

**Haute Ecole
« ICHEC – ECAM – ISFSC »**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Approche innovante de construction dans les pays en voie de développement.

(Cas d'étude : le Ghana)

Mémoire présenté par :
Jeanne N'GOUANDI

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en sciences commerciales

Année académique 2022-2023

Promoteur :
Jacques SPELKENS

Boulevard Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles

**Haute Ecole
« ICHEC – ECAM – ISFSC »**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Approche innovante de construction dans les pays en voie de développement.

(Cas d'étude : le Ghana)

Mémoire présenté par :
Jeanne N'GOUANDI

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en sciences commerciales

Année académique 2022-2023

Promoteur :
Jacques SPELKENS

Boulevard Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles

REMERCIEMENTS

Je souhaiterai exprimer ma gratitude envers Dieu pour m'avoir donné la force et la sagesse tout au long de cette année et de m'avoir permis de réaliser ces études.

J'aimerai, également, adresser mes remerciements à mon promoteur, M. Jacques Spelkens d'avoir accepté de m'encadrer pour ce mémoire. Je lui suis reconnaissant pour sa disponibilité et ses recommandations, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Mes prochains remerciements se tournent vers toutes les personnes qui ont accepté de prendre part aux interviews et aux personnes ayant participé à l'enquête qui a été réalisée.

Je tiens également à remercier M. Douglas Akaligaung pour son soutien moral et d'avoir pris le temps de relire mon travail et de m'avoir fourni des conseils de rédaction précieux.

Je suis reconnaissante envers ma famille et mes amis pour tous les encouragements et soutiens qu'ils m'ont démontrés tout au long de mes études.

Engagement Anti-Plagiat du Mémoire

« Je soussigné, N'GOUANDI, Jeanne, 2022/2023, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE 1 : L'IMPORTANCE DE TROUVER DES METHODES INNOVANTES ET ALTERNATIVES DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION	6
1.1 Comment le secteur de la construction affecte notre environnement	6
1.2 L'importance de trouver une méthode innovante de construction	8
CHAPITRE 2: REVUE LITTERAIRE	14
2.1 Études sur les déchets plastiques dans la construction.....	14
2.1.1 L'origine et utilisation du plastique.....	14
2.1.2 Production du plastique dans le monde	16
2.1.3 Impact des déchets plastiques sur l'environnement	16
2.1.4 Le plastique et l'économie circulaire :	18
2.1.5 Intégration des déchets plastiques dans la construction.....	20
2.1.6 Les avantages du plastique en construction	22
2.2 L'utilisation des déchets plastiques comme matériaux de construction dans d'autres régions du monde.....	23
2.3 Pourquoi le plastique pourrait-il être une solution dans les pays en voie de développement .	28
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE	29
3.1 Classification des méthodes de recherche.....	29
3.2 Techniques d'échantillonnage.....	30
3.3 Collecte des données.....	30
3.4 Questions éthiques.....	31
CHAPITRE 4 : PROBLEMATIQUE DE CONSTRUCTION DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT DE L'AFRIQUE SUBSAHARIENNE	32
4.1 Problématique dans les pays en voie de développement	33
4.2 Pays d'étude : La République du Ghana.....	34
4.2.1 Contrôle et politique du gouvernement	37
4.2.2 Problématique du logement abordable	38
4.2.3 Innovation et durabilité dans l'industrie de construction au Ghana	40
4.2.4 Les objectifs de développement durable au Ghana.....	41
4.2.5 Gestion des déchets	42
4.3 Proposition d'un modèle de recyclage.....	44

4.4	Étapes de transformation déchets plastiques en brique de construction.....	47
4.5	Les Parties prenantes	53
4.6	Les défis et incertitudes	55
CHAPITRE 5 : PERSPECTIVES D'UTILISATION DES DÉCHETS PLASTIQUES DANS LA CONSTRUCTION, EXPÉRIENCES ET RÉCITS DES PARTIES PRENANTES		57
5.1	Interviews.....	58
5.1.1	Entretiens avec l'expert en environnement.....	59
5.1.2	Entretiens avec M. Amankwa.....	60
5.1.3	Entretiens avec M. Bonaventure Kwesi	61
5.1.4	Entretiens avec M. Kudjo Frank	62
5.1.4	Entretiens avec le fonctionnaire de l'ambassade du Ghana en Belgique	63
5.2	L'enquête.....	64
CHAPITRE 6 : CONCLUSION GENERALE		66
BIBLIOGRAPHIE.....		70

Liste des figures et tableau

Figure 1 : maison construite en adobe	09
Figure 2 : maison construite en bottes de paille.....	10
Figure 3 : construction à l'aide de béton de chanvre.....	11
Figure 4 : construction avec toit végétalisé.....	12
Figure 5 : construction à l'aide de bouteilles remplies de déchets plastiques.....	24
Figure 6 : maison construite à l'aide bouteilles et combiné avec du ciment.....	25
Figure 7 : maison construite par JD Composites à l'aide bouteilles en plastique.....	26
Figure 8 : maison construite par JD Composites à l'aide bouteilles en plastique.....	27
Figure 9 : Carte d'Afrique avec repésentation du Ghana.....	36
Figure 10 : croissance démographique du Ghana entre 1960 et 2023.....	37
Figure 11 : croissance démographique du Ghana entre 1960 et 2023.....	37
Figure 12 : chaine de recyclage à partir de déchets plastiques pour la réalisation d'une maison.....	46
Figure 13 : Classification de la qualité des plastiques.....	47
Figure 14 : schéma d'une extrudeuse par injection avec ses composants.....	48
Figure 15 : illustration du processus de réalisation d'une maison	49
Figure 16 : briques standards obtenu par extrusion.....	49
Figure 17 : Maison de 40M2 conçue par conveptos plasticos.....	50
Tableau 1 : Comparaison méthode traditionnelle et méthode innovante proposée.	53
Tableau 2 : Business Model Canvas pour la méthode proposée.....	55
Tableau 3: présentation des personnes interviewées.....	59

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La construction est l'une des industries les plus gourmandes en ressources au monde. Les méthodes de construction traditionnelles, telles que nous les connaissons, tendent à utiliser des modèles d'entreprise plutôt anciens, linéaires, non durables et non respectueux de l'environnement.

Au cours des dernières décennies, face à la rareté de matières premières et face à une pollution alarmante de la planète, il est important de trouver des alternatives à la construction traditionnelles. Se tourner vers des constructions innovantes, peu coûteuses, durables et écologiques a suscité un réel intérêt énorme dans un monde.

La construction innovante fait appel à la mise en œuvre de nouvelles méthodes qui utilisent des matériaux alternatifs servant à la construction et la réalisation d'infrastructures. En outre, elle implique la mise en œuvre de pratiques de construction modernes conçues pour améliorer la qualité de vie, offrir un meilleur rapport qualité-prix et, dans le même temps, réduire leur impact sur l'environnement. Par exemple, il a été observé que l'avantage d'utiliser des matériaux durables est qu'ils réduisent les déchets tout en minimisant la consommation d'énergie pendant la construction.

Il est important de mentionner que l'innovation dans la construction est particulièrement importante dans les pays en voie de développement, où la croissance de la population a conduit à une énorme pénurie de logements. Par exemple, O'Sullivan (2023) affirme que la question de la "crise du logement" mondiale est une "crise de la croissance démographique" mondiale, suggérant un lien direct entre la forte population et la pénurie de logements. De plus, les pays en voie de développement sont confrontés à des défis environnementaux, tels que la pollution par déchets plastiques et la mauvaise gestion de ceux-ci. C'est pourquoi, investir et mettre en place des méthodes de construction innovantes dans les pays en voie de développement pourrait contribuer à réduire l'impact environnemental que génère la construction et permettrait aux entreprises du domaine de la construction d'évoluer tout en contribuant à un développement environnemental plus écologique.

Dans le cadre de ce travail, je souhaiterais porter mon attention sur l'utilisation de déchets plastiques recyclés comme matériau innovant de construction dans les pays en voie de développement de l'Afrique subsaharienne.

En effet, le plastique est l'un des plus gros polluants de notre planète. Les déchets plastiques mal gérés finissent dans nos océans et nos sols et endommagent les terres en les rendant inexploitables sur le long terme. Les pays d'Afrique Subsaharienne souffrent davantage de ce fléau par manque de moyen de gestion de ces déchets.

Dans le cadre de ce travail, je proposerai une méthode de constructions innovante à travers le recyclage du plastique. Le but est d'apporter une solution au problème de déficit de

logement et de contribuer à diminuer la quantité de déchet plastique qui semble suffoquer les pays sous-développés.

Cette idée m'est venue lorsque j'ai découvert qu'une entreprise de construction basée en Amérique du Sud (Conceptos Plasticos) utilisait déjà ce concept depuis 2015 et avait déjà contribué à quelques projets dans le monde. Au vu des défis auxquels sont confronté les pays en voie de développement, je me suis demandé s'il serait possible de mettre en œuvre ce même concept dans les pays subsahariens afin de contribuer à résoudre deux problèmes majeurs auxquels sont confrontés les pays en voie de développement, à savoir, le manque de logements et d'infrastructures pour des populations toujours plus nombreuses, et la pollution plastique qui nuit à l'environnement :

Le pays d'Afrique subsaharien utilisé comme cas d'étude est le Ghana.

Problématique :

Des études ont montré que le secteur de la construction continue de croître dans le monde entier. Cela est dû à la croissance de la population mondiale, en particulier dans les villes où l'urbanisation et l'habitat se sont multipliés.

Cette situation a donné lieu à des débats académiques et à des discussions dans le secteur de la construction sur ce qu'il convient de faire pour répondre aux besoins de la population en matière de logement. Par exemple, les Nations unies (UN, 2017) estiment que plus de 1,6 milliard de personnes vivent dans des logements inadéquats, dont un milliard dans des conditions déplorables dans des bidonvilles et des établissements informels à travers le monde. L'ONU note également que d'autres moyens d'augmenter les installations de logement sont nécessaires pour soutenir la croissance et l'expansion de la population, en particulier dans les zones urbaines et les communautés rurales.

En outre, des recherches ont montré que cette croissance démographique a également entraîné une augmentation de la production de déchets, en particulier de déchets plastiques. Des études ont montré que le plastique ne se décompose pas facilement, car la lumière du soleil ne peut pas décomposer ces substances, qui peuvent rester piégées dans la terre et l'environnement pendant des milliers d'années (usep.org, n.d). Cette situation a entraîné de nombreux problèmes environnementaux, notamment des inondations et la pollution des mers par ces plastiques, car il n'existe aucun moyen d'utiliser ces matériaux pour réduire la pollution de l'environnement et les problèmes qui y sont liés. Cette situation est particulièrement prévalente dans le secteur de la construction, où il n'y a pas eu de moyens innovants et alternatifs de construire, notamment pour répondre aux besoins de logement des populations croissantes, en particulier dans les pays en développement comme le Ghana où il y a un énorme déficit de logements et une menace de pollution par le plastique. À cet égard, la question de recherche est formulée comme suit :

Comment la construction innovante peut-elle résoudre la pénurie de logements dans les pays en développement comme le Ghana ?

Ce travail vise donc à proposer l'utilisation des déchets plastiques comme l'une des méthodes innovantes pour le secteur de la construction, en particulier dans les pays en développement où la pollution plastique est élevée (Nancy & Mohamed, 2017), tout en contribuant à résoudre le problème du déficit de logements dans les pays en développement.

Objectifs de la recherche

- ✓ Justifier l'utilisation de déchets plastiques comme matériaux de construction alternatifs.
- ✓ Déterminer si les gens accepteront de vivre dans des maisons construites avec des plastiques.
- ✓ Démontrer que l'utilisation de matériaux plastiques dans la construction est essentielle pour résoudre le problème des déchets plastiques et de la pollution dans les pays en voie de développement.

Question de recherche

La question de recherche est formulée comme suit : comment l'utilisation de déchets plastiques comme construction innovante peut-elle résoudre la pénurie de logements dans les pays en développement comme le Ghana ?

L'étude repose sur les **hypothèses** suivantes :

- Hypothèse 1

L'adoption des déchets plastiques dans le secteur de la construction a le potentiel de combler le déficit de logements dans les pays en développement comme le Ghana.

- Hypothèse 2

L'adoption des déchets plastiques dans le secteur de la construction résoudra de manière significative les problèmes associés aux déchets plastiques dans les pays en développement comme le Ghana.

Importance de l'étude

L'étude a cherché à explorer les options durables et les moyens d'utiliser les déchets plastiques dans l'industrie de la construction. Elle a démontré que, compte tenu de l'augmentation de la population dans les pays en développement tels que le Ghana, des méthodes de construction alternatives ou innovantes, telles que l'utilisation de matériaux plastiques, sont importantes pour combler les déficits de logement correspondants dans les pays en développement et, plus significativement, pour relever les énormes défis environnementaux et de pollution climatique découlant de la mauvaise gestion des déchets plastiques dans les grandes villes. Globalement, l'étude contribuera à comprendre comment

L'industrie de la construction pourrait passer de méthodes de construction traditionnelles et conventionnelles à des méthodes modernes telles que l'utilisation de déchets plastiques.

Portée de l'étude

L'étude se concentre sur Le Ghana qui est pays en voie de développement de l'Afrique subsaharienne. D'une part, j'explorerai la possibilité d'utiliser le plastique comme matériau de construction et, d'autre part, j'examinerai la gestion du plastique dans ce pays. Le terme construction ici se limitera à la construction de bâtiments, et ne prendra pas en compte la construction d'infrastructure telle que les routes et les ponts.

Méthodologie

Dans le cadre de ce travail, j'ai consacré le chapitre trois (3) à l'explication détaillée de la méthodologie employée. Comme il sera expliqué dans cette partie (Chapitre III), une analyse documentaire et approche qualitative ont été employées dans ce travail.

Les recherches documentaires ont été effectuées à travers diverses sources pertinentes, via des moteurs de recherche. Les documents et articles récoltés étaient en lien avec les différents sujets abordés lors de cette étude.

Une revue littéraire a été effectuée sur base d'études recueillies dans des littératures existantes qui abordaient l'emploi du plastique dans la construction, notamment, la construction de bâtiment. Cette méthode sera notamment appliquée au chapitre II.

L'approche de la méthode qualitative a été mise en place à travers des interviews téléphoniques avec des personnes ayant des fonctions dans le secteur de la construction au Ghana, dans le secteur de l'environnement ainsi que d'une personne ayant un exercice dans la fonction publique ghanéenne.

Pour alimenter l'étude qualitative, j'ai réalisé une enquête en ligne destinée à la population ghanéenne.

Organisation de l'étude

Cette étude est organisée en six (6) chapitres et aura un effet d'entonnoir, allant d'une observation générale vers une observation spécifique.

Le premier chapitre du travail constitue une introduction globale et abordera de manière générale les inconvénients de la construction traditionnelle dans le monde. J'évoquerai également l'importance de trouver des alternatives à la construction conventionnelle.

Le deuxième chapitre aborde la revue littéraire et consistera à analyser les études déjà faites sur le plastique et le potentiel qu'il présente dans la construction. Nous analyserons, dans cette partie, les avantages que présente le plastique dans la construction.

Le troisième chapitre traite de la méthodologie utilisée dans le cadre de cette étude.

Le Quatrième chapitre traite de l'industrie de la construction dans les pays en développement, en utilisant le Ghana comme étude de cas. L'étude soutient que le Ghana présente une opportunité où les énormes déchets et matériaux plastiques générés peuvent être utilisés dans le secteur de la construction pour fournir des logements abordables, en particulier pour les bidonvilles urbains en expansion et la population croissante des communautés rurales. Cette étape du travail servira à proposer une méthode de construction innovante à base de plastiques recyclés. Les avantages, les défis et les opportunités liés à cette méthode seront soulignés.

Le cinquième chapitre explore les perspectives de l'utilisation des plastiques dans la construction sur base d'interview de différentes parties prenantes et d'enquêtes distribuée en ligne aux personnes habitant au Ghana.

Le sixième et dernier chapitre contient la conclusion et des recommandations.

Limites et obstacles de l'étude

En général, la plupart des projets de recherche ou des études se heurtent à un certain nombre de difficultés. Par exemple, l'un des principaux défis de cette étude était le manque de matériel, en particulier d'articles de journaux fiables concernant l'Afrique subsaharienne. En outre, étant donné que peu de choses ont été faites dans ce secteur dans la région et en particulier au Ghana, il a été difficile d'obtenir de bonnes illustrations pour étayer l'étude. En outre, le fait de combiner travail et études, deux (2) tâches très intensives et exigeantes, a découragé la recherche.

Néanmoins, l'étude s'est inspirée des meilleures pratiques et du matériel provenant de pays tels que l'Inde, où l'on a tenté de contextualiser les questions par rapport au Ghana. La planification de la période d'étude m'a permis de poursuivre mes études.

CHAPITRE 1 : L'IMPORTANCE DE TROUVER DES METHODES INNOVANTES ET ALTERNATIVES DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

Introduction

Ce chapitre sera consacré à expliquer à l'importance de trouver des méthodes innovantes et alternatives dans le secteur de la construction. Nous allons examiner la manière dont les méthodes traditionnelles de construction affectent notre environnement et nous allons observer quelques innovations déjà pratiquées dans le monde.

Avant de rentrer dans le vif du sujet, il est nécessaire de mentionner la manière dont la construction traditionnelle affecte l'environnement.

Il faut noter que le besoin de se loger et de construire devient de plus en plus important, surtout dans les grandes villes. Cela est dû à la croissance de la population. Selon les Nations Unies (World Population Prospects, 2022), la population mondiale devrait augmenter de 1,7 milliard de personnes passant de 8 milliards à 9,7 milliards d'ici 2050. Cette augmentation massive de la population crée des besoins qui l'emmènent à consommer de façon importante, les ressources naturelles de la Terre. Notre consommation excéderait déjà plus de 70 % des ressources de la terre et génère une quantité énorme de déchet toxique (The world counts, 2023).

Une augmentation de la population entraîne naturellement une augmentation de besoin de logement, ce qui entraîne une d'activité importante pour l'industrie de construction. Les activités de la construction créent de la pollution. Selon Climate Trade (climatetrade, 2023), l'une des activités les plus polluantes serait le secteur de la construction qui génère une quantité énorme de déchet et de CO₂. Selon (WBCSD, 2021), la construction de nos habitations par les méthodes traditionnelles, est responsable pour près de 50% des émissions de gaz à effet de serre. De plus, le secteur de la construction consomme près de la moitié des ressources naturelles de la planète, 37 % de la consommation d'énergie et 40 % des déchets produits.

Le domaine de la construction traditionnelle utilise des matériaux tels que le béton, l'aluminium et l'acier, qui sont responsables des émissions de grandes quantités de CO₂.

1.1 Comment le secteur de la construction affecte notre environnement

- Pollution de l'air et des eaux

La construction dite traditionnelle est responsable de l'émission de particules dans l'air, qui sont nocives pour la santé. Ces particules émises affectent la qualité de l'air que nous respirons. Une des particules les plus polluantes dans l'air est le PM10. Ce dernier créé à partir de ciment, de bois ou de pierre et reste invisible à l'œil nu. Les PM10 sont de très petites particules que l'on trouve dans la poussière et la fumée. Elles ont un diamètre de 10 micromètres (0,01 mm) environ et sont suffisamment petites pour pénétrer dans les voies

respiratoires. Un niveau élevé de PM10 peut engendrer de graves problèmes de santé aux humains et aux animaux (EPA Victoria report, 2023).

En plus de polluer l'air, la qualité des eaux est également affectée par les méthodes traditionnelles de construction. Les matériaux tels que le ciment, la peinture, les colles, le sable, les métaux lourds, l'huile et les produits chimiques sont à l'origine de la pollution des eaux (Joshi, K. et al, 2022).

- Perte de ressources naturelles

L'industrie de la construction affecte les ressources naturelles car elle extrait en grande quantité des ressources non renouvelables. Elle dépend des matières premières telles que le bois, le sable, le calcaire et l'argile. Il faut souligner que l'extraction constante de ces ressources génère des pertes irréversibles et impactent négativement l'état de notre l'environnement. Ces pratiques mènent peu à peu à la destruction de la nature telles que la déforestation et la dégradation et l'érosion des sols.

- La production de déchets

En plus d'engendrer une perte de ressource naturelle, le secteur de la construction produit énormément de déchets. Les déchets émis lors de la construction sont le résultat des transports et de l'utilisation des matériaux nocifs.

Ces déchets appauvissent les terres et les dégradent. Lorsque les particules nocives sont émises, elles pénètrent dans les sols et les rendent infertiles sur le long terme.

Cette dégradation des sols interfère avec la capacité de l'environnement à fournir un écosystème naturellement équilibré.

- Changement climatique

Les activités de l'industrie de la construction traditionnelles affectent le climat par son émission en grande quantité de gaz carbonique. La transformation des matériaux ainsi que leurs transports dans les différentes parties du monde exigent une forte combustion de fossiles. La combustion de ces fossiles génère une grande quantité de gaz à effet de serre et mène au réchauffement climatique.

- L'impact sur la santé humaine

D'après le (Health impacts from construction emissions, 2019) les particules générées lors des activités de construction ont un impact nocif sur la santé. Ils sont responsables notamment de pathologies respiratoires et cardio-vasculaires. Les substances toxiques couramment utilisées dans la construction traditionnelle sont les métaux lourds, les biocides et les fongicides. Les autorités de Londres ont estimé que 9 500 décès prématurés survenus à Londres en 2010 étaient dus à l'exposition au dioxyde d'azote et aux particules émises par les métaux lourds présents dans l'atmosphère.

1.2 L'importance de trouver une méthode innovante de construction

Il est important de trouver des méthodes alternative et innovante de construction, car comme cité plus haut la méthode de construction conventionnelle a un impact sur l'environnement et la santé humaine. Se tourner vers des méthodes de construction qui emploient des matériaux écologiques aura pour avantage de conserver les ressources naturelles vierges et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Maria Kuklina et al. (2021) définissent l'innovation en construction comme, faire usage de matériaux alternatifs pour résoudre un problème dans l'industrie, en ayant pour objectif de réduire les coûts, améliorer la qualité de vie et en appliquant des méthodes favorables à l'environnement et à l'écologie. En d'autres termes, elle fait usage de matériaux écologiques et moins nocifs, elle emploie de nouvelles technologies et des matériaux recyclés. Elle recherche une efficacité sur le plan énergétique.

Le concept de la construction innovante repose tout simplement sur la nécessité de réduire l'impact environnemental des bâtiments, sans sacrifier la planète, la santé ou l'esthétique (Appropedia, 2022).

Il existe plusieurs méthodes de construction innovantes, voici quelques exemples :

- **La construction de maisons en adobe** : il s'agit d'une technique ancestrale de brique en terre crue auparavant moulée à la main. C'est un mélange de terre argileuse, de paille et d'eau, malaxée et moulée dans un cadre en bois pour former des briques ensuite séchées au soleil.

Cette ancienne méthode commence à regagner en popularité en tant que construction peu coûteuse et écologique. Cette technique de construction permet aux bâtiments de rester naturellement frais en temps chaud et de se réchauffer naturellement lorsqu'il fait froid, ce qui demande un apport réduit en climatiseur et chauffage. (HowStuffWorks, 2012)



Figure 1 : maison construite en adobe

Source : Chirache, E. (2020). Autoconstruction: Nicolas a construit des éco-dômes alors qu'il n'y connaissait rien. 18h39. Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.18h39.fr/articles/leco-dome-lautoconstruction-pour-les-nuls-expliquee-par-un-americain.html>

- **La construction en bottes de paille :** La technique la plus utilisée est celle où l'on encastre les bottes de paille en colonnes entre des poteaux. Les murs en paille sont ensuite recouverts de terre ou de chaux puis peints avec des produits naturels. Les bottes de paille sont des isolants trois fois supérieurs à la méthode traditionnelle, et présentent d'excellentes caractéristiques d'insonorisation.
Chaque année, des millions de tonnes de paille sont brûlées aux États-Unis. Cette action augmente la concentration élevée de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Faire usage des bottes de paille dans la construction aide à séquestrer une partie CO₂ libérée par la combustion, contribuant ainsi à réduire le réchauffement de la planète (familyhandyman- 2021).



Figure 2 : maison construite en bottes de paille

Source : University, C., & Tennessee, U. of. (n.d.). What is a straw bale house? Definition, designs, and examples. Treehugger. Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.treehugger.com-straw-bale-house-5199775>

- **La construction en béton de chanvre** : Le béton de chanvre est produit à partir de mélange chaud (utilisé comme liant) de chènevotte (débris de chanvre), d'eau et de calcaire.

Le béton de Chanvre a pour atout d'être un bon isolant, un bon régulateur d'humidité de l'air et se fabrique rapidement sur le chantier.

De plus, le Chanvre est une plante facile à cultiver et consommant très peu d'eau et d'engrais. Il a une empreinte carbone faible et est à caractère local (IsoHemp – 2018).



Figure 3 : construction à l'aide de béton de chanvre

Source : Step-by-step manual details construction of hempcrete structures. (n.d.). Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.greenbuildermedia.com/blog/step-by-step-manual-details-construction-of-hempcrete-structures>

- **La construction avec toit végétalisé** : il s'agit d'une couche végétale cultivée sur un toit. Ils contribuent à la gestion des eaux de ruissellement et à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Cette manière de mettre en place le toit permet de réfléchir la chaleur plutôt que de l'absorber comme dans le cas de toit traditionnel. Cela permet de réduire les coûts en éliminant la chaleur de l'air et en réduisant les températures de la surface du toit. (US EPA, O. - 2014)
Cette méthode de constructions citées sont quelques exemples parmi de nombreuses qui existent à l'heure actuelle.



Figure 4 : construction avec toit végétalisé

Source : Kleczinski, N. (2022). Espagne: Une magnifique maison au toit végétalisé qui se confond parfaitement avec le paysage. NeozOne. Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.neozone.org/lifestyle/espagne-une-magnifique-maison-au-toit-vegetalise-qui-se-confond-parfaitement-avec-le-paysage/>

Dans l'analyse de l'importance de trouver des matériaux innovants pour la construction, il faut souligner qu'en général, la plupart des matériaux alternatifs possèdent des avantages tels que :

- **La réduction des coûts d'entretien et d'exploitation des bâtiments**

La plupart pratiques de construction alternatives sont peu coûteuses, surtout sur le long terme. En effet, elles nécessitent peu d'entretien comparé aux techniques de construction traditionnelles. Au regard de la durabilité des matériaux utilisés, les bâtiments ont tendance à avoir une durée de vie plus étendue.

De plus, vu leur caractère écologique, les bâtiments issus de la construction alternative ont une meilleure efficacité énergétique, ce qui permet de réduire les coûts d'exploitation en énergie.

De surcroît, certaines méthodes intègrent des mesures de conservation de l'eau, qui peuvent réduire la consommation d'eau et les coûts reliés à cette dernière (Graham, J. 2023, March 5).

- **Efficacité énergétique et conception passive**

Les matériaux utilisés dans la conception des bâtiments alternatifs sont des bons isolants donnant aux constructions une faible dépendance aux énergies provenant de sources non renouvelables. ([Graham, J. 2023, March 5](#))

- **Amélioration de la qualité de l'environnement**

La qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment et à l'extérieur est importante pour la santé des personnes qui l'occupent. Les matériaux de construction utilisés dans les bâtiments alternatifs contiennent statistiquement moins de produits chimiques nocifs que leurs homologues traditionnels.

Elles produisent également moins de déchets en recyclant ou en réutilisant certaines matières.

En choisissant des matériaux alternatifs, les constructeurs peuvent réduire la masse de déchets générés pendant la construction ou faire usage de déchets issus de d'autres secteurs (Graham, J. 2023)

De plus, les constructions alternatives écologiques utilisent des technologies et des processus qui limitent la surconsommation des ressources non renouvelables (*ibid*).

Conclusion

L'épuisement progressif de nos ressource naturelle nous pousse à nous tourner vers de nouvelles méthodes qui sont favorables à l'environnement. L'innovation est importante dans le secteur de la construction car il s'agit d'une industrie assez polluante pour la planète étant donné que ses activités génèrent une quantité importante de gaz carbonique. Innover dans ce secteur fait référence à la durabilité et à la recherche d'usage de matériaux peu coûteux, et écologiques dans le but d'améliorer notre qualité de vie. Il existe déjà plusieurs méthodes déjà utilisées dans le monde, car les gens sont conscients du fait que la planète est menacée par les activités humaines et surtout par les activités de construction.

De plus, opter pour l'innovation permet aux entreprises de l'industrie de la construction de rester compétitives dans un secteur qui évolue rapidement, tout en contribuant au développement d'environnements plus durables.

CHAPITRE 2: REVUE LITTERAIRE

Introduction

Ce chapitre tentera d'examiner de manière approfondie les littératures et les discussions pertinentes, en se concentrant sur les travaux universitaires relatifs aux méthodes innovantes dans le secteur de la construction dans les pays en développement. Il retrace l'histoire des plastiques et en donne une définition conceptuelle. Il montre comment les plastiques peuvent être intégrés dans la construction et va plus loin en démontrant que si la littérature sur les déchets plastiques est abondante, l'utilisation des déchets plastiques dans le secteur de la construction dans les pays en développement n'a pas été suffisamment étudiée. Il affirme que si les méthodes traditionnelles sont encore courantes, en particulier dans les pays en développement, elles pourraient être combinées à des méthodes modernes telles que l'utilisation de déchets plastiques comme matériaux de construction.

2.1 Études sur les déchets plastiques dans la construction

La littérature disponible et les études actuelles suggèrent que la demande et l'utilisation de matériaux plastiques font désormais partie de la vie quotidienne en raison de l'augmentation des populations, de la demande des ménages, des secteurs industriels étendus et du secteur de la construction (Kelly et., 2023). On estime que la production mondiale de déchets plastiques devrait atteindre 1,1 milliard de tonnes d'ici 2050 (Kelly et., 2023 ; Lai, & Lee., 2022). De même, il a été observé que seuls 7 % des déchets plastiques produits chaque année sont recyclés, ce qui signifie qu'une part importante des matières plastiques dans le monde n'est souvent pas traitée, ce qui entraîne la pollution de l'environnement physique où elles sont enfouies dans la terre ou conservées dans des décharges et où les plastiques restants se retrouvent dans les masses d'eau, y compris les rivières, les lagons et les mers (ibid).

La littérature montre qu'il existe différentes variétés de déchets plastiques. Par exemple, le polyéthylène et le polyéthylène téréphthalate (PET) ont été identifiés comme les matériaux plastiques les plus courants.

2.1.1 L'origine et utilisation du plastique

Qu'est-ce que le plastique ?

Selon la définition du dictionnaire Oxford, « le plastique est un matériau léger et résistant produit par des procédés chimiques et qui peut prendre des formes lorsqu'il est chauffé. Il existe de nombreux types de plastique, utilisés pour fabriquer différents objets et tissus. »

Le mot plastique trouve son origine dans la langue grecque « *plastikos* », qui veut dire, « capable d'être moulé ». En effet il s'agit d'un matériel modelable et élastique qui peut prendre diverses formes par le moulage, le pressage et l'extrusion.

À la base, les plastiques, tout comme le bois ou la laine, sont des matières organiques. Dans la production du plastique, les matières premières qui sont employées dérivent de produits naturels comme la cellulose, le charbon, le gaz naturel, le sel et, bien entendu, le pétrole brut.

Les plastiques possèdent une densité assez faible qui leur donne l'avantage d'être légers. Ils ont également la propriété d'être de bons isolants thermiques et résistants à la corrosion. De plus, la facilité par laquelle ils peuvent être moulés nous permet de leur donner les formes les plus complexes et les rend propres à une multitude de fonctions. Grâce à leurs nombreuses propriétés, les plastiques sont devenus des matières modernes incontournables, car ils permettent de répondre à nos besoins quotidiens. Ils sont, toutefois, également, devenus, une grande préoccupation environnementale.

En effet, l'homme connaissait déjà les qualités élastiques et malléables du caoutchouc, de l'ambre, de la corne ou encore des écailles de tortue et comparé au bois, ces matières avaient la particularité et l'avantage de se ramollir sous l'influence de la chaleur, donnant de ce fait, la possibilité d'être transformé en différentes formes. Cette qualité permettait aux hommes de l'époque de fabriquer plusieurs objets qui leur servaient dans leurs usages quotidiens. Les premiers plastiques trouvaient donc leur origine dans la nature, car ils étaient issus de matières premières non fossiles et passaient par trait de processus de transformation (plasticseurope, 2023).

Selon le catalogue Flexico (2019), le premier plastique manipulé par l'homme date de 1600 ans av. J.-C et il s'agissait du latex. Ce dernier est une sève souple issue de l'arbre d'hévéa qui est une espèce végétale originaire d'Amérique tropicale. Le latex a été importé par les colons d'Amérique du Sud au 15e siècle et servira à la fabrication d'objet tel que les bouteilles, des chaussures et servira à d'autres usages quotidiens. C'est au XIXe siècle que l'on voit naître une succession d'innovations qui donneront naissance au plastique que nous connaissons aujourd'hui.

En 1856, le premier plastique, à base d'acide nitrique, d'éthanol et de cellulose, voit le jour. Cette découverte faite par Alexander Parkes, chimiste britannique, sera nommée « Parkésine », ce qui correspond aujourd'hui au celluloïd. Quelques années plus tard après la découverte de la Parkésine, la technique est peaufinée pour concevoir la Galalithe. Ce dernier est un plastique fabriqué à partir de la caséine, dont la méthode de fabrication est perfectionnée au XXe siècle.

Simultanément, le polychlorure de vinyle (PVC) est découvert par hasard en 1835 par Henri Victor Regnault et ensuite par l'Allemand Eugen Baumann, en 1872. Cependant la reproduction du procédé n'est renforcée qu'au 20e siècle, et sa production industrielle sera lancée par la société Union Carbide.

La Bakélite suivra quelques années plus tard, en 1907, après la découverte du PVC. Son inventeur est un chimiste belge nommé Leo Hendrik Baekland. La Bakélite est fabriquée à base de formaldéhyde et de phénol (composés issus du pétrole) ; on a donc à faire au « vrai »

plastique, 100% synthétique. Cette innovation devient le premier plastique produit massivement dont la commercialisation à grande échelle aura lieu à l'après-guerre.

Le polystyrène et le nylon prendront le devant de la scène industrielle en s'imposant très rapidement. Depuis lors, plusieurs plastiques de synthèses ont été mis sur le marché et font partie intégrante de notre vie, ce qui a engendré une forte augmentation de consommation de cette matière.

2.1.2 Production du plastique dans le monde

D'après Statista (2021), la production globale du plastique en 2021 était estimée à 390,7 millions de tonnes par an. En effet, depuis les années 50, la production du plastique a plus qu'explosé. Il faut noter que la polyvalence de ce matériel explique les raisons de sa constante croissance au fil des années, avec une valeur marchande qui augmente en parallèle.

Les principaux producteurs de plastique sont les pays d'Asie. La Chine à elle seule, représentait 32 % de la production mondiale en 2021. Ces dernières années, la Chine a produit entre 6 et 12 millions de tonnes de produits en plastique chaque mois.

L'Amérique du Nord suit et se place en deuxième position dans du classement mondial, avec une part de 18 % de production de plastique, en 2021.

Rhodes, C. J. (2018) soutient que depuis 2004, le monde a produit une quantité équivalente de plastique à ce qui avait été produit les 50 années précédentes. Il est estimé que la masse totale de plastiques jamais fabriqués s'élève à près de 9 milliards de tonnes et provient du gaz naturel et du pétrole brut, utilisés comme matières premières chimiques et sources de carburant.

Entre 1950 et 2015, le monde a généré 6,3 milliards de tonnes de déchets plastiques primaires et secondaires (recyclés). Parmi ces déchets plastiques, seulement 9% sont recyclés, 12 % incinérés, et les 79 % restants se retrouvent dans des décharges ou dans l'environnement ; c'est-à-dire nos océans et nos terres, en raison d'une mauvaise gestion des déchets.

L'agence européenne pour l'environnement (EEA, 2019) soutient que la production mondiale annuelle de plastique est passée de 2 à 380 millions de tonnes depuis 1950 et devrait doubler d'ici 2035 et devrait être multipliée par quatre d'ici 2050, ce qui révèle une croissance exponentielle. Au vu de cette production massive, il devient de plus en plus difficile de gérer la masse de déchets que ces productions engendrent. L'Europe n'aurait pas les capacités nécessaires pour maîtriser cette accumulation alarmante de déchets en plastique..

2.1.3 Impact des déchets plastiques sur l'environnement

Une mauvaise gestion des déchets plastiques provoque des conséquences néfastes sur la nature en détruisant nos terres et le climat. De plus, le parlement européen (2018) dévoile que les déchets plastiques collectés en Europe sont exportés vers les pays du tiers monde en raison d'un manque de capacité, de technologie et de ressources financières pour que ces

déchets puissent être traités localement. Les exportations de déchets de l'UE vers les pays tiers ont atteint 32,7 millions de tonnes en 2020.

En 2017, certains pays d'Asie, notamment la Chine, ont décidé de ne plus être les destinataires de ces déchets plastiques exporté par les pays occidentaux. Les autres États asiatiques, tels que la Malaisie, l'Inde ou encore la Thaïlande, ont naturellement suivi le mouvement, en raison, toujours, de manque de moyen suffisants de recyclage pour faire face à la quantité toujours plus abondante de déchets plastiques.

Morgan Philips (2023) expose que de plus en plus de déchets plastiques rentrent sur le continent africain chaque jour. Cette entrée acharnée de déchet plastique est dû à la fermeture des frontières de nombreux pays asiatiques depuis l'année 2017. Le continent africain fait donc face à une problématique énorme en termes de gestion de déchet plastique, ce qui crée des embarras environnementaux majeur.

En réalité, l'Afrique ne produit que 7% des plastiques présents dans le monde. Cependant, il est le continent le plus atteint par la dégradation et la pollution que ces déchets plastiques génèrent. Certains pays d'Afrique sont même devenus une « plaque tournante » des ordures plastiques.

Le journal *Le monde* (2022) énonce que les pays africains, surtout au niveau des capitales, sont remplis par une quantité débordante de déchets plastiques qui envahissent les décharges à ciel ouvert.

Ces ordures, avec le temps, libèrent des odeurs infectes, des fumées et des débris toxiques mettant en péril la vie des populations présentes.

Ces plastiques sont également une source première de la pollution des océans et présentent une menace pour la faune, la flore et les hommes.

En plus de polluer l'environnement, ces plastiques bouchent les égouts des grandes villes, créant des inondations lors de fortes pluies, c'est que déclare (Ayeleru, O. O. et al, 2020). Ils dénoncent également une absence de services réguliers de gestion des déchets ou de services de collecte médiocres dans les pays en voie de développement.

Au fil des années, l'état dans lequel le plastique reste peut affecter la manière dont elle interagit avec son environnement. En effet, le plastique contient des substances nocives et donc vont affecter la libération potentielle des substances qu'elle contient.

Les plastiques sont considérés comme des polluants persistants car la plupart des types de polymères plastiques sont non biodégradables (Hahladakis et al, 2018).

Il faut noter que le plastique peut mettre jusqu'à 1000 ans pour se décomposer. C'est qu'affirme la (RTBF, 2019) dans une campagne de sensibilisation.

Huarong L. et al (2022) dans leurs recherches, ont démontré que les déchets plastiques avaient un impact négatif sur la santé humaine. Ils affirment que, au fil des années, l'écosystème naturelle se serait détériorée de façon alarmante et notre écosystème pourrait devenir inhabitable pour les générations futures.

De plus, les puits de glace de l'Arctique sont en train de fondre, libérant des microplastiques accumulés depuis des années.

Les auteurs de cet ouvrage ont analysé l'impacts bénéfiques du recyclage et de la réutilisation des déchets plastiques.

Leur analyse démontre que la pollution par des ordures plastiques aurait une action néfaste sur les activités humaine, de ce fait, il serait, selon eux, plus raisonnable de transformer ces déchets plastiques. Cette approche permettrait de contribuer à la croissance économique, et de créer des emplois et rendrait l'air extérieur Meilleur pour tous.

Au vu de ces éléments, il est important de trouver un moyen plus efficace d'employer nos déchets plastiques en leur donnant une seconde vie.

2.1.4 Le plastique et l'économie circulaire :

Malgré le caractère polluant du plastique et des dommages que celui-ci a causés au fil des dernières décennies, le plastique possède tout de même des propriétés dont on pourrait se servir.

En effet, l'emploi du plastique dans une économie linéaire lui fait perdre sa valeur et créer même une perte économique. Il est donc important de l'intégrer dans une économie circulaire.

Le parlement européen (2023) définit l'économie circulaire comme étant un modèle de production et de consommation qui consiste à partager, réutiliser, réparer, rénover et recycler les produits et les matériaux existants le plus longtemps possible afin qu'ils conservent leur valeur. Cette méthode rallonge le cycle de vie des produits et permet de réduire l'utilisation de matières premières et la production de déchets.

Sur base de cette définition, on peut déduire que l'économie circulaire présente l'avantage de protéger l'environnement en minimisant l'extraction des ressources naturelles, mais surtout en réduisant nos déchets et également en redonnant plusieurs vies à nos objets.

Dans le cas du plastique, il est devenu évident que nous devons passer d'un système qui produit des déchets vers un système qui apporte de la valeur et permet de résoudre des problèmes.

Face à ce constat, les pays du monde entier essaient de trouver des solutions innovantes afin d'extraire les déchets plastiques de l'environnement. L'UE a mis en place des systèmes qui encouragent un meilleur recyclage des plastiques afin de promouvoir une économie circulaire.

Par exemple, en novembre 2022, la Commission européenne a proposé de nouvelles règles sur les emballages produits. Elle a mis en place des suggestions afin d'améliorer la conception les étiquetages ; notamment choisir un étiquetage plus clair. La Commission appelle également à une transition vers des plastiques biosourcés, biodégradables et compostables (*ibid*).

Ces mesures mises en place sont-elles suffisantes

En effet produire de nouvelles formes de plastiques ou limiter leur production ne fait que cibler une partie du problème. L'incinération des plastiques n'est pas une pratique qu'il faut continuer, car des chercheurs ont estimé dans un article paru sur le site de l'Union européenne (europa.eu, 2020) que l'incinération du déchet plastique à l'échelle mondiale générerait des centaines de millions de tonnes de gaz à effet de serre dans l'air. Ils estiment que, d'ici 2050, ces émissions pourraient tendre vers 3 milliards de tonnes chaque année, créant des ravages atmosphériques. Cette méthode est donc à bannir.

Les approches mentionnées ne permettront pas d'éliminer les déchets plastiques qui sont déjà dans nos sols et mers et continuent à créer des destructions permanentes, certaines de ces approches risquent d'aggraver davantage la situation.

Il est plutôt nécessaire de penser à une manière réemployer les déchets plastiques qui nous envahissent depuis de longues décennies et devenus meurtrières dans les pays en voie de développement qui continuent à réceptionner les déchets des pays industrialisés.

Ces dernières années, plusieurs études se sont penchées sur l'utilisation des déchets plastiques en tant que matériel de construction. Les chercheurs ont estimé que l'utilisation du plastique servirait à répondre à deux problèmes auxquels le monde fait face :

Le premier point est ce que nous avons déjà évoqué aux paragraphes précédents. Il s'agit des altérations que cause le plastique dans notre environnement. Nous avons vu que les déchets plastiques polluent notre planète et deviennent la source de plusieurs catastrophes naturelles. Les pays en voies de développement semblent le plus en souffrir, car ils disposent de peu de moyen pour traiter ces déchets plastiques et ces derniers sont exacerbés par leurs exportations par les pays développés vers les pays sous-développés.

Le second point est le déficit de logement qui s'accentue avec une population mondiale en forte croissance. En effet, l'ensemble de la planète s'urbanise à un rythme sans précédent. Selon la banque mondiale (2015), plus de la moitié de la population mondiale vit en zone urbaine. Elle estime que l'exode vers les zones urbaines pourrait s'intensifier et atteindre 70% d'ici 30 ans. Cette urbanisation croissante n'est cependant pas accompagnée d'un aménagement des conditions de logements souvent insalubres, avec des factures de consommations exorbitantes.

Les prix de l'immobilier ont augmenté dans le monde entier et, dans de nombreux pays, la fourchette des prix de l'immobilier continue de s'élargir. Le coût global des prix de l'immobilier, des loyers et, par conséquent, de l'accessibilité au logement semble être influencé par le coût des matériaux utilisés pour la construction des bâtiments (Akinwumi, I. I et al, 2019)

En plus de ce qui a été mentionné, il faut souligner que le modèle habituel et linéaire du secteur de la construction fait de lui un des plus gros extracteurs des ressources naturelles (30%) et générateur des déchets solides générés dans le monde. Un changement et une adoption d'un modèle économique circulaire serait plus que nécessaire.

2.1.5 Intégration des déchets plastiques dans la construction

Plusieurs études ont été effectuées, démontrant que l'usage des déchets plastiques serait une meilleure alternative pour la construction et la gestion des déchets plastiques.

Nous connaissons le béton comme étant le matériel de construction le plus utilisé dans le monde, par ses qualités de solidité bien connues.

En plus d'émettre une quantité énorme de CO₂, le béton présente le désavantage d'avoir une force de résistance à la traction faible. « La résistance à la traction est mesurée par la contrainte maximale qu'un matériau peut supporter lorsqu'il est étiré ou tiré avant de se rompre » (Dictionnaire Cambridge).

Au vu de ces inconvénients, les ingénieurs sont à la recherche de méthodes pouvant améliorer la qualité mécanique des bétons. Actuellement, le monde produit plus de 4,4 milliards de tonnes de béton par an, mais ce chiffre devrait passer à plus de 5,5 milliards de tonnes.

Dans son article, Hilburg J., (2019) présente les déchets plastiques recyclés comme pouvant être de fibres de renforcement du béton. Cette utilisation conduirait à la fois à une meilleure durabilité et à des performances structurelles accrues. Dans le sens où le plastique, mélangé au béton, pourrait améliorer la ductilité. En effet, le plastique ne s'oxyde pas comme le font les armatures en acier conventionnelles. L'auteur indique, sur base d'étude réalisée, que le remplacement de 75 % des agrégats traditionnels par des déchets plastiques de PVC permettrait de développer un matériau composite présentant de fortes caractéristiques d'isolation acoustique. Les propriétés conférées par l'utilisation du PVC dans le béton font que les éléments peuvent être utilisés dans des endroits comme les hôpitaux et dans les zones bruyantes, comme les zones routières près des maisons, afin de produire une barrière acoustique.

D'après une étude effectuée par Abdel Tawab O. et al,(2020), les auteurs ont évalué la possibilité d'utiliser le déchet plastique fondu pour remplacer le ciment dans la production de briques de construction et de blocs de béton.

Son objectif serait de transformer les déchets plastiques en mortier et produits en béton adaptés à la construction de maison.

L'utilisation de déchet en matière plastique dans la production de matériaux pouvant servir à la construction (briques, blocs de béton) possède plusieurs avantages de fait que le plastic est plus léger, facilement malléable et adaptable. De plus cette technique serait un moyen efficace de pour réduire les problèmes liés à l'environnement et éliminer les déchets et réduire les pollutions liées à l'industrie du ciment.

Les auteurs, dans leur étude, ont établi un tableau en identifiant les éléments suivants :

- Différents types de plastiques avec leurs densités,

- Les caractéristiques liées à chaque type de plastique (transparent, rigide, très bonne résistance à la traction...),
- Usage du plastique original (emballage boisson, récipients alimentaires, sacs à ordures...),
- Usages possibles du plastique recyclé (tuyau, revêtements de sol, matériaux composites, etc.)

Les chercheurs ont effectué plusieurs expériences où ils ont incorporé des déchets plastiques. Leurs expériences consistaient à déterminer la flexibilité et la résistance à la tension des briques lorsqu'elles contiennent du plastique et lorsqu'elles n'en contiennent pas.

Les expériences ont révélé que les briques contenant du plastique avaient une meilleure contrainte de flexion.

Ils ont pu déterminer que les plastiques ont un rapport résistance/poids plus élevé, ils sont plus résistants à la détérioration donc plus durable, ils ont une densité plus faible par rapport aux autres matériaux de construction.

Ils ont identifié deux formes de déchets plastiques pouvant être utilisées dans le béton : les granulats et les fibres plastiques (PF).

Les granulats pourront être utilisés pour remplacer les graviers et les sables. Leur densité semble est inférieure à celle du granit, du calcaire et du basalte.

En ce qui concerne les PF, ils peuvent être utilisés comme armature pour remplacer l'acier, qui est sujet à la corrosion. Cette pratique améliorerait ainsi la durabilité du béton.

Cette étude a voulu démontrer que l'utilisation des déchets plastiques dans le secteur de la construction permettra aux industries de passer d'un processus de traitement linéaire, dans lequel les ressources et les investissements en capitaux produisent des déchets, vers un système écologique, circulaire, où les déchets deviennent des intrants pour la création de nouveaux produits.

Nyika, J., & Dinka, M. (2022) dans leurs études, affirment que l'usage des déchets plastiques comme matériaux de construction est utile dans l'industrie du bâtiment. Ils soutiennent, sur base d'études préexistantes, que les plastiques peuvent être employées seules ou en combinaison avec d'autres matériaux à des pourcentages de composition variés pour fabriquer des briques, des blocs, des tuiles, d'asphalte, de bitume, de panneaux de porte, de matériaux d'isolation et de composites à base de ciment.

Ils ajoutent que procéder de cette façon contribuerait à la durabilité de l'environnement, car les extractions de ressources naturelles réduiraient. De plus, le transport des matériaux de construction habituel entraînant une pollution atmosphérique se verrait atténué. Ils n'ont pas manqué de souligner la nécessité de progresser vers de meilleures technologies de récolte des plastiques. Les auteurs ont recommandé d'évaluer le cycle de vie du recyclage des matériaux

plastiques pour le bâtiment et la construction et d'élaborer des réglementations pour normaliser les processus concernés afin de valider la capacité des progrès à améliorer la durabilité.

Bien que ces études soulignent la possibilité d'employer le plastique en que matériaux de construction, elles ne démontrent pas assez les risques que le plastique peut engendrer sur le terme. Une étude plus poussée aurait pu être entreprise afin que nous puissions en connaître les éventuels effets secondaires.

2.1.6 Les avantages du plastique en construction

Sur base des études que nous avons évoquées aux pages précédentes, l'on peut déduire les caractéristiques du plastique et les avantages qu'il pourrait apporter dans la construction d'un habitat

Légèreté et sa résistance : les lectures faites aux pages précédentes ont démontré que le plastique possède l'avantage d'être léger et résistants qui permettent d'utiliser le plastique dans la construction. Il détient de surcroît une force de tension très élevée, lui permettant de supporter plus de stress qu'un béton. Ces propriétés facilitent le transport, le chargement et le déchargement, l'installation ... etc.

Résistant à la corrosion : le plastique a une forte capacité de résistance à la corrosion et aux intempéries. Cet attribut, ce qui permet de réduire l'entretien, est un aspect très important pour les bâtiments grâce à son contenu en sulfure de polyphénylène. Il s'agit d'un produit chimique utilisé dans les plastiques qui est principalement utilisé dans des applications qui lui permettent d'être exposée à des produits chimiques hautement corrosifs à des températures élevées.

Étanchéité : Il permet de réaliser des joints étanches qui, en d'autres termes, sont imperméables en raison de sa structure autrement. Ils sont fabriqués par la formation de chaînes polymères qui lui confère une qualité d'imperméabilité à l'eau, ce qui contribue à rendre le bâtiment étanche. Le plastique est imperméable et ne conduit pas la chaleur, ce qui en fait un bon matériau de construction pour les pays chauds et froids.

Résistant au feu : lors de sa fabrication et de sa transformation, le trioxyde d'antimoine est mélangé à un composé bromé pour fabriquer le polyéthylène. Le trioxyde de diantimoine agit harmonieusement avec les composés bromés pour renforcer les propriétés ignifuges. Cela se fait en ralentissant le processus de combustion.

Flexibilité : le plastique est flexible, car il possède des propriétés anti-vibration qui lui permettent de subir de grandes déformations, comme en cas de tremblement de terre, sans provoquer de déformation. La performance sismique du bâtiment s'en trouve améliorée.

Avantages financiers : étant donné qu'il s'agit de déchet, son recyclage et sa réutilisation le rendent très bon marché par rapport aux matériaux classiquement utilisés. Le prix du ciment

et de l'énergie ayant flambé au cours de ces dernières années, les avantages financiers deviennent multiples : prix très bas de la matière première pour l'usine de recyclage, prix très bas de la matière première transformée pour l'usine de fabrication de matériaux de construction et coûts d'entretien réduits, car la demande d'énergie du bâtiment sera moindre ...ce qui entraîne un coût réduit pour se loger.

Avantage environnemental : L'usage des déchets plastiques pourrait réduire les coûts de transport. En effet, les déchets seront disponibles localement, ce qui permettrait d'éviter les longues distances de transport ; par rapport aux matières premières traditionnelles, dont les sites d'excavation peuvent parfois être très éloignés du lieu de leur application. Cette approche permet par ailleurs de réduire les émissions de CO₂ et d'autres polluants associés au transport.

2.2 L'utilisation des déchets plastiques comme matériaux de construction dans d'autres régions du monde.

De l'Indonésie jusqu'au Canada passant par Colombie, des personnes, associations et entreprises transforment déjà les déchets plastiques en matériaux de construction et les utilisent pour bâtir des maisons, des écoles et des centres communautaires.

Dans le "village de recyclage" situé à la lisière de la forêt tropicale de Sumatra en Indonésie, plusieurs centaines de bouteilles ont déjà trouvé leur place. Grâce à une jeune organisation de protection de l'environnement de Coblenze, en Allemagne, appelée Project Wings, les habitants ont pu récolter des bouteilles en plastique, les ont remplies à ras bord d'un demi-kilo d'autres déchets plastiques qui aurait dû être incinéré ou auraient fini dans la nature. Au lieu de cela, ces plastiques ont trouvé une seconde vie en tant que matériaux de construction et servent à la population locale. Depuis 2019, l'organisation non gouvernementale a construit sept bâtiments à partir de déchets plastiques locaux, en collaboration avec les habitants et leur ingénieur civil David Heitman. Parmi ces bâtiments construits, l'on trouve une école, un bâtiment avec des installations sanitaires et un espace de coworking. Pour ce projet, la population locale a récolté 50 tonnes de déchets plastiques, les ont nettoyés et les ont transformés en plus de 100 000 "Ecobricks", qui sont les bouteilles plastiques remplies de débris plastiques.



Image courtesy of Project Wines

Figure 5 : construction à l'aide de bouteilles remplies de déchets plastiques

Source: Schneider, D. (2023). Is plastic waste the building material of the future? Unbias The News. Récupéré le 03 Août de <https://unbiasthenews.org/is-plastic-waste-the-building-material-of-the-future/>

Une seconde variante de l'usage du plastique dans la construction de bâtiments est le mélange avec du béton. Cette méthode qui semblerait la plus utilisée consiste à ajouter une certaine quantité de déchets plastiques aux briques d'argile ou de ciment. L'intention serait de faire peu usage des ressources et de faire des économies. Les combinaisons possibles du type de plastique mélangé à la brique et des quantités employées sont presque infinies. Les entreprises semblent opter pour cette méthode car elle permet ne de pas trop s'éloigner de la méthode traditionnelle. Les entreprises remplacent une proportion de 5 à 25 % de la masse de béton par des déchets plastiques provenant de l'industrie de l'emballage. Le plastique est lavé, broyé, chauffé et ajouté au béton. Certains fabricants y ajoutent également de la poussière de verre ou d'autres additifs (Schneider, D. 2023).



Images from the Plastic Bottle Village in Panama.

Figure 6 : maison construite à l'aide bouteilles et combiné avec du ciment

Source : Schneider, D. (2023). Is plastic waste the building material of the future? Unbias The News. Récupéré le 03 Août de <https://unbiasthenews.org/is-plastic-waste-the-building-material-of-the-future/>

Depuis une dizaine d'années, des entreprises vont jusqu'à fabriquer des matériaux de construction à partir de déchets plastiques 100 % recyclés. Certaines ont réussi, d'autres sont encore en voie de trouver la bonne formule. Dans cette technique, tous les déchets plastiques peuvent être utilisés, à l'exception du polystyrène. Le plastique est d'abord collecté et déchiqueté. Les morceaux sont ensuite fondus en une pâte et versés dans un moule où ils refroidissent.

Conceptos Plásticos, entreprise colombienne, est la plus ancienne sur le marché. Depuis 2011, elle produit des briques de plastique allongées et grises qui s'emboîtent les unes sur les autres grâce à un système de clic, ou comme des briques de serrage (Schneider, D. 2023). L'entreprise récupère les déchets plastiques dans la nature ou non recyclables. Elle utilise une technologie où les blocs de construction en plastique s'emboîtent facilement les unes aux autres, ce qui permet de construire une maison entière en cinq jours.

En plus de construire de manière plus durable, l'entreprise colombienne a pour ambition de fournir des logements abordables, des emplois et un revenu régulier aux communautés défavorisées, tout en s'attaquant à la crise du plastique.

D'après BBC Storyworks, Conceptos Plásticos a utilisé plus de 2 000 tonnes de déchets plastiques pour construire 12 000 mètres carrés de salles de classe, de maisons et d'abris. Selon M. Oscar Mendez, le fondateur de Conceptos Plásticos, il est prévu de construire 31 000

mètres carrés de salles de classe supplémentaires, ce qui représente 2 500 tonnes de plastique recyclé. L'entreprise emploie de nombreuses femmes pour collecter les déchets plastiques afin de les vendre aux recycleurs. Pour beaucoup d'entre elles, il s'agit de leur seule forme de revenu, qu'elles utilisent pour payer l'école et la nourriture de leurs enfants.



Figure 7 : maison construite par JD Composites à l'aide bouteilles en plastique

Source : Les Observateurs - France 24 (2016). Une entreprise colombienne fabrique des logements en plastique recyclé. Récupéré le 03 Août de <https://observers.france24.com/fr/20160810-colombie-entreprise-conceptos-plasticos-logements-plastique-recycle-social-ecolo>

Dans cette même vision de vouloir utiliser le plastique comme matière première en construction, la société canadienne JD Composites, elle, construit à partir de bouteilles en plastique recyclées. Elle a mis en place une maison de plage située en Nouvelle-Écosse (voir figure 8), dans l'est du Canada, et l'a fabriquée à partir de plus de 600 000 bouteilles. Cette maison restait résistante aux ouragans.

Le fondateur de cette société est David Saulnier. Il a reçu cette idée après avoir été exaspéré par la quantité de déchets plastiques qui s'échouaient sur la plage de son quartier.

Le toit, les murs et le sol de la maison de plage en plastique sont tous fabriqués à partir de bouteilles recyclées qui ont été fondues et transformées en panneaux de mousse. Un panneau contient plus de 5 000 bouteilles recyclées.

Le fondateur ; M. Saulnier, explique que le plastique est très résistant, économique en énergie et ne coûte pas cher à construire. D'après lui, une maison fabriquée à base de plastique recyclé serait si bien isolée qu'elle pourrait permettre de faire entre 60 000 et 80 000 dollars d'économie en factures d'énergie sur 25 ans.

À ce jour, JD Composites a construit deux maisons au Canada, ainsi que des terrasses, des patios et des entrepôts pour des usines de pêche, en utilisant environ deux millions de bouteilles en plastique (BBC Storyworks).



Figure 8 : maison construite par JD Composites à l'aide bouteilles en plastique

Source : News :, B. R. · C. (2019). This house was built using 600,000 recycled plastic bottles | CBC News. CBC. Récupéré le 03 Août de <https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/plastic-bottle-home-nova-scotia-1.5188749>

Suite aux analyses faites concernant les études et recherches ci-dessus, il est important de souligner que les diverses recherches et études n'impliquent pas les pays en développement de l'Afrique subsaharienne, où il y a un besoin considérable pour ces innovations. De plus ces régions sont de gros potentiels pour le développement des concepts exposés. Il est nécessaire de mettre en lumière le besoin d'utiliser les plastiques dans l'industrie de la construction dans les pays en voie de développement des pays d'Afrique Subsaharienne.

2.3 Pourquoi le plastique pourrait-il être une solution dans les pays en voie de développement

Les pays en voie de développement, notamment l'Afrique subsaharienne, est l'une des régions où la pollution du plastique est le plus élevée. Ces pays présentent un manque d'infrastructure important et un taux élevé de chômage. De plus, l'explosion démographique prévue dans les années à venir touchera beaucoup plus ces pays qui auront besoin de loger leurs populations grandissantes. En effet (ONU 2020) prévoit qu'environ 90 % de croissance démographique mondiale devrait être plus se viendra de l'Afrique subsaharienne et de l'Asie,

Selon ONU (2022) 96 000 nouveaux logements abordables devraient être construits chaque jour pour accueillir les trois milliards de personnes qui, selon les estimations, auront besoin d'un toit d'ici à 2030 dans les régions d'Afrique et d'Asie principalement. Selon un rapport World Bank Group (2015), L'Afrique ferait déjà face à une forte pénurie de logements, surtout dans les zones urbaines. Une grande partie de la population vit dans des lieux insalubres.

Une approche innovante de construction pouvant offrir des habitats à prix abordables, avec des méthodes de construction plus rapide et pouvant leur donner un espace propre, encourager une croissance économique et étendre les opportunités d'emplois serait plus que nécessaire. En effet, pour les populations locales, il s'agit, non seulement d'une mesure palliative visant à utiliser les déchets plastiques pour lutter contre la pénurie de logements, mais aussi un moyen de créer des emplois et des logements de qualité, de favoriser l'essor de la classe moyenne et d'apporter de la stabilité.

Conclusion

Le plastique existe depuis des siècles et possède des attributs qui ont fait de lui un élément incontournable. Il a donc été produit en quantité énorme, ce qui a généré, de manière inévitable, une masse importante de déchet dans le monde. Toutefois, la production et la gestion des déchets de polymères doivent être équilibrées avec les aspects d'amélioration de la durabilité environnementale. Cette partie du travail a permis d'établir que l'utilisation de plastiques est possible dans l'industrie de la construction et présente est une solution viable. En réalité, plusieurs entités se sont servies du matériau pour construire des logements ou des abris, dans différentes parties du monde. Au travers ces réalisations, je peux soutenir que ces méthodes peuvent être employées dans les pays d'Afrique subsaharienne pour résoudre maints défis tels que le besoin de logement qui devient de plus en urgent. Il serait donc possible de transformer les déchets plastiques tout en répondant au à la problématique du déficit en logements.

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE

Introduction

Cette étude adopte une approche qualitative pour expliquer comment les déchets plastiques pourraient être utilisés dans l'industrie de la construction dans les pays en développement, en particulier dans les pays d'Afrique subsaharienne comme le Ghana. En d'autres termes, le chapitre montrera pourquoi l'approche qualitative a été préférée à d'autres méthodes de recherche. Pour ce faire, le chapitre est divisé en quatre parties.

La première partie explique la différence entre les deux grands types ou classifications de méthodologie de recherche que sont l'approche de recherche qualitative et l'approche de recherche quantitative. Dans la deuxième partie, le chapitre montre pourquoi ou comment il a décidé d'utiliser l'analyse de contenu. La troisième partie présente la stratégie utilisée pour la collecte des données, en montrant comment les entretiens ouverts ont été utilisés pour comprendre comment les gens perçoivent l'utilisation des plastiques dans la construction. Elle montre les principales parties prenantes impliquées dans le secteur de la construction au Ghana, y compris le gouvernement, le secteur privé, les citoyens et les experts en gestion des déchets, et ce qu'ils pensent généralement de l'utilisation des déchets plastiques dans le secteur de la construction. La dernière partie montre comment les données ont été analysées et fournit un résumé du chapitre, y compris les défis éventuels et les questions éthiques.

3.1 Classification des méthodes de recherche

Il existe deux grandes catégories de méthodes de recherche. Il s'agit des méthodes de recherche qualitatives et des méthodes de recherche quantitatives. En d'autres termes, toutes les méthodes de recherche sont globalement classées en deux grands types, c'est-à-dire qu'il s'agit soit d'une méthodologie "qualitative", soit d'une méthodologie "quantitative" (Baike, 2018 ; Brannen, 2005 ; 1992 ; Bryman, 2008 ; 1998).

Il est important de noter que les méthodes qualitatives traitent principalement de textes, de mots et de notes, tandis que les méthodes quantitatives se concentrent généralement sur l'utilisation de chiffres et de statistiques pour expliquer un phénomène ou une situation donnée. En d'autres termes, la méthode qualitative tente de comprendre les points de vue et les expériences, les récits et les significations que des personnes utilisent pour expliquer un certain phénomène. Par exemple, elle utilise l'analyse textuelle, les discours/narrations, les entretiens personnels, les observations participatives et non- participatives, l'ethnographie, les discussions de groupe, entre autres, qui relèvent tous de la méthode qualitative. L'approche quantitative, quant à elle, utilise des chiffres, des fréquences, des statistiques, des enquêtes, des questionnaires, etc. Il est important de mentionner que la décision d'utiliser

des approches qualitatives ou quantitatives dans la recherche est déterminée par les objectifs et les buts de l'étude.

À la lumière e la présente analyse, on peut affirmer que l'étude actuelle, qui explore l'utilisation des déchets plastiques dans le secteur de la construction dans les pays en développement, en particulier en Afrique subsaharienne, est devenue importante. Bien qu'il aurait été utile de se concentrer sur l'aspect qualitatif en utilisant uniquement l'analyse de contenu et la littérature textuelle pour expliquer la situation, cette étude a jugé nécessaire d'inclure un aspect de l'approche quantitative puisque les chiffres, les figures et les statistiques réduiront les complexités textuelles et amélioreront la compréhension du lecteur sur la façon dont il est devenu nécessaire d'utiliser les matériaux et les déchets plastiques dans l'industrie de la construction étant donné les débats mondiaux actuels sur le changement climatique et la durabilité de l'environnement.

3.2 Techniques d'échantillonnage

Dans les deux types de recherche qualitative, il est essentiel de sélectionner des personnes interrogées ou des participants qui ont une bonne compréhension des problèmes. Cela signifie qu'il est souvent préférable d'envisager de sélectionner des répondants qui possèdent les connaissances et les expériences utiles aux objectifs de l'étude.

À cette fin, l'étude utilise une stratégie d'échantillonnage raisonné, qui a été utilisée pour sélectionner les personnes interrogées dans certaines institutions du Ghana. Par exemple, l'étude a choisi des experts impliqués dans l'industrie ghanéenne de la construction, des responsables de la gestion des déchets, des responsables d'agences environnementales, des personnes ayant une connaissance approfondie du secteur ghanéen de la construction et des experts du changement climatique.

3.3 Collecte des données

Les sources principales ou primaires de données pour l'étude se sont principalement appuyées sur l'analyse du contenu de la littérature existante. Il s'agit notamment de textes tirés d'articles de journaux et de publications, de documents d'information, d'articles en ligne et de documents connexes qui mettent en évidence l'utilisation de matériaux plastiques dans la construction.

En outre, l'étude s'est appuyée sur les réponses issues des entretiens menés pour renforcer les arguments en faveur de l'utilisation des matériaux plastiques dans la construction. Il faut souligner que les entretiens (interviews) à questions ouvertes sont généralement utilisés dans les recherches qualitatives, car ils offrent une plateforme ouverte aux personnes interrogées pour qu'elles expriment librement leurs points de vue et leurs opinions, contrairement aux

entretiens structurés qui limitent la liberté d'expression des participants ou des personnes interrogées (Flick, 2009). Ce point de vue a été exprimé par Johnson (2001), qui a affirmé que les entretiens semi-dirigés permettent d'obtenir des informations, des sentiments et des points de vue "profonds" sur les expériences et les connaissances des participants ou des personnes interrogées concernant la situation étudiée.

De même, les entretiens semi-dirigés sous forme de questions ouvertes sont également utiles pour comprendre les perceptions, les points de vue et les expériences des personnes interrogées, contrairement aux entretiens structurés qui limitent la collecte d'informations approfondies puisqu'ils permettent de poser des questions complémentaires et d'engager des discussions sur le sujet à l'étude.

3.4 Questions éthiques

L'étude n'a pas été confrontée à des problèmes éthiques particuliers. Elle a plutôt révélé que les répondants sélectionnés qui ont accepté de répondre à l'enquête en ligne et de participer aux entretiens téléphoniques étaient enthousiasmés par la possibilité et la nécessité d'utiliser des matériaux ou des déchets plastiques dans la construction, en particulier au Ghana, pour remédier à l'énorme déficit de logements. Il est important de préciser que l'étude, par le biais des entretiens, a permis aux personnes sélectionnées d'exprimer ouvertement et sincèrement leur point de vue sur le secteur de la construction en général. La confiance et la confidentialité leur ont permis de s'assurer que leurs opinions ne seraient utilisées que dans le cadre de l'étude et que leurs identifications seraient publiées avec leur permission.

Conclusions

Ce chapitre a tenté d'expliquer en termes généraux et spécifiques les méthodes qu'il utilisera et pourquoi il donne la priorité à l'utilisation des deux aspects des approches qualitatives et quantitatives, compte tenu de la nature de l'étude qui nécessite l'utilisation de littérature textuelle ainsi que de chiffres et de nombres pour illustrer la nature du problème dans le secteur de la construction, en particulier dans les pays en développement.

Plus précisément, l'étude a montré que les sources de données qu'elle utilisera pour l'analyse, en particulier l'analyse du contenu de la littérature qui a été examinée. La technique de l'entretien semi-structuré a également été expliquée, en montrant comment elle sera mise en œuvre. La stratégie d'échantillonnage, l'analyse de l'étude et les éventuels défis éthiques ont également été soulignés.

CHAPITRE 4 : PROBLEMATIQUE DE CONSTRUCTION DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT DE L'AFRIQUE SUBSAHARIENNE

Pays d'étude : La République du Ghana

Introduction

Historiquement, les états de l'Afrique Subsaharienne ont peiné pour obtenir des ressources financières adéquates pour la fourniture de logements décents et abordables afin de répondre à la croissance démographique issue des naissances et de l'urbanisation rapide. Cette situation a été exacerbée par le manque de planification approprié dans les zones dites urbaines. Les pays en voie de développement de l'Afrique Sub-Saharienne disposent de moyens financiers relativement bas, des financements coûteux et des matériaux de construction chers et des méthodes et des structures peu favorables à l'innovation et à la durabilité. À cela viennent se rajouter des réglementations et des procédures foncières lourdes, un manque d'accès à une habitation de base, conforme et abordable pour les populations locales.

Ce Chapitre servira à aborder les problèmes auxquels sont confrontés les pays en voie de développement, notamment dans la zone de l'Afrique subsaharienne. Je mentionnerai, dans un premier temps, les défis communs auxquels font face ces pays, en soulignant notamment la problématique de la surpopulation, les déficits de logement et la mauvaise gestion des ordures plastiques et les défis en matière de constructions innovantes. Je me centrerai sur la République du Ghana qui est le pays d'étude choisi. Ce dernier est un pays de l'Afrique subsaharienne et l'un des rares dans la région, ayant une politique stable et une croissance économique relativement positive. De plus, comme beaucoup de pays en voie de développement, il est fortement touché par une pénurie de logements causée par une surpopulation surtout dans les grandes villes et une crise de déchets plastiques.

Le Ghana sera présenté dans sa globalité, les différentes problématiques liées au secteur de la construction, les pénuries de logements dans le pays, essentiellement, pour les personnes ayant des revenus bas, les moyens mis en place pour solutionner les problèmes, les divers obstacles et défis à relever pour surmonter les contraintes en cours seront soulignés. Le but de cette analyse est de présenter une méthode de construction innovante déjà exploitée par la société colombienne Conceptos Plasticos qui fait usage de déchet plastique recyclé.

Cette étude se limitera son champ d'application au secteur de la construction au Ghana et en particulier à la construction de bâtiments. Elle n'abordera pas la construction dans le sens large à savoir, celle des routes, ponts, systèmes d'assainissement, etc.

4.1 Problématique dans les pays en voie de développement

L'industrie de la construction suscite énormément d'attention dans les pays en voie de développement, car elle représente un élément clé dans la croissance économique en contribuant à un pourcentage important au produit intérieur brut. Ce secteur représente également une source d'emplois pour les populations locales.

De ce fait, l'industrie de la construction est un facteur important dans la formulation des ressources économiques dans les pays d'Afrique Subsaharienne (Talor & Francis Ltd, 2002).

Malgré toute l'attention qu'il soulève, le secteur de la construction d'habitation, dans les pays en développement, ne semble favoriser qu'une certaine partie de la population, c'est-à-dire, les plus aisés. De plus, ce secteur est confronté à des défis importants, parmi lesquels l'on peut citer les surcoûts de budget de matière première, une mauvaise qualité des bâtiments et l'incapacité à répondre aux besoins en matière et de logement (*ibid*).

Notons que les pays en voie de développement font face à une urbanisation rapide et les gouvernements et acteurs du secteur de la construction se retrouvent dans l'inaptitude d'apporter des solutions adéquates et d'adopter des pratiques pouvant solutionner les problèmes en cours. Cette urbanisation croissante à laquelle sont confrontés les pays en voie de développement est due à des facteurs tels que de nombreuses naissances, mais surtout aux mouvements des zones rurales vers les zones urbaines.

La population urbaine de l'Afrique subsaharienne représente 41,25 %, avec un taux de croissance annuel de 4,5 %. Bien que l'urbanisation présente quelques avantages, elle soulève également des contraintes majeures. Les zones urbaines dans ces pays se développent sans bénéficier de politiques ou d'investissements pouvant être à la hauteur des besoins de la population (Atalayar, 2022).

L'urbanisation dans ces pays a accru la pression sur le besoin de logements, entraînant une dégradation des conditions de vie, des inégalités de revenus et environnementale.

Le manque de logements adéquat et la dégradation des conditions de vie sont bien perceptibles dans l'ampleur du développement des bidonvilles. Les Nations Unies estiment que plus de 600 millions de personnes dans les zones urbaines sont sans abris ou vivent dans des situations inacceptables. Pour citer quelques exemples, Onu-Habitat (2018) indique que le pourcentage de la population urbaine vivant dans des bidonvilles est passé, entre 1990 et 2007 , de 75,6 % à 80 % au Mozambique, de 66,4 % à 67,7 % au Malawi, et de 4 % à 17,9 % au Zimbabwe (Ongo Nkoa, B. E., & Song, J. S., 2019).

Le secteur de la construction pourrait intervenir en la matière en proposant des stratégies et des solutions plus innovantes et durables qui emploient des matériaux de construction locaux et respectueux de l'environnement, en accordant une attention particulière à la réutilisation des déchets industriels et agricoles, proposer des méthodes innovantes peu coûteuses, mais efficaces pour fournir des infrastructures et des logements en grande quantité. Nous avons pu voir au chapitre précédent que plusieurs expériences ont donné lieu à la production

d'habitat grâce au recyclage des déchets plastiques. Pour renforcer l'idée, il faut noter que la surpopulation dans les villes s'accompagne de production énorme de déchets qui sont non recyclés et passent par un mauvais traitement.

L'Afrique subsaharienne a produit près 174 millions de tonnes de déchets urbains en 2016. Selon un rapport en 2018 de L'ONU, cette quantité produite devrait atteindre 442 millions de tonnes par an en 2025. Plus de 69% des déchets sont déversés à ciel ouvert et souvent brûlés, 24% de ces déchets sont éliminés sous une forme quelconque et environ 7% d'entre eux sont recyclés ou récupérés (Afri-Plastics, 2021).

Parmi ces ordures mal traitées figurent les plastiques qui remplissent les décharges, bouchent les égouts, et se retrouvent dans les rivières et les lacs, pour finir dans l'océan

Par exemple, à Bamako, capitale du Mali, faute de ramassage et de gestion régulière des déchets, ceux-ci sont laissés dehors, à ciel ouvert, entraînant une pollution des sols et des maladies pour les habitants contraints de vivre proche de ces quartiers. Une bonne gestion des déchets est donc indispensable pour empêcher les problèmes sanitaires (Ongo Nkoa, B. E., & Song, J. S., 2019).

Il est incontestable et évident que des mesures sont nécessaires pour répondre aux questions de logement adéquat pour tous, réduire la pauvreté, l'urbanisation rapide et le manque d'infrastructure et la pollution. Ces problèmes doivent, toutefois, être approchés avec un regard et une pensée socialement et écologiquement responsable.

Les défis soulevés dans les pays en voie de développement peuvent souvent être cause de désespoir, pourtant, ils constituent tout de même une opportunité d'innovation, car la plupart des pays en voie de développement disposent d'énorme richesse et potentielles à explorer.

Il n'est pas forcément toujours question de suivre le modèle de développement des pays dits 'riches' mais plutôt de regarder dans la direction de ce que l'on possède déjà, et comment s'en servir l'exploiter afin d'atteindre son objectif.

4.2 Pays d'étude : La République du Ghana

La République du Ghana est un pays de l'Afrique de l'Ouest d'une superficie de 239 000 km², situés sur le golfe de Guinée de l'océan Atlantique. Ancienne colonie britannique, le Ghana est le premier pays de l'Afrique subsaharienne à obtenir son indépendance en 1957. Il est considéré comme l'un des pays les plus stables de l'Afrique de l'Ouest, car, depuis plus de deux décennies, le pays assure une démocratie stable et forte, contrairement à ses voisins. Son système judiciaire indépendant, a gagné la confiance du public et le pays se classe régulièrement parmi les trois premiers pays africains en matière de liberté d'expression et de presse. Le territoire ghanéen reste attractif pour les projets de construction pour les investisseurs en raison de sa stabilité politique et l'activation de la zone de libre-échange continentale africaine. Depuis 2010, le Ghana est compté parmi la catégorie des pays à revenus intermédiaires. Le pays compte une population de plus de 34,1 millions d'habitants, avec plus de 54% de la population vivant en zones urbaines.



Figure 9 : Carte d'Afrique avec représentation du Ghana

Source : Ghana—International service learning program. (n.d.). Retrieved August 13, 2023, from <https://louisville.edu/islp/countries/ghana>

Le Ghana est actuellement confronté à une surpopulation qui est plus accentuée dans les zones urbaines entraînant des conditions de vie insalubres, une pénurie d'unités de logement et des prix immobiliers élevés.

Lorsqu'on observe la figure 10 qui exprime la croissance de la population ghanéenne, nous remarquons un taux de croissance moyen de 2.5% de 1960 à 2023, ce qui représente environ une augmentation de 600 000 personnes par an. Les Nations unies estiment que cette croissance prendra encore plus d'ampleur dans les années à venir et estiment que le Ghana aura besoin de 1,7 million d'unités de nouveaux logements d'ici 2030 pour répondre au besoin de la population.

Ghana Population by Year (Historical)

Year ▾	Population	Growth Rate	Density (km ²)
2023	34,121,985	2.02%	149.96
2022	33,475,870	2.07%	147.12
2020	32,180,401	2.09%	141.43
2019	31,522,290	2.11%	138.54
2018	30,870,641	2.15%	135.67
2017	30,222,262	2.26%	132.82
2015	28,870,939	2.45%	126.88
2010	25,574,719	2.6%	112.40
2005	22,496,951	2.73%	98.87
2000	19,665,502	2.43%	86.43
1995	17,438,874	2.46%	76.64
1990	15,446,982	2.5%	67.89
1985	13,651,443	2.84%	60.00
1980	11,865,246	3.05%	52.15
1975	10,209,848	2.87%	44.87
1970	8,861,895	2.51%	38.95
1965	7,827,726	2.52%	34.40
1960	6,911,510	3.26%	30.37

Figure 10 : croissance démographique du Ghana entre 1960 et 2023

Source : Ghana Population 2023 (Live). (n.d.). récupéré le 23 Juillet de <https://worldpopulationreview.com/countries/ghana-population>

Year	Population	Household	Estimated Housing Requirement	Yearly Requirement
2000	18,912,079	3,701,241	2,181,324	57,348
2010	24,685,601	5,467,136	3,215,962	74,855
2021	30,792,608.00	8,345,414.00	4,909,067.06	96,882.68
2022	31,439,252.77	8,520,667.69	5,012,157.47	98,917.21
2023	32,099,477.08	8,699,601.72	5,117,412.77	100,994.47
2024	32,773,566.09	8,882,293.35	5,224,878.44	103,115.36
2025	33,461,810.98	9,068,821.51	5,334,600.89	105,280.78
2026	34,164,509.01	9,259,266.76	5,446,627.51	107,491.68
2027	34,881,963.70	9,453,711.37	5,561,006.69	109,749.00
2028	35,614,484.94	9,652,239.30	5,677,787.83	112,053.73
2029	36,362,389.12	9,854,936.33	5,797,021.37	114,406.86
2030	37,125,999.30	10,061,889.99	5,918,758.82	116,809.40
2031	37,905,645.28	10,273,189.68	6,043,052.75	119,262.40

Figure 11 : croissance démographique du Ghana entre 1960 et 2023

Source: Agbavor, E. K. (2022). Ghana's 2021 provisional population distribution and housing stock; mortgage challenges and prospects | news Ghana. <Https://Newsghana.Com.Gh>. récupéré le 23 Juillet de <https://newsghana.com.gh/ghanas-2021-provisional-population-distribution-and-housing-stock-mortgage-challenges-and-prospects/>

La figure 11 montre une estimation des besoins annuels en logements au Ghana. On y remarque que le pays doit pourvoir à une moyenne de 100 000 unités de logement par an pour répondre au besoin grandissant de la population.

Au vu cette explosion démographique et du manque de logement qu'elle génère, une intervention est nécessaire afin d'apporter des solutions convenables en mettant en place des logements des infrastructures durables, promouvoir une industrialisation innovante et durable.

En 1986, la stratégie nationale sur le logement a cherché à recentrer la politique vers une intervention minimale de l'État concernant le marché du logement et sur la création d'environnements favorables. Depuis lors, les interventions de l'État ont été diversifiées dans la recherche et promotion de la construction. La pandémie du Covid a souligné la nécessité de du gouvernement ghanéen d'intervenir pour répondre aux besoins en cours (Oxford Business Group, 2022).

4.2.1 Contrôle et politique du gouvernement

L'organe gouvernemental chargé de réglementer le marché immobilier ghanéen est le ministère des Travaux publics et du Logement (Ministry of Works and Housing, MoWH). L'organe a pour ambition de pourvoir des logements abordables afin de minimiser le déficit d'habitation auquel le pays fait face et de formaliser la construction de logements. La principale consigne du conseil est de rédiger des politiques et des partenariats qui feront avancer la livraison de résidence accessible. Tandis que le Fonds national du logement et de l'hypothèque (NHMF) créé en 2018 a pour objectif de collaborer avec les institutions financières du Ghana sur des produits hypothécaires qui sont les mieux adaptés aux besoins des citoyens.

Les banques Absa Bank Ghana, Stanbic Bank, Republic Bank, First National Bank, Cal Bank et Ecobank Ghana sont six principaux octroyer de prêts hypothécaires au Ghana et proposent une large gamme de produits liés à la construction, l'achat et l'amélioration de biens immobiliers, le refinancement de prêts hypothécaires et l'achat de terrains. Il y a encore quelques années, les remboursements des prêts hypothécaires étaient étendus sur seulement une période maximale de 15 ans, avec des taux d'intérêt commençant à 24 %. Ces exigences ont bien entendu fait reculer une multitude de clients potentiels étant donné que les remboursements absorbaient plus de 45% des revenus des ménages. D'ailleurs Le FMI a d'ailleurs jugé cette pratique d'inabordable pour la majorité des Ghanéens. (Oxford Business Group, 2022).

En réalité, il existe peu de réglementation visant à rendre le marché du logement plus accessible, car les modèles de location et d'acquisition offrent peu de protection aux consommateurs. Pour donner un exemple, les locataires sont tenus de payer jusqu'à deux ans de loyer lors de la signature d'un bail. Cette pratique exclut une majorité de citoyens du marché, ou nuit complètement à la qualité de vie.

4.2.2 Problématique du logement abordable

En plus des contraintes de régulations et d'une mauvaise gestion des politiques en matière de logement, la majorité de la population ghanéenne manque d'habitations décentes et abordables. L'on s'attend donc à ce que le gouvernement et l'industrie de la construction s'y intéressent de manière significative à court, moyen et long terme. La pénurie de logements au Ghana est très problématique, surtout pour la population à faibles et moyens revenus. Le déficit de logement en 2022 était estimé à 1,7 million d'unités de résidence. L'État s'attend à une intensification de cette pénurie qui devrait atteindre 2,5 millions d'ici 2030 si des mesures nécessaires ne sont pas prises. Le marché aurait besoin de fournir au moins 150 000 unités de logement par an pour répondre au besoin en cours, mais il y a un évident manque d'offre sur le marché. Le ministère des Travaux et des Logements indique qu'actuellement, il y aurait seulement 30 000 à 40 000 unités en moyenne, par an, ce qui nous laisse avec une différence considérable de 120 000 à 110 000 unités de logement à pourvoir (Oxford Business Group, 2022).

La production et la consommation de logements affectent le processus de développement socioéconomique de différentes manières. Il favorise la croissance économique par l'expansion de l'industrie de la construction et contribue à réduire la pauvreté en augmentant la demande de compétences ouvrière. Par conséquent, développer une solution de logement s'avère être l'un des moyens les plus rentables pour l'expansion des ménages à faible revenu et l'amélioration de l'équité.

Conscient des difficultés en cours, de nombreuses tentatives gouvernementales ont été initiées dans le passé afin de résoudre le problème et de combler le déficit existant. C'est pourquoi, en 2005, le gouvernement en place à l'époque a inauguré un programme de logement abordable dans le but de livrer 100 000 unités de logement dans le pays. L'objectif principal était de proposer un programme d'acquisition de propriété à prix accessible pour les fonctionnaires locaux, sous la supervision du ministère des Ressources en eau, des Travaux et du Logement. Il a fallu 5 ans pour que le parlement approuve la mise à disposition de 15 parcelles de terrain et du budget total. En 2012, le projet a finalement été abandonné en raison d'un manque de coordination et d'accord entre les parties prenantes.

D'autres projets de logement similaires ont été délaissés après qu'un autre gouvernement ait été mis au pouvoir en 2016. En cette année 2023, un autre projet de construction de logement dans la ville de Tamale au nord du Ghana a été abandonné en raison d'un manque de moyens financiers et structure raisonnable. Ces projets restent inachevés alors que de nombreux citoyens ghanéens sont dans l'incapacité de vivre dans des conditions dignes et peuvent accéder à des habitations raisonnables. Ces défis liés à la fourniture de logements publics au Ghana ont renforcé la position du secteur privé dans le domaine du logement.

En 2020, le gouvernement a adopté une loi sur les partenariats public-privé (PPP) qui vise à attirer des investissements privés supplémentaires dans la construction de logements afin de

se rapprocher des objectifs fixés. Depuis le début de l'année 2022, des discussions sont en cours dans le but de pourvoir à des unités de deux et trois chambres à couche dans un complexe polyvalent, avec des implantations de lieu de loisir, de commerce, d'éducation et de santé dans la ville d'Accra. (Oxford Business Group, 2022)

Malgré la présence des acteurs privés dans l'industrie du logement, le manque de logement persiste et les prix de logements proposés sont complètement hors de portée pour la population moyenne. Le revenu annuel moyen du pays est de 33 937 cédis ghanéens, soit, 5 891 USD. La plupart des logements qualifiés d'abordables par les compagnies privées, ne le sont pas pour la population active moyenne qui n'est pas à mesure de se l'offrir. Il n'est pas sans savoir que le secteur privé a comme objectif de faire du profit, il se concentre donc naturellement sur la partie plus lucrative du marché en délaissant les personnes aux revenus faibles et moyens.

Il faut souligner que le prix des matériaux de constructions traditionnelles est fort à la hausse. Si les coûts de construction sont si élevés, c'est parce qu'il y a eu hausse des prix en matière de matériaux de construction qui ne cessent d'augmenter. Il faut reconnaître que la plupart des matériaux utilisés dans les constructions ghanéennes sont importés, notamment de l'Asie et de l'Europe.

De plus l'importation des matériaux est lente en raison des frais d'expéditions et de la congestion. Comme la plupart des entreprises de construction importent leurs produits et paient en euros ou en dollars, les acteurs du marché sont contraints d'absorber les surplus de coûts ou de les répercuter sur les consommateurs.

Outre l'augmentation des coûts, le secteur souffre également d'un manque de contrôle de la qualité et de personnel qualifié. La plupart des constructions contiennent des défauts considérables qui peuvent être attribués à un manque de formation du personnel, un mauvais investissement dans la recherche de nouvelles méthodes et l'emploi de technologie performante.

À cela se rajoute un accès au financement qui est fort limité, et semble favoriser juste une petite partie de la population. Les exigences pour bénéficier d'un prêt hypothécaire sont trop complexes et peu raisonnables. Cette incapacité pour les personnes à revenus faibles et moyens de pouvoir accéder à des logements abordables mène à la création de colonies de squatters et de bidonvilles. Ces taudis présentent souvent des conditions environnementales déplorables qui entraînent des risques de santé pour les personnes qui les fréquentent.

Cette situation entraîne graduellement une ségrégation entre les personnes riches et celles à revenus modestes dans les zones urbaines. Les personnes issues de milieux favorables vivent dans des maisons ou appartements sophistiqués avec un accès à tout service, alors que les personnes à bas revenus vivent dans des lieux improvisés, avec peu d'infrastructures. Plusieurs quartiers de la capitale du Ghana, Accra, illustrent cette inégalité en matière d'accès au logement.

4.2.3 Innovation et durabilité dans l'industrie de construction au Ghana

De manière générale, l'industrie de la construction dans ce pays est caractérisée par les méthodes dites traditionnelles que nous connaissons et est peu innovante. C'est-à-dire celle qu'elle emploie principalement les matériaux tels que le ciment et le sable et encourage l'extraction constante de ressources naturelles. Elle favorise un modèle économique plutôt linéaire qui mène à la production massive de déchets solides, une pollution atmosphérique et donne peu d'importance à la réutilisation des matériaux. Ces activités liées à une absorption extrême des ressources naturelles, à un appauvrissement des sols, à une pollution de l'aire et des eaux ainsi qu'à une forte consommation d'énergie. Le secteur dépend en grande partie du bois et d'autres produits issus de la forêt. Cette pratique a pour inconvénient le manque de recyclage, ce qui mène à une forte utilisation des ressources naturelles et l'épuisement graduel des forêts importantes qui constituent l'une des richesses du pays. Prenons l'exemple du bois « Wawa », qui était abondant dans les années 1970, commence à se faire plus en plus rare en raison de sa surconsommation. Les procédures de construction habituelles ont donc un impact significatif sur l'environnement du pays. Étant donné que le secteur a toujours mis en avant les méthodes traditionnelles de construction, il a rendu difficile l'entrée ou l'initiation à des méthodes innovantes. Elle manque d'investir dans la recherche de moyen et ressource innovante et ne semble pas avoir une approche d'intégration de l'économie circulaire. Ses compétences en matière de durabilité sont donc assez faibles.

Malgré sa volonté de mise en pratique de constructions durables, le marché de la construction fait face à des moyens pauvres dans la mise en action des pratiques de recherche de construction innovante, durable et écologique. En effet ni les professionnels ni les consommateurs ne sont formés aux principes de la construction innovante, écologique et durable, ce qui entraîne une absence de stratégie pour aller vers une économie circulaire. Il existe donc un manque de savoir-faire nécessaire pour appliquer les conduites appropriées. En outre, il existe une réelle absence de soutien gouvernemental, une insuffisance de coopération, un manque de sensibilisation du public, et une forte carence de mise en place de codes et de réglementations en matière de construction.

Apporter de l'innovation en matière de matériaux de construction pourrait contribuer à accélérer les processus de construction et à faire économiser de l'argent aux parties prenantes.

4.2.4 Les objectifs de développement durable au Ghana

Les objectifs de développement durable 8, 9, 10 et 11 respectivement, donne l'importance à un travail durable et à la croissance économique, l'innovation des industries et l'infrastructure, la réduction des inégalités, et, finalement, bâtir un environnement plus durable. Dans la mise en place de ces objectifs, le logement joue un rôle primordial à la survie de l'être humain. Un cadre agréable favorise le bien-être, la santé, la productivité et peut être utile comme outils de croissance économique pour un pays.

Dans le plan de développement durable du Ghana, le gouvernement aspire, d'ici 2030, à garantir un accès au logement pour tous. À rénover les bidonvilles et à bénéficier de services de base adéquats. Le gouvernement recherche également, à renforcer une urbanisation inclusive et durable des infrastructures. À réduire le mauvais impact environnemental, en accordant une attention particulière à la gestion des déchets. (United Nations Ghana, 2023).

Toutefois, au regard de l'état actuel des choses, les inégalités croissantes en matière d'accommmodation au Ghana et le manque d'innovation dans le secteur de la construction, entre autres, semblent freiner tout progrès dans la réalisation des objectifs de durabilité.

Afin de changer le cours des choses, il est important de faire des efforts délibérés pour assurer l'égalité d'accès au logement abordable et décent en particulier dans les zones urbaines où les populations sont fortement concentrées.

Il est nécessaire de repenser à apporter de solution innovante, si les méthodes habituelles semblent coûteuses et chronophages. Il est important de penser à la génération future en mettant en place des dispositions durables.

La question est de savoir comment améliorer l'accès au logement et les critères abordables afin de prendre en compte les besoins de la population locale. Le rôle du gouvernement est primordial dans la fourniture de logements inclusifs et équitables. Cela nécessite une orientation politique qui aborde de manière appropriée la question de l'innovation dans l'industrie de la construction de logement. Investir dans des constructions innovantes et se tourner vers une économie circulaire en matière de prestation sont des facteurs qui aident à une croissance économique.

L'économie circulaire s'appuie sur l'innovation et vise à redéfinir les produits et services afin de supprimer une grande quantité de déchets en réduisant leur impact négatif. Elle est régénératrice, construit un capital économique et social et prône la réutilisation des produits en fin de vie.

Naturellement, les pays en voie de développement tel que le Ghana ont l'économie circulaire encrée dans l'ADN. Par exemple les vêtements et chaussures et même les objets électroniques ne sont pas facilement jetés. Ils sont réparés à plusieurs reprises. La réparation de la réutilisation des produits est donc naturellement encrée dans la peau.

Le Ghana, conscient des avantages de l'économie circulaire, a récemment rejoint le Partenariat de l'Alliance mondiale pour les plastiques en tant que premier pays africain. Le pays a également pris part à l'Alliance nationale pour les plastiques (NPAP) (Globalplasticaction, 2022).

Malgré cette sensibilité à l'économie circulaire, il a encore des lacunes par rapport aux initiatives actuelles qui manquent de cadre holistique qui pourrait aider à exploiter à débloquer le potentiel de transformation dans divers secteurs tels que l'industrie de l'extraction, la construction et le traitement de déchets solides en autres.

Lorsqu'on prend l'exemple du déchet, il faut reconnaître que le pays dispose de peu de moyen dans leur traitement. Il faut souligner que des milliers de tonnes de déchets solides sont produites chaque jour, dont seulement une petite partie est collectée et éliminée correctement. Les déchets plastiques constituent une part importante des déchets produits. Le Ghana est reconnu comme étant l'un des pays d'Afrique réceptionnant le plus de déchet plastique. Ces déchets en provenance de pays développés traités de manière informelle sans être recyclés.

4.2.5 Gestion des déchets

Au vu de la quantité énorme de déchets plastiques reçus de l'étranger et de leur mauvaise gestion, Le Ghana est en face d'un défi majeur à relever pour le bien-être de sa population. L'on compte, par jour, plus de 12 710 tonnes de déchet solides dans les grandes villes. Parmi ceux-ci, seulement 10 % sont collectées, laissant environ 90% déversés en plein air ou dans des points d'eau, provoquant des inondations (UN, 2022).

La gestion des ordures, de manière efficace dans le pays, est considérée comme l'un des défis importants auquel Le Ghana doit faire face. Le Ghana est reconnu comme étant l'un des pays d'Afrique réceptionnant le plus de déchet électronique. Ces déchets en provenance de pays développés sont recyclés de façon illégale, mais depuis quelques années, le gouvernement a pris des mesures pour réduire ces déchets.

Conscient du fait qu'il existe une déficit réelle à relever en matière de gestion de déchets plastiques, le Ghana a rejoint le Partenariat mondial d'action sur le plastique (GPAP¹), faisant de lui, le premier pays africain à rejoindre ce partenariat.

La GPAP est une organisation visant à coordonner et à réguler les activités des parties prenantes membres et met en place des plans d'action pour le traitement de déchets plastiques. Le Ghana, en collaboration avec l'Allemagne, le Vietnam, l'équateur ont organisé une conférence ministérielle dans l'optique de faire avancer les procédures mondiales et mettre fin aux pollutions par les plastiques afin d'assurer un environnement propre.

¹ Global Plastic Action Partnership

Bien que le pays soit conscient de la problématique du traitement des déchets et essaie de mettre des mesures en place pour régler le souci, le Ghana manque encore fortement de moyen et est bien derrière. L'effort à fournir reste considérable. En effet, le Ghana a été lent dans l'adoption des régulations et la mise en place de structures tangibles pouvant aider à solutionner le problème.

Le manque de ressource est en effet la plus grande entrave à la mise en place de procédures et réglementation adéquates. L'institution de référence connue pour la gestion des déchets plastiques au Ghana est le ministère de l'Environnement, de la Science, de la Technologie et de l'innovation (MESTI)

(Lloyd Teta et al, n.d) indique dans leur étude qu'il y aurait un manque de volonté de la part du gouvernement pour faire avancer les choses, et mettre en place des réformes nécessaires.

Il y aurait un manque considérable de mains-d'œuvre dans le secteur de ramassage de déchets. Il y aurait peu de moyens de recrutement en place et peu de ressource mise à disposition pour financer le secteur. Peu de postes sont ouverts et très peu sont encouragés à s'engager dans le secteur.

Selon (Lloyd Teta et al, n.d), il aurait fallu plusieurs catastrophes dans les villes d'Accra et Kumasi, notamment en 2015 et 2018 et 2021 pour commencer à réveiller les consciences. En effet, des milliers de personnes ont perdu la vie dans des explosions et des inondations en raison d'une mauvaise gestion des déchets plastiques.

La population locale est très peu sensibilisée quant à la pollution et les effets dévastateurs du plastique sur le long terme.

Il serait également nécessaire de planifier des stratégies en mettant en collaboration certains secteurs afin de rendre la gestion moins difficile.

Certains secteurs par exemple emploient ou produisent du plastique en plus grande quantité. Un moyen pourrait être mis en place pour collecter facilement leurs déchets.

Mettre en place des projets de recyclage inclusif visant à contribuer à l'augmentation des taux de collecte de déchets plastiques et à améliorer les moyens de subsistance des ramasseurs de déchets.

Adopter des mesures/pratiques basées sur une économie circulaire en mettant l'accent sur la création d'opportunités économiques pour la réutilisation des déchets plastiques, en favorisant le recyclage. Si la réduction de la fabrication de plastique et la minimisation de sa croissance font partie des priorités actuelles, il faut également considérer un meilleur stockage et le recyclage des déchets plastiques. L'on peut assainir l'environnement en réutilisant les matériaux plastiques mis au rebut. C'est pourquoi, dans le cadre de ce travail, j'aimerais proposer un modèle qui pourrait apporter une solution dans la gestion des déchets plastiques.

4.3 Proposition d'un modèle de recyclage

Le modèle suggéré pour la gestion des ordures plastiques implique la réutilisation de la matière. Ce modèle est un cercle dans lequel les habitants des villes agissent afin d'augmenter leurs qualités de vie dans un environnement agréable et une structure urbaine dynamique (voire figure 12). La population urbaine est l'actrice principale et l'utilisatrice finale des changements que nous souhaitons expérimenter dans la gestion des déchets plastiques. Cette méthode doit être observée à trois niveaux.

Dans un premier temps, la collecte et le tri des déchets plastiques ; dans un second temps, le transport des déchets plastiques trié et finalement, la transformation de ceux-ci. Le niveau de transformation qui est l'étape finale de la gestion des déchets plastiques, donne lieu à un produit qui peut être employé dans l'élaboration d'une brique qui pourrait servir à mettre en place un logement, par exemple.

La collecte et tri des déchets : à l'heure actuelle n'ayant pas de règlement spécifique en place pour le tri des déchets au Ghana, la question est donc de savoir qui se chargera de collecter et de trier les déchets. La réponse est les populations locales. Actuellement, les habitants ont des pratiques où certains déversent leurs plastiques dans les lieux publics ou ils les laissent dans les égouts. Pour donner un exemple concret, les plastiques dans lesquels est vendue l'eau potable au Ghana sont une source de pollution majeure des rues d'Accra, Kumasi et Tamale (trois grandes villes du Ghana). L'eau est conditionnée dans ces sachets en plastique en polyéthylène fermé des deux extrémités. Le commerce de cette eau potable est très important au Ghana et disponible à chaque coin de rue des villes et il s'agit d'une source d'eau potable connue populairement sous le nom de « Pure water ». Cette eau est surtout consommée par les personnes à faibles et moyens revenus. Sensibiliser cette même population à se débarrasser de manière responsable, leur déchet pourrait être bénéfique. Des conteneurs spéciaux dédiés à ces plastiques peuvent être placés dans les rues afin de pousser les consommateurs à y mettre leurs déchets, afin qu'ils ne finissent pas au sol.

La seconde alternative est de mobiliser une partie de la population à « faire du ramassage » dans les rues et se rendre sur les décharges publiques afin de collecter les déchets. En effet, cette option pourrait être financée par l'état afin de pourvoir à du travail pour la population non active. Cette pratique présente une opportunité d'emplois, surtout pour la population jeune. La rémunération et le volontariat sont deux aspects importants à considérer dans la mise en place d'un programme de gestion de déchets.

Transport des déchets plastiques : Une fois que les plastiques sont collectés et triés, ils peuvent être transportés vers les usines de transformation. En effet, le transport peut se faire grâce à des moyens et dispositions mis en place par le gouvernement, comme, des camions spécialisés à cet effet, qui passeraient dans les rues afin de vider les conteneurs qui seraient disposés dans la rue des villes. Les camions peuvent également être mis à disposition au niveau des décharges publiques afin de réceptionner les plastiques collectés par les «

ramasseurs ». Des mesures encourageantes peuvent également être mises en place afin de rémunérer aux kilos, les ménages qui apporteraient délibérément leurs plastiques dans des points de collecte ou en magasin, comme cela se fait dans certains pays tels que l'Allemagne ou la Suède.

Une fois les plastiques apportés au centre de transformation, ils peuvent être recyclés et transformés afin de reprendre vie sous une autre forme.

Le produit que je souhaiterais proposer dans le cadre de ce travail est la transformation en brique de construction dans le but de mettre en place des logements.



Figure 12: chaîne de recyclage à partir de déchets plastiques pour la réalisation d'une maison
Source : élaboration de l'auteure

Dans le chapitre précédent, j'ai cité des études qui avaient déjà été réalisées sur la possibilité d'utiliser le plastique recyclé pour construire des bâtiments. J'avais également fait mention d'une société colombienne, « Conceptos Plásticos » qui produit des maisons complètes à partir de déchets plastiques. C'est cette méthode de technique innovante de construction que je souhaiterais proposer dans ce travail. Je crois, en effet, qu'elle a le potentiel de répondre à une majorité de problématiques évoquées depuis le début de cette rédaction.

Le but est de construire des maisons à partir des briques obtenues par le recyclage de plastiques. Cette nouvelle technique de construction permettrait de solutionner deux problèmes majeurs dont souffre le Ghana : le problème de déficit, le logement et le problème de déchets plastiques qui seront détaillés dans les chapitres suivants. La construction de ces

maisons se ferait dans un laps de temps très court et ne demanderait pas de mains-d'œuvre très qualifiées, dues à la simplicité du montage. Le résultat sera simplifié et les briques fabriquées s'emboîteront les unes aux autres comme des Lego sans faire usage de colle spécial.

Pour produire les briques, l'on aurait besoin de plastiques résistants à très long terme. On emploiera des plastiques du type 2, du type 4 et du type 5 (voir figure 13).

Ce type de plastique est considéré comme étant très résistant aux chocs, imperméables à l'eau et résistants à beaucoup de produits chimiques, au gaz et aux arômes.

SIGLE	NOM	UTILISATIONS	SÛR ?
 PET	Polyéthylène Terephthalate (PET)	Bouteilles d'eau, de boissons gazeuses, de jus de fruits, d'huile de cuisine... (transparent). Emballages jetables de toutes sortes. Sac de cuisson, barquette alimentaire, emballages de cosmétiques	Pas sûr Plusieurs études montrent le relargage de perturbateurs endocriniens dont le trixyde d'antimoine
 PEHD	Polyéthylène haute densité ou High Density Polyethylene (HDPE)	Souvent utilisé pour les bouteilles de détergents, de jus de fruits, de lait (opaque), bouchons vissés, flacons pour cosmétiques, gels douches	Sûr d'après l'Institut national d'information en santé environnementale (Canada) et le Réseau environnement santé (France)
 PVC	Polychlorure de vinyle (PVC)	Peu utilisé dans les emballages alimentaires si ce n'est pour emballer le fromage et la viande. Surtout utilisé dans la fabrication de jouets, de tuyaux en plastique, de rideaux de douche	Pas sûr Le PVC relargue des phthalates lorsqu'il est chauffé ou stocké en contact de corps gras. Les phthalates sont des perturbateurs endocriniens
 PEBD	Polyéthylène basse densité ou Low Density Polyethylene (LDPE).	Sacs congélation, sacs poubelles, poches zipées alimentaires, films alimentaires, barquettes	Sûr d'après l'Institut national d'information en santé environnementale (Canada) et le Réseau environnement santé (France)
 PP	Polypropylène (PP)	Certaines tasses pour enfant, certaines gourdes souples réutilisables pour sportifs, récipients alimentaires réutilisables. Pots de yaourt, de margarine, de beurre, planches à découper en plastique	Sûr d'après l'Institut national d'information en santé environnementale (Canada) et le Réseau environnement santé (France)
 PS	Polystyrène (PS)	Barquettes alimentaires à emporter, barquettes de viandes et poisson, gobelets, couverts et verres en plastique jetables, pots de yaourts. Sous forme expandie, servant à l'emballage et à l'isolation.	Pas sûr Le polystyrène relargue du styrène, suspecté d'être cancérogène
 Autre	Autres	Cette catégorie comprend tous les types de plastique qui ne sont pas inclus dans les autres. Notamment le polycarbonate (PC) compose les biberons, les résines internes des boîtes de conserve, les bombettes d'eau, les récipients pour micro-ondes mais aussi le petit électroménager	Pas sûr Le PC contient du bisphénol A qui est un perturbateur endocrinien

Figure 13 : Classification de la qualité des plastiques

Source : Reconnaître les plastiques pour protéger sa santé. (2017, June 23). Natura Sciences. récupéré le 23 Juillet de <https://www.natura-sciences.com/s-adapter/plastiques-toxicite-sante787.html>

4.4 Étapes de transformation déchets plastiques en brique de construction

Les blocs de construction proviennent du processus « d'extrusion de moulage par injection de plastique », qui est une technique industrielle thermomécanique, permettant la transformation de la matière première, ici le plastique, à l'aide d'une extrudeuse (voir figure 14) en un produit profilé. La transformation se fait sous pression avec un conditionnement en température bien approprié, pouvant aller jusqu'à 200°C (Mohammed berrada, 2018).

Pour fabriquer un bloc avec la technique du moulage par injection, il faut qu'un moule ait été réalisé au préalable. Lorsque le plastique arrive à l'usine, il est broyé en granules. La trémie de la machine reçoit les plastiques en granulé par un système automatisé. Les granules sont acheminés dans le baril d'injection contenant la vis sans fin. Le plastique y est fondu et est injecté dans les cavités du moule. Il est comprimé et des additifs y sont ajoutés pour rendre le plastique plus résistant à la chaleur. Ensuite, il est plongé dans de l'eau froide pour créer un choc thermique, puis le produit final est démoulé. Pendant la période de refroidissement des pièces, le piston translate vers la trémie pour se charger à nouveau afin de se préparer pour la prochaine injection (observers.france24, 2016).

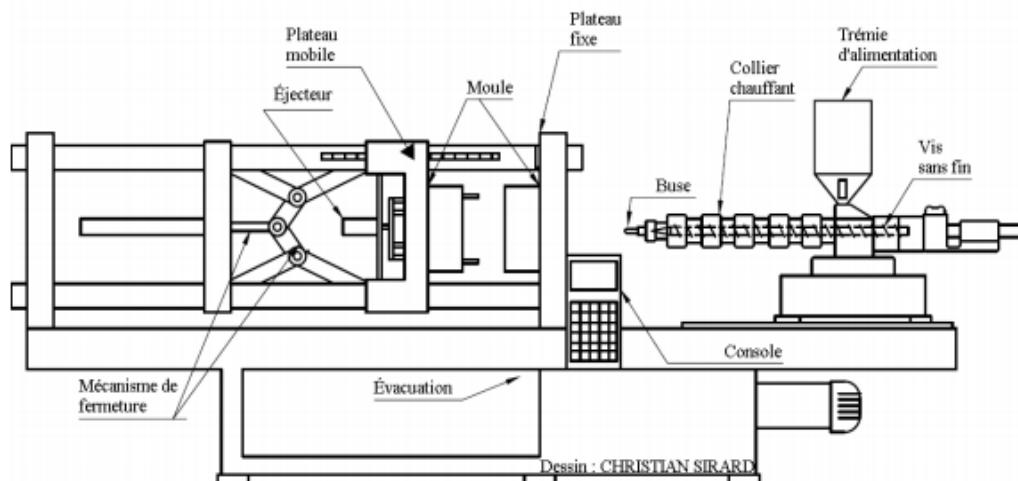


Figure 14 : schéma d'une extrudeuse par injection avec ses composants

Source : Yuvan Chinniah et al, (2008). Presses à injection de plastique ayant des équipements périphériques - Sécurité lors des interventions de maintenance ou de production (irsst.qc.ca). Récupéré le 23 Juillet de <https://les-joints.fr/moulage-par-injection/>

Oscar Mendez, CEO de Conceptos Plastikos, explique, lors d'un entretien avec le journal « les Observateurs » que le rendement du processus dépend du nombre de cavités que possède la machine. Un moule à 8 cavités, par exemple, offrira la possibilité de réaliser 8 pièces lors d'un cycle. Ce processus de moulage par injection est utilisé également dans des secteurs tels que la fabrication d'automobiles, fabrication de meubles, électroménager entre autres.

Huit produits sont confectionnés : des briques de différentes tailles, des poutres, des colonnes, des encadrements de fenêtre... Ces produits issus de l'extrusion plastique sont plus

légers et plus flexibles que les matériaux de construction traditionnels, ils sont donc plus résistants aux tremblements de terre.

Selon l'entreprise Conceptos-Plasticos qui utilise déjà cette méthode, la construction d'une maison de 40 m² nécessiterait seulement 5 jours de travail, 4 personnes formées pendant une demi-journée et un maître de chantier (voir figure 15).

En 2017, la société colombienne a reçu une offre du Conseil norvégien pour les réfugiés. Cette offre a permis de mettre en place des logements pour 42 familles sans abri en 28 jours. Tout ceci s'est fait en recyclant 200 tonnes de plastique, avec une quinzaine d'employés. Ces maisons ont la qualité d'être parassismiques, c'est-à-dire, adaptée aux tremblements de terre et sont homologués.

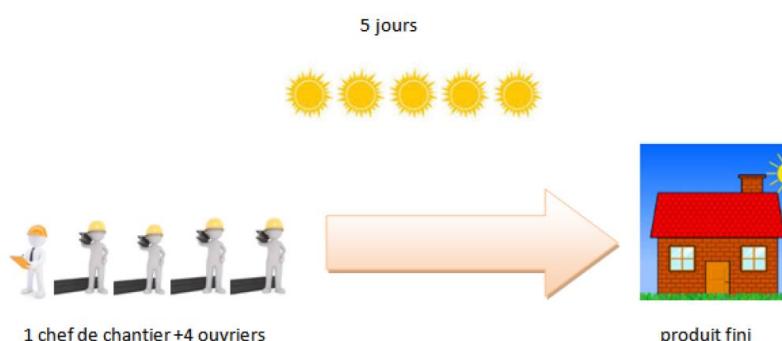


Figure 15 : illustration du processus de réalisation d'une maison

Source : Reconnaître les plastiques pour protéger sa santé. (2017). Natura Sciences. Récupéré le 23 Juillet de <https://www.natura-sciences.com/s-adapter/plastiques-toxicite-sante787.html>



Figure 16 : briques standards obtenu par extrusion

Source : Casas con ladrillos de plástico reciclado, en Vivienda. (n.d.). Récupéré le 03 Août 2023, de <http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/casas-con-ladrillos-de-plastico-reciclado>



Figure 17 : Maison de 40M2 conçue par conceptos plasticos

Source: designboom, juliana neira I. (2021). These houses by conceptos plásticos are built with blocks made from waste plastic. Designboom | Architecture & Design Magazine. Récupéré le 03 Août 2023 de <https://www.designboom.com/architecture/conceptos-plasticos-blocks-waste-plastic-02-09-2021/>

D'après Oscar Mendez, mettre en place une maison de 40m² coûterait environ 6.907 dollars. Ce prix inclurait l'achat du plastique, son recyclage, et sa transformation. Ce prix n'inclut pas le toit qui peut être réalisé en une matière différente. Comparativement, une maison de deux chambres de chambre dans la ville d'Accra vaut entre 180.000,00 cédis ghanéens (15.858,00 US dollars) et 266,760.00 cédis ghanéens (23.501,56 US dollars), en fonction du quartier (admin, 2022).

Sur base de ces informations, nous pouvons déduire qu'une maison réalisée par la méthode innovante de l'entreprise Conceptos-Plasticos est beaucoup moins coûteuse qu'une réalisation traditionnelle. La maison basic construite à base de déchet plastique recyclée vaut 43% moins cher que celle mise en place par les moyens conventionnels. La méthode innovante présente donc un avantage financier par rapport à la méthode conventionnelle de construction.

Parmi les autres avantages de notre construction innovante, nous pouvons citer :

Création d'emplois et gain de connaissance : Cette innovation servirait à créer plus d'emplois pour les locaux et à réduire la pauvreté. Le modèle proposé offrirait déjà des emplois dans divers secteurs tels que la collecte des déchets, pour les usines de recyclage, l'activité de transformation des débris en blocs de construction (l'extrusion) ; le transport des blocs vers les chantiers, le montage des maisons. De plus, les parties prenantes de cette chaîne sont

formées. Nous assistons donc à une éducation de la population. En effet, le manque d'emploi dans le secteur de la construction est souvent dû à un manque d'expérience ou d'expertise. Pour ce modèle, il n'est pas requis d'avoir une expérience ou expertise quelconque. Les formations se donnent en une demi-journée ; les hommes et les femmes deviennent aptes à prendre part à l'élaboration. Au Ghana, comme dans la plupart des pays en voie de développement, le taux de chômage est élevé, poussant les jeunes à immigrer vers les pays plus développés afin d'y trouver refuge et pouvoir subvenir à leurs besoins et à ceux de leurs familles. La pauvreté et le manque d'emplois sont les raisons principales de l'immigration des jeunes au Ghana. Souvent, certains confient leurs vies à des passeurs peu scrupuleux qui leur vendent du rêve et un accès facile vers les pays développés.

Selon le UNDP (2021), le chômage semble gagner du terrain surtout chez les jeunes et les femmes qui sont souvent engagés dans des activités informelles qui se sont transformées en véritables pièges à pauvreté ; avec des revenus très faibles et instables. Le secteur privé, quant à lui, est limité dans la fourniture d'emploi convenable.

C'est pourquoi, dans la vision nation du développement durable pour 2030, le Ghana vise à créer de l'emploi de sa population afin de réduire le niveau de pauvreté et d'inégalité. Elle a pour objectif de mettre en place une nation optimiste, prospère et confiante en exploitant ses ressources naturelles et humaines dans un modèle ouvert et équitable vers une opportunité économique égale pour tous. L'objectif s'inscrit dans 4 plans : créer une opportunité d'emploi pour tous, sauvegarder l'environnement naturel, maintenir une société stable et unie et bâtir une société forte. Cette vision a pour objectif de développer l'économie locale en encourageant la création d'entreprise, la stimulation des entreprises déjà existantes qui aboutirait, bien entendu, à générer plus d'emploi et à générer plus de revenus pour citoyens, ce qui conduirait à une augmentation du pouvoir d'achat. Une population disposant d'un grand pouvoir d'achat facilite la croissance du pays à laquelle est appartient. Le modèle proposé rentre bien dans les objectifs gouvernementaux visant à réduire la pauvreté et l'inégalité économique.

Un Environnement vert et durable : La méthode innovante de construction donnerait lieu à des égouts sans plastiques et par conséquent, moins d'inondations. Un environnement propre améliore la santé pour la population locale. L'on aurait moins de moustiques qui sont à l'origine de certaines maladies telles que la malaria. En plus d'améliorer la santé, se tourner vers l'emploi des plastiques recyclés pour la construction de logements réduirait la dépendance aux ressources naturelles, permettant de conserver un écosystème équilibré. En effet, le Ghana dispose d'une richesse naturelle qui pourrait contribuer au développement durable, la dégradation de l'environnement dû aux déchets solides et la déforestation liée à la construction conventionnelle, sont des obstacles à son développement (Vera Albino, 2020). La zone côtière est également une richesse et un atout économique pour le pays. Cependant, elle est fortement touchée par les déchets plastiques. Les villes côtières sont très sensibles aux inondations et catastrophes naturelles, ce qui entraîne des répercussions sûres de

développement économique. Un environnement propre présente un avantage à l'évolution économique d'un pays, car il améliore la qualité de vie des habitants (Government of Ghana, 2010).

Avantages sociaux : En plus des avantages économiques et environnementaux évoqués, la méthode proposée pourrait servir à solutionner d'autres soucis majeurs d'infrastructure tels que la provision d'école et salles de classe adéquates pour les étudiants. La détermination du gouvernement ghanéen d'offrir une éducation primaire et universelle aux enfants semble être menacée par le manque de cadre et infrastructure adéquats. En effet, certains endroits du pays manquent de salles de classe conformes à un enseignement aux enfants. Certaines écoles voient leurs bâtiments délabrés, certaines écoles sont inachevées par manque de ressources au niveau municipales. Ce manque d'infrastructure ne favorise pas l'apprentissage des enfants qui sont l'avenir du pays. L'on pourrait également mentionner le secteur de la santé qui manque également d'appui. Bien que les zones urbaines bénéficient en général de meilleurs cadres de santé par rapport aux zones rurales, le manque d'infrastructure reste problématique et cela a été mis en évidence lors de la crise du Covid (Ampomah, S. 2021).

Les lieux comme les prisons pourraient tous aussi bénéficier de cette méthode. En effet, les prisons du pays sont délabrés et surpeuplés. Selon (Amnesty international, 2014), les prisons ghanéennes ne sont pas aux normes des standards internationaux. Aucune prison n'a été reconstruite ni rénovée depuis 1962 et elles ne répondent pas aux normes correctionnelles actuelles. Les prisons sont certes des lieux correctionnels, mais servent également à l'éducation et à la mise en place de mesures de réhabilitation et de réinsertion. Un meilleur milieu carcéral favoriserait une meilleure réinsertion dans la société.

L'idée globale revient au fait que la méthode de construction proposée pourrait aider à résoudre maintes problématiques existantes dans le pays. En plus d'aider à pallier le déficit de logement, cette innovation apporterait des avantages, non seulement pour la population, mais aussi pour les acteurs clés tels que les entreprises privées locales, les secteurs publics et le gouvernement.

Mis à part les avantages financiers, environnementaux et sociaux-économiques évoqués, construire avec le plastique présente également plusieurs avantages quant à la structure du bâtiment qui sera mis en place. En effet, grâce à la flexibilité du plastique, il peut subir un grand nombre de déformations sans se rompre. Pour le bâtiment, cela représente un avantage en cas de tremblement de terre. En comparaison avec le béton qui est plutôt rigide, l'on peut soutenir que la performance sismique des bâtiments construits à base de plastiques est meilleure. De plus, l'étanchéité du plastique le rend imperméable à la chaleur et l'eau de pénétrer. C'est un atout incontestable dans les régions d'Afrique subsaharienne telles que Ghana, qui sont souvent sujet à de fortes intempéries et à des inondations. À ces qualités, peut se rajouter la légèreté de la matière plastique qui favorise son transport d'un point à l'autre, le chargement, déchargement et installation. En addition, la forte résistance à la

corrosion du plastique conférerait au bâtiment l'avantage de peu d'entretien contrairement au béton qui nécessite beaucoup d'entretiens sur le long terme.

Le tableau ci-dessous (table 1) permet de faire une comparaison entre la méthode de construction dite traditionnelle et la méthode innovante de construction à base de plastiques.

Tableau 1 : Comparaison méthode traditionnelle et méthode innovante proposée

Méthode de construction traditionnelle	Méthode de construction avec briques issues de déchets plastiques
Favorise une économie linéaire et destructrice	Favorise une économie circulaire avec en redonnant une nouvelle vie à un produit existant
Matériaux de construction peuvent être nocifs pour la nature : déboisement, émission de CO2, extraction constante de ressources naturelles vierges	Impact positif sur la nature : l'on se débarrasse des déchets plastiques qui mène à une réduction de la pollution environnementale. Moins de dépendance des ressources naturelles.
Durée d'élaboration assez longue, ou très longue, en fonction du type de construction	Durée de construction rapide : environ 5 jours de travail pour mettre en place une unité de maison, avec 4 travailleurs.
Beaucoup de maintenance sur le long terme, et couteuse	Très peu de maintenance sur le long terme car structure très simple, solide et écologique
Energivore : fait souvent appel à l'utilisation de beaucoup d'énergie pour chauffer ou refroidir les pièces	Requiert l'utilisation de peu d'énergie car le plastique est bon isolant.
Très couteuse et inaccessible pour personnes ayant revenus moyen et bas dans les pays sous-développés	Peut-être abordable pour tous, les coûts de constructions peuvent être jusqu'à 43% moins chers. Avec un soutien du gouvernement, les populations à revenus faibles peuvent en bénéficier
Demande une main d'œuvre très qualifiée (Études, stage d'apprentissage, licence...)	Demande peu ou pas de qualification : Une formation d'une journée suffit pour être sur le terrain de construction.
N'apporte aucune solution par rapport au Problème de déchet : certains matériaux Sont à l'origine des déchets solides et de la pollution.	Permettra de résoudre un problème majeur dont souffre le monde actuellement : déchet plastic

4.5 Les Parties prenantes

La solution proposée nécessitera l'engagement de plusieurs parties prenantes. Dans le cadre de cette proposition liée à la construction de logement et bâtiments, il requiert la collaboration et la participation d'un certain nombre d'acteurs si elle doit être mise en place.

Le gouvernement : à travers le ministère de l'Environnement, de la Science, de la Technologie et de l'Innovation qui sont censés formuler des règlements et politiques, tant sur la gestion des déchets plastiques, mais également mettre en place des procédures qui protégeraient les citoyens en matière de logement en matière d'acquisition ou de location de logement.

Ce sont les **chefs traditionnels** qui détiennent la majorité des terres du pays. Ils jouent un rôle important dans le système d'administration foncière. Par leurs positions, ils ont la responsabilité de développer leurs communautés en attirant des investisseurs.

Les Institutions financières investissent dans des projets importants

Les fournisseurs : dans cette situation, il s'agit des collecteurs de déchets et les institutions publiques telles que le service de gestion des déchets au Ghana, qui jouent un rôle clé dans la chaîne de recyclage et qui, sont à l'origine de la provision des matières premières qui serviront à l'élaboration des bâtiments. Nous pouvons également rajouter d'autres fournisseurs de produits complémentaires comme le toit, les fenêtres, les portes... Les fournisseurs de services, tels que le transport et acheminement, les services légaux.

Consommateurs : Un certain nombre d'organismes, institutions privées et publiques. De manière générale, toute la population locale est concernée par ce modèle innovant de construction. Les entreprises de constructions privées locales, les agents immobiliers, le gouvernement ghanéen, les ONG... Cependant, certaines entités qui souhaitent employer cette méthode de construction n'en seront pas forcément des bénéficiaires directes. Par exemple, une construction initiée par le gouvernement pourrait être utilisée par un employé du secteur public, une famille quelconque, des étudiants...etc.

Les médias : la télévision, la radio, la presse, les réseaux sociaux sont des acteurs de communication. Ils serviront à informer et éduquer les populations concernées.

Sur base des acteurs repris ci-dessus, j'ai établi un modèle afin d'illustrer le rôle de chaque partie et son importance, si la méthode devait être appliquée. La Table 2 est un Business model canevas qui est un modèle visuel mis en place afin d'illustrer le rôle des parties prenantes et de mettre en avant les valeurs, que pourrait apporter la méthode innovante de construction proposée.

Tableau 2 : Business Model Canvas pour la méthode proposée

Partenaires clés	Activité	Proposition de valeur	Relations clients	Segments clients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Les collecteurs de déchets plastiques ○ Entreprises de traitement de déchets ○ Institutions financières ○ Investisseurs intéressés ○ Le ministère du développement et la construction ○ Les chefs traditionnels ○ Les entreprises de constructions locales ○ Les agents et promoteurs immobiliers ○ Les coopératives 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Recyclage de plastique ○ Fabrication de briques à base de déchets plastiques ○ Construction de logement et produits dérivés 	<p>Proposition de valeur</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Environnement vert ○ Développement durable ○ Réduction des inondations ○ Meilleure condition de santé ○ Création d'emploi 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Promotion au travers les médias (radios, réseaux sociaux...) ○ Site internet de l'entreprise ○ Conférences 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entrepreneurs de secteur du logement ○ Clients particuliers (issus de tous les milieux) ○ Constructeurs ○ Le gouvernement ghanéen ○ Les ONG
	<p>Ressources clés</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ressources humaines ○ Ressources financières/ subsides ○ Terrains de construction ○ Réutilisation de matières déjà existante 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Logement à prix réduit ○ Logements plus durables et plus résistants aux inondations et tremblements de terre 	<p>Canaux</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Livraisons sur sites de constructions 	
Coûts			Revenus	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Le coût des matériaux initiaux (achats et importations) ○ Coûts des matériaux secondaires ○ Rémunération des employés ○ Coûts promotionnels ○ Les coûts additionnels : prix du loyer de l'usine, la manutention des matériaux, l'électricité, eau, transport et autres dépenses accessoires 			<ul style="list-style-type: none"> ○ Subventions gouvernementales et des coopératives ○ Eventuelle avantage fiscale (si le gouvernement en propose) ○ Vente des produits finis (logements et dérivés) 	

4.6 Les défis et incertitudes

Bien que le modèle de construction innovant proposé porte plusieurs avantages, il présente tout de même des inconvénients, défis et incertitudes

Possibilité de **manque de production** pouvant être causée par difficulté d'approvisionnement en matière première. L'activité de recyclage et de production de brique à partir de déchets plastiques requiert un approvisionnement constant de matériaux. Il faudra donc beaucoup de fluidité dans la chaîne de recyclage pour pouvoir mettre en place une grande quantité de logements pouvant servir à la communauté locale.

La facilité à obtenir un financement dépendra de la **situation économique du pays**. La croissance du PIB ghanéen a connu un réel ralentissement depuis 2021. La dette publique du Ghana a atteint 93% du PIB en 2022. Le Ghana est sujet à une menace élevée de surendettement. Les perspectives de la BAD² (2023) sont plutôt négative dû aux chocs liés à la prolongation de l'invasion russe en Ukraine. Le Ghana présente un taux d'inflation actuel de 44,7%.

Changement de cadre politique. Au Ghana, le changement de gouvernement est souvent facteur d'abandon de projet entamé. Par exemple le gouvernement au pouvoir perd aux élections prochaines, tous les projets en cours resteront inachevés. Le prochain gouvernement ne souhaitera pas finir les projets du gouvernement précédent et souhaiterait initier ses propres idées.

Demande un gros investissement de départ : mettre en place une telle méthode demandera de gros investissement en outils, en ressources humaines et également dans la mise à disposition des terrains de construction.

Incertitude liée aux effets sur le long terme du plastique employé dans la construction des bâtiments. Cette méthode de construction à l'aide du plastique est récente. Bien que quelques études aient été réalisées quant aux propriétés du plastique dans la construction, nous ne disposons pas d'assez de preuves quant aux risques liés à l'exposition au plastique sur le long terme, sachant que certains plastiques peuvent contenir des particules nocives. Cette incertitude se renforce davantage du fait que le plastique réagit sous l'effet de la chaleur et le Ghana est un pays exposé à de forte température. Il faut parfois plusieurs décennies pour constater les effets d'un matériau.

Risque d'effet de rebond (rebound effect) : L'effet de rebond est un éventuel effet secondaire négatif issu d'une économie, qui au départ se voulait écologique (Circubuild, n.d.).

Dans le cas de la transformation, du plastique requiert en général une quantité conséquente d'énergie pour le recyclage. Il y a donc un risque de créer un impact environnemental plus élevé, d'autant plus que l'on vise à créer des centaines de logements.

² Banque Africaine de Développement

Conclusion

En conclusion, la méthode de construction innovante à base de plastique recyclé pourrait révolutionner le secteur de la construction et permettrait au Ghana de solutionner deux problèmes essentiels auxquels il est confronté actuellement, à savoir les déchets plastiques et le déficit de logement pour une population qui ne cesse de grandir. Notre méthode permettrait de mettre en place plus rapidement, des logements. Elle répondrait à l'accessibilité d'habitations et aurait un impact positif sur la communauté et favoriserait une économie circulaire. La force de la méthode innovante de construction à partir de déchet en plastique repose sur sa proposition de valeur unique en mettant en avant, une image forte de responsabilité, en matière économique, sociale et environnementale par rapport à la méthode de construction traditionnelle. Ce concept de construction présente néanmoins quelques défis liés à l'économie, la politique du pays, la fluidité dans la chaîne d'approvisionnement. Il existe également des incertitudes liées aux effets sur le long terme du plastique sur la santé.

CHAPITRE 5 : PERSPECTIVES D'UTILISATION DES DÉCHETS PLASTIQUES DANS LA CONSTRUCTION, EXPÉRIENCES ET RÉCITS DES PARTIES PRENANTES

Analyse de la collecte de données

Introduction

Ce chapitre traite de l'étude qualitative dans le cadre de laquelle des entretiens et des enquêtes ont été utilisés pour comprendre et donner un sens aux expériences et aux connaissances des principales parties prenantes dans les secteurs de la construction et des déchets plastiques. En d'autres termes, l'objectif n'est pas d'obtenir des données statistiques, mais d'utiliser une approche ouverte basée sur l'information pour explorer les sentiments et les expériences des parties prenantes.

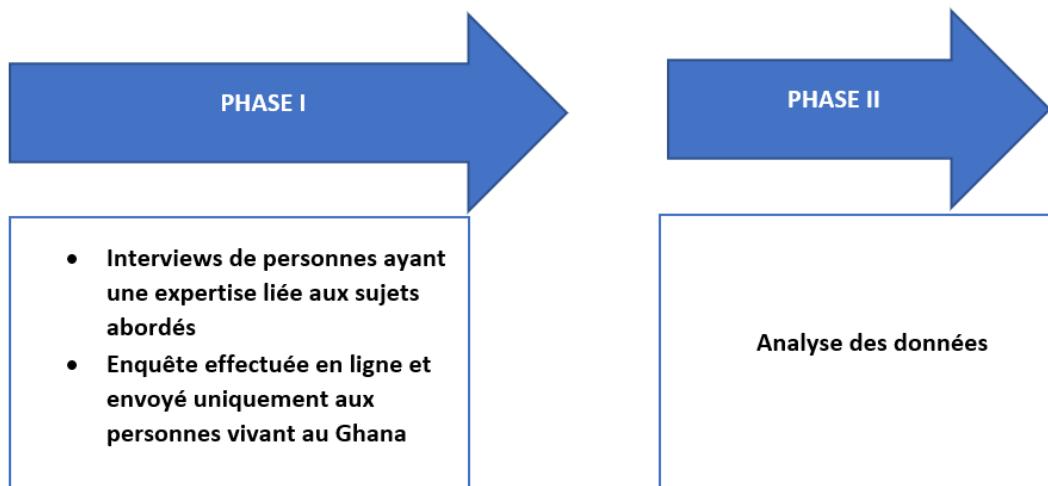
Dans ce contexte, j'ai interrogé 5 personnes possédant des connaissances liées à l'étude actuelle. Les personnes interrogées ont été sélectionnées à dessein sur la base de leur expertise et de leurs connaissances. De ce fait, je pense que leurs opinions et leurs contributions seront pertinentes pour fournir des idées et un contexte utile à cette étude, et qu'elles apporteront une valeur ajoutée à ce travail.

J'ai également élaboré une enquête en ligne basée sur une série de questions ouvertes qui ont été distribuées de manière aléatoire à diverses personnes vivant au Ghana. L'enquête a été élaborée via le site web Servio.com.

Je tiens à souligner que les entretiens et enquêtes ont été réalisés en anglais, étant donné que la langue officielle du Ghana est l'anglais.

De manière générale, comme je l'ai indiqué précédemment, les entretiens et les enquêtes ont été menés dans le but de connaître les opinions et les perceptions des gens sur l'état actuel du secteur de la construction au Ghana, en soulignant les perspectives, les opportunités et les défis dans le pays. L'étude identifie également les opinions sur le traitement des déchets plastiques dans le pays. Des questions exploratoires ont été posées pour évaluer les sentiments des participants sur l'offre de logements au Ghana, leur compréhension de l'innovation, de la durabilité, de l'économie circulaire et leur ouverture aux méthodes de construction alternatives. Les réponses à ces enquêtes ont permis au chercheur d'établir un lien avec les études documentaires et l'ensemble de la littérature.

La collecte des données s'est déroulée en deux phases :



5.1 Interviews

J'ai procédé à l'interview de cinq personnes représentées ci-dessous

Tableau 3: présentation des personnes interviewées

Personnes Interviewés	Fonction	Secteur d'activité
M. Amankwa Joseph	Expert consultant en construction	La construction
M. Bonaventure Kwesi	Employé cadre en construction	La construction privé
M. Kudjo Frank	Employé de la société « Zoomlion »	Gestion de déchets
Anonyme	Expert environnemental	Science et environnement
Anonyme	Officier de l'ambassade du Ghana, en Belgique	Fonctionnaire Publique (diplomate)

Les entretiens avec les participants ont été menés par téléphone, ou plus précisément via le réseau WhatsApp, à l'exception de l'agent de l'ambassade, que j'ai eu l'occasion de rencontrer en personne.

Une conversation préliminaire a eu lieu avec chaque participant afin de convenir d'une date et d'une heure qui conviendraient à tous. En outre, ils ont été informés de l'objectif académique des informations qui leur seraient demandées, c'est-à-dire qu'elles seraient utilisées pour la rédaction de ce mémoire, et des assurances leur ont été données. Les participants ont accepté de prendre part à l'étude exploratoire et que leurs entretiens soient enregistrés. Les entretiens ont duré entre trente-cinq et quarante-cinq minutes pour chaque participant.

Avant les entretiens, j'ai pris soin de rédiger une série de questions qui serviraient de fil conducteur aux discussions qui allaient avoir lieu. Bien entendu, les questions ont été adaptées en fonction du profil de mon interlocuteur.

Les questions posées lors des entretiens étaient semi-dirigées, laissant aux personnes interrogées la liberté de s'exprimer sur les sujets abordés, conformément à l'étude qualitative menée dans ce contexte.

J'ai trouvé utile de m'adresser à des personnes ayant des fonctions différentes, afin d'obtenir une variété d'opinions et de perspectives sur les sujets abordés. Les participants occupent des postes différents et opèrent dans des secteurs différents. Chacun de ces secteurs est pertinent pour la présente recherche. Cette sélection de personnes a donc été faite stratégiquement pour enrichir cette étude.

Voici ci ce qui est ressorti de entretiens :

5.1.1 Entretiens avec l'expert en environnement

Mon interlocuteur, qui a souhaité rester anonyme, travaille pour le secteur public ghanéen en tant qu'expert de l'agence de l'environnement. Il occupe ce poste depuis plus de 15 ans et a vécu plusieurs expériences internationales dans le cadre de son travail. Il a été confronté à des problèmes de traitement des eaux polluées, de changement climatique, de gestion des déchets et de gestion de l'énergie au sein de son agence au Ghana.

Dans le cadre de mon entretien avec lui, je l'ai interrogé sur :

- Les questions environnementales et les défis auxquels le Ghana est confronté aujourd'hui.
- Les plus grandes causes des problèmes environnementaux au Ghana.
- Les choses importantes que les Ghanéens peuvent faire pour protéger l'environnement et réduire les déchets
- Son opinion sur le recyclage
- Son opinion sur la construction écologique

Mon interlocuteur estime que le Ghana est confronté à de nombreux défis environnementaux. Il pense que les causes de ce phénomène sont le manque de sensibilisation de la population ghanéenne à ce sujet. La population ne semble pas suffisamment consciente de l'importance de la protection de l'environnement et de l'adoption d'actions appropriées. Il a ajouté qu'il y avait un manque de volonté de la part des politiciens ghanéens d'adopter une approche concrète des questions environnementales. En outre, le manque de ressources financières pour investir dans technologies et infrastructures respectueuses de l'environnement est une raison indéniable.

Selon lui, la meilleure façon de réduire notre impact sur l'environnement est de diminuer notre dépendance aux combustibles fossiles et de nous tourner vers les énergies

renouvelables. Il pense que cet objectif peut être atteint en investissant dans les énergies renouvelables et en promouvant la durabilité. Selon lui, la population ghanéenne n'est pas suffisamment éduquée dans ce domaine et il est nécessaire de la sensibiliser à cette idée.

En outre, il a affirmé que la meilleure façon de gérer les déchets est de les recycler. Selon lui, le recyclage réduit notre besoin d'extraire de nouveaux matériaux à l'avance et nous permet d'utiliser ce que nous avons déjà. Il a ajouté que l'un des principaux problèmes du Ghana était l'absence de recyclage. Il estime qu'il n'y a pas assez de mesures en place pour encourager cette pratique. Il conseille au gouvernement d'investir dans les technologies de recyclage des déchets plastiques. Bien que l'investissement de base soit coûteux, les avantages à long terme seront bénéfiques.

Mon interlocuteur a estimé que les pratiques de construction de maisons écologiques étaient un meilleur moyen de réduire les effets néfastes sur la planète. Il a suggéré que l'utilisation de matériaux alternatifs dans la construction des bâtiments était une voie qu'il encourageait fortement. Selon lui, le Ghana a besoin de plus de bâtiments construits avec des matériaux alternatifs, car les méthodes actuelles sont obsolètes et épuisent les ressources naturelles. L'impact négatif des pratiques de construction traditionnelles sur l'environnement est assez inquiétant selon lui. Il a donné comme exemple l'impact de l'extraction de sable sur les zones côtières. En effet, l'extraction de sable crée de l'érosion dans les zones côtières, ce qui altère la nature dans ces endroits. Quant à l'idée de maisons construites à partir de déchets plastiques, il est très favorable à cette idée, mais émet des réserves quant aux propriétés inflammatoires du matériau et à la solidité des bâtiments qui résulteraient de cette pratique.

5.1.2 Entretiens avec M. Amankwa.

M. Amankwa J. est un expert et consultant en construction. Il a 7 ans d'expérience dans le secteur et a travaillé avec plusieurs entreprises de construction, tant pour des bâtiments résidentiels que commerciaux. M. Amankwa dit qu'il aime travailler sur différents projets et que l'un de ses objectifs est d'aider ses clients à économiser de l'argent lorsqu'ils se lancent dans des projets de construction.

Au cours de ma conversation téléphonique avec M. Amankwa, j'ai soulevé les points suivants :

- Les défis actuels auxquels est confronté le secteur de la construction au Ghana
- La mise en œuvre des principes d'innovation et d'écologie dans ses projets.
- L'utilisation des déchets plastiques comme matériaux de construction.

M. Amankwa a déclaré qu'il n'utilisait pas encore de matériaux alternatifs dans ses projets de construction. Il est conscient des avantages des matériaux écologiques à long terme, mais le manque de ressources pour la recherche et le développement est un obstacle pour lui. Il a mentionné le manque de temps et de ressources financières pour se tourner vers des méthodes innovantes et alternatives. Il a toutefois souligné que la plupart des entreprises avec

lesquelles il travaille cherchent à minimiser leur impact sur l'environnement en utilisant autant que possible des produits locaux.

Il a attiré mon attention sur le fait qu'en général, les entreprises de construction, les promoteurs immobiliers et les parties prenantes ghanéens ont peur de prendre des risques en matière d'innovation. Ils ont l'impression que la population ghanéenne, naturellement conventionnelle, ne serait pas ouverte à ces idées d'innovation et à l'utilisation de matériaux alternatifs. Selon lui, les entreprises privées ne veulent pas prendre le risque d'investir dans des recherches qui n'aboutiraient pas à grand-chose. Notre expert reste ouvert à l'idée d'utiliser des matériaux alternatifs dans la construction, mais seulement si le financement provient en partie du gouvernement ou si des partenariats solides sont formés avec d'autres entreprises qui ont déjà pris racine dans le domaine et qui possèdent déjà les outils de base nécessaires.

En ce qui concerne la construction de logements à base de déchets plastiques, il a exprimé son désir de participer à un projet de ce type. Selon lui, pour que la population ghanéenne adhère au concept, il faudrait d'abord mettre en place une structure complète qui servirait de maison modèle. Il a souligné l'importance de démontrer tous les aspects de la sécurité.

Il a conclu en affirmant que les plus grands défis auxquels est confronté le secteur de la construction au Ghana aujourd'hui sont le manque d'investissement, la dépréciation continue de la monnaie locale, le coût des matériaux de construction, les taux d'intérêt élevés et l'absence de réglementations claires. En conséquence, la population n'a pas les moyens d'acheter un logement adéquat. La location est tout aussi problématique, car les baux sont trop chers pour les locataires.

5.1.3 Entretiens avec M. Bonaventure Kwesi

M. Bonaventure Kwesi est cadre dans le secteur de la construction. Il travaille dans ce domaine depuis 8 ans. Il estime avoir suffisamment d'expérience, mais cherche toujours à s'améliorer.

Lors de notre entretien, je lui ai exposé les sujets suivants :

- L'utilisation de matériaux alternatifs dans la construction
- Les défis auxquels est confronté le secteur de la construction
- L'utilisation des déchets plastiques comme matériaux de construction

M. Bonaventure a mis en évidence l'un des obstacles qui freinent l'utilisation des matériaux alternatifs. Selon lui, il y a un manque d'information et d'éducation sur le sujet. Il a également soulevé la question de l'application des codes de construction existants dans l'industrie du logement, qui remontent à l'époque coloniale et doivent être réformés. Il a évoqué la nécessité pour le gouvernement d'offrir des incitations économiques qui encourageraient les entrepreneurs à s'engager dans une voie plus écologique et durable.

L'un des défis auxquels est confronté le secteur de la construction au Ghana est la qualité de certains matériaux locaux. Certains ne répondent pas aux normes de logement qu'ils souhaitent offrir à leurs clients, ce qui les pousse parfois à importer certains matériaux.

Il est conscient que le secteur de la construction a besoin d'innovation. Il accueille favorablement l'idée de se tourner vers des matériaux alternatifs et soutient l'idée de construire des maisons à partir de déchets plastiques, pour autant qu'ils respectent les normes de sécurité.

5.1.4 Entretiens avec M. Kudjo Frank

M. Kudjo Frank est employé par Zoomlion, la principale entreprise de gestion des déchets du Ghana. M. Kudjo travaille pour cette société de gestion des déchets depuis maintenant trois ans. Il explique qu'il a commencé à travailler dans les conditions difficiles de la crise de Covid, après avoir passé plus de cinq ans sans emploi.

Lors de mon entretien avec M. Kudjo, j'ai voulu connaître son opinion sur les points suivants

- La gestion des déchets au Ghana
- Ce qu'il pense du recyclage
- Les mesures disponibles pour le tri des déchets, et ce qui se passe avec les plastiques.

Il ressort de mon entretien avec M. Kudjo que le recyclage est l'un des meilleurs moyens de gérer les déchets au Ghana. Il affirme que les déchets collectés et apportés au centre sont tous incinérés, y compris le plastique.

Il souligne que la société travaille avec des entreprises privées qui viennent collecter certains types de déchets en vue de leur traitement. Il s'agit notamment de déchets à base de caoutchouc, de tissus et de plastiques en bon état. Cependant, il estime que les installations de collecte et de tri sont insuffisantes et manquent d'équipements performants. Il recommande d'embaucher plus de personnel pour la collecte des déchets et d'investir dans des outils plus performants.

Il ajoute que les gens ne semblent pas suffisamment conscients de la manière dont ils traitent leurs déchets, en particulier le plastique. Il a témoigné que, lorsqu'il a commencé sa mission dans l'entreprise, on lui a demandé de nettoyer les rues et il s'est rendu compte de l'énorme quantité de déchets plastiques qui remplissaient les fossés. Il a dit qu'il ne s'en était pas rendu compte avant d'y être confronté sur le terrain.

Il a indiqué qu'il était important d'introduire des lois claires sur les infractions liées à la mauvaise gestion des déchets. Il a donné l'exemple de l'imposition d'amendes aux entreprises et aux particuliers qui ne se débarrassent pas correctement de leurs déchets plastiques.

M. Kudjo s'est montré très favorable à l'idée d'utiliser le plastique dans la construction de logements abordables.

5.1.4 Entretiens avec le fonctionnaire de l'ambassade du Ghana en Belgique

Cet entretien a été réalisé en face à face avec l'agent de l'ambassade. Il a souhaité garder l'anonymat. L'entretien s'est déroulé dans son bureau, où j'ai été courtoisement reçu.

Mon interlocuteur est un employé du gouvernement ghanéen depuis près de 13 ans. Il a occupé plusieurs postes et a servi dans différents pays du monde.

Au cours de notre entretien, nous avons abordé les questions suivantes :

- Logement abordable au Ghana
- Recyclage des déchets au Ghana
- Le développement durable au Ghana

Au cours de l'entretien, l'officier a affirmé que le Ghana prenait très à cœur le sujet du traitement des déchets plastiques et cherchait activement des solutions. Il a admis qu'il y avait un manque de technologie et d'équipement pour être suffisamment efficace. C'est pourquoi, en 2022, l'ambassade du Ghana en Belgique a été chargée de trouver des partenaires experts en Belgique pour aider au traitement et au recyclage des déchets plastiques au Ghana. L'objectif est de trouver des entreprises belges actives dans le recyclage des plastiques, qui souhaiteraient s'installer au Ghana pour aider au traitement des déchets et former des personnes. Il a souligné que les procédures pour réaliser de telles ambitions pouvaient être longues et fastidieuses.

Quant à la question du logement abordable, il affirme que le gouvernement est conscient de ce problème depuis des années et qu'il cherche constamment des moyens d'y remédier. Pour le gouvernement, la priorité actuelle est de répondre à l'exigence des Nations unies d'un logement abordable pour tous d'ici à 2050. C'est pourquoi le gouvernement s'est lancé dans un projet de construction de logements abordables, à la portée de tous. En outre, conscient des préoccupations environnementales, ce projet comprendra la création de meilleurs systèmes de drainage afin de réduire les inondations dans la ville d'Accra.

Il a souligné que l'émergence de partenariats public-privé était un atout pour la réussite de ce projet. Ces partenariats rassemblent les ressources des secteurs privé et public et facilitent l'accès au financement, ce qui permet de construire plus rapidement des logements abordables.

Il a reconnu qu'il fallait envisager sérieusement d'utiliser les déchets plastiques comme option dans le secteur de la construction, car cela contribuerait même à gérer l'énorme menace que représentent les déchets pour le gouvernement. Cela permettra également de résoudre le problème des déchets dans les grandes villes d'Accra et d'aider le pays à atteindre les objectifs 6, 7, 9, 11, 13, 14 et 15 de SDG³ des Nations unies, qui figurent parmi les priorités actuelles.

³ Sustainable development goals

5.2 L'enquête

L'enquête a été conduite à travers le site « Servio.com »

Les questions liées à l'enquête (Annexe 1) étaient ouvertes et abordaient les points suivants :

- La compréhension des participants sur l'innovation en construction
- L'importance de trouver des méthodes innovantes
- Le déficit de logement
- La satisfaction des participants en matière de logement au Ghana
- Les régulations mises en place par le gouvernement concernant le logement
- Leurs avis concernant l'adoption d'une maison faite à base de déchets plastiques
- Leurs recommandations en matière de la gestion des déchets plastiques.
- Connaître le point de vue des répondants sur les obstacles reliés au traitement de déchets

Résultats de l'enquête

Toutes les personnes ayant répondu ont reconnu que l'innovation dans la construction revenait à trouver des matériaux alternatifs à ceux que l'on connaît habituellement. Certains ont poussé le raisonnement plus loin en insistant sur la réduction des coûts de construction, et un meilleur environnement grâce à l'innovation. De plus, ils étaient unanimes sur le fait que le secteur de la construction ghanéenne avait besoin d'innovation. Il a été souligné que les temps de livraison des logements étaient très longs et restaient parfois inachevés. Certains des participants ont soulevé le problème de déficit de logement et le coût élevé des logements, les rendant inaccessibles aux personnes à moindres revenus. De surcroît, tous les participants ont déclaré ne pas du tout être satisfaits de la méthode traditionnelle de construction qui reste coûteuse. Certains ont mentionné préférer des matériaux locaux, moins coûteux et favorables à l'environnement. Ils étaient tous d'avis que le gouvernement devait prendre des mesures afin d'unifier l'accessibilité au logement abordable pour tous. Selon eux, le gouvernement devrait investir et trouver des partenaires experts en matière d'innovation afin de fournir une solution durable.

À la question de savoir s'ils seraient prêts à vivre dans une maison faite à partir de déchets plastiques, leurs réponses étaient positives, à condition que cette maison offre les mêmes aspects en matière de confort et de sécurité que les maisons conventionnelles.

La recommandation en matière de gestion des déchets plastiques était le recyclage. Tous les participants ont trouvé important d'employer des méthodes de collecte, de tri et de réemploi des plastiques. Ils reconnaissent que des mesures doivent être prises pour protéger l'environnement.

Cette partie de l'entretien souligne le fait que les gens sont conscients du problème des déchets et veulent trouver des solutions à long terme pour le résoudre.

Dans l'ensemble, les informations obtenues à partir des entretiens sont conformes et complètent les analyses documentaires et la littérature antérieures sur le sujet, qui est devenu une préoccupation majeure dans les pays en développement, y compris le Ghana.

Conclusion de l'étude

Les deux approches (enquête et interviews) ont soulevé les mêmes attentes et défis rencontrés dans la gestion des déchets, le besoin de logement et la construction traditionnelle.

Cette étude a révélé le réel besoin de recyclage des déchets plastiques ainsi que le besoin de se tourner vers des méthodes de construction innovantes en employant des matériaux de construction alternatifs moins coûteux. Les participants sont très favorables à l'idée d'employer les déchets plastiques comme matériaux alternatifs de construction, car cela leur permettrait de se débarrasser des déchets plastiques et de pouvoir bénéficier de logements à des coûts réduits. Cependant, leur réserve réside dans la qualité et la sécurité du logement qui sera fourni.

Il a été mis en lumière que le frein principal réside dans les ressources financières qui sont nécessaires à l'investissement dans des outils performants et dans des technologies nécessaires. En effet, la recherche et le développement requièrent du temps et des ressources financières importantes.

Je tiens tout de même à souligner que cette étude a été effectuée avec un nombre restreint de personnes. Si l'étude avait été réalisée avec un nombre plus important de personnes, les résultats avaient peut-être été plus nuancés.

Les informations issues de l'étude qualitative rejoignent et complètent les analyses documentaires préalables dans le sens où ils soulignent le besoin de créer un environnement plus durable pour la population en se débarrassant des déchets plastiques ainsi que le besoin combler le déficit de logement au sein de la population ghanéenne

CHAPITRE 6 : CONCLUSION GENERALE

Conclusions, et recommandations

Dans le cadre de ce travail, il a été mis en lumière que le secteur de la construction traditionnel tel que nous le connaissons actuellement est à l'origine de plusieurs impacts négatifs sur l'environnement. Il était donc important de se tourner vers des méthodes innovantes pour un environnement meilleur et durable. La méthode de construction innovante fait référence à l'emploi de matériaux alternatifs aux matériaux de construction traditionnels avec une finalité de durabilité et écologique.

Ce mémoire vise donc à proposer une solution innovante de construction dans les pays en voie de développement. Dans cette approche, j'ai choisi le Ghana comme pays d'étude, car il reflète un ensemble de pays en voie de développement par les défis qu'ils rencontrent en termes de déficit de logement pour combler les besoins d'une population en croissance exponentielle. De plus, les pays en voie de développement comme le Ghana, sont confrontés à une mauvaise gestion de déchet, en particulier, les déchets plastiques qui sont devenus problématiques.

Au cours de ce travail, j'ai procédé à diverses analyses documentaires qui ont révélé les plusieurs défis auxquels étaient confrontés la population ghanéenne à savoir celui du

- Déficit important de logement
- Besoin de logement abordable pour les personnes à faibles revenus,
- Des logements trop coûteux dus aux coûts élevés des matériaux employés dans les constructions traditionnelles
- Un manque d'encadrement dans les lois relatif à l'acquisition d'un logement
- Un environnement propice aux maladies dû aux déchets plastiques qui envahissent les villes
- Des catastrophes naturelles causées par la mauvaise gestion des déchets plastiques
- Un gouvernement ghanéen volontaire, mais disposant de peu de ressources financière et technologique pour combler les besoins
- Une industrie de construction ghanéenne à la recherche de soutien gouvernementale pour innover et se tourner vers des pratiques plus durables

Au vu de ces éléments, il a été proposé de faire usage des déchets plastiques comme matériau de construction. En effet, au cours de mon travail, j'ai procédé à une série d'examens littéraires qui ont démontré que le plastique pouvait être employé comme matériaux de construction, soit partiellement, soit entièrement. Les propriétés avantageuses du plastique avaient été démontrées, telles que sa résistance à la corrosion, sa force de tension, sa qualité d'isolation entre autres. Néanmoins, ces études présentaient une limite. Elles manquaient d'évoquer les éventuels effets secondaires sur le long terme, ou de confirmer l'absence de ceux-ci.

En outre, je suis venue à la rencontre de quelques entreprises qui avaient fait l'expérience d'employer le plastique dans la construction de bâtiment. L'une d'entre elles a particulièrement retenu mon attention : Conceptos Plasticos. Cette entreprise avait une expérience dans la réalisation de maisons standards, en 5 jours, avec quelques ouvriers formés. Les maisons construites se faisaient à l'aide de déchets plastiques collectés dans les rues et les décharges. Ces déchets plastiques passaient par un processus de transformation pour mettre en place des briques de différentes formes pouvant s'agencer les unes aux autres afin de mettre sur pied une maison complète. Au vu de la quantité importante de logements à pourvoir annuellement au Ghana, j'ai suggéré cette méthode innovante employée par cette entreprise étant donné qu'elle permettait de bâtir une quantité admirable de maisons en un laps de temps assez court tout en éliminant les déchets plastiques.

Pour alimenter ce travail, j'ai également procédé à une étude qualitative axée sur l'interview de 5 personnes ayant une expertise dans le domaine de l'environnement, dans la construction et ayant un exercice au sein du gouvernement ghanéen. De plus, une enquête a été distribuée en ligne à des personnes vivant au Ghana.

Tous les participants de l'enquête et de l'interview ont répondu aux questions liées à la pénurie de logements au Ghana, à l'importance de trouver des méthodes alternatives, au traitement des déchets plastiques, et ont dû donner leurs avis sur l'emploi du plastique comme matériau de construction.

Cette enquête a mis en lumière les points suivants :

- Les participants ont trouvé important de se tourner vers des matériaux de construction alternatifs
- Le secteur de la construction ghanéen a besoin d'innovation afin de répondre au besoin de la population croissante, surtout pour les personnes à faibles revenus
- Il existe un réel manque de logement au Ghana
- Il devrait avoir un accès unifié au logement abordable
- Le gouvernement ghanéen devrait mettre en place des incitants économiques pour encourager les sociétés de construction à se tourner vers des méthodes innovantes de construction
- Le recyclage est la clé pour réduire les déchets plastiques
- Le gouvernement manque de ressources et technologies nécessaires pour répondre assez rapidement aux besoins de logement et de traitement de déchets plastiques

En outre, les discussions avec les parties prenantes des secteurs de la construction ont également montré que si la méthode traditionnelle de construction est encore répandue dans les pays en voie de développement, elle n'a pas permis de répondre à la pénurie de logements, d'où la nécessité d'envisager des méthodes alternatives.

- Les déchets plastiques offrent donc des possibilités et un potentiel considérable pour résoudre le déficit croissant de logements tout en évitant l'épuisement des ressources naturelles et en réduisant la pollution environnementale et connexe.
- L'utilisation des déchets plastiques a le potentiel de résoudre les énormes pénuries de logements auxquelles sont confrontés les pays en voie de développement, en particulier le Ghana ;
- Il est également apparu que l'utilisation des déchets plastiques ou leur application contribuera de manière significative à réduire ou à résoudre les problèmes liés aux déchets plastiques dans toute l'Afrique subsaharienne, y compris au Ghana. En outre, elle aborde également les questions de durabilité qui sont essentielles dans les discours sur l'économie circulaire ;
- L'utilisation des déchets plastiques devrait être ajoutée aux programmes d'études afin d'initier les futurs jeunes à l'industrie de la construction ;
- Des programmes de formation sur l'utilisation des déchets plastiques dans l'industrie de la construction devraient être mis en place pour permettre aux travailleurs de la construction d'améliorer leur compréhension.

A la question de savoir si les participants seraient prêts à adopter le plastique comme matériau de construction de logement, ils étaient unanimes sur le confort et la sécurité. Aussi longtemps ces maisons répondent aux normes de sécurité, ils sont tous prêts à l'adopter.

Les éléments ressortis tant des études théoriques que des études qualitatives se sont rejoints sur les points essentiels et nous confortent dans nos deux hypothèses à savoir :

- Hypothèse 1
L'adoption des déchets plastiques dans le secteur de la construction a le potentiel de combler le déficit de logements dans les pays en développement comme le Ghana.
- Hypothèse 2
L'adoption des déchets plastiques dans le secteur de la construction résoudra de manière significative les problèmes associés aux déchets plastiques dans les pays en développement comme le Ghana.

Toutes ces recherches et analyses nous permettent de répondre à la question de départ :

Comment l'utilisation de déchets plastiques comme construction innovante peut-elle résoudre la pénurie de logements dans les pays en développement comme le Ghana ?

Recommandations :

- En mettant en place des systèmes de recyclages performants
- En investissant dans les outils favorisant le recyclage (bonne collaboration entre la population et le gouvernement)
- En éduquant la population en matière d'élimination des déchets
- En mettant en place des régulations et procédures claires dans l'industrie de la construction

- En Poussant plus loin l'étude de l'emploi du plastique comme matériau de construction. Les études sur le plastique n'ont pas permis de confirmer ou d'infirmier les éventuels effets secondaires sur le long terme.
- Par des partenariats : je trouve ce dernier point particulièrement important. Je pense qu'un partenariat entre le public et le privé pourrait être un atout pour que le gouvernement puisse atteindre une partie de ses objectifs en matière de provision de logements abordables pour sa population, et élaguer le souci de déchets plastiques qui envahissent les rues des grandes villes.

En effet, ne disposant de toute les ressources et l'expertise requises, il est nécessaire de s'allier aux entreprises qui disposent déjà des outils de base, telles les machines de transformation du plastique en brique. Utiliser les partenariats publics-privé comme une des manières d'introduire la construction innovante dans les pays en voie de développement comme le Ghana, serait stratégique. Un partenariat avec la société colombienne Conceptos Plasticos pourrait apporter une valeur ajoutée au pays et serait un bon moyen de transfert de compétences. Les experts de la société pourraient former la population locale sur les méthodes qu'elle emploie pour fabriquer les briques de construction à base de plastique et leur apprendre à monter les maisons. Cette approche aura pour avantage, en plus de rendre l'environnement propre et de produire des maisons, de créer de l'emploi pour la population locale. Le partenariat servirait à compléter les moyens et compétences limités du secteur public afin de répondre à la demande croissante de logements et d'infrastructure.

BIBLIOGRAPHIE

A future for every child by beating plastic pollution | UNICEF. (n.d.). Récupéré le 10 Août 2023, de <https://www.unicef.org/cotedivoire/en/future-every-child-beating-plastic-pollution>

Abdel Tawab O. ET AL ,(2020), Recycling Waste Plastic Bags as a Replacement for Cement in Production of Building Bricks and Concrete Blocks; Récupéré le 10 Octobre 2022 de: https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Ibrahim-114/publication/339613441_Recycling_Waste_Plastic_Bags_as_a_Replacement_for_Cement_in_Production_of_Building_Bricks_and_Concrete_Blocks/links/5e5c4380a6fdccbeba1251c1/Recycling-Waste-Plastic-Bags-as-a-Replacement-for-Cement-in-Production-of-Building-Bricks-and-Concrete-Blocks.pdf;

Agbavor, E. K. (2022). Ghana's 2021 provisional population distribution and housing stock; mortgage challenges and prospects | news ghana. Consulté le 7 Juillet 2023, Récupéré de <https://newsghana.com.gh/ghanas-2021-provisional-population-distribution-and-housing-stock-mortgage-challenges-and-prospects/>

Akinwumi, I. I., Domo-Spiff, A. H., & Salami, A. (2019). Marine plastic pollution and affordable housing challenge: Shredded waste plastic stabilized soil for producing compressed earth bricks. Case Studies in Construction Materials, 11, e00241. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00241

Alternative building—Appropedia, the sustainability wiki. (n.d.). Consulté le 7 Juillet 2023, Récupéré de https://www.appropedia.org/Alternative_building

Ametepey, S. O., Jnr, E. Y. F., & Cobbina, J. E. (2022). Barriers to the growth of small and medium scale construction enterprises in Ghana. Open Journal of Civil Engineering, 12(1), 38–55. Scientific Research Publishing Inc. Disponible sur doi: 10.4236/ojce.2022.121004 consulté le 07 Juin 2023

Amnesty International (2012). Ghana: Improve infrastructure, reduce overcrowding and increase prison monitoring to meet international prison standards. consulté le 07 Juin 2023<https://www.amnesty.org/en/latest/press-release/2012/04/ghana-improve-infrastructure-reduce-overcrowding-and-increase-prison-monito/>

Ampomah, S. (2021). President cuts sod for biggest health infrastructure drive in Ghana. Ministry Of Health. Consulté le 07 Juin 2023 sur <https://www.moh.gov.gh/president-cuts-sod-for-biggest-health-infrastructure-drive-in-ghana/>

Ascension, Ahamefula. Top 10 des effets de la construction sur l'environnement - négatifs et positifs - Environnement Go! 3 Dec. 2022, Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://fr.environmentgo.com/effets-de-la-construction-sur-l%27environnement-n%C3%A9gatifs-et-positifs/>.

Ayeleru, O. et al. (2020). Challenges of plastic waste generation and management in sub-Saharan Africa: A review. *Waste Management*, 110, 24–42. Netherland, Amsterdam. doi: 0.1016/j.wasman.2020.04.017

Bank, A. D. (2019). Ghana economic outlook [Text]. Banque africaine de développement - Faire la différence. Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://www.afdb.org/fr/countries/west-africa/ghana/ghana-economic-outlook>

Brannen, J. (2005). Mixing methods: The entry of qualitative and quantitative approaches into the research process. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(3), 173–184. Doi: 10.1080/13645570500154642

Brannen, J. (Ed.). (1992). *Mixing methods: Qualitative and quantitative research*. Aldershot: Avebury. Disponible sur [Google Scholar] consulté le 24 Juillet 2023

Bryman, A. (1988). *Quality and quantity in social research*. London: Unwin Hyman.

Bryman, A. (2003). *Quantity and quality in social research* (0 ed.). Routledge. doi:10.4324/9780203410028

Bryman, A. (2008). *Social research methods*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Built environment. (n.d.). World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://www.wbcsd.org/Pathways/Built-Environment>

Chirache, E. (2020). Autoconstruction: Nicolas a construit des éco-dômes alors qu'il n'y connaissait rien. 18h39. Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.18h39.fr/articles/leco-dome-lautoconstruction-pour-les-nuls-expliquee-par-un-americain.html>

da Silva, T. R., de Azevedo, A. R. G., Cecchin, D., Marvila, M. T., Amran, M., Fediuk, R., Vatin, N., Karelina, M., Klyuev, S., & Szelag, M. (2021). Application of plastic wastes in construction materials: A review using the concept of life-cycle assessment in the context of recent research for future perspectives. *Materials*, 14(13), 3549. Basel, Switzerland : MDPI. doi : 10.3390/ma14133549

Déchets plastiques et recyclage dans l'UE: Faits et chiffres (Infographie) | Actualité | Parlement européen. (2018). Consulté le 3 juillet 2023 sur <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20181212STO21610/dechets-plastiques-et-recyclage-dans-l-ue-faits-et-chiffres-infographie>

Deshayes, P. (2012). Le secteur du bâtiment face aux enjeux du développement durable: Logiques d'innovation et/ou problématiques du changement. *Innovations*, 37(1), 219–236. Basel, Switzerland : MDPI. DOI : 10.3917/inno.037.0219

designboom, juliana neira I. (2021). These houses by conceptos plásticos are built with blocks made from waste plastic. Designboom | Architecture & Design Magazine. Consulté de 03 Août

2023 de <https://www.designboom.com/architecture/conceptos-plasticos-blocks-waste-plastic-02-09-2021/>

Économie circulaire: Définition, importance et bénéfices | actualité | parlement européen. (2023). Consulté le 7 Juillet 2023, Récupéré de <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/economy/20151201STO05603/economie-circulaire-definition-importance-et-benefices>

Ecotek Engineering (2022). Estimated cost for building a 3-bedroom house in Ghana. Ecotek Engineering. Récupéré le 10 Août 2023 <https://ecotekeng.com/estimated-cost-for-building-a-3-bedroom-house-in-ghana/>

expansion. (2018, February 7). Béton de chanvre [Text]. IsoHemp - Construire et isoler durablement en blocs de chanvre. Consulté le 7 Juillet 2023, Récupéré de <https://www.iso hemp.com/fr/beton-de-chambre>

Flick, U. (2009) An Introduction to Qualitative Research, 4th edition, London: Sage.

Ghana Population 2023 (Live). (n.d.). Récupéré le 13 Août 2023 de <https://worldpopulationreview.com/countries/ghana-population>

Ghana—International service learning program. (n.d.). Récupéré le 13 Août 2023 de <https://louisville.edu/islp/countries/ghana>

Ghufran, M., Khan, K. I. A., Ullah, F., Nasir, A. R., Al Alahmadi, A. A., Alzaed, A. N., & Alwetaishi, M. (2022). Circular economy in the construction industry: A step towards sustainable development. *Buildings*, 12(7), 1004. Basel, Switzerland. Doi: 10.3390/buildings12071004

Globalplasticaction (n.d.). Retrieved Récupéré le 5 Août 2023, de <https://www.globalplasticaction.org/ghana>

Government of Ghana, (2010). Ghana Goes for Green Growth. Consulté le 29 Juillet 2023 sur <https://cdkn.org/sites/default/files/files/NCCPF-Summary-FINAL.pdf>

Graham, J. (2023, March 5). Sustainable building for a better tomorrow: 7 advantages of green construction. PlanRadar - AU. Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://www.planradar.com/au/sustainable-building-7-advantages-green-construction/>

Growing african cities face housing challenge and opportunity. (n.d.). [Text/HTML]. World Bank. Récupéré le 18 Juin 2023, de <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2015/12/01/growing-african-cities-face-housing-challenge-and-opportunity>

Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179–199. Netherlands, Amsterdam : Elsevier. Doi : 10.1016/j.jhazmat.2017.10.014

Health impacts from construction emissions | Centre for Low Emission Construction. (n.d.). Consulté le 7 juillet 2023, de <https://clec.uk/worker-exposure/health-impacts-construction-emissions>

Hilburg, J. (2019, January 2). Concrete production produces eight percent of the world's carbon dioxide emissions. The Architect's Newspaper. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.archpaper.com/2019/01/concrete-production-eight-percent-co2-emissions/>

How adobe construction works. (2012, April 17). HowStuffWorks. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://home.howstuffworks.com/home-improvement/construction/materials/adobe-construction.htm>

Impact of plastic pollution on outdoor recreation in the existence of bearing capacity and perspective management. Huarong L. ET AL (2022) Consulté le 10 Octobre 2022 ; Récupéré de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001393512201146X>

Johnson, J. (2001) '5 In-Depth Interviewing', in Jaber F. Gubrium, & James A. Holstein (eds), SAGE Publications, Inc., Thousand Oaks, CA. Doi: 10.4135/9781412973588.d8.

Joshi, K., Navalgund, L., & Shet, V. B. (2022). Water pollution from construction industry: An introduction. In J. A. Malik & S. Marathe (Eds.), Ecological and Health Effects of Building Materials (pp. 245–257). Springer International Publishing. Doi :10.1007/978-3-030-76073-1_13

Kwaku Ahmed Lamia Hatira Paul Valva, 2014, The Construction Industry in Ghana, West Africa "How can the construction industry in Ghana become sustainable?" <http://bth.diva-portal.org/smash/get/diva2:829734/FULLTEXT01.pdf>

L'histoire du plastique: Innovations et production de plastique. (2020). Carbiolice. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.carbiolice.com/blog/lhistoire-du-plastique-en-15-dates-cle/>

La durée de vie des déchets dans la nature... (n.d.). RTBF. Consulté le 20 Juiller 2023, de <https://www.rtbf.be/article/la-duree-de-vie-des-dechets-dans-la-nature-9858681>

Le défi Afri-Plastics Challenge cherche des solutions subsahariennes à la pollution plastique marine – Afri-Plastics Challenge. (2021, July 21). <https://afri-plastics.challenges.org/blog/le-defi-afri-plastics-challenge-cherche-des-solutions-subsahariennes-a-la-pollution-plastique-marine/>

Le plastique en Afrique, enjeu du XXIe siècle ? (n.d.). Moyen-Orient et Afrique. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.morganphilips.com/fr-mea/conseils-et-actus/le-plastique-en-afrigue-enjeu-du-xxie-siecle>

Lloyd Teta et al, (n.d.). Retrieved August 2, 2023, from https://mapthesystem.sbs.ox.ac.uk/sites/default/files/mapthesystem/documents/media/written_submission_ahesi_university.pdf

M V Kuklina et al (2021) Innovation in the construction industry IOP Conf. Ser.: Earth Environ. DOI:10.1088/1755-1315/751/1/012101

Mais au fait, c'est quoi l'histoire des plastiques ? (2019, November 18). Flexico. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.flexico.com/histoire-des-plastiques>

Mortgage housing scheme for public servants soon—Asenso boakye. (2022, December 5). <https://www.gbcghanaonline.com/general/mortgage-housing-scheme-for-public-servants-soon-asenso-boakye/2022/>

Nancy, S., & Mohamed A.,2017 : Utilization of Recycled Plastic in the Construction Industry Available at : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-1061-6_48 Accessed on 10th July, 2023

Nations, U. (n.d.). Population | nations unies. United Nations. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.un.org/fr/global-issues/population>

Natura Sciences (n.d) Reconnaître les plastiques pour protéger sa santé. (2017). Natura Sciences. Récupéré le 23 Juillet de <https://www.natura-sciences.com/s-adapter/plastiques-toxicite-sante787.html>

New York: Routledge, 2nd edition, 2006, ISBN: 0-415-28244-6)]

News , B. R. · C. (2019). This house was built using 600,000 recycled plastic bottles | CBC News. CBC. Récupéré le 03 Août de <https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/plastic-bottle-home-nova-scotia-1.5188749>

Nyika, J., & Dinka, M. (2022). Recycling plastic waste materials for building and construction Materials: A minireview. Materials Today: Proceedings, 62, 3257–3262. Netherlands, Amsterdam : Elsevier. Doi:1016/j.matpr.2022.04.226

Offset carbon footprint—ClimateTradeTM. (n.d.). ClimateTrade. Consulté le 24 Juillet 2023, de <https://climatetrade.com/>

ONGO NKOA Bruno Emmanuel, SONG Jacques Simon, « Urbanisation et inégalités en Afrique : une étude à partir des indices désagrégés », Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 2019/3 (Juin), p. 447-484. DOI : 10.3917/reru.193.0447

oxford advanced american dictionary at oxfordlearnersdictionaries. Com. (n.d.). Consulté 15 Juillet2023, de https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/american_english/plastic_1

Plasencia, J. (2023). The world's most polluting industries. ClimateTrade. Consulté 15 Juillet2023, de <https://climatetrade.com/the-worlds-most-polluting-industries/>

Plastic as a building material: Uses, properties, pros & cons! (n.d.). Consulté 15 Juillet2023, de <https://gharpedia.com/blog/plastic-as-a-building-material/>

Plastic building materials—5 common plastic construction materials | a&c plastics. (n.d.). Consulté 15 Juillet 2023, de <https://www.acplasticsinc.com:443/informationcenter/r/common-plastic-building-materials>

Plastic production worldwide 2021. (n.d.). Statista. Consulté 13 Juillet 2023, de <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>

plasticseurope (2023). Les plastiques, c'est quoi? : PlasticsEurope. (n.d.). Consulté 15 Juillet 2023, de <https://legacy.plasticseurope.org/fr/about-plastics/what-are-plastics>

Proceedings of First Architectural International Conference, Cairo University, Egypt. https://faculty.kfupm.edu.sa/ARCH/rabee/publications_files/04Reffat_ArchCairo2004_Cairo.pdf

Qu'est-ce que l'effet rebond circulaire? (n.d.). Retrieved August 12, 2023, from <https://www.circubuild.be/fr/faq/qu-est-ce-que-l-effet-rebond-circulaire/>

Reconnaître les plastiques pour protéger sa santé. (2017, June 23). Natura Sciences. Retrieved August 2, 2023, from <https://www.natura-sciences.com/s-adapter/plastiques-toxicite-sante787.htm>

Reffat, R. (2004) Sustainable construction in developing countries, in the Researchgate; Consulté le 10 Juillet 2023, de https://www.researchgate.net/publication/359798882_Using_Plastic_Wastes_in_Construction_Opportunities_and_Challenges

Rhodes CJ. Plastic Pollution and Potential Solutions. Science Progress. 2018;101(3):207-260. doi:10.3184/003685018X15294876706211

Schneider, D. (2023). Is plastic waste the building material of the future? Unbias The News. Consulté le 10 Juillet 2023, de <https://unbiasthenews.org/is-plastic-waste-the-building-material-of-the-future/>

Schneider, D. (2023). Is plastic waste the building material of the future? Unbias The News. Récupéré le 03 Août de <https://unbiasthenews.org/is-plastic-waste-the-building-material-of-the-future/>

Société chimique de France (2019). Consulté le 10 Juillet 2023, de <https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2006-300-aoutsept-Michel-p.7.pdf>

src="https://www.familyhandyman.com/wp-content/uploads/2021/09/15066Deziel.jpg?fit=41, Chris Deziel Updated:, & 2021. (2021). Pros and cons of straw bale construction. Family Handyman. Consulté le 10 Juillet 2023, de <https://www.familyhandyman.com/article/straw-bale-construction/>

Step-by-step manual details construction of hempcrete structures. (n.d.). Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.greenbuildermedia.com/blog/step-by-step-manual-details-construction-of-hempcrete-structures>

Sustainable development goal 11: Sustainable cities and communities | united nations in ghana. (n.d.). Retrieved August 2, 2023, from <https://ghana.un.org/en/sdgs/11>

Team, G. C. (n.d.). Construction and the environment. Go Construct. Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://www.goconstruct.org/why-choose-construction/whats-happening-in-construction/construction-and-the-environment/>

tensile strength. (2023, July 19). <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/tensile-strength>

The plastic waste trade in the circular economy—European Environment Agency. (n.d.). [Briefing]. Consulté le 24 Juillet 2023, de <https://www.eea.europa.eu/publications/the-plastic-waste-trade-in>

The report: Ghana 2022 - oxford business group. (2022, March 24). <https://oxfordbusinessgroup.com/reports/ghana/2022-repo>

The world counts. (n.d.). Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/state-of-the-planet>

Un enjeu pour l'Afrique: Ne pas devenir « la poubelle du monde » des déchets plastiques. (2022,). Le Monde.fr. Consulté le 24 Juillet 2023, de https://www.lemonde.fr/afrique/article/2022/02/27/un-enjeu-pour-l-afrigue-ne-pas-devenir-la-poubelle-du-monde-des-dechets-plastiques_6115424_3212.html

UNDP. (2021). DECENT JOBS AND SUSTAINABLE LIVELIHOOD IN GHANA POLICY BRIEF. consulté le 03 Août 2023 sur https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/gh/Inclusive-development-in-Ghana--Policy-Brief_UNDP-Ghana.pdf

Une entreprise colombienne fabrique des logements en plastique recyclé. (2016, August 10). Les Observateurs - France 24. Retrieved August 2, 2023, from <https://observers.france24.com/fr/20160810-colombie-entreprise-conceptos-plasticos-logements-plastique-recycle-social-ecolo>

United Nations, 2017: Affordable housing key for development and social equality, UN says on World Habitat DayAvailable at : <https://news.un.org/en/story/2017/10/567552> Accessed 4th August, 2023

University, C., & Tennessee, U. of. (n.d.). What is a straw bale house? Definition, designs, and examples. Treehugger. Récupéré le 07 Juillet 2023 sur <https://www.treehugger.com/straw-bale-house-5199775>

US EPA, O. (2014). Using green roofs to reduce heat islands [Overviews and Factsheets]. Consulté le 3 juillet 2023 sur le site <https://www.epa.gov/heatislands/using-green-roofs-reduce-heat-islands>

Vera Albino, (2020) ; Why the green economy is important to Ghana – and how certification marks contribute to it. Consulté le 01 Aout 2023 sur <https://www.inventa.com/pt/noticias/artigo/519/why-the-green-economy-is-important-to-ghana-and-how-certification-marks-contribute-to-it>

Victoria, E. P. A. (n.d.). Pm10 particles in the air | environment protection authority victoria [Text]. Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.epa.vic.gov.au/for-community/environmental-information/air-quality/pm10-particles-in-the-air>

What is being done to boost real estate ownership in Ghana? - Africa 2022 - Oxford Business Group. (2022, March 29). <https://oxfordbusinessgroup.com/reports/ghana/2022-report/economy/boosting-inclusiveness-legal-changes-target-greater-private-investment-while-individuals-are-set-to-benefit-from-amends-to-the-mortgage-structure>

Why plastic waste is the “perfect building material.” (n.d.). BBC Storyworks. Consulté le 13 juillet, 2023, de <https://www.bbc.com/storyworks/building-a-better-future/why-plastic-waste-is-the-perfect-building-material->

Why plastic waste is the “perfect building material.” (n.d.). BBC Storyworks. Consulté le 13 juillet, 2023, de <https://www.bbc.com/storyworks/building-a-better-future/why-plastic-waste-is-the-perfect-building-material->

World bank (2020) Public-private-partnership legal resource center. (n.d.). PUBLIC-PRIVATE-PARTNERSHIP LEGAL RESOURCE CENTER. Retrieved August 10, 2023, from <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/>

World population prospects 2022: Summary of results | population division. (n.d.). Consulté le 7 juillet 2023, de <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>

Yuvin Chinniah et al, (2008). Presses à injection de plastique ayant des équipements périphériques - Sécurité lors des interventions de maintenance ou de production (irsst.qc.ca). récupéré le 23 Juillet de <https://les-joints.fr/moulage-par-injection/>

