

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'Architecture

N° :/2023

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Architecture Urbanisme et Métiers de la Ville

FILIERE: Architecture

SPECIALITE : Architecture

Thème

**LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE DES
INFRASTRUCTURES FLOTTANTES DE TRANSPORT
MARITIME**

Présenté Par : Chaima Belattar

Encadré Par : Said Grimes

Date de soutenance : 10/09/2023

Jury de Soutenance

Président : Aidat Adila

Grade : MCA

Univ MSB Jijel

Encadreur : Said Grimes

Grade : MAA

Univ MSB Jijel

Examineur :Nour El-Houda Bouhidel

Grade : MAA

Univ MSB Jijel

Promotion : 2022 /2023

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la force, la patience et le courage qui m'ont permis de mener à terme ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements :

A mon encadrant *Dr. GRIMES Saïd*, pour son suivi constant et sa disponibilité, et qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce parcours initiatique à la recherche,

Aux membres du jury acceptent de donner une partie de leur temps précieux pour examiner et évaluer ce modeste travail.

À ma famille, juste pour m'avoir donné tant d'amour, de soutien et d'encouragement

Jour après jour tout au long de mes années d'étude,

A toutes les personnes qui m'ont accueilli sans réserve et m'ont été disponibles :

Toute l'équipe pédagogique qui s'est investie dans ma formation depuis l'école primaire jusqu'à maintenant.

A tous les professeurs du département d'architecture de Jijel qui ont enseigné avec de vraies valeurs et beaucoup d'abnégation,

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont entouré et qui ont participé, plus ou moins, à la réalisation de ce modeste manuscrit.

Merci à tous

Dédicaces

Les mots sont parfois incapables d'exprimer la gratitude, l'amour et le respect,
Je dédie le fruit de ce mémoire de Master à des personnes qui comptent pour moi :

Des personnes très chères à mon cœur que sont mes parents :

Mon cher père Abdel-Baki pour qui cet achèvement est le fruit de tant de sacrifices consentis pour m'éduquer et me former tout au long de ces années d'études.

Ma chère maman Malika, génératrice de mes efforts, de ma force et de mes ambitions,

Un merci particulier à mes chers frères : *Souhil, Imad Al-Din et Ala Al-Din*

qui n'ont jamais cessé d'être mes exemples de persévérance,
de courage et de générosité.

Ainsi *À mon encadrant* qui m'a accompagné tout au long de ce parcours de recherche scientifique et qui m'a soutenu et orienté vers le succès,

A tous les membres de ma famille,

A mes deux meilleures amies *Sara et Manel*,

A tous mes professeurs depuis mes premières années d'école,

A tous les êtres chers

A vous tous, merci.

Chaima

Table de matière

REMERCIEMENTS.....	VI
DEDICACES.....	IV
TABLE DE MATIERE.....	V
LISTE DE FIGURE.....	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES ABREVIATIONS.....	X
INTRODUCTION GENERALE.....	1
I INTRODUCTION.....	1
II PROBLEMATIQUE.....	1
III QUESTIONNEMENT.....	2
IV HYPOTHESE DE LA RECHERCHE.....	2
V OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	3
VI DEMARCHE METHODOLOGIQUE.....	3
VII STRUCTURE DU MEMOIRE :.....	4
CHAPITRE 01 : LA HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE.....	5
1.1 INTRODUCTION.....	5
1.2 LE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	5
1.2.1 Définition et historique.....	5
1.2.2 Les trois piliers du développement durable.....	6
1.2.3 Les objectifs du développement durable.....	7
1.3 LA QUALITE.....	8
1.3.1 Définition de la qualité.....	8
1.3.2 Définition de la démarche qualité :.....	8
1.4 LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE.....	9
1.4.1 Définition :.....	9
1.4.2 Les points de base de la qualité environnementale :.....	9
1.4.3 Rôle du maitre d’ouvrage dans la qualité environnementale :.....	10
1.4.4 Les méthodes d’évaluation de qualité environnementale.....	10
1.5 HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE.....	11

1.6 OUTILS D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DE MATERIAUX ET AUTRES ASPECTS DU BATIMENT.....	18
--	----

1.7 CONCLUSION.....	20
---------------------	----

CHAPITRE 02 : L'ECOCONCEPTION DES OUVRAGES FLOTTANTS SUR LE LITTORAL	21
---	-----------

2.1 INTRODUCTION.....	21
-----------------------	----

2.2 L'ECO CONCEPTION	22
----------------------------	----

2.2.1 Définition et principe de l'Eco conception	22
--	----

2.2.2 Les objectifs de l'écoconception.....	23
---	----

2.2.3 Les critères	23
--------------------------	----

2.2.4 Les avantages	23
---------------------------	----

2.3 LES AMENAGEMENTS FLOTTANTS	24
--------------------------------------	----

2.3.1 Définition des ouvrage Flottants	24
--	----

2.3.2 Les caractéristiques	24
----------------------------------	----

2.3.3 Où installer les constructions flottantes ?.....	24
--	----

2.3.4 Les avantage des constructions flottante.....	25
---	----

2.4 LES TECHNIQUES DE FLOTTAISON.....	25
---------------------------------------	----

2.4.1 Définition de flottaison	25
--------------------------------------	----

2.4.2 Principe d'Archimède	26
----------------------------------	----

2.4.3 Principes et mécaniques des bâtiments flottants	26
---	----

2.5 LA STRUCTURE FLOTTANTE.....	29
---------------------------------	----

2.5.1 Les différentes parties de la structure flottante	29
---	----

2.5.2 La conception des plateformes.....	30
--	----

2.5.3 Les type de structures flottantes.....	32
--	----

2.5.4 Les types de planchers des structures flottantes mobiles :.....	35
---	----

2.5.5 Les types de superstructures des structures flottantes mobiles	37
--	----

2.5.6 La structure en béton et en EPS	37
---	----

2.5.7 La structure en acier	38
-----------------------------------	----

2.6 COMMENT PROTEGER LA STRUCTURE FLOTTANTE	38
---	----

2.6.1 Les systèmes d'amarrage.....	38
------------------------------------	----

2.6.2 Les digues	39
------------------------	----

2.6.3 Les brise- lames.....	39
-----------------------------	----

2.7 LES CONSTRUCTIONS FLOTTANTES ENVIRONNEMENTALES.....	39
---	----

2.8 CONCLUSION.....	40
---------------------	----

**CHAPITRE 03 : LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT MARITIME
FLOTTANT EN ALGERIE.....41**

3.1	INTRODUCTION.....	41
3.2	LE TRANSPORT	41
3.2.1	Définition de transport	41
3.2.2	L’histoire de transport	42
3.2.3	Les infrastructures de transport.....	42
3.2.4	La classification des infrastructures	42
3.3	LE TRANSPORT MARITIME EN ALGERIE	44
3.3.1	Définition	44
3.3.2	Les enjeux de transport maritime.....	45
3.3.3	Les avantage de transport maritime	45
3.3.4	Le port maritime.....	46
3.3.5	Le transport maritime en Algérie	49
3.4	LES INFRASTRUCTURES FLOTTANTES DE TRANSPORT :	50
3.4.1	Classification.....	50
3.4.2	Dimensionnement	50
3.4.3	Modélisation.....	51
3.5	LE TRANSPORT MARITIME DURABLE.....	52
3.6	LE PORT MARITIME FLOTTANT A HAUT QUALITE ENVIRONNEMENTALE	54
3.7	CONCLUSION.....	55

CHAPITRE 04 : ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS 56

4.1	INTRODUCTION.....	56
4.2	EXEMPLE 01 :	56
4.2.1	Présentation de projet : le port de Marseille.....	56
4.2.2	Etude de port :	57
4.2.3	Analyse de port	60
4.3	EXEMPLE 02.....	61
4.3.1	Présentation de projet : port de Yokohama au japon	61
4.3.2	Etude de port :	62
4.3.3	Les matériaux de construction	64
4.3.4	Analyse de port :	65
4.4	SYNTHESE	71
4.5	L’ENQUETE PAR QUESTIONNAIRE	66

4.5.1	Information générale	66
4.5.2	Information sur les constructions flottantes	67
4.5.3	Information sur la qualité environnementale	69
4.6	RECOMMANDATIONS.....	72
4.7	CONCLUSION.....	73
CONCLUSION GENERALE.....		75
REFERENCES		77
ANNEXES		I
RESUME :.....		IX

Liste de figure

Figure 1: les piliers de développement durable.....	6
Figure 2: inscription de la qualité environnementale dans le développement durable	7

Figure 3: pole de l'écoconception.....	22
Figure 4:mouvement et rotation d'un élément flottant	29
Figure 5:les défèrent partie de la structure flottante	29
Figure 6:facteurs influençant la taille optimale d'une plate-forme flottante	30
Figure 7:mono pieu	31
Figure 8:base gravitaire	31
Figure 9:jacket	32
Figure 10:leg plateforme	34
Figure 11:: Flotteur hydrodynamique standard en polystyrène	36
Figure 12:: flotteur hydrodynamique standard en moussés	36
Figure 13:flotteur cubiste standard.....	36
Figure 14:: flotteur cubiste moussés.....	36
Figure 15:port commercial.....	47
Figure 16: port de militaire	47
Figure 17:port pêche.....	47
Figure 18:: port de plaisance.....	47
Figure 19:présentation des composants du port	47
Figure 20::port de Marseille	56
Figure 21:situation de port de Marseille.....	57
Figure 22:les rue d'accès au port de Marseille	58
Figure 23:: plans de bassin est de port de Marseille	59
Figure 24:plan de bassin ouest de port de Marseille.....	59
Figure 25:le trafic de port de Marseille	60
Figure 26:terminaux de conteneurs de port de Marseille	60
Figure 27:port de Yokohama	61
Figure 28:situation de port de Yokohama	62
Figure 29:les rue d'accès au port de Yokohama	62
Figure 30:les composants de port	63
Figure 31:les composants de port de Yokohama.....	63
Figure 32:le jetée d'Osanbashi.....	64
Figure 33:le Shinko Pier de Yokohama	64
Figure 34:pourcentage de tranche d'Age.....	66
Figure 35::pourcentage de sexe	66
Figure 36:pourcentage des avis sur le problème des manques de terrain	67
Figure 37:pourcentage des avis pour construire sur la mer	67
Figure 38:pourcentage des avis sur l'image de Jijel avec les installations flottants.....	68
Figure 39:pourcentage des avis sur les constructions flottant	68
Figure 40:pourcentage des avis sur la haute qualité environnementale	69

Figure 41: pourcentage des avis sur la déférence entre bâtiment ordinaire et durabl	69
Figure 42: pourcentage des avis sur la durabilité aux futures en Algérie	70
Figure 43:: pourcentage des avis sur le développement des constructions maritime	70
Figure 44: pourcentage des avis sur les constructions maritime flottant.....	71

Liste des tableaux

Tableau 1: tableau reproduit les cibles de la démarche HQE.....	13
Tableau 3: les type de structure flottant	31
Tableau 5: les types des infrastructures de transport.....	43

Liste des abréviations

HQE : haute qualité environnementale

DD : développement durable

MIT : Massachusetts Institute of technologie

UICN : L'Union internationale pour la conservation de la nature

ISO : International Organizations for Standardisation

BREEAM : Building Research Establishment Environnemental Assessment méthode

LEED : Leadership in Energy and environmental Design

SBTOOL : Sustainable Building Tool

CSTB : centre scientifique et technique du bâtiment

AFNOR : Association Française de Normalisation

COFRAC : Comité français d'accréditation

GTB : gestion technique du bâtiment

BIM : building information Mödling

IFM : L'indemnité de fin de mission

EPS : mousse de polystyrène expansé

Fig. : figure

INTRODUCTION GENERALE

I INTRODUCTION

Le service des transports maritimes joue un rôle primordial dans la croissance économique et le développement des territoires en facilitant leur intégration territoriale dans le contexte de la mondialisation. Il contribue également à l'amélioration du niveau de vie des sociétés en facilitant la mobilité des populations entre terre et mer et en augmentant autant l'aire commerciale que le volume des échanges commerciaux.

Le transport maritime, en tant que colonne vertébrale du commerce international, est incontestablement vital pour l'économie mondiale. Cependant, cette industrie ne peut plus ignorer les graves préoccupations environnementales qui l'entourent. Les infrastructures flottantes de transport maritime, qui comprennent des navires, des ports, des quais, et une variété d'autres installations, sont au centre de ces préoccupations en raison de leur impact significatif sur les écosystèmes marins et la qualité globale de notre environnement.

L'évolution rapide des activités maritimes et le nombre croissant de navires en service ont exacerbé les problèmes environnementaux. Les déversements de pétrole, les émissions de gaz à effet de serre, la pollution sonore, la perturbation des habitats marins et la menace pour la biodiversité côtière sont autant de préoccupations cruciales. Alors que la demande mondiale de transport maritime continue de croître, il est impératif de trouver des solutions novatrices et durables pour atténuer l'impact environnemental de ces infrastructures.

II PROBLEMATIQUE

Lorsque nous parlons de qualité environnementale, c'est-à-dire de protection de l'environnement, en particulier dans le domaine de la construction, la première chose que nous devons prendre en considération est que réaliser une construction durable n'est pas si simple. En fait, l'architecture s'appuie traditionnellement sur des matériaux primitifs et non -des méthodes respectueuses de l'environnement et des techniques peu sophistiquées : c'est ce que nous devons œuvrer pour changer

Cependant, les progrès actuels en matière de haute qualité environnementale permettent d'expliquer la méthode qui peut être appliquée dans différents bâtiments ; De plus, il est clair à quel point l'environnement dans lequel nous vivons affecte nos

capacités cognitives, nos capacités à résoudre des problèmes et change même notre humeur.

L'intérêt de l'ingénierie pour l'environnement réside dans l'analyse objective et systématique de la manière de modifier les espaces construits et de travailler à la construction d'espaces qui améliorent la productivité et le bien-être des personnes.

Étant donné l'efficacité démontrée de cette spécialité dans divers domaines à travers le monde, quelles seraient les conséquences si elle était appliquée à des projets de construction publique et d'infrastructures tels que les transports ?

La haute qualité environnementale est connue au niveau international, mais au niveau national, il s'agit encore d'un nouveau système presque inconnu, mais il promet d'excellents résultats, et pour cette raison, avancer et améliorer la qualité de la construction, dans ce cas, il est nécessaire choisir l'utilisation de nouvelles méthodes et/ou disciplines pour améliorer la qualité fonctionnelle, psychologique et esthétique de la construction .

III QUESTIONNEMENT

- Comment valoriser l'image commerciale et améliorer son attractivité en valorisant son front de mer grâce à un projet de type HQE ?
- Comment et de quelles manières les principes de qualité environnementale sont-ils intégrés aux équipements de transport ?

IV HYPOTHESE DE LA RECHERCHE

Pour répondre aux questions mentionnées ci-dessus, nous proposons l'hypothèse suivante :

Même si l'intégration de principes de haute qualité environnementale dans la construction, notamment dans le transport maritime, peut paraître complexe à première vue, mais l'introduction d'infrastructures environnementales et flottantes peut offrir l'opportunité d'apporter une valeur ajoutée significative au front de mer et d'améliorer son attrait visuel et environnemental.

V OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

L'objectif principal de cette recherche est de contribuer au développement de stratégies et de politiques favorisant un transport maritime plus respectueux de l'environnement, tout en continuant à soutenir la croissance économique mondiale. En nous engageant dans cette réflexion, nous nous efforçons de franchir une étape décisive vers un avenir dans lequel les infrastructures de transport maritime flottantes seront à la hauteur de la qualité de notre environnement, préservant ainsi nos précieux écosystèmes marins pour les générations à venir

VI DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Afin de comprendre clairement et mieux le thème, ainsi que de répondre au problème soulevé et d'atteindre les objectifs mentionnés, et afin de comprendre les concepts et les théories dans le contexte de la haute qualité environnementale des infrastructures flottantes de transport maritime

Nous suivons une démarche méthodologique qui peut se résumer comme suit :

La recherche bibliographique et documentaire

Une phase exploratoire basée sur un état de l'art consiste à la consultation des ouvrages et les livres, les travaux et les thèses déjà réalisés sur le sujet, les publications des instances concernées les magazines. Les articles et les revues périodiques, sites web ..., pour bien comprendre notre sujet d'étude, cette phase a été menée pour tirer des leçons, des concepts et des théories sur la haute qualité environnementale des infrastructures flottantes de transport maritime

Le questionnaire

Questionnaire en ligne pour voir la perception de la population locale et les différents spécialistes dans les domaines de l'architecture et du génie civil (architectes, ingénieurs, étudiants) par rapport à la HQE et l'éco conceptions des équipements flottants en mer.

Une approche analytique

Une analyse des exemples pour l'extraction des différentes stratégies et techniques de la création d'une construction flottante a haut qualité environnementale.

VII STRUCTURE DU MEMOIRE :

Le mémoire est scindé en quatre chapitres, en commençant par une introduction générale qui comprend des informations sur le transport maritime, la qualité environnementale et les constructions flottantes, en plus de présenter la problématique, le questionnement, les hypothèses, les objectifs et la méthode de recherche et la structure le mémoire.

Un premier chapitre : intitulé la haute qualité environnementale des infrastructures de transport maritime. Ce chapitre vise à donner des informations sur la durabilité et la HQE et tout ce qui concerne cette démarche

Un deuxième chapitre : intitulé l'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral. Dans ce chapitre nous traitons de l'écoconception et des constructions flottantes, définition technique, etc.

Un troisième chapitre : intitulé les infrastructures de transport maritime qui comprend des notions générales sur le transport, les infrastructures de transport maritime, etc.

Un quatrième chapitre : sous forme d'analyse contextuelle et étude des exemples en relation avec le thème et aussi un questionnaire

CHAPITRE 01 : LA HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE

1.1 Introduction

Le développement durable ne se limite pas à la protection de l'environnement ou à la gestion environnementale des chantiers, c'est avant tout une notion héritée ou responsable du monde dans lequel nous vivons. Ainsi, mettre en avant les performances environnementales du bâtiment et mettre en avant ses avantages et ses inconvénients est le principal moyen de qualifier le bâtiment d'environnemental et durable.

Ce premier chapitre du mémoire traite de l'approche que nous avons choisie pour évaluer cette infrastructure maritime, qui est l'approche de la haute qualité environnementale.

L'objectif de ce chapitre est de savoir ce qu'est la qualité environnementale des infrastructures et son rapport au développement durable.

Nous espérons également faire de ce chapitre un tremplin pour les personnes ou organisation pour comprendre les fondements des méthodes d'évaluation des bâtiments durables. La recherche intéressera particulièrement les parties impliquées dans l'évaluation des bâtiments écologiques.

1.2 Le développement durable

1.2.1 Définition et historique

Le mot développement durable (DD) est apparu au début des années 1970 et 1980 dans des écrits scientifiques. L'un des premiers textes référencés faisant usage de ce concept dans le sens actuel est le Rapport du Club de Rome « Halte à la croissance », mais on en trouve des occurrences dans d'autres textes de la même époque dans des disciplines diverses. Ce rapport publié en 1972 et écrit par deux scientifiques du MIT tentait de questionner notre modèle de développement économique basé sur la croissance économique infinie dans un monde aux ressources finies. Il montrait alors les limites écologiques de notre modèle.

Au niveau international, on commence à parler de développement durable pour la première fois dans les rapports des Congrès de l'UICN. Mais bien avant cela, le développement durable avait commencé à émerger comme idée.¹

1.2.2 Les trois piliers du développement durable

Le rapport Brundtland établit que la croissance économique (via le développement technologique) est nécessaire pour assurer la préservation de la planète. Le concept de développement durable intègre donc intrinsèquement trois aspects fondamentaux :

- **Economique** : en lien avec la notion de développement.
- **Social** : Notamment en se concentrant sur la notion de besoins, il est sous-entendu qu'une attention particulière devra être portée à la satisfaction des besoins des personnes les plus vulnérables.
- **Environnemental** : En particulier en raison de la limitation des ressources disponibles, qui pourrait empêcher la planète de répondre aux besoins présents et futurs, ainsi que des impacts environnementaux associés.

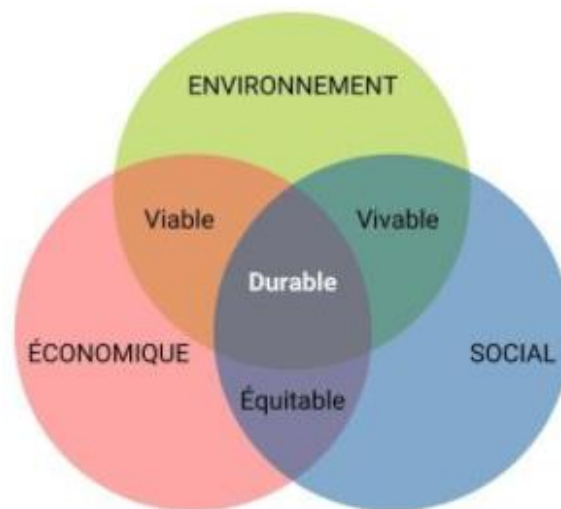


Figure 1: les piliers de développement durable
Source : <https://www.e-dechet.com/deee/3-axes-developpement-durable/>

¹ <https://youmatter.world/fr/definition/definition-developpement-durable/>

1.2.3 Les objectifs du développement durable

- Les objectifs du développement durable comprennent la lutte contre la pauvreté,
- L'urgence de prendre des mesures pour lutter contre les changements climatiques,
- La préservation et l'utilisation durable des océans et des ressources marines,
- La préservation et la restauration des écosystèmes terrestres,
- La gestion durable des forêts, la lutte contre la désertification et la perte de biodiversité.
- Le DD présente l'avantage de mobiliser la participation de tous pour créer un monde plus juste et respectueux de la planète, impliquant ainsi les acteurs à tous les niveaux.²

Notre choix s'est porté sur l'architecture flottante et l'environnement, car il s'agit de mieux adapter les constructions au milieu naturel et d'exploiter rationnellement les énergies renouvelables dans une démarche de durabilité. Parmi elles, nous mettrons l'accent sur l'aspect environnemental, car la qualité environnementale est une démarche internationale et s'inscrit dans le cadre du DD

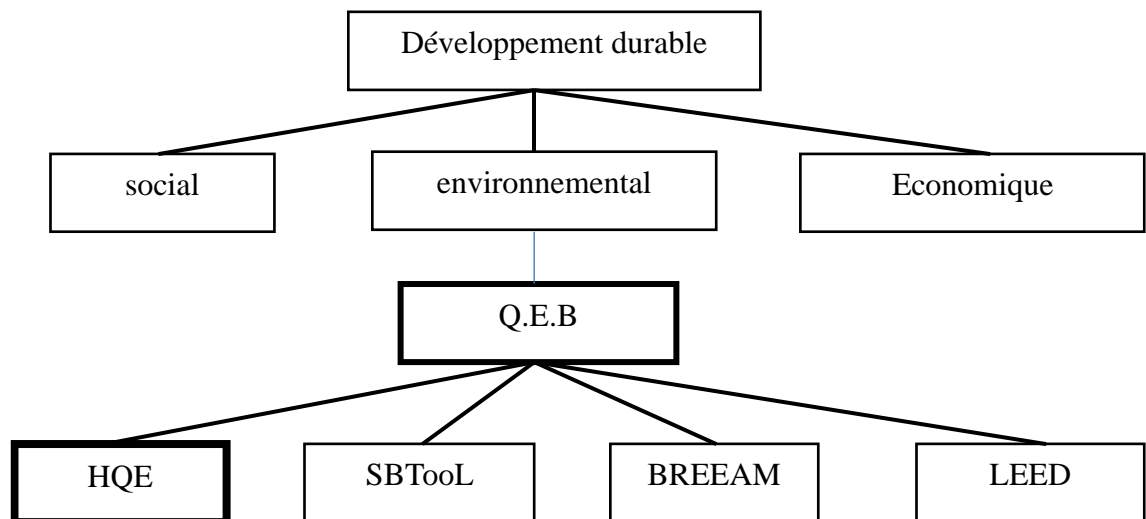


Figure 2: inscription de la qualité environnementale dans le développement durable

Source : auteur

² <https://books.openedition.org/irdeditions/21477?lang=fr>

1.3 La qualité

1.3.1 Définition de la qualité

Au sens large, la qualité est la « manière d'être », bonne ou mauvaise, de quelque chose. Dans le langage courant, la qualité tend à désigner ce qui rend quelque chose supérieur à la moyenne.

Selon l'ISO 9000, la qualité peut être définie comme étant « l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences ».³

1.3.2 Définition de la démarche qualité :

La démarche Qualité consiste à trouver l'adéquation entre la réponse aux besoins du projet, l'expression correcte de ces besoins par des spécifications adéquates qui passent par une écoute attentive du client, et une réalisation répondant à l'expression des besoins.

Si les spécifications sont conformes aux besoins mais que la réalisation ne répond pas aux spécifications et donc aux besoins, on parle de défauts dans la réalisation. C'est de la non qualité.

Si la réalisation est conforme aux besoins alors que les spécifications n'étaient pas bonnes, on a eu de la chance, on parle de qualité aléatoire. Enfin, si la réalisation est conforme aux spécifications mais que ces dernières ont surévalué les besoins, on parle de sur-qualité⁴.

Le référentiel est la concrétisation d'une démarche qualité, il traduit de façon pratique et factuelle la prise en compte des sept points clés d'un plan qualité (inspirés de la norme ISO 9001, version 2000) : L'écoute du client

- La clarification des rôles et responsabilités des acteurs
- La description du processus
- L'organisation du pilotage
- La maîtrise des risques
- La traçabilité
- L'amélioration continue.⁵

3 <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v2:fr>

4 <http://www.gestiondeprojet.net/qualite.html>

5 https://dtrf.cerema.fr/pdf/pj/Dtrf/0003/Dtrf0003736/DT3736.pdf?openerPage=resultats&qid=sd_x_q0

1.4 La qualité environnementale

1.4.1 Définition :

La qualité environnementale est un concept transversal qui regroupe pour des choix de Société concrets (urbanisme, logement, moyens de transport, énergie, industrie...) des normes, des objectifs de respect de l'environnement, de développement durable ainsi que des critères plus subjectifs comme la qualité de vie.

La qualité environnementale peut être divisée en deux domaines qui sont :

- La maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur comprenant les familles d'écoconstruction et d'éco-gestion
- La création d'un environnement intérieur satisfaisant comprenant les familles de confort et de santé⁶

1.4.2 Les points de base de la qualité environnementale :

- Un emplacement conforme aux exigences de bon fonctionnement du bâtiment,
- Notamment son accessibilité, ses relations avec les services publics et les réseaux existants.
- Des matériaux de construction conformes aux capacités locales de fabrication, sachant que le choix ne peut se faire que selon des procédures de mise en concurrence.
- Une gestion de chantier favorable à l'accès à l'emploi des personnes qui en sont éloignées et exemplaire du point de vue du respect du droit du travail avec un contrôle effectif des différents intervenants.
- Une gestion de chantier rigoureuse pour offrir au personnel le maximum de sécurité
- Bon cadre de travail (lutte contre le bruit et les poussières, qualité des matériaux et de leurs émanations en phase d'application, etc.)
- Des charges d'exploitation maîtrisées, notamment pour les logements sociaux qui pourront ainsi réduire les charges locatives.

⁶ http://www.strukture-environnement.com/principe-hqe_amo-smo-cibles-certification-developpement-durable.html

- Une organisation des espaces extérieurs favorisant leur appropriation par les habitants ou usagers.

1.4.3 Rôle du maître d'ouvrage dans la qualité environnementale :

Le maître d'ouvrage a le choix entre trois degrés d'engagement pour une démarche de qualité environnementale. Il peut :

- a. Décrire à sa façon les objectifs environnementaux à atteindre.
- b. Adopter une démarche préexistante correspondant à ses objectifs, définie par un référentiel, et l'adapter à son cas précis ;
- c. Faire certifier le résultat obtenu dans le cadre de cette démarche.

1.4.4 Les méthodes d'évaluation de qualité environnementale

Pour évaluer l'empreinte environnementale d'un produit, il est essentiel de comprendre les différents types d'impacts considérés, leur méthodologie de calcul, ainsi que les enjeux liés à la consommation des ressources et aux émissions de substances polluantes dans les domaines de l'eau, de l'air et du sol. Traditionnellement, l'efficacité énergétique était le seul aspect pris en compte dans la construction durable, mais cela ne suffit pas à concevoir un bâtiment véritablement écologique, comme le confirment les expériences de personnes ayant fréquenté des bâtiments mal ventilés ou mal éclairés.

Les méthodes d'évaluation discutées ci-dessous partagent plusieurs thèmes communs, notamment la consommation de ressources (énergie, eau et matériaux), la production de polluants (déchets de chantier, eaux usées et émissions de gaz à effet de serre) et la qualité de l'environnement intérieur, notamment la qualité de l'eau, de l'air et le confort thermique. Un bâtiment durable vise à offrir un environnement sain et confortable pour ses occupants, et il semble que cet objectif soit atteint, car les utilisateurs sont généralement plus satisfaits des bâtiments durables par rapport aux bâtiments conventionnels, en particulier en ce qui concerne la qualité de l'air et le confort thermique. De plus, la plupart des méthodes intègrent des considérations liées à l'emplacement du bâtiment, telles que l'accessibilité aux transports en commun et l'aménagement paysager

- **.Méthode de BREEAM**

BREEAM est la méthode d'évaluation environnementale leader et la plus largement utilisée au monde pour les bâtiments, avec plus de 115 000 bâtiments certifiés et près de 700 000 inscrits. Il établit la norme des meilleures pratiques en matière de conception durable et est devenu la mesure de facto utilisée pour décrire la performance environnementale d'un bâtiment. Les crédits sont attribués dans neuf catégories selon la performance. Ces crédits sont ensuite additionnés pour produire une seule note globale sur une échelle Réussi, Bien, Très bien, Excellent et Exceptionnel. Le fonctionnement de BREEAM est supervisé par un conseil de durabilité indépendant, représentant un large éventail d'acteurs de l'industrie de la construction.

- **Méthode de LEED**

La certification LEED pour Leadership in Energy and Environmental Design a été créée aux Etats-Unis en 1998 par le US Green Building Council. Il s'agit d'une certification écologique qui valorise l'architecture écologique et les bâtiments de haute qualité environnementale. Cette certification vise le bâtiment dans sa globalité et pas uniquement les matériaux utilisés pour sa construction.⁷

- **Méthode de SBTool**

Les catégories de SBTool sont : énergie et consommation de ressources ; charges environnementales, qualité de l'environnement intérieur, aspects socio-économiques ; qualité des services qu'offre le bâtiment à ses usagers (sécurité, fonctionnalité, maintien de la performance, etc.) et finalement, aspects culturels et de perception. SBTool est modulaire : il peut être adapté à des échelles spatiales plus grandes, et permet d'évaluer de nouvelles constructions ainsi que des bâtiments existants.⁸

1.5 Haute qualité environnementale

1.5.1 Définition de HQE :

La HQE (Haute Qualité Environnementale) est une approche et une certification qui vise à intégrer des principes de développement durable dans la conception, la construction, l'exploitation et la gestion des bâtiments et des infrastructures. La HQE est

⁷ <https://batiadvisor.fr/leed-certification/>

⁸ <https://www.iisbe.org/sbmethod>

particulièrement utilisée dans le domaine de la construction immobilière et de l'aménagement urbain.⁹

1.5.2 Les objectifs de la haute qualité environnementale

Elle répond ainsi à un triple objectif de responsabilité :

- L'objectif environnemental consiste à atteindre une qualité environnementale spécifique pour le projet, en réduisant l'impact négatif de la construction en termes de nuisances sonores, de consommation d'énergie et de pollution, tout en minimisant l'utilisation des ressources naturelles afin de préserver les écosystèmes et la biodiversité.
- L'objectif social vise à améliorer la qualité de vie des utilisateurs en garantissant des conditions de vie saines et confortables à l'intérieur, notamment en ce qui concerne le confort thermique, la qualité de l'air, l'éclairage et le niveau sonore.
- L'objectif économique consiste à assurer une utilisation efficace des ressources grâce à une approche de construction basée sur le coût global.

1.5.3 Les cibles de la démarche HQE

Les 14 cibles définies par l'association HQE ont pour objet de permettre au maître d'ouvrage de structurer ses objectifs. La méthode s'appuie à la fois sur l'organisation (le management) et les objectifs à atteindre. L'objectif est d'associer tous les acteurs du bâtiment pour enrichir le contenu (exigences, évolution...) sur la base des retours d'expérience. Le but n'est pas d'atteindre une exigence maximale dans toutes les cibles mais de hiérarchiser ces cibles en fonction du contexte (terrain, destination du bâtiment) et des caractéristiques du projet. La démarche HQE repose sur trois niveaux d'exigences : performant, performant et basique (équivalent au niveau organisationnel avec quelques exigences).¹⁰

⁹ <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/batiment-hqe-5350/>

¹⁰ <https://www.mapes-pdl.fr/wp-content/uploads/2020/02/MARTAA-Les-14-cibles-du-r%C3%A9f%C3%A9rentiel-HQE.pdf>

Tableau 1:tableau reproduit les cibles de la démarche HQE source : auteur

Les cible ¹¹		
Les cibles d'écoconstruction	Cible 1. Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement de la parcelle pour un développement urbain durable ; -Qualité d'ambiance des espaces extérieurs pour les usagers ; -Impacts du bâtiment sur le voisinage
	Cible 2. Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction	<ul style="list-style-type: none"> -Choix constructifs pour la durabilité et l'adaptabilité de l'ouvrage ; -Choix constructifs pour la facilité d'entretien de l'ouvrage ; -Choix des produits de construction afin de limiter les impacts environnementaux ; -Choix des produits de construction afin de limiter les impacts sanitaires.
	Cible 3. Chantier à faible impact environnemental	<ul style="list-style-type: none"> -Optimisation de la gestion des déchets de chantier ; -Réduction des nuisances, pollutions et consommations de ressources engendrées par le chantier.
Les cibles D'éco-gestion	Cible 4. Gestion de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> -Réduction de la demande énergétique par la conception architecturale ; Réduction de la consommation 'énergie primaire et des pollutions associées.

¹¹ <https://www.isover.fr/mon-projet/logements-collectifs/reglementation-en-vigueur/certification-hqe>

	<p align="center">Cible 5. Gestion de l'eau</p>	<p>-Réduction de la consommation d'eau potable ; -Optimisation de la gestion des eaux pluviales.</p>
	<p align="center">Cible 6. Gestion des déchets d'activité</p>	<p>Optimisation de la valorisation des déchets d'activité ; Qualité du système de gestion des déchets d'activité.</p>
	<p align="center">Cible 7. Maintenance</p>	<p>-Maintien des performances des systèmes de chauffage et de rafraîchissement ; -Maintien des performances des systèmes de ventilation ; -Maintien des performances des systèmes d'éclairage ; -Maintien des performances des systèmes de gestion de l'eau.</p>
Les cibles de confort	<p align="center">Cible 8. Confort hygrothermique</p>	<p>-Dispositions architecturales visant à optimiser le confort hygrothermique en hiver et en été -Création de conditions de confort hygrothermique en hiver ; -Création de conditions de confort hygrothermique en été dans les locaux non climatisés ; -Création de conditions de confort hygrothermique en été dans les locaux climatisés.</p>
	<p align="center">Cible 9. Confort acoustique</p>	<p>-Optimisation des dispositions architecturales pour protéger les usagers du bâtiment des nuisances acoustiques ;</p>

		<ul style="list-style-type: none"> -Création d'une qualité d'ambiance acoustique adaptée aux différents locaux ; -Maîtrise de l'acoustique interne des locaux.
	Cible 10. Confort visuel	<ul style="list-style-type: none"> -Assurance d'un éclairage naturel optimal tout en évitant ses inconvénients ; -Éclairage artificiel confortable
	Cible 11. Confort olfactif	<ul style="list-style-type: none"> -Garantie d'une ventilation efficace ; -Maîtrise des sources d'odeurs désagréables.
Les cibles de santé	Cible 12. Qualité sanitaire des espaces	<ul style="list-style-type: none"> -Maîtrise de l'exposition électromagnétique ; -Création des conditions d'hygiène spécifiques.
	Cible 13. Qualité sanitaire de l'air	<ul style="list-style-type: none"> -Garantie d'une ventilation efficace -Maîtrise des sources de pollution.
	Cible 14. Qualité sanitaire de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> -Qualité et durabilité des matériaux employés dans le réseau intérieur ; -Organisation et protection du réseau intérieur ; -Maîtrise de la température dans le réseau intérieur ; -Maîtrise des traitements anticorrosion et antitartre.

Cible 15 :

Le principe de la complexité inhérente aux écosystèmes est considéré comme une condition nécessaire pour la restauration et la préservation de la biodiversité, comme visé

par la 15e cible du développement durable. L'approche HQE cherche à développer des biotopes adaptés au contexte local pour accueillir une faune et une flore diversifiées, offrant ainsi des « services écologiques » et servant de corridors biologiques.

Le deuxième principe est celui de l'auto entretien du milieu. Selon ce principe, l'écosystème doit être capable de se stabiliser et de se réguler de manière autonome, ou avec une intervention minimale de l'homme, afin de minimiser les coûts d'entretien pour les occupants humains. Ainsi, pour répondre à la 15e cible HQE, il est nécessaire d'établir un plan de gestion du milieu dès la construction, voire avant celle-ci, afin de minimiser l'impact humain sur l'écosystème. Cela peut prendre des années, voire des décennies ou des siècles, pour qu'un milieu perturbé par l'homme retrouve un certain équilibre.

Le troisième principe implique de prendre en compte la dette écologique du bâtiment en question en veillant à ce que l'intégration de la faune et de la flore ne compromette pas la compatibilité avec l'infrastructure construite ou ne mette pas en danger la vie animale.

En ce qui concerne le quatrième principe, il s'agit d'assurer la sécurité des personnes en prenant en compte les risques associés aux interventions écologiques, comme la préservation du bois mort dans les espaces naturels, qui doit être surveillé pour éviter les accidents.¹²

1.5.4 Les avantages de la qualité environnementale

D'un point de vue technologique, les thèmes de qualité environnementale ont entraîné plusieurs innovations dans le domaine du bâtiment, notamment :

- L'intégration d'énergies renouvelables.
- La recherche de matériaux respectueux de l'environnement pour l'isolation et les produits de finition intérieurs.
- Le développement d'équipements techniques de plus en plus performants (chauffage, éclairage LED, etc.) et mieux contrôlés.
- Bien que le numérique ne soit pas intrinsèquement lié au thème de la "Qualité environnementale du bâtiment", il peut y contribuer de deux manières :

¹² http://www.lagrandepoubelle.com/wikibis/ecologie/quinzieme_cible_hqe.php

- La Gestion Technique du Bâtiment (GTB), qui permet l'accès aux données numériques de consommation et d'exploitation des équipements techniques, est directement liée à la consommation d'énergie des bâtiments. La mesure des consommations peut entraîner une réduction de 15 % de la consommation énergétique.
- L'apparition du BIM (Building Information Modelling) permet aujourd'hui une conception informatisée des bâtiments, offrant une meilleure intégration des études thermiques et environnementales dès la phase de conception, ainsi qu'une anticipation et une facilitation de l'exploitation et de la maintenance du bâtiment.

Du point de vue économique, la performance environnementale des bâtiments représente généralement un coût supplémentaire de 5 à 15 % du coût de construction, selon les prestations de base et le niveau de certification environnementale souhaité. Cependant, ce coût peut être amorti grâce à :

- La réduction des coûts d'exploitation. En effet, lorsque des efforts sont faits pour réduire la consommation d'énergie et faciliter l'entretien et la maintenance, le coût d'exploitation d'un bâtiment sur 30 ans est estimé être 4 fois inférieur à celui de sa construction.
- La valeur future du bâtiment, qui se déprécie moins vite que les autres bâtiments car il est généralement en avance sur la réglementation à venir.
- L'attractivité du bâtiment pour un nouveau locataire ou acheteur.

Du point de vue environnemental et sociétal, les certifications environnementales incluent une dimension de "management environnemental" qui nécessite l'implication du maître d'ouvrage (le chef d'entreprise) dès la phase de conception et jusqu'à l'exploitation. La performance énergétique des bâtiments entraîne généralement des changements de comportements des utilisateurs qui doivent être accompagnés, par exemple :

- L'ouverture des fenêtres et la gestion des apports solaires à l'aide de volets ou de brise-soleils.
- La régulation des températures dans des espaces partagés entre plusieurs utilisateurs.
- La réalisation de formations en fin de chantier et au début de l'exploitation est un élément clé pour garantir la continuité des efforts de réduction de la consommation

d'énergie, depuis la construction jusqu'à l'exploitation (des certifications d'exploitation existent également pour suivre ces thématiques).¹³

1.6 Outils d'évaluation environnementale de matériaux et autres aspects du bâtiment

L'évaluation du bâtiment durable, telle qu'explorée dans la section précédente, consolide un grand nombre d'enjeux touchant l'environnement, le confort intérieur et d'autres aspects associés au bâtiment et à ses usagers. Cette section s'intéresse à des outils d'évaluation environnementale axés sur des aspects précis du bâtiment : matériaux de construction, consommation énergétique, etc. Ces outils se classent en niveaux d'après leur fonction et la phase du projet à laquelle ils sont utilisés.

La construction avec une haute qualité environnementale implique l'adoption de pratiques et de techniques respectueuses de l'environnement tout au long du processus de construction, de la conception à la réalisation. Voici quelques principes et mesures à prendre en compte pour construire avec une haute qualité environnementale :

Conception durable : La première étape consiste à concevoir le projet de manière à minimiser son impact sur l'environnement. Cela comprend la sélection de matériaux durables et écologiques, l'optimisation de l'efficacité énergétique du bâtiment, l'intégration de sources d'énergie renouvelables, la maximisation de la lumière naturelle et la ventilation naturelle, ainsi que la planification de l'utilisation efficace de l'eau.

Utilisation de matériaux écologiques : Il est important de choisir des matériaux de construction qui sont respectueux de l'environnement, tels que les matériaux recyclés, les matériaux à faible impact environnemental, les matériaux locaux et les matériaux naturels et renouvelables. Cela réduit l'empreinte carbone et la consommation de ressources naturelles.

Gestion des déchets de construction : Une gestion efficace des déchets de construction est essentielle pour minimiser l'impact environnemental. Cela comprend la réduction des déchets à la source, le tri et le recyclage des déchets de construction, ainsi que la réutilisation des matériaux lorsque c'est possible.

¹³ <http://www.cstb.fr/archives/webzines/editions/juin-2004/pourquoi-valoriser-la-haute-qualite-environnementale-des-batiments-tertiaires.html>

Efficacité énergétique : L'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment est un aspect clé de la construction durable. Cela peut être réalisé en utilisant des techniques d'isolation efficaces, des fenêtres à double vitrage, des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation écoénergétiques, ainsi que des éclairages à haute efficacité énergétique.

Gestion de l'eau : La gestion de l'eau est également importante dans la construction durable. Cela comprend la collecte et l'utilisation d'eau de pluie, l'installation de systèmes de plomberie à faible débit, l'aménagement paysager durable et la mise en œuvre de mesures de conservation de l'eau, telles que l'irrigation efficace et le recyclage des eaux grises.

Certification et normes : Pour garantir la qualité environnementale d'un bâtiment, il est recommandé de rechercher des certifications et des normes reconnues, telles que LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ou BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Ces certifications évaluent les performances environnementales globales du bâtiment et encouragent les meilleures pratiques de construction durable.

Sensibilisation et éducation : La sensibilisation des parties prenantes, y compris les concepteurs, les entrepreneurs, les ouvriers et les occupants, est essentielle pour promouvoir la construction durable. Une éducation appropriée sur les principes de construction durable, les avantages environnementaux et économiques associés et les meilleures pratiques est nécessaire pour encourager l'adoption de ces méthodes.

En mettant en œuvre ces principes et en adoptant ces mesures, il est possible de construire avec une haute qualité environnementale, réduisant ainsi l'impact environnemental de la construction et favorisant la durabilité à long terme des bâtiments.¹⁴

¹⁴ <https://www.renovermonecole.be/fr/objectifs-environnement/limiter-impacts-lutilisation-materiaux-construction/outils-devaluation>

1.7 Conclusion

En somme, ce chapitre a mis en évidence l'importance de l'évaluation environnementale et de la planification pour intégrer les problématiques de développement durable dans les projets de construction.

La promotion de la qualité environnementale dans les bâtiments représente une contribution significative aux enjeux de développement durable. Pour décrire cette qualité environnementale à toutes les étapes du cycle de vie de bâtiment, tous les acteurs du secteur de la construction doivent adopter un langage commun, qui a été formalisé par la démarche (HQE). Cette démarche se compose de quatre thématiques (écoconception, éco-gestion, confort et santé) qui abordent à la fois l'environnement extérieur et intérieur du bâtiment, et sont décomposées en 15 cibles. La démarche HQE est rentable à long terme, tant sur les plans sociaux, économiques qu'environnementaux, car le confort et la qualité sanitaire assurent une meilleure qualité de vie.

La construction durable à haute qualité environnementale est donc une approche centrale dans la plupart des procédures et des développements qui peuvent être utilisés pour créer un projet respectueux de l'environnement. Cette approche doit être soutenue par la participation de tous les acteurs à tous les niveaux pour créer un monde meilleur, plus juste et plus respectueux de la planète.

CHAPITRE 02 : L'ÉCOCONCEPTION DES OUVRAGES FLOTTANTS SUR LE LITTORAL

2.1 Introduction

L'écoconception est une approche qui consiste à prendre en compte l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un ouvrage dès sa conception. Dans le domaine des ouvrages flottants sur le littoral, cette approche permet de concevoir des infrastructures qui prennent en compte les impacts environnementaux de leur construction, de leur utilisation et de leur fin de vie.

Les ouvrages flottants sur le littoral comprennent les quais, les pontons, les digues flottantes, les éoliennes offshore, les plates-formes pétrolières, les barrages flottants, entre autres. Ces ouvrages sont souvent utilisés pour faciliter l'accès aux bateaux, pour protéger les côtes contre les tempêtes et les inondations, ou pour exploiter les ressources marines.

Cependant, leur construction et leur utilisation peuvent avoir des impacts négatifs sur l'environnement, tels que la pollution de l'eau, la destruction d'habitats naturels, la perturbation de la vie marine et des paysages côtiers. L'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral permet donc de minimiser ces impacts en prenant en compte des critères environnementaux tels que la gestion des déchets, l'utilisation de matériaux durables, la consommation d'énergie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, etc.

Dans cette optique, plusieurs entreprises et organismes gouvernementaux se tournent vers l'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral, en intégrant des critères environnementaux dans leur conception et leur construction. Cette approche contribue à la durabilité de ces infrastructures et à la protection de l'environnement côtier.

Dans ce deuxième chapitre, j'ai traité la question des procédures qui sont prises afin d'établir un bâtiment écologique flottant, car les expériences liées au développement durable s'accompagnent de la recherche de nouvelles méthodes de conception, de gestion et de planification, donc la conception écologique est une bonne tendance qui s'applique dans le processus de développement, en plus que l'implantation d'un bâtiment flottant nécessite des dispositions particulières pour faire face à l'eau, car la construction

traditionnelle avec des colonnes de plusieurs mètres de profondeur ne pourra pas faire face à tous les problèmes

2.2 L'Eco conception

2.2.1 Définition et principe de l'Eco conception

L'éco conception consiste « simplement » à intégrer le critère environnemental aux trois critères utilisés en conception qui sont :

- 1- La faisabilité technique.
- 2- La maîtrise des coûts.
- 3- L'attente des clients.

L'éco conception consiste à intégrer la protection de l'environnement dès la conception des biens ou services.

Elle a pour objectif de réduire les impacts environnementaux des produits tout au long de leur cycle de vie : extraction des matières premières, production, distribution, utilisation et fin de vie. Elle se caractérise par une vision globale de ces impacts Environnementaux : c'est une approche multi-étape (prenant en compte les diverses étapes du cycle de vie) et multicritères (prenant en compte les consommations de matière et d'énergie, les rejets dans les milieux naturels, les effets sur le climat et la biodiversité). L'écoconception peut ainsi être définie comme une méthodologie ou démarche de mise en œuvre d'instruments d'aide à la conception des projets soutenables. Elle est le fruit d'un ensemble de travaux pratiques et académiques de construction d'outils de mesure et d'évaluation dans des secteurs d'activité divers.¹⁵

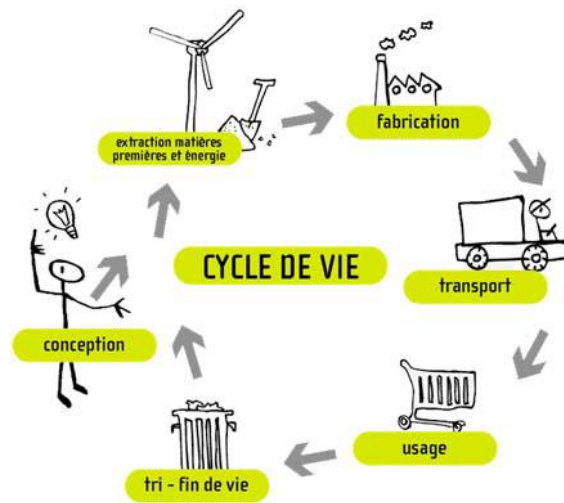


Figure 3: pole de l'écoconception

Source : <https://www.eco-conception.fr/static/l-eco-conception-c-est-quoi.html>

¹⁵ <https://www.ecologie.gouv.fr/leco-conception-des-produits>

2.2.2 Les objectifs de l'écoconception

- Choisir des matériaux écologiques et renouvelables,
- Améliorer les procédés de production,
- Diminuer l'impact en phase d'utilisation,
- Mettre en place des systèmes de prévention de la pollution,
- Diminuer la consommation des ressources non renouvelables,
- Diminuer la consommation d'énergie et augmenter l'utilisation d'énergies renouvelables,
- Réduire la quantité de production des déchets, en utilisant des matériaux recyclables et recyclés, en reprenant les produits usagés.

2.2.3 Les critères

Pour y parvenir, les entreprises doivent avant tout prendre en compte 5 critères dans leur démarche d'écoconception de produit : **qualité, coûts, délais, sécurité et environnement**. Ces 5 critères sont les piliers de l'coresponsabilité.

2.2.4 Les avantages

Se lancer dans l'écoconception, c'est chercher à mieux connaître son produit en termes d'impacts sur l'environnement. Le but est de dresser un profil environnemental sur la fabrication, la distribution, l'utilisation et la valorisation du produit. Via cette approche, on découvre aussi des améliorations possibles en termes de qualité du produit, de fonctionnalité, de matières et de technologies utilisées. L'éco conception ne présente pas seulement un intérêt économique. En effet, il y a plusieurs effets positifs insoupçonnés au premier abord qui découlent de la mise en place d'une démarche globale d'éco conceptions en entreprise.¹⁶

¹⁶ <https://www.ecologie.gouv.fr/leco-conception-des-produits#:~:text=L'%C3%A9co%2Dconception%20consiste%20%C3%A0,utilisation%20et%20fin%20de%20vie.>

2.3 Les aménagements flottants

2.3.1 Définition des ouvrage Flottants

La construction flottante est la structure capable de flotter dans l'eau (Structure où le poids complet est soutenu par la flottabilité), aussi peuvent être situées soit près de la cote, ou assez loin en pleine mer.

Quelle que soit le type construction (privé/touristique/secondaire/etc.) l'ouvrage flottant est par définition, une construction posée sur une plateforme flottante. Au fur et à mesure des années, la technologie a évolué pour nous permettre aujourd'hui la construction de véritables maisons flottantes résidentielles sur l'eau avec tout le confort moderne d'une maison. Souvent réalisé en bois, la construction flottante est en tout point identique à toute bâtiment terrestre traditionnel. La plateforme flottante peut, quant à elle être réalisée selon différents types de constructions (Flotteur béton / flotteur plastique / flotteur aluminium /etc.).¹⁷

2.3.2 Les caractéristiques

- Elles sont faciles et rapides à construire.
- Dans les structures flottantes Les fondations traditionnelles ne sont donc pas requises.
- Elles peuvent facilement être déplacées, transportés, enlevés, ou agrandis.
- Elles sont rentables lorsque la profondeur de l'eau est grande.
- La durée de vie des structures flottantes et des concepts proposes est environ 100 ans de sorte que la structure peut être utilisée pendant une très longue période
- Elles sont plus respectueuses de l'environnement car elles nuisent moins au système écologique, ou à l'envasement des ports profonds.
- Les structures et les personnes qui se trouve sur ces constructions sont protégées contre les chocs sismiques puisque l'énergie de ces chocs est dissipée par la mer.¹⁸

2.3.3 Où installer les constructions flottantes ?

Les constructions flottantes peuvent être installées dans diverses zones, telles que les zones côtières urbaines, les zones portuaires et estuaires, les zones lacustres et réservoirs, les zones marines éloignées et les zones sujettes aux inondations. Ces emplacements

¹⁷ <https://www.aquashell.fr/concept/>

¹⁸ <https://www.ecologie.gouv.fr/leco-conception-des-produits>

offrent des opportunités pour différents types d'utilisation, tels que les installations résidentielles, les infrastructures portuaires, les activités récréatives, les énergies renouvelables et les solutions face aux risques d'inondation. Cependant, il est essentiel de tenir compte des considérations environnementales, des réglementations locales et des impacts potentiels sur les écosystèmes lors de l'installation de constructions flottantes. Une évaluation approfondie de la stabilité structurelle et de la résistance aux conditions marines est également nécessaire.

Les constructions flottantes peuvent être installées sur tous type de plan d'eau

2.3.4 Les avantages des constructions flottante

Outre l'aspect esthétique indéniable des maisons flottantes à l'instar des superbes cottages flottants réalisés par Aqua Shell, il est clair que ces habitations ont le vent en poupe pour trois raisons principales :

- Elles répondent au problème de place limitée à terre.
- Elles permettent de remédier aux problèmes d'inondations de plus en plus fréquentes à cause des problématiques climatiques que l'on rencontre actuellement.
- Elles permettent d'adopter un style de vie plus écologique.
- Un autre avantage évident : suivant le modèle de maison choisie, vous pouvez la déplacer. Par exemple, si vous choisissez une maison flottante « Boat home », ses dimensions et sa maniabilité vous permettront de passer des écluses et vous n'aurez besoin que d'un permis fluvial pour voyager à bord de votre maison autonome.¹⁹

2.4 Les techniques de flottaison

2.4.1 Définition de flottaison

La flottaison qualifie l'aptitude d'un organisme vivant ou d'une chose à flotter, à rester à la surface de l'eau, des flots, sans couler. S'étend aux navires et à tout objet ou corps flottant pour lequel on peut définir une ligne de flottaison, selon le principe d'Archimède

¹⁹ <https://www.blog-habitat-durable.com/maison-flottante-concept-avantages-construction/#:~:text=Les%20avantages%20ind%C3%A9niables%20des%20maisons%20flottantes&text=Elles%20r%C3%A9pondent%20au%20probl%C3%A8me%20de,style%20de%20vie%20plus%20%C3%A9cologique>

ou des flottabilités. Le flottement exprime qu'un sujet peut flotter, par des différences de densités.²⁰

2.4.2 Principe d'Archimède

Les forces verticales établissent l'équilibre si la force de flottabilité (force ascendante) est égale au poids du corps flottant (force descendante). Cette force de flottabilité a la même ampleur que le poids du volume de fluide déplacé (principe d'Archimède : un corps flottant déplace son propre poids de fluide)²¹

Effectivement, le principe d'Archimède est un concept fondamental en physique qui explique le phénomène de flottabilité des objets dans un fluide, tels que l'eau. Selon ce principe, un corps flottant dans un fluide subit une force de flottabilité dirigée vers le haut qui est égale au poids du fluide déplacé par ce corps.

L'équilibre vertical est atteint lorsque la force de flottabilité est égale au poids du corps flottant. Si la force de flottabilité est supérieure au poids, le corps flotte et émerge partiellement ou totalement à la surface du fluide. Si la force de flottabilité est inférieure au poids, le corps coule.

En d'autres termes, le principe d'Archimède déclare que la force de flottabilité exercée sur un objet immergé est égale au poids du fluide déplacé par cet objet. C'est ce principe qui explique pourquoi des objets plus denses que l'eau peuvent flotter s'ils sont suffisamment volumineux pour déplacer un volume d'eau équivalent à leur poids.

Ce principe a des applications pratiques dans divers domaines, notamment en ingénierie navale pour la conception de navires et de structures flottantes, en aéronautique pour la conception de ballons et dirigeables, ainsi que dans de nombreux autres contextes où la flottabilité est un facteur clé à prendre en compte.

2.4.3 Principes et mécaniques des bâtiments flottants

Comment fabrique-t-on une structure flottante à partir de matériaux de construction lourds L'élément le plus important qui caractérise la structure flottante est la flottabilité ; La flottabilité est un principe simple décrit par le principe d'Archimède. La force de

²⁰ <https://www.aquaportail.com/definition-10001-flottaison.html>

²¹ file:///C:/Users/toshiba/Downloads/Master_thesis_Realising_a_floating_city_Kelvin_Ko.pdf

flottabilité, combinée au poids de la structure, définit le tirant d'eau et le franc-bord de la structure. Si la structure est capable de flotter, il reste à vérifier sa stabilité et son inclinaison / rotation. Un corps large avec un petit tirant d'eau offre la meilleure stabilité statique. En élargissant la largeur et la longueur, la stabilité de la structure augmente

- **Rotation / inclinaison**

La rotation / inclinaison est causée par des charges ou des moments excentriques agissant sur le corps flottant. Ces charges varient de charges permanentes causées par des structures lourdes aux charges dynamiques causées par le vent et les vagues. L'inclinaison provoquée par des structures lourdes peut être contrée par une autre structure lourde du côté opposé du corps flottant. Ou modifier la forme du corps flottant de sorte que la force de flottabilité soit plus grande du côté de la structure lourde. Cela peut être fait en augmentant le tirant d'eau

- **Stabilité statique**

- La stabilité est le comportement à un corps en équilibre sorti de son équilibre initial. Il y a trois possibilités de stabilité :
- Le corps est appelé stable lorsqu'il revient à sa position d'équilibre initiale,
- Le corps est appelé instable quand il ne reviendra pas dans sa position d'équilibre initial

et dans le pire des cas ; le corps continue de s'éloigner de la position d'équilibre initiale

- Le corps est appelé neutralement stable lorsqu'il parvient à trouver une nouvelle position

d'équilibre

La stabilité est donc très importante pour les structures flottantes. Une structure flottante de stabilité neutre se produit lorsqu'il y a une inclinaison, mais le corps reste dans cet équilibre. Techniquement, cela va, car la structure est toujours stable. Mais cela provoque une gêne pour les installations et les personnes au-dessus de la structure flottante. Cela indique donc qu'une structure flottante doit être parfaitement stable et non autrement. Même dans le cas d'une structure flottante stable, le mécanisme de retour à l'équilibre initial peut ne pas se produire trop souvent.

- **Hauteur métacentrique**

Une mesure de la résistance au basculement est donnée par la « hauteur métacentrique ». La section transversale d'un élément flottant pour illustrer la hauteur métacentrique est illustrée à la distance entre le point G et le point M est appelée hauteur métacentrique. Si la hauteur métacentrique est positive, cela indique que l'élément flottant est stable. Plus la hauteur métacentrique est grande, plus la structure est stable. Théoriquement, si la hauteur métacentrique est supérieure à 0, le corps est stable. Le corps flottant est instable si la hauteur métacentrique est inférieure à 0. En pratique, une hauteur métacentrique supérieure à 0,50 m est recommandée.²²

- **Stabilité de la forme**

Un corps rectangulaire flottant est plus stable que d'autres formes telles que des cylindres ou des formes triangulaires. En effet, lorsqu'un élément flottant tourne, un corps de forme rectangulaire déplace plus d'eau une étude sur la forme des éléments flottants faite par, il ressort que le rapport largeur / profondeur est déterminant pour la forme des éléments flottants.

En élargissant la largeur de la structure, la stabilité augmente beaucoup. Cela signifie qu'un corps large avec un petit tirant d'eau donne la meilleure stabilité en général. Un problème se pose lorsque le tirant d'eau est relativement important, Mais lorsque le corps flottant prend une largeur suffisante, le point du métacentre monte, ce qui donne une hauteur métacentrique plus grande

- **Stabilité dynamique**

La stabilité statique conclut la stabilité lorsque l'élément flottant est soumis à des charges statiques comme le poids mort d'un bâtiment. Il a été mentionné que la rotation / l'inclinaison se produit également lorsque l'élément flottant est soumis aux vents et aux vagues. Ces charges ne sont toutefois pas statiques, mais dynamiques. Ces charges dynamiques entraînent le déplacement ou la rotation constante de l'élément flottant. Chaque mouvement ou rotation a sa propre définition,

²² file:///C:/Users/toshiba/Downloads/Master_thesis_Realising_a_floating_city_Kelvin_Ko.pdf

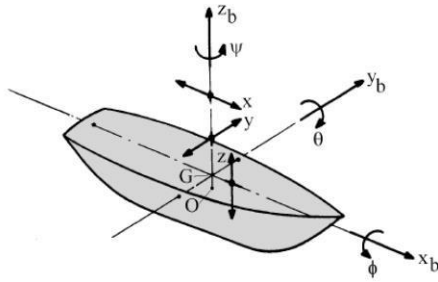


Figure 4: mouvement et rotation d'un élément flottant

Source :

http://www.seasteading.org/wp-content/uploads/2015/12/Floating-City-Project-Report-4_25_2014.pdf

Surtension : mouvement dans la direction x

Se balancer : mouvement dans la direction y

Se soulève : mouvement dans la direction z

Rotations

Rouleau : rotation autour de l'axe des x

Pas : rotation autour de l'axe des y²³

2.5 La structure flottante

Les structures flottantes sont utilisées dans l'industrie offshore depuis 1970. Elles sont généralement sous forme de plates-formes sous résultant à navires.

2.5.1 Les différentes parties de la structure flottante

La structure flottante se compose deux parties

- **Partie superstructure (partie habitable) :**

Qui construit l'enveloppe du bâtiment elle est constituée d'une structure généralement de type ossature (acier, bois ...)

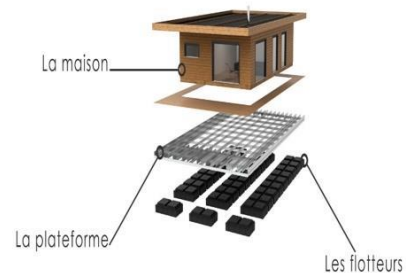


Figure 5: les différentes parties de la structure flottante

Source : <https://www.aquashell.fr/concept/technique>

- **Partie infrastructure (plateforme flottante) :**

Elle constitue la partie importante dans la structure flottante elle est soit fixe ou mobile varie selon l'encrage utilisée. ²⁴

²³ <https://www.slideshare.net/tswittrig/floating-cityprojectreport4-252014-seasteading-institute-white-paper>

²⁴ http://autonomie.larantides.com/batiment_flottant_amphibie.htm

2.5.2 La conception des plateformes

La taille idéale des plates-formes individuelles dépendra de nombreux facteurs, dont certains peuvent être déterminés avec précision, tandis que d'autres restent spéculatifs.

- **Structure et matériel de la plate-forme**

Il existe trois options principales de matériaux pour la structure de la plate-forme : acier, composites et béton. L'acier est le matériau le plus fréquemment utilisé dans l'industrie de la construction navale, car il peut être facilement façonné et courbé, à une résistance élevée à la traction

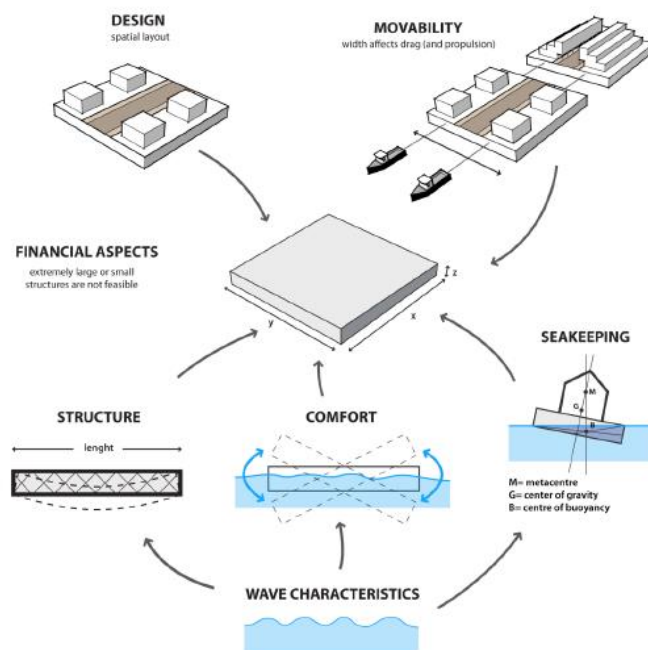
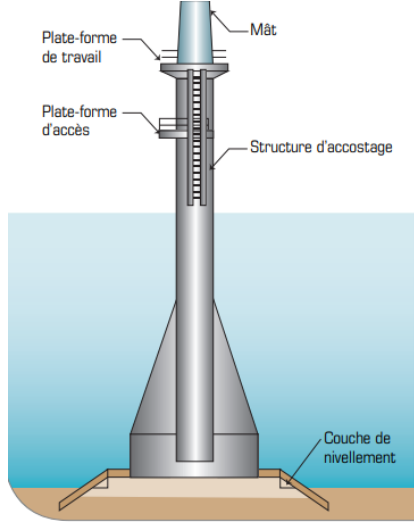
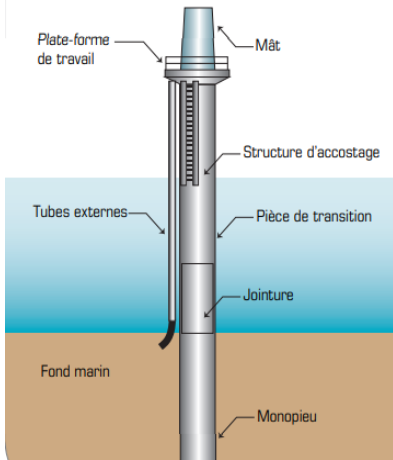


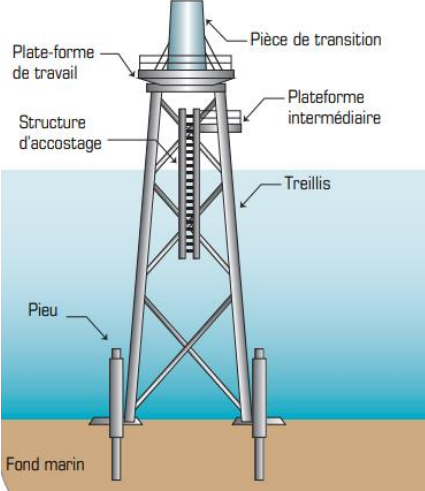
Figure 6: facteurs influençant la taille optimale d'une plate-forme flottante

Source : http://www.seasteading.org/wp-content/uploads/2015/12/Floating-City-Project-Report-4_25_2014.pdf

L'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral

Tableau 2: les type de structure flottant

Types	Fiche technique	Illustration
<p>Mono pieu</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Matière : Acier -Installation : Battage, forage du fonds marin ou vibro fonçage -Fixation : par jointure avec la pièce de transition, qui la relie au mât -Poids : de 500 tonnes à plus de 1 000 tonnes -Profondeur des fonds adaptée : entre 0 et 30 mètres environ. -La profondeur moyenne des fonds marins dans les parcs européens est de 22,4 mètres (EWEA, 2014) 	 <p style="text-align: center;"><i>Figure 7: mono pieu</i></p>
<p>Base gravitaire</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Matière : Acier et/ou béton -Installation : descente par grue où Flottaison puis lestage sur site -Fixation : pièce de transition dans laquelle est inséré le mât -Poids : À partir de 1 000 tonnes et jusqu'à 7 000 tonnes environ -Profondeur des fonds adaptée : de 10 mètres jusqu'à 50 mètres 	 <p style="text-align: center;"><i>Figure 8: base gravitaire</i></p>

<p>Tour-treillis sur 3 ou 4 pieds(jacket)</p>	<p>-Matière : Acier-tubulaire</p> <p>-Installation : descente par grue puis ancrage des pieds par des pieux (soit pré-battus/pré-forés soit battus/forés après l'installation)</p> <p>-Fixation : pièce de transition fixée en haut de la tour-treillis</p> <p>-Poids : de 300 tonnes à 1 000 tonnes environ</p> <p>-Profondeur des fonds adaptée :de 20 à 50 mètres</p>	 <p><i>Figure 9:jacket</i></p>
--	--	--

réparer ou à modifier. Les inconvénients de l'acier sont son prix élevé et ses coûts de maintenance élevés.

2.5.3 Les type de structures flottantes

- Les structures fixes
- Les structures mobiles

- **Les structure fixes**

La plupart des plateformes fixes sont utilisées en mer peu profonde (<300 m). Ces plateformes s'appuient sur le fond grâce à des pieux. On peut sélectionner trois types de pieux qui se différencient par leurs formes et leurs bases qui sont les suivants :

- Mono pieux
- Gravitaire
- Jacket

Les plateformes qui s'appuient sur les pieux de type **mono pieux** sont réputées dans le domaine architectural ou habitables (les maisons, les équipements de loisirs, les restaurant...etc.). Tandis que les plateformes qui s'appuient sur les pieux de types

gravitaire ou jacket sont utilisées dans le domaine industriel (les plateformes pétrolières, les éoliennes...) ²⁵

Tous types de planchers et de structure peuvent convenir dans cette structure car cette dernière est supportée par des fondations solides et rigide ce qui permet une variation multiple des plateformes ainsi de matériaux.

La construction de la structure passe par trois grandes étapes :

- La mise en place des pieux
- La mise en place des planchers ou de plateforme
- La mise en place de l'enveloppe ou de la superstructure

- **Les structures mobiles**

Les structures flottantes mobiles ne sont pas soutenues par une fondation solide, mais flottent sur l'eau. Il existe deux types de structures flottantes adaptées à une construction flottante, à savoir le type semi-submersible et le type ponton

- **Semi-submersible**

Les structures de type semi-submersible sont des plates-formes surélevées au-dessus du niveau de l'eau à l'aide de colonnes ou d'éléments structurels. De cette façon, la plateforme est protégée contre les environnements de vagues sévères.

Aussi la structure semi-submersible a une forme structurelle qui est plus épaisse que celle de leurs homologues pontons et ont été déployés dans des environnements de haute mer. Ils sont conçus avec une bonne stabilité et des caractéristiques de maintien en mer et fixées au fond de la mer à l'aide de câbles d'amarrage ou des attaches. Ils sont utilisés dans le domaine industriel comme : les plates-formes de forage offshore, l'ascenseur lourd grues, les plates-formes de production d'huile, les navires de sécurité, les éoliennes...etc.

Il existe plusieurs types de ces plateformes parmi eux les plus réputés sont :

➤ *Le Spar :*

Un long poteau mince couramment utilisé dans les navires. Ils sont caractérisés par des courants d'air profonds et de longues formes de coque verticales. Leur tirant d'eau

²⁵ <https://cpdp.debatpublic.fr/cdpd-eolienmer>

profond permet à ces structures de mieux résister, ce qui rend cette coque attrayante pour les opérations pétrolières et gazières

en eaux profondes. Ils sont stabilisés par ballast qui comprend une bouée à longeron avec des ancrages caténaux et des ancrages par glissières.

➤ *Tension Leg Plateforme*

Le TLP est fixé dans le sol par des câbles verticaux tenant la plateforme (utilisent l'amarrage vertical), composée de bouées qui tirent la structure vers le haut.



Figure 10: leg plateforme

Source : <https://www.crystal-sleeve.com/plateformes-petrole-gaz-p294003.html>

- **Les pontons**

Les pontons sont essentiellement des dalles flottantes qui se caractérisent par leur faible rapport profondeur / largeur et sont généralement déployés dans des conditions de mer bénignes, comme dans les eaux adjacentes à la côte, à l'intérieur d'une crique ou d'un lagon où les brise-lames et autres installations de protection sont présentes (sont construits pour protéger la structure contre les grosses vagues et les houles). Ils sont généralement rentables avec de faibles coûts de fabrication et sont relativement faciles à réparer et à entretenir et il représente à la fois la plateforme de l'ouvrage. Afin de limiter les mouvements latéraux, ils peuvent être ancrés au fond de la mer par l'utilisation de lignes d'amarrage comprenant des chaînes, des cordes, des plombs, des ancrs ou des attaches.²⁶

- Les structures de type ponton sont constituées d'une plate-forme en béton ou en matériau léger renforcée par un mécanisme flottant. Il existe plusieurs méthodes pour réaliser des structures de type ponton. Les caissons sont la structure standard de type ponton :

➤ *Les caissons :*

Un caisson est en fait une grande caisse en béton. En génie civil, un caisson pourrait être défini comme un boîtier étanche conservant l'eau afin d'éviter toute pénétration d'eau

²⁶ <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-287-137-4>

pendant la construction, mais également à des fins plus permanentes, ces caissons font toujours partie d'une structure plus grande, telle qu'un brise-lames, une infrastructure ou une fondation.

La plupart du temps, les caissons sont préfabriqués et transportés plus tard dans leur position finale. Les caissons sont capables de flotter dans l'eau, bien que la structure soit énorme et lourde, elle parvient néanmoins à flotter. Depuis le vingtième siècle, les caissons en béton servent de fondations aux structures flottantes

- **Le caisson pneumatique**

Le béton pneumatique n'a pas de section inférieure. La flottabilité doit provenir de l'air confiné entre l'eau et le sommet en béton.

- **Le caisson en béton standard**

Un caisson en béton fermé avec des murs, en bas et en haut. Les plus grands caissons ont également des murs intérieurs en béton. Cela a deux raisons : réduire les portées et le partitionnement pour la sécurité en cas de fuite. Les compartiments à air fermés donnent au caisson en béton sa flottabilité. La superstructure peut être placée sur le caisson, mais l'espace interne peut également être utilisé comme une installation souterraine. Le caisson standard est de loin la fondation flottante la plus utilisée pour les maisons flottantes et les bâtiments utilitaires flottants.

2.5.4 Les types de planchers des structures flottantes mobiles :

Les planchers des structures flottantes mobiles constituent de deux composantes majeures qui sont : **les flotteurs** qui permettent à la structure de rester flotter sur l'eau et **la plateforme** qui recouvre les flotteurs et représenté le palier de la construction.²⁷

- **Les flotteurs :**

²⁷ <http://www.flofiz.com/index.html>

C'est un corps, dispositif, pièce spécialement conçus pour flotter à la surface d'un liquide à des fins de mesure ou de régulation.²⁸

◆ Flotteur hydrodynamique :

- *Standard en polystyrène :*

- sont faciles à manipuler, à fixer, à lester
- sont légers, modulaires et polyvalents
- Très solide et très longue durée de vie

- *Moussés :*

Le polyuréthane rend le flotteur totalement insubmersible en cas de dégradations causées par accident ou un sabotage. Il est proposé spécialement pour la construction de projets où les autorités locales exigent par cahier des charges l'utilisation de flotteurs moussés.²⁹



Figure 11:: Flotteur hydrodynamique standard en polystyrène

Source : <http://www.flofiz.com/flotteurs.html>



Figure 12:: flotteur hydrodynamique standard en moussés

Source : <http://www.flofiz.com/flotteurs.html>

◆ Flotteur cubiste :

Cubi-system est un système flottant modulaire, quasi indestructible, facile à assembler et sans entretien dont les domaines d'applications sont nombreux.



Figure 13:flotteur cubiste standard

Source : <https://www.dockmarine-europe.com/fr/catalog/c10~cubes-flottants-sunnydock>



Figure 14:: flotteur cubiste moussés

Source : <https://www.dockmarine-europe.com/fr/catalog/c10~cubes-flottants-sunnydock>

28 <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/flotteur/34246>

29 <http://www.flofiz.com/flotteurs.html>

Cubi-system est fabriqué à partir d'un matériau 100% recyclable, imputrescible, résistant aux acides, aux bases et aux hydrocarbures. Chaque produit est testé, assurant une résistance aux impacts, aux frottements et à l'abrasion. Cubi-system a un fond concave breveté pour une meilleure stabilité. Il a une forme cubique ou parallélépipédique et fait de plastique / polystyrène / aluminium³⁰

2.5.5 Les types de superstructures des structures flottantes mobiles

A - Structure en bois :

Le système constructif de l'ossature bois consiste à ériger une trame régulière et faiblement espacée, de pièces verticales en bois de petites sections, les montants, et de pièces horizontales les traverses et entretoises

B - La structure métallique

La structure métallique comprend l'ensemble de structure réalisé à base de métal (fonte, fer, aluminium ...) elle a fait apparition au milieu du XVIII e siècle et a donné naissance à une nouvelle forme d'architecture qui est l'architecture métallique

C - La structure mixte

C'est la combinaison entre deux matériaux de construction les plus fréquemment rencontrés tant dans les bâtiments, bien que de nature différente ces deux matériaux sont complémentaires

2.5.6 La structure en béton et en EPS

Au début des années 80, IMF³¹ a introduit une nouvelle technologie consistant à construire des biens immobiliers sur l'eau en utilisant la mousse de polystyrène très légère (EPS, polystyrène expansé). Le gros avantage de ce système est qu'il n'y a pas besoin de dock ou de salle de montage coûteux ; il peut être construit sur l'eau libre où la structure appartient finalement. Ce système est basé sur un noyau d'EPS et une coque en béton. Le système pense que c'est de la flottabilité sur l'EPS, avec une densité de seulement 20 kg /

30 <https://pdf.nauticexpo.fr/pdf/cubisystem/documentation-generale/26092-10202.html>

31 <https://www.floatingstructures.com/product/marinas/>

m³, ce qui est 50 fois plus léger que l'eau. Le béton a pour but la résistance, la rigidité et la protection de l'EPS.³²

2.5.7 La structure en acier

Les corps flottants en acier peuvent avoir de petites épaisseurs de paroi, ce qui entraîne un faible poids propre, ce qui donne une flottabilité élevée. Mais cela entraîne également une faible stabilité du poids, mais ceci peut être simplement compensé par un poids de lest additionnel. Le gros inconvénient de l'acier est qu'il est susceptible de corrosion, il nécessite donc beaucoup de maintenance. La raison pour laquelle les structures en acier ne sont que temporairement utilisées est que les effets à long terme dans un environnement agressif provoqueront une corrosion rapide et sévère de la structure.

L'objectif principal de ce système est l'utilisation de cylindres creux pour assurer la flottaison et la stabilité de la structure. Ces cylindres creux peuvent également être fabriqués à partir d'autres matériaux, ce qui est plus probable en raison de la vulnérabilité de l'acier dans un environnement humide agressif, Il est prouvé que les coussins d'air fonctionnent de manière fiable en tant que structures de support. Les pontons à coussin d'air servent souvent à stabiliser le processus de flottement.³³

2.6 Comment protéger la structure flottante

2.6.1 Les systèmes d'amarrage

Un système d'ancrage (ou de maintien en position) est utilisé pour fixer une structure flottante à une jetée ou à un quai en la maintenant en position sous l'action des vagues et d'autres actions dynamiques comme la dérive. L'amarrage empêche les mouvements horizontaux et dans une certaine mesure, les mouvements verticaux. L'effet des systèmes d'amarrage sur le comportement hydro élastique des structures flottantes a été fréquemment analysé. Les conditions d'exploitation et les facteurs environnementaux tels que les vagues, les forces du vent et la profondeur déterminent le type de système d'amarrage à choisir.

³² https://fr.made-in-china.com/co_zjsteps/product_Concrete-EPS-Cement-Sandwich-Wall-Panel-for-Interior-Wall_ehsnnyhg.html

³³ file:///C:/Users/toshiba/Downloads/Master_thesis_Realising_a_floating_city_Kelvin_Ko.pdf

2.6.2 Les digues

Ouvrage de protection des structures flottantes contre la houle et les courants. Elles sont généralement surmontées d'une dalle en béton qui facilite la circulation sur l'ouvrage. Une digue, selon sa conception, peut être accostable, insubmersible ou partiellement submersible.

2.6.3 Les brise- lames

Un brise-lames est une construction du type digue, un ouvrage de défense longitudinal des côtes, utile pour la protection des structures flottantes lorsque les conditions de mer sont difficiles. La règle générale pour avoir un brise-lames lorsque la hauteur significative de l'onde est supérieure à 4 m. Il peut être d'un type à fond incliné (monticule), de type vertical, de type composite ou de blocs dissipateurs d'énergie des vagues³⁴

2.7 Les constructions Flottantes Environnementales

La construction flottante est soutenue par la construction en usine d'éléments flottants et l'assemblage en bord de l'eau ou sur l'eau. Le résultat en est la réalisation d'une construction de qualité supérieure à un prix inférieur et amie de l'environnement.

De plus, l'innovation devient plus attrayante car les coûts d'investissement pour la recherche et le développement sont répartis sur un plus grand nombre de produits et ne doivent plus être récupérés dans un projet. Le développement durable dans le processus de construction devient plus réaliste si la phase de production et de démolition peut avoir lieu dans un environnement contrôlé.

La durée de vie économique plus longue avec la construction flottante, la valeur économique du bâtiment et son emplacement sont déconnectés. Cela leur permet d'être vendus séparément et d'obtenir une nouvelle destination. Cela évite une démolition prématurée et préserve la valeur économique des bâtiments. En bref, il devient plus facile de réagir avec souplesse aux opportunités du marché immobilier avec moins de nuisances car ces nuisances, qui sont maintenant communes pour les projets de construction, sont en grande partie évitées.

34 Large Floating Structures Technological Advances, C.M. Wang • B.T. Wang, ED. Springer, Singapore ,2015

2.8 Conclusion

En conclusion, l'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral est une approche indispensable pour garantir la durabilité des infrastructures maritimes et la protection de l'environnement côtier. Les ouvrages flottants sur le littoral sont souvent des éléments clés de l'infrastructure maritime, mais leur construction et leur utilisation peuvent avoir des impacts environnementaux négatifs.

L'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral permet d'aborder ces impacts environnementaux dès le stade de la conception, en intégrant des critères environnementaux tels que l'utilisation de matériaux durables, l'optimisation de la consommation d'énergie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la gestion des déchets, etc.

Cette approche permet de minimiser les impacts environnementaux des ouvrages flottants sur le littoral tout en assurant leur durabilité. Elle est donc essentielle pour la protection de l'environnement côtier et pour le maintien de l'infrastructure maritime à long terme.

En somme, l'écoconception des ouvrages flottants sur le littoral est une pratique de plus en plus importante dans le domaine de l'infrastructure maritime. Il est donc important d'intégrer cette approche pour assurer la durabilité des ouvrages flottants sur le littoral et la protection de l'environnement côtier.

Donc à partir de tous les concepts abordés dans ce chapitre, le développement continu de la construction, qui se situe dans les services de l'architecture, pense à un nouvel espace de mise en œuvre représenté par l'imagination de l'eau pour des structures flottantes innovantes, qui sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour diverses applications car la construction flottante est en développement continu et les outils aussi continuent de se développer et travaillent pour trouver des solutions techniques dans les domaines de l'énergie et de la durabilité et de l'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement. Le volume impressionnant de connaissances et techniques abordés dans ce chapitre nous permettra à coup sûr de dresser un procédé constructif à développer dans notre contexte en milieu marin et à l'adapter de façon adéquate en fonction du bilan énergétique qu'il faudra mettre en place lors de la mise en œuvre du projet.

CHAPITRE 03 : LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT MARITIME FLOTTANT EN ALGERIE

3.1 Introduction

L'Algérie, pays méditerranéen doté d'un littoral de plus de 1 600 kilomètres, bénéficie d'une situation géographique stratégique qui en fait un acteur majeur du transport maritime en Afrique du Nord. Avec des ports maritimes essentiels, une industrie pétrolière et gazière importante, ainsi qu'un potentiel économique florissant, les infrastructures de transport maritime flottantes jouent un rôle essentiel dans le développement économique de l'Algérie et dans sa connectivité avec le reste du monde.

Les ports algériens constituent des points d'entrée essentiels pour le commerce national et international, car ils facilitent le transport des marchandises, des matières premières et des carburants qui constituent les piliers de l'économie du pays. En outre, l'Algérie explore activement de nouvelles opportunités dans le domaine des énergies renouvelables, et les infrastructures de transport maritime joueront probablement un rôle majeur dans l'exportation de ces ressources propres vers les marchés internationaux.

Cependant, ces avantages économiques s'accompagnent de défis complexes, notamment la modernisation des infrastructures portuaires, la gestion durable des ressources marines, la sécurité maritime et le respect des normes internationales. Il est important d'analyser la manière dont l'Algérie aborde ces questions pour assurer une gestion efficace et durable des infrastructures flottantes de transport maritime.

Dans ce chapitre, nous aborderons tout ce qui concerne le concept de transport, son histoire et les infrastructures de transport en général, et tout ce qui concerne le transport maritime flottant en particulier.

3.2 Le transport

3.2.1 Définition de transport

A partir de Larousse le transport : « Action ou manière de transporter, de porter d'un lieu dans un autre : Le transport des marchandises. »³⁵

35 <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/transport/79212>

3.2.2 L'histoire de transport

Depuis l'Antiquité, il était nécessaire de déplacer efficacement les biens et les personnes. Tout d'abord, les gens se sont déplacés à pied, puis à dos d'animaux, puis ils ont commencé à inventer les premiers véhicules et infrastructures sur lesquels les moyens de transport pouvaient passer.

- Le transport à l'ère préindustrielle :
- Révolution industrielle : Une première véritable révolution dans les systèmes de transport n'intervient que vers 1780 lorsque James Watt construit les premières machines à vapeur....
- Qui ont ensuite été adoptés également pour le mouvement des véhicules, de qui ont premièrement bénéficié les transports ferroviaires
- L'histoire du camion, comme celle de la voiture, commence en 1876 avec l'invention du moteur à combustion interne à quatre temps, par Nikolaus August Otto.
- Depuis, la technologie a fait de grands progrès : les véhicules du transport moderne sont équipés de moteurs propres, garantissant une grande sécurité active et passive.
- **Cette révolution a touché tout, y compris le transport maritime et aérien³⁶**

3.2.3 Les infrastructures de transport

- Ensemble des ouvrages au sol ou en sous-sol nécessaires au transport et aux voies de communication (ex. l'infrastructure routière).
- Voies et installations fixes utilisées pour l'exécution des transports. Lier avec le mode de transport pour une utilisation générale.³⁷

Le transport en Algérie est diversifié vu la superficie de l'Algérie. Même si quelques régions algériennes demeurent encore isolées en raison de l'absence d'infrastructure routière, le réseau routier algérien demeure l'un des plus denses du continent africain.

3.2.4 La classification des infrastructures

Les infrastructures de transport sont généralement classifiées selon les voies de communication utilisées :

36 https://amtuir.org/03_htu_generale/htu_1_avant_1870/htu_1.htm

37 <https://langue-francaise.tv5monde.com/decouvrir/dictionnaire/i/infrastructure%20de%20transport>

Les infrastructures de transport maritime flottant en Algérie

Tableau 3: les types des infrastructures de transport

Les types		Avantage /inconvénient
Terrestre	<p>Routier :(gare routière)</p> <p>Le transport routier est un mode de transport consistant à déplacer des personnes ou des marchandises par la route, en utilisant des véhicules tels que des camions, des autobus, des voitures, des motos, des vélos, etc.</p>	<p>Le transport routier présente des avantages tels que la flexibilité des horaires, la rapidité des déplacements, la possibilité de livrer les marchandises directement à leur destination finale et la disponibilité des routes dans la plupart des régions du monde. Cependant, il peut également être sujet à des problèmes tels que les embouteillages, les accidents, la pollution de l'air et les coûts élevés du carburant.</p>
	<p>Ferroviaire :(gare ferroviaire)</p> <p>Est un mode de transport consistant à déplacer des personnes ou des marchandises par le rail, en utilisant des trains composés de wagons ou de voitures.</p>	<p>Le transport ferroviaire présente des avantages tels que la capacité à transporter de grandes quantités de marchandises sur de longues distances, l'efficacité énergétique, la fiabilité des horaires et la réduction de la congestion routière. Cependant, il peut également être sujet à des problèmes tels que les retards, les pannes de signalisation, les coûts élevés d'infrastructure et les restrictions de capacité.</p>
Aérien	<p>(Aéroport)</p> <p>Consistant à déplacer des personnes ou des marchandises par les airs, en utilisant des avions ou des hélicoptères.</p>	<p>Le transport aérien présente des avantages tels que la rapidité des déplacements, la couverture internationale, la capacité à transporter de grandes quantités de passagers et de marchandises sur de longues distances. Cependant, il peut</p>

		également être sujet à des problèmes tels que les retards, les annulations, les coûts élevés et les impacts environnementaux liés aux émissions de gaz à effet de serre.
Maritime et fluvial	<p align="center">(Port maritime)</p> <p align="center">Consistant à déplacer des personnes ou des marchandises par la mer, en utilisant des navires tels que des cargos, des navires porte-conteneurs, des bateaux de croisière, etc.</p>	Le transport maritime présente des avantages tels que la capacité à transporter de grandes quantités de marchandises sur de longues distances, la fiabilité des horaires, les coûts relativement bas par unité de marchandise transportée et l'impact environnemental relativement faible. Cependant, il peut également être sujet à des problèmes tels que les retards, les risques liés aux conditions météorologiques, les coûts élevés d'infrastructure portuaire et les problèmes de sécurité en mer. ³⁸

3.3 Le transport maritime en Algérie

3.3.1 Définition

Le transport maritime de marchandises est principalement utilisé pour le transport de cargaisons lourdes et volumineuses sur de longues distances, telles que les matières premières, les produits manufacturés, les produits chimiques, les denrées alimentaires, etc. Les entreprises de transport maritime offrent souvent des services de transport de porte à porte, où les marchandises sont récupérées à un point de départ et livrées directement à leur destination finale.

Le transport maritime de passagers est principalement utilisé pour les croisières touristiques et les voyages de longue distance, comme les voyages intercontinentaux. Les

³⁸ https://www.citego.org/bdf_dossier-98_fr.html

navires de croisière peuvent être équipés de cabines de différentes classes, de restaurants, de salles de spectacle, de piscines, de spas, etc.³⁹

3.3.2 Les enjeux de transport maritime

Outre les problèmes et les crises auxquels est confronté le transport maritime, les défis auxquels est confronté ce type de transport commercial sont nombreux.

- Manque de travailleurs dans ce domaine en raison de la peur des dangers de la mer, et donc le transport maritime souffre d'un manque de travailleurs dans ce domaine, et est donc considéré comme un défi majeur pour les responsables de ce domaine.
- Également, les problèmes de sécurité et les crises dues au grand nombre de pirates en mer et aux craintes d'exposer les marchandises au vol, ainsi que le développement du processus de piraterie maritime, devenu technologique.
- En outre, les problèmes maritimes affectent la compétitivité de l'industrie du transport maritime compte tenu des prix élevés du carburant des navires, des pièces de rechange, des coûts de transport et d'exploitation et des problèmes rencontrés par les entreprises de transport internationales.
- Compte tenu de l'importance de ce type de transport commercial, de nombreux experts et analystes économiques et commerciaux conseillent de résoudre les problèmes liés au transport maritime et d'aborder ces mises à jour afin de bénéficier de la force, du statut et de l'impact du transport maritime dans une manière positive.⁴⁰

3.3.3 Les avantages de transport maritime

Le transport maritime est avantageux pour plusieurs raisons, dont la plus importante qui est probablement son coût.

En termes de coûts, l'expédition par bateau est généralement plus économique que l'expédition par voie aérienne ou terrestre. Les frais généraux et d'entretien des navires de fret sont souvent moins élevés, ce qui se traduit par des coûts de transport globalement moins élevés.

39 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 28

40 <https://www.provence7.com/zoom/mer-mediterranee/transports-maritimes-dans-le-monde-chiffres-enjeux-et-tendances/#:~:text=La%20croissance%2C%20pour%20ne%20pas,%2C%20consommation%2C%20mod%C3%A8les%20de%20croissance%E2%80%A6>

Du point de vue environnemental, les navires de fret ont une empreinte carbone relativement faible par rapport à d'autres industries maritimes. Ils contribuent donc moins à la pollution atmosphérique.

De plus, les navires sont très polyvalents en termes de taille et de nature des marchandises transportées. Contrairement au transport terrestre et aérien, qui sont souvent limités aux petites marchandises en grandes quantités, les navires de fret maritime peuvent transporter une grande variété de marchandises. Cela inclut des voitures, des camions, du matériel agricole et industriel, ainsi que de vastes quantités de matières premières.

En résumé, le transport maritime est essentiel à l'industrie du commerce en raison de son coût moindre, de son impact environnemental réduit et de sa capacité à transporter une grande diversité de marchandises. Il est souvent considéré comme un choix économique fiable.⁴¹

3.3.4 Le port maritime

- **Définition**

Un port est un endroit géographique par lequel transitent des marchandises et/ou des passagers.

Un port maritime est un port qui accueille des navires de mer, qui est un lieu de rendez-vous entre ces navires de mer et l'ensemble des divers modes de transport terrestre. C'est également nécessairement un téléport par lequel transitent toutes les données informatisées indispensables à la facilitation du transit, aussi bien des navires que des marchandises.⁴²

41 <https://www.transittransport.fr/les-avantages-du-transport-maritime.html>

42 <https://www.techniques-ingenieur.fr/>

- **Les types de port**



Figure 15:port commercial

Source : <https://www.algerie-eco.com/wp-content/uploads/2016/01/port.png>



Figure 16: port de militaire

Source : https://www.memoireonline.com/01/23/13695/m_Minimisation-du-temps-de-sejour-des-navires6.html



Figure 17:port pêche

Source : <https://www.togo-port.net/infrastructures-nouveau-port-de-peche-de-lome/>

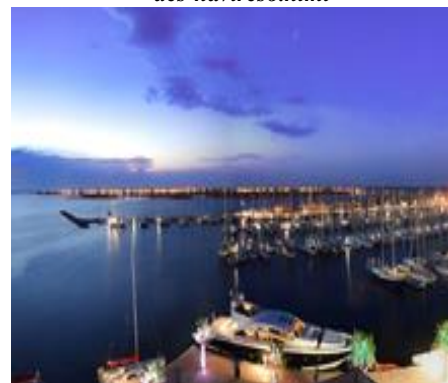


Figure 18:: port de plaisance

Source : <https://www.gruissan-mediterranee.com/mon-sejour/activites-en-mer/le-port-de-plaisance>

- **Les composants d'un port maritime**



Figure 19:présentation des composants du port

Source : <http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/transport-et-machinerie/transport-maritime/port-maritime.php>

- **Terminal de vrac** : Aire pourvue des installations et des équipements nécessaires au stockage, au triage et à la manutention des produits non emballés (minerais, charbon, etc.).
- **Parking : stationnement** : Parc aménagé pour y garer des véhicules.
- **Bâtiment administratif** : Bâtiment où travaillent les employés chargés de la gestion des activités du port.
- **Transport routier** : Transport de marchandises réalisé par camions sur le réseau routier.
- **Terminal à conteneurs** : Aire pourvue des installations et des équipements nécessaires au stockage, au triage et à la manutention des conteneurs.
- **Portique** : Appareil de levage formé d'une poutre et de montants, se déplaçant sur des rails, conçu pour la manipulation des conteneurs
- **Voie ferrée bord à quai** : Voie ferrée débouchant sur un quai, permettant de transborder les conteneurs directement d'un navire à un wagon ou inversement.
- **Terminal pétrolier** : Aire pourvue des installations et des équipements nécessaires au stockage et au pompage des produits pétroliers.
- **Phare** : Tour élevée, équipée à son sommet d'une puissante source lumineuse, servant à guider les navires.
- **Entrepôt frigorifique** : Bâtiment isolé thermiquement et pourvu d'un système de refroidissement de la température permettant la conservation de denrées périssables.
- **Bassin** : Vaste enceinte limitée par des quais où les bateaux effectuent les manœuvres nécessaires à l'accostage.
- **Terminal à céréales** : Aire pourvue des installations et des équipements nécessaires au stockage, au triage et à la manutention des céréales.
- **Ecluse** : Ouvrage comportant un sas dans lequel on ajuste le niveau de l'eau afin de faire circuler un bateau entre deux plans d'eau de niveaux différents.
- **Quai** : Ouvrage servant à l'accostage des bateaux et aménagé pour l'embarquement et le débarquement de passagers ou de marchandises.
- **Hangar de transit** : Entrepôt situé près du quai, destiné au stockage temporaire de marchandises.

- **Gare maritime** : Ensemble d'installations servant à l'embarquement et au débarquement des voyageurs.⁴³

3.3.5 Le transport maritime en Algérie

D'un point de vue général, l'Algérie accuse un important retard dans les ports polyfonctionnels. Le pays est en effet confronté à des infrastructures vétustes et à un investissement moderne retardé, longtemps limité à des ports considérés comme des ports de la première génération.

En effet, jusqu'en 2000, l'investissement de l'Algérie dans le domaine portuaire a concerné davantage les ports pétroliers. D'ailleurs, l'unique spécialisation à laquelle les ports algériens ont consenti des efforts est celle du transport des hydrocarbures.

Ainsi, Érigés conformément à des standards anciens, ces ports étaient configurés pour accueillir des navires de petite taille en raison de la faible profondeur théorique occasionnée par le phénomène d'envasement et la nécessité de dragage.

Cette situation a obligé les armateurs qui desservent les ports algériens à recourir aux cargos de petite taille. Ces derniers apparaissent cependant comme non économiques et surtout ils engendrent des manques à gagner importants pour les chargeurs algériens qui payent des taux de frets plus élevés.

- À présent, avec la montée en puissance de la mondialisation et de la compétition internationale, de nombreux pays ayant des aspirations économiques élevées (et l'Algérie en fait partie) se trouvent contraints de se concentrer davantage sur la création intrinsèque de la valeur portuaire, tout en rationalisant la gestion technique et managériale des ports ainsi que de leur écosystème environnant.

L'Algérie possède une façade maritime de 1200 km avec une situation géographique très favorable pour le développement du transport maritime ; mais le système portuaire algérien souffre de plusieurs faiblesses. Ces dernières décennies, l'Algérie essaie d'améliorer son système portuaire, en favorisant le transport maritime par la ratification de plusieurs accords tels que le partenariat Euro-méditerranéen ainsi que l'intégration de plusieurs stratégies, telles que la stratégie du développement du transport maritime à l'échelle nationale⁴⁴

43 <http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/transport-et-machinerie/transport-maritime/port-maritime.php>

44 https://www.mfa.gov.tr/l_union-pour-la-m%C3%A9diterran%C3%A9e-upm_.fr.mfa

3.4 Les infrastructures flottantes de transport :

3.4.1 Classification

Les infrastructures flottantes de transport peuvent être classées en fonction de leur utilisation et de leur taille :

- **Ports flottants** : ce sont des installations portuaires mobiles qui peuvent être utilisées dans les endroits où il n'y a pas de ports naturels. Ils sont souvent utilisés pour la logistique du transport de marchandises, mais peuvent également être utilisés comme terminaux pour les passagers.
- **Plates-formes flottantes** : ce sont des structures flottantes de grande taille qui peuvent être utilisées comme bases pour les forages pétroliers et gaziers en mer, ou comme plates-formes pour l'énergie éolienne en mer.
- **Barges** : ce sont des structures flottantes plus petites qui sont utilisées pour transporter des marchandises en vrac, telles que des conteneurs, des véhicules, du bois, des produits pétroliers, etc.
- **Navires de croisière** : ce sont des navires de grande taille qui sont utilisés pour le transport de passagers pour des voyages de plaisance ou de tourisme.
- **Ferries** : ce sont des navires qui sont utilisés pour transporter des passagers et des véhicules sur des routes régulières à travers des lacs, des rivières ou des mers.
- **Navires cargo** : ce sont des navires qui sont utilisés pour transporter des marchandises en vrac ou des conteneurs à travers les océans et les mers.
- **Navires de recherche et de sauvetage** : ce sont des navires spécialement conçus pour effectuer des missions de recherche et de sauvetage en mer.

En somme, les infrastructures flottantes de transport sont variées et peuvent être adaptées à différents besoins. La taille et la fonction des infrastructures dépendent des besoins spécifiques de chaque opération de transport.

3.4.2 Dimensionnement

Le dimensionnement des infrastructures flottantes de transport dépend de nombreux facteurs, tels que le type de transport, les conditions météorologiques et de mer, la charge utile, la durée d'utilisation et les réglementations applicables. Voici quelques éléments clés du dimensionnement des infrastructures flottantes de transport :

- **Capacité de charge** : la capacité de charge des infrastructures flottantes est un facteur crucial pour déterminer leur taille. Il faut tenir compte de la charge utile attendue, de la masse propre de la structure et de la répartition de la charge sur la surface de flottaison.
- **Stabilité** : la stabilité est essentielle pour la sécurité des opérations. Les infrastructures flottantes doivent être conçues pour être suffisamment stables pour résister aux conditions météorologiques et de mer, et pour empêcher le basculement.
- **Résistance** : les infrastructures flottantes doivent être conçues pour résister aux forces de flottaison, aux forces de vent et de courant, et aux forces exercées par les mouvements de la charge utile.
- **Conception structurelle** : la conception structurelle des infrastructures flottantes doit prendre en compte les charges dynamiques et statiques, la fatigue, la corrosion, l'usure et la maintenance.
- **Réglementations et normes** : les réglementations et les normes applicables à la construction, à l'exploitation et à la maintenance des infrastructures flottantes doivent être respectées pour garantir la sécurité des opérations.
- **Coûts** : le dimensionnement des infrastructures flottantes doit également prendre en compte les coûts de construction, d'exploitation et de maintenance, ainsi que les coûts de mise en conformité avec les réglementations et les normes applicables.

En somme, le dimensionnement des infrastructures flottantes de transport est un processus complexe qui nécessite une planification minutieuse, une conception innovante et une expertise technique pour garantir leur efficacité, leur sécurité et leur durabilité.

3.4.3 Modélisation

La modélisation des infrastructures flottantes de transport est une étape importante du processus de conception et d'analyse de ces structures. La modélisation permet de simuler le comportement des infrastructures dans des conditions réelles et d'optimiser leur conception et leur fonctionnement :

- **Modélisation géométrique** : la modélisation géométrique permet de créer un modèle numérique tridimensionnel de l'infrastructure flottante, en prenant en compte sa forme, ses dimensions, sa masse et sa répartition de charges. Les logiciels de CAO

(Conception Assistée par Ordinateur) sont souvent utilisés pour créer des modèles géométriques.

- **Modélisation hydrodynamique** : la modélisation hydrodynamique permet de simuler les forces exercées sur l'infrastructure flottante par les vagues, le vent et le courant. Les modèles hydrodynamiques utilisent des équations mathématiques pour calculer les forces hydrodynamiques sur la coque, ainsi que les mouvements et les vitesses de l'infrastructure.
- **Modélisation de la stabilité** : la modélisation de la stabilité permet de simuler le comportement de l'infrastructure en termes de stabilité, de basculement et de gîte. Les modèles de stabilité prennent en compte la forme de la coque, la position de la charge utile et les forces hydrodynamiques pour évaluer la stabilité de l'infrastructure.
- **Modélisation des charges** : la modélisation des charges permet de simuler les forces exercées sur l'infrastructure flottante par la charge utile, telle que les véhicules, les marchandises ou les passagers. La modélisation des charges prend en compte la masse, la position et la répartition de la charge utile pour évaluer l'effet de la charge sur la stabilité et le comportement de l'infrastructure.
- **Modélisation des matériaux** : la modélisation des matériaux permet d'analyser la réponse des matériaux utilisés dans la construction de l'infrastructure aux forces hydrodynamiques, aux charges et aux vibrations. Les modèles des matériaux peuvent être utilisés pour évaluer la résistance structurelle de l'infrastructure, la fatigue et les dommages éventuels.

En somme, la modélisation des infrastructures flottantes de transport est un processus complexe qui permet de simuler leur comportement dans des conditions réelles et d'optimiser leur conception et leur fonctionnement. La modélisation permet de réduire les coûts, d'améliorer la sécurité et de garantir la durabilité des infrastructures flottantes.

3.5 Le transport maritime durable

Le transport maritime durable fait référence à l'adoption de pratiques et de technologies respectueuses de l'environnement dans le secteur du transport maritime. Il vise à réduire les impacts négatifs de l'industrie maritime sur les océans, la biodiversité marine et le climat, tout en assurant une efficacité économique. Voici quelques éléments importants du transport maritime durable :

Réduction des émissions de gaz à effet de serre : Le transport maritime est responsable d'une part importante des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂) et d'autres gaz à effet de serre. Les initiatives de transport maritime durable cherchent à réduire ces émissions en utilisant des carburants plus propres, tels que le gaz naturel liquéfié (GNL), l'hydrogène et les biocarburants. Des technologies d'efficacité énergétique, comme les coques de navires plus efficaces et les systèmes de propulsion innovants, sont également développées.

Gestion des déchets et des eaux de ballast : Le transport maritime génère des déchets solides, liquides et atmosphériques. Le transport maritime durable encourage la gestion appropriée des déchets à bord des navires, y compris le recyclage, le traitement et l'élimination appropriés. De plus, il met l'accent sur le traitement des eaux de ballast pour prévenir la propagation d'espèces invasives.

Protection de la biodiversité marine : Le transport maritime durable vise à minimiser les impacts négatifs sur la biodiversité marine, notamment en évitant les zones écologiquement sensibles et en adoptant des pratiques de navigation respectueuses de l'environnement. Des mesures sont prises pour réduire les collisions avec les mammifères marins et les tortues, ainsi que pour prévenir les déversements de produits chimiques ou de carburants.

Utilisation de technologies propres : Les navires utilisant des technologies propres et respectueuses de l'environnement, comme les systèmes de propulsion électrique, l'utilisation de voiles pour réduire la consommation de carburant et les systèmes de récupération de chaleur, contribuent au transport maritime durable. De plus, l'intégration de l'automatisation et de la digitalisation dans la gestion des opérations maritimes peut améliorer l'efficacité et réduire l'empreinte environnementale.

Sensibilisation et réglementation : Les initiatives de transport maritime durable encouragent la sensibilisation et l'éducation des parties prenantes, y compris les armateurs, les opérateurs de navires, les autorités portuaires et les gouvernements. La réglementation joue également un rôle clé en fixant des normes environnementales strictes et en incitant à l'adoption de pratiques durables.

L'objectif ultime du transport maritime durable est de parvenir à une industrie maritime plus respectueuse de l'environnement, avec des émissions réduites, une meilleure gestion des ressources et une protection accrue des écosystèmes marins.⁴⁵

3.6 Le port maritime flottant a haut qualité environnementale

La construction d'un port flottant à haute qualité environnementale implique la mise en œuvre de principes et de mesures durables pour minimiser son impact sur l'environnement. Voici quelques considérations clés pour la réalisation d'un port flottant à haute qualité environnementale :

Planification et conception durable : La planification initiale du port flottant doit tenir compte des impacts environnementaux potentiels. Il est important de sélectionner un emplacement approprié qui minimise les impacts sur les écosystèmes marins sensibles et les habitats côtiers. La conception doit intégrer des principes durables, tels que l'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement, l'optimisation de l'efficacité énergétique, la gestion efficace de l'eau et la minimisation des déchets.

Gestion des sédiments et des eaux usées : Le port flottant doit mettre en place des systèmes de gestion des sédiments et des eaux usées pour éviter la pollution de l'environnement marin. Cela peut inclure la mise en place de stations d'épuration à bord des navires, le recyclage des eaux usées, la collecte et le traitement approprié des déchets solides et liquides, ainsi que la prévention des déversements de carburant et de produits chimiques.

Utilisation de technologies propres : Le port flottant peut intégrer des technologies propres pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et améliorer l'efficacité énergétique. Cela peut inclure l'utilisation de systèmes de propulsion à faibles émissions, l'intégration de sources d'énergie renouvelable, comme les panneaux solaires ou les éoliennes, et l'adoption de pratiques d'exploitation respectueuses de l'environnement.

Conservation de la biodiversité marine : Le port flottant doit prendre des mesures pour minimiser les impacts sur la biodiversité marine et les écosystèmes environnants. Cela peut impliquer la conception de structures qui permettent la libre circulation des

⁴⁵ <https://politiqueinternationale.com/revue/n156-la-croissance-bleue/dossier-special/pour-un-transport-maritime-durable-et-responsable>

espèces marines, la mise en place de zones de protection et de régénération, ainsi que la surveillance et la gestion des espèces invasives.

Sensibilisation et participation des parties prenantes : Il est important d'impliquer les parties prenantes, notamment les communautés locales, les pêcheurs, les groupes de conservation et les autorités compétentes, dans la planification et la gestion du port flottant. La sensibilisation et l'éducation sur les enjeux environnementaux et les bonnes pratiques sont essentielles pour promouvoir une approche durable et obtenir le soutien nécessaire.

Surveillance et suivi environnemental : Un suivi environnemental régulier est essentiel pour évaluer l'impact du port flottant sur l'environnement et prendre des mesures correctives si nécessaire. Cela peut inclure la surveillance de la qualité de l'eau, la surveillance des émissions et des déversements, ainsi que la surveillance de la biodiversité marine et des habitats côtiers.

En adoptant ces mesures, un port flottant peut-être construit en harmonie avec l'environnement, minimisant son impact et contribuant à la préservation des écosystèmes marins. Il est essentiel de travailler en étroite collaboration avec les experts en environnement, les autorités compétentes et les parties prenantes pour assurer la mise en œuvre réussie d'un port flottant à haute qualité environnementale.⁴⁶

3.7 Conclusion

En conclusion, les infrastructures de transport maritime flottant en Algérie sont un atout économique majeur, mais elles nécessitent une gestion éclairée et une vision à long terme pour répondre aux besoins croissants du pays tout en préservant l'environnement maritime. L'Algérie peut continuer à développer ses infrastructures maritimes en investissant dans des technologies plus propres et en favorisant des pratiques de gestion durable, contribuant ainsi à un avenir où le transport maritime soutiendra le développement économique tout en respectant les écosystèmes marins précieux de la Méditerranée.

⁴⁶ <https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/nouvelles-et-evenements/nouvelles/durable>

Chapitre 04 : Analyse et interprétation des résultats

4.1 Introduction

Le transport maritime est un pilier essentiel du commerce international, facilitant les échanges de marchandises dans le monde entier.

Cette étude vise à explorer et à fournir des exemples concrets ainsi qu'une analyse de questionnaires dans le secteur du transport maritime flottant.

4.2 Exemple 01 :

4.2.1 Présentation de projet : le port de Marseille

Type : Port de commerce

Statut : Grand port maritime (2008)

Tonnage : 78,52 Mt (2014)

Traffic : 2,46 M millions de passagers (dont 1,3 M de croisiéristes) / 1 179 910 conteneurs (2014)

Activités : Tourisme, logistique, transport fluvial, conteneurs, etc.⁴⁷



Figure 20.:port de Marseille

Source : https://www.tourmag.com/Marseille-le-port-instaure-une-prime-aux-performances-environnementales-pour-les-navires_a87367.html

Le port de Marseille Fos est le principal port de France, capable de gérer une grande variété de trafics tels que les hydrocarbures, les vracs liquides et solides, les marchandises diverses et les passagers. Ses installations maritimes, logistiques et industrielles hébergent des entrepôts et des industries près des terminaux à conteneurs de Fos-sur-Mer. L'accent est mis sur la préservation de l'environnement, avec un leadership européen dans l'approvisionnement électrique à quai et le ravitaillement en gaz naturel liquéfié (GNL) des navires. Le port est résolument engagé dans une croissance économique durable grâce à une approche novatrice et responsable pour l'aménagement industriel, favorisant les principes de l'économie circulaire.⁴⁸

⁴⁷ https://fr.wikipedia.org/wiki/Grand_port_maritime_de_Marseille#Le_grand_port_maritime

⁴⁸ <https://www.marseille-port.fr/surete-controlle-daccés>

4.2.2 Etude de port :

a. Situation et limite du port :

Le port de Marseille se trouve sur la côte méditerranéenne de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur en France. **Situé au croisement des routes maritimes mondiales, se positionne comme la porte d'entrée naturelle du Sud de l'Europe. Le port de Marseille Fos dispose d'espaces et d'infrastructures performantes pour accueillir des activités**⁴⁹

Le port de Marseille est divisé en deux parties : les bassins Est à Marseille et les bassins Ouest à Fos-sur-Mer. Ses limites sont complexes et varient selon les directions géographiques. Au nord, la ville de Marseille en fait partie, rendant les limites floues. À l'est, le littoral méditerranéen sert de



Figure 21:situation de port de Marseille

Source : google earth , 2023

frontière, pouvant s'étendre jusqu'à l'ancien port près de l'entrée du Vieux-Port. À l'ouest, la côte méditerranéenne délimite le port, incluant le port de Fos-sur-Mer, situé à environ 40 km à l'ouest du centre de Marseille. Au sud, le port est bordé par la mer Méditerranée, offrant un accès aux eaux internationales et aux destinations méditerranéennes.

La circonscription du grand port maritime de Marseille couvre un littoral de 70 km, s'étendant du Vieux-Port à Port-Saint-Louis-du-Rhône. Elle englobe les bassins Est (La Joliette, Arenc, Cap Janet, La Calade, Mourepiane à Marseille) ainsi que les bassins Ouest (Lavéra et Caronte à Martigues, Port-de-Bouc, Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône).⁵⁰

49 <https://www.marseille-port.fr/>

50 Jean-Luc Bonillo (dir.), Marseille Ville et Port, Marseille, Éditions Parenthèses, 1992.

b. Accessibilité / accès se projet :

Le port de Marseille est connecté au réseau routier par diverses routes terrestres, facilitant l'accès aux installations portuaires. Les principales routes d'accès au port sont les suivantes :

Autoroute A55 : Cette autoroute relie le centre-ville de Marseille au port et traverse des quartiers comme La Joliette. Elle joue un rôle essentiel dans la liaison entre la ville et le port.

Route départementale D5 : Cette route relie le port de Marseille à l'ouest de la ville et permet de rejoindre des destinations telles que Martigues, Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône.



Figure 22: les rue d'accès au port de Marseille

Route départementale D568 :

Source : google earth, 2023

Également appelée "Route du littoral", cette voie longe la côte méditerranéenne et relie différentes parties du port. Elle offre des accès aux bassins est et ouest du port de Marseille.

Voies internes du port : Une fois à l'intérieur du port, un réseau de voies internes connecte les divers bassins et terminaux. Cela permet aux véhicules de circuler facilement pour gérer les opérations de chargement et de déchargement.

Ces routes d'accès assurent la connectivité entre le port de Marseille et les réseaux routiers nationaux et régionaux, facilitant le transport des marchandises vers et depuis le port ainsi que la mobilité des travailleurs et des visiteurs.

c. Les composants de port :



Figure 23:: plans de bassin est de port de Marseille

Source : <https://www.marseille-port.fr/surete-control-daccs>

Le bassin est :

- | | | |
|----------------------|---------------|-------------------------|
| 1. Réparation navale | 4. Passagers | 7. Polyvalent / conro, |
| 2. Croisière | 5. Conteneurs | 8. roro, voitures |
| 3. Passagers | 6. Rouliers | 9. Vrac solides |
| | | 10. Vrac liquides |
| | | 11. Foncier valorisable |



Figure 24:plan de bassin ouest de port de Marseille

Source : <https://www.marseille-port.fr/surete-control-daccs>

Le bassin ouest :

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Espaces naturels | 6. Voitures | 10. Foncier valorisable |
| 2. Éoliennes | 7. Vrac solides | |
| 3. Énergie | 8. Vrac liquides | |
| 4. Conteneurs | 9. Logistique et distribution | |
| 5. Colis lourds | | |

4.2.3 Analyse de port

Diversité des trafics : Le port de Marseille gère une gamme étendue de trafics, couvrant les hydrocarbures, les cargaisons en vrac liquides et solides, les marchandises variées ainsi que le transport de passagers. Cette pluralité d'activités contribue à renforcer son importance économique.



Figure 25: le trafic de port de Marseille

Source :

<https://madeinmarseille.net/105182-bilan-grand-port-maritime-traffic-record-2021/>

Position dans les échanges mondiaux :

En qualité de porte d'accès méditerranéenne à l'Europe, le port de Marseille exerce une fonction essentielle dans le commerce international, en simplifiant les transactions avec diverses régions méditerranéennes et au-delà.

Connectivité : Grâce à un réseau de routes terrestres et à des connexions ferroviaires, le port de Marseille est bien relié aux infrastructures de transport terrestre, ce qui facilite le transport des marchandises vers et depuis le port.

Engagement envers la durabilité environnementale : Le port de Marseille Fos accorde une priorité primordiale à la préservation de l'environnement en mettant en place des mesures concrètes telles que l'introduction de l'alimentation électrique à quai et la fourniture de gaz naturel liquéfié (GNL) aux navires. Son objectif est de diminuer son impact carbone tout en favorisant l'adoption de pratiques respectueuses de la nature.

A- La structure de construction du port de Marseille

Terminaux à conteneurs : Les terminaux à conteneurs de Fos-sur-Mer sont conçus pour gérer efficacement le transport de marchandises en conteneurs. Il est équipé des dernières technologies environnementales, y compris des systèmes de manutention automatisés, pour optimiser les opérations de chargement et de déchargement.



Figure 26: terminaux de conteneurs de port de Marseille

Source : <https://portsetcorridors.com/2023/gpm-marseille-fos-une-annee-2022-qui-gomme-les-effets-de-la-pandemie/>

Analyse des exemples

Systemes énergétiques : Les infrastructures portuaires sont équipées de dispositifs électriques pour alimenter les navires à quai, contribuant ainsi à la diminution des émissions polluantes. De plus, une caractéristique significative de la transition énergétique au port de Marseille Fos est la disponibilité du ravitaillement en gaz naturel liquéfié (GNL).

Les installations flottantes : Dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt, le Port de Marseille a retenu deux classes d'équipements. En revanche, l'installation d'infrastructures flottantes est une innovation majeure en Méditerranée par rapport aux parcs éoliens fixes du nord de la France. Selon les dires du gestionnaire du port, près de trente hectares ont été spécifiquement réservés à la construction de pontons en béton.

En résumé, le port de Marseille occupe une position centrale dans le commerce maritime européen et joue un rôle vital dans le développement économique de sa région. Son dévouement envers la durabilité et l'innovation renforce son statut en tant que choix privilégié des entreprises pour le transport de marchandises à travers la Méditerranée et au-delà.

Dans l'ensemble, la structure de construction du port de Marseille est soigneusement élaborée pour répondre à la diversité des besoins des opérations portuaires, en mettant en avant l'efficacité, le respect de l'environnement et la sécurité. En conséquence, il se positionne comme un carrefour indispensable pour le commerce maritime dans la région méditerranéenne.

4.3 Exemple 02

4.3.1 Présentation de projet : port de Yokohama au Japon

Type : Port de commerce

Adresse : Yamashitachō, Naka-ku, Yokohama, Préfecture de Kanagawa 231-0023, Japon

Ouverture : 2 juin 1859

Places : 31^e port mondial et 3^e du Japon (2011)



Figure 27:port de Yokohama

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Port_de_Yokohama

Superficie : 7 260,5 ha ⁵¹

4.3.2 Etude de port :

a. Situation et limite du port :

Situé dans la préfecture de Kanagawa au Japon, le port de Yokohama est au cœur de la ville portuaire de Yokohama, positionnée sur la côte orientale de l'île de Honshu. Son emplacement stratégique en fait une porte d'accès essentielle pour les échanges internationaux et le commerce maritime dans la région. S'étendant le long des rives de la baie de Tokyo, ce port facilite efficacement les opérations portuaires, y compris le chargement et le déchargement des navires. En tant qu'infrastructure portuaire clé de Yokohama, il est en bordure de la baie de Tokyo, avec le port de Yokosuka au sud et les ports de Kawasaki et de Tokyo au nord.



Figure 28: situation de port de Yokohama

Source : google earth, 2023

b. Accessibilité :

Le port de Yokohama dispose d'un réseau de voies d'accès efficace, simplifiant le déplacement fluide des marchandises et des véhicules vers et depuis les installations portuaires.



Figure 29: les rue d'accès au port de Yokohama

Source : google earth, 2023

⁵¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Port_de_Yokohama

En résumé, le port de Yokohama bénéficie d'un réseau de voies d'accès bien établi, comprenant des autoroutes, des routes locales et des liaisons ferroviaires, contribuant à optimiser l'efficacité des opérations portuaires et du commerce dans la région.

c. Composants de port :



Figure 30: les composants de port

Source : <https://www.japan-guide.com/e/e3208.html>



Figure 31: les composants de port de Yokohama

Source : <https://photoguide.jp/log/2022/09/port-of-yokohama/>

La jetée d'Osanbashi : est largement reconnue pour abriter un terminal de croisière de grande envergure. Elle représente le tout premier quai moderne de Yokohama, ayant accueilli un grand nombre de navires de passagers au fil du temps. Jusqu'aux années 1960, de nombreux visiteurs étrangers posaient pour la première fois le pied au Japon sur cette jetée. Son emplacement avantageux se trouve à proximité du parc Yamashita, ajoutant à son attrait.



Figure 32:le jetée d'Osanbashi

Source :

<https://www.yokohamajapan.com/cruise/terminal/shinko>

Le Shinko Pier : représente un quai récent dédié aux navires de croisière. Sa situation privilégiée le place à proximité des principaux centres commerciaux et des attractions touristiques de la zone commerçante de Minato Mirai, en faisant un emplacement idéal pour les visiteurs.⁵²



Figure 33:le Shinko Pier de Yokohama

Source :

<https://en.japantravel.com/kanagawa/yokohama-s-osanbashi-pier/1640>

4.3.3 Les matériaux de construction

À propos des matériaux de construction... L'une des particularités de ce que la charpente est bien visible. Les aciers sont des aciers résistants au feu, qui se présentent sous leur forme originale sans revêtement ignifuge supplémentaire. L'extérieur de l'acier a été peint en utilisant la "méthode de pulvérisation de métal à température ambiante". Les autres matériaux de construction comprennent le bois pour le revêtement de sol (ipé) et les murs-rideaux en verre. Ce bâtiment a été construit en utilisant principalement « l'acier », le « bois » et le « verre. » À propos de l'ipé... Le sol du toit et du deuxième étage est en ipé, un bois brésilien cultivé dans les Amazones. IPE à la meilleure qualité d'endurance, de résistance aux insectes et de résistance parmi tous les matériaux en bois.

⁵² <https://photoguide.jp/log/2022/09/port-of-yokohama/>

4.3.4 Analyse de port :

Le respect de l'environnement est une préoccupation majeure des efforts les plus récents du port. Parmi ces efforts, le Port de Yokohama a annoncé en mai 2022 son intention de poursuivre la décarbonisation. À terme, l'objectif de ce plan est la réalisation d'un port neutre en carbone. Dans le cadre de ces efforts, le développement d'un remorqueur alimenté à l'ammoniac a débuté et les démonstrations d'exploitation devraient commencer en 2024.

Le port développe également une digue écologique. Ce projet fournit un habitat permettant à divers organismes de vivre et de se développer en créant un lit d'algues semblable à un récif. Cela encourage l'éco diversité et l'harmonie avec l'environnement local.⁵³

⁵³ <https://www.sglusa.com/fr/port-of-yokohama-port-report/>

4.4 L'enquête par questionnaire

Grâce à une enquête électronique. Publié sur Google Forms Des personnes ont répondu à une enquête sur la haute qualité environnementale des infrastructures flottantes de transport maritime

L'essentiel du sujet d'intérêt est traité à travers 18 questions, et l'échantillon ciblé est majoritairement des personnes dans le domaine de l'architecture et du génie civil avec d'autres dans tous les secteurs pour connaître le degré de sensibilisation des personnes à la haute qualité environnementale et aux installations flottantes

4.5.1 Information générale

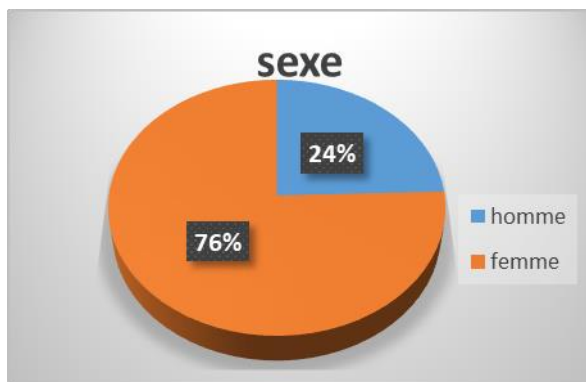


Figure 35::pourcentage de sexe

Source : auteur 2023

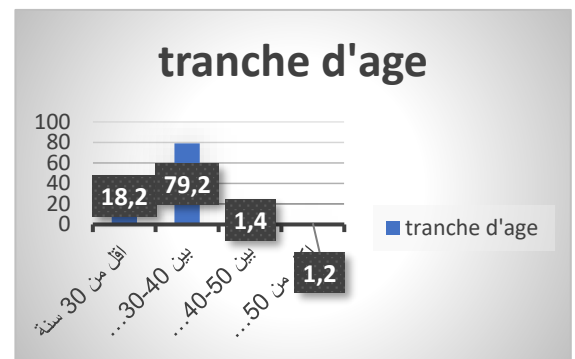


Figure 34:pourcentage de tranche d'Age

Source : auteur 2023

Selon la figure 34, l'échantillon est composé principalement de femme avec un pourcentage de 76% et d'homme avec un pourcentage de 24%

L'échantillon couvre une tranche d'âge, mais nous avons principalement ciblé la tranche d'âge, 30-40 ans, qui représente 79.2% de l'échantillon (Fig. 35). Cette décision est due au fait que ce groupe d'âge a plus d'expérience et de connaissances sur le sujet.

4.5.2 Information sur les constructions flottantes

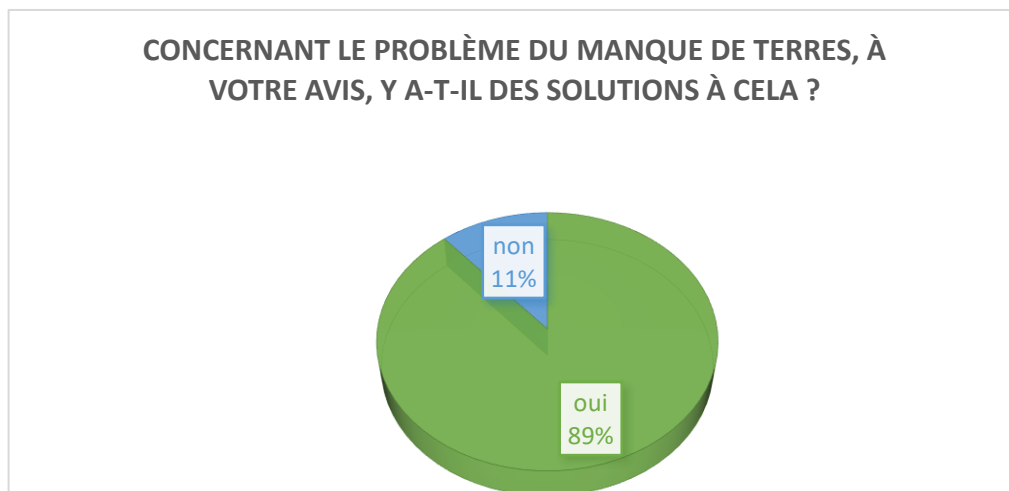


Figure 36: pourcentage des avis sur le problème des manques de terrain

Source : auteur 2023

En ce qui concerne la question de la rareté des terres, 89% de l'échantillon ont répondu que oui, il existe une solution à ce problème, et à partir de là, on peut dire qu'il existe une opportunité de trouver des solutions à ce problème.

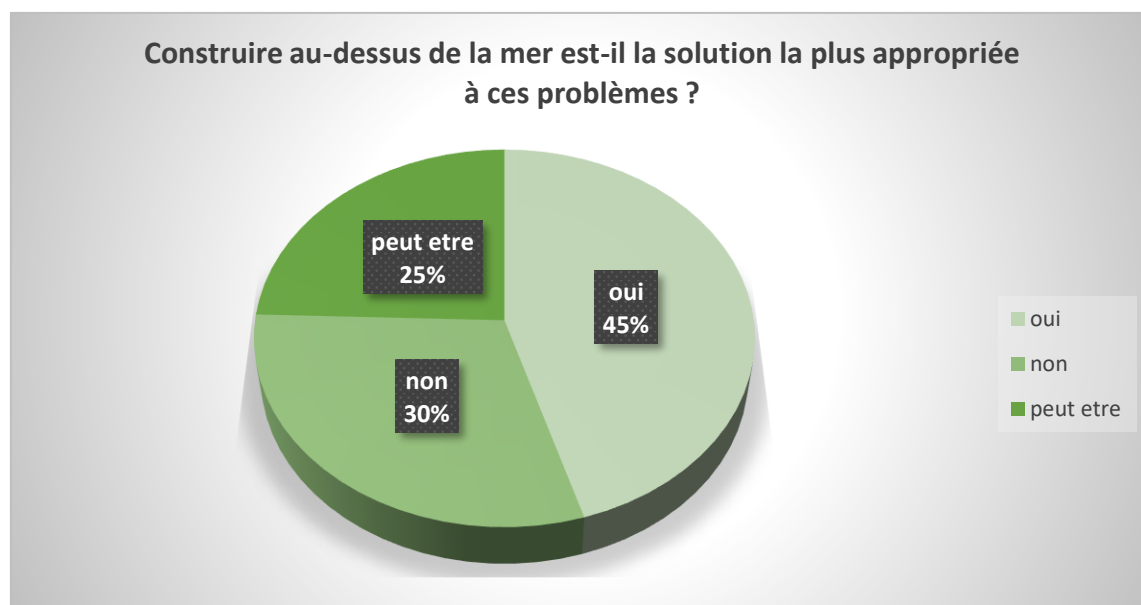


Figure 37: pourcentage des avis pour construire sur la mer

Source : auteur 2023

D'après la Figure 37, la plus grande part (45%) choisit de construire sur l'eau est la meilleure solution à ce problème, c'est ce qui nous fait conclure que la pensée de la société algérienne a commencé à se développer, et donc que les technologies modernes et avancées peuvent être incluses dans le domaine de la construction.

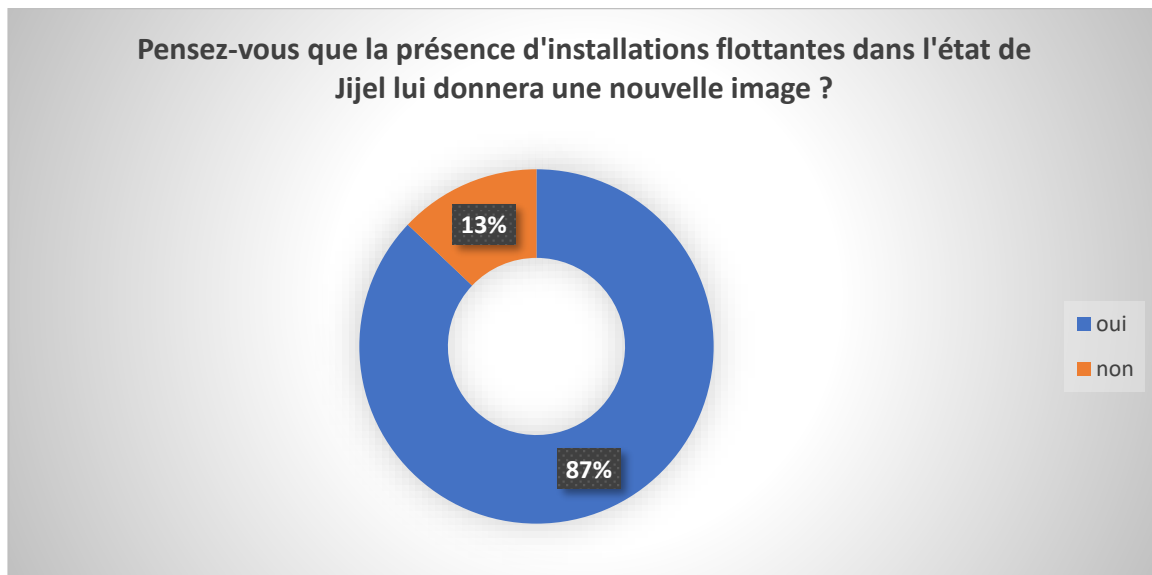


Figure 38: pourcentage des avis sur l'image de Jijel avec les installations flottantes

Source : auteur

D'après la figure 38, 87 % de l'échantillon ont confirmé que les bâtiments flottants donneraient une nouvelle image à l'état de Jijel, et aussi 93 % de l'échantillon pensaient qu'il jouait un rôle important dans l'attraction des touristes, et à partir de là, il est possible que ces avis favoriseraient le développement de la construction flottante en Algérie et à Jijel en particulier

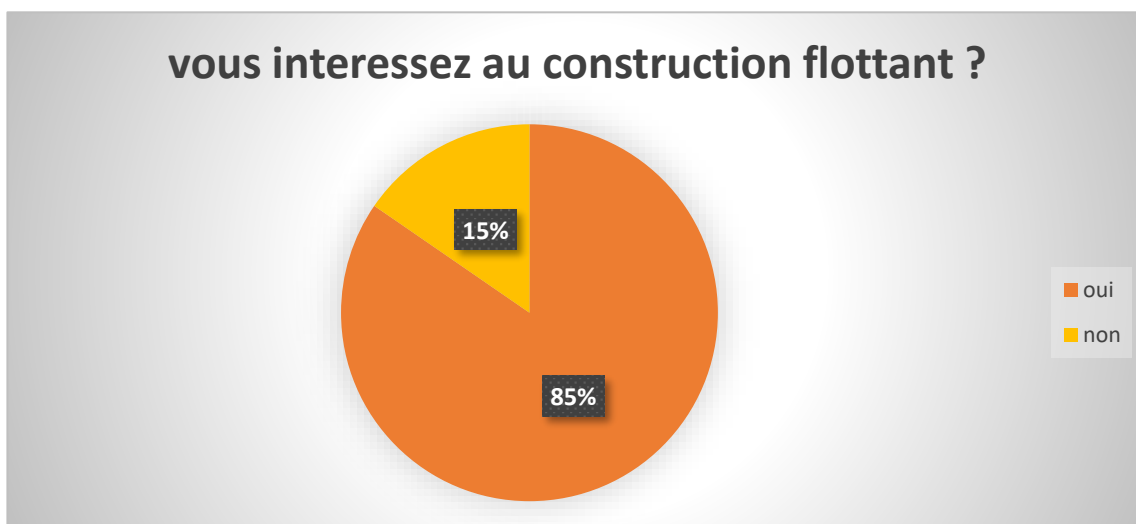


Figure 39: pourcentage des avis sur les constructions flottantes

Source : auteur

La majorité de l'échantillon (85%), Figure 39, s'intéresse aux constructions flottantes, ce qui indique l'évolution de la pensée et pousse le pays à se débarrasser des méthodes traditionnelles de construction

4.5.3 Information sur la qualité environnementale

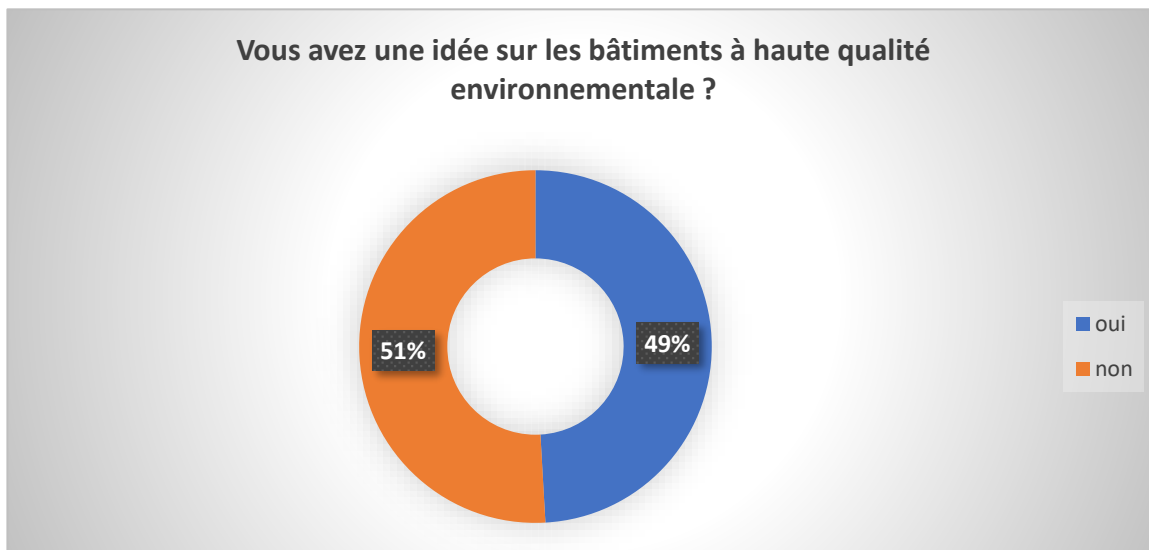


Figure 40: pourcentage des avis sur la haute qualité environnementale

Source : auteur

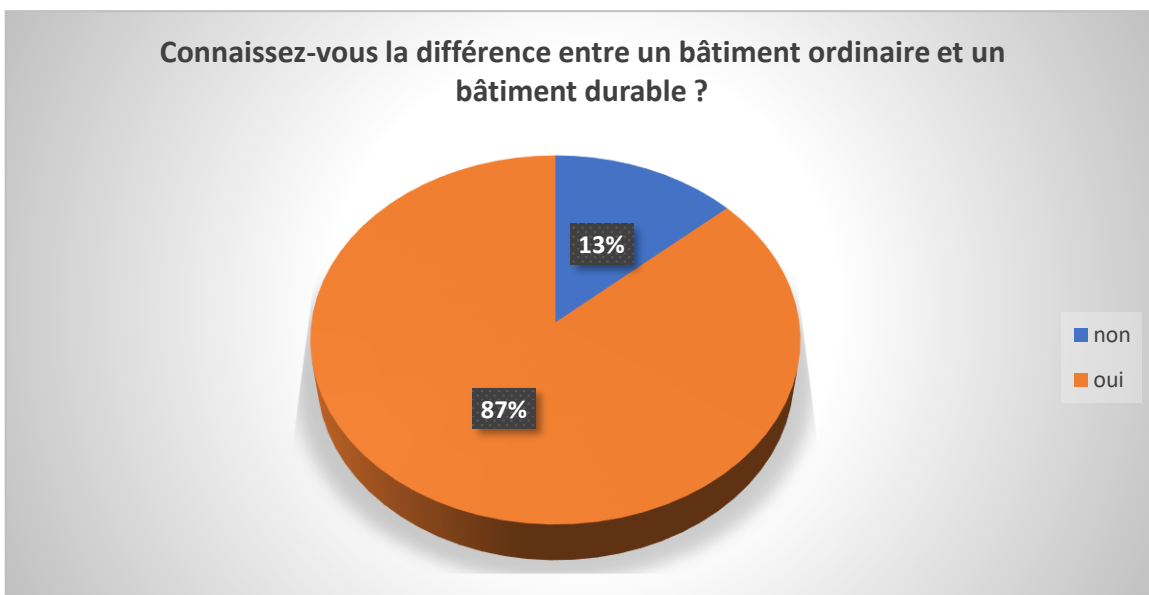


Figure 41: pourcentage des avis sur la différence entre bâtiment ordinaire et durable

Source : auteur

D'après les Figures 40 et 41, nous constatons que 51% de l'échantillon a une vision de la haute qualité environnementale, et 87% connaissent la différence entre le bâtiment durable et le bâtiment ordinaire, et c'est une bonne chose et motivante, et nous en concluons que nous pouvons changer le bâtiment et rendre l'Algérie durable

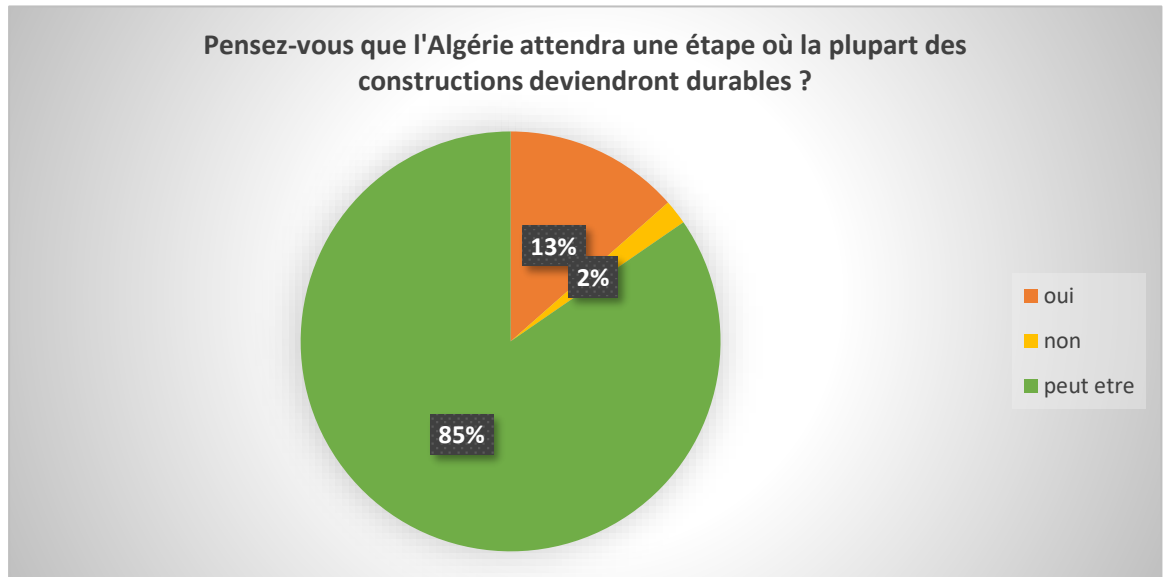


Figure 42: pourcentage des avis sur la durabilité aux futures en Algérie

Source : auteur

D'après la figure 42, nous constatons que 85% réaffirment que l'Algérie peut atteindre un stade où la plupart des bâtiments sont de haute qualité environnementale.

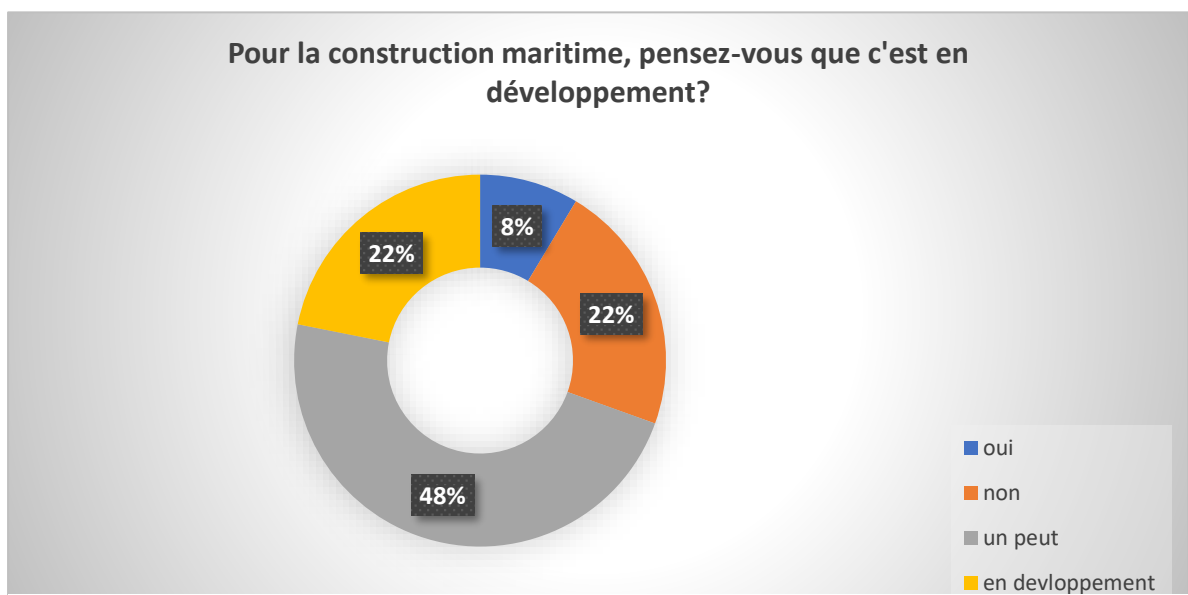


Figure 43:: pourcentage des avis sur le développement des constructions maritime

Source :auteur

Au travers de la figure 43, nous constatons que les aménagements maritimes sont développés, mais de façon modeste, et pour cela, et au travers des analyses précédentes, nous devons les mettre parmi nos priorités en termes d'allongement, car ils jouent un rôle important dans le développement du pays

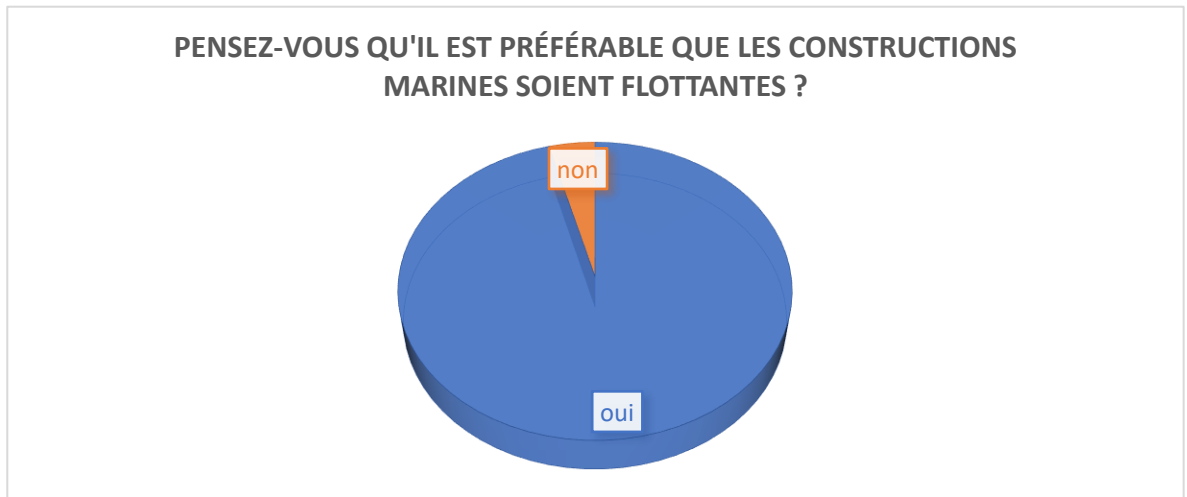


Figure 44: pourcentage des avis sur les constructions maritime flottant

Source : auteur

A partir la figure 44 nous constatons que la majorité d'échantillon préféré que la construction maritime doit être flottant et c'est l'objectif principal de cette mémoire

4.5 Synthèse

Afin de minimiser les atteintes à l'environnement et d'obtenir construction maritime flottant à haute qualité environnementale, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs facteurs clés dans la conception architecturale, tout d'abord :

- Il est crucial d'accorder une attention minutieuse à la conception des systèmes structuraux et des toits en utilisant des matériaux respectueux de l'environnement. De plus, l'exploration des techniques de construction flottante qui préservent l'écosystème océanique est primordiale.
- L'intégration de systèmes avancés, tels que les panneaux solaires, et la mise en place de réglementations appropriées peuvent réduire la consommation d'énergie jusqu'à 60 %. Parallèlement, la disposition optimale du bâtiment et l'incorporation judicieuse d'ouvertures permettent de maximiser l'éclairage naturel, diminuant ainsi la nécessité d'un éclairage artificiel coûteux. Cette approche est l'un des piliers d'une construction durable.

- La conception de systèmes d'alimentation électrique adaptés aux navires joue également un rôle crucial. De plus, l'existence même d'un port flottant peut réduire la nécessité de créer des ports internes, évitant ainsi des impacts environnementaux négatifs.

4.6 Recommandations

Créer un projet maritime flottant à haute qualité environnementale est une excellente idée pour contribuer à la préservation des écosystèmes marins et à la durabilité globale. Voici quelques recommandations pour vous aider à concevoir et mettre en œuvre un tel projet :

- Sélectionnez un emplacement approprié pour votre projet, en tenant compte des caractéristiques marines locales, de la biodiversité et des besoins environnementaux spécifiques de la région. Évitez les zones sensibles, telles que les réserves marines ou les habitats fragiles.
- Concevez vos structures flottantes en utilisant des matériaux durables et respectueux de l'environnement, tels que des matériaux recyclés, des composites biodégradables ou des matériaux à faible empreinte carbone.
- Intégrez des sources d'énergie renouvelable, telles que des panneaux solaires, des éoliennes marines ou des technologies de récupération d'énergie des vagues, pour alimenter les installations du projet.
- Mettez en place un système de traitement des eaux usées respectueux de l'environnement pour éviter la pollution marine et maintenir la qualité de l'eau environnante.
- Assurez-vous que votre projet n'entrave pas les mouvements des espèces marines migratoires et que les structures flottantes ne deviennent pas des obstacles pour la faune locale.
- Établissez un plan solide de gestion des déchets pour minimiser les déchets produits par le projet et encouragez le recyclage et la réutilisation.
- Intégrez des programmes éducatifs et de sensibilisation pour informer le public sur l'importance de la préservation des océans et des écosystèmes marins.
- Mettez en place un système de surveillance pour suivre les impacts environnementaux de votre projet au fil du temps et apporter les ajustements nécessaires.

- Travaillez en étroite collaboration avec les autorités locales, les communautés et les organisations environnementales pour garantir que votre projet est conforme aux réglementations et aux besoins locaux.
- Explorez les dernières innovations technologiques pour améliorer continuellement l'efficacité environnementale de votre projet. Cela pourrait inclure des systèmes de purification de l'eau avancés, des systèmes de monitoring environnemental avancés, etc.
- Collaborez avec des experts, des chercheurs et des ONG spécialisées dans la protection marine et le développement durable pour obtenir des conseils et des idées pour améliorer votre projet.

En combinant une conception respectueuse de l'environnement avec une gestion minutieuse et une approche éducative, votre projet maritime flottant à haute qualité environnementale pourrait devenir un modèle exemplaire de durabilité dans les écosystèmes marins.

4.7 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, plusieurs points clés ressortent. Une analyse approfondie des données et des indicateurs liés à la durabilité environnementale et à l'efficacité opérationnelle des infrastructures marines flottantes a mis en évidence les avantages et les défis inhérents à la mise en œuvre de ces technologies innovantes.

Tout d'abord, il est clair que les infrastructures flottantes offrent un grand potentiel pour répondre aux défis environnementaux actuels. Leur conception modulaire et leur capacité à s'adapter aux variations du niveau de la mer ou aux besoins spécifiques des opérations maritimes en font des solutions souples et flexibles.

Pendant, les défis techniques et opérationnels auxquels sont confrontées ces infrastructures ne doivent pas être sous-estimés. Là où l'importance d'une conception robuste et d'une planification minutieuse doit être soulignée pour assurer la stabilité, la durabilité et des performances optimales dans des conditions marines exigeantes. Des facteurs tels que les forces océaniques, le changement climatique et les contraintes logistiques doivent être considérés de manière globale.

Par ailleurs, l'acceptabilité sociale et la réglementation jouent également un rôle majeur dans le succès du déploiement de ces infrastructures.

En résumé, l'interprétation des résultats HQE des infrastructures flottantes de transport maritime montre que ces solutions apportent des bénéfices significatifs en termes de durabilité environnementale et d'efficacité opérationnelle. Cependant, sa mise en œuvre nécessite une approche globale, prenant en compte les aspects techniques, environnementaux, sociaux et organisationnels. Les résultats de cette étude fournissent des informations précieuses pour guider les décisions futures dans le développement et l'exploitation d'infrastructures marines flottantes, dans le but ultime de promouvoir une coexistence harmonieuse entre les activités humaines et les écosystèmes marins.

Conclusion générale

Le mémoire sur la qualité environnementale des infrastructures flottantes de transport maritime a permis d'explorer en profondeur les enjeux cruciaux qui entourent cette industrie vitale. À travers une analyse approfondie, nous avons examiné les multiples dimensions de cette problématique, en mettant en évidence les défis, les réglementations, les innovations technologiques et les opportunités qui façonnent l'avenir du transport maritime durable.

Il est indéniable que le transport maritime joue un rôle inestimable dans l'économie mondiale en facilitant le commerce international et en permettant la mobilité des marchandises essentielles. Cependant, cette contribution économique est contrebalancée par les conséquences environnementales majeures engendrées par cette industrie, allant de la pollution de l'air et de l'eau aux émissions de gaz à effet de serre et à la perte de biodiversité marine.

Dans ce contexte, nous avons souligné l'importance cruciale de la prise de mesures pour atténuer l'impact environnemental des infrastructures flottantes de transport maritime. Les réglementations nationales et internationales se sont intensifiées, incitant l'industrie à adopter des pratiques plus propres et à investir dans des technologies plus respectueuses de l'environnement.

L'innovation technologique a également été mise en avant comme un vecteur clé pour une transition vers un transport maritime plus durable. Des navires plus économes en énergie, des solutions de gestion des déchets en mer, des carburants alternatifs et des systèmes de propulsion plus efficaces sont autant d'exemples de progrès qui offrent des perspectives d'amélioration significative.

De plus, nous avons abordé la nécessité d'une gestion environnementale durable au sein de l'industrie, avec un accent particulier sur la sensibilisation des acteurs clés et la promotion de la responsabilité environnementale. Une prise de conscience accrue de l'impact du transport maritime sur les écosystèmes marins et de la nécessité de préserver ces précieuses ressources doit guider les décisions futures.

En conclusion, ce mémoire a mis en lumière l'importance cruciale de la qualité environnementale dans le transport maritime. Il a souligné les défis pressants qui doivent être relevés, tout en identifiant les voies vers un avenir où le transport maritime continuer à soutenir le commerce mondial tout en préservant les écosystèmes marins vitaux.

Ce document invite l'industrie maritime, les gouvernements et la communauté internationale à œuvrer ensemble pour un avenir plus durable sur les mers et les océans de notre planète.

• Références

- advisor, b., 2023. Available at: <https://batiadvisor.fr/leed-certification/> consulté le juin 2023.
- aquaportail, 2011. Available at: [12. https://www.blog-habitat-durable.com/maison-flottante-concept-avantages-construction/#:~:text=Les%20avantages%20ind%C3%A9niables%20des%20maisons%20flottantes&text=Elles%20r%C3%A9pondent%20au%20probl%C3%A8me%20de,style%20de%20vie%20plus%20%C3%A9cologiq](https://www.blog-habitat-durable.com/maison-flottante-concept-avantages-construction/#:~:text=Les%20avantages%20ind%C3%A9niables%20des%20maisons%20flottantes&text=Elles%20r%C3%A9pondent%20au%20probl%C3%A8me%20de,style%20de%20vie%20plus%20%C3%A9cologiq) consulté le janvier 2023.
- Aquashelle, 2022. Available at: <https://www.aquashell.fr/concept/> consulté le mars 2023.
- autonomie, l., 2022. Available at:
- http://autonomie.larantides.com/batiment_flottant_amphibie.htm consulté le juillet 2023.
- expo, n., s.d. *notic expo*. Available at: <http://www.flofiz.com/flotteurs.html> consulté le 15 fevrier 2023.
- Gruescu, J.-l. M. e. L. C., 2014. *l'ecoconception dans les batiment*. s.l.:s.n.
- institute, T. s., March 2014. *The Floating City Project*. s.l.:s.n.
- joseph, v., 2020. Available at: <https://sonar.ch/rerodoc/330003/files/NYFFENEGGER-VINCENT-FINAL-JUI20.pdf> consulté le janvier 2023.
- l'ecologie, l. d., 2008 Available at: http://www.lagrandepoubelle.com/wikibis/ecologie/quinzieme_cible_hqe.php consulté le le juin 2023].
- l'ingenieurie, t. d., 2012. *technique de l'ingenieurie*. [En ligne] Available at: <https://www.techniques-ingenieur.fr/> consulté le 17 avril 2023.
- mond, t., 2023. Available at: [24. https://languefrancaise.tv5monde.com/decouvrir/dictionnaire/i/infrastructure%20de%20transport](https://languefrancaise.tv5monde.com/decouvrir/dictionnaire/i/infrastructure%20de%20transport) consulté le 15 fevrier 2023.

- morgen, j., 2022. *sumisho global logistics usa*.
Available at: <https://www.sglusa.com/fr/port-of-yokohama-port-report/>
consulté le 25 avril 2023.
- ono, f., 2022. Available at: <https://photoguide.jp/log/2022/09/port-of-yokohama/>
consulté le 15 mai 2023.
- paris, A. d., 2020. Available at: [4. http://www.strukture-environnement.com/principe-hqe_amo-smo-cibles-certification-developpement-durable.html](http://www.strukture-environnement.com/principe-hqe_amo-smo-cibles-certification-developpement-durable.html) consulté le fevrier 2023.
- public, c. n. d. d., 2015. Available at: <https://cpdp.debatpublic.fr/cdpd-eolienmer>
consulté le fevrier 2023.
- québic, b. d., 2021. Available at: [6. https://batimentdurable.ca/](https://batimentdurable.ca/)
consulté le mars 2023.
- systems, i. m. f., s.d. Available at:
<https://www.floatingstructures.com/product/marinas/> consulté le 28 janvier 2023.
- transport, t., 2022. Available at: <https://www.transittransport.fr/les-avantages-du-transport-maritime.html> consulté le 17 mars 2023.
- wang, 2014. *large flotting structure*. s.l.:s.n.
- wittrig, s., march 2013. *the seasteading institute*.
Available at: <https://www.aquaportail.com/definition-10001-flottaison.htm>
consulté le janvier 2023.
- <https://www.techniques-ingenieur.fr/>
- <https://www.marseille-port.fr/surete-controle-dacces>
- <https://www.marseille-port.fr/>
- <https://youmatter.world/fr/definition/definition-developpement-durable/>
- <https://www.iisbe.org/sbmethod>
- <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/batiment-hqe-5350/>

- <http://www.cstb.fr/archives/webzines/editions/juin-2004/pourquoi-valoriser-la-haute-qualite-environnementale-des-batiments-tertiaires.html>
- <https://www.renovermonecole.be/fr/objectifs-environnement/limiter-impacts-lutilisation-materiaux-construction/outils-devaluation>
- <https://www.ecologie.gouv.fr/leco-conception-des-produits#:~:text=L'%C3%A9co%2Dconception%20consiste%20%C3%A0,utilisation%20et%20fin%20de%20vie.>
- https://amtuir.org/03_htu_generale/htu_1_avant_1870/htu_1.htm
- https://www.citego.org/bdf_dossier-98_fr.html
- <https://www.provence7.com/zoom/mer-mediterranee/transports-maritimes-dans-le-monde-chiffres-enjeux-et-tendances/#:~:text=La%20croissance%2C%20pour%20ne%20pas,%2C%20consommation%2C%20mod%C3%A8les%20de%20croissance%E2%80%A6>
- <https://politiqueinternationale.com/revue/n156-la-croissance-bleue/dossier-special/pour-un-transport-maritime-durable-et-responsable>
- <https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/nouvelles-et-evenements/nouvelles/durable>

Annexes

Annexe 02 : formulaire de questionnaire

الجودة البيئية العالية للبنية التحتية العائمة للنقل البحري

هذا الاستبيان هو جزء من اعداد اطروحة الماستر 02 في الهندسة المعمارية الي اتابعها حاليا في جامعة محمد الصديق بن يحي_جبل التي تركز حول الجودة البيئية العالية للبنية التحتية العائمة للنقل البحري سأكون ممتنا لمشاركتك في هذا الاستطلاع من خلال الإجابة على جميع الأسئلة بأفضل ما لديك. من المفترض أن يستغرق إكمالها حوالي [10-20 دقيقة] وستكون ردودك مجهولة المصدر ، وسيتم استخدام البيانات التي تم جمعها من اجل اغراض اكاديمية شكرا مسبقا على اجابتم على الاستبيان.

معلومات شخصية

1. * ما هو جنسك ؟
 - انثى
 - ذكر
2. * ما هي فئتك العمرية ؟
 - اقل من 30 سنة
 - بين 30 - 40 سنة
 - بين 40 - 50 سنة
 - اكثر من 50 سنة
3. * ما هو مستواك الدراسي ؟
 - ابتدائي
 - متوسط
 - ثانوي
 - جامعي دون
 - مستوى
4. * مكان اقامتك
 - جبل
 - بلدية من نفس الولاية
 - ولاية حدودية
 - ولاية اخرى
5. ما هو مجال عملك ؟

معلومات حول المنشآت العائمة

6. بالنسبة لمشكلة قلة الأرض برأيك هل هناك حلول لذلك؟

نعم

لا

7.. ما هو برأيك الحل لهذه المشكلة؟

البنايات العالية

العائمة

Autre :

8. هل البناء فوق البحر هو الحل الأنسب لهذه المشاكل ؟

نعم

لا

9. هل تعتقد أن وجود منشآت عائمة في ولاية جيجل سيعطيها صورة جديدة؟

نعم

لا

10. هل تهتم بالبنايات العائمة ؟

نعم

لا

11. هل تفضل البناء على البحر ام على البر ؟
 البحر
 البر
12. هل تعتقد ان ابنائك العائمة على مستوى ولاية جيجل ستجعلها اكثر استقطاب للمباح؟
 نعم
 لا

معلومات حول الجودة البيئية

13. هل لديك فكرة عن المباني ذات الجودة البيئية العالية ؟
 نعم
 لا
14. هل تعرف الفرق بين المبني العادي والمبني المستدام ؟
 نعم
 لا
- 15.. هل تعتقد أن الجزائر ستنظر مرحلة يصبح فيها معظم البناء مستداما ؟
 نعم
 لا
 ممكن
- 15.. هل تعتقد أن الجزائر ستنظر مرحلة يصبح فيها معظم البناء مستداما ؟
 نعم
 لا
 ممكن
- 16.. بالنسبة للمنشآت البحرية هل تعتقد انها قيد التطوير ؟
 نعم
 لا
 قليلا
 في تطور

17. هل تعتقد انه من الأفضل ان تكون النباتات البحرية عائمة ؟

نعم

لا

18.. لماذا ؟

ملخص

يتميز مجال الهندسة المعمارية بإبداعه اللامحدود، حيث يمثل تصميم المباني والمساحات تحدياً معقداً. ومع ذلك، فإن أحد التحديات الرئيسية التي يواجهها المهندسون المعماريون هو إمكانية جعل المبنى مستداماً، الأمر الذي ينطوي على تكاليف إضافية. ولكن بفضل التقدم التكنولوجي، تمكن المتخصصون في الهندسة المعمارية من الابتكار وتحسين عملهم بشكل أكثر فعالية. تعد الجودة البيئية العالية إحدى التقنيات المطبقة بشكل رئيسي في هذا المجال.

كما أدت احتياجات التنقل المتغيرة في عالم يتزايد فيه التحضر والوعي البيئي إلى ظهور البنية التحتية للنقل العائمة كبديل واعد. وتوفر هذه البنى التحتية، التي غالباً ما تكون مبتكرة ومتعددة الاستخدامات، استجابة للطلب المتزايد على النقل وخاصة النقل البحري مع تقديم فوائد محتملة من حيث الاستدامة البيئية. يتناول موضوع الجودة البيئية للبنى التحتية للنقل العائمة الجوانب البيئية المرتبطة بتصميمها وإنشائها وتشغيلها وتأثيرها على النظم البيئية المائية والبرية. ويهدف إلى تقييم إمكاناته كحل تنقل صديق للبيئة واقتراح استراتيجيات لتقليل بصمته البيئية.

إن مسألة الجودة البيئية للبنى التحتية للنقل العائمة لها أيضاً أهمية كبيرة في عالم يواجه تحديات التنقل والحفاظ على البيئة. إنه يشجعنا على استكشاف حلول مبتكرة وإعادة التفكير في نهجنا في النقل في سياق التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية : البيئة، الجودة البيئية العالية، البنايات العائمة، المنشآت البحرية العائمة

Résumé :

Le domaine de l'architecture se caractérise par sa créativité sans limites, car la conception de bâtiments et d'espaces représente un défi complexe. Cependant, l'un des principaux défis auxquels sont confrontés les architectes est de savoir si le bâtiment peut être rendu durable, ce qui implique des coûts supplémentaires. Mais grâce aux progrès technologiques, les professionnels de l'architecture ont pu innover et améliorer leur travail plus efficacement. La haute qualité environnementale est l'une des technologies principalement appliquées dans ce domaine.

L'évolution des besoins de mobilité dans un monde de plus en plus urbanisé et soucieux de l'environnement a également donné naissance aux infrastructures de transport flottantes comme alternative prometteuse. Ces infrastructures, souvent innovantes et multi-usages, apportent une réponse à la demande croissante de transports, notamment maritimes, tout en offrant des bénéfices potentiels en termes de durabilité environnementale. Le thème de la qualité environnementale des infrastructures de transport flottantes aborde les aspects environnementaux associés à leur conception, leur construction, leur exploitation et leur impact sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Il vise à évaluer son potentiel en tant que solution de mobilité respectueuse de l'environnement et à proposer des stratégies pour réduire son empreinte environnementale.

La question de la qualité environnementale des infrastructures de transport flottantes revêt également une grande importance dans un monde confronté aux défis de mobilité et de préservation de l'environnement. Il nous encourage à explorer des solutions innovantes et à repenser notre approche du transport dans le contexte du développement durable.

Mots clé : l'environnement , la haute qualité environnementale , les constructions flottants , les constructions maritime flottants

Summary :

The field of architecture is characterized by its limitless creativity, because the design of buildings and spaces represents a complex challenge. However, one of the main challenges faced by architects is whether the building can be made sustainable, which involves additional costs. But thanks to technological advancements, architectural professionals have been able to innovate and improve their work more effectively. High environmental quality is one of the technologies mainly applied in this field.

Changing mobility needs in an increasingly urbanized and environmentally conscious world have also given rise to floating transport infrastructure as a promising alternative. These infrastructures, often innovative and multi-use, provide a response to the growing demand for transport, particularly maritime transport, while offering potential benefits in terms of environmental sustainability. The theme of environmental quality of floating transport infrastructures addresses the environmental aspects associated with their design, construction, operation and their impact on aquatic and terrestrial ecosystems. It aims to assess its potential as an environmentally friendly mobility solution and propose strategies to reduce its environmental footprint.

The question of the environmental quality of floating transport infrastructures is also of great importance in a world faced with the challenges of mobility and environmental preservation. It encourages us to explore innovative solutions and rethink our approach to transport in the context of sustainable development.

Keywords: environment, high environmental quality, floating buildings, floating marine installations