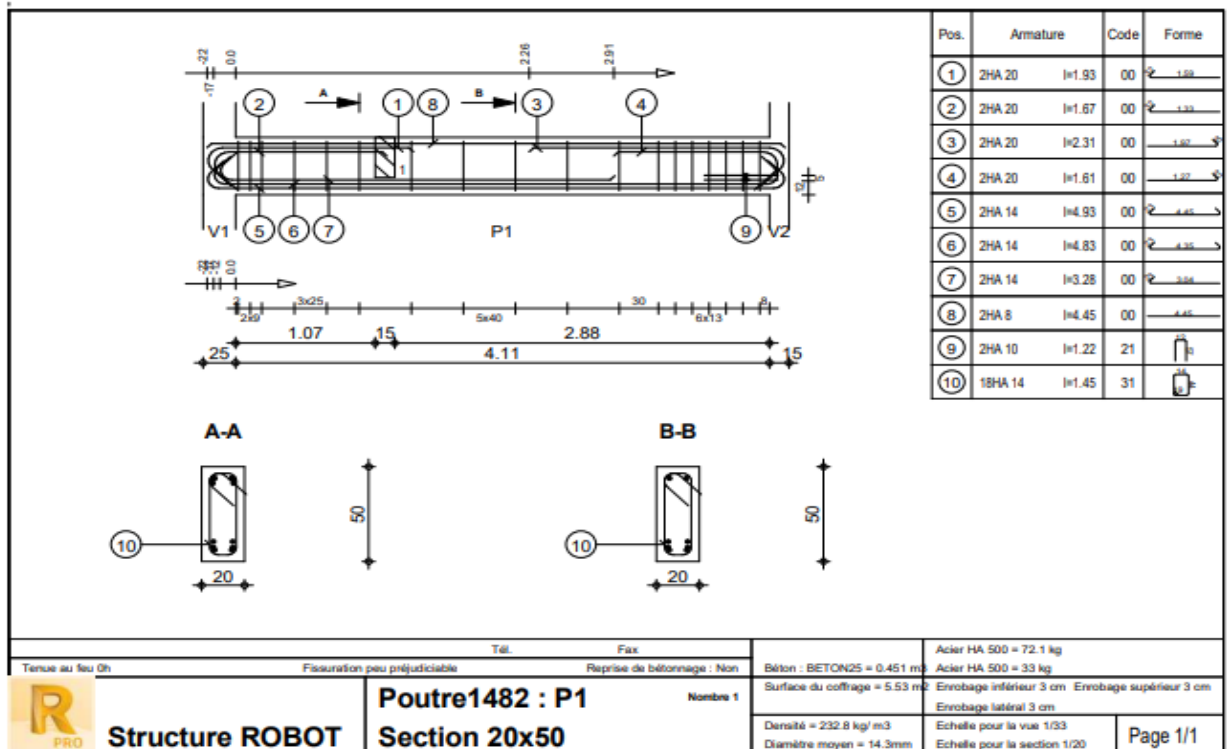
- [20] D. M. Ali, «projet de construction d'unimmeuble R+5 avec sous-sol au quartier terminus a Niamey,» Institut international d'ingenierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2011.
- [21] F. B. Lucien, «étude comparative de la vulnerabilite sismique de deux variantes de sections de tablier de ponts à poutrecontinue,» ulpgl, GOMA, 2022.
- [22] AFNOR, La norme NF P 06-004, 1977.
- [23] JUnit.org. [En ligne]. Available: <http://www.junit.org>. [Accès le 2 Janvier 2019].
- [24] B. H. A. HEISSEINI, «Analyse comparative technico-économique de deux variantes d'un pont à poutres en béton precontraint et en béton Armé,» Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2011.

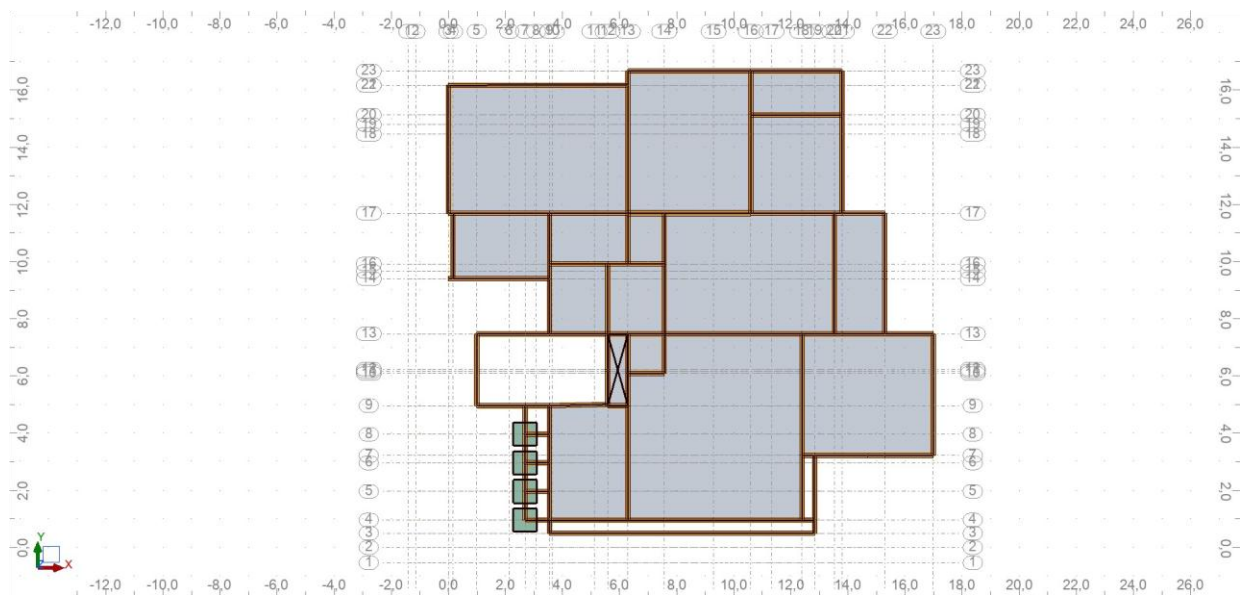
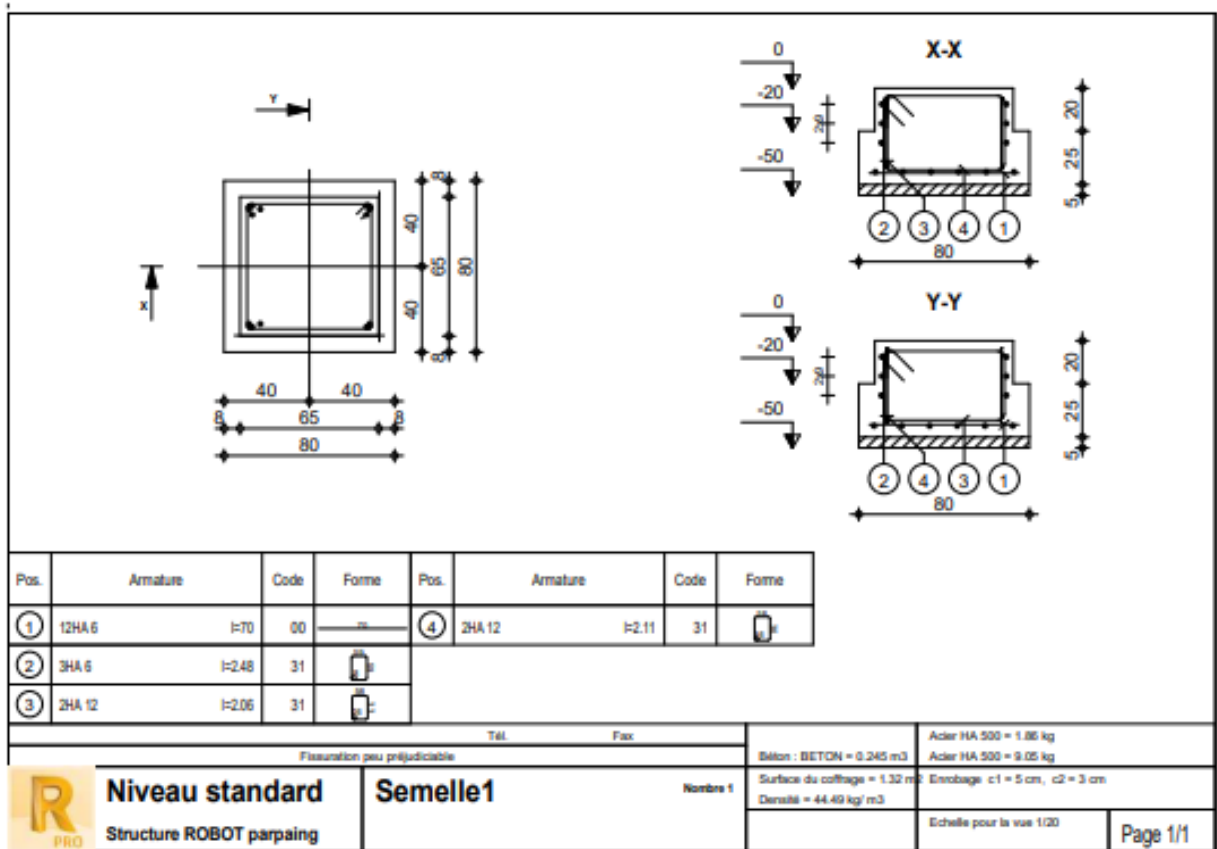
ANNEXE

Annexe A

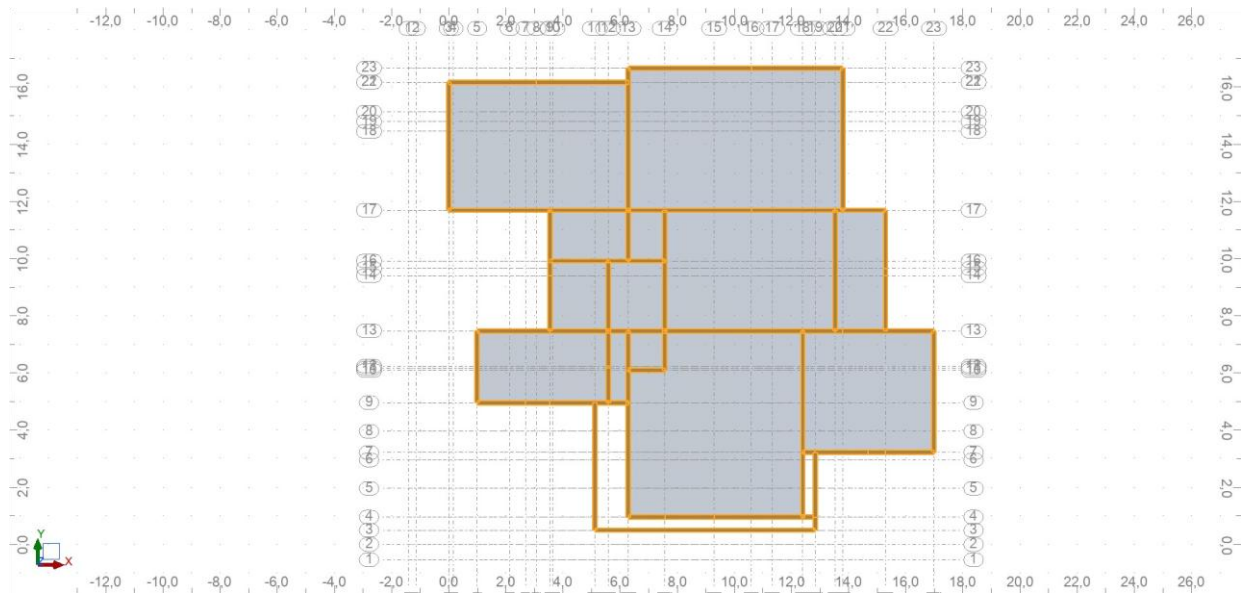




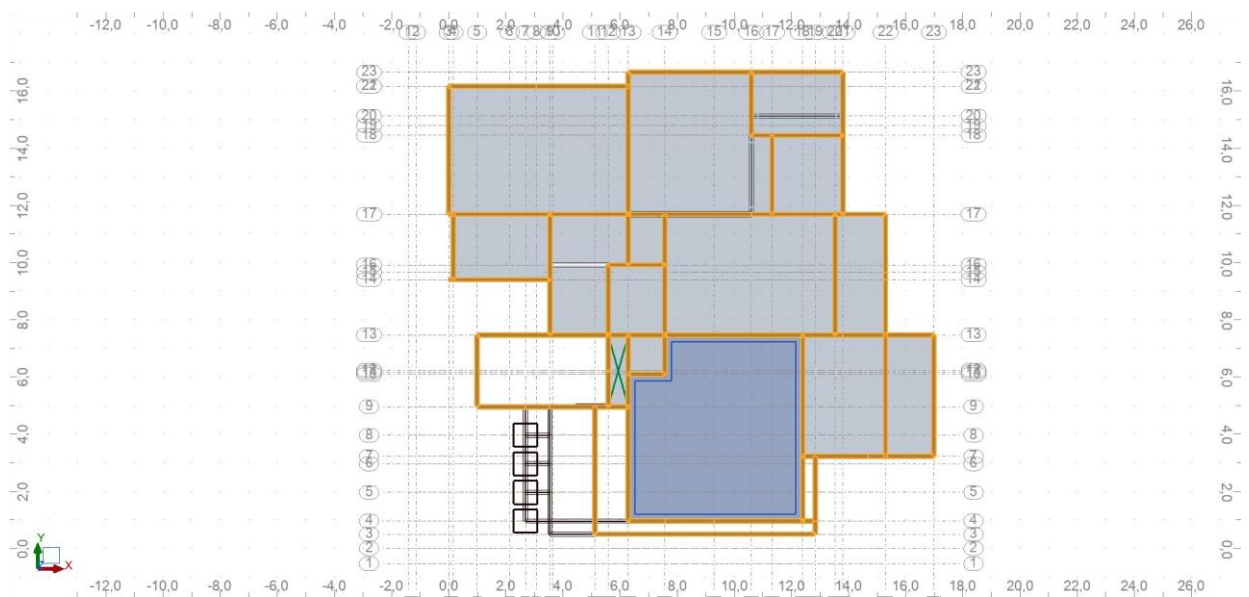




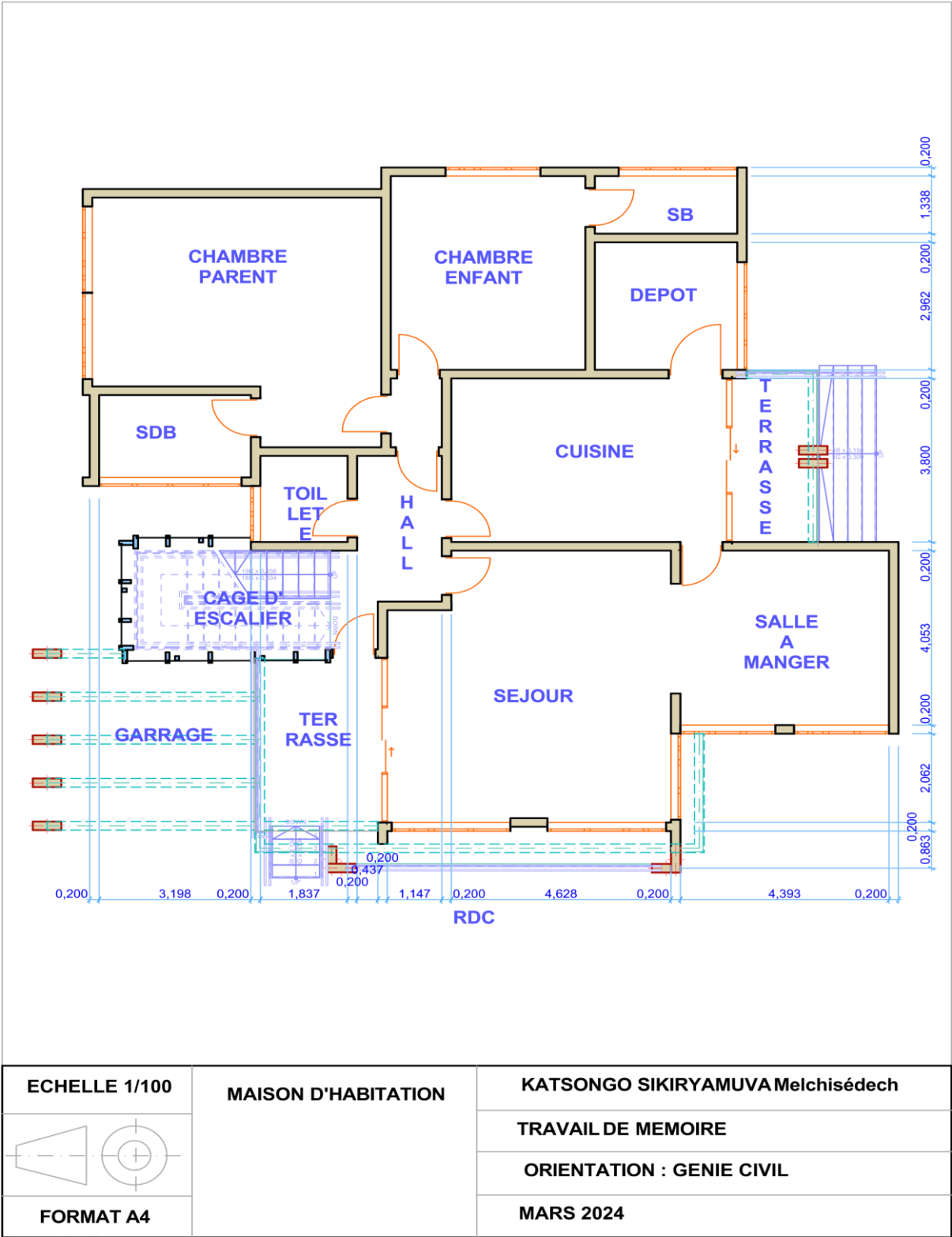
VUE EN PLAN Rdc

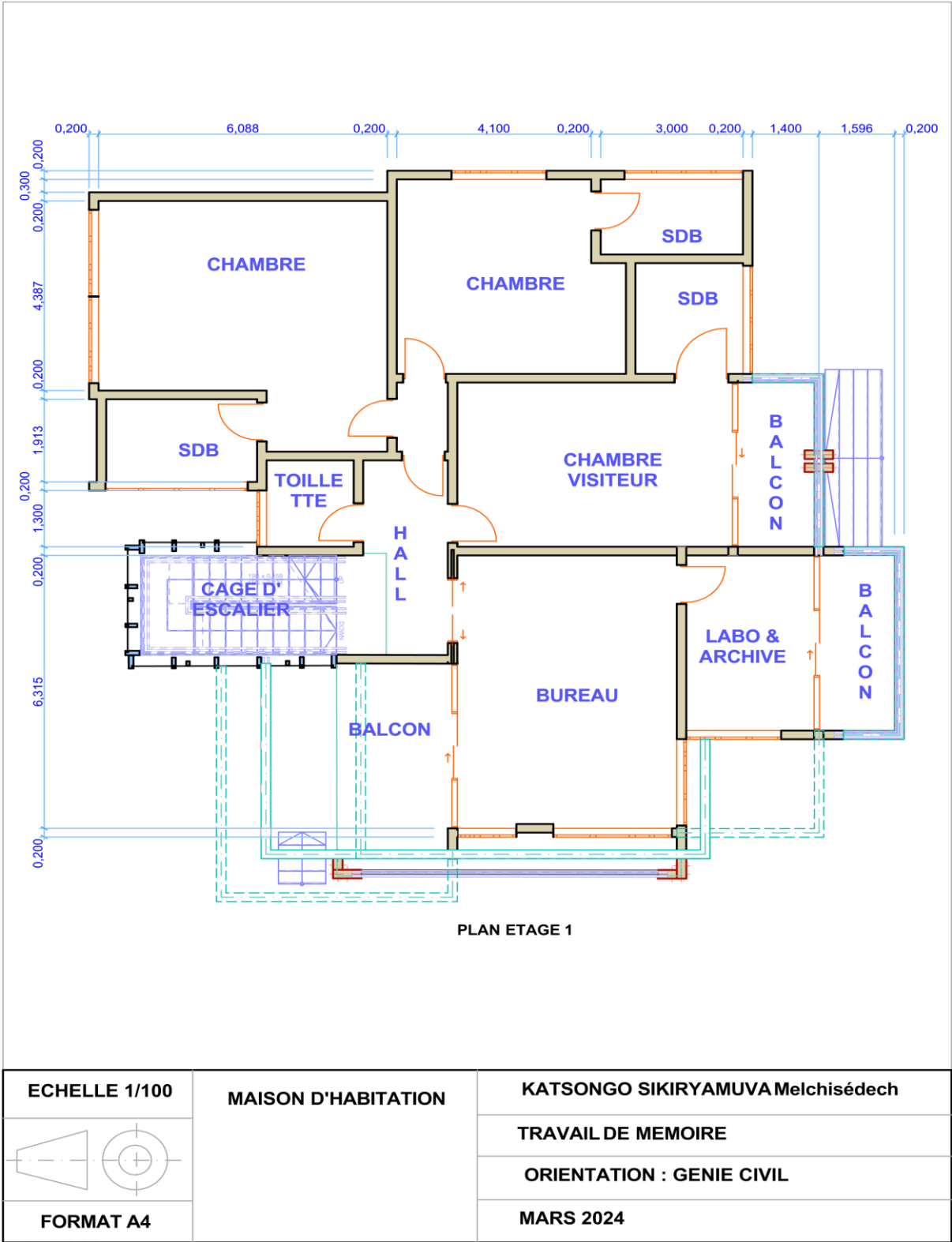


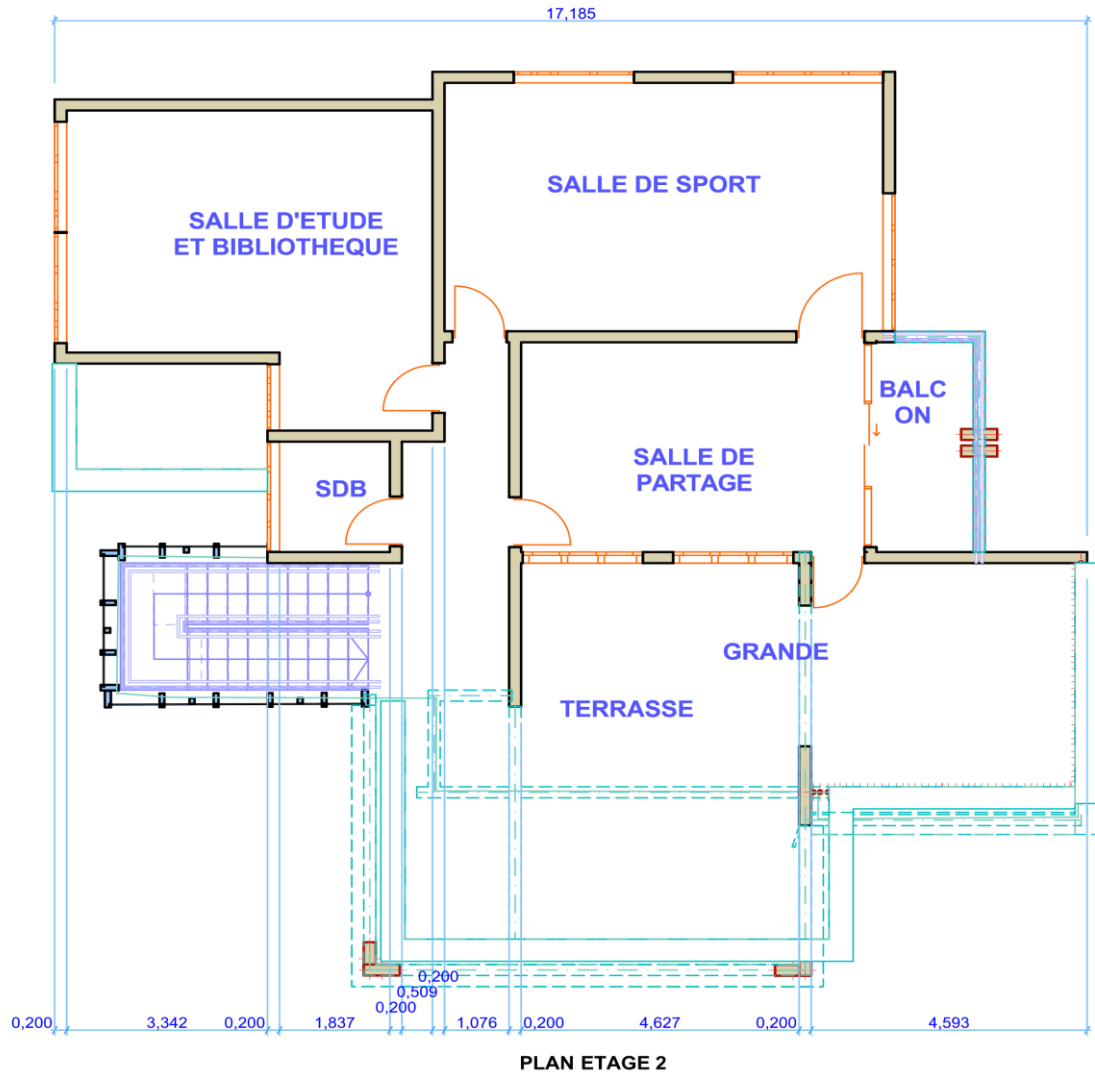
VUE EN PLAN ETAGE 2



VUE EN PLAN ETAGE 1







ECHELLE 1/100 FORMAT A4	MAISON D'HABITATION	KATSONGO SIKIRYAMUVA Melchisédech
		TRAVAIL DE MEMOIRE
		ORIENTATION : GENIE CIVIL
		MARS 2024

TRAVAUX DE GROS ŒUVRE (PARPAING)

N°	DESIGNATION	UNITE	Qté	P.U \$	P.T \$
ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN Brique auto-placante (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)					
A	FONDATION				
1	Fouille des fondations	m ³	25,92	10	259,2
2	Semelle				
3	ferrailage de la semelle isolée	nombre = 44			
	HA6		70HA6	2,5	175
	HA12		44HA12	13	572
4	coffrage de la semelle isolée	nombre = 44			
	Plancher	pièce	132	7	924
	clous	Kg	5,28	1,3	6,864
5	Béton de la semelle isolée	nombre = 44			
	Sable	m ³	7,603	22	167,266
	Gravier	m ³	11,83	33	390,39
	ciment	sacs	42	13	546
	Eau	litre	3041,28	4	15
6	Murs en moellon fondation				
	Moellon	m ³	19,872	12	238,464
	Sable	m ³	6,48	22	142,56
	ciment	sacs	40	13	520
	Eau	litre	2500	4	10
7	Ferrailage de la logrine				
	HA6		299HA6	2,5	747,5
	HA8		72HA8	4	288
	HA12		70HA12	13	910
	HA14		67HA14	10,71	717,57
8	coffrage de la logrine				
	plancher	piece	80	7	560
	clous	Kg	9,6	1,3	12,48
9	Béton de la logrine				
	Sable	m ³	8,4312	40	337,248
	Gravier	m ³	13,12	33	432,96
	Ciment	sacs	45	13	585
	Eau	litre	3372,48	4	14
10					
	Remblai	m ³	105,195	10	1051,95
	Roofing anti capilaire	m	74	1	74
					9697,452
	REZ DE CHAUSSE NIVEAU 1				
11	Elevation de murs au niveau 1				

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

	blocs de ciment de 15X20X40		3450,6	0,7	2415,42
	Sable	m ³	13,25	22	291,5
	ciment	sacs	74	13	962
	Eau	l litre	2960	4	23,68
12	Coffrage du poteau au niveau 1	nombre= 37	volume=0,1125m3		
	plancher		148	7	1036
	bois		25	4	100
	clous	Kg	17,76	1,3	23,088
13	Coffrage du poteau au niveau 1	nombre= 11	volume=0,225m3		
	plancher		71,5	7	500,5
	bois		10	4	40
	clous	Kg	8,58	1,3	11,154
15	Béton du poteau au niveau 1	nombre= 37	volume=0,1125m3		
	Sable	m ³	2,997	22	65,934
	Gravier	m ³	4,67	33	154,11
	Ciment	sacs	20	13	260
	Eau	litre	1198,8	4	5
16	Béton du poteau au niveau 1	nombre= 11	volume=0,225m3		
	Sable	m ³	1,738	40	69,52
	Gravier	m ³	2,77	13,5	37,395
	Ciment	sacs	10	13	130
	Eau	litre	712,8	4	3
	NIVEAU 2 ETAGE				
17	Elevation de murs niveau 2				
	blocs de ciment de 15X20X40	m ²	2593,2	0,7	1815,24
	Sable	m ³	9,95	22	218,9
	ciment	sacs	56	13	728
	Eau	litre	2240	4	5,6
18	Poteau au niveau 2	nombre= 36	volume=1,1125m3		
	Coffrage				
	planchers		86,4	7	604,8
	bois		10	4	40
	clous	Kg	10,37	1,3	13,481
20	béton du poteau au niveau 2	nombre= 36	volume=1,1125m3		
	Sable	m ³	7,26	22	159,72
	Gravier	m ³	11,29	13,5	152,415
	Ciment	sacs	40	13	520
	Eau	litre	2903,04	4	11,612

	NIVEAU 3 ETAGE				
21	Elevation de murs au niveau 3				
	blocs de ciment de 15X20X40	m ²	3423,3	0,7	2396,31
	Sable	m ³	13,14	40	525,6
	ciment	sacs	73	13	949
	Eau	litre	2920	4	8
	Poteau				
22	Coffrage du poteau au niveau 3	nombre= 33		volume=1,1125m3	
	planchers		132	7	924
	bois		20	4	80
	clous	Kg	16	1,3	20,8
23	ferrailage du poteau de 15X25	nombre= 33		volume=1,1125m3	
	HA20		332HA20	37	12284
	HA6		134HA6	2,5	335
	ferrailage du poteau de 15X50				
	HA6		23HA6	2,5	57,5
	HA8		21HA8	4	84
	HA12		23HA12	13	299
24	Béton du poteau au niveau 3	nombre= 33		volume=1,1125m3	
	Sable	m ³	6,65	22	146,3
	Gravier	m ³	10,35	13,5	139,725
	Ciment	sacs	36	13	468
	Eau	litre	2661,12	4	11
					29126,304
B	DALLE & POUTRE				
	CONSTRUCTION R+2 EN PARPAING				
	DALLE				
1	Béton de la dalle au niveau 1				
	sable	m ³	84,36	22	1855,92
	grvaier	m ³	130,29	33	4299,57
	ciment	Sacs	450	13	5850
	eau	litre	33744,99	10	340
2	coffrage de la dalle niveau 1				
	planchers		600	7	4200
	chevron		300	2	600
	bois		1500	4	6000
	clous	Kg	50	1,3	65

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

3	ferraillage de la dalle au niveau 1				
	HA16		315HA16	11	3465
	HA20		175HA20	37	6475
	ESCALIER				
4	Béton de la dalle au niveau 2				
	sable	m ³	3,47	22	76,34
	grvaier	m ³	5,36	33	176,88
	ciment	Sacs	20	13	260
	eau	litre	1388,16	10	140
5	coffrage de la dalle niveau 2				
	planchers		100	7	700
	chevron		50	2	100
	bois		25	4	100
	clous	Kg	12	1,3	15,6
6	ferraillage de la dalle au niveau 2				
	HA14		160HA14	10,71	1713,6
	POUTRE				
7	Béton des poutres principales				
	sable	m ³	56,3	22	1238,6
	grvaier	m ³	86,96	33	2869,68
	ciment	Sacs	300	13	3900
	eau	litre	22521,6	10	225
8	ferraillage des poutres principales				
	HA20		86HA20	37	921,06
	HA16		87HA16	22,5	511,56
	HA10		87HA10	9	783
	HA6		36HA6	3	108
9	Béton des poutres				
	sable	m ³	8,429	22	185,438
	grvaier	m ³	13,019	33	429,627
	ciment	Sacs	50	13	650
	eau	litre	3371,904	10	35
10	ferraillage des poutres				
	HA6		29HA6	3	87
	HA12		28HA12	5,88	164,64
	HA8		24HA8	4	96
	TOTAL DE COUT DE PROJET				48637,515
	TRAVAUX DU SECOND ŒUVRE				

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

	CONSTRUCTION R+2 EN PARPAING				
	DESIGNATION	U	Qté	P.US\$	P.T \$
	CLIMATISATION				
	climatiseur		3	300	1200
C	HUISSERIE				
	Porte métallique P	m ²	17,47	23,5	410,545
	Porte métallique G	m ²	62,58	27,77	1737,8466
	Porte en bois	m ²	217,08	45	9768,6
	Fenetre métallique	m ²	110,13	15	1651,95
	PEINTURE				
D	peinture à eau	litre	30	35	1050
	peinture valable	litre	25	80	2000
	peinture à huile	litre	4	80	320
	matériel			50	50
	ELECTRICITE				
E	CONSTRUCTION R+2 EN PARPAING				
	copper cable rigid VGVB 2x2,5mm2		6	40	240
	copper cable rigid VGVB 2x1,5mm2		6	38	228
	copper cable rigid VGVB1x1,5mm2		18	5	90
	Pvc 5/8		60	1	60
	Flexible 5/8		3	5	15
	Junctionbox 100×100×80		48	1	48
	Insulating tape 180×18×50		30	1	30
	serre cable Gf		6	3	18
	applique murale extéxieur		30	4	120
	applique murale intérieur		30	5	150
	prise electrique monophasé		84	3	252
	Switch(sch1,sch5,sch6,triple sch6)		66	3	198
	Lustre		6	80	480
	spot light AC tricolor		102	3	306
	plafonnier 20cm2		24	8	192
	plafonnier 15cm2		12	2,5	30
	Lamp&douille E27		12	1	12
	differentialcruitbreaker (LN)100		6	15	90
	monopolar circuit breaker 16A,10A,20A		36	2	72
	boite d'attente		144	1	144
	distribution board		8	8	64
	nails		6	2,5	15
	Lampes 7w		60	3	180

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

	socket en porcelaine		60	2	120
	disjoncteur différentiel monophasé 32A		12	7	84
	disjoncteur monopolaire 6A		18	3	54
	disjoncteur monopolaire 16A		24	3	72
	Interrupteur triple sch 6		19	4	76
	Interrupteur triple sch 1		9	2	18
	Interrupteur double sch 6		11	4	44
	toile isolante		14	1	14
	ELECTRICITE				
F	CONSTRUCTION R+2 EN PARPAING				
	tuyaux PVC 110		15	12	180
	PVC 63		12	7	84
	PVC110		6	7	42
	coude PVC 110		24	2	48
	coude PVC 63		36	1	36
	Té PVC 63		12	1,5	18
	tuyaux pipillaine 3/4		24	5	120
	coude pipe		72	0,5	36
	Té pipe		36	6	216
	vane pipe		12	0,5	6
	bouchon pipe		36	8	288
	coude tri		48	1	48
	TOTAL DE COUT DE PROJET				22826,9416
	REZ DE CHAUSSE NIVEAU 1				
G	FINISAGE DE MURS ET REVETEMENT MURS				
	Enduit intérieur au niveau 2				
	Sable	m ³	62,94168	22	2769,43392
	ciment	Sacs	839,2224	13	21819,7824
	Eau	litre	10200	4	81,6
					24670,81632
	TOTAL				134959,03
	main d'œuvre				33739,75723
	TOTAL DE COUT DE PROJET				168698,7862

TRAVAUX DE GROS ŒUVRE (BRIQUE AUTO-PLACANTE)					
N°	DESIGNATION	U	Qté	PUS	P.T \$
	CONSTRUCTION R+2 EN BRIQUE AUTO-PLACANT				
A	FONDATION				
1	Fouille des fondations	m ³	25,92	10	259,2
2	Semelle				
3	ferraillage de la semelle isolée				
	HA6		70HA6	2,5	175
	HA12		44HA12	13	572
4	coffrage de la semelle isolée				
	Plancher	pièce	132	7	924
	clous	Kg	5,28	1,3	6,864
5	Béton de la semelle isolée				
	Sable	m ³	7,603	22	167,266
	Gravier	m ³	11,83	33	390,39
	ciment	sacs	42	13	546
	Eau	litre	3041,28	4	15
6	Murs en moellon fondation				
	Moellon	m ³	19,872	12	238,464
	Sable	m ³	6,48	22	142,56
	ciment	sacs	40	13	520
	Eau	litre	2500	4	10
7	Ferraillage de la logrine				
	HA6		411HA6	2,5	1027,5
	HA8		85HA8	4	340
	HA25		191HA25	13	2483
8	coffrage de la logrine				
	plancher	pièce	80	7	560
	clous	Kg	9,6	1,3	12,48
9	Béton de la logrine				
	Sable	m ³	8,4312	40	337,248
	Gravier	m ³	13,12	33	432,96
	Ciment	sacs	45	13	585
	Eau	litre	3372,48	4	14
10					
	Remblai	m ³	105,195	10	1051,95
	Roofing anti capillaire	m	74	1	74
					10884,882
	REZ DE CHAUSSE NIVEAU 1				
11	Elevation de murs au niveau 1				

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

	brique auto-plaçant de 25X12,5X7,6		14948,4	0,4	5979,368
12	Coffrage du poteau au niveau 1	nombre= 37	volume=0,1125m3		
	plancher		148	7	1036
	bois		25	4	100
	clous	Kg	17,76	1,3	23,088
13	Coffrage du poteau au niveau 1	nombre= 11	volume=0,225m3		
	plancher		71,5	7	500,5
	bois		10	4	40
	clous	Kg	8,58	1,3	11,154
15	Béton du poteau au niveau 1	nombre= 37	volume=0,1125m3		
	Sable	m ³	2,997	22	65,934
	Gravier	m ³	4,67	33	154,11
	Ciment	Kg	20	13	260
	Eau	litre	1198,8	4	5
16	Béton du poteau au niveau 1	nombre= 11	volume=0,225m3		
	Sable	m ³	1,738	40	69,52
	Gravier	m ³	2,77	13,5	37,395
	Ciment	Kg	10	13	130
	Eau	litre	712,8	4	3
	NIVEAU 2 ETAGE				
17	Elevation de murs niveau 2				
	brique auto-plaçant de 25X12,5X7,6	m ²	11323,6	0,4	4529,456
18	Poteau au niveau 2	nombre= 36	volume=1,1125m3		
	Coffrage				
	planchers		86,4	7	604,8
	bois		10	4	40
	clous	Kg	10,37	1,3	13,481
20	béton du poteau au niveau 2	nombre= 36	volume=1,1125m3		
	Sable	m ³	7,26	22	159,72
	Gravier	m ³	11,29	13,5	152,415
	Ciment	sacs	40	13	520
	Eau	litre	2903,04	4	11,612
	NIVEAU 3 ETAGE				
21	Elevation de murs au niveau 3				
	brique auto-plaçant de 25X12,5X7,6	m ²	150668	0,4	60267,05
	Poteau				
22	Coffrage du poteau au niveau 3	nombre= 33	volume=1,1125m3		
	planchers		132	7	924

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

	bois		20	4	80
	clous	Kg	16	1,3	20,8
23	ferraillage du poteau de 15X25	nombre= 33	volume=1,1125m3		
	HA20		332HA20	37	12284
	HA6		134HA6	2,5	335
	ferraillage du poteau de 15X50				
	HA6		23HA6	2,5	22,5
	HA8		21HA8	4	84
	HA12		23HA12	13	299
24	Béton du poteau au niveau 3	nombre= 33	volume=1,1125m3		
	Sable	m ³	6,65	22	146,3
	Gravier	m ³	10,35	13,5	139,725
	Ciment	sacs	36	13	468
	Eau	litre	2661,12	4	11
					89527,928
B	DALLE & POUTRE				
	CONSTRUCTION R+2 EN BRIQUE AUTO-PLACANT				
	DALLE				
1	Béton de la dalle au niveau 1				
	sable	m ³	84,36	22	1855,92
	grvaier	m ³	130,29	33	4299,57
	ciment	Sacs	450	13	5850
	eau	litre	33745	10	340
2	coffrage de la dalle niveau 1				
	planchers		600	7	4200
	chevron		300	2	600
	bois		1500	4	6000
	clous	Kg	50	1,3	65
3	ferraillage de la dalle au niveau 1				
	HA16		315HA16	22,5	7087,5
	HA20		175HA20	37	6475
	ESCALIER				
4	Béton de la dalle au niveau 2				
	sable	m ³	3,47	22	76,34
	grvaier	m ³	5,36	33	176,88
	ciment	Sacs	20	13	260
	eau	litre	1388,16	10	140

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

5	coffrage de la dalle niveau 2				
	planchers		100	7	700
	chevron		50	2	100
	bois		25	4	100
	clous	Kg	12	1,3	15,6
6	ferraillage de la dalle au niveau 2				
	HA14		160HA14	10,71	1713,6
	POUTRE				
7	Béton des poutres principales				
	sable	m ³	56,3	22	1238,6
	grvaier	m ³	86,96	33	2869,68
	ciment	Sacs	300	13	3900
	eau	litre	22521,6	10	225
8	ferraillage des poutres principales				
	HA20		67HA20	37	2479
	HA14		198HA14	17	3366
	HA10		23HA10	9	207
	HA8		48HA8	4	192
9	Béton des poutres				
	sable	m ³	8,429	22	185,438
	grvaier	m ³	13,019	33	429,627
	ciment	Sacs	50	13	650
	eau	litre	3371,9	10	35
10	ferraillage des poutres				
	HA6		29HA6	3	87
	HA12		28HA12	13	364
	HA8		24HA8	4	96
	TOTAL DE COUT DE PROJET				56379,755
	TRAVAUX DU SECOND ŒUVRE				
	CONSTRUCTION R+2 EN BRIQUE AUTO-PLACANT				
C	HUISSERIE				
	CONSTRUCTION R+2 EN BRIQUE AUTO-PLACANT				
	Porte metallique P	m ²	17,47	23,5	410,545
	Porte metallique G	m ²	62,58	27,77	1737,8466
	Porte en bois	m ²	217,08	45	9768,6
	Fenetre metallique	m ²	110,13	15	1651,95
D	PEINTURE				

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

	peinture à eau	litre	15	35	525
	peinture valable	litre	10	80	800
	peinture à huile	litre	4	80	320
	matériel				50
E	ELECTRICITE				
	CONSTRUCTION R+2 EN BRIQUE AUTO-PLACANT				
	copper cable rigid VGVB 2x2,5mm2		6	40	240
	copper cable rigid VGVB 2x1,5mm2		6	38	228
	copper cable rigid VGVB1x1,5mm2		18	5	90
	Pvc 5/8		60	1	60
	Flexible 5/8		3	5	15
	Junctionbox 100×100×80		48	1	48
	Insulating tape 180×18×50		30	1	30
	serre cable Gf		6	3	18
	applique murale extéxieur		30	4	120
	applique murale intérieur		30	5	150
	prise electrique monophasé		84	3	252
	Switch(sch1,sch5,sch6,triple sch6)		66	3	198
	Lustre		6	80	480
	spot light AC tricolor		102	3	306
	plafonnier 20cm2		24	8	192
	plafonnier 15cm2		12	2,5	30
	Lamp&douille E27		12	1	12
	Differential circuit breaker (LN)100		6	15	90
	monopolar circuit breaker 16A,10A,20A		36	2	72
	boite d'attente		144	1	144
	distribution board		8	8	64
	nails		6	2,5	15
	Lampes 7w		60	3	180
	socket en porcelaine		60	2	120
	disjoncteur differentiel monophasé 32A		12	7	84
	disjoncteur monopolaire 6A		18	3	54
	disjoncteur monopolaire 16A		24	3	72
	Interrupteur triple sch 6		19	4	76
	Interrupteur triple sch 1		9	2	18
	Interrupteur double sch 6		11	4	44
	toile isolante		14	1	14
F	ELECTRICITE				
	CONSTRUCTION R+2 EN BRIQUE AUTO-PLACANT				

ETUDE COMPARATIVE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION A PARPAING ET UNE CONSTRUCTION EN
BRIQUE AUTO-PLACANTE (APPLIQUE A UN AUVRAGE R+2)

tuyaux PVC 110		15	12	180
PVC 63		12	7	84
PVC110		6	7	42
coude PVC 110		24	2	48
coude PVC 63		36	1	36
Té PVC 63		12	1,5	18
tuyaux pipillaine 3/4		24	5	120
coude pipine		72	0,5	36
Té pipine		36	6	216
vane pipine		12	0,5	6
bouchon pipine		36	8	288
coude tri		48	1	48
TOTAL DE COUT DE PROJET				19901,9416
TOTAL				176694,51
main d'œuvre		20%		35338,9013
TOTAL DE COUT DE PROJET				212033,408