

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Travaux publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'art

Par : BOUZIANI Meriem Sarah

Sujet

**MANAGEMENT D'UN PROJET DE TRAVAUX PUBLICS
ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE
LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »**

Soutenu publiquement, le **10 / 06 /2024**, devant le jury composé de :

M.BENYELLES Z.	MCB	Université de Tlemcen	Président
M.CHERIF BENMOUSSA M.Y.	MAA	Université de Tlemcen	Examineur
M.HAMZAOUI F.	MCA	Université de Tlemcen	Encadrant
M.MEDJAHDI H.	Doctorant	Université de Tlemcen	Co-encadrant
Melle.MOSTEGHANEMI.S	Doctorante	Université de Tlemcen	Invitée

Année universitaire : 2023 /2024

REMERCIEMENTS

Dans ces premiers mots, je me dois de remercier et de témoigner ma profonde gratitude à mes encadrants : Docteur HAMZAoui Fethi et Monsieur MEDJAHDI Housseyn Ismail pour leur soutien et leurs conseils avisés, qui ont grandement facilité à l'élaboration de ce travail, et qui, par leurs disponibilités, leurs écoutes, leurs compétences et leurs analyses pertinentes, m'ont toujours amenée à pousser ma réflexion de plus en plus loin.

Je tiens à adresser mes remerciements à Monsieur BENYELLES Zoheir, enseignant à l'université de Tlemcen d'avoir fait l'honneur d'assurer la présidence de ce jury.

Je remercie également Monsieur CHERIF BENMOUSSA Mohamed Yazid, enseignant à l'université de Tlemcen pour l'intérêt et le temps qu'il a porté à mon travail et d'avoir accepté de l'examiner. Qu'il trouve ici mes considérations les plus sincères.

Je désire exprimer mes vifs remerciements à Monsieur SEBAA Karim, ingénieur en génie civil à SOGERHWIT Tlemcen, pour son accueil durant mon stage, et pour tous les conseils et éclaircissements qu'il m'a prodigués, ainsi qu'à toute l'équipe du service technico-commerciale.

Mes remerciements s'adressent aussi à toutes les personnes qui ont aidé à élaborer ce mémoire et à toute personne y ayant contribué de près ou de loin, que ce soit sur le plan éducatif ou instructif.

DÉDICACES

À ma mère, source d'inspiration et de soutien.

En hommage à mon père, fervent défenseur de la réussite et de la persévérance.

En souvenir de ma chère grand-mère, dont la bienveillance et le désir de me voir heureuse
restent gravés dans mon cœur.

À mes frères, complices de toujours.

À mes neveux et nièces, qui apportent tant de joie et d'émerveillement à nos vies.

Et à mon fiancé, dont les encouragements ont été une lumière dans les moments difficiles.

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes chères qui ont marqué mon parcours.

RÉSUMÉ

Face aux défis environnementaux croissants, notamment le stress hydrique exacerbé par le changement climatique, la réalisation de stations d'épuration des eaux usées apparaît comme une priorité en Algérie. Le secteur des travaux publics algérien est ainsi le théâtre d'une diversité de projets d'envergure de ce type, nécessitant un management de projet rigoureux et adapté au contexte local.

Ce mémoire se focalise sur le management des projets de travaux publics en Algérie, à travers une étude de cas portant sur la réalisation de la station d'épuration de Chettia dans la wilaya de Chlef. Après une analyse du secteur du bâtiment et des travaux publics par l'approche SWOT visant à évaluer la situation et l'environnement de travail des entreprises, un aperçu du fonctionnement général des stations d'épuration est fourni pour comprendre les enjeux techniques inhérents à ce type d'infrastructure. La partie théorique porte ensuite sur les concepts clés du management de projet, en se focalisant sur les méthodes de gestion des coûts, des délais et des risques.

L'approche novatrice adoptée dans ce mémoire réside dans l'application concrète de ces notions à l'étude de cas de la STEP de Chettia. En s'appuyant sur des outils éprouvés tels que la matrice RACI, la structure de découpage du projet WBS et l'outil logiciel MS Project. Une estimation détaillée des coûts et des délais est élaborée, suivie d'une analyse approfondie des risques liés au projet à l'aide de la méthode APR. En combinant ainsi une approche rigoureuse à une analyse contextualisée des spécificités du projet, ce mémoire apporte une contribution originale et substantielle au domaine du management de projets de travaux publics en Algérie, formulant des recommandations pratiques adaptées.

Mots clés :

BTP, management ,station d'épuration , WBS, risque, coût, délais, RACI, APR

ملخص

في ظل التحديات البيئية المتزايدة، ولا سيما الإجهاد المائي الناجم عن تغير المناخ، تُعتبر إقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي أولوية في الجزائر. وهكذا، يُعد قطاع الأشغال العمومية الجزائري مسرحاً لتنوع من المشاريع الضخمة من هذا النوع، مما يتطلب إدارة مشاريع صارمة ومتكيفة مع السياق المحلي.

تركز هذه المذكرة على إدارة مشاريع الأشغال العمومية في الجزائر، من خلال دراسة حالة حول إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة الشطية بولاية الشلف. بعد تحليل قطاع البناء والأشغال العمومية وباستعمال طريقة SWOT بهدف تقييم الوضع وبيئة عمل الشركات، يتم تقديم لمحة عامة عن سير عمل محطات معالجة مياه الصرف الصحي لفهم التحديات التقنية الكامنة في هذا النوع من البنى التحتية. ثم تركز الجزء النظري على المفاهيم الرئيسية لإدارة المشاريع، مع التركيز على أساليب إدارة التكاليف والجدول الزمنية والمخاطر.

تكمّن النهج المبتكرة المعتمدة في هذه المذكرة في التطبيق الملموس لهذه المفاهيم على دراسة حالة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الشطية. بالاعتماد على أدوات مُثبتة مثل مصفوفة RACI، هيكل تجزئة العمل WBS وبرنامج MSPROJECT. يتم إعداد تقدير مفصل للتكاليف والجدول الزمنية، متبوعاً بتحليل معمق للمخاطر المرتبطة بالمشروع باستخدام طريقة APR. من خلال الجمع بين نهج صارم وتحليل السياق لخصوصيات المشروع، تقدم هذه المذكرة مساهمة أصلية وجوهرية في مجال إدارة مشاريع الأشغال العمومية في الجزائر، مع صياغة توصيات عملية ومتكيفة.

الكلمات المفتاحية :

البناء والأشغال العمومية، الإدارة، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، هيكل تجزئة العمل WBS، المخاطر، التكلفة، المواعيد، RACI، APR

ABSTRACT

Faced with growing environmental challenges, particularly water stress exacerbated by climate change, the construction of wastewater treatment plants appears to be a priority in Algeria. The Algerian public works sector is thus the stage for a diversity of large-scale projects of this type, requiring rigorous project management adapted to the local context.

This dissertation focuses on the management of public works projects in Algeria, through a case study on the construction of the Chettia wastewater treatment plant in the wilaya of Chlef. After an analysis of the building and public works sector using SWOT aimed at evaluating the situation and working environment of companies, an overview of the general functioning of wastewater treatment plants is provided to understand the technical challenges inherent to this type of infrastructure. The theoretical part then focuses on the key concepts of project management, focusing on methods for managing costs, schedules, and risks.

The innovative approach adopted in this dissertation lies in the concrete application of these concepts to the case study of the Chettia wastewater treatment plant. By relying on proven tools such as the RACI matrix, the Work Breakdown Structure (WBS), and the MS Project software.

A detailed estimation of costs and schedules is developed, followed by an in-depth analysis of project risks using the APR method. By combining a rigorous approach with a contextualized analysis of the project's specificities, this dissertation makes an original and substantial contribution to the field of public works project management in Algeria, formulating practical and adapted recommendations.

Keywords:

Public Works, management, wastewater treatment plant, WBS, risk, cost, schedule, RACI, APR

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
DÉDICACES	II
RÉSUMÉ	III
ملخص	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	XI
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES FIGURES	XIII

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
------------------------------	----------

CHAPITRE 1 L'ENVIRONNEMENT DU BTP EN ALGÉRIE	4
---	----------

1.1 INTRODUCTION	5
1.2 CONTEXTE DU SECTEUR DU BTP EN ALGÉRIE.....	5
1.3 ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DU BTP PAR LA METHODE SWOT.....	8
1.3.1 Présentation de la méthode SWOT.....	8
1.3.2 Fondements théoriques de l'analyse SWOT	9
1.3.2.1 Diagnostic interne.....	9
1.3.2.2 Diagnostic externe	11
1.3.3 Application de l'analyse SWOT pour les projets de BTP	12
1.3.4 Résultats.....	13
1.3.4.1 L'approche globale	14
1.3.4.2 Les approches stratégiques	14
1.3.5 Les limites de l'analyse SWOT	15
1.4 CONCLUSION	15

CHAPITRE 2 GÉNÉRALITÉS SUR LES STEP	17
--	-----------

2.1 INTRODUCTION	18
2.2 DÉFINITION D'UNE STEP.....	18
2.3 RÔLE DES STEP.....	19
2.4 TECHNIQUES ET ÉTAPES DU PROCESSUS D'ÉPURATION	20

Table des matières

2.4.1	Prétraitements	20
2.4.1.1	Dégrillage	20
2.4.1.2	Dessablage	20
2.4.1.3	Dégraissage-déshuilage	21
2.4.2	Traitements primaires	21
2.4.2.1	Décantation	21
2.4.2.2	Coagulation.....	21
2.4.2.3	Floculation	21
2.4.3	Traitements secondaires	21
2.4.3.1	Boues activées	22
2.4.3.2	Lits bactériens.....	22
2.4.3.3	Disques biologiques.....	23
2.4.3.4	Lagunage	24
2.4.4	Traitements tertiaires	24
2.4.5	Traitements des boues	25
2.4.5.1	L'épaississement.....	25
2.4.5.2	Stabilisation des boues (digestion)	25
2.4.5.3	Conditionnement des boues.....	25
2.4.5.4	Déshydratation des boues	26
2.4.5.5	Séchage	26
2.4.5.6	Valorisation des boues.....	26
2.5	LES DIFFÉRENTS COMPOSANTS D'UNE STEP	26
2.5.1	Ouvrages de la filière eau	26
2.5.1.1	Déversoir d'orage	26
2.5.1.2	Fosse à bêtards.....	27
2.5.1.3	Poste de relevage	27
2.5.1.4	Dégrilleur.....	27
2.5.1.5	Dessableur/déshuileur-dégraisseur	28
2.5.1.6	Décanteur primaire	29
2.5.1.7	Bassins d'aération à boues activées	29
2.5.1.8	Dégazeur	29
2.5.1.9	Clarificateur/décanteur secondaire	29
2.5.2	Ouvrages de la filière boue.....	30
2.5.2.1	Digesteurs anaérobies	30
2.5.2.2	Lits de séchage.....	30
2.5.2.3	Épaississeur de boues	31
2.5.2.4	Silo de stockage des boues	32
2.5.3	Ouvrages annexes	32
2.6	CONCLUSION	32

CHAPITRE 3 MANAGEMENT DE PROJETS	33
3.1 INTRODUCTION	34
3.2 LE MANAGEMENT DE PROJETS	34
3.2.1 Définition du concept « projet »	34
3.2.2 Définition du management de projets	34
3.2.3 Importance du management de projets	35
3.2.4 Fondements du management de projets	35
3.2.4.1 Triangle de performance d'un projet	35
3.2.4.2 Les 10 domaines de connaissance en management de projet	36
3.2.4.3 Cycle de vie d'un projet	37
3.2.4.4 Les acteurs d'un projet	39
3.3 LE MANAGEMENT DES COÛTS	39
3.3.1 Définition	39
3.3.2 Processus de management des coûts	39
3.3.2.1 Planifier le management des coûts	40
3.3.2.2 Estimer les coûts	40
3.3.2.2.1 Estimation par la méthode paramétrique	41
3.3.2.2.2 Estimation par analogie (Top-down, descendante, Macro-Estimates)	41
3.3.2.2.3 Estimation par la méthode analytique (Bottom up, Ascendante, Micro-Estimates)	41
3.3.2.2.4 Estimation des coûts par la méthode du logiciel (MS Project)	42
3.3.2.3 Déterminer le budget	42
3.3.2.4 Maîtriser les coûts	43
3.4 LE MANAGEMENT DES DÉLAIS	43
3.4.1 Définition	43
3.4.2 Processus de management des délais	43
3.4.2.1 Planifier le management de l'échéancier	43
3.4.2.2 Définir les activités	44
3.4.2.3 Organiser les activités en séquence	44
3.4.2.4 Estimer les ressources nécessaires aux activités	45
3.4.2.5 Estimer la durée des activités	45
3.4.2.5.1 Jugement d'expert	45
3.4.2.5.2 Estimation par analogie	45
3.4.2.5.3 Estimation paramétrique	45
3.4.2.5.4 Estimations à trois points	46
3.4.2.6 Elaborer l'échéancier	46
3.4.2.6.1 Diagramme de GANTT	46
3.4.2.7 Maîtriser l'échéancier	47
3.5 LE MANAGEMENT DES RISQUES	47

Table des matières

3.5.1	Définition du risque	47
3.5.2	Les facteurs des risques	48
3.5.3	Typologie des risques	48
3.5.4	Management des risques selon la norme ISO 31000.....	49
3.5.4.1	La norme ISO 31000:2018	49
3.5.4.2	Structure de la norme ISO 31000	50
3.5.4.2.1	Principes	50
3.5.4.2.2	Cadre organisationnel	50
3.5.4.2.3	Processus de management	51
3.5.4.2.3.1	Identification du risque	51
3.5.4.2.3.2	Analyse du risque	52
3.5.4.2.3.3	Evaluation du risque	52
3.5.4.2.3.4	Traitement des risques	52
3.5.5	Méthodes d'analyse des risques	53
3.5.5.1	Méthodes Inductives.....	53
3.5.5.2	Méthodes déductives	53
3.5.5.3	Méthodes qualitatives	54
3.5.5.4	Méthodes quantitatives	54
3.5.6	Outils d'analyse de risques	55
3.6	CONCLUSION	57

CHAPITRE 4 ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

58

4.1	INTRODUCTION	59
4.2	PRESENTATION DU PROJET.....	59
4.2.1	Situation géographique	59
4.2.2	Identification de conditions liées au site.....	60
4.2.2.1	Topographie.....	60
4.2.2.2	Sismicité	60
4.2.2.3	Géologie/géotechnique	60
4.2.3	Fonctionnement et caractéristiques de la STEP	61
4.2.4	Les acteurs du projet.....	62
4.2.5	La matrice RACI	62
4.3	WBS DU PROJET.....	64
4.4	MANAGEMENT DES DELAIS	64
4.4.1	Attribution et définition des ressources	64
4.4.1.1.1	Ressources humaines	65

Table des matières

4.4.2	Ressources matérielles.....	65
4.4.3	Ressources matériaux	65
4.4.4	Diagramme de Gantt (délai)	66
4.5	MANAGEMENT DES COUTS	66
4.5.1	Estimation du coût par la méthode paramétrique	66
4.5.2	Estimation des coûts par la méthode analogique	67
4.5.3	Estimation des coûts par la méthode analytique à l'aide du logiciel MS Project.....	67
4.6	MANAGEMENT DES RISQUES	69
4.6.1	Identification des risques	70
4.6.2	Quantification et évaluation des risques	73
4.6.3	Traitement des risques	74
4.7	CONCLUSION	75
 CONCLUSION GÉNÉRALE		 76
 BIBLIOGRAPHIE		 80
 ANNEXES		 84

LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

AT : Accident de Travail

BTP : Bâtiment et travaux publics

BTPH : Bâtiment, travaux publics et Hydraulique

E.H : Équivalent habitant

EI : Élément indésirable

EPC : Équipements de protection collectifs

EPI : Équipements de protection individuels

ER : Élément redouté

ISO : International Organization for Standardization

PMBOK : Project Management Body of Knowledge

PMP : Plan de Management de Projet

RPA : Règlement Parasismique Algérien

RPAO : Règlement Parasismique des Ouvrages d'Art

STEP : Station d'épuration des eaux usées

STPP : Service des Travaux Publics Pétroliers

SWOT : Strengths Weaknesses Opportunites Threats

WBS : Work Breakdown Structure

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 Statistiques du nombre d'accidents de travail par secteurs (2021-2023) [8]	7
Tableau 1-2 Matrice de confrontation des facteurs internes et externes [12]	14
Tableau 3-1 Les principaux outils de gestion des risques et leurs caractéristiques	55
Tableau 4-1 Caractéristiques de la STEP de Chettia [23]	61
Tableau 4-2 Qualité des eaux après traitement biologique [23].....	61
Tableau 4-3 Qualité des eaux après traitement tertiaire [23]	62
Tableau 4-4 Matrice RACI définissant les rôles des différents acteurs du projet de réalisation de la STEP de Chettia.....	63
Tableau 4-5 Ressources humaines du projet	65
Tableau 4-6 Ressources matérielles du projet	65
Tableau 4-7 Ressources matériaux du projet	65
Tableau 4-8 Estimation du projet de réalisation de la STEP de Chettia par analogie.....	67
Tableau 4-9 Comparaison des résultats des différentes méthodes d'estimation des coûts.....	68
Tableau 4-10 Identification des risques par l'APR éléments.....	71
Tableau 4-11 Identification des risques par l'APR fonctions.....	72
Tableau 4-12 Evaluation de la criticité des risques identifiés.....	73
Tableau 4-13 Stratégies de traitement des risques	74

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 Evolution du taux de croissance (%) du secteur du BTPH y compris STPP en volume chaîné [4].....	6
Figure 1-2 Evolution du nombre de soumissions par la SOGERHWIT entre 2020 et 2023 [7]	7
Figure 1-3 Répartition du taux d'accidents de travail (%) par secteurs d'activité dans la wilaya de Tlemcen (2021-2023) [8]	8
Figure 1-4 Matrice SWOT [10].....	9
Figure 1-5 Matrice SWOT appliquée aux entreprises du secteur du BTP	13
Figure 2-1 Vue aérienne de la STEP d'El Kerma wilaya d'Oran Algérie [Google Earth]	19
Figure 2-2 Schéma du processus d'épuration par boues activées [17]	22
Figure 2-3 Schéma du processus d'épuration comportant des lits bactériens [17].....	23
Figure 2-4 Schéma du processus d'épuration comportant des disques biologiques [17]	23
Figure 2-5 Schéma du processus d'épuration par lagunage [17].....	24
Figure 2-6 Schéma représentatif d'un déversoir d'orage [22].....	27
Figure 2-7 Schéma représentatif d'un système de relèvement et de dégrillage [25].....	28
Figure 2-8 Schéma représentatif du système de fonctionnement d'un déshuileur-dessableur [25]	28
Figure 2-9 Schéma représentatif du fonctionnement d'un bassin d'aération [27]	29
Figure 2-10 Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un dégazeur et d'un clarificateur [28].....	30
Figure 2-11 Schéma représentatif du principe de fonctionnement du digesteur [29]	30
Figure 2-12 Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un lit de séchage de boues non planté [30]	31
Figure 2-13 Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un épaisseur de boues [25]	31
Figure 3-1 Triangle Qualité-Coût-Délai [33]	35
Figure 3-2 Les 10 domaines de connaissance en management de projet.....	37
Figure 3-3 Groupes de processus de projet [31]	38
Figure 3-4 Exemple d'interactions entre les groupes de processus au sein d'un projet ou d'une phase [31]	38
Figure 3-5 Les différents acteurs d'un projet [35]	39
Figure 3-6 Vue d'ensemble du processus de management des coûts	40
Figure 3-7 Paramètres d'estimation des coûts	41
Figure 3-8 Référence de base des coûts, de dépenses et besoins de financement [31].....	42
Figure 3-9 Vue d'ensemble du processus de management des délais du projet.....	43

Liste des figures

Figure 3-10 Diagramme en réseau [32].....	44
Figure 3-11 Exemple du diagramme de GANTT [32]	47
Figure 3-12 Typologie des risques	49
Figure 3-13 Structure de la norme ISO 31000:2018 [37]	50
Figure 3-14 Principes de la norme ISO 31000:2018 [37]	50
Figure 3-15 Cadre organisationnel de la norme ISO 31000 [37]	51
Figure 3-16 Processus de management de la norme ISO 31000 [37]	53
Figure 3-17 Méthodes inductives et déductives [39]	54
Figure 3-18 Matrice de gravité des risques [32]	54
Figure 4-1 Plan de situation du projet de la STEP de Chettia [Google earth]	59
Figure 4-2 Carte du zonage sismique en Algérie [27]	60
Figure 4-3 Les acteurs du projet de réalisation de la STEP de Chettia	62
Figure 4-4 Estimation du coût du projet par MS Project	68
Figure 4-5 Schéma descriptif des deux volets de la méthode APR.....	69
Figure 4-6 Matrice de criticité des risques	74

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le contexte présent, le réchauffement climatique mondial et la menace de pénurie d'eau deviennent de plus en plus importants, ce qui rend impératif le besoin de réalisation de stations d'épuration des eaux usées, qui émergent comme des composants essentiels d'une stratégie globale visant à assurer l'accès à une eau de qualité, même en période de rareté. Ce besoin croissant met en évidence la nécessité d'intégrer le management des projets dans la planification et la mise en œuvre de ces infrastructures essentielles.

La hausse des températures, le changement climatique induit et les phénomènes météorologiques extrêmes ont un impact direct sur la disponibilité des ressources hydriques, conduisant à des sécheresses prolongées dans certaines régions du monde. L'Algérie, en particulier, est un pays souffrant de stress hydrique, et se situant en dessous du seuil théorique de rareté de 1 000 mètres cubes par personne et par an fixé par la Banque mondiale. Si en 1962 la quantité théorique d'eau disponible par habitant et par an était de 1 500 mètres cubes, en 1990 elle n'était que de 720 mètres cubes, en 1998 elle était de 630 mètres cubes et actuellement, elle est estimée à environ 450 mètres cubes. La mobilisation des ressources en eau conventionnelles continuera de diminuer. Il s'agit d'un défi de taille puisque seuls 5 milliards de mètres cubes d'eau sont mobilisés chaque année, alors que la demande en 2030 est estimée à 12,9 milliards de mètres cubes [1] .

Dans le panorama dynamique des travaux publics, le management des projets revêt une grande qualité, marqué par des défis environnementaux de plus en plus pressants. Parmi ces défis, la préservation de la qualité de l'eau occupe une place prépondérante, incitant les acteurs du secteur à repenser et à optimiser les processus liés aux stations d'épuration des eaux.

La réalisation efficace de tels projets exige une approche intégrée du management de projets de travaux publics allant de la technicité des infrastructures aux enjeux environnementaux en passant par la gestion financière et la coordination interdisciplinaire, incorporant des compétences multidisciplinaires, des technologies de pointe, et de contraintes réglementaires en constante évolution.

Quels sont donc les défis majeurs dans le management des coûts, des délais et des risques lors de la réalisation de projets de stations d'épuration en Algérie ?

Et quelles approches de management permettraient d'optimiser ces aspects clés pour assurer la réussite de tels projets ?

Hypothèses :

- Les dépassements de coûts et de délais constatés sont principalement liés à des lacunes dans la planification initiale, le contrôle budgétaire et les retards d'approvisionnement.

- Une identification et une gestion proactive des risques dès la conception du projet auraient permis d'atténuer les imprévus survenus durant l'exécution.
- L'application de méthodes structurées de management de projet favoriserait une meilleure coordination et un meilleur contrôle des opérations.
- Le renforcement des compétences des équipes projets en management des coûts, des délais et des risques est essentiel pour surmonter les difficultés rencontrées.
- L'instauration d'un système de suivi et d'évaluation continu permettrait une plus grande réactivité face aux problèmes.

Ainsi, L'objectif de ce travail est de se proposer d'explorer les intrications du management des projets de travaux publics à travers l'étude de cas de la réalisation de la station d'épuration de Chettia wilaya de Chlef, tout en explorant les hypothèses proposées.

Le contenu de ce modeste mémoire comprend, après une introduction générale, trois parties.

Le chapitre 1 permet de représenter du mieux possible l'environnement du secteur du BTP en Algérie grâce à une étude de ce dernier par une analyse SWOT, qui consiste à effectuer un diagnostic interne et un diagnostic externe de l'industrie de la construction.

Le chapitre 2 se concentre sur les généralités des stations d'épuration, offrant ainsi une vue d'ensemble sur leur fonctionnement et les différentes composantes qui les constituent. Cette approche permet d'acquérir une solide compréhension de ces installations, ce qui est essentiel pour appliquer efficacement les notions de management spécifiques à ce type de projet.

Le chapitre 3 a pour objectif de traiter la notion de management des projets, son cycle de vie ainsi que les méthodologies d'un état des lieux de la recherche en management des risques dans la construction.

Le chapitre 4 traite notre cas pratique, la station d'épuration de Chettia de la wilaya de Chlef. Dans cette partie, nous verrons un aperçu global du projet ainsi que les différents acteurs qui y contribuent, puis nous nous concentrerons sur l'estimation des délais et des coûts du projet par les différentes méthodes. Enfin, nous clôturerons notre chapitre par une analyse des risques en utilisant la méthode APR.

Nous terminons par une conclusion générale sur l'intérêt de ce travail et les résultats obtenus, ainsi que des perspectives pour les futurs travaux dans ce domaine.

CHAPITRE 1

L'ENVIRONNEMENT DU BTP EN

ALGÉRIE

1.1 INTRODUCTION

L'industrie du secteur du BTP représente un moteur de la croissance économique et sociale, c'est un secteur clé pour le développement économique de l'Algérie. Elle joue un rôle économique important en créant des emplois, en stimulant la demande locale et en attirant les investissements étrangers.

Le secteur du BTP en Algérie est principalement affecté par divers facteurs environnementaux. La topographie et la géographie de certaines zones étant plus difficiles à atteindre ou à développer en raison de leur situation ou de leur relief, peuvent avoir une répercussion significative sur la durée des projets. De plus, la disponibilité des ressources naturelles et des matériaux de construction peut avoir un effet sur le coût et le succès potentiel des projets. Le grand marché du bâtiment en Algérie regorge de projets actifs et de nouveaux projets potentiels. Il comprend les travaux de construction, d'assainissement et d'entretien de bâtiments et d'infrastructures publiques.

1.2 CONTEXTE DU SECTEUR DU BTP EN ALGÉRIE

Le développement des infrastructures et du secteur de la construction stimule le décollage économique d'un pays. L'Algérie fait face actuellement à un choc positif en terme de développement des infrastructures avec une enveloppe globale dépassant les 280 milliards de dinars ont vu le jour.

Un budget de 289,23 milliards DA a été alloué aux projets des travaux publics et des infrastructures de base pour l'année 2024 [2].

Le secteur du BTP et des travaux publics occupe une place prépondérante dans l'économie algérienne, contribuant significativement à la croissance nationale. Cet effet est lié à l'élargissement de la taille des marchés, aux économies d'échelle et à la synergie que les infrastructures génèrent entre les différents secteurs et les différentes régions [3].

Ce secteur englobe un large éventail d'activités, allant de la construction d'infrastructures routières à la réalisation de grands projets tels que les ouvrages d'art, les réseaux d'assainissement et les stations d'épuration et de pompage des eaux.

Selon les statistiques, le volume de la valeur ajoutée du BTP a progressé de 4,9 % au premier trimestre de l'année 2023, contre 2,9 % pendant la même période de l'année précédente [4].

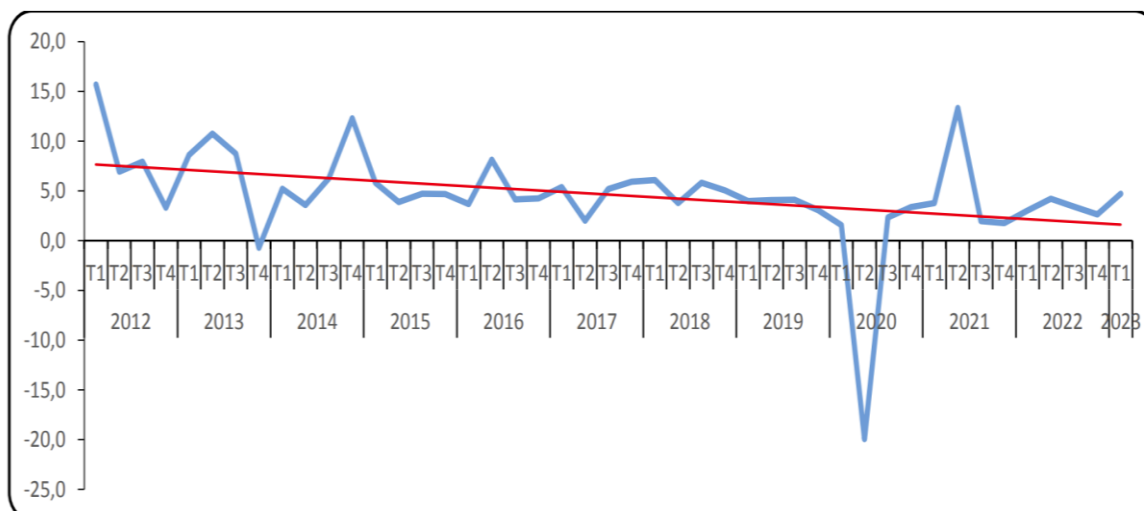


Figure 1-1 Evolution du taux de croissance (%) du secteur du BTPH y compris STPP en volume chaîné [4]

La valeur ajoutée du secteur du bâtiment, travaux publics et hydrauliques (BTPH) a connu une croissance de +4,7 % en 2022, contre +3,8 % prévue dans la loi des finances complémentaires pour 2021. Au-delà de 2022, le secteur afficherait un taux de croissance de +4,4 % pour les années 2023 et 2024 [5].

Selon les précisions du ministre, qui a relevé que le secteur du BTP allait réaliser une croissance de 5,6% en 2023 et 3,9% en 2024 puis 4,5% en 2025 [6].

En 2023, il y a eu une forte demande de projets et de contrats, ce qui a offert la possibilité à plusieurs entreprises privées ou étatiques de soumissionner. Par exemple, la société SOGERHWIT Tlemcen a eu de nombreuses opportunités de participer à des appels d'offres. L'entreprise a été très active en soumissionnant à 56 appels d'offres en 2023.

Pendant la pandémie de la COVID-19 en 2020, l'industrie du BTPH a été sévèrement impactée, avec de nombreuses entreprises du secteur éprouvant des difficultés à maintenir leurs activités. Les restrictions sanitaires, la fermeture temporaire de chantiers et l'incertitude économique ont entraîné une diminution significative des projets de construction et des appels d'offres, d'où la diminution du nombre de soumissions effectuées par l'entreprise SOGERHWIT. En 2021, alors que la situation commençait à s'améliorer et que la reprise économique se profilait, les entreprises ont été confrontées à la nécessité de rattraper le retard accumulé l'année précédente. Cette course contre-la-montre a conduit à une augmentation notable du nombre d'appels d'offres et de soumissions, la société SOGERHWIT passant de 43 soumissions en 2020 à 73 en 2021.

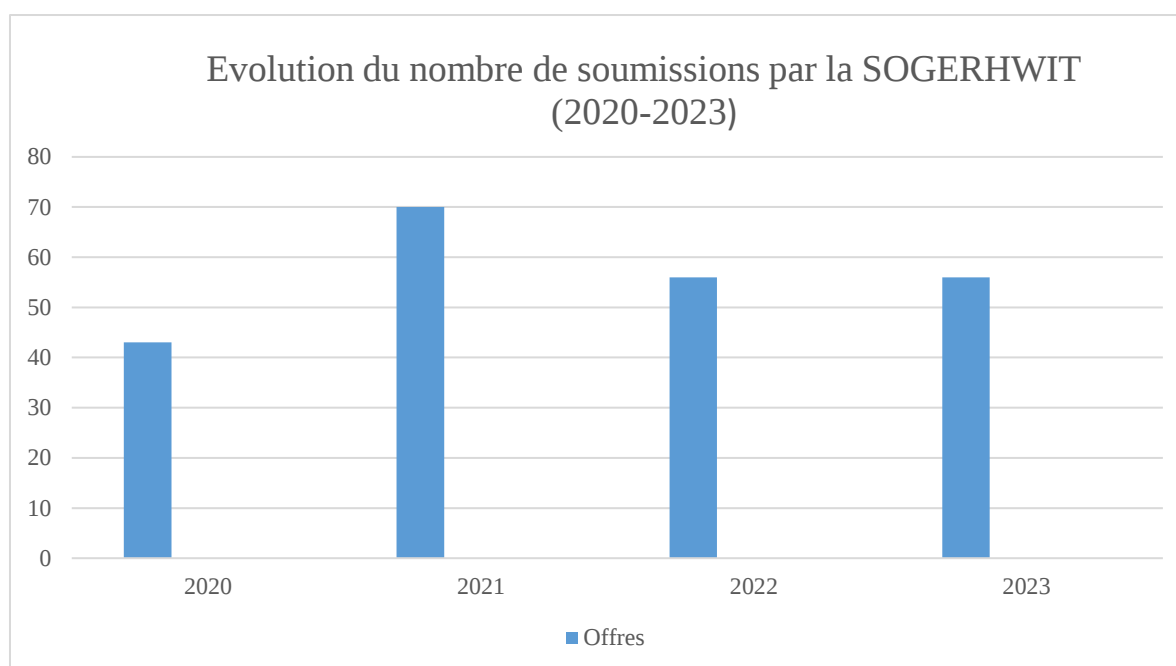


Figure 1-2 Evolution du nombre de soumissions par la SOGERHWIT entre 2020 et 2023[7]

Actuellement en Algérie, le secteur de la construction et des travaux publics est en pleine expansion. Ces activités génèrent des emplois, stimulent l'investissement et participent à la modernisation des infrastructures. Cependant, cette vitalité économique s'accompagne de risques inhérents aux travaux de construction, exposant les travailleurs à des accidents professionnels.

Les chantiers de construction sont souvent le théâtre d'accidents du travail, allant des chutes de hauteur aux incidents liés à l'utilisation d'engins lourds. La nature même des activités dans le BTP expose les travailleurs à des conditions parfois extrêmes, augmentant ainsi le potentiel d'accidents. Ces accidents peuvent avoir des conséquences graves sur la santé des travailleurs et entraîner des arrêts de travail, des handicaps permanents, voire des décès.

Le tableau suivant représente le nombre d'accidents de travail (AT) répartis par secteur (BTPH, industrie, services) sur une période de trois années (2021, 2022, 2023).

Tableau 1-1 Statistiques du nombre d'accidents de travail par secteurs (2021-2023) [8]

Année	Nombre total des AT	BTPH	Industrie	Services
2021	909	292	359	258
2022	597	319	147	131
2023	647	246	169	232
Nombre total des AT	2153	857	675	621

Voici quelques commentaires sur ces chiffres fournis par l'inspection du travail de la wilaya de Tlemcen.

Le secteur du BTPH a été identifié comme celui présentant le plus grand nombre d'accidents professionnels, suivi de près par le secteur de l'industrie et des services. En effet, en 2021, il représentait 32 % du total, en 2022 il a augmenté à 53 %, mais en 2023, il a diminué à 38 % [8].

Ces statistiques mettent en évidence les défis auxquels sont confrontés les travailleurs dans ces domaines en termes de sécurité au travail. Cependant, une lueur d'espoir émerge des chiffres recueillis, indiquant une tendance à la baisse du nombre d'accidents en 2023 par rapport aux années précédentes. Cette amélioration pourrait être attribuée à une prise de conscience en matière de sécurité, aux mesures préventives mises en place et à un renforcement des normes de sécurité dans ces secteurs d'activité.

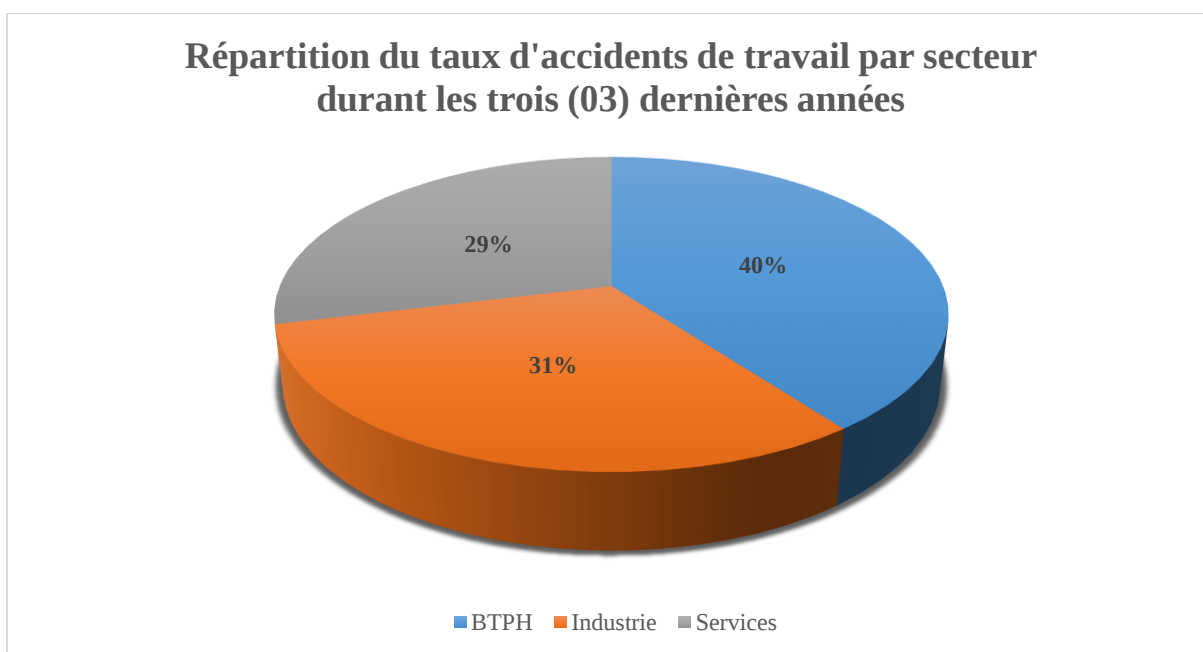


Figure 1-3 Répartition du taux d'accidents de travail (%) par secteurs d'activité dans la wilaya de Tlemcen (2021-2023) [8]

Le secteur du BTPH en Algérie présente à la fois des opportunités de développement économique et des défis importants en termes de sécurité au travail. Il est important de mettre en place des mesures de prévention des risques professionnels et de promotion du respect des droits des travailleurs pour garantir un développement durable de ce secteur clé de l'économie algérienne.

1.3 ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DU BTP PAR LA METHODE SWOT

1.3.1 Présentation de la méthode SWOT

SWOT, acronyme anglophone de Strengths (Forces), Weaknesses (Faiblesses), Opportunités (opportunités) et Threats (Menaces) est l'un des principaux outils d'analyse utilisés pour prendre des décisions stratégiques importantes et développer une organisation.

On pense généralement que le modèle a été créé par Albert Humphrey, qui travaillait sur un projet de recherche à l'université de Stanford au début des années 1960. Le but de son travail était de comprendre pourquoi les business plans et les planifications des entreprises échouaient souvent.

Selon [9], la matrice SWOT est un outil d'analyse stratégique multidimensionnel ; d'une part, elle permet d'analyser les facteurs internes d'une organisation (forces et faiblesses) et les facteurs externes liés à l'environnement dans lequel il évolue (opportunités et menaces).

D'autre part, elle permet de trier les facteurs identifiés en fonction de l'impact espéré, pouvant être positif (forces et opportunités) ou négatif (faiblesses et menaces).

L'analyse SWOT peut être appliquée à différents niveaux, que ce soit à l'ensemble d'une entreprise, à un projet de création d'entreprise, à des projets individuels au sein d'un service, à une campagne publicitaire en ligne, ou à toute autre situation nécessitant une réflexion stratégique.

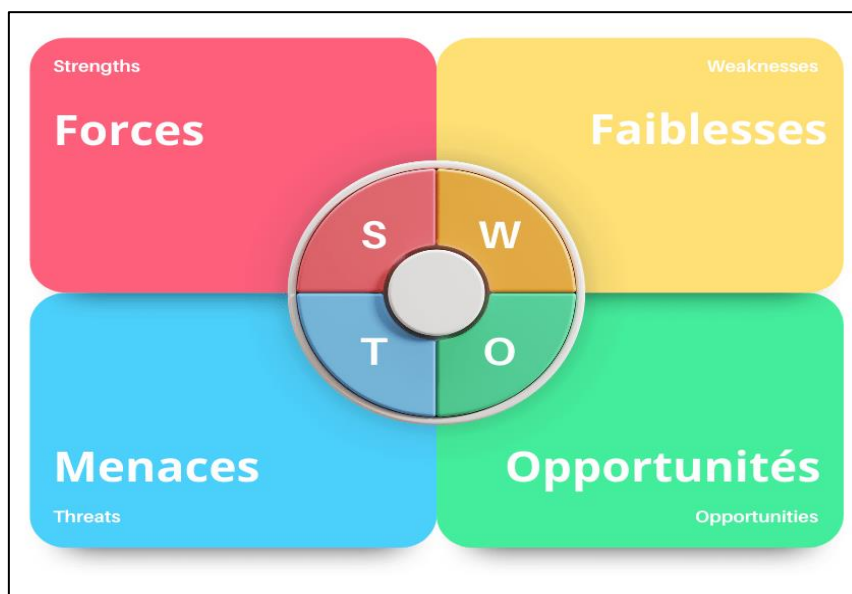


Figure 1-4 Matrice SWOT [10]

1.3.2 Fondements théoriques de l'analyse SWOT

La matrice SWOT est un outil d'analyse stratégique qui permet d'établir un diagnostic interne et externe de l'entreprise par l'identification et l'analyse des quatre facteurs : les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces. L'objectif d'une analyse SWOT est d'utiliser les connaissances qu'une organisation a de ses environnements internes et externes pour formuler sa stratégie en conséquence.

1.3.2.1 Diagnostic interne

Le diagnostic interne est la première étape significative d'une analyse SWOT. Ici, les facteurs internes qui représentent les fondamentaux de l'entreprise seront examinés. Ce ne

sont autres que les forces et les faiblesses de l'organisation qui sont classées en fonction de la façon dont elles affectent les objectifs de l'organisation.

- **Les forces** : tous les facteurs intrinsèques qui ont une influence positive peuvent prendre de nombreuses formes différentes et différer considérablement d'un cas à l'autre. Par exemple : l'expertise, l'avantage concurrentiel, les brevets...
- **Les faiblesses** : pointer du doigt ses faiblesses ne semble pas évident. Cela nécessite d'être aussi objectif que possible afin de voir ce qui ne fonctionne pas. Les faiblesses, contrairement aux forces, sont les qualités négatives internes qui sont également sous le contrôle de l'organisation et qui possèdent des marges d'amélioration importantes. Par exemple : un handicap concurrentiel, des limites de ressources, des lacunes...

L'analyse interne est utilisée pour identifier les ressources, les capacités, les compétences clés et les avantages concurrentiels inhérents à l'organisation [11].

Les ressources sont définies comme les intrants tangibles ou intangibles nécessaires à la production d'un produit ou d'un service.

Les ressources tangibles comprennent les matières premières, les locaux, les machines et l'équipement.

Les exemples de ressources intangibles incluent le financement, la technologie, le capital humain, les réseaux de fournisseurs, les structures de force de vente, les réseaux de distribution, la clientèle, la réputation de l'entreprise.

Les ressources peuvent être combinées et développées en capacités, qui à leur tour créent des compétences fondamentales.

Les capacités sont définies comme la capacité de l'entreprise à utiliser efficacement ses ressources internes et à les combiner pour créer des produits et des processus concurrentiels [11].

Les composantes d'une analyse interne des forces et des faiblesses sont les ressources de l'entreprise dans les catégories fonctionnelles des ressources financières, managériales, infrastructurelles, des fournisseurs, de la fabrication, de la distribution, du marketing et de l'innovation.

- Les ressources financières sont définies par l'ampleur de l'accès au capital dont dispose une organisation. Les organisations ayant une forte valeur de marque et une réputation élevée ont probablement accès à des sources de financement moins coûteuses. Le coût du capital est plus faible pour les entreprises établies et plus élevé pour les opérations présentant un risque d'échec.
- Les ressources managériales créent les compétences d'une organisation en ce qui concerne la planification, le contrôle et la direction des fonctions.

- Les ressources infrastructurelles constituent l'épine dorsale de l'entreprise, permettant aux opérations de fonctionner efficacement tout en fournissant des informations pour améliorer les processus actuels. Des exemples de ressources infrastructurelles sont les systèmes informatisés pour la finance, la comptabilité, les achats, les processus internes, la production, les stocks, le marketing, les ventes, la logistique et la gestion de la relation client.
- Les ressources de fabrication telles que les installations, les machines, l'automatisation et le support technique sont essentielles pour développer des produits de qualité. La flexibilité dans la fabrication est un autre facteur à considérer, car elle permet l'innovation et le développement de produits. La motivation des partenaires de distribution, la tarification et les actions marketing sont également importantes. En effet, les personnes chargées de marketing doivent bien connaître le marché via des études, développer les bons produits et services, gérer leurs cycles de vie et fixer les bons prix.

1.3.2.2 Diagnostic externe

Il s'agit de la deuxième étape d'une analyse SWOT. Il se concentre sur les facteurs externes de l'entreprise qui proviennent de son environnement. L'entreprise ne peut donc pas les contrôler, mais doit les considérer et faire des prévisions idéales.

Ces facteurs externes peuvent être liés à des questions macroéconomiques, à des progrès technologiques, à des changements législatifs et des changements socioculturels, mais aussi des changements dans le marché ou l'environnement concurrentiel.

Par conséquent, l'objectif de l'analyse est d'énumérer les possibilités offertes par cet environnement ainsi que les menaces et les risques qui pourraient entraîner des dommages. Elle est utilisée en conjonction avec d'autres outils d'audit et d'analyse des bonnes pratiques (Forces de Porter, PEST, PESTEL, 7M...).

- **Les opportunités :** tous les facteurs externes ont une perspective positive ou bénéfique pour l'entreprise. Par exemple, un nouveau marché, la faillite d'un rival, un changement dans les préférences des consommateurs mondiaux en ce qui concerne la fabrication nationale, le renforcement d'un « client », l'économie nationale...
- **Les menaces :** cet environnement, bien qu'il offre des opportunités pour l'entreprise, abrite probablement un certain nombre de facteurs externes qui pourraient être préjudiciables ou défavorables à l'entreprise. Il s'agit de problèmes, d'obstacles ou de contraintes externes qui peuvent entraver ou restreindre la croissance d'une industrie particulière.

L'objectif d'une analyse externe est d'aider les organisations à reconnaître les développements majeurs et les implications futures. L'environnement externe se compose de variables qui sont au-delà du contrôle d'une organisation, mais qui nécessitent une analyse pour réaligner la stratégie d'entreprise sur les environnements commerciaux changeants. Une analyse externe identifie les menaces possibles et les opportunités pour une expansion ultérieure en examinant les ressources des concurrents, l'environnement de l'industrie et l'environnement général.

D'après [11], L'analyse externe des opportunités et des menaces est catégorisée en trois domaines principaux.

- L'analyse de l'environnement concurrentiel se concentre sur les ressources organisationnelles des rivaux concurrentiels et les conditions qui sont susceptibles d'affecter les parts de marché, les revenus et les profits futurs.
- L'analyse de l'environnement industriel est l'examen des facteurs qui ont un impact direct sur la dynamique et la structure d'une industrie, sur le flux de revenus de l'organisation et qui nécessitent une réponse stratégique. L'objectif est de minimiser les implications négatives et d'exploiter les opportunités positives. L'analyse est basée sur les cinq forces de la concurrence de Porter.
- L'analyse de l'environnement général adopte des cadres politiques, économiques, sociaux et technologiques (PEST) et ses dérivés. Elle identifie généralement les facteurs clés qui entraînent des changements au sein des éléments constitutifs du modèle des cinq forces de Porter.

Les stratégies qui émergent des trois domaines d'analyse déterminent la vision, la mission et la planification stratégique de l'organisation. Le changement de dynamique dans les forces de l'industrie pourrait à son tour définir si un tel changement présente une opportunité ou une menace pour l'organisation effectuant l'analyse. Contrairement au modèle, les opportunités et les menaces sont spécifiques à l'entreprise plutôt qu'à l'industrie. En particulier, une menace pour une organisation dans une industrie pourrait être une opportunité pour une autre.

1.3.3 Application de l'analyse SWOT pour les projets de BTP

Initialement développée comme étant un outil d'analyse stratégique, la méthode SWOT permet non seulement d'identifier des stratégies afin d'atteindre les objectifs fixés, mais elle sert aussi à être un outil d'aide à la décision.

Nous avons élaboré un questionnaire exhaustif (annexe A) visant à analyser les multiples facettes du secteur du BTP, en mettant l'accent sur l'identification des forces, des faiblesses, des opportunités et des menaces à travers une analyse SWOT. Ce questionnaire a été minutieusement préparé à l'aide d'un brainstorming et distribué à 20 entreprises du secteur du BTP, prenant en compte les différentes préférences des répondants en proposant à certains le format papier et à d'autres le lien Google Forms. Après avoir recueilli leurs réponses et leurs précieux retours d'expérience, nous avons réalisé une analyse SWOT détaillée et instructive. Cette analyse est présentée de manière claire et organisée dans la figure 1-5, offrant ainsi une vue d'ensemble stratégique des dynamiques du secteur. Ce travail méthodique et perspicace constitue une ressource précieuse pour comprendre les tendances et les défis du domaine du BTPH. Il démontre l'engagement envers l'amélioration continue et la prise de décisions éclairées dans ce secteur.

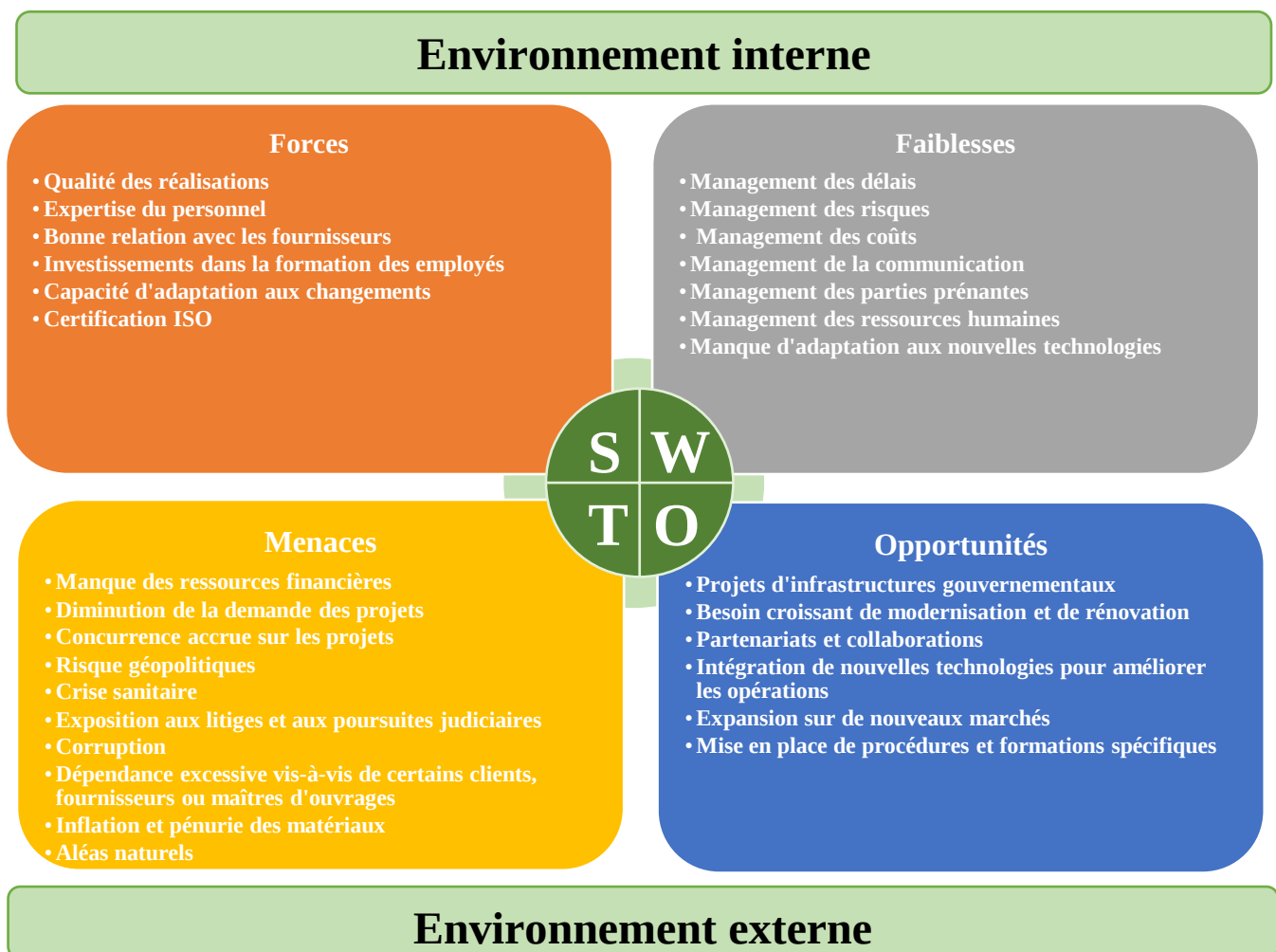


Figure 1-5 Matrice SWOT appliquée aux entreprises du secteur du BTPH

Plusieurs niveaux d'analyse sont possibles à partir d'une matrice SWOT. Nous allons proposer deux approches : l'approche globale et l'approche stratégique.

1.3.4.1 L'approche globale

Le but de l'élaboration d'une matrice SWOT pour un projet ou une organisation est de s'appuyer sur l'analyse interne et externe menée pour prendre des décisions stratégiques qui permettent à l'organisation ou au projet de répondre aux menaces et de saisir certaines opportunités de son environnement pour améliorer sa fonctionnalité interne. Il doit être capable d'orienter les décisions dans les domaines d'activité stratégiques que l'organisation envisage d'abandonner, de maintenir ou de développer.

C'est sur la base de ces conclusions que l'entreprise mettra en œuvre un mode d'exécution des activités planifiées et sélectionnera des modalités opérationnelles pour réaliser ces activités.

1.3.4.2 Les approches stratégiques

Les approches stratégiques sont au nombre de quatre. Elles sont fonction de la situation de l'entreprise face à des capacités internes et externes [12].

Tableau 1-2 Matrice de confrontation des facteurs internes et externes [12]

Externes Internes	Opportunités	Menaces
Forces	Stratégie d'attaque	Stratégie d'ajustement
Faiblesses	Stratégie de défense	Stratégie de survie

- **La stratégie d'attaque**

Il s'agit de tirer profit de la situation actuelle du marché. Cela peut correspondre à une technique d'innovation dans la réalisation, à une utilisation de matériaux de qualité, à un management de projet performant, à des procédures de gestion bien rodées... Il peut s'agir d'un ou plusieurs avantages temporaires ou d'un ou plusieurs avantages garantissant une certaine pérennité, protégés par exemple par un brevet.

- **La stratégie d'ajustement**

Elle correspond à une situation de marché en perturbation, par exemple un changement de règle ou l'apparition de nouvelles lois, d'une innovation, d'une crise, d'une réorientation des clients vers d'autres produits, de l'apparition de nouvelles méthodes. L'ensemble de ces perturbations nécessite un ajustement rapide de la société pour conserver sa place sur le marché.

- **La stratégie de défense**

Dans cette situation, l'entreprise doit faire face à des concurrents agressifs prêts à attaquer, donc elle doit surveiller son environnement et analyser rapidement les conséquences d'une

modification de stratégie chez ses concurrents. Cette situation est due à des faiblesses permettant à ses concurrents de pouvoir saisir l'opportunité de conquérir ses marchés. Elle doit agir sur ses faiblesses pour les faire disparaître et rechercher des opportunités pour rebondir.

- **La stratégie de survie**

L'entreprise se trouve dans une situation difficile, car elle a à la fois des faiblesses internes qui vont l'empêcher de réagir, mais aussi des menaces de son environnement, sans pour autant entrevoir des opportunités. Dans cette situation, elle devra apprendre à contourner les difficultés. Sa stratégie sera fortement influencée par l'environnement auquel elle devra se soumettre puisque, dans ce cas, les opportunités seront inexistantes.

1.3.5 Les limites de l'analyse SWOT

L'analyse SWOT est davantage un outil descriptif pour mener une vue d'ensemble de l'environnement. Ce n'est pas un outil prescriptif qui détermine la nature de la planification stratégique. Un certain nombre de partisans ont fait diverses recommandations en vue d'améliorer l'efficacité de l'outil [11].

Les chercheurs en stratégie ont suggéré de combiner l'analyse SWOT avec le Balanced Score Card et le Quality Function Deployment (QFD) en un seul outil d'analyse. Malgré ses limites, il est largement admis que l'analyse SWOT reste un outil utile pour évaluer la position concurrentielle d'une entreprise.

L'analyse SWOT étant basée sur le jugement des participants, elle est de nature subjective et qualitative. Si l'étude des forces et des faiblesses nécessite une enquête plus approfondie, deux outils peuvent être utilisés pour fournir des pistes d'investigation : les audits des ressources et l'analyse des meilleures pratiques (comparant les bonnes approches et moins efficaces au sein d'un pays sur la base de certains indicateurs).

1.4 CONCLUSION

Le secteur du BTP est un environnement complexe et multifacette. La méthode SWOT met en évidence la complexité et la diversité des facteurs qui influent sur ce secteur clé.

Les forces telles que les ressources naturelles abondantes, la croissance démographique et les investissements gouvernementaux dans les infrastructures offrent des bases solides et des perspectives encourageantes. Cependant, les faiblesses, comme les défis logistiques, la bureaucratie et la dépendance aux fluctuations des prix des matières premières, nécessitent une attention particulière. Néanmoins, il est impératif de gérer de manière proactive les faiblesses inhérentes, notamment les défis logistiques et la bureaucratie, afin de renforcer la compétitivité du BTP en Algérie.

Les opportunités découlant de la modernisation des infrastructures, de la transition vers des énergies plus durables et de l'urbanisation croissante ouvrent des perspectives prometteuses pour les acteurs du secteur. Toutefois, il est important de rester vigilant face aux menaces potentielles, telles que la volatilité économique qui pourrait entraver la croissance.

En somme, l'analyse SWOT souligne la nécessité d'une stratégie équilibrée et adaptative pour le secteur du BTP en Algérie. En tirant profit des forces, en atténuant les faiblesses, en exploitant les opportunités et en élaborant des plans d'atténuation des menaces, les acteurs du BTP peuvent contribuer de manière significative au développement durable de l'économie algérienne. L'avenir du secteur repose sur une gestion prudente et une anticipation proactive des dynamiques changeantes de l'environnement économique et réglementaire.

CHAPITRE 2

GÉNÉRALITÉS SUR LES STEP

2.1 INTRODUCTION

De nos jours, les stations d'épuration des eaux usées (STEP) revêtent d'une importance majeure dans le monde entier. La plupart des pays, notamment ceux au climat aride, souffrent de stress hydrique, la maîtrise du cycle de l'eau et la lutte contre sa raréfaction font l'objet de priorités auprès des autorités nationales. Les enjeux environnementaux et l'urbanisation galopante exigent une gestion durable des ressources en eau.

Étant de plus en plus conscient des enjeux environnementaux, le traitement des eaux usées est devenu une priorité majeure. Les stations d'épuration sont des installations essentielles qui permettent, grâce aux procédés épuratoires déployés, de traiter les eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel, contribuant ainsi à la protection des ressources en eau et à la lutte contre la pollution. Leur importance est d'autant plus marquée dans le secteur du BTPH, où elles sont au cœur des stratégies de développement durable et de gestion responsable des ressources hydriques.

2.2 DÉFINITION D'UNE STEP

Une station d'épuration des eaux usées (STEP) est un ensemble d'ouvrages et d'installations destinés à traiter les eaux usées d'origine domestique ou pour les rendre suffisamment propres pour être déversées dans leur environnement naturel (cours d'eau, mer, nappe...).

Son rôle est d'épurer ces eaux usées en éliminant les différents types de pollution qu'elles contiennent, au moyen de procédés physiques, chimiques et biologiques.

Le but est d'obtenir une eau épurée respectant les normes de qualité en vigueur, afin de préserver les milieux aquatiques récepteurs et de permettre certains usages comme l'arrosage ou la réutilisation industrielle.

Au-delà du traitement des eaux usées à proprement parler, une STEP doit aussi assurer la collecte et l'évacuation des sous-produits solides tels que les sables, graisses et boues vers une filière adaptée.



Figure 2-1 Vue aérienne de la STEP d'El Kerma wilaya d'Oran Algérie [Google Earth]

2.3 RÔLE DES STEP

Les stations d'épuration des eaux usées jouent un rôle essentiel dans divers aspects de notre environnement et de notre santé. Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- **Préserver l'écosystème** : les STEP contribuent à la sauvegarde de notre environnement en traitant les eaux usées avant qu'elles ne soient rejetées dans l'environnement, évitant ainsi la pollution de nos cours d'eau et océans.
- **Valorisation des eaux et des boues traitées** : les eaux épurées et les boues issues du traitement peuvent être valorisées pour divers usages, comme l'irrigation ou la production d'énergie.
- **Protection des nappes phréatiques** : les STEP aident à protéger les nappes phréatiques contre la pollution en traitant les eaux usées avant qu'elles ne s'infiltrent dans le sol.
- **Soutien à l'agriculture** : en fournissant une source d'eau traitée pour l'irrigation, les STEP évitent aux agriculteurs d'avoir à utiliser des eaux usées non traitées, ce qui pourrait être nocif pour les cultures.
- **Réduction des maladies hydriques** : en éliminant les contaminants pathogènes des eaux usées, les STEP contribuent à minimiser le risque de maladies à transmission hydrique.
- **Prévention de la surexploitation des nappes souterraines** : en fournissant une source alternative d'eau pour divers usages, les STEP aident à éviter la surexploitation des nappes souterraines [13].

2.4 TECHNIQUES ET ÉTAPES DU PROCESSUS D'ÉPURATION

Le traitement des eaux résiduaires urbaines fait appel à diverses techniques reposant sur des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. Le niveau d'épuration obtenu et les coûts associés varient selon les exigences de qualité requises pour le milieu récepteur vers lequel sera rejetée l'eau traitée. De manière générale, le processus d'épuration comprend plusieurs étapes :

- Prétraitements (physiques) : dégrillage, dessablage, déshuilage-dégraissage.
- Traitements primaires (physico-chimiques) : coagulation-floculation, décantation.
- Traitements secondaires (biologiques) : boues activées, lit bactérien, lagunage, disques biologiques.
- Traitements tertiaires
- Traitements des boues

2.4.1 Prétraitements

La première étape dans le processus d'épuration des eaux usées au sein d'une station d'épuration est celle du prétraitement. Cette étape vise à éliminer les déchets grossiers, les matières en suspension et les huiles/grasses contenues dans les effluents entrants uniquement sous forme d'opérations physiques ou mécaniques afin d'éviter qu'ils ne gênent pour les traitements ultérieurs. Les principales opérations de prétraitement sont :

2.4.1.1 Dégrillage

Il consiste à faire passer les eaux usées à travers une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers dans le but de protéger les installations ultérieures de la station. L'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent. Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre les barreaux de la grille :

- Un pré-dégrillage : espacement de 30 à 100 mm,
- Un dégrillage moyen : espacement de 10 à 25 mm
- Un dégrillage fin : espacement de 3 à 10 mm [14].

2.4.1.2 Dessablage

Le dessablage permet d'extraire les sables, les graviers et les particules minérales plus ou moins fines (diamètre supérieur à 0.2 mm) des eaux brutes, afin d'éviter l'accumulation de dépôts dans les canaux et les conduites, de préserver les pompes et autres équipements contre l'abrasion, et de ne pas surcharger les étapes de traitement ultérieures. L'eau va s'écouler à une vitesse plus lente dans un bassin appelé « dessableur », ce qui va amener les particules de sables à se déposer au fond de l'ouvrage. Le sable récupéré par aspiration est ensuite égoutté, nettoyé et, selon la qualité du nettoyage, envoyé en décharge ou réutilisé [14].

2.4.1.3 Dégraissage-déshuilage

Le dégraissage-déshuilage vise à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées. L'opération s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des huiles et graisses qui sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération).

2.4.2 Traitements primaires

Le traitement primaire des eaux usées utilise des procédés physiques tels que la filtration et la décantation, qui peuvent être plus ou moins avancés. Il peut également être accompagné de procédés physico-chimiques tels que la coagulation-floculation.

2.4.2.1 Décantation

La décantation consiste à faire traverser un bassin par l'effluent à faible vitesse, de façon à ce que les matières en suspension puissent décanter [14]. Le processus de décantation a pour objectif d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité jusqu'à une zone de stockage. Après l'élimination des particules de sable et des huiles, les eaux contiennent des matières minérales et organiques décantées.

2.4.2.2 Coagulation

La coagulation a pour objectif principal de déséquilibrer les particules en suspension afin de faciliter leur agglomération [15]. En pratique, ce processus se caractérise par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques, tels que des sels minéraux cationiques et les sels de fer ou d'aluminium [13].

2.4.2.3 Floculation

La floculation a pour but de faciliter, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déséquilibrées. Ces particules se regroupent pour former un floc qui peut être facilement éliminé grâce au processus de décantation [13].

2.4.3 Traitements secondaires

Le traitement secondaire constitue une phase majeure du processus épuratoire dans une station d'épuration. C'est à cette étape que s'opère la dégradation des matières organiques dissoutes résiduelles par l'action de microorganismes.

Il existe différents procédés biologiques mis en œuvre lors de cette étape, on peut citer :

- Principe des boues activées
- Lits bactériens
- Disques biologiques (cultures fixes)
- Lagunage

C'est donc selon le type de procédé biologique retenu pour cette étape que l'on peut définir le type de la station d'épuration.

2.4.3.1 Boues activées

Le procédé d'épuration par boues activées consiste à introduire les eaux à traiter (préalablement prétraitées ou décantées) dans un bassin d'aération brassé et aéré, au sein d'un courant continu d'eau usée. Les bactéries aérobies sont soumises à une oxygénation intense grâce à l'introduction régulière d'air dans l'effluent [16]. Ces bactéries absorbent la matière organique et forment de gros amas appelés bio floccs qui décantent pour former des boues activées ou des masses floculeuses. Le mélange d'eau usée et de bio floc donne une liqueur mixte. Après un temps suffisant, cette liqueur mixte est renvoyée dans un clarificateur ou décanteur secondaire où l'eau épurée est séparée des boues. Une partie des boues décantées est réintroduite dans le bassin d'aération (recirculation des boues) pour maintenir un équilibre constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrices [13]. Les boues excédentaires sont évacuées du système vers le traitement des boues (extraction des boues en excès).

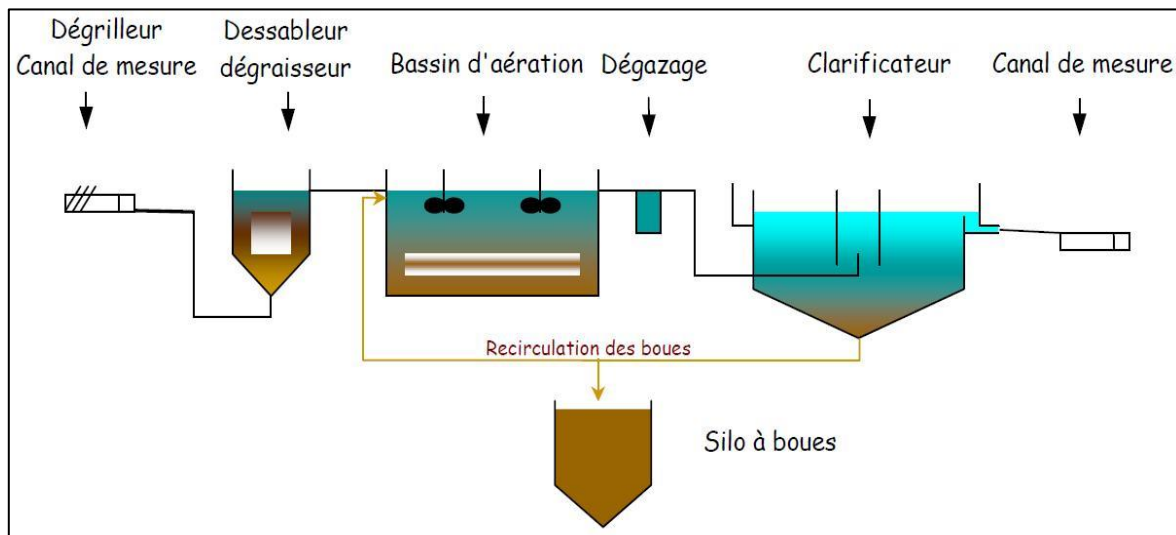


Figure 2-2 Schéma du processus d'épuration par boues activées [17]

2.4.3.2 Lits bactériens

Un lit bactérien fonctionne en faisant ruisseler les eaux usées, qui ont été préalablement décantées, sur un support poreux ou caverneux qui héberge les microorganismes épurateurs, tels que les bactéries [13]. L'aération, qui peut être naturelle ou forcée, est essentielle pour fournir l'oxygène nécessaire au bon fonctionnement des bactéries aérobies. Les polluants dans l'eau et l'oxygène de l'air se diffusent à travers le film biologique jusqu'aux microorganismes qui les assimilent, en allant à contre-courant. Ce film biologique est composé de bactéries aérobies à la surface et de bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le dioxyde de carbone générés par le processus d'épuration sont ensuite évacués par les fluides liquides et gazeux [17].

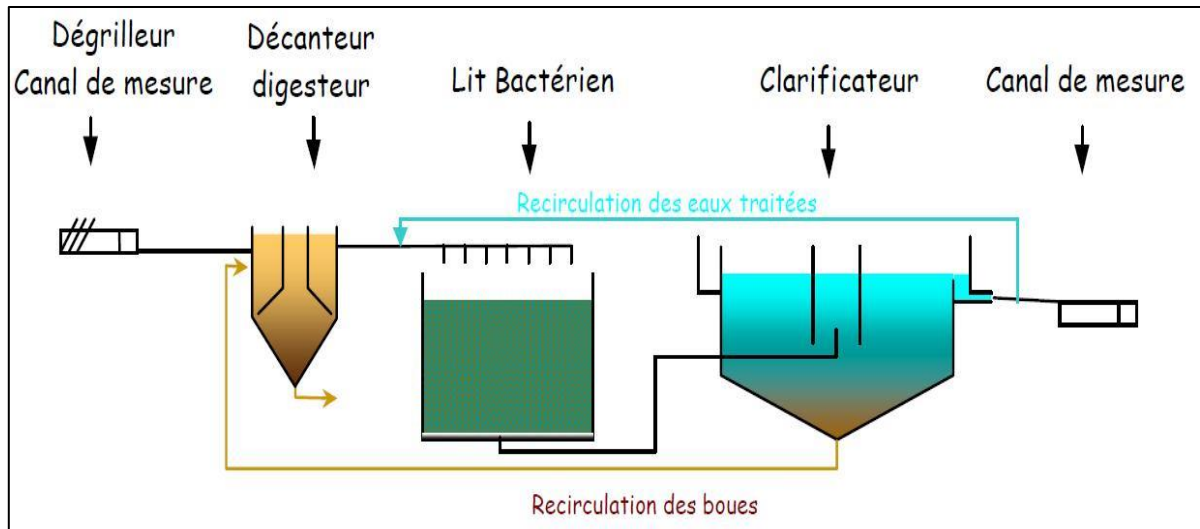


Figure 2-3 Schéma du processus d'épuration comportant des lits bactériens [17]

2.4.3.3 Disques biologiques

Dans ce type de procédé épuratoire, l'eau usée préalablement décantée alimente un bassin contenant un ensemble de disques en plastique fixés sur un axe horizontal en rotation lente. Sur la surface de ces disques biologiques, se développe alors un film bactérien.

Lors de la rotation, les disques émergent partiellement, permettant au biofilm de capter l'oxygène indispensable à la respiration des bactéries. Puis, en s'immergeant à nouveau, le film entre en contact avec l'eau usée dont les bactéries vont absorber et dégrader la pollution organique dissoute pour s'en nourrir.

Au fur et à mesure de leur croissance, les couches externes du film bactérien vont se détacher quand leur épaisseur dépasse quelques millimètres. Elles sont alors entraînées vers un décanteur final où ces boues biologiques sont séparées par décantation de l'eau épurée.

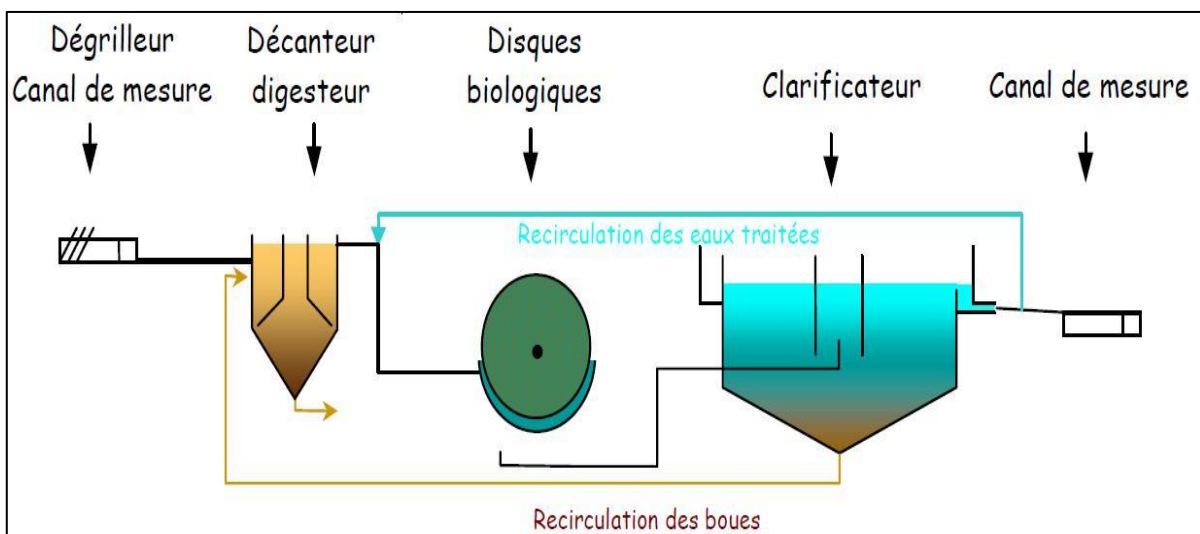


Figure 2-4 Schéma du processus d'épuration comportant des disques biologiques [17]

2.4.3.4 Lagunage

Le lagunage est une technique d'épuration des eaux usées qui reproduit les processus naturels d'auto-épuration présents dans les écosystèmes aquatiques. Elle consiste à stocker les eaux résiduaires dans de grands bassins peu profonds appelés lagunes pendant une période suffisamment longue pour permettre une dégradation biologique des polluants.

Le principe repose sur les interactions entre les microorganismes (bactéries, algues), les rayons UV du soleil, l'oxygénation naturelle par le vent et les réactions biochimiques. On distingue deux types principaux de lagunage : le lagunage naturel et le lagunage aéré.

Le lagunage naturel qui repose sur l'utilisation de la végétation aquatique qui va servir de support aux bactéries afin de purifier les eaux polluées[13].

Le lagunage aéré comprend deux bassins : le premier utilise des bactéries pour décomposer les déchets organiques en sels minéraux et en gaz, tandis que le deuxième bassin permet aux plantes de capter ces produits pour leur croissance, produisant de l'oxygène par photosynthèse. Les microalgues sont consommées par le zooplancton dans les derniers bassins. Après environ 80 jours, les eaux traitées peuvent être rejetées dans l'environnement naturel.

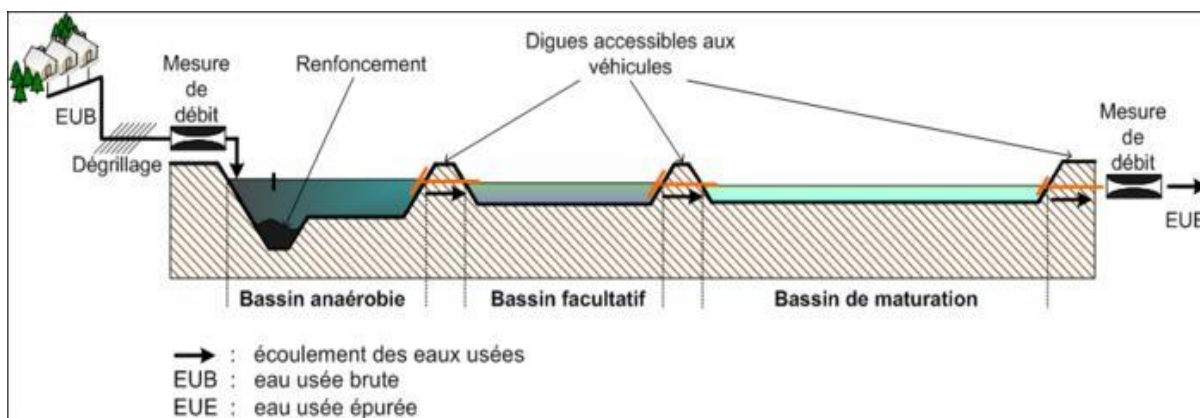


Figure 2-5 Schéma du processus d'épuration par lagunage [17]

2.4.4 Traitements tertiaires

Les traitements tertiaires, également appelés traitements complémentaires, ont pour objectif d'éliminer la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques [13]. Ils visent à améliorer la qualité générale de l'eau en vue d'une réutilisation ultérieure dans l'industrie ou l'irrigation. La principale méthode utilisée pour ce type de traitements est la désinfection. Il existe plusieurs techniques, les plus répandues sont :

- La désinfection par l'ozone
- La désinfection par rayonnement ultra-violet (UV)
- La désinfection utilisant le chlore et ses dérivées.

Ces traitements sont réalisés lorsque le milieu récepteur l'exige.

2.4.5 Traitements des boues

Après le traitement tertiaire, il reste à gérer les boues résiduelles issues des différentes étapes de décantation et de traitement biologique. Ces boues concentrent les matières polluantes extraites de l'eau et doivent subir un traitement spécifique avant leur évacuation finale.

Dans une STEP à boues activées, la récupération des boues provient de l'étape du prétraitement et des décanteurs primaire et secondaire. Le traitement des boues a pour but de diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible.

2.4.5.1 L'épaississement

L'épaississement constitue, en fait, le premier stade de la réduction de volume des boues. Il consiste à séparer par gravité (décantation) ou par flottation, l'eau interstitielle des particules de boues. Deux techniques sont le plus souvent utilisées pour l'épaississement, la décantation ou sédimentation et la flottation.

L'épaississement est avantageux pour les raisons suivantes :

- Il réduit le volume des boues à traiter dans les étapes qui suivent
- Il améliore le rendement de digestion et en réduit le coût d'investissement et de traitement ultérieurs [18].

2.4.5.2 Stabilisation des boues (digestion)

La stabilisation vise à réduire la teneur en matières organiques facilement biodégradables des boues et à diminuer les nuisances olfactives.

Il suffit de contrôler cette phase par une diminution des matières organiques fermentescibles présentes dans les boues.

La stabilisation aérobie des boues consiste en une minéralisation aboutissant à une oxydation très poussée des boues. Elle est réalisée dans des ouvrages appelés digesteurs. Tandis que la digestion anaérobie est donc une fermentation en absence d'oxygène qui permet de stabiliser les matières organiques en les transformant, le plus souvent, en gaz méthane et en gaz carbonique [19].

2.4.5.3 Conditionnement des boues

Le conditionnement des boues vise à modifier les propriétés intrinsèques des boues afin de faciliter l'extraction de l'eau liée aux particules solides.

Deux paramètres clés caractérisent une boue ; sa résistance spécifique à la filtration et son facteur de compressibilité. L'objectif principal du conditionnement est de réduire ces deux paramètres en ajoutant des polymères ou d'autres agents chimiques, ce qui permettra d'obtenir

une boue plus concentrée en matières solides, et ainsi, faciliter la déshydratation ultérieure des boues [19].

2.4.5.4 Déshydratation des boues

Les boues digérées sont ensuite déshydratées pour réduire leur teneur en eau. On extrait l'eau des boues soit par des procédés mécaniques tels que les filtres bandes, les centrifugeuses ou les filtres presses afin d'obtenir des gâteaux de boues plus solides [19].

2.4.5.5 Séchage

Le séchage est une étape complémentaire à la déshydratation et vise à réduire davantage la teneur en eau des boues par l'évaporation naturelle. Les boues liquides provenant des bassins de stabilisation sont pompées directement vers les lits de séchage des boues [20].

2.4.5.6 Valorisation des boues

Après le traitement chimique et mécanique, on obtient des boues solides qui pourront être valorisées par épandage agricole ou compostage, sous réserve de leur qualité. Parfois, elles contiennent encore de l'eau et des matières fermentescibles, limitant leur utilisation agricole. Une alternative consiste à les incinérer dans des incinérateurs ou à les mettre en décharge, ce qui représente une part significative des coûts d'exploitation d'une station d'épuration [19].

2.5 LES DIFFÉRENTS COMPOSANTS D'UNE STEP

Dans cette partie, nous allons présenter les ouvrages où les processus de traitement seront exécutés. La composition exacte de ces infrastructures varie selon la taille de la STEP, la filière de traitement utilisée, ainsi que les contraintes géographiques et réglementaires spécifiques à chaque site. Toutefois, ces ouvrages constituent l'essentiel des infrastructures nécessaires au bon fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.

2.5.1 Ouvrages de la filière eau

2.5.1.1 Déversoir d'orage

Un déversoir d'orage est une structure intégrée à la STEP qui permet de gérer le débit excessif d'eau de pluie lors de fortes précipitations [21]. Il permet aussi de dériver temporairement le surplus d'eau de pluie non traitée vers un cours d'eau ou vers un bassin de rétention spécialement conçu à cet effet.

Son rôle principal est de protéger la station d'épuration contre les surcharges hydrauliques qui pourraient survenir en raison de l'afflux soudain et massif d'eau de pluie dans le réseau d'égouts [22].

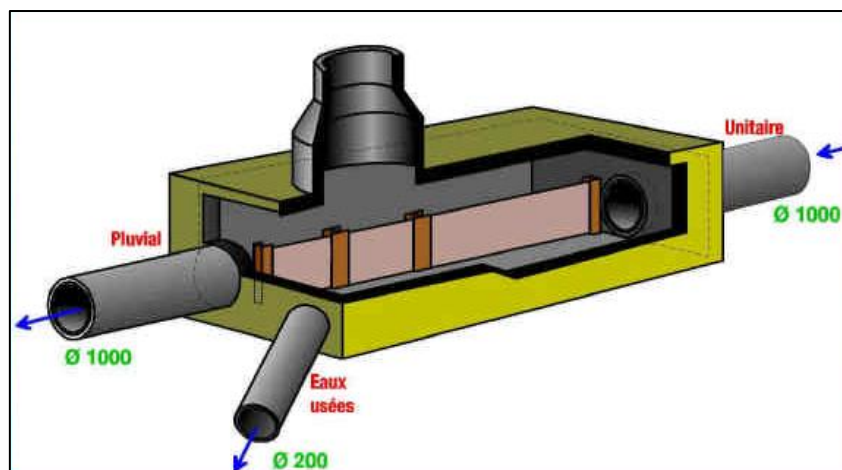


Figure 2-6 Schéma représentatif d'un déversoir d'orage [22]

2.5.1.2 Fosse à bâtards

Une fosse à bâtards (piège à cailloux) est placée généralement à l'entrée de la STEP de façon à tranquilliser l'affluent, limitant ainsi la vitesse d'approche sur le pré-dégrillage et de piéger les corps solides lourds (branches, cailloux...) [23].

2.5.1.3 Poste de relevage

Le poste de relevage est situé à l'amont de la filière. Il permet d'assurer le relèvement du niveau d'eau de la station, permettant ainsi un écoulement gravitaire entre le dégrilleur et le point de rejet. En effet, les eaux usées arrivent à la station de façon gravitaire, mais leurs arrivées sont souvent en profondeur et ne sont pas compatibles avec le point de rejet de la STEP. C'est pour cette raison que ce puits est équipé d'un système de pompes, leur permettant ensuite de transiter gravitairement à travers les différents ouvrages de la station d'épuration [24].

2.5.1.4 Dégrilleur

Le dégrilleur grossier retient les gros déchets avec des barreaux espacés dans une STEP, évacuant ensuite les débris capturés via un râteau. Le dégrilleur fin suit, filtrant les particules plus petites à travers des tamis, puis les éliminant vers un système de traitement ultérieur.

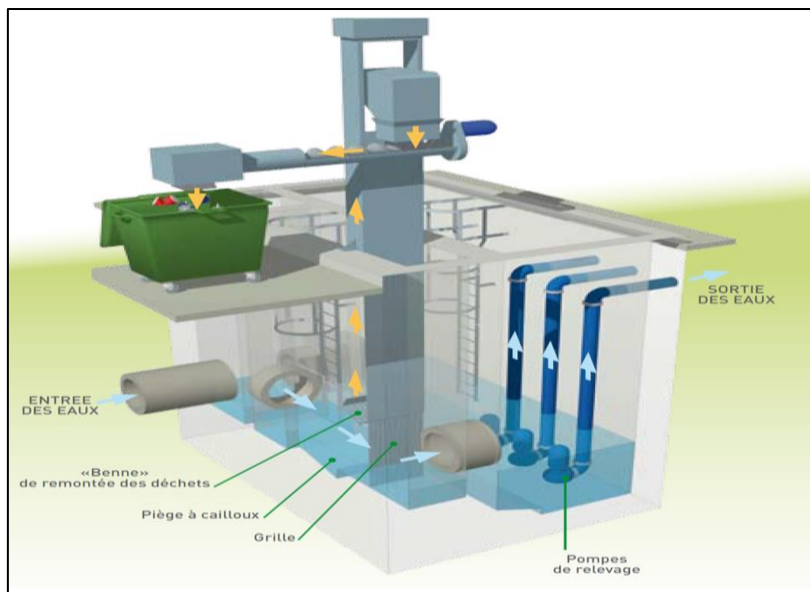


Figure 2-7 Schéma représentatif d'un système de relèvement et de dégrillage [25]

2.5.1.5 Dessableur/déshuileur-dégraisseur

Le dessableur-déshuileur fait partie du prétraitement des eaux usées et se situe en aval du dégrilleur. Son rôle est d'éliminer les sables et les graisses des eaux usées avant qu'elles n'atteignent le bassin d'aération.

Grâce à son faible volume et à l'injection d'air, cet ouvrage favorise la séparation des différents éléments. Les graisses, plus légères, remontent à la surface où un système rotatif les récupère dans une goulotte avant de les envoyer vers une cuve de stockage.

Quant aux sables, plus denses, ils descendent par décantation au fond de l'ouvrage. Ils sont ensuite pompés et acheminés vers une cuve de stockage des sables [24].

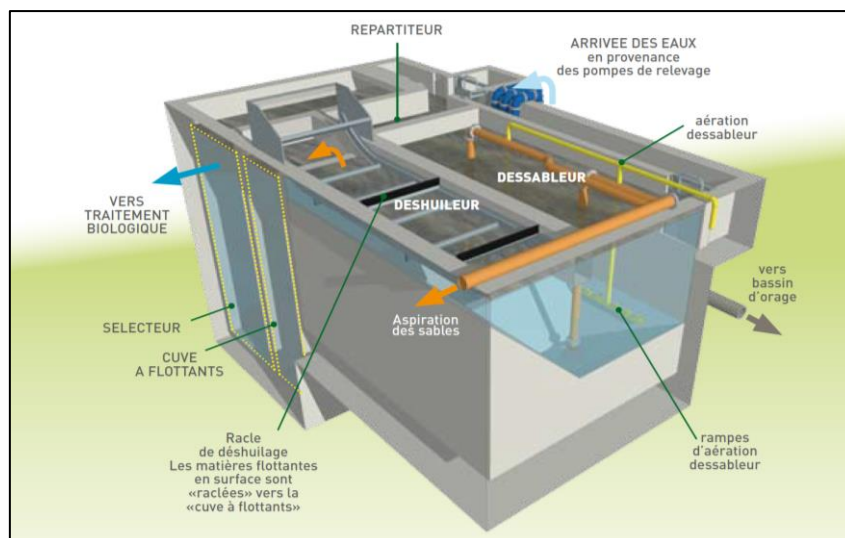


Figure 2-8 Schéma représentatif du système de fonctionnement d'un déshuileur-dessableur [25]

2.5.1.6 Décanteur primaire

Le décanteur primaire est un bassin préalablement conditionné avec des réactifs, par lequel l'effluent traverse à faible vitesse, permettant aux matières en suspension et aux floccs de se déposer pour la décantation. Son profil de fond favorise le rassemblement des suspensions et les boues déposées sont récupérées par raclage et pompage. Ce processus utilise la gravité pour séparer les particules de densité supérieure, les dirigeant vers une surface ou une zone de stockage. De plus, le décanteur primaire agit comme un bassin d'homogénéisation, atténuant les fluctuations de concentration des eaux usées [26].

2.5.1.7 Bassins d'aération à boues activées

Le bassin d'aération C'est l'ouvrage central où s'effectue l'épuration biologique par les boues activées. L'eau usée décantée et les boues en recirculation y sont mélangées et aérées en permanence pour apporter l'oxygène nécessaire aux bactéries aérobies. Ces dernières vont absorber et dégrader la pollution organique dissoute [27].

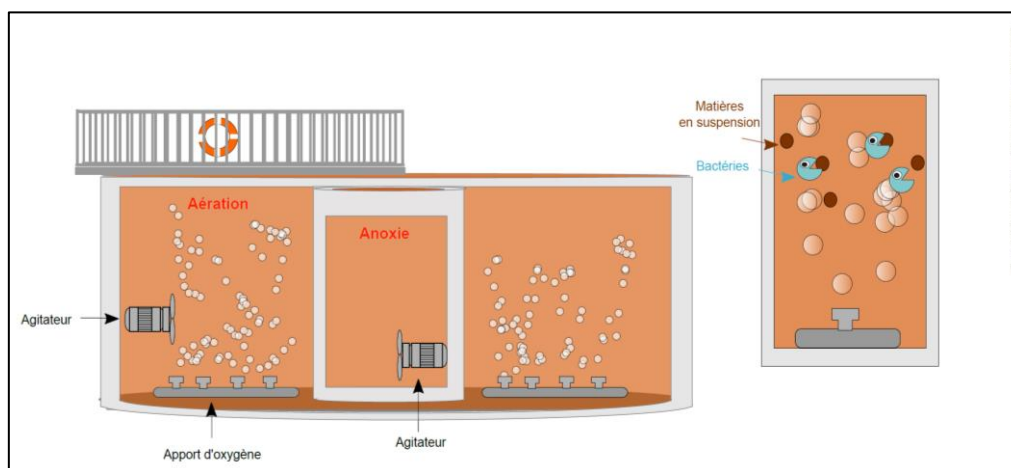


Figure 2-9 Schéma représentatif du fonctionnement d'un bassin d'aération [27]

2.5.1.8 Dégazeur

En fonctionnement, le dégazeur est quasiment plein et équipé d'une surverse. Son rôle principal est de créer une fine lame d'eau s'écoulant à faible vitesse. Ce procédé permet de dégazer le liquide en éliminant les bulles d'air. Après avoir traversé le dégazeur, l'effluent tombe dans une cuve avant de s'écouler vers le clarificateur [24].

2.5.1.9 Clarificateur/décanteur secondaire

Après aération, le mélange eau épurée/boues est transféré vers ce bassin de décantation. Les boues activées décantent par gravité, tandis que l'eau clarifiée surnageant est récupérée en partie pour constituer l'eau épurée [27].

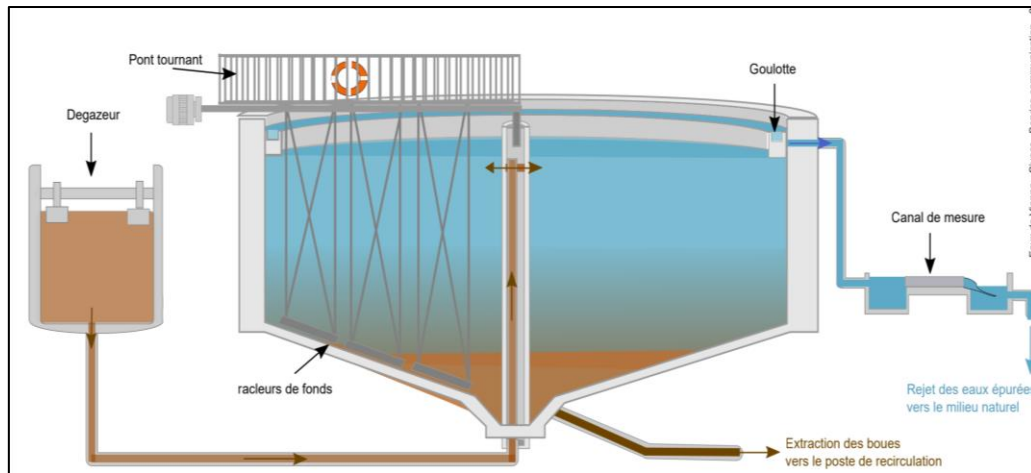


Figure 2-10 Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un dégazeur et d'un clarificateur [28]

2.5.2 Ouvrages de la filière boue

2.5.2.1 Digesteurs anaérobies

L'ouvrage est un bassin vertical où les particules décantent et les gaz de digestion remontent en surface. Il est divisé en plusieurs zones : une zone de décantation séparée de la zone de digestion par des cloisons inclinées, permettant aux boues de glisser vers la zone de digestion et formant une écume en surface. L'évacuation des gaz se fait suivant les dispositifs disponibles, à l'aide d'une cloche à gaz ou par pompage. Les boues s'accumulent ensuite dans la zone de stockage et de digestion où elles se digèrent, s'épaississent et se stabilisent partiellement [29]. Ces boues peuvent ensuite être dirigées vers un lit de séchage pour un traitement ultérieur.

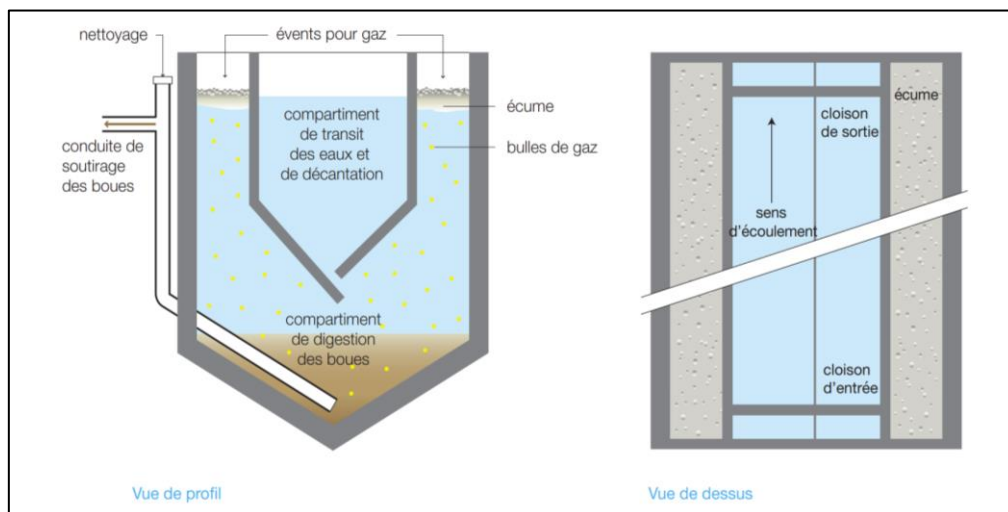


Figure 2-11 Schéma représentatif du principe de fonctionnement du digesteur [29]

2.5.2.2 Lits de séchage

Les lits de séchage de boues non-plantés sont des bassins peu profonds constitués d'une couche de 30 à 40 cm reposant sur une couche de gravier, drainés pour récupérer le percolat.

Les boues sont placées à la surface du sable pour sécher via drainage et évaporation. Environ 50 à 80 % des boues s'infiltrent et sont évacuées en percolat. Un système de drainage permet de le récupérer et de le renvoyer dans le bassin d'aération.

Après déshydratation, les boues sont retirées manuellement ou motorisées, avec un stockage pour réduire les agents pathogènes [30].

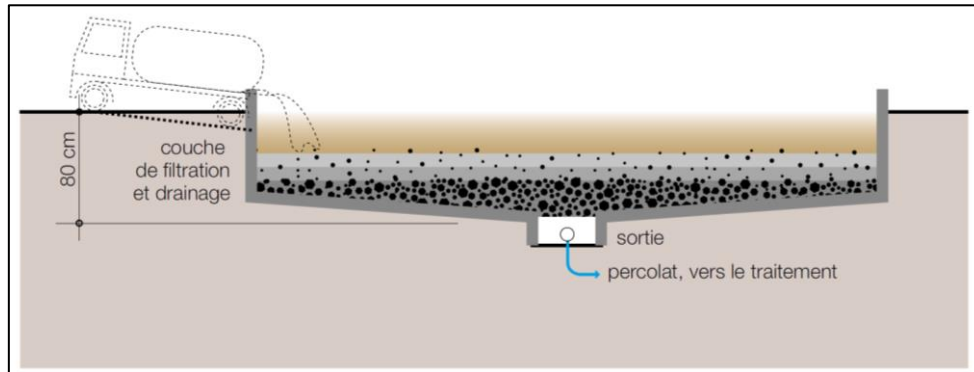


Figure 2-12 Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un lit de séchage de boues non planté [30]

2.5.2.3 Épaississeur de boues

Les boues en excès seront épaissies dans un ouvrage cylindro-conique hersé afin d'augmenter leur concentration en éliminant une partie de l'eau. Cela permet de réduire le volume total des boues à traiter, facilitant ainsi leur gestion et leur élimination ultérieure. L'épaississement des boues est généralement réalisé par gravité, centrifugation ou flottation, selon les caractéristiques des boues à traiter et les exigences du système. L'épaississement des boues est assuré par un système de raclage de fond et d'une herse qui favorise la remontée de la phase liquide sans entraîner de matière solide [25].

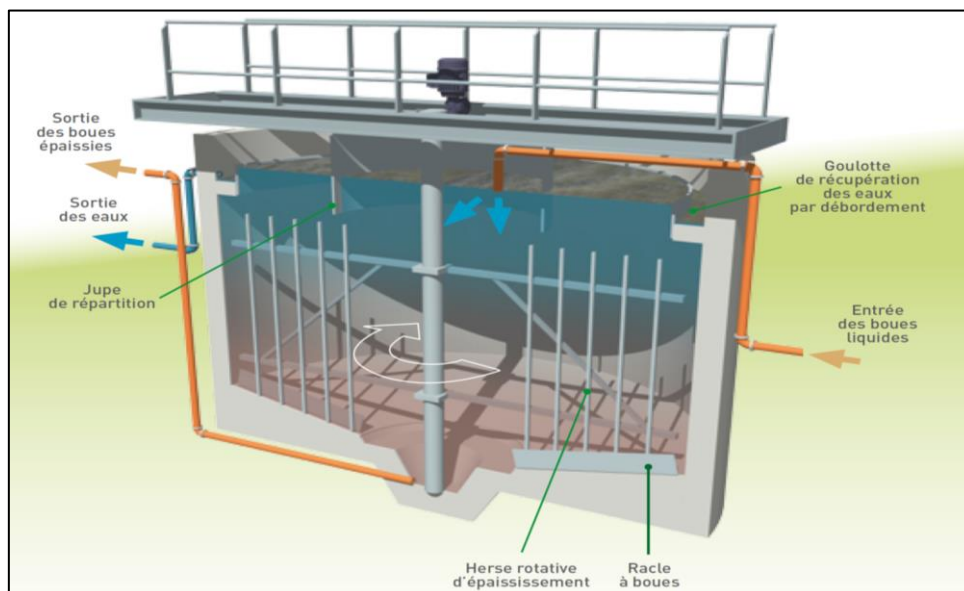


Figure 2-13 Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un épaississeur de boues [25]

2.5.2.4 Silo de stockage des boues

Un silo de stockage des boues est une structure conçue pour stocker temporairement les boues générées par le traitement des eaux usées. Il se présente sous la forme d'un réservoir couvert avec un fond conique pour permettre le pompage des boues [24].

Le stockage des boues dans un silo permet de les garder en attente avant d'être traitées davantage, comme, la digestion anaérobie, le compostage, ou l'envoi vers un site d'élimination final approprié tel qu'une installation d'incinération, une décharge contrôlée, ou un site de valorisation énergétique.

2.5.3 Ouvrages annexes

Outre les principales installations de traitement, une STEP comprend également des ouvrages annexes essentiels pour son fonctionnement efficace. Parmi ces ouvrages, on trouve généralement le bâtiment d'exploitation, qui abrite les équipements et le personnel nécessaires à la gestion quotidienne de la station. Les ateliers et le magasin servent à entretenir et à stocker les outils et les pièces de rechange. Un bassin d'orage ou de stockage est souvent présent pour gérer les pics de débit en cas de fortes précipitations. Un laboratoire est par ailleurs intégré pour effectuer des analyses et des contrôles de la qualité de l'eau traitée. Les locaux techniques et de supervision hébergent les systèmes de contrôle et de gestion de la STEP. Enfin, les voiries d'accès assurent la circulation fluide du personnel et des véhicules pour assurer le bon fonctionnement de la station. Ces ouvrages annexes jouent un rôle majeur dans le maintien des performances et de l'efficacité de la STEP.

2.6 CONCLUSION

Maillon indispensable des politiques de développement durable et de l'assainissement urbain et industriel, les stations d'épuration revêtent donc un caractère stratégique, aussi bien sur les plans économique, environnemental que sociétal. Leur développement contribue à relever les défis de l'accès à l'eau, de la dépollution et du développement durable. Ce chapitre a été rédigé dans le but de fournir une vue d'ensemble sur le fonctionnement des stations d'épuration, afin d'assurer par la suite dans le prochain chapitre le processus de management de notre projet dans les meilleures conditions de coût, de délai et de risques. Comprendre les généralités sur les stations d'épuration ainsi que leurs différentes composantes est essentiel pour une analyse stratégique et une gestion efficace de ces infrastructures vitales dans le domaine de l'ingénierie civile et de la protection de l'environnement.

CHAPITRE 3

MANAGEMENT DE PROJETS

3.1 INTRODUCTION

Actuellement, dans un environnement en évolution permanente où la compétition est devenue la norme et où les attentes des parties prenantes sont toujours plus exigeantes, le management des projets émerge comme un pilier essentiel pour les organisations cherchant à rester agiles, innovantes et compétitives.

Le management de projets, en tant que discipline, englobe la planification, l'organisation, la gestion des risques et des changements ainsi que la gestion des ressources pour atteindre des objectifs spécifiques dans un délai défini. C'est un domaine qui a évolué au fil du temps en réponse aux défis et aux demandes changeantes du monde des affaires.

Ce chapitre se penche sur cet art complexe et multidimensionnel qu'est le management des projets, explorant ses fondements théoriques et les défis qu'il pose aux gestionnaires et aux équipes. Nous explorerons les différentes dimensions du management des projets, en mettant en lumière les concepts du management des délais, management des coûts et du management des risques ainsi que les outils et les techniques utilisés par les professionnels. Enfin, nous aborderons les tendances et les perspectives futures du management des projets.

3.2 LE MANAGEMENT DE PROJETS

3.2.1 Définition du concept « projet »

Selon la définition donnée par le guide PMBOK « Un projet est une initiative temporaire entreprise dans le but de créer un produit, un service ou un résultat unique » [31].

Sa temporalité se caractérise par un début et une fin clairement définis. La fin d'un projet survient lorsque les objectifs ont été satisfaits, ou lorsqu'ils ne seront pas ou ne pourront pas être réalisés, ou lorsqu'il perd sa pertinence.

3.2.2 Définition du management de projets

Le management de projet est l'application de connaissances, de compétences, d'outils et de techniques aux activités d'un projet afin d'en satisfaire les exigences [31]. Il est réalisé en mettant en œuvre et en intégrant des processus regroupés en cinq étapes principales : définition, planification, exécution, surveillance et maîtrise, ainsi que la clôture. Ces phases sont appuyées par une structure organisationnelle dirigée par un chef de projet, qui est chargé de garantir la réalisation des objectifs du projet [32].

Autrement dit, le management de projets est un ensemble de techniques visant à mener à bien un projet dans le respect des objectifs fixés en termes de délais, de coûts, de qualité et de performance.

3.2.3 Importance du management de projets

Le management de projet occupe une place centrale dans le paysage professionnel moderne. Son importance découle de sa capacité à structurer, organiser et coordonner les différentes phases et activités d'un projet, en garantissant une gestion efficace des ressources, des délais et des risques.

Dans cette perspective, le management de projet permet de :

- Atteindre les objectifs commerciaux établis ;
- Répondre aux attentes des parties prenantes impliquées ;
- Augmenter les chances de succès du projet ;
- Livrer les produits adéquats dans les délais impartis ;
- Gérer pro-activement la réponse aux risques ;
- Optimiser l'utilisation des ressources disponibles au sein de l'organisation ;
- Identifier, récupérer ou arrêter les projets qui risquent d'échouer ;
- Gérer les différentes contraintes telles que le périmètre, la qualité, l'échéancier, les coûts et les ressources ;
- Équilibrer l'impact des contraintes sur le projet, par exemple, une extension du périmètre peut entraîner une augmentation des coûts ou une accélération des délais ;
- Gérer efficacement les changements et les évolutions du projet [31] ;

3.2.4 Fondements du management de projets

3.2.4.1 Triangle de performance d'un projet

Lorsqu'il s'agit de décider de l'approche à adopter pour un projet, l'application du management de projet met en lumière trois notions fondamentales : la qualité, le coût et le délai. Ces trois dimensions interagissent étroitement entre elles et influent sur la réussite d'un projet.

Le triangle QCD (Qualité, Coût, Délai) ou le triangle d'or est un outil utile dans la gestion de projet. Il montre les relations entre les trois notions de qualité, de coût et de délai.

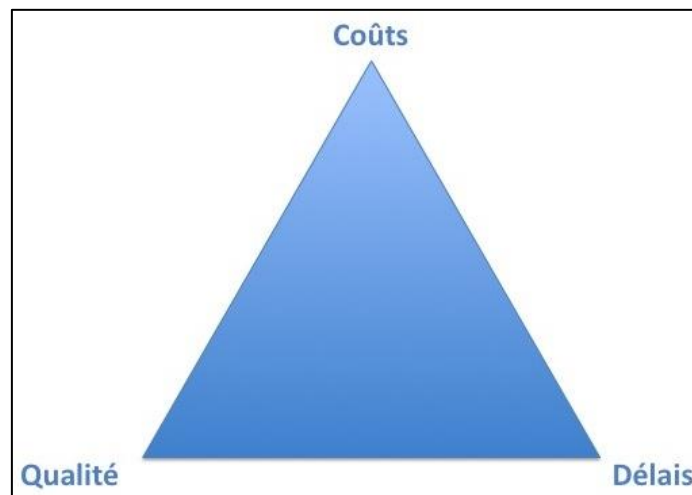


Figure 3-1 Triangle Qualité-Coût-Délai [33]

En général, les entreprises ont tendance à privilégier l'un de ces aspects au détriment des autres à un moment donné. Utiliser ce triangle pour évaluer la performance aide à éviter ce déséquilibre.

L'objectif est d'améliorer un aspect sans détériorer les deux autres. De plus, cela met en lumière les synergies entre ces aspects qui sont souvent vus comme opposés [34].

Les trois côtés du triangle sont déterminés par :

- *La qualité* : la qualité représente la conformité des livrables du projet aux exigences, aux normes et aux attentes des parties prenantes. Elle englobe la performance, la fiabilité et la satisfaction des clients. Elle permet de maintenir une bonne réputation pour l'entreprise.
- *Le coût* : ce côté du triangle représente les ressources financières nécessaires pour mener à bien le projet. Il inclut les coûts des ressources humaines, des équipements, des matériaux et d'autres dépenses associées à la réalisation du projet. Il est important de gérer efficacement les coûts pour respecter le budget alloué au projet.
- *Le délai* : le délai fait référence à la durée nécessaire pour terminer le projet et/ou les différentes phases du projet. Il comprend les échéanciers, les délais intermédiaires et la date finale de livraison des résultats. La gestion du temps est cruciale pour éviter les retards et assurer la satisfaction du client.

Un projet est considéré comme réussi lorsque, à sa date de livraison au client, les critères de qualité, de coût et de délai respectent les objectifs contractuels de démarrage.

3.2.4.2 Les 10 domaines de connaissance en management de projet

En plus du fait de pouvoir assurer l'équilibre dynamique d'un projet entre les trois côtés du triangle, de la triple contrainte à savoir la qualité, le coût et le délai d'un projet, il est essentiel de maîtriser les autres domaines de connaissance en management de projet pour garantir le succès global. C'est dans cette optique que le PMBOK a établi une classification en 10 domaines de connaissances. Chacun de ces domaines joue un rôle important dans le cycle de vie d'un projet, et leur maîtrise permet aux chefs de projet d'adopter une approche holistique et stratégique pour atteindre les objectifs fixés dans les délais impartis et en respectant les contraintes budgétaires [33].

Ces dix domaines de connaissance sont les suivants :

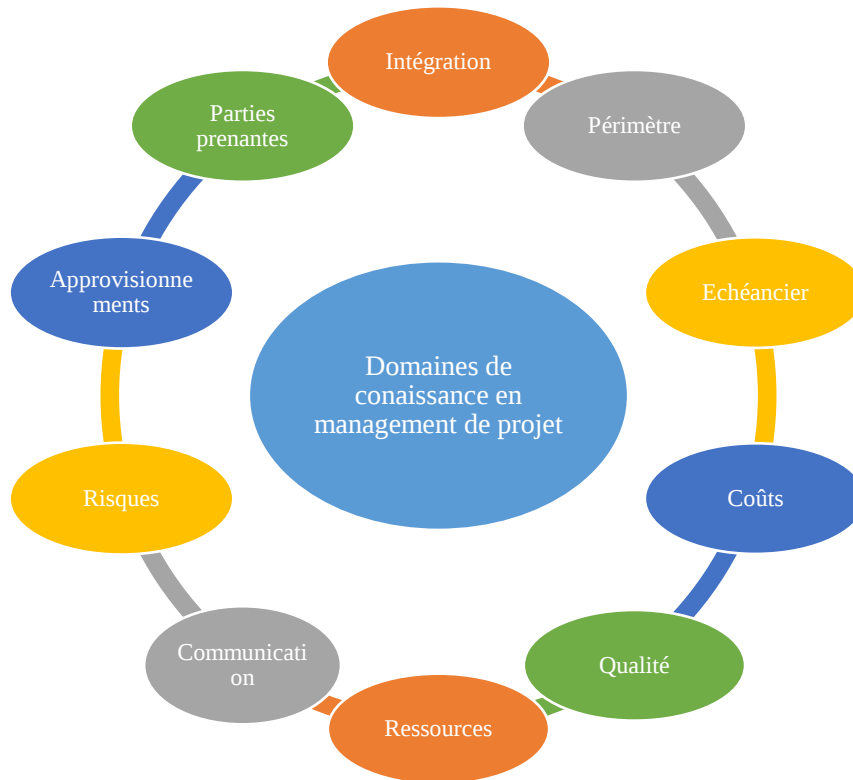


Figure 3-2 Les 10 domaines de connaissance en management de projet

3.2.4.3 Cycle de vie d'un projet

L'un des éléments fondamentaux du management de projet est la reconnaissance du fait qu'un projet passe par un certain nombre de phases consécutives, de son lancement à sa clôture [31]. Toutes ces étapes forment un processus structuré qui guide l'ensemble des étapes du projet, que l'on nomme cycle de vie d'un projet.

Le cycle de vie du projet est géré en réalisant une série d'activités de management de projet appelées processus de management de projet.

Les groupes de processus de management de projet sont des ensembles d'activités interdépendantes qui permettent de gérer efficacement un projet. Bien qu'il existe différentes façons de regrouper les processus, le PMBOK identifie cinq groupes de processus de management de projet : l'initiation, la planification, l'exécution, le contrôle et la clôture. Ces groupes de processus sont une manière d'organiser les différentes activités nécessaires pour mener à bien un projet.

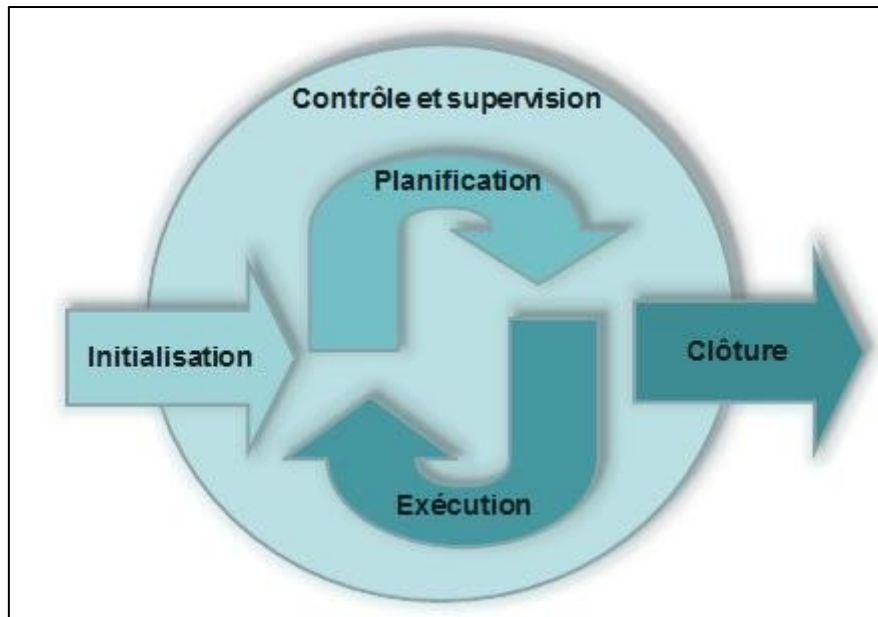


Figure 3-3 Groupes de processus de projet [31]

L'annexe B (tableau 1-4 de [31]) illustre de manière claire les liens et les interactions entre les processus de gestion de projet et les dix domaines de connaissances.

Malgré la différence de taille et de complexité entre les projets, il est possible de schématiser un projet type selon la structure de cycle de vie du projet [31] :

- Initialisation du projet ;
- Organisation et préparation ;
- Exécution du travail ;
- Clôture du projet ;

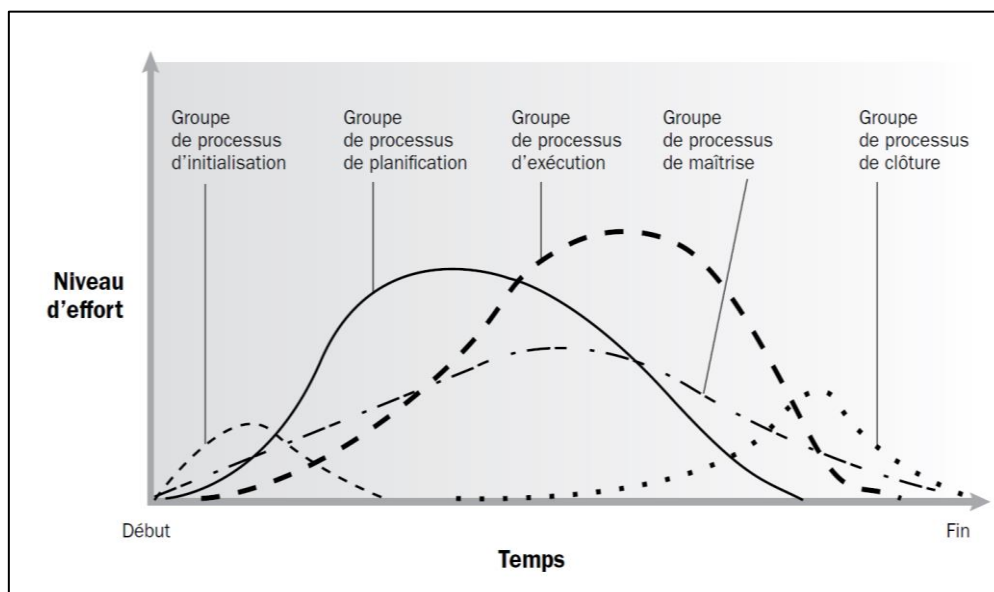


Figure 3-4 Exemple d'interactions entre les groupes de processus au sein d'un projet ou d'une phase [31]

3.2.4.4 Les acteurs d'un projet

Le projet de construction est bien plus qu'une simple entreprise technique : c'est une aventure humaine qui réunit une multitude d'acteurs et de protagonistes, chacun contribuant de manière significative à la réalisation de l'objectif commun. Cette collaboration implique une diversité d'acteurs, chacun avec ses compétences, ses responsabilités et son rôle spécifique au sein du projet.

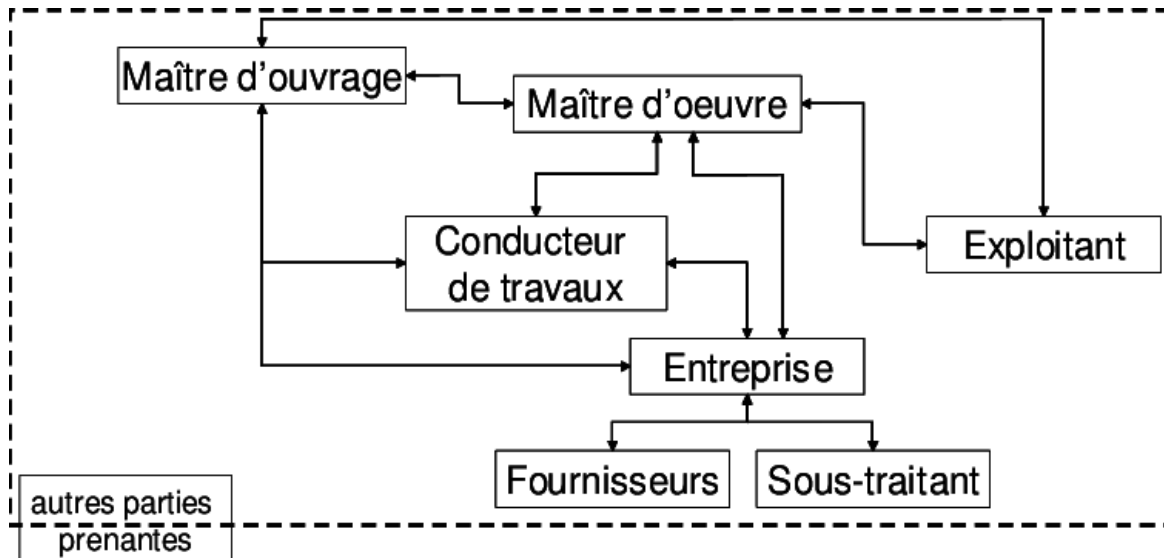


Figure 3-5 Les différents acteurs d'un projet [35]

3.3 LE MANAGEMENT DES COÛTS

3.3.1 Définition

Le management des coûts, également appelé la gestion des coûts du projet, est un processus stratégique et opérationnel visant à contrôler et à optimiser les dépenses d'une organisation dans le but d'atteindre ses objectifs financiers et opérationnels. Il comprend les processus relatifs à la planification, à l'estimation, à l'établissement du budget, au financement, au provisionnement, à la gestion et à la maîtrise des coûts, afin que le projet soit achevé dans les limites du budget approuvé [31].

3.3.2 Processus de management des coûts

Le management des coûts du projet regroupe quatre processus résumés dans la figure 3-6.

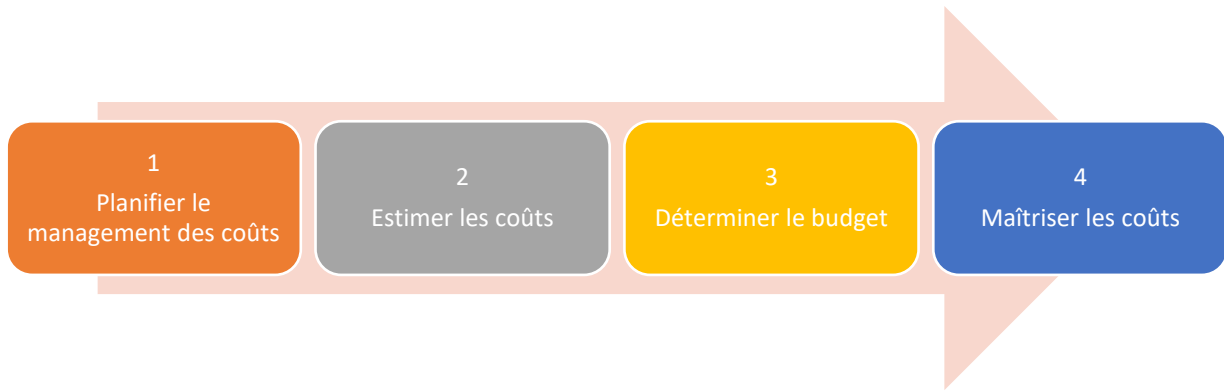


Figure 3-6 Vue d'ensemble du processus de management des coûts

3.3.2.1 Planifier le management des coûts

Le management des coûts démarre dès la phase initiale de planification, en définissant les ressources et le contenu du projet. Cette gestion est formalisée dans un plan spécifique intégré au plan global du projet, incluant les critères essentiels pour l'estimation, la budgétisation et le suivi des coûts. La planification de la gestion des coûts assure une direction claire pour estimer, gérer et contrôler les dépenses tout au long du projet, exécutée soit une fois, soit à des moments prédéfinis pendant son déroulement [32].

3.3.2.2 Estimer les coûts

L'estimation des coûts est le processus visant à déterminer une estimation approximative des coûts des ressources requises pour réaliser les activités d'un projet.

Une estimation de coût pour une activité planifiée (exprimée en unités monétaires) consiste en une évaluation chiffrée des coûts probables des ressources nécessaires pour mener à bien cette activité. Les coûts des activités planifiées comprennent divers éléments tels que la main-d'œuvre, les matériaux, l'équipement, les services, les installations, ainsi que des provisions pour l'inflation ou les imprévus.

Le processus d'estimation des coûts tient compte des éléments suivants :

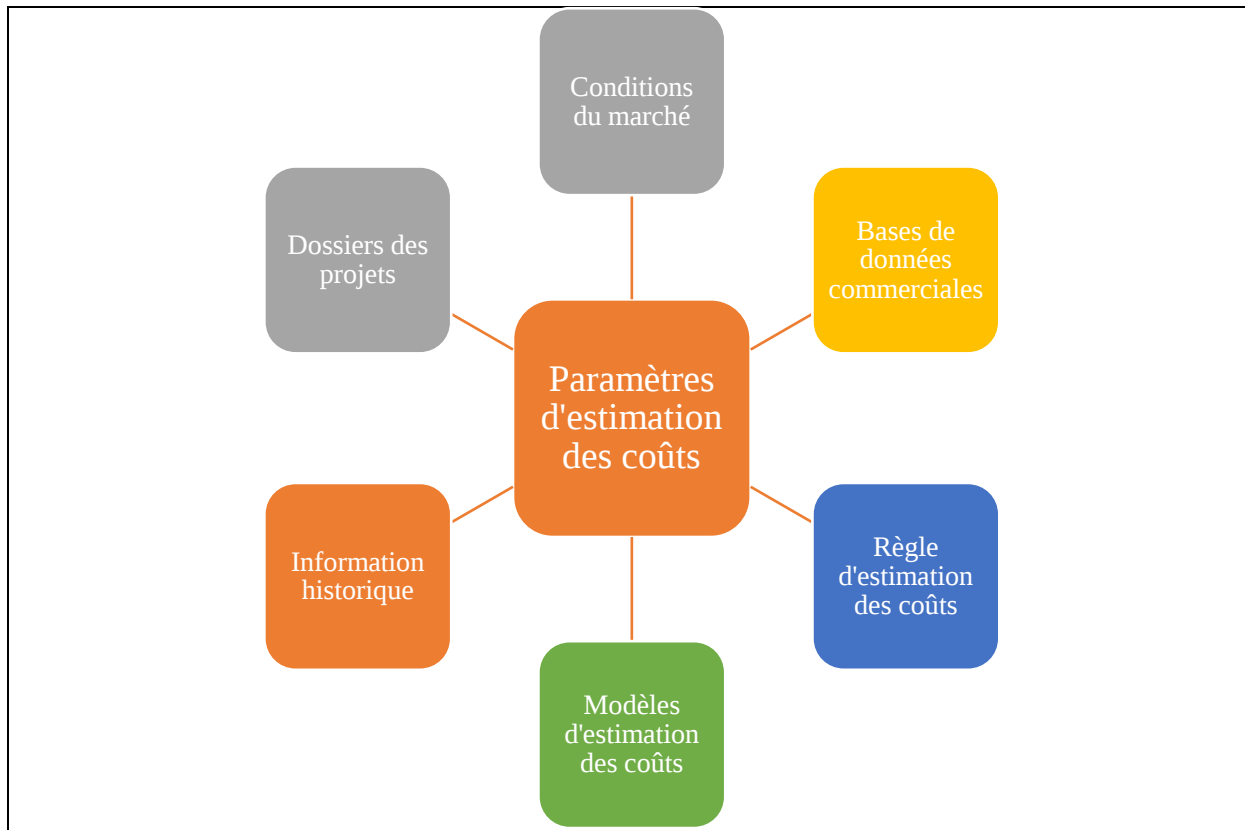


Figure 3-7 Paramètres d'estimation des coûts

Plusieurs approches sont possibles pour effectuer une estimation des coûts. Nous pouvons mentionner notamment :

3.3.2.2.1 Estimation par la méthode paramétrique

L'estimation paramétrique repose sur une relation statistique entre des données historiques et diverses variables pour estimer le coût d'une ressource ou d'une activité dans un projet. Pour cette approche d'estimation des coûts, il est essentiel d'avoir des données historiques fiables et des paramètres appropriés pour garantir des estimations précises.

3.3.2.2.2 Estimation par analogie (Top-down, descendante, Macro-Estimates)

L'estimation des coûts par analogie repose sur l'utilisation des coûts réels de projets antérieurs similaires pour estimer les coûts d'un projet actuel, notamment lorsqu'il existe des informations limitées sur ce dernier, particulièrement dans ses phases initiales. Cette méthode fait appel au jugement d'expert et est généralement moins coûteuse, mais aussi moins précise que d'autres techniques d'estimation.

3.3.2.2.3 Estimation par la méthode analytique (Bottom up ,Ascendante ,Micro-Estimates)

La méthode analytique, également appelée méthode Bottom-up, est utilisée pour estimer les coûts d'un projet en décomposant le travail en tâches élémentaires. Cette méthode repose sur l'estimation individuelle des coûts de chaque activité ou lot de travail, qui sont ensuite additionnés et consolidés pour obtenir le coût total du projet. L'exactitude du budget est

améliorée lorsque toutes les tâches sont estimées, et la participation des agents de maîtrise contribue à consolider leur expertise et à accepter les résultats avec un minimum de risque [35].

3.3.2.2.4 Estimation des coûts par la méthode du logiciel (MS Project)

L'estimation des coûts avec le logiciel MS Project implique de décomposer un projet en différentes parties (tâches, fonctions) et d'estimer le coût de chaque partie séparément. Ensuite, ces coûts sont agrégés pour obtenir le coût total du projet. Il est crucial de maintenir une surveillance constante des coûts tout au long du projet et d'ajuster les estimations en cas de changements.

3.3.2.3 Déterminer le budget

Le budget du projet est établi à partir des estimations agrégées des différentes activités ou des lots de travail. Cette somme cumulée représente le budget total du projet qui servira à évaluer la performance du projet.

Les estimations de coûts des activités sont regroupées en lots de travail selon la structure de découpage du projet (WBS), puis agrégées aux niveaux supérieurs de cette dernière et enfin au niveau global du projet. En combinant ces estimations de coûts avec le planning du projet, on obtient une référence de base pour les coûts, qui représente les fonds autorisés pour la réalisation du projet et qui est essentielle pour la gestion future des coûts.

La référence de base des coûts est un budget réparti dans le temps et utilisé comme base de mesure, de surveillance et de maîtrise des performances globales des coûts du projet. Elle s'élabore en additionnant les coûts estimés par période et se présente habituellement sous la forme d'une courbe en S [35].

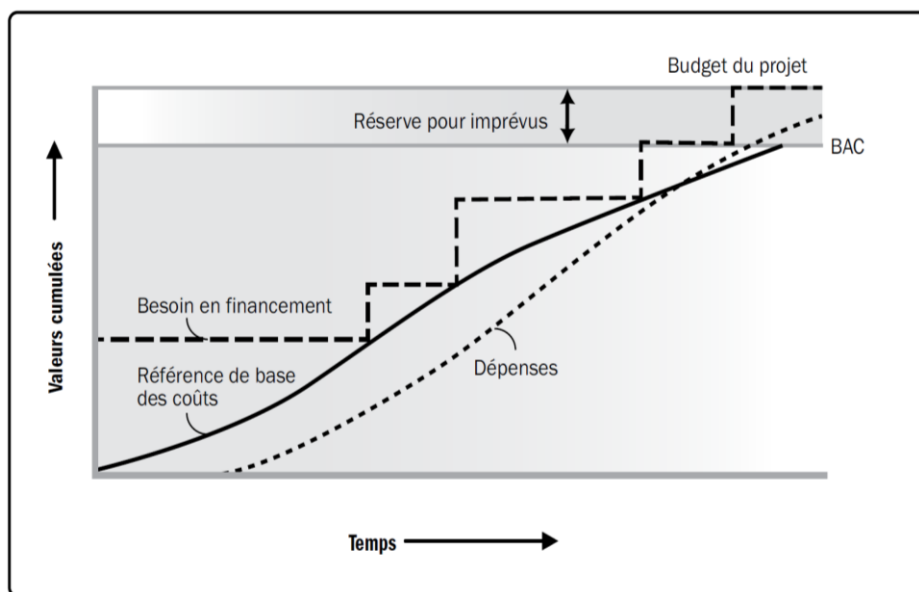


Figure 3-8 Référence de base des coûts, de dépenses et besoins de financement [31]

3.3.2.4 Maîtriser les coûts

La maîtrise des coûts est le processus de suivi de l'état du projet, également utilisé pour gérer les modifications apportées à la référence de base des coûts. Elle comprend la maîtrise des modifications de la base de référence des coûts, en veillant notamment à ce que toutes les demandes de modifications soient sollicitées en temps opportun pour pouvoir les gérer et en suivant les performances de coût et de travail.

3.4 LE MANAGEMENT DES DÉLAIS

3.4.1 Définition

Le management des délais fait partie intégrante du plan de management de projet (PMP) et comprend les actions et les étapes nécessaires pour garantir le respect des échéances prévues.

Le management des délais englobe les étapes nécessaires pour garantir que le projet soit achevé dans les délais impartis. Il vise à déterminer les dates de livraison, les jalons et les dates de fin possibles en prenant en compte toutes les contraintes connues. Souvent considéré comme l'élément central du management de projet, il est soutenu par plusieurs logiciels spécialisés, dont les rapports sont appelés des « échéanciers de projet » plutôt que des plans de projet dans le domaine de connaissance du management des délais [32].

3.4.2 Processus de management des délais

Le management des délais du projet regroupe sept processus résumés dans la figure 3-9.

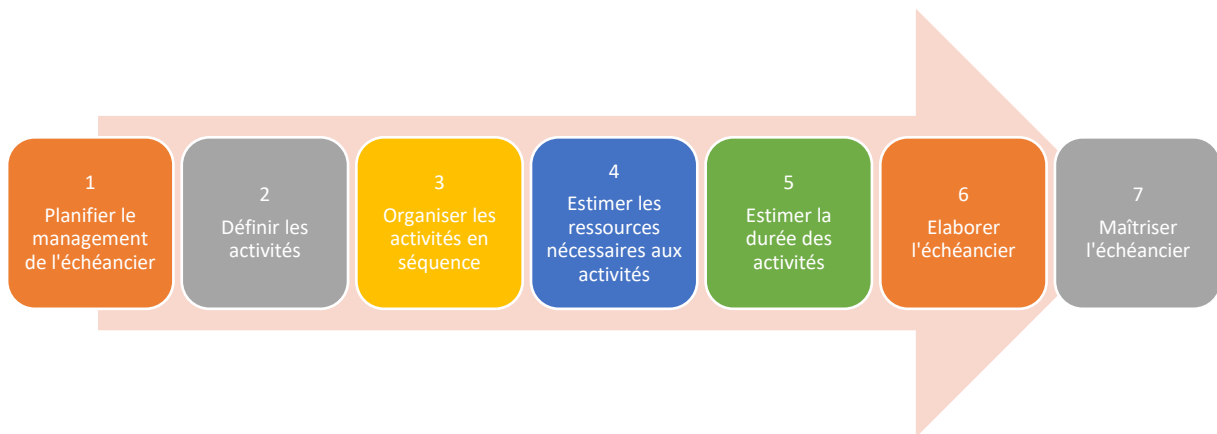


Figure 3-9 Vue d'ensemble du processus de management des délais du projet

3.4.2.1 Planifier le management de l'échéancier

Le processus consiste à déterminer comment les délais du projet seront gérés, planifiés et contrôlés, y compris le choix éventuel d'un logiciel, le calcul de l'effort et de la durée, ainsi que les techniques d'estimation à utiliser. Il nécessite également la mise en place de politiques, de procédures et de documentation pour une gestion efficace des délais.

Les principales activités comprennent :

1. Définition des méthodes de planification des délais.
2. Établissement des niveaux d'évaluation de la performance.
3. Détermination des unités de mesure des délais.
4. Élaboration des processus de mise à jour et de révision des plannings.
5. Identification des outils et des logiciels à utiliser pour la gestion des délais.

3.4.2.2 Définir les activités

Le processus de définition des activités dans la gestion de projet consiste à identifier et à documenter les actions spécifiques nécessaires pour produire les livrables du projet. Il utilise la technique de décomposition pour créer une liste d'activités à partir de la structure de découpage du projet (WBS), qui divise les livrables en lots de travail, ce qui sert de base à l'estimation, à la planification, à l'exécution et à la maîtrise du travail du projet. Les activités sont décrites en détail et peuvent être subdivisées en tâches plus petites et gérables. Ce processus est continu et s'exécute tout au long du projet pour assurer son succès [32].

3.4.2.3 Organiser les activités en séquence

Une fois que les activités ont été identifiées, il est important de déterminer l'ordre dans lequel elles doivent être réalisées. Le séquençage des activités consiste à identifier et à documenter les liens logiques et les dépendances réelles entre les activités de l'échéancier.

Le résultat de cette action du processus est un diagramme en réseau de l'échéancier (figure 3-10), qui montre le séquençage des activités selon les relations obligatoires (et préférées).

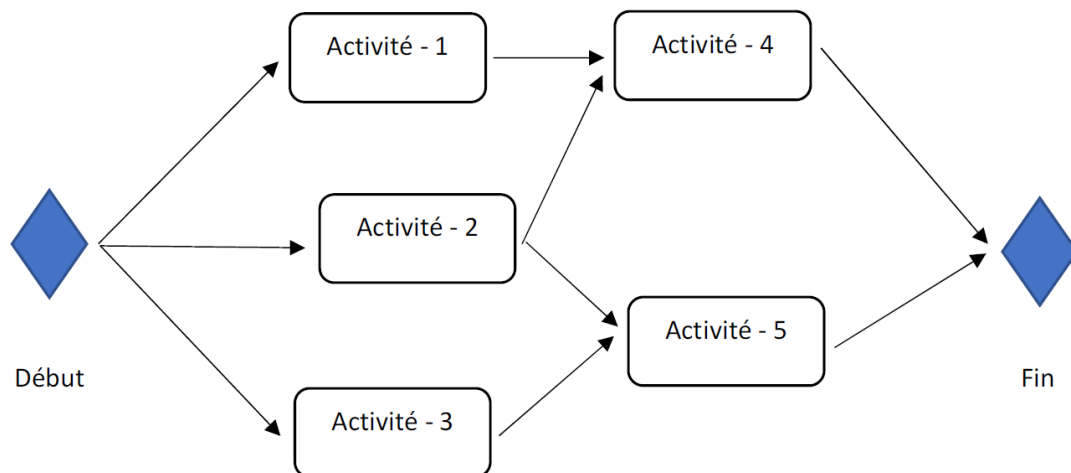


Figure 3-10 Diagramme en réseau [32]

Lors de l'organisation des activités en séquence dans un projet, le type de relation le plus couramment utilisé est la dépendance fin-début, où le début de l'activité suivante dépend de l'achèvement de l'activité précédente.

Cependant, d'autres types de relations peuvent être définis :

1. **Fin-fin** : l'achèvement d'une activité dépend de l'achèvement d'une autre activité.
2. **Début-début** : le début d'une activité dépend du début d'une autre activité.
3. **Début-fin** : l'achèvement d'une activité dépend du début d'une autre activité. Cette relation est souvent utilisée dans la planification à rebours.

3.4.2.4 Estimer les ressources nécessaires aux activités

Le processus suivant consiste à estimer les ressources nécessaires pour chaque activité, incluant les matériaux, les ressources humaines, les équipements et les fournitures. Cette étape est initialement approximative et sera affinée lors de l'élaboration de l'échéancier du projet [31].

3.4.2.5 Estimer la durée des activités

Le processus d'estimation de la durée des activités de l'échéancier utilise les informations sur le contenu du travail de l'activité, les types de ressources nécessaires, les quantités de ressources estimées. Il existe plusieurs techniques d'estimation disponibles pour aider à déterminer la durée et les coûts du projet, l'on cite :

3.4.2.5.1 Jugement d'expert

Le jugement à dire d'expert désigne un avis émis en vertu d'une expertise dans un champ d'application, un domaine de connaissance, une discipline ou un secteur d'activité, cette expertise s'avérant appropriée quant à l'activité effectuée. Une telle expertise peut être fournie lorsque la durée des activités devient difficile à estimer en raison du nombre de facteurs qui peuvent l'influencer, par exemple les niveaux des ressources ou leur productivité.

3.4.2.5.2 Estimation par analogie

L'estimation par analogie repose sur l'utilisation de la durée réelle d'une activité similaire dans un projet antérieur pour estimer la durée d'une activité future. Cette méthode est souvent employée lorsque les informations détaillées sur le projet sont limitées, particulièrement dans ses phases initiales, et elle se fonde sur l'expérience historique et le discernement des experts.

3.4.2.5.3 Estimation paramétrique

Semblable à l'estimation par analogie, cette méthode repose sur des relations statistiques entre des données historiques et d'autres paramètres d'estimation. La précision de cette technique dépend de la sophistication et de la qualité des données utilisées dans le modèle. Quantitativement, l'estimation de base de la durée des activités peut être calculée en divisant la quantité de travail à accomplir par le taux de productivité, formulée par :

$$Durée = \frac{\text{Quantité de travail}}{\text{Taux de productivité}} \quad [36]$$

3.4.2.5.4 Estimations à trois points

Pour accroître la précision de l'estimation de la durée des activités, il est utile de considérer l'importance des risques lors de l'estimation initiale. Les estimations à trois points reposent sur l'évaluation de trois types d'estimations différentes :

- TM : temps moyen estimé (travail dans des conditions normales)
- TO : temps optimiste (conditions idéales, pas d'obstacles, temps minimum pour accomplir la tâche)
- TP : temps pessimiste (temps maximum pour accomplir la tâche dans les pires conditions)

Estimation de la durée des activités

$$Le\ temps\ espéré = \frac{TO+4TM+TP}{6} \quad [36]$$

3.4.2.6 Elaborer l'échéancier

L'élaboration de l'échéancier du projet est un processus itératif qui définit les dates planifiées de début et de fin des activités. Ce processus peut nécessiter des révisions des estimations des durées et des ressources pour créer un échéancier approuvé, utilisé comme référence de base pour suivre l'avancement du projet. L'établissement de l'échéancier se poursuit tout au long du projet en réaction aux progrès du travail, aux modifications du plan de management et aux nouveaux risques identifiés.

3.4.2.6.1 Diagramme de GANTT

Le diagramme de Gantt, créé par Henry Gantt en 1917, est un outil graphique utilisé pour la modélisation, la planification des tâches et des chevauchements dans un projet. C'est une représentation bidimensionnelle de la planification du projet (figure 3-11), il représente:

- Sur l'axe horizontal, le temps est représenté en mois, semaines ou jours.
- Sur l'axe vertical se trouve la liste des tâches.
- Chaque tâche est illustrée par une barre horizontale représentant sa durée et permettant de visualiser les chevauchements.
- Les flèches représentent les liens de dépendance entre les tâches.



Figure 3-11 Exemple du diagramme de GANTT [32]

3.4.2.7 Maîtriser l'échéancier

Le processus de gestion de l'échéancier vise à contrôler l'avancement du projet, mettre à jour régulièrement l'échéancier et gérer les changements affectant la référence de base de l'échéancier. Son objectif principal est de maintenir la cohérence de l'échéancier tout au long du projet, ce qui implique surveiller l'état du projet, influencer les facteurs pouvant modifier l'échéancier, détecter tout changement dans l'échéancier, et gérer les modifications qui surviennent. Ce processus aboutit à un échéancier et des documents de projet actualisés.

3.5 LE MANAGEMENT DES RISQUES

3.5.1 Définition du risque

Selon la norme ISO 31000:2018 «Un risque est l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs ». C'est-à-dire la possibilité qu'il y ait un écart positif (opportunité) ou négatif (menace) par rapport à une attente. Cette définition met en lumière le lien entre le risque et l'incertitude, en soulignant que le risque découle de la possibilité que des événements imprévus ou indésirables surviennent et affectent la capacité d'une organisation à atteindre ses objectifs (les objectifs stratégiques, opérationnels, financiers, de conformité ...) [37].

La norme ISO 9001 définit le risque comme étant une combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité. Le risque implique donc, la probabilité qui donne une mesure de l'incertitude que l'on a sur la gravité qui mesure les conséquences, en termes de quantité de dommages, consécutifs à l'occurrence d'un événement redouté.

Autrement dit, un risque est défini et mesuré comme le produit d'un aléa par une vulnérabilité.

$$\begin{aligned}
 \text{Risque} &= \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité} \\
 &= (\text{Probabilité} * \text{Intensité}) * \text{Vulnérabilité} \\
 &= \text{Probabilité} * (\text{Intensité} * \text{Vulnérabilité}) \\
 &= \text{Probabilité} * \text{Gravité}
 \end{aligned}$$

Il se caractérise par :

- Sa nature
- Son impact

- Sa fréquence d'occurrence
- Sa gravité
- Sa criticité qui est sa gravité multipliée par sa fréquence d'occurrence

3.5.2 Les facteurs des risques

Un facteur de risque est un élément ou une condition qui augmente la probabilité qu'un événement indésirable se produise, avec des conséquences négatives potentielles pour une organisation, un projet, une activité ou un individu. Il constitue donc l'origine d'un risque ou d'un ensemble de risques.

Les facteurs de risques peuvent être d'origine biologique, chimique, liés à l'environnement (physique, organisation au travail) ou des facteurs liés aux comportements individuels ou sociaux. Ils peuvent être classés en deux catégories principales : les facteurs internes et les facteurs externes.

- **Les facteurs de risque internes :** Ce sont ceux que l'organisation peut contrôler et gérer directement. Ils sont liés aux processus, aux ressources, à la gouvernance et à la culture de l'entreprise.
- **Les facteurs de risque externes :** Il s'agit des facteurs sur lesquels l'organisation n'a que peu ou pas de contrôle direct. Ils sont liés à l'environnement dans lequel l'organisation opère.

3.5.3 Typologie des risques

Les risques sont omniprésents dans notre environnement et peuvent prendre diverses formes selon leur nature et leur origine. Ils représentent des menaces potentielles susceptibles d'avoir des impacts néfastes sur les individus, les biens, les activités humaines et l'équilibre des écosystèmes. Identifier et comprendre les différentes typologies de risques est essentiel pour pouvoir anticiper leurs éventuelles conséquences et mettre en place des stratégies adéquates de prévention et de gestion. Voici les principales catégories de risques généralement recensées :

Risques naturels	• Inondation, séisme, tempête, mouvement de terrain , éruption volcanique, cyclone, avalanche
Risques Industriels	• Risque nucléaire, risque biologique, risques liés aux machins et équipements , explosion
Risques technologiques	• Piratage, vol de données, défaillance techniques, risque lié à l'intelligence artificielle
Risques Professionnels	• Accidents de travail, maladie professionnels
Risques financiers	• Risque de crédit , risque de contrepartie
Risques sociétaux	• Guerres, terrorisme, émeutes, crise sanitaire, crise migratoire
Risques politiques	• Instabilité politique, coup d'état , nationalisation, expropriation

Figure 3-12 Typologie des risques

Au-delà des différentes catégories de risques présentées, il existe également des risques spécifiques liés à la conduite de projets. Qu'il s'agisse de projets de construction, de développement de nouveaux produits et services, ou autres initiatives majeures, ceux-ci font face à des risques particuliers. On parle alors des risques projets.

Le PMBOK, définit le risque projet comme un événement ou une condition possible dont la concrétisation aurait un impact positif ou négatif sur un ou plusieurs objectifs du projet [31].

Ces derniers englobent les risques de dépassements de délais et de coûts, les risques liés aux ressources humaines affectées, les risques de qualité des livrables, les risques de changement d'envergure ou de périmètre en cours de réalisation, sans oublier les risques d'adoption et d'appropriation par les futurs utilisateurs. De plus, les aléas du déroulement du projet et la gestion de celui-ci peuvent également constituer des risques supplémentaires.

3.5.4 Management des risques selon la norme ISO 31000

3.5.4.1 La norme ISO 31000:2018

La norme ISO 31000:2018, intitulée "Management du risque - Lignes directrices", offre un cadre international pour la conception, la mise en œuvre et l'amélioration des systèmes de gestion des risques au sein des organisations. Son objectif principal est d'aider les organisations à prendre des décisions informées et à renforcer leur capacité à gérer efficacement les risques et les incertitudes. Elle s'applique à toutes les organisations, quelle que soit leur taille ou leur domaine d'activité [37].

3.5.4.2 Structure de la norme ISO 31000

La norme est structurée en trois parties, à savoir les principes, le cadre d'organisation et le processus de management :



Figure 3-13 Structure de la norme ISO 31000:2018

3.5.4.2.1 Principes

La norme ISO 31000 repose sur huit principes fondamentaux de gestion des risques (figure 3-14) qui guident l'approche globale de la gestion des risques au sein d'une organisation.

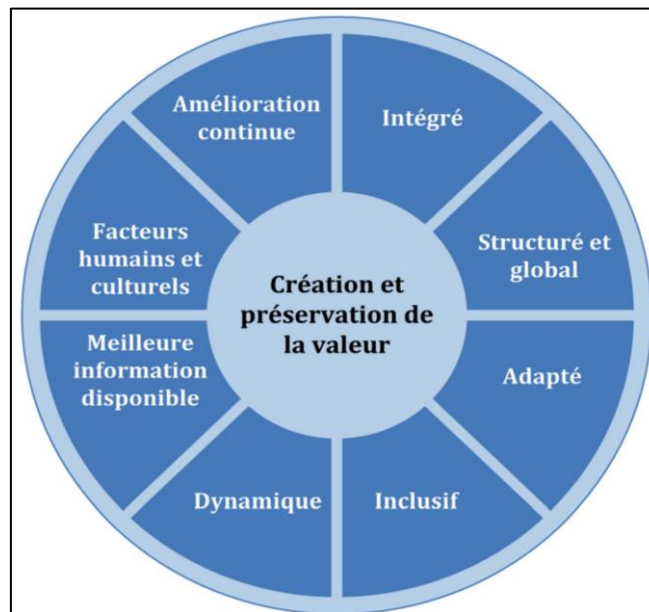


Figure 3-14 Principes de la norme ISO 31000 [37]

3.5.4.2.2 Cadre organisationnel

Le cadre organisationnel de la norme ISO 31000 sert de guide pour intégrer la gestion des risques de manière stratégique au sein de l'organisation. Il vise à structurer le fonctionnement du management des risques et à le positionner au cœur de la gouvernance et de la stratégie générale.

Son déploiement englobe l'intégration, la conception, la mise en œuvre, l'évaluation et l'amélioration du management des risques au sein de l'entreprise.

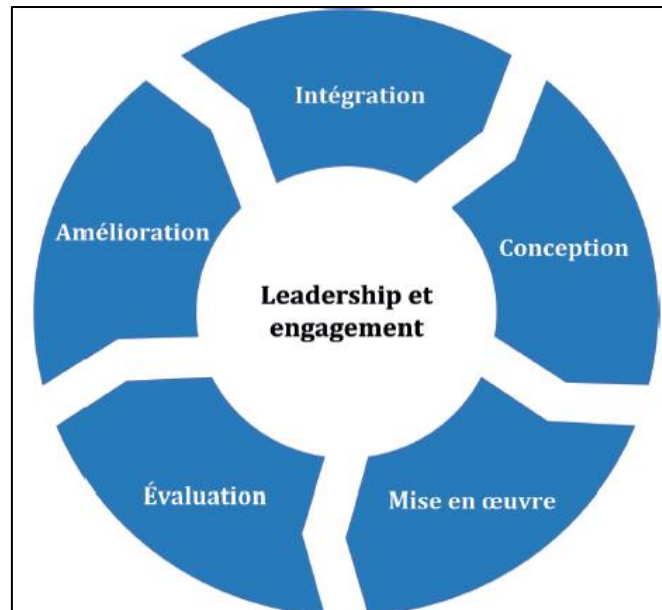


Figure 3-15 Cadre organisationnel de la norme ISO 31000 [37]

3.5.4.2.3 Processus de management

Le processus de management des risques implique l'application systématique de politiques, de procédures et de pratiques à différentes activités illustrées dans la figure 3-16.

L'appréciation du risque est soutenue par la communication et la consultation, qui visent à aider les parties prenantes à comprendre les risques et à obtenir des retours d'information pour soutenir la prise de décisions, avec une coordination nécessaire pour garantir un échange d'informations précis et pertinent. En parallèle, la définition du domaine d'application, du contexte et des critères est essentielle pour personnaliser le processus de gestion des risques, en tenant compte des objectifs, des ressources et des relations organisationnelles, et en assurant une évaluation continue et une adaptation des critères de risque.

3.5.4.2.3.1 Identification du risque

Le but de l'identification des risques est de trouver, reconnaître et décrire les risques qui pourraient aider ou empêcher une organisation d'atteindre ses objectifs. Elle repose sur des documents du projet, l'expérience du passé et sur la technologie utilisée.

Elle peut se faire par le biais de différentes techniques. Il existe plusieurs méthodes qui permettent de détecter les risques tels que :

- Le brainstorming ou le remue-méninge
- Les méthodes inductives et déductives
- Les méthodes rétrospectives : analyse d'incidents similaires ayant eu lieu dans le passé.
- Les méthodes prospectives : étude qui se base sur :
 - L'analyse de processus
 - L'analyse systémique et fonctionnelle
 - Analyse de chaque élément du processus

- Recherche des défaillances possibles

3.5.4.2.3.2 Analyse du risque

L'analyse des risques vise à comprendre la nature du risque, ses caractéristiques et son niveau potentiel, en examinant en détail les incertitudes, les sources de risques, les conséquences, la probabilité, les événements, les scénarios, les contrôles et leur efficacité. C'est un processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité et à l'intensité du risque qui permet :

- D'évaluer la probabilité et l'impact du risque de manière qualitative et/ou quantitative (ou une combinaison entre les deux).
- D'estimer l'importance du risque et l'étendue des conséquences potentielles

3.5.4.2.3.3 Evaluation du risque

L'évaluation des risques vise à faciliter la prise de décisions en comparant les résultats de l'analyse des risques avec les critères établis. Une évaluation quantitative ou qualitative peut être effectuée. Les résultats de l'évaluation des risques doivent être enregistrés, communiqués et validés au sein de l'organisation [37].

3.5.4.2.3.4 Traitement des risques

Cette étape consiste en l'identification de l'ensemble des options existantes pour le traitement des risques, l'évaluation de ces options et la préparation d'un plan de traitement des risques. Dans tous les cas, il faudra définir un objectif, c'est-à-dire un niveau de risque résiduel à atteindre, planifier les actions à entreprendre pour atteindre cet objectif puis évaluer le résultat obtenu.

On peut traiter un risque soit par :

- L'acceptation des risques
- La réduction des risques
- Le transfert des risques.
- Le partage des risques

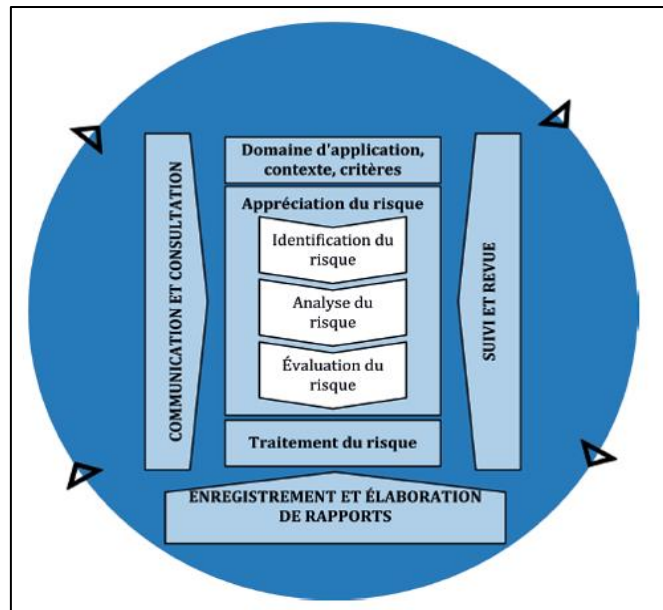


Figure 3-16 Processus de management de la norme ISO 31000 [37]

3.5.5 Méthodes d'analyse des risques

Il existe diverses approches pour catégoriser les méthodes d'analyse des risques, parmi lesquelles nous nous concentrerons sur quatre types de classifications :

3.5.5.1 Méthodes Inductives

Elles sont déclenchées à partir des causes d'une situation à risque pour en évaluer les conséquences. Ces méthodes, également appelées montantes, partent des événements causes au niveau éléments pour en déduire les événements conséquences au niveau du sous-système ou système [38].

3.5.5.2 Méthodes déductives

Ces approches risques commencent par les conséquences d'une situation à risque pour en identifier les causes. Ces méthodes, aussi appelées descendantes, partent des événements conséquences au niveau du système ou sous-système pour déduire les événements causes combinés au niveau élémentaire [38].

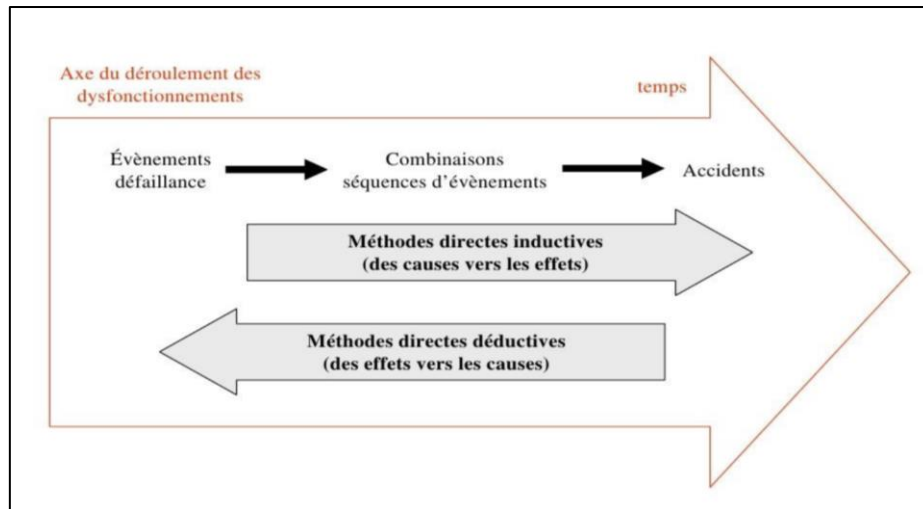


Figure 3-17 Méthodes inductives et déductives [39]

3.5.5.3 Méthodes qualitatives

Les méthodes qualitatives impliquent une évaluation subjective des risques identifiés pour déterminer les événements possibles. Elle peut être réalisée rapidement et offre une vue globale satisfaisante du portefeuille des risques ainsi que de l'exposition aux risques. La combinaison de la probabilité d'occurrence et de l'impact sur les objectifs se fait à travers une matrice appelée « matrice de gravité des risques » (figure 3-18).

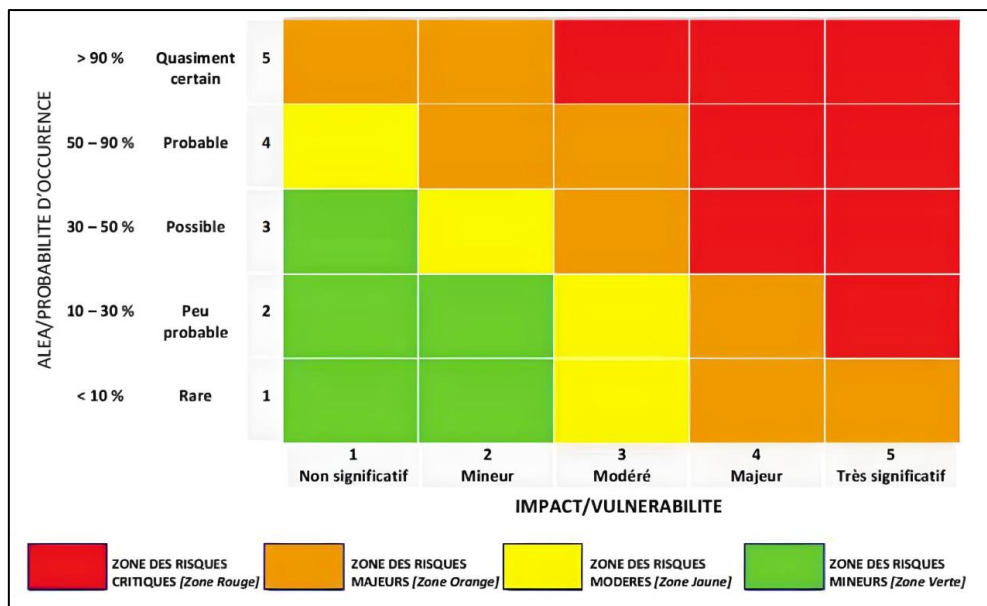


Figure 3-18 Matrice de gravité des risques [32]

3.5.5.4 Méthodes quantitatives

Les méthodes quantitatives utilisent des valeurs numériques pour caractériser le système, telles que le taux de défaillance, la probabilité d'occurrence des événements et les coûts des conséquences.

3.5.6 Outils d'analyse de risques

Il existe une diversité d'outils de gestion des risques, et bien qu'il soit possible d'utiliser des méthodes de management des risques de manière générale pour les risques projet, il est également important de reconnaître l'apport des travaux académiques et industriels qui ont contribué au développement de méthodes spécifiquement adaptées. Ces méthodes sont conçues pour répondre aux besoins spécifiques et aux particularités des projets ou des industries concernées. Dans le tableau suivant, nous allons lister quelques-unes citées par [39] qui ont été élaborées pour une gestion plus efficace et ciblée des risques.

Tableau 1-3 Les principaux outils de gestion de risques et leurs caractéristiques

Méthode	Objectif	Domaine d'application	Typologie
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, consiste à considérer systématiquement, l'un après l'autre, chacun des composants du système étudié et à analyser les causes et les effets de leurs défaillances potentielles.	Tout type de secteur	• Quantitative et qualitative à la fois • Inductive
APR	L'Analyse Préliminaire des Risques permet de repérer les différents éléments à risque dans le système analysé et d'évaluer leur capacité à déclencher des situations potentiellement dangereuses, dont la gravité peut varier, à la suite d'un événement initial.	Tout type de secteur	• Qualitative • Inductive
Arbre des conséquences	L'arbre des conséquences offre une vision des différents scénarios résultant de diverses combinaisons d'événements, démarrant par un événement initial et suivant une logique binaire avec deux états possibles pour chaque événement : acceptable ou non. Cette méthode permet d'obtenir une séquence logique des événements potentiels après l'événement initial.	Tout type de secteur	• Quantitative • Inductive
Arbre des défaillances	L'arbre des défaillances consiste à identifier les différentes séquences d'événements qui conduisent à une situation non souhaitée spécifique, en utilisant un schéma logique organisé sous forme d'une structure en arborescence.	Tout type de secteur	• Quantitative • déductive

Diagramme des 7M, (ISHIKAWA)	Diagramme de causes et effets, est un outil graphique utilisé pour analyser les causes potentielles d'un problème spécifique en regroupant les facteurs contributifs en six catégories principales. Son objectif est de permettre une identification systématique et exhaustive des causes afin de faciliter la mise en place d'actions correctives ou préventives adaptées .	Tout type de secteur	•Quantitative • Déductive et Inductive
HAZOP	HAZard and OPerability study étudie l'impact des écarts par rapport aux valeurs nominales des paramètres d'un processus analysé. Il utilise des mots-clés pour examiner systématiquement les déviations imaginées de chaque paramètre afin d'identifier leurs causes, leurs conséquences, les moyens de détection et les actions correctives associées.	Secteur de type industriel ou chimique	• Qualitative • Inductive
MADS-MOSAR	Méthodologie de Dysfonctionnement des Systèmes-Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risque est un ensemble structuré de principes et d'étapes qui vise à évaluer les risques d'un système. Elle comprend l'identification et l'évaluation des risques, la négociation des objectifs et de l'acceptabilité des risques, ainsi que l'intégration des réglementations spécifiques et des approches déterministes et probabilistes. Cette méthode utilise des outils comme l'AMDEC, le HAZOP et les arbres de défaillances pour avoir une vision complète des risques, à la fois macroscopique et microscopique du système.	Installations industrielle	• Quantitative et Qualitative • inductive
Nœud papillon	Cette approche combine l'arbre de défaillances et l'arbre d'événements autour d'un événement central redouté pour analyser et gérer les risques de manière probabiliste. Elle permet de visualiser les scénarios d'accidents depuis leurs causes initiales	Secteur de type industriel ou chimique	•Quantitative •Déductive et Inductive

	jusqu'aux conséquences au niveau des cibles identifiées, ainsi que les barrières de sécurité de prévention pour éviter l'accident et les barrières de sécurité de protection pour minimiser ses conséquences si jamais il se produisait.		
--	--	--	--

Remarque :

Il est fascinant de constater que les outils d'analyse des risques n'ont pas été largement adoptés dans le domaine de la construction jusqu'à récemment. Peu de personnes ont commencé à utiliser ces méthodes, et pourtant, certaines ont déjà fait l'objet d'études approfondies dans le département de génie civil de la faculté de technologie de Tlemcen, à l'instar du travail de [38]. Cela souligne à la fois les opportunités inexploitées pour améliorer la gestion des risques dans ce secteur et le potentiel prometteur de ces outils pour améliorer la qualité et la sécurité des projets de construction.

3.6 CONCLUSION

Le management des projets dépasse largement la simple planification et l'exécution de tâches. C'est un processus intégré et dynamique qui nécessite une vision stratégique, des compétences en leadership, une gestion efficace des ressources et une capacité d'adaptation aux changements inévitables. En effet, chaque projet est unique, avec ses propres objectifs, contraintes et risques, ce qui rend la tâche du gestionnaire de projet à la fois passionnante et complexe.

Ce chapitre sert de fondement théorique pour notre étude de cas de la station d'épuration de la ville de Chettia wilaya de Chlef, que nous allons aborder dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 4
ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION
D'UNE STATION D'ÉPURATION
DE LA VILLE DE CHETTIA,
WILAYA DE CHLEF »

4.1 INTRODUCTION

Pour le secteur du BTPH algérien en plein essor, la réalisation de nouvelles STEP représente des opportunités de projets d'envergure et haute technicité.

La réalisation d'une nouvelle STEP à Chettia, dans un contexte de stress hydrique persistant à Chlef, souligne l'importance croissante de ces infrastructures pour répondre aux besoins en eau et protéger l'environnement contre la pollution. Elle sera connectée à l'ensemble du réseau d'assainissement de la commune avant de rejeter ses eaux dans Oued Cheliff.

Ce chapitre sera consacré à l'étude de cas : « Réalisation d'une station d'épuration de la ville de Chettia, wilaya de Chlef ». Le contenu de cette partie du mémoire se concentrera sur le management des délais et des coûts, facteurs essentiels qui influencent le déroulement global du projet. En combinant ces deux perspectives, nous pourrions mieux comprendre les défis et les opportunités liés à la réalisation de la STEP et proposer des recommandations pour une gestion efficace et efficiente du projet.

Ce chapitre propose également une analyse des risques en se basant sur la méthode APR. Son objectif principal est de détecter et d'identifier les divers risques pouvant survenir tout au long du déroulement du projet.

4.2 PRÉSENTATION DU PROJET

4.2.1 Situation géographique

Le terrain réservé pour l'implantation de la station d'épuration de la ville de CHETTIA s'étend sur une superficie d'environ huit (08) hectares et situé à une distance de 6 km environ au Sud-Ouest de la ville de CHETTIA, plus exactement à douar Bouachria [23]. Il est limité par l'oued Cheliff du côté Sud ainsi que des terrains agricoles des autres côtés. Il est accessible par une piste située au nord du site à 500 m du chemin de wilaya (CW63).

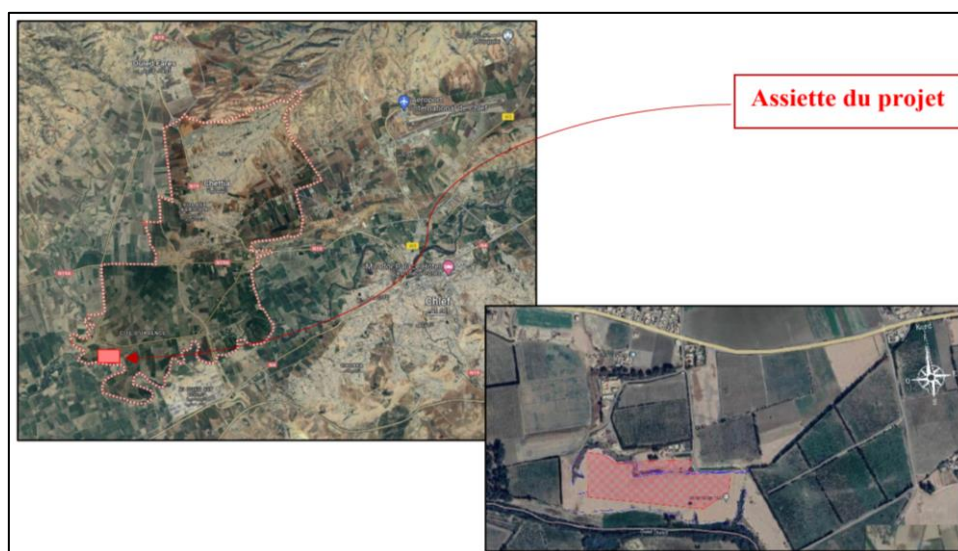


Figure 4-1 Plan de situation du projet de la STEP de Chettia [Google earth]

4.2.2 Identification de conditions liées au site

4.2.2.1 Topographie

Le terrain devant servir d'assise pour la réalisation de la STEP de Chettia se présente avec des données et des résultats satisfaisants à la réalisation de tel projet. Un levé topographique a été réalisé, montrant une topographie d'un terrain plat et accessible. On signale aussi l'existence d'une ancienne conduite d'assainissement au sud du terrain.

4.2.2.2 Sismicité

Le zonage des régions sismiques de l'Algérie (selon la classification RPA 2003), classe la région de Chettia dans la zone (III) (zone de forte sismicité).

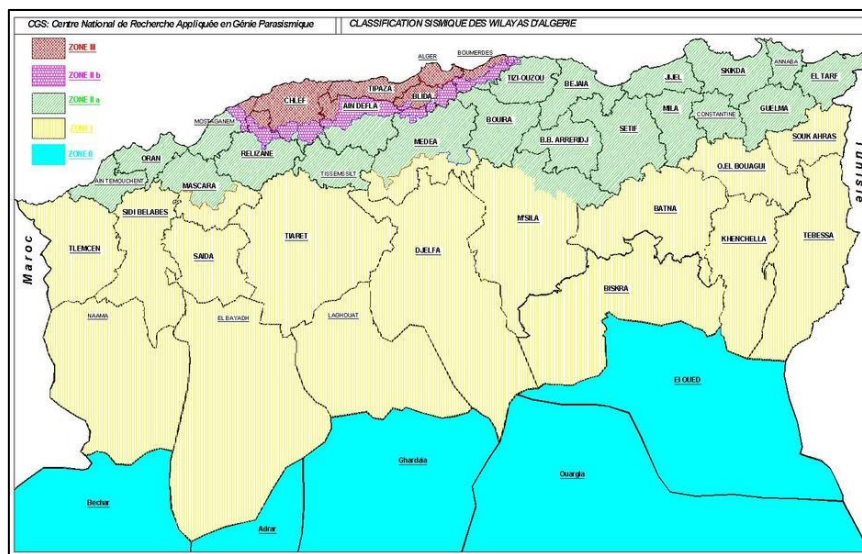


Figure 4-2 Carte du zonage sismique en Algérie [23]

4.2.2.3 Géologie/géotechnique

Pour mener à bien l'étude géotechnique, des sondages carottés ont été réalisés ainsi que des essais de pénétromètres dynamiques. La description lithologique des échantillons récupérés des sondages montre que le terrain est constitué d'une couche de terre végétale avec une épaisseur moyenne allant de 0.40 à 1.50 m suivi par une argile limoneuse verdâtre à brunâtre plastique parfois sableuse à partir de 3.00 m de profondeur, avec présence de galets (TVO) à partir de 13.00 m de profondeur.

Des traces d'humidité ont été enregistrées à partir de 4.00 m de profondeur et qui varient selon les endroits. L'analyse des pénétrogrammes nous confirme bien la géologie du site, en effet, il y a eu enregistrement des résistances à la pénétration plus ou moins moyennes et satisfaisantes dès la surface jusqu'à ce qu'on arrive à un horizon de 6.00 m où elles s'améliorent progressivement en allant en profondeur par endroit.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

À partir de la lithologie obtenue des sondages carottés, nous pouvons classer le sol selon le RPA 99 VERSION 2003 en classe S3 (Sol meuble) et selon le DTR - BE 1.2 en terrain moyennement compact.

4.2.3 Fonctionnement et caractéristiques de la STEP

Le système d'épuration mis en œuvre est le procédé biologique dit à boues activées . Ce système assure l'élimination des matières carbonées par aération et des matières azotées par nitrification/dénitrification.

Le traitement des boues est assuré par épaissement et déshydratation mécanique.

La station d'épuration de Chettia traite les eaux usées urbaines provenant des communes de Chettia et Ouled Fares. Ces dernières seront évacuées vers Oued Cheliff depuis le poste du traitement tertiaire à une distance d'environ 100 m de la limite de la station.

Tableau 4-1 Caractéristiques de la STEP de Chettia [23]

Paramètres	Unités	Horizon 2040
Charges hydrauliques		
Equivalent habitant	E.H	180 000
Volume journalier	m ³ /j	27 000
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	1125
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	1 857
Débit de pointe en temps de pluie	m ³ /h	2 786
Charges polluantes		
Charge journalière en DCO	Kg/j	23 600
Charge journalière en DBO5	Kg/j	10 000
Charge journalière en MES	Kg/j	12 600
Charge en azote (NTK)	Kg/j	1800
Charge en phosphore (Pt)	Kg/j	450

L'eau usée, une fois traitée biologiquement, montre une réduction significative de sa contamination. Le tableau suivant représente la qualité des eaux après traitement biologique.

Tableau 4-2 Qualité des eaux après traitement biologique [23]

Paramètres	Unité	Concentration en mg/l	Rendement minimum d'élimination en %
DBO5	mg/l	≤ 25	≥ 90
DCO	mg/l	≤ 90	≥ 80
MES	mg/l	≤ 30	≥ 90
NGL	mg/l	≤ 10	≥ 70

Après le traitement tertiaire, L'eau atteint un niveau de qualité satisfaisant, démontrant ainsi l'efficacité des deux étapes dans le processus de purification de l'eau. Le tableau 4-3 montre quelques paramètres de la qualité de l'eau traitée.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

Tableau 4-3 Qualité des eaux après traitement tertiaire [23]

Paramètres	Valeur
DBO5	< 15 mg/l
DCO	< 60 mg/l
MES	≤ 10 mg/l
Nématodes intestinaux	absence
Coliformes fécaux	<100 UFC / 100mL

4.2.4 Les acteurs du projet

Afin d'assurer le bon déroulement et la réussite du projet de construction de la nouvelle STEP de Chettia, il est nécessaire de réunir différents intervenants.

La figure 4-3, présentée ci-après, récapitule l'ensemble des acteurs impliqués dans ce projet.



Figure 4-3 Les acteurs du projet de réalisation de la STEP de Chettia

4.2.5 La matrice RACI

La matrice RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed) est un outil de gestion de projet très utile pour clarifier les rôles et les responsabilités des différents membres de l'équipe projet sur les tâches et livrables spécifiques.

L'acronyme RACI représente quatre rôles clés dans une équipe ou une organisation :

- *R - Responsable (Responsible)* : personne chargée de l'exécution de la tâche.
- *A - Approbateur (Accountable)* : personne qui a le pouvoir de décision finale et qui rendra des comptes sur la tâche.
- *C – Consulté (Consulted)* : personnes dont les opinions et les contributions sont recherchées.
- *I - Informé (Informed)* : personnes devant être informées de l'avancement et des résultats finaux de la tâche.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

L'utilisation de cette matrice permet de :

- Éviter les chevauchements de responsabilités et la confusion.
- S'assurer qu'aucune tâche ne soit négligée ou oubliée.
- Améliorer la communication et la coordination au sein de l'équipe.
- Clarifier la structure de gouvernance du projet.

En attribuant clairement ces rôles dès le départ, cela aide à établir des attentes claires et à éviter les conflits ou les malentendus dans la gestion du projet.

La matrice RACI relative à notre projet de réalisation de la station d'épuration est représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4-4 Matrice RACI définissant les rôles des différents acteurs du projet de réalisation de la STEP de Chettia

Acteurs Tâches	Maître d'ouvrage (ONA)	Maître d'œuvre (Inter entreprise)	Contrôle technique (CTH)	Laboratoire (LNHC)	Entreprises (SARL WWA /Inter entreprise)
Évaluation des besoins de traitement en eau	R	C	A	-	I
Etude de faisabilité technique et financière	A	R	I	C	C
Etude géotechnique et sismique	A	C	C	R	I
Etude topographique	A	R	I,C	-	I
Etablissement de l'échéancier	C	R ,A	I	C	
Définition du budget prévisionnel	A	R	-	-	C,I
Planification des ressources	I	R	C	-	A
Management des risques	I	R,A	I	C	C
Travaux de génie civil	I	A	C	C	R
Installation des équipements	I	A	C	-	R
Tests de fonctionnement et mise en service	I	R,A	C	-	I
Repliement de chantier et nettoyage du site	I	A	C	I	R
Procédure de clôture	R	A,C	I	I	I

4.3 WBS du projet

La Work Breakdown Structure (WBS) ou structure de découpage de projet est une méthode de gestion de projet qui divise le travail à réaliser en une série de composants hiérarchiques plus petits et plus faciles à gérer [31], permettant ainsi une meilleure organisation et planification du projet. Cette structure est généralement représentée sous la forme d'un organigramme où chaque niveau représente un niveau de détail supplémentaire dans la décomposition du projet.

Afin de structurer efficacement les tâches et livrables du projet de la STEP de Chettia, nous avons réalisé une structure WBS en utilisant l'outil logiciel MindView qui est reconnu pour ses fonctionnalités de cartographie mentale et de gestion de projets. Cette WBS (annexe D) permet de visualiser clairement la hiérarchie des tâches, des sous-tâches et des livrables attendus. Grâce à cette approche structurée, nous avons pu identifier les dépendances entre les différents éléments du projet, faciliter l'attribution des responsabilités et garantir une compréhension partagée de l'ensemble des travaux à réaliser par l'équipe.

4.4 Management des délais

L'estimation de la durée des travaux a été élaborée directement à l'aide du logiciel outil MS Project en s'appuyant sur le jugement d'expert.

Tout d'abord, nous avons défini le calendrier du projet en précisant les jours ouvrables et les horaires de travail. Ensuite, après avoir exporté la structure de répartition du travail WBS du projet, que nous avons préalablement définie en utilisant l'outil MindView, ce qui nous a permis d'identifier et de décomposer toutes les tâches nécessaires. Cette décomposition nous a aidé à déterminer le séquençage logique des tâches ainsi que leurs dépendances. Nous avons ainsi pu saisir dans MS Project chaque tâche avec sa durée estimée, ses prédécesseurs et ses contraintes de délais. Le logiciel a alors calculé automatiquement les dates de début et de fin prévisionnelles en tenant compte des liens de dépendance et de l'attribution des ressources.

- La durée totale du projet est de **644 jours**.
- La date du début du projet est prévue le **01/02/2024**.
- La date de la fin du projet est prévue le **21/07/2026**.

4.4.1 Attribution et définition des ressources

Dans un projet, et la planification efficace des différentes ressources, notamment des moyens humains, matériels et financiers, est nécessaire pour mener à bien les activités du projet et atteindre les objectifs fixés et pour respecter les délais, les coûts et la qualité.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

Afin d'assurer le bon déroulement du projet de réalisation de la STEP de Chettia, nous aurons besoin de :

4.4.1.1.1 Ressources humaines

Nous avons dressé la liste des ressources humaines requises pour mener à bien la réalisation de la STEP . Le tableau 4-5 récapitule ces affectations.

Tableau 4-5 Ressources humaines du projet

Ressources humaines	Unité	Quantité
Chef de projet	U	1
Conducteur de travaux	U	1
Chef de chantier	U	1
Topographe	U	2
Ferrailleur	U	15
Coffreur	U	15
Electricien	U	6
Ingénieurs	U	4
Ouvrier	U	40
Jardinier	U	1
Magasinier	U	1
Gardien	U	6

4.4.2 Ressources matérielles

Le tableau suivant présente la liste des matériaux qui seront utilisés pour ce projet.

Tableau 4-6 Ressources matérielles du projet

Ressources matérielles	Unité	Quantité
Grue mobile	U	1
Pompe à béton	U	1
Chargeuses-pelleteuses	U	2
Compacteur	U	1
Camion à benne	U	6

4.4.3 Ressources matériaux

Les ressources matérielles nécessaires à la réalisation de ce projet sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4-7 Ressources matériaux du projet

Ressources matériaux	Unité	Quantité
TVC	m ³	3375,00
Béton bitumineux	m ³	405,00
Béton dosé à 400 kg/m ³	m ³	4060,62
Béton 350kg/m ³	m ³	69,06
Béton 150kg/m ³	m ³	407,36

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

Acier	Kg	619165,55
Bois de coffrage	m ²	10597,61
Géotextile	m ²	9396,00
Tuyau PVC DN250	ml	3648,00
Conduite en béton DN1200	ml	7600,00
Poteau d'éclairage	U	70
Gazon en plaque	m ²	1910,00
Arbuste	U	191
Terre végétale	m ³	382

4.4.4 Diagramme de Gantt (délai)

Le diagramme de Gantt est un outil visuel très efficace pour suivre l'avancement d'un projet (annexe H). Il permet d'avoir un aperçu clair et synthétique des éléments suivants :

- L'ensemble des tâches qui composent le projet.
- Les dates de début et de fin prévues pour chaque tâche.
- La durée estimée nécessaire pour réaliser chaque tâche.
- La visualisation des périodes où certaines tâches se chevauchent et la durée de ces chevauchements.
- Les dates de lancement et d'achèvement prévues pour le projet dans son intégralité

4.5 Management des coûts

4.5.1 Estimation du coût par la méthode paramétrique

Pour estimer les coûts du projet de construction de la nouvelle station d'épuration à Chettia, la méthode paramétrique a été retenue. Après avoir consulté les avis des experts, les deux paramètres clés identifiés sont :

- Le type de traitement par procédé à boues activées.
- L'équivalent habitant que la station devra pouvoir traiter.

Une analyse de régression a été effectuée sur les données de coûts réels de stations d'épuration similaires déjà construites, en croisant le paramètre de l'équivalent habitant, un modèle mathématique reliant le coût total à ce dernier a ainsi pu être établi.

$$Ratio = \frac{Coût}{Equivalent\ habitant}$$

Nous avons utilisé les paramètres de différents projets de stations d'épuration (annexe G) afin d'obtenir un ratio moyen de 13 000 DA HT par équivalent habitant, y compris les équipements.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

Sachant que nous nous concentrons uniquement sur la partie génie civil, et que les équipements représentent en moyenne 45 à 65 % du coût global d'une station d'épuration, (on prend 55% pour toutes les estimations à venir) on obtiendra un ratio de 7 000 DA HT pour un seul équivalent habitant.

Cela nous donne une approximation pour le montant de la STEP de Chettia ;

Pour 180 000 équivalents habitants, le coût global des travaux de génie-civil de la STEP revient à 1 260 000 000,00 DA HT.

4.5.2 Estimation des coûts par la méthode analogique

Après avoir examiné plusieurs offres de projets de stations d'épuration récentes sur les sites de publications des appels d'offres en Algérie (annexe G), et en nous appuyant sur les données d'une station d'épuration récemment construite dans une autre localité qui présente des caractéristiques très proches de celle prévue à Chettia, tant en termes de procédé de traitement qu'en termes de capacité de traitement. Nous avons pu faire une estimation des coûts par analogie.

Tableau 4-8 Estimation du projet de réalisation de la STEP de Chettia par analogie

Projet de STEP	E.H	Prix HT y compris équipements	Prix HT sans équipements
Réalisation d'une STEP y compris collecteur principal à Hassi Bahbah, wilaya de Djelfa	164 000	2 004 474 756,00 DA	902 013 640,20 DA
Réalisation d'une STEP et collecteur d'amenée à Chettia, wilaya de Chlef	180 000	2 200 033 269,00 DA	990 014 971,00 DA

Remarque :

Il est possible qu'un facteur correctif peut être appliqué à ce montant pour tenir compte de la spécificité du site de Chettia (contraintes géographiques, réglementations locales, niveau des coûts de main-d'œuvre).

4.5.3 Estimation des coûts par la méthode analytique à l'aide du logiciel MS Project

Tout comme l'estimation des délais, l'outil MS Project a été très utile, pour déterminer le coût du projet.

Le coût total du projet revient à 566 862 902,90 DA HT.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

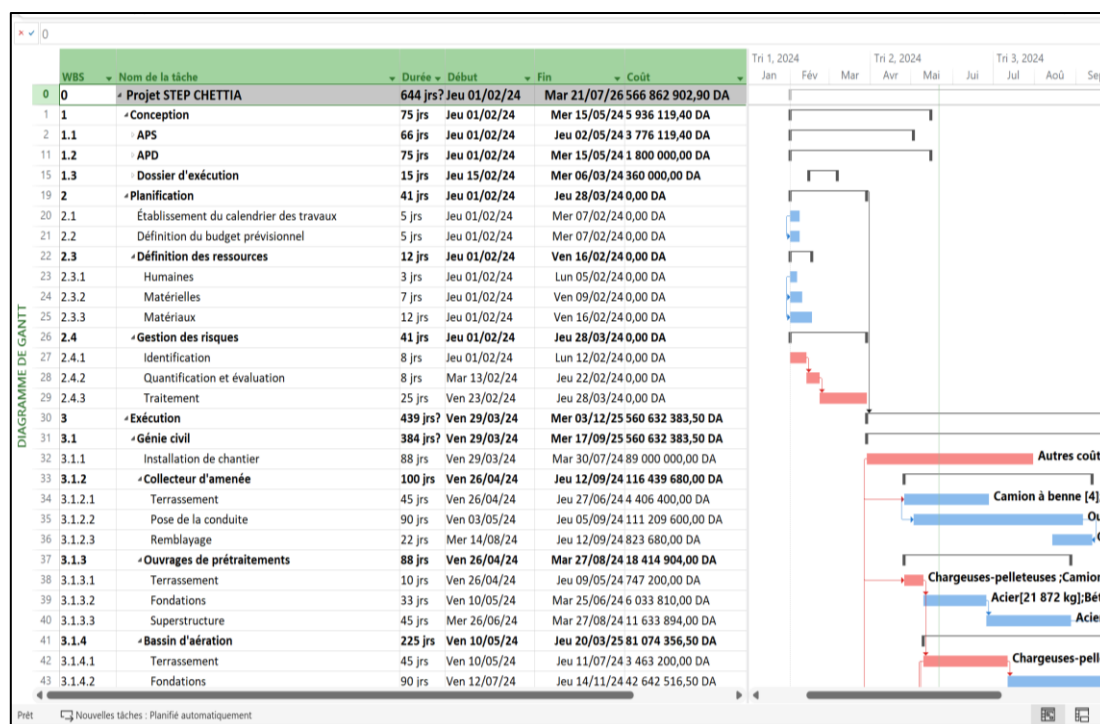


Figure 4-4 Estimation du coût du projet par le logiciel MS Project

➤ Comparaison entre les résultats des différentes méthodes d'estimations

Tableau 4-9 Comparaison des résultats des différentes méthodes d'estimation des coûts

Méthode d'estimation	Coût total HT du projet
Méthode paramétrique	1 260 000 000,00 DA
Méthode analogique	990 014 971,00 DA
Méthode analytique (MS Project)	566 862 902,90 DA

Les estimations par la méthode paramétrique et par la méthode analogique donnent des coûts totaux HT du projet relativement proches.

Cependant, il existe une différence significative entre le coût estimé par la méthode analytique (MS Project) et celui estimé par les deux méthodes précédemment citées.

Le coût estimé par la méthode analytique (MS Project) est environ 40% plus bas que celui estimé par les deux autres méthodes.

Cette différence peut s'expliquer par la marge bénéficiaire des entreprises, qui est généralement aux alentours de 25 %, ainsi que par la non-prise en compte de plusieurs éléments tels que l'aire de stockage des boues, le poste de pompage des eaux, le poste de pesage des boues, la voirie piétonnière et les bordures, les canalisations inter-ouvrages...

4.6 Management des risques

Dans les projets de construction de stations d'épuration, de nombreux risques peuvent survenir tout au long du cycle de vie. Afin d'identifier et d'évaluer ces risques dès la phase amont, nous avons opté pour la méthode de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR). Cette méthode simple et pragmatique met en évidence des événements indésirables (EI) et/ou redoutés (ER) et étudie les dysfonctionnements susceptibles d'apparaître du fait de l'existence de fonctions ou/et d'éléments dangereux du système. Elle permet d'avoir une vision globale des risques potentiels avant même le démarrage du projet.

Afin de déterminer les différents risques qui peuvent affecter notre projet, nous avons décomposé L'APR en deux volets :

- L'APR élément qui se concentre sur les composants physiques du système Identification des phénomènes parasites et des scénarios d'apparition associés à l'aide de listes guides.
- L'APR fonction qui analyse les processus et interactions fonctionnelles. Pour chaque fonction de chaque phase du cycle de vie, on étudie les modes de défaillances

Cette double approche facilite l'identification des risques à la fois techniques et opérationnels.

Avant d'appliquer la méthode APR, nous avons effectué une analyse fonctionnelle (annexe E) et une analyse systémique (annexe F) du projet. Cela nous a permis d'avoir une compréhension approfondie du système dans son ensemble, ainsi que des différentes fonctions et interactions entre les éléments constitutifs. Cette étape préliminaire a grandement facilité la vision d'ensemble et l'identification des zones à risques.

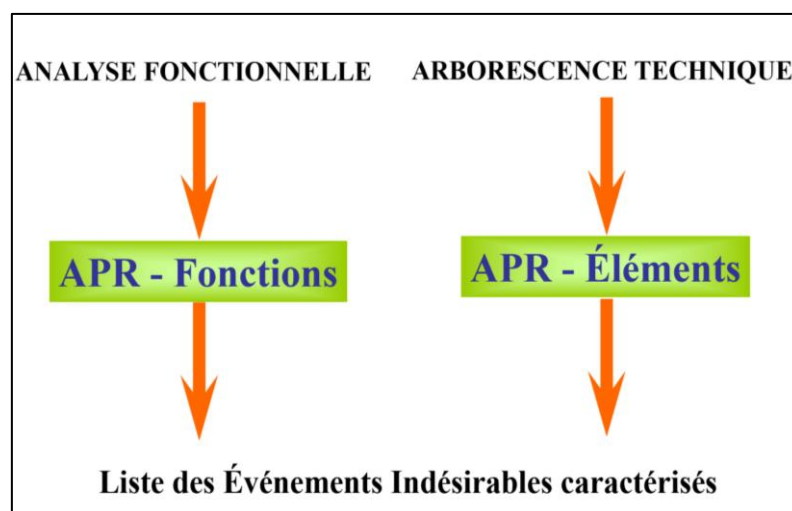


Figure 4-5 Schéma descriptif des deux volets de la méthode APR

4.6.1 Identification des risques

L'identification des risques s'est basée sur :

- Les checklists.
- Le retour d'expérience sur des systèmes analogues.
- L'analyse fonctionnelle.
- L'analyse systémique.

Parmi les risques internes les plus importants que nous avons déterminés , nous pouvons citer :

- R1 : le risque sismique compte tenu de la géographie de la région (zone III , selon le zonage sismique du RPA), qui est sujette aux tremblements de terre.
- R2 : le risque d'inondations, étant donné qu'un cours d'eau (Oued Cheliff) se trouve à une distance de 100 mètres du site.
- R3 : le risque professionnel, notamment les accidents de travail pouvant survenir au sein de la station d'épuration lors des travaux de construction et d'exploitation.
- R4 : le risque chimique lié à l'utilisation de produits chimiques dans les processus de traitement des eaux usées.
- R5 : le risque managérial, qui concerne la communication et la coordination entre les différents intervenants du projet. Une gestion efficace du projet est nécessaire pour assurer une bonne collaboration et un échange d'informations fluide entre toutes les parties prenantes.

L'identification des risques et des fonctions a été réalisée en se basant sur les tableaux 4-10 et 4-11 présentés ci-après.

Le tableau 4-10 expose l'identification des risques découlant des éléments identifiés lors de l'analyse systémique.

Quant au tableau 4-11, il met en lumière l'identification des fonctions issues de l'analyse fonctionnelle.

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

Tableau 4-10 Identification des risques par l'APR éléments

N°EI/ER	Éléments à risques	Phénomène associé	Effet sur le système	Effet client	Gravité	Recommandations
1	Emplacement géographique	Séisme	Dommages structurels, fissures ou déformations. Rupture des canalisations et des bassins de traitement.	Arrêt du traitement des eaux usées	Catastrophique	Renforcement parasismique des structures et installations (RPA,RPOA). Assurance catastrophe naturelle Formation du personnel aux procédures d'urgence en cas de séisme.
2	Proximité d'un cours d'eau (Oued Cheliff)	Inondation	Submersion des installations Dommages des équipements	Arrêt du traitement des eaux usées Pollution	Critique	Etude des zones inondables. Construction de digues/murs anti-crue. Assurance catastrophe naturelle. Installation de pompes et de réservoirs de rétention. Élaboration d'un plan d'évacuation et de protection des équipements sensibles
3	Machineries tournantes, échafaudage	Coincement Chute Brûlures	Blessures grave du personnel ou létales	Arrêt travaux Responsabilité	Catastrophique	Protections EPI / EPC Formation du personnel aux procédures de sécurité et aux gestes de premiers secours. Mettre en place des systèmes de sécurité (garde-corps, signalisation, etc.)
4	Cuves, réservoirs chimiques	Fuite Déversement accidentel	Pollution chimique Intoxication du personnel	Impact environnemental	Critique	Formation personnel Procédures de confinement Utilisation des EPI Stocker et manipuler les produits chimiques conformément aux réglementations
5	Système de communication	Panne, erreur humaine, interférence	Mauvaise coordination des interventions	Retards Erreurs de procédures	Significative	Redondance Procédures écrites Certifications

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

Tableau 4-11 Identification des risques par l'APR fonctions

N°EI/ER	Fonction	Mode de défaillance	Effet système	Effet client	Gravité	Recommandations
1,2,3,4	FP1 , FP2 , FP3	Perte de fonction	Arrêt complet du traitement	Rejet d'eaux non traitées	Critique	Plans de secours. Bassins de rétention
5	FC1 , FC2 , FC3	Fonction dégradée	Mauvais traitement Non-conformités	Pollution environnement	Significative	Doubler les contrôles. Formation.

4.6.2 Quantification et évaluation des risques

La deuxième étape du processus de management des risques consiste à quantifier et évaluer les risques identifiés lors de la première étape. Elle consiste à quantifier la probabilité d'occurrence et la gravité potentielle des risques identifiés préalablement, afin d'obtenir leur niveau de criticité.

En accord avec les recommandations de la norme ISO 31000 sur le management des risques et après consultation des experts dans le domaine de la réalisation de stations STEP, nous avons établi des critères quantitatifs et qualitatifs adaptés au contexte spécifique de ces chantiers.

Sur cette base, nous avons pu estimer de manière rigoureuse les niveaux de probabilité et de gravité associés aux risques précédemment identifiés ainsi que leur niveau d'acceptabilité (figure 4-6).

Les échelles de probabilité et de gravité utilisées prennent en compte les caractéristiques propres des STEP, les obligations réglementaires applicables, les objectifs de performance visés ainsi que le retour d'expérience concret des professionnels du secteur.

Son but est de mesurer les risques pour les classer et de prioriser les actions à prendre, notamment en identifiant les risques les plus critiques nécessitant une attention spécifique et des mesures adaptées lors de la phase suivante du processus.

Tableau 4-12 Evaluation de la criticité des risques identifiés

N° de risque	Probabilité	Gravité	Criticité
R1	3	4	12
R2	2	4	8
R3	4	3	12
R4	2	2	4
R5	2	1	2

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS « RÉALISATION D'UNE STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE CHETTIA, WILAYA DE CHLEF »

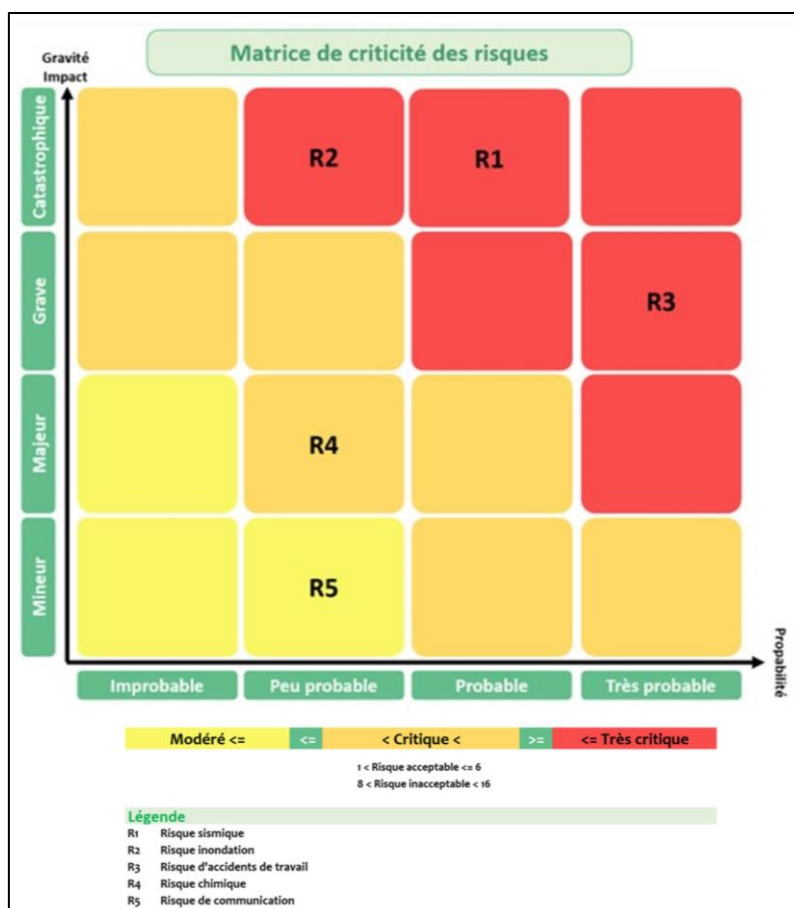


Figure 4-6 Matrice de criticité des risques

4.6.3 Traitement des risques

Après avoir identifié et évalué les risques, l'étape suivante consiste à déterminer les stratégies appropriées pour les traiter. Selon les niveaux de criticité calculés, différentes approches peuvent être adoptées : accepter, transférer, partager ou réduire le risque. L'objectif est de mettre en place des mesures d'atténuation et des plans d'action efficaces pour minimiser l'impact potentiel des risques sur le projet (voir les recommandations dans les tableaux 4-9 et 4-10).

Tableau 4-13 Stratégies de traitement des risques

Risques	Stratégie de traitement recommandée
R1 - Risque sismique	Réduire le risque Transférer le risque
R2 - Risque d'inondation	Réduire le risque Transférer le risque
R3 – Risque d'accidents de travail	Réduire le risque
R4 – Risque chimique	Réduire le risque
R5 – Risque de communication	Partager le risque Réduire le risque

4.7 Conclusion

Le présent chapitre a permis d'aborder les aspects clés liés au management des délais, des coûts et des risques dans le cadre du projet de réalisation de la station d'épuration de Chettia. L'analyse détaillée de ces facteurs a mis en évidence les défis à relever ainsi que les opportunités à saisir pour mener à bien ce projet d'envergure.

Concernant la gestion des délais, l'utilisation de l'outil MS Project s'est avérée particulièrement efficace pour planifier et suivre l'avancement du projet. Le diagramme de Gantt généré a permis de visualiser clairement l'enchaînement des tâches et leurs dépendances, facilitant ainsi la coordination des activités. La durée totale estimée du projet est de 644 jours, avec un début prévu le 01/02/2024 et une fin le 21/07/2026.

Pour ce qui est de la gestion des coûts, trois méthodes d'estimation ont été employées : la méthode paramétrique, la méthode par analogie et la méthode analytique avec MS Project. Les résultats obtenus ont révélé des écarts significatifs, notamment entre la méthode analytique et les deux autres méthodes. Cette différence peut s'expliquer par le fait que plusieurs aspects et éléments de la station d'épuration n'ont pas été pris en compte dans l'estimation. À cela se rajoute la prise en compte de la marge bénéficiaire des entreprises .

Quant au management des risques, l'approche de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) a permis d'identifier et d'évaluer les risques potentiels de manière globale et structurée. Les risques les plus critiques, tels que les risques sismiques, d'inondation et d'accidents professionnels, ont été mis en évidence, permettant ainsi de définir des mesures préventives et des plans d'action appropriés. Des recommandations clés comme le renforcement des compétences, l'instauration d'un suivi continu et l'application stricte des normes techniques ont également été mises en évidence.

En conclusion, ce chapitre a fourni une base solide pour la planification et la gestion efficace du projet de la station d'épuration de Chettia. Les outils et les méthodes utilisés ont permis d'anticiper les défis potentiels et de proposer des solutions adaptées pour assurer le respect des délais, des coûts et des exigences de sécurité tout au long du cycle de vie du projet.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

La réalisation de projets d'infrastructures tels que les stations d'épuration des eaux usées revêt un caractère stratégique majeur pour relever les défis environnementaux, économiques et sociétaux auxquels l'Algérie est confrontée. Cette étude a permis d'explorer en profondeur la problématique complexe de la gestion des coûts, des délais et des risques dans ces projets d'envergure, à travers le cas concret de la station d'épuration de Chettia.

Dans un premier temps, une analyse SWOT du secteur du BTP en Algérie a été menée, mettant en lumière les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces auxquelles sont confrontées les entreprises opérant dans ce secteur stratégique. Cette étape préliminaire a été complétée par une enquête de terrain, qui a été concrétisée par l'élaboration d'un questionnaire qui a été distribué aux entreprises du secteur. Ce dernier nous a permis d'analyser les données récoltées afin d'évaluer la situation actuelle de ces entreprises. Tout d'abord, l'analyse SWOT du secteur du BTP en Algérie a mis en exergue un environnement riche en opportunités, porté par les investissements publics et la demande croissante en infrastructures. Cependant, des faiblesses intrinsèques comme les défis logistiques et la bureaucratie, ainsi que des menaces externes telles que la volatilité économique, nécessitent une gestion proactive pour assurer la compétitivité à long terme.

Parallèlement, un approfondissement des connaissances techniques a été réalisé, à travers l'étude du fonctionnement des stations d'épuration, des différents procédés utilisés ainsi que des ouvrages constitutifs. Cette base théorique s'est avérée essentielle pour aborder sereinement l'étude de cas portant sur la réalisation de la station d'épuration de Chettia.

Le troisième chapitre a posé les fondements méthodologiques du management des coûts, des délais et des risques dans les projets, offrant ainsi un cadre solide pour l'analyse du projet de la STEP de Chettia. Cette partie théorique a été enrichie par l'étude approfondie d'un travail de recherche portant spécifiquement sur les différentes méthodes utilisées préalablement par les experts.

Enfin, le quatrième chapitre a constitué le cœur de l'étude de cas, en appliquant les outils et méthodes présentés précédemment au projet concret de réalisation de la station d'épuration de Chettia. L'utilisation judicieuse d'outils tels que la WBS, le diagramme de Gantt, la matrice RACI et le logiciel MS Project ont permis une planification structurée, une coordination efficace des activités et un suivi rigoureux des coûts et des délais.

Le management des délais a été abordé à travers l'utilisation de l'outil MS Project et la construction d'un diagramme de Gantt détaillé. La gestion des coûts a fait l'objet d'estimations par différentes méthodes, mettant en évidence les écarts potentiels liés aux approches

retenues. Quant au management des risques, l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) associée à l'analyse fonctionnelle et l'approche systémique, a permis d'identifier et d'évaluer les risques majeurs inhérents à ce type de projet. Cette expérience a souligné les défis liés à la mise en œuvre de telles méthodologies, notamment la nécessité de travailler avec une équipe pluridisciplinaire, de capitaliser sur le retour d'expérience et d'évaluer avec précision les probabilités et les gravités des différents scénarios. Des recommandations clés, comme le renforcement des compétences en management de projet, la mise en place d'un système de suivi continu et le respect strict des normes techniques, ont également été formulées. Une telle démarche constitue la clé de voûte pour assurer la réussite de ces infrastructures vitales, garantes de la préservation des ressources en eau et du développement durable du pays.

En somme, les conclusions de ce travail soulignent avec force la nécessité d'une approche globale, stratégique et pluridisciplinaire dans le secteur algérien des travaux publics, tout en offrant une vision concrète et réaliste des multiples enjeux et défis liés à la réalisation d'infrastructures complexes telles que les stations d'épuration. Cette vision doit conjuguer harmonieusement la prise en compte des enjeux environnementaux primordiaux, le pragmatisme économique indispensable et l'excellence en matière de management de projet. C'est ainsi que le secteur du BTPH national pourra pleinement jouer son rôle moteur dans le développement des infrastructures durables, indispensables pour relever les défis majeurs du XXI^e siècle en Algérie.

Si cette étude a abordé les aspects du management des coûts, des délais et des risques, une problématique complémentaire pourrait concerner l'optimisation du management des ressources humaines et de la qualité dans les projets de construction de stations d'épuration. En effet, la performance de tels projets dépend non seulement de la maîtrise des coûts et des délais, mais également de la capacité à mobiliser et à coordonner efficacement les équipes pluridisciplinaires impliquées, et à réaliser des infrastructures de qualité suivant les règles de l'art. Une recherche approfondie sur les meilleures pratiques en matière de leadership, de motivation, de formation et de gestion des compétences dans ce contexte spécifique permettrait de renforcer davantage la réussite de ces projets stratégiques.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. *Premier Rapport Biennal Actualisé de l'Algérie*. Alger, Programme des Nations Unies pour le Développement. [éd.] A., TABET-AOUAL, M., MERABET, H., BESSAOUD, R., TRACHE. Alger : Programme des Nations Unies pour le Développement Alger, Octobre 2023. 00110577 .
- [2]. *Renforcement des infrastructures de base un budget en béton*. Alger : Quotidien-national d'information, 22 Février 2024, EL MOUDJAHID, p7.
- [3]. BENABDALLAH, Y. *Le développement des infrastructures en Algérie : quels effets sur la croissance économique et l'environnement de l'investissement ?* Alger : Centre National de la Recherche Scientifique .
- [4]. Office National des Statistiques (ONS). [En ligne] *CNT1T2023.pdf*, *Comptes Nationaux Trimestriels*. Juillet 2023. [Citation : 04 Février 2024.] <https://www.ons.dz/IMG/pdf/CNT1T2023.pdf> . 1111 - 5939.
- [5]. Ministère des finances . *Rapport de présentation du PLF 2022*. Alger, 2021.
- [6]. Ministères des finances. *Rapport de présentation du PLF 2023*. Alger, 2022.
- [7]. SOGERHWIT. *Etat des soumissions (2020-2023)*.
- [8]. Inspection du travail de la wilaya de Tlemcen . *Statistiques des accidents de travail par secteurs* . 2023.
- [9]. SEPTH, C. *La Matrice SWOT: Élaborer un plan stratégique pour votre entreprise (Gestion & Marketing (nouvelle édition) t. 21)*. 50minutes.fr, 2015. p. 33.
- [10]. NEPLIM. [En ligne] Service de marketing internet à Versailles, France. [Citation : 18 Février 2024.] <https://neplim.fr/formation-marketing/strategique/analyse-swot>.
- [11]. SAMMUT-BONNICI, T et GALEA, D. SWOT Analysis. *Research Gates*. [En ligne] Janvier 2015. [Citation : 13 Février 2024.] <https://www.advisory21.com/mt/wp-content/uploads/2022/10/sammut-bonnicisWOT.pdf>.
- [12]. BRAHMI, F. *Utilisation de l'analyse SWOT en vue de l'élaboration d'un plan de développement Mémoire de Master*. Guelma, Algérie : s.n., 2014.
- [13]. TOUBAL, A. *Qualité et traitement des eaux*. Cours, université Hasiba Ben Bouali.Chlef.

- [14]. CHELGHOUM, N. YAGOUB,H. *Dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées -Ain Moussa Oum el Raneb-Ouargla. Mémoire de Master, université Kasdi Merbah Ouargla*, 2022.
- [15]. NDAO, A. *Procédés de fortification, de floculation et de formulation dans la production de biopesticide à partir des eaux usées d'industrie d'amidon à base de Bacillus Thuringiensis var. kurstaki. Thèse de doctorat, université de Québec _Institut national de la recherche scientifique _Centre eau terre environnement_Canada*, 2018.
- [16]. TOUAFEK, A. *Etude expérimentale de l'épuration des effluents par procédés a culture fixée. Mémoire de magister, université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf*, 2015.
- [17]. GUIDEnR Haute Qualité Environnementale , l'information HQE. [En ligne] [Citation : 13 Mars 2024.] <https://www.hqe.guidenr.fr/cible-5-hqe/boues-activees-aeration-prolongee.php>.
- [18]. GACEM, Y. *Epuration des eaux usées. Polycopié de cours, université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf*.
- [19]. DJEBALI, O. *Contribution à la réhabilitation de la station d'épuration de Beraki à Alger. Mémoire de fin d'études, école nationale polytechnique_département d'hydraulique_*, 2008.
- [20]. SAHRI, N. et BOUKHAROUBA,N,E,H. *Effet de la nature des rejets sur le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Guelma. Mémoire de Master , université 8Mai1945 Guelma*, 2021.
- [21]. SOGERHWIT. *Mémoire de process_Réalisation d'un système d'épuration de la ville de Sebdou_*. Tlemcen, 2015.
- [22]. PRONOST, J.,PRONOST,R.,DEPLAT,L et al. *Stations d'épuration : Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Document technique FNDAE N°22 bis. Office International de l'Eau CNFME / SNIDE, Décembre 2002. p. 86,*
- [23]. *Marché portant sur la réalisation de la station d'épuration de la ville de Chettia . Note informative.*
- [24]. FALCON, Y. *Les ouvrages de génie civil des stations d'épuration des petites collectivités conception et dimensionnement rapide. Mémoire pour obtention du diplome d'ingénieur CPAM, conservatoire national des arts et des métiers, centre régional associe de Lyon. HAL. Soutenue le 18 Octobre 2010.*

- [25]. I.C IPALLE . *Schéma d'une station d'épuration*.Brochure. Tournai,Bélgique : Gonzague Delbard. p. 8.
- [26]. EL HIFNAWY, C. *Conception de station d'épuration*. Mémoire pour obtention du diplôme d'ingénieur, conservatoire nationale des arts et métiers Paris. : HAL, 2018.
- [27]. EAUX DE VIENNE SIVEER. *Station d'épuration à boues activées : le bassin aérateur*.Brochure, service communication, 2018.
- [28]. EAUX DE VIENNE SIVEER. *Station d'épuration à boues activées : le clarificateur*. Brochure, service communication, 2018.
- [29]. RONTALTAP, M.DODANE,P.,H.et BASSAN,M. Chapitre V Panorama des technologie de traitement. [auteur du livre] L.RONTALTAP,M. et BARDJANOVIC,D. STRANDE. *Gestion des boues de vidange , Approche intégrée pour la mise en oeuvre et l'exploitation*. Londres,Royaume-Uni : IWA publishing.Edition française 2018, 2014, pp. 103-128.
- [30]. DODANE, P.,H.RONTALTAP,M. Chapitre VII Lits de séchage non plantés. [auteur du livre] L.RONTALTAP,M. et BARDJANOVIC,D. STRANDE. *Gestion des boues de vidange approche intégrée pour la mise en oeuvre et l'exploitation*. Londres : IWA Publishing édition française 2018, 2014, pp. 151-163.
- [31]. (PMI), Project Management Institute. *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide) sixth edition* . 2017. 978-1628251845.
- [32]. ALLAL, M.A et BENACHENHOU,K.A. *POLYCOPIE POUR M1/M2 GENIE CIVIL MANAGEMENT DE PROJET*. Cours, université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen , 2020.
- [33]. Exam-Pm Knowledge areas. [En ligne] [Citation : 24 Mars 2024.] <https://www.exam-pm.com/knowledge-areas/>.
- [34]. ARNOLD, D. CORBEL,P. *Gestion de projet , Le triangle Qualité-Coût-Délai (Q-C-D)*. Université Paris-Saclay, et AUNEGe, l'Université Numérique en Économie Gestion. p. 9, Cours.
- [35]. B.DENYS et al *Identification des risques pour les projets de construction: revue des pratiques internationales et propositions*. 19ème Congrès Français de Mécanique Marseille, Août 2009
- [36]. HAMZAOU, F. *Le management des coûts du projet*. Cours, université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen .

[37]. ISO 31000:2018. *Management du risque -Lignes directrices-*.Organisation internationale de normalisation, 2018.

[38]. ZABAT.A. *Management des risques dans les projets de trémie par la méthode MADS-MOSAR.Cas de la trémie de BAB EL KERMADINE. Mémoire de master*, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. Soutenue en Octobre 2013.

[39]. BOUNIE, D. *Les méthodes d'analyse de risques*. IAA, L'usine agro-alimentaire, Polytech'Lille . Lille , France ,2008.

[40]. UNISDR Bureau des Nations Unies pour la Réduction des Risques de Catastrophe. *Terminologie pour la prévention des risques de catastrophes*. Genève,Suisse,2009. p39.

ANNEXES

ANNEXE A

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEM –
Faculté de Technologie
Département de génie civil
LABORATOIRE DE RECHERCHE EOLE
« Eau et Ouvrage dans Leur Environnement »
Questionnaire d'enquête
« Management des projets de travaux publics ».



1. Forces de l'entreprise :

a. Quels sont les domaines dans lesquels votre entreprise excelle ?

- Management de projet
- Qualité des réalisations
- Qualité des produits
- Expertise du personnel
- Capacité d'adaptation aux changements
- Réseau de distribution étendu
- Bonne gestion financière
- Engagement envers la responsabilité sociale
- Utilisation du BIM (Building Information Modeling)
- Solide réputation de la marque sur le marché.
- Forte présence sur les réseaux sociaux et la communication en ligne
- Collaboration efficace au sein de l'équipe
- Technologies de pointe
- Bonne relation avec les fournisseurs
- Utilisation de matériaux durables
- Investissement dans la formation des employés
- Services diversifiés
- Certification ISO
- Autre (à préciser) _____

2. Faiblesses de l'entreprise :

a. Quels sont les domaines dans lesquels votre entreprise rencontre des difficultés ?

- Management des délais
- Management des coûts
- Management des risques
- Management de la communication
- Management des ressources humaines
- Management des parties prenantes
- Manque de main-d'œuvre qualifiée
- Matériel de construction vétuste
- Faible présence sur le marché
- Dépendance excessive à l'égard d'un seul client ou marché.
- Processus internes inefficaces.
- Manque de diversification dans les produits/services.
- Communication interne peu claire
- Manque d'adaptabilité aux nouvelles technologies.

- Problèmes de satisfaction client.
- Problèmes de qualité des produits/services
- Rigidité face aux changements
- Réseau de distribution limité
- Certification ISO
- Autre (à préciser) _____

3. Opportunités de l'entreprise :

a. Quelles sont les opportunités émergentes dans le secteur du BTP ?

- Projets d'infrastructures gouvernementaux
- Besoin croissant de rénovation et de modernisation
- Transition vers des pratiques durables
- Évolution des réglementations gouvernementales
- Expansion sur de nouveaux marchés
- Partenariats et collaborations avec d'autres entreprises
- Avancées technologiques dans le secteur
- Tendances sociétales favorables à votre entreprise
- Possibilités de fusion/acquisition
- Intégration de nouvelles technologies pour améliorer les opérations.
- Renforcement de la présence en ligne et sur les réseaux sociaux.
- Acquisition de talents clés sur le marché.
- Diversification de la gamme de produits/services.
- Collaboration avec des organismes de certification
- Mise en place de procédures et de formations spécifiques
- Autre (à préciser) _____

4. Menaces aux quels est liée l'entreprise :

a. Quels sont les principaux défis ou obstacles rencontrés par votre entreprise ?

- Manque de ressources financières
- Chute du baril de pétrole
- Concurrence accrue sur les projets
- Risque géopolitique
- Corruption
- Inflation et pénurie des matériaux
- Aléas naturels (intempérie, séisme, inondations...)
- Risques liés à la sécurité sur les chantiers
- Dépendance excessive vis-à-vis de certains clients, fournisseurs ou maitres d'ouvrages
- Exposition aux litiges et aux poursuites judiciaires
- Vulnérabilité liés aux cyberattaques
- Vols de matériaux/matériels sur chantier
- Crise sanitaire
- Diminution de la demande de projets
- Autre (à préciser) _____

5. Gestion des risques :

a. Comment votre entreprise identifie-t-elle et traite-t-elle les risques liés à ses activités ?

- Évaluation régulière des risques potentiels
- Mise en place de mesures préventives
- Assurance des projets et des activités
- Plan de continuité d'activité en cas de crise
- Autre (à préciser) _____

b. Quelles sont, selon vous, les principales menaces pour la sécurité sur un chantier de construction ?

- Chutes de hauteur
- Risques électriques

- Risques liés aux engins de levage
- Autre (précisez) _____

c. Quelles mesures votre entreprise met-elle en place pour gérer les risques sur les chantiers de construction ?

- Formations régulières sur la sécurité
- Utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI)
- Mise en place de procédures de travail sécuritaires
- Autre (précisez) _____

d. Pensez-vous que l'utilisation de technologies innovantes et d'intégration de management peut contribuer à améliorer la gestion des risques dans le secteur du BTP ?

- Oui, fortement
- Oui, un peu
- Non, pas vraiment
- Non, pas du tout

e. Comment votre entreprise encourage-t-elle la participation des travailleurs à l'amélioration de la sécurité et à la gestion des risques ?

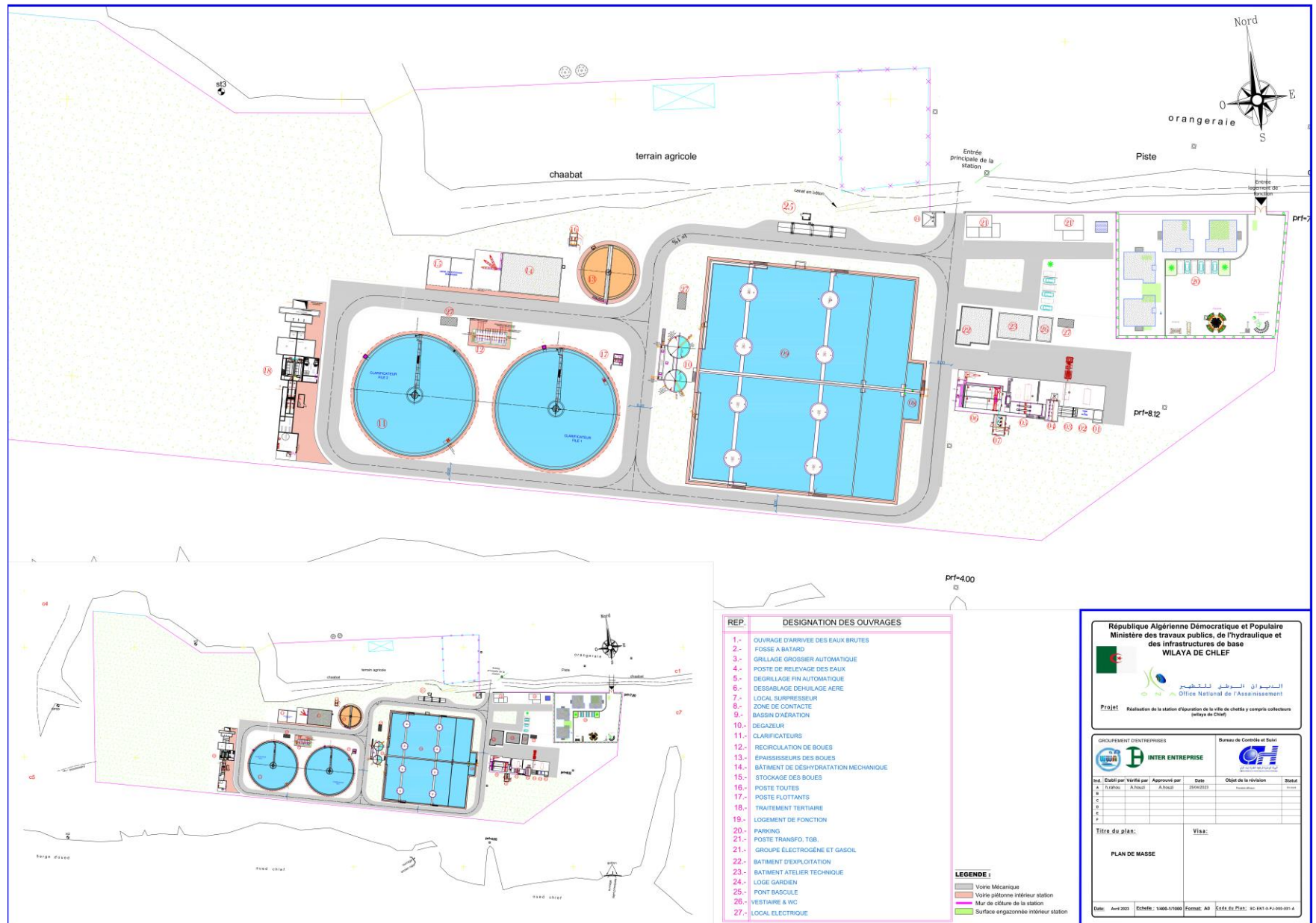
- Par des récompenses et des reconnaissances
- En mettant en place des comités de sécurité
- En favorisant la remontée d'informations et les suggestions
- Autre (précisez) _____

ANNEXE B

Tableau 1-4. Correspondance entre les groupes de processus de management de projet et les domaines de connaissance

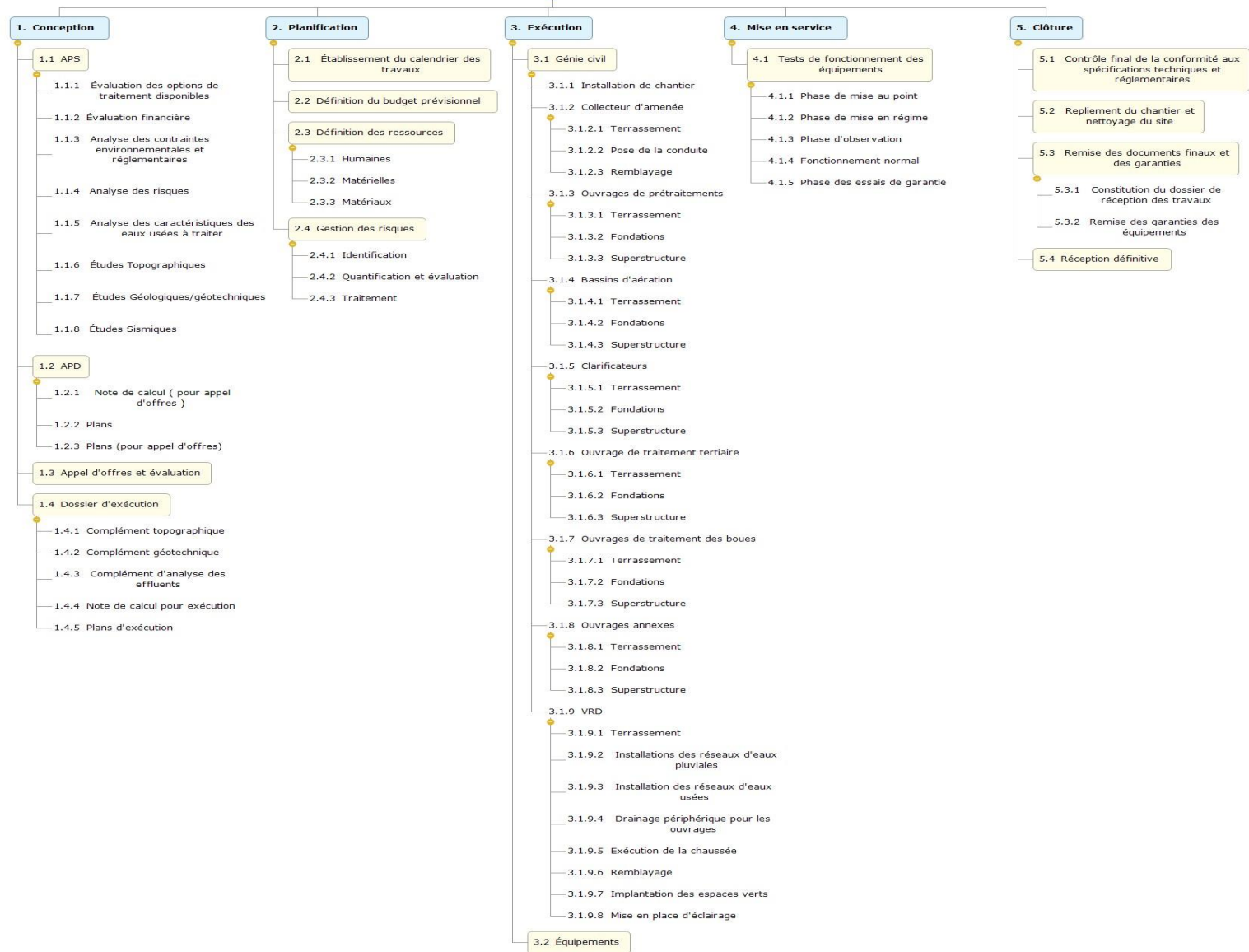
Domaines de connaissance	Groupes de processus de management de projet				
	Groupe de processus d'initialisation	Groupe de processus de planification	Groupe de processus d'exécution	Groupe de processus de maîtrise	Groupe de processus de clôture
4. Gestion de l'intégration du projet	4.1 Élaborer la charte du projet	4.2 Élaborer le plan de management du projet	4.3 Diriger et gérer le travail du projet 4.4 Gérer les connaissances du projet	4.5 Maîtriser le projet 4.6 Maîtriser les changements	4.7 Clôre le projet ou la phase
5. Gestion du périmètre du projet		5.1 Planifier la gestion du périmètre et du contenu 5.2 Recueillir les exigences 5.3 Définir le périmètre 5.4 Créer le WBS		5.5 Valider le périmètre 5.6 Maîtriser le périmètre et le contenu	
6. Gestion de l'échéancier du projet		6.1 Planifier la gestion de l'échéancier 6.2 Définir les activités 6.3 Organiser les activités en séquence 6.4 Estimer la durée des activités 6.5 Élaborer l'échéancier		6.6 Maîtriser l'échéancier	
7. Gestion des coûts du projet		7.1 Planifier la gestion des coûts 7.2 Estimer les coûts 7.3 Déterminer le budget		7.4 Maîtriser les coûts	
8. Gestion de la qualité du projet		8.1 Planifier la gestion de la qualité	8.2 Gérer la qualité	8.3 Maîtriser la qualité	
9. Gestion des ressources du projet		9.1 Planifier la gestion des ressources 9.2 Estimer les ressources nécessaires aux activités	9.3 Obtenir les ressources 9.4 Développer l'équipe 9.5 Gérer l'équipe	9.6 Maîtriser les ressources	
10. Gestion des communications du projet		10.1 Planifier la gestion des communications	10.2 Gérer les communications	10.3 Maîtriser les communications	
11. Gestion des risques du projet		11.1 Planifier la gestion des risques 11.2 Identifier les risques 11.3 Mettre en œuvre l'analyse qualitative des risques 11.4 Mettre en œuvre l'analyse quantitative des risques 11.5 Planifier les réponses aux risques	11.6 Appliquer les réponses aux risques	11.7 Maîtriser les risques	
12. Gestion des approvisionnements du projet		12.1 Planifier la gestion des approvisionnements	12.2 Procéder aux approvisionnements	12.3 Maîtriser les approvisionnements	
13. Gestion des parties prenantes du projet	13.1 Identifier les parties prenantes	13.2 Planifier l'engagement des parties prenantes	13.3 Gérer l'engagement des parties prenantes	13.4 Maîtriser l'engagement des parties prenantes	

ANNEXE C

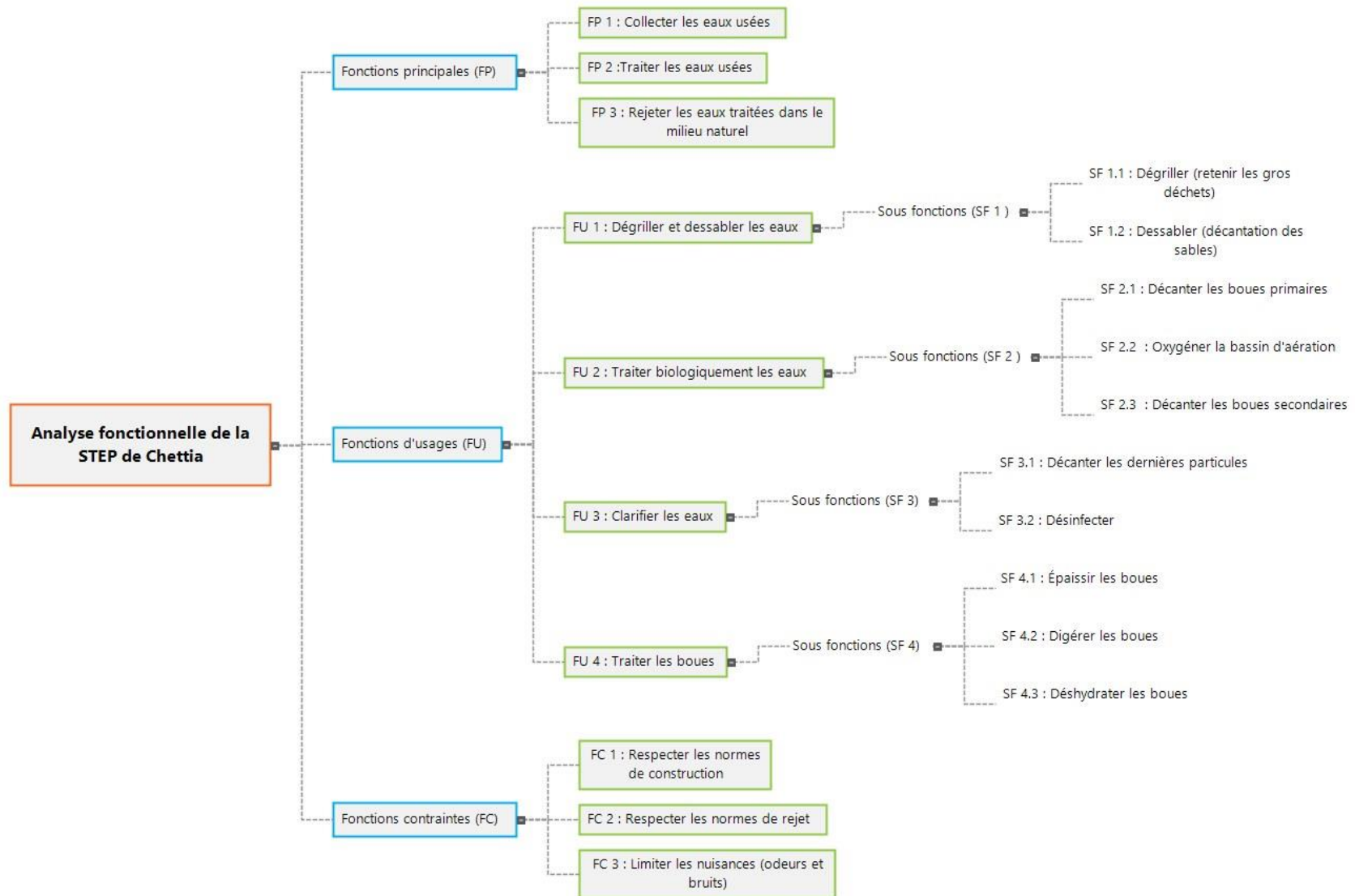


ANNEXE D

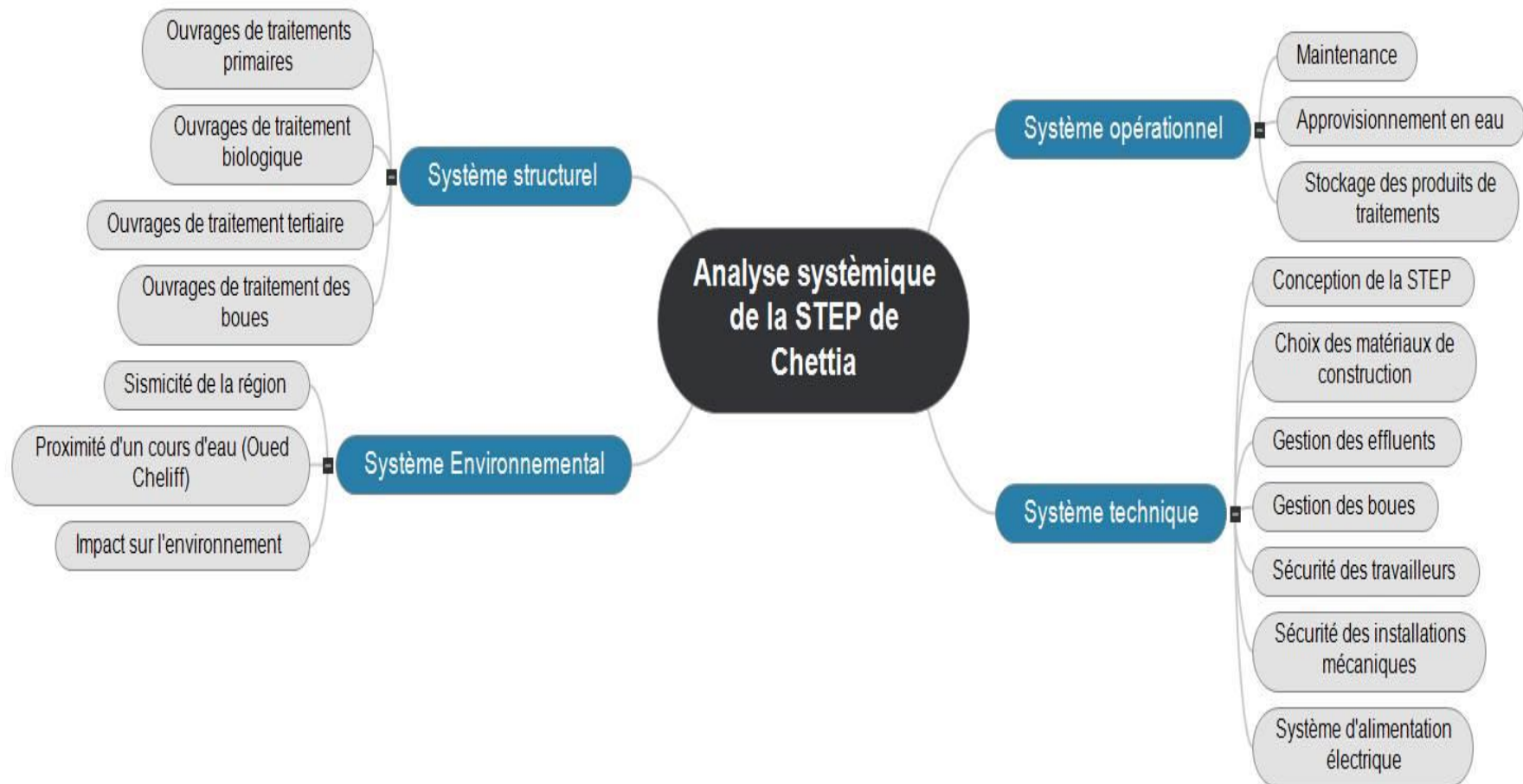
WBS REALISATION DE LA STEP DE CHETTIA



ANNEXE E



ANNEXE F



ANNEXE G

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAUX
DE LA WILAYA DE DJELFA
N° FISCAL / 17014021039

AVIS D'ATTRIBUTION PROVISOIRE

Conformément à l'article 65 du décret présidentiel n°15-247 du 16/09/2015 portant réglementation des marchés publics et des délégations de service public, la Direction des Ressources en Eaux de la Wilaya de Djelfa informe tous les soumissionnaires ayant participé à l'Avis d'appel d'offres avec exigence de capacité minimal n°05/2020 restreint inséré au quotidiens nationaux: **الاحرار** et **LE REDACTEUR** le 10/03/2020 et le Bomop du relative à :

Réalisation d'une station d'épuration à Hassi Bahbah y compris raccordement (Collecteur principal et Station de Relevage)

Les projets sont attribués à titre provisoire aux entreprises suivantes :

N° pli	Entreprise	Numero Fiscal	Montant corrigé en TTC	Note offre technique	Délai	OBS
07	Groupement SARL ETP BENZAAMIA EURL SGT	001302090657444	2 385 324 959,64 DA	71,25	20 mois	Préqualifié moins disant

Tout soumissionnaire contestant le choix opéré par la partie contractante disposé d'un délai de dix (10) jours à partir de la première parution du présent avis sur les quotidiens: **الاحرار** et **Le Redacteur** le Bomop peut introduire un recours auprès de la commission des marchés publics de la Wilaya de Djelfa et ceci, en application de l'article 82 du décret présidentiel n°15-247 du 16/09/2015 portant réglementation des marchés publics et des délégations de service public. Les autres soumissionnaires intéressés à prendre connaissance des marchés de l'évaluation de leurs offres sont invités de se rapprocher du service contractant au plus tard 03 jours à compter de la première parution du présent avis dans les quotidiens nationaux ou dans le Bomop

LE REDACTEUR 28/09/2020 ANEP: 2016015520

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE

Office National de l'Assainissement
NIF : 000116001715484

AVIS D'ATTRIBUTION PROVISOIRE
relatif à l'appel d'offres national ouvert avec exigence de capacités minimales
N°06/MOD/ONA/2023

Conformément aux dispositions du décret présidentiel n°15-247 du 2 Dhou El Hidja 1436, correspondant au 16 Septembre 2015, portant réglementation des marchés publics et des délégations de service public, l'Office National de l'Assainissement (ONA), informe les soumissionnaires ayant participé à l'Appel d'Offres National Ouvert avec exigence de capacités minimales N°06/MOD/ONA/2023, publié dans les quotidiens nationaux " **ALIKTISADIA NEWS** " et " **EL HAYET EL ARABIYA** " du 18/10/2023 et le BOMOP n°1895, semaine du 22 au 28/10/2023 que l'évaluation technique et financière des offres a donné lieu aux résultats suivants :

Projet	Soumissionnaire retenu	Montant de l'Offre (DA TTC)	Délais (mois)	Note technico-financière / 100 (Points)
Réalisation d'une station d'épuration et collecteur d'amenée au niveau de la commune d'Oued Ghir (W. Bejaia)	COSIDER CANALISATIONS NIF : 0004160996811603	4 603 050 213,92 Montant corrigé après vérification arithmétique 4 603 653 283, 05	28	87,28

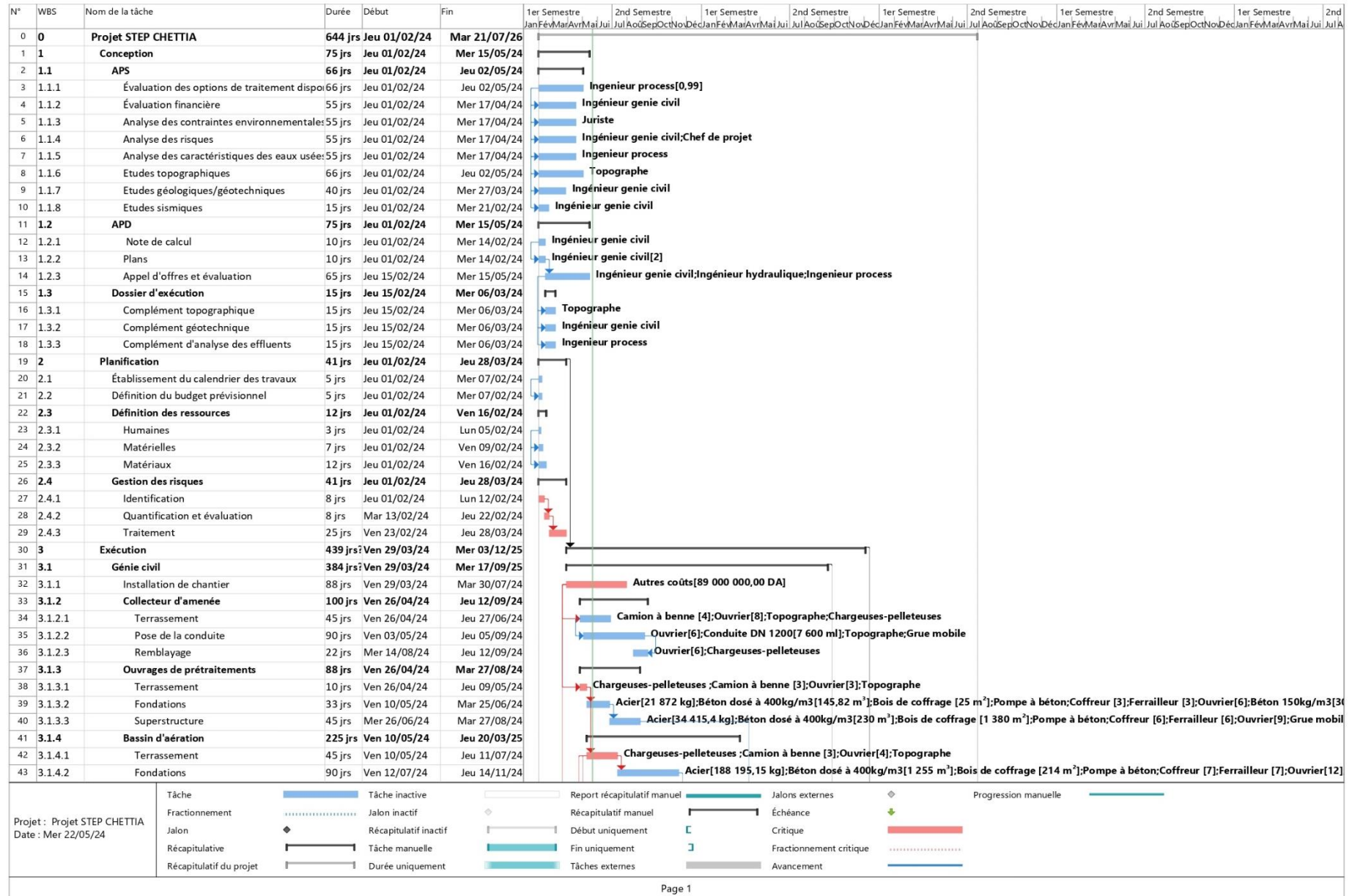
Le soumissionnaire N° 03 **COSIDER CANALISATIONS** est retenu provisoirement pour la Réalisation de la station d'épuration et collecteur d'amenée au niveau de la commune d'Oued Ghir (W. Bejaia), pour un montant de **4 603 653 283, 05 DA TTC** et un délai de réalisation de **28 mois**.

Conformément à la réglementation en vigueur, les soumissionnaires désirant prendre connaissance des résultats détaillés de l'évaluation de leurs offres techniques et financières, peuvent se rapprocher des services de l'ONA, au plus tard, trois (03) jours à compter du premier jour de la publication du présent avis.

Tout soumissionnaire contestant l'attribution provisoire, peut introduire un recours dans un délai de dix (10) jours, à compter de la première publication du présent avis auprès de la Commission Sectorielle des Marchés Publics, sise au 03, rue du Caire, KOUBA, ALGER.

El Hayat El Arabiya 31-03-2024 **Anep 2416010094**

ANNEXE H



N°	WBS	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	1er Semestre JanFévMarAvrMaiJui	2nd Semestre JulAoûSepOctNov	1er Semestre JanFévMarAvrMaiJui	2nd Semestre JulAoûSepOctNov	1er Semestre JanFévMarAvrMaiJui	2nd Semestre JulAoûSepOctNov	1er Semestre JanFévMarAvrMaiJui	2nd Semestre JulAoûSepOctNov	1er Semestre JanFévMarAvrMaiJui	2nd Semestre JulAoûSepOctNov	1er Semestre JanFévMarAvrMaiJui	2nd Semestre JulAoûSepOctNov
44	3.1.4.3	Superstructure	90 jrs	Ven 15/11/24	Jeu 20/03/25												
45	3.1.5	Clarificateurs	140 jrs	Ven 10/05/24	Jeu 21/11/24												
46	3.1.5.1	Terrassement	30 jrs	Ven 10/05/24	Jeu 20/06/24												
47	3.1.5.2	Fondations	45 jrs	Ven 21/06/24	Jeu 22/08/24												
48	3.1.5.3	Superstructure	65 jrs	Ven 23/08/24	Jeu 21/11/24												
49	3.1.6	Ouvrage de traitement tertiaire	75 jrs	Ven 21/06/24	Jeu 03/10/24												
50	3.1.6.1	Terrassement	15 jrs	Ven 21/06/24	Jeu 11/07/24												
51	3.1.6.2	Fondations	25 jrs	Ven 12/07/24	Jeu 15/08/24												
52	3.1.6.3	Superstructure	35 jrs	Ven 16/08/24	Jeu 03/10/24												
53	3.1.7	Ouvrages de traitement des boues	137 jrs	Ven 12/07/24	Lun 20/01/25												
54	3.1.7.1	Terrassement	22 jrs	Ven 12/07/24	Lun 12/08/24												
55	3.1.7.2	Fondations	45 jrs	Mar 13/08/24	Lun 14/10/24												
56	3.1.7.3	Superstructure	70 jrs	Mar 15/10/24	Lun 20/01/25												
57	3.1.8	Ouvrages annexes	170 jrs	Mar 13/08/24	Lun 07/04/25												
58	3.1.8.1	Terrassement	25 jrs	Mar 13/08/24	Lun 16/09/24												
59	3.1.8.2	Fondations	45 jrs	Mar 17/09/24	Lun 18/11/24												
60	1.3.1.7.3	Superstructure	100 jrs	Mar 19/11/24	Lun 07/04/25												
61	3.1.9	VRD	287 jrs	Mar 13/08/24	Mer 17/09/25												
62	3.1.9.1	Terrassement	22 jrs	Mar 13/08/24	Mer 11/09/24												
63	3.1.9.2	Installations des réseaux d'eaux pluviales	15 jrs	Jeu 12/09/24	Mer 02/10/24												
64	3.1.9.3	Installation des réseaux d'eaux usées	15 jrs	Jeu 12/09/24	Mer 02/10/24												
65	3.1.9.4	Drainage périphérique pour les ouvrages	45 jrs	Mar 08/04/25	Lun 09/06/25												
66	3.1.9.5	Exécution de la chaussée	27 jrs	Mar 12/08/25	Mer 17/09/25												
67	3.1.9.6	Remblayage	45 jrs	Mar 10/06/25	Lun 11/08/25												
68	3.1.9.7	Implantation des espaces verts	10 jrs	Mar 12/08/25	Lun 25/08/25												
69	3.1.9.8	Mise en place d'éclairage	10 jrs	Mar 26/08/25	Lun 08/09/25												
70	3.2	Équipements	55 jrs	Jeu 18/09/25	Mer 03/12/25												
71	4	Mise en service	156 jrs	Jeu 04/12/25	Jeu 09/07/26												
72	4.1	Tests de fonctionnement des équipements	156 jrs	Jeu 04/12/25	Jeu 09/07/26												
73	4.1.1	Phase de mise au point	22 jrs	Jeu 04/12/25	Ven 02/01/26												
74	4.1.2	Phase de mise en régime	22 jrs	Lun 05/01/26	Mar 03/02/26												
75	4.1.3	Phase d'observation	22 jrs	Mer 04/02/26	Jeu 05/03/26												
76	4.1.4	Fonctionnement normal	70 jrs	Ven 06/03/26	Jeu 11/06/26												
77	4.1.5	Phase des essais de garantie	20 jrs	Ven 12/06/26	Jeu 09/07/26												
78	5	Clôture	8 jrs	Ven 10/07/26	Mar 21/07/26												
79	5.1	Contrôle final de la conformité aux spécifications techniques et réglementaires	2 jrs	Ven 10/07/26	Lun 13/07/26												
80	5.2	Repliement du chantier et nettoyage du site	8 jrs	Ven 10/07/26	Mar 21/07/26												
81	5.3	Remise des documents finaux et des garanties	2 jrs	Ven 10/07/26	Lun 13/07/26												
82	5.3.1	Constitution du dossier de réception des travaux	2 jrs	Ven 10/07/26	Lun 13/07/26												
83	5.3.2	Remise des garanties des équipements	2 jrs	Ven 10/07/26	Lun 13/07/26												
84	5.4	Réception définitive	1 jr	Ven 10/07/26	Ven 10/07/26												