



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

UNIVERSITE IBN KHALDOUN - TIARET

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTÉ DES MATHEMATIQUES ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER En Informatique

Spécialité : Réseaux et télécommunications

Par :

Hadj zoubir Hiba Asmaa
Sabeur Nour Elhouda
Sur le thème

Vers un système digne de confiance pour l'attribution des projets d'état

Soutenu publiquement le 24 / 06 / 2025 à Tiaret devant le jury composé de :

Mr Bendaoud Mebarek	Prof	Université Ibn Khaldoun Tiaret	Président
Mr SiAbdelhadi Ahmed	MCB	Université Ibn Khaldoun Tiaret	Encadreur
Mr Ouared Abdelkader	MCA	Université Ibn Khaldoun Tiaret	Co-Encadreur
Mr Alem Abdelkader	MAA	Université Ibn Khaldoun Tiaret	Examineur

2024-2025

Remerciements

Avant tout, nous rendons grâce à Allah, Le Tout-Puissant, pour la force, la patience et la lumière qu'Il nous a accordées tout au long de ce parcours.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements vont à notre encadreur, Monsieur SIAbdelhadi Ahmed, pour sa disponibilité, sa bienveillance, ses conseils précieux .

Ainsi qu'à notre co-encadreur, Monsieur Ouared Abdelkader, pour son soutien, son suivi et ses orientations constructives.

Nous remercions également les membres du jury : Monsieur Bendaoud Mebarek, pour sa lecture attentive et ses remarques enrichissantes, et Monsieur Alem Abdelkader, pour ses suggestions constructives et le temps qu'il a consacré à l'évaluation de ce mémoire.

Nous n'oublions pas d'adresser toute notre reconnaissance à l'ensemble des professeurs du département d'informatique, pour les connaissances qu'ils nous ont transmises, leur patience et leur passion pour l'enseignement.

Enfin, merci à tous ceux qui nous ont soutenus, encouragés, et qui ont cru en nous dans les moments les plus difficiles. Votre présence a été une lumière sur notre chemin.

Dédicace

*À mes chers parents,
Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux,
votre soutien constant et vos prières qui m'ont toujours
portée. Ce mémoire est le fruit de vos encouragements.*

*À mes frères et ma sœur,
En tant que grande sœur, je prie pour vous voir,
incha'Allah, atteindre ce même niveau et même aller encore
plus loin. Ma fierté est de vous voir réussir.*

*À ma meilleure amie, Abdi Fatima,
Pour ta fidélité, ton écoute, ton soutien moral dans les
moments les plus difficiles, et ta capacité à toujours me
redonner le sourire. Ta présence m'est précieuse.*

*Je vous dédie humblement ce travail, avec tout mon amour
et ma reconnaissance.*

Dédicace

*J'offre d'abord ce travail à moi-même,
Avec une profonde gratitude, car j'ai persévéré
malgré l'impossibilité d'avancer.
J'ai cru en moi quand le monde doutait,
Et j'ai tenu bon malgré chaque chute.*

*À mes parents,
Papa, tu as été mon premier pas, mon pilier
inébranlable.
Maman, tu as été mon souffle et ma sérénité à
chaque tournant.
Vous m'avez appris à me relever quand le monde
pesait lourd.
Tout ce que j'ai accompli aujourd'hui, c'est grâce à
votre amour,
Et à l'écho de vos sacrifices inestimables.
Ce chemin que je parcours est marqué par
l'empreinte de vos cœurs.*

*À mes frères **Ahmed** et **Ousamma**,
À Toute ma famille **SABEUR** et **BELFRAK**
Et à mes amis qui m'ont soutenu dans mes moments
difficiles :
Mahdaoui Ramí, Zineb Dahou, Abass Fadila .*

*Merci à vous tous,
Sans vous, ce chemin aurait été seul*

Table de matière

Liste des figures	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des abréviations.....	VI
Résumés	VII
Abstract	VIII
Introduction générale	01

CHAPITRE 1 : CONCEPTS FONDAMENTAUX ET ANALYSE DES TRAVAUX EXISTANTS

Introduction.....	03
1 Les marchés publics	03
1.1 Définition et cadre des marchés publics.....	03
1.2 Principes fondamentaux des marchés publics	03
2 . La transformation numérique des marchés publics	04
2.1 La transition vers le numérique : un impérative de modernisation.....	04
2.2 Les enjeux de la transformation numérique des marchés publics.....	05
2.3 Les opportunités de la numérisation des marchés publics	05
3. La notion de confiance dans l’attribution des marchés	06
4. La transparence dans les Projet d’état	06
5. Les technologie et la gestion de la confiance	07
5.1 Blockchain et marchés publics.....	07
a. Opportunités offertes par la Blockchain	08
b. Défis et implications de l’adoption de la blockchain.....	09
c. Mécanismes de fonctionnement.....	09
5.2 L’Internet des Objets (IoT) dans les marchés publics	11
6. Limites et lacunes des solutions actuelles.....	12
7. Smart contrat	13
7.1 Fondements des smart contracts	13
7.2 Exemples d’application dans les marchés publics	14

7.3 Bénéfices anticipés.....	15
7.4 Vers un cadre juridique algérien pour les smart contracts	15
Conclusion	16

CHAPITRE 2 : ETUDE DE L'EXISTANT

Introduction	17
1. Présentation de l'organisme étudié	17
2. Missions et services offerts.....	17
3. Organigramme fonctionnel de la DEP.....	19
4. Approche méthodologique pour l'analyse	19
4.1 Approche générale	20
4.2 Méthodes utilisées.....	20
4.3 Raisons du choix des méthodes	21
5. Analyse des dysfonctionnements du système	22
6. Solutions proposées aux principales anomalies dans les marchés publics	23
7. Exemple de propositions d'entrepreneurs selon les trois critères	24
Conclusion	25

CHAPITRE 3 : LA CONFIANCE DANS LA GESTION DES MARCHES PUBLICS

Introduction	26
1. Architecture de notre solution	26
2. Fonctionnalités détaillées de la plateforme	28
3. Processus de notre système	29
4. Les principes de notre solution	32
5. Organisation conceptuelle de notre approche	35
5.1 Diagramme de class.....	37
5.2 Diagramme de déploiement	38
Conclusion	39

CHAPITRE 4 : IMPLEMENTATION

Introduction.....	40
1. Outils de développement et langages utilisés	40
2. Architecture de la plateforme	44
3. Présentation des interfaces	46
Conclusion	49
Conclusion générale	50
Bibliographie.....	52

Figure 1 Blockchain.....	07
Figure 2 Le rôle de la Blockchain.....	08
Figure 3 Organigramme fonctionnel de la DEP	19
Figure 4 Architecture de notre framework	27
Figure 5 BPMN appel d'offre	30
Figure 6 BPMN soumission.....	31
Figure 7 BPMN évaluation	31
Figure 8 Définition de biais cognitif.....	33
Figure 9 Principes de notre solution	35
Figure 10 Diagramme de classes	37
Figure 11 Diagramme de deployment	38
Figure 12 Logo du protocole Ethereum	40
Figure 13 Logo de langage Solidity.....	40
Figure 14 Logo de l'API Web3.js.....	41
Figure 15 Logo du Framework Truffle.....	41
Figure 16 Logo du logiciel Ganache.....	42
Figure 17 Logo du Framework Node.js.....	42
Figure 18 Logo du logiciel XAMPP.....	43
Figure 19 Logo HTML	43
Figure 20 Architecture technique	45
Figure 21 Interface d'accueil	46
Figure 22 Interface login.....	46
Figure 23 Interface projet	47
Figure 24 Interface cahier des charges.....	47
Figure 25 Interface soumission d'offre 1.....	48
Figure 26 Interface soumission d'offre 2.....	48
Figure 27 Interface des offres non évaluées	49
Figure 28 Interface évaluation	49

Tableau 1 Analyse des travaux existants sur la gestion numérique des marchés publics	13
Tableau 2 Exemples typiques de smart contracts (modèle ECA)	14
Tableau 3 Différentes anomalies dans les marchés publics.....	22
Tableau 4 Description des classes UML utilisées dans la plateforme.....	36

Liste des abréviations

PME : Petites et moyennes entreprises

PEMP : Plateforme Électronique des Marchés Publics

DEP : Direction des Équipements Publics

BPMN: Business Process Model and Notation

BOMOP : Bulletin Officiel des Marchés de l'Opérateur Public

IoT : L'Internet des Objets

NIF : Numéro d'Identification Fiscale

ملخص:

شكل التحول الرقمي في الصفقات العمومية خيارًا استراتيجيًا لتعزيز الشفافية والفعالية في تدبير الموارد العامة.

يهدف هذا المشروع إلى تطوير منصة إلكترونية آمنة لتدبير مختلف مراحل الصفقات، من الإعلان إلى التقييم، اعتمادًا على تقنيات متقدمة مثل البلوكشين لضمان الشفافية والتوثيق، وخوارزمية باكسوس لتحقيق توافق موثوق في العمليات.

تعتمد المنصة على حلول رقمية حديثة كالعروض الإلكترونية، والتقييم الآلي، والأرشفة الرقمية، مما يساهم في تقليص التدخل البشري، تسريع الإجراءات.

وتركز الدراسة على المبادئ الأساسية لبناء نظام معلوماتي متكامل للصفقات، مع مراعاة الجوانب القانونية والتنظيمية.

يساهم هذا النظام في تحسين تدبير الصفقات العمومية، محاربة الفساد، تعزيز أمن البيانات، وتسهيل اتخاذ القرار، مما يجعله أداة فعالة لتحديث الإدارة العمومية وتطويرها.

Résumé :

La transformation numérique des marchés publics constitue un choix stratégique pour renforcer la transparence et l'efficacité dans la gestion des ressources publiques.

Ce projet vise à développer une plateforme électronique sécurisée pour gérer les différentes étapes des marchés, de l'annonce à l'évaluation, en s'appuyant sur des technologies avancées telles que la **blockchain** pour garantir la transparence et la traçabilité, et l'algorithme **Paxos** pour assurer un consensus fiable dans les opérations.

La plateforme repose sur des solutions numériques modernes telles que les offres électroniques, l'évaluation automatisée et l'archivage numérique, contribuant ainsi à réduire l'intervention humaine, accélérer les procédures et renforcer la gouvernance.

L'étude se concentre sur les principes fondamentaux de la construction d'un système d'information intégré pour les marchés, tout en prenant en compte les aspects juridiques et réglementaires.

Ce système contribue à une meilleure gestion des marchés publics, à la lutte contre la corruption, au renforcement de la sécurité des données et à la facilitation de la prise de décision, ce qui en fait un outil efficace pour la modernisation et le développement de l'administration publique.

Abstract:

The digital transformation of public procurement represents a strategic choice to enhance transparency and efficiency in the management of public resources.

This project aims to develop a secure electronic platform to manage the various stages of procurement from announcement to evaluation by leveraging advanced technologies such as **blockchain** to ensure transparency and traceability, and the **Paxos** algorithm to achieve reliable consensus in operations.

The platform is based on modern digital solutions such as electronic bidding, automated evaluation, which help reduce human intervention, speed up procedures, and strengthen governance.

The study focuses on the fundamental principles of building an integrated information system for procurement, while taking into account legal and regulatory aspects.

This system contributes to improving the management of public procurement, fighting corruption, enhancing data security, and facilitating decision-making, making it an effective tool for the modernization and development of public administration.

Introduction générale

Dans un monde où la transformation numérique prend une place de plus en plus importante, la modernisation des services publics devient une priorité pour de nombreux États. Parmi les domaines qui nécessitent une réforme en profondeur, la gestion des marchés publics occupe une position centrale. Il s'agit en effet d'un secteur stratégique, car il engage des fonds publics importants et conditionne, en grande partie, la qualité des infrastructures et services offerts aux citoyens. Pourtant, les mécanismes traditionnels d'attribution des projets publics se heurtent à plusieurs obstacles : lenteurs administratives, manque de transparence, interventions subjectives, voire pratiques douteuses. Ces défaillances nuisent à l'efficacité des procédures, mais surtout à la confiance des parties prenantes dans le système.

Face à ces constats, ce mémoire s'inscrit dans une démarche de renouvellement en proposant une solution numérique innovante pour la gestion des marchés publics. L'idée est de concevoir une plateforme en ligne qui assure le suivi complet des appels d'offres, de leur création jusqu'à l'évaluation finale des propositions. Cette plateforme visera à instaurer un environnement transparent, équitable et sécurisé, reposant sur des technologies capables de garantir la traçabilité des opérations et de réduire les risques de manipulation. Pour atteindre ces objectifs, des outils modernes tels que la technologie blockchain, les algorithmes de consensus comme Paxos, ainsi qu'un réseau de pairs (P2P) seront intégrés à l'architecture du système. La participation d'experts évaluateurs indépendants, répartis géographiquement, viendra renforcer l'impartialité du processus.

La problématique centrale de cette étude peut ainsi être formulée de la manière suivante : comment mettre en place un système numérique fiable, décentralisé et sécurisé, capable d'assurer une gestion transparente des projets d'État, tout en limitant la dépendance à une autorité unique et en favorisant l'égalité des chances pour tous les soumissionnaires ?

Pour y répondre, ce travail a pour objectif principal de concevoir et développer une plateforme web qui répartit les rôles entre trois profils d'utilisateurs : l'entreprise ou l'administration contractante, qui publie l'appel d'offres ; le soumissionnaire, qui dépose son offre via un formulaire en ligne ; et l'expert, chargé d'évaluer les propositions selon des critères objectifs, à l'aide d'un mécanisme de vote inspiré des principes de consensus. La solution permettra également l'automatisation de certaines tâches à travers des contrats intelligents, tout en assurant la conservation des documents dans une base de données protégée et consultable à tout moment.

Pour structurer cette démarche, le mémoire est organisé en quatre chapitres principaux :

Chapitre 1 : Concepts fondamentaux et analyse des travaux existants

Une présentation approfondie des concepts fondamentaux liés aux marchés publics, à la notion de confiance, à la transformation numérique dans le secteur public, ainsi qu'un état de l'art critique des travaux précédents.

Chapitre 2 : Étude de l'existant

Ce chapitre est consacré à l'analyse du contexte organisationnel. Il présente l'organisme concerné, les méthodes d'analyse employées, les dysfonctionnements identifiés dans la gestion actuelle des marchés publics, ainsi que les causes, conséquences et les premières pistes de solution envisagées.

Chapitre 3 : la confiance pour la gestion des marchés publics
Il décrit l'architecture proposée de la solution, les processus numériques mis en place (de l'appel d'offre à l'évaluation), les principes fondamentaux adoptés (transparence, égalité, consensus, sécurité), ainsi que les diagrammes UML illustrant la structure interne du système.

Chapitre 4 : Implémentation

Ce dernier chapitre présente les outils et technologies utilisés pour le développement de la plateforme, ainsi que les interfaces utilisateurs mises en œuvre pour les différents profils (entreprise, soumissionnaire, expert).

Chapitre 1

Concepts Fondamentaux et Analyse des Travaux Existants

Introduction

Le secteur des marchés publics en Algérie est un pilier clé du développement économique et social, soutenant la construction d'infrastructures vitales et la stimulation des opportunités économiques. Cependant, il fait face à des obstacles significatifs, notamment la corruption, les lourdeurs administratives et un déficit de transparence, qui freinent son efficacité [1]. Pour surmonter ces défis, l'adoption de technologies numériques innovantes, telles que la blockchain et les contrats intelligents, offre des perspectives prometteuses pour moderniser la gestion des marchés publics et renforcer la gouvernance [2]. Ce chapitre cherche à établir les fondements théoriques de notre recherche en explorant les concepts des marchés publics, le principe de la blockchain, des systèmes distribués, et de consensus. Il vise également à analyser les études existantes afin d'identifier leurs limites.

1 Les marchés publics

1.1 Définition et cadre des marchés publics

Un marché public est un contrat administratif conclu entre une autorité publique (État, collectivité locale, établissement public, etc.) et une personne physique ou morale (entreprise, prestataire, fournisseur), en contrepartie d'un paiement, dans le but de satisfaire un besoin en travaux, fournitures ou services. Il s'agit d'un outil essentiel de la commande publique, encadré par des règles strictes visant à garantir la transparence, la concurrence loyale et la bonne utilisation des fonds publics.[3]

En Algérie, le cadre légal est défini par le décret présidentiel n° 15-247 du 16 septembre 2015, modifié et complété par le décret présidentiel n° 23-246 de 2023, qui précise les modalités de passation, de suivi et de contrôle des marchés publics.[4]

1.2 Principes fondamentaux des marchés publics

Les marchés publics doivent respecter plusieurs principes directeurs, indispensables pour assurer l'équité et l'efficacité du système :

- a. La liberté d'accès à la commande publique** Tout opérateur économique, local ou international, doit avoir la possibilité de participer aux appels d'offres, sans entrave ni discrimination.
- b. L'égalité de traitement des candidats** Tous les soumissionnaires doivent être traités de manière identique et équitable, quelle que soit leur origine ou leur taille.

- c. La transparence des procédures** Les règles et étapes de passation doivent être claires, publiées, traçables et vérifiables, afin de garantir la légitimité du processus.
- d. L'efficacité de la dépense publique** L'objectif est d'obtenir la meilleure qualité au meilleur prix, tout en respectant les délais et en assurant une bonne gestion des ressources publiques.
- e. L'intégrité et la prévention de la corruption** Des mécanismes doivent être mis en place pour lutter contre les conflits d'intérêts, les manipulations, les favoritismes et toute forme de fraude.
- f. La prise en compte du développement durable** Les marchés publics modernes doivent intégrer des critères sociaux et environnementaux, favorisant des pratiques responsables et durables.

2 La transformation numérique des marchés publics

Les marchés publics, longtemps associés à des processus lourds et bureaucratiques, connaissent aujourd'hui une révolution majeure grâce à la transformation numérique. Cette évolution s'inscrit dans une dynamique globale de modernisation des administrations publiques et offre des opportunités significatives tout en relevant des défis importants. Cet article explore les enjeux et les opportunités liés à la transformation numérique des marchés publics, mettant en lumière les impacts sur l'efficacité, la transparence et l'innovation. [5]

2.1 La transition vers le numérique : un impérative de modernisation

a. Les limites des processus traditionnels

Les approches traditionnelles des marchés publics se caractérisaient par leur lenteur, leur complexité administrative et un manque de clarté. La numérisation cherche à pallier ces insuffisances en automatisant les démarches, en réduisant les délais et en renforçant la traçabilité des opérations

b. La pression de la convergence technologique

L'émergence rapide de technologies comme la blockchain, le cloud computing et l'automatisation exerce une pression sur les marchés publics pour s'adapter. Ces innovations permettent d'optimiser les processus, de sécuriser les échanges et de favoriser une collaboration fluide entre les acteurs impliqués

2.2 Les enjeux de la transformation numérique des marchés publics

a. Protection et confidentialité des données

Un défi majeur de la transition numérique est de garantir la sécurité des informations sensibles échangées lors des procédures. Les institutions publiques doivent déployer des systèmes robustes pour assurer la confidentialité et l'intégrité des données.

b. Accessibilité et inclusion numérique

La numérisation doit permettre à tous les acteurs, y compris les petites et moyennes entreprises (PME), de participer équitablement. Cela nécessite des mesures pour réduire la fracture numérique et garantir un accès inclusif aux plateformes numériques.

c. Formation et acceptation des changements

Le succès de la transformation numérique repose sur la formation des parties prenantes. Les administrations doivent investir dans le développement des compétences numériques et encourager une adoption positive de ces changements au sein de leurs équipes.

2.3 Les opportunités de la numérisation des marchés publics

a. Amélioration de l'efficacité et réduction des délais

La digitalisation simplifie la gestion des marchés publics, accélère le traitement des dossiers et améliore la communication entre les parties. Ces gains de temps permettent une meilleure réactivité et une utilisation optimale des ressources.

b. Renforcement de la transparence et lutte contre la corruption

La numérisation accroît la visibilité et la traçabilité des transactions, contribuant ainsi à réduire les risques de corruption. Par exemple, des technologies comme la blockchain permettent de certifier les contrats et de gérer les documents de manière décentralisée.

c. Promotion de l'innovation et de la concurrence

La transformation numérique favorise l'innovation en encourageant les acteurs publics et privés à adopter des solutions modernes. Elle élargit également l'accès aux marchés publics, stimulant la concurrence et permettant à un plus grand nombre d'entreprises de proposer des idées novatrices.

3 La notion de confiance dans l'attribution des marchés :

La confiance dans les marchés publics est la pierre angulaire des relations entre les acteurs économiques et l'administration, essentielle pour encourager une participation large et efficace aux appels d'offres. Elle repose sur la conviction que les autorités publiques agissent avec impartialité, en appliquant des critères objectifs et non discriminatoires. Cette confiance se construit progressivement grâce à des pratiques intègres, au respect des règles de concurrence et à une application stricte des lois. Lorsque les acheteurs publics font preuve de transparence et respectent leurs engagements, cela rassure les entreprises et les incite à soumissionner. À l'inverse, un manque de confiance entraîne une méfiance généralisée, une baisse de participation et une multiplication des recours, nuisant à l'efficacité des projets publics. En Algérie, des efforts ont été faits pour renforcer cette confiance, notamment avec la mise en place de la **Plateforme Électronique des Marchés Publics (PEMP)**, qui vise à digitaliser les procédures et à limiter les risques d'opacité. Toutefois, des défis persistent, comme le besoin d'une meilleure formation des acteurs et d'un contrôle plus strict pour appliquer pleinement les textes en vigueur, tels que le **décret exécutif n° 22-299 (2022)** encadrant les procédures de passation. Sans confiance, les marchés publics perdent en attractivité, ce qui pénalise à la fois les entreprises et l'intérêt général. [6]

4. La Transparence dans les projets d'état

La transparence constitue un pilier essentiel des marchés publics, garantissant la clarté des procédures et l'accessibilité des informations tout au long du processus de passation et d'exécution des contrats. Elle se traduit par la publication des appels d'offres, des critères de sélection, des méthodes d'évaluation et des résultats attribués, assurant ainsi une compétition équitable entre les soumissionnaires. En Algérie, la **loi n° 22-15 relative aux marchés publics** consacre ce principe en exigeant le respect de l'égalité des chances et de la libre concurrence. Cette approche permet aux entreprises de participer en toute confiance, tout en offrant aux citoyens et aux institutions de contrôle les moyens de vérifier la régularité des procédures. La digitalisation des marchés publics, à travers la **Plateforme Électronique des Marchés Publics (PEMP)**, renforce cette dynamique en limitant les risques de manipulation. Toutefois, malgré ces avancées, des défis subsistent, notamment en matière de formation des acteurs et de contrôle effectif des procédures. Une transparence renforcée reste donc un levier clé pour optimiser la gestion des fonds publics et instaurer une gouvernance plus efficace. [7]

5. Les technologies et la gestion de la confiance

5.1 Blockchain

La Blockchain est un registre numérique distribué, sécurisant les transactions de manière transparente et inaltérable.

Cette technologie fonctionne comme un livre comptable numérique dans lequel on enregistre des transactions sous forme d'unités d'Information (les blocs), qui sont validées et liées entre elles par un procédé de chiffrement décentralisé, le tout formant une "chaîne de blocs". En enregistrant les informations de manière sécurisée, transparente et permanente, ce système renforce la confiance entre les parties.

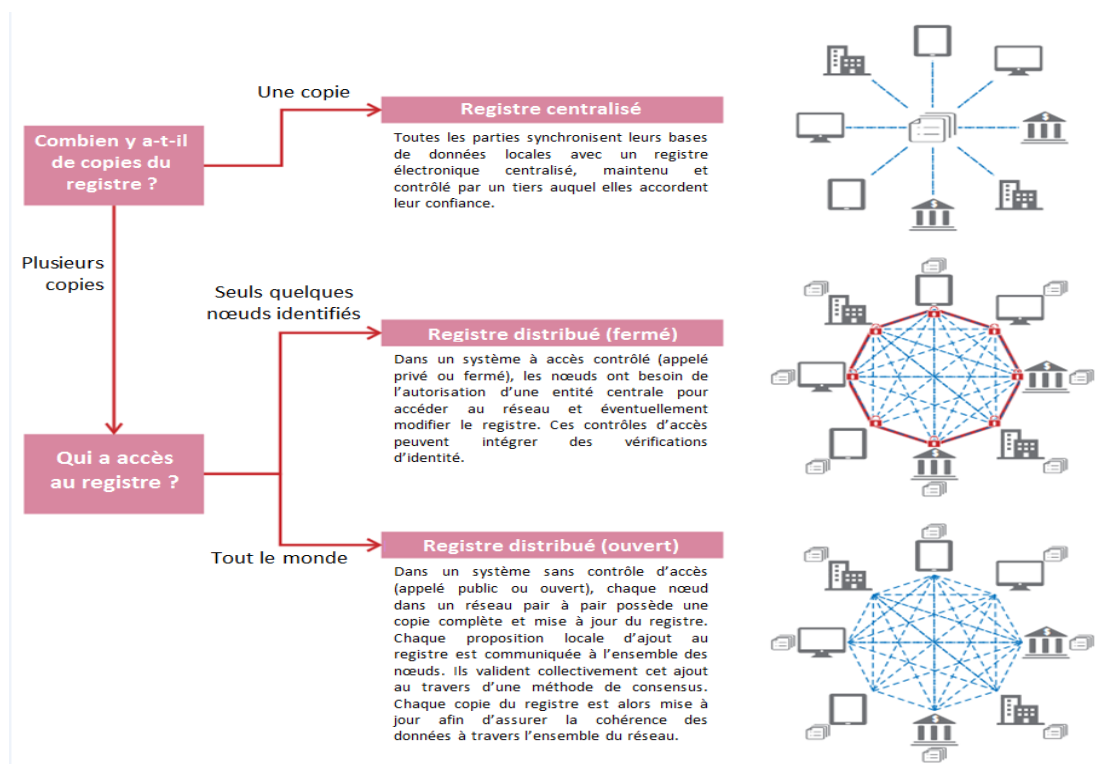


Figure 1 Blockchain

Source : OPECST d'après le chapitre « Cryptocurrencies : looking beyond the hype » du rapport annuel 2018 de la Banque des règlements internationaux, et la note de la Banque mondiale « Distributed ledger technology and blockchain » par H.Natarajan, S.Krause and H.Gradstein, 2017

a. Opportunités offertes par la blockchain:

1. **Transparence accrue** : La blockchain permet de stocker chaque étape du processus d'achat dans un registre sécurisé et inaltérable. Cela réduit les risques de pratiques frauduleuses, comme la corruption ou le favoritisme, en rendant toutes les transactions visibles et vérifiables par les parties impliquées, ce qui renforce la confiance dans l'utilisation des fonds publics.
2. **Sécurité renforcée** : En utilisant des techniques de cryptage sophistiquées, la blockchain sécurise les informations contre les cyberattaques. Les données, une fois enregistrées, ne peuvent être altérées sans autorisation, ce qui garantit leur fiabilité, un aspect fondamental pour les marchés publics.
3. **Efficacité opérationnelle via les smart contracts** : Les contrats intelligents permettent d'automatiser des tâches comme les paiements, déclenchés automatiquement lorsque les conditions sont remplies. Cela réduit les délais, les erreurs humaines et les coûts administratifs, tout en assurant un respect strict des termes du contrat.[8]

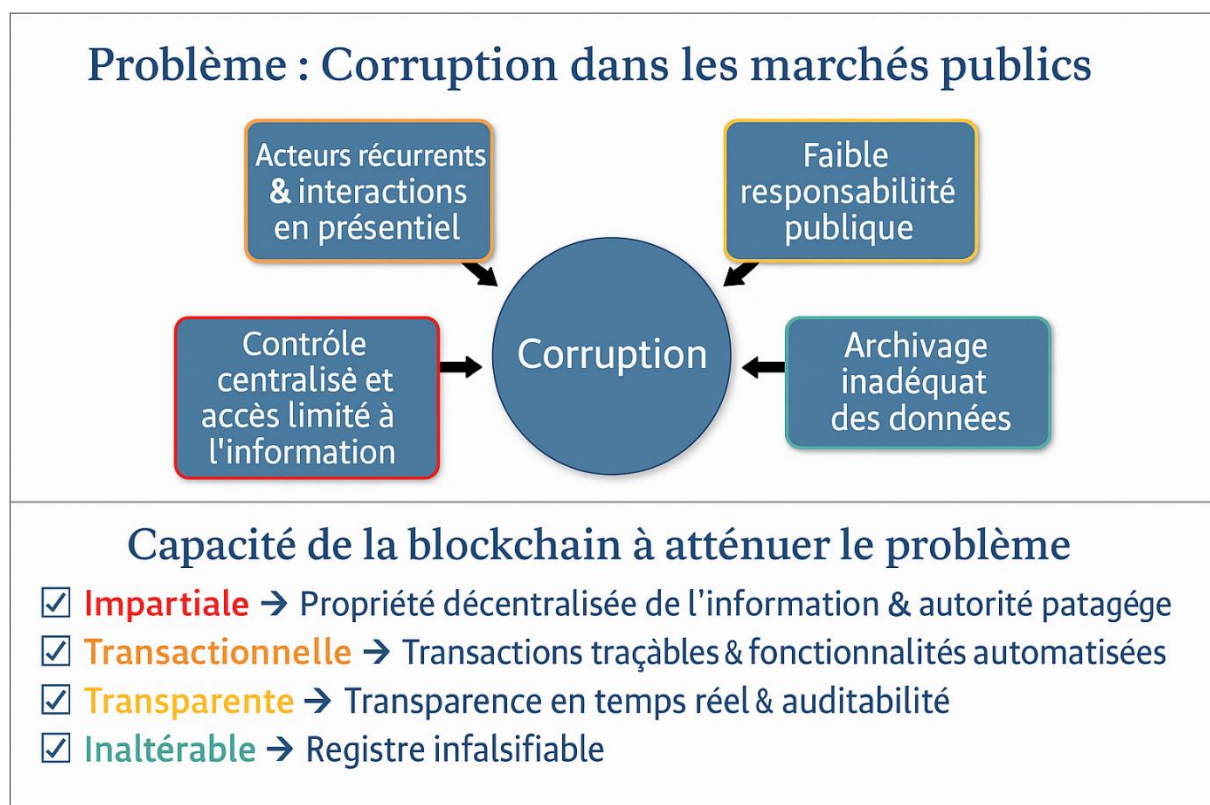


Figure 2 : Le Rôle de la Blockchain

Source: Forum économique mondial

b. Défis et implications de l'adoption de la blockchain

1. **Complexité technologique** : Mettre en place la blockchain nécessite des connaissances spécialisées. Former les employés publics est essentiel pour qu'ils comprennent et utilisent cette technologie de manière efficace.
2. **Cadre réglementaire** : La structure décentralisée de la blockchain pose des questions sur son respect des règles, notamment en matière de protection des données et de gestion des marchés publics. Il est important de modifier les lois existantes pour clarifier les responsabilités et assurer une bonne gouvernance.
3. **Interopérabilité des systèmes** : Les administrations utilisent souvent des outils informatiques variés. Intégrer la blockchain à ces environnements divers représente un vrai challenge. Créer des normes de compatibilité est nécessaire pour éviter une adoption incohérente.

c. Mécanismes de fonctionnement

Le fonctionnement de la blockchain repose sur deux piliers principaux : le consensus et la cryptographie.

➤ Qu'est-ce qu'un algorithme de consensus dans un système distribué ?

Les algorithmes de consensus sont des protocoles utilisés dans les systèmes distribués, comme la blockchain, pour assurer que tous les nœuds du réseau s'accordent sur l'état des données, malgré des défaillances possibles ou des comportements malveillants. Ils sont essentiels pour maintenir la cohérence et la fiabilité d'un registre décentralisé, un aspect critique dans les applications des marchés publics où la validité des transactions doit être unanimement reconnue.

➤ Les algorithmes de consensus se divisent en plusieurs catégories.

- Les algorithmes basés sur la preuve, comme Proof-of-Work (PoW) et Proof-of-Stake (PoS), sont largement utilisés dans les cryptomonnaies (Bitcoin et Ethereum respectivement), où les participants doivent prouver leur contribution.
- Les algorithmes basés sur l'accord, comme Paxos et Raft, privilégient la tolérance aux fautes dans des environnements où le nombre de participants est limité et connu
- Enfin, les algorithmes hybrides, comme Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), combinent des éléments des deux approches pour gérer des systèmes plus complexes.[9]

Exemple d'un algorithme de consensus inspire de Paxos, adapte au classement des entrepreneurs candidats aux marches publics.

Modèle formel

- Soit $E = \{e_1, \dots, e_n\}$: ensemble des entrepreneurs.
- Soit $V = \{v_1, \dots, v_m\}$: ensemble des évaluateurs.
- Soit $s_{ij} \in [0, 10]$: score attribué à l'entrepreneur e_i par l'évaluateur v_j .
- Soit $c_{ij} \in [0, 1]$: degré de confiance (pondération) de v_j vis-à-vis de e_i .

Soit $S(e_i)$: score agrégé final de l'entrepreneur e_i .

- Chaque score est pondéré par le degré de confiance déclaré. Le score final d'un entrepreneur e_i est donné par la moyenne pondérée suivante :

$$S(e_i) = \frac{\sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot s_{ij}}{\sum_{j=1}^m c_{ij}}$$

- Les évaluations ayant un degré de confiance plus élevé influencent davantage le résultat final.
- **Algorithme proposé : Consensus pondéré**

Algorithm 1 : Consensus pondéré pour le classement des entrepreneurs

Entrées : s_{ij} , c_{ij} pour tout $e_i \in E$ et $v_j \in V$

Sortie : Scores agrégés $S(e_i)$ et classement final

```
1: Pour chaque entrepreneur  $e_i \in E$  faire :
2:   num  $\leftarrow 0$ , den  $\leftarrow 0$ 
3:   Pour chaque évaluateur  $v_j \in V$  faire :
4:     Si  $s_{ij}$  est défini alors :
5:       num  $\leftarrow$  num +  $c_{ij} \cdot s_{ij}$ 
6:       den  $\leftarrow$  den +  $c_{ij}$ 
7:     Fin Si
8:   Fin Pour
9:   Si den > 0 alors :
10:     $S(e_i) \leftarrow$  num / den
11:   Sinon :
12:     $S(e_i) \leftarrow 0 \rightarrow$  Pas d'évaluations fiables
13:   Fin Si
14: Fin Pour
15: Trier les  $e_i$  selon  $S(e_i)$  de manière décroissante
16: Retourner le classement final
```



5.2 L'Internet des Objets (IoT) dans les marchés publics

L'Internet des Objets (IoT) désigne l'ensemble des équipements physiques connectés à un réseau, capables de collecter et de transmettre automatiquement des informations. Dans le domaine des marchés publics, cette technologie peut être utilisée pour suivre l'exécution des projets sur le terrain de manière continue et fiable. Par exemple, des capteurs peuvent être installés sur les chantiers pour mesurer l'avancement des travaux, contrôler l'utilisation des matériaux, ou vérifier les conditions environnementales (température, humidité, vibrations, etc.). Ces dispositifs permettent aux autorités contractantes de disposer de données objectives, réduisant ainsi la dépendance aux rapports manuels ou aux inspections ponctuelles. L'IoT contribue ainsi à renforcer la transparence, à prévenir les abus, et à assurer une meilleure surveillance de l'exécution contractuelle, notamment dans les projets d'infrastructure à grande échelle. [10]

6. Limites et lacunes des solutions actuelles

Les solutions existantes, tant mondiales qu'algériennes, présentent plusieurs limites, comme résumé dans le Tableau 1 ci-dessous. Ces lacunes soulignent la nécessité d'une approche plus innovante et sécurisée pour répondre aux exigences de transparence, d'efficacité et de sécurité dans la gestion des marchés publics. [11]

Tableau 1 : Analyse des travaux existants sur la gestion numérique des marchés publics

Plateforme	Pays	Points forts	Limites observées
BAOSEM (Bulletin des Appels d'Offres du Secteur de l'Énergie et des Mines)	Algérie	- Outil spécialisé pour le secteur de l'énergie - Mise à jour régulière - Consultable en ligne librement	- Non généralisé à tous les secteurs - Ne permet pas le dépôt des offres en ligne - Manque de visibilité sur le processus d'attribution
Portail national des marchés publics	Algérie	- Centralise les appels d'offres publics - Portail officiel avec couverture nationale	- Interface peu ergonomique - Fonctionnalités limitées (pas de gestion des offres ou des attributions) - Absence d'outils de suivi ou de notification
TUNEPS (Tunisian e-Procurement System)	Tunisie	- Processus complet en ligne (de la publication à l'attribution) - Meilleure transparence des procédures - Gain de temps pour les soumissionnaires	- Le système nécessite une bonne maîtrise informatique - Formation obligatoire pour les utilisateurs - Coût élevé de maintenance technique
ChileCompra	Chili	- Transparence renforcée grâce à la publication des données - Interface intuitive - Outil apprécié pour son accessibilité	- Certaines zones éloignées rencontrent des difficultés d'accès - Complexité pour les petites entreprises

			- Gestion de l'augmentation des volumes difficile
TED – Tenders Electronic Daily	Union Européenne	- Portail centralisé pour les appels d'offres européens - Multilingue et interconnecté avec d'autres systèmes nationaux	- Plateforme lente et difficile à naviguer - Manque d'outils de filtrage intelligents - Pas de traitement automatisé des offres
eProcurement India	Inde	- Système numérique complet - Suivi et notifications pour chaque étape - Moins d'erreurs humaines dans les procédures	- Le système est dense et parfois difficile à utiliser pour les petites structures - Problèmes de cybersécurité signalés - Maintenance fréquente nécessaire
KONEPS (Korea ON-line E-Procurement System)	Corée du Sud	- Automatisation totale du processus d'achat - Très haut niveau de transparence - Réduction importante des délais et des coûts	- Investissement initial très élevé - Repose sur une forte coordination entre les institutions publiques

Tableau 1 : Les solutions existantes

7. Smart contrat

7.1 Fondements des smart contracts

Un smart contract, ou contrat intelligent, est un programme informatique auto-exécutable, dont les conditions sont inscrites dans du code et déployées sur une blockchain. Contrairement à un contrat classique qui nécessite l'intervention d'un tiers de confiance (notaire, administration), un smart contract agit automatiquement lorsque des conditions préprogrammées sont remplies

➤ Le Paradigme ECA : Event - Condition - Action

Ce paradigme structure le comportement d'un smart contract autour de trois éléments clés :

- **Événement (E)** : Un fait déclencheur (ex : validation d'un contrôle technique, dépôt d'une réclamation).
- **Condition (C)** : Une vérification logique ou documentaire (ex : contrôle validé, montant inférieur au seuil).
- **Action (A)** : Une action automatique déclenchée (ex : paiement d'un acompte, notification, blocage temporaire).

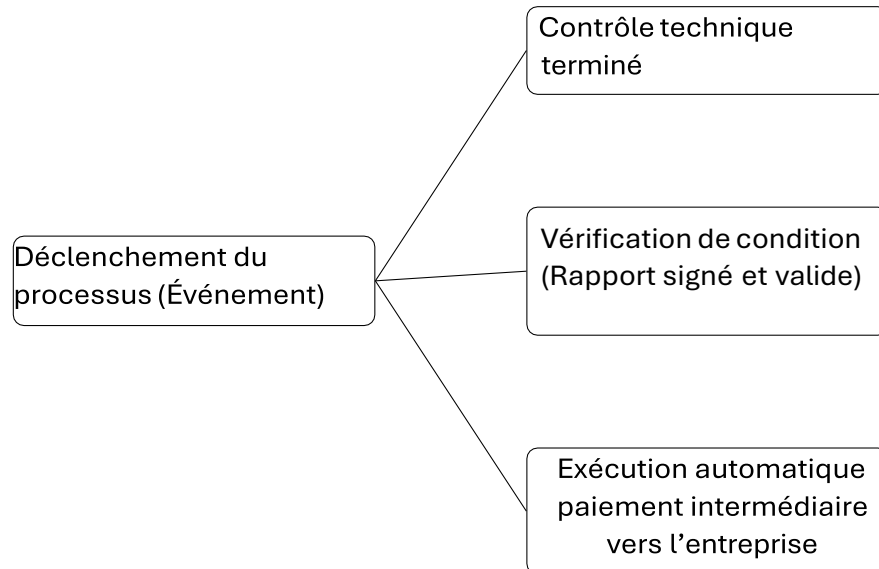
7.2 Exemples d'application dans les marchés publics

Les exemples suivants illustrent l'intégration possible des smart contracts dans un processus de marché public typique en Algérie.

a. Tableau d'exemples typiques (ECA)

Événement	Condition	Action exécutée automatiquement
Soumission d'une offre	Soumission reçue avant la date limite	Enregistrement sur la blockchain et horodatage
Clôture des offres	Nombre minimal atteint	Déclenchement automatique de l'analyse technique
Validation du contrôle technique	Rapport validé signé par ingénieur agréé	Paiement intermédiaire effectué au prestataire
Livraison finale du projet	PV de réception signé par la commission	Paiement du solde libéré automatiquement
Dépôt de réclamation	Délai de réclamation respecté	Blocage temporaire du paiement final
Retard de livraison	Dépassement de l'échéance prévue	Pénalité appliquée automatiquement sur le montant final

Tableau 2 : Exemple ECA

b. Organigramme de processus de paiement intermédiaire**7.3 Bénéfices anticipés**

Bénéfices techniques et opérationnels

- Réduction du temps de traitement administratif
- Réduction des erreurs et oublis humains
- Automatisation des pénalités et validations
- Bénéfices pour la gouvernance publique
- Renforcement de la transparence
- Suivi en temps réel de l'état des marchés
- Auditabilité complète des processus

7.4 Vers un cadre juridique Algérien pour les smart contracts

Afin d'encadrer la mise en œuvre des smart contracts dans les marchés publics algériens, plusieurs dispositions doivent être anticipées :

- Mise en place de référentiels techniques définissant les événements déclencheurs, les formats de documents valides, et les signatures numériques.
- Adaptation du code des marchés publics pour reconnaître la valeur juridique des contrats auto-exécutables.

Création d'un registre national des marchés publics sur blockchain, consultable par les autorités, les soumissionnaires et le public.

Conclusion

Ce chapitre a établi les fondements théoriques essentiels pour appréhender les marchés publics et leur évolution à l'ère du numérique. À travers l'analyse d'innovations telles que la blockchain, les smart contracts, les architectures distribuées et les mécanismes de consensus, nous avons démontré leur capacité à transformer les processus d'achats publics en améliorant leur transparence, leur traçabilité et leur efficacité.

Chapitre II

Etude de L'existant

Introduction

Ce chapitre examine l'état actuel des marchés publics au sein de la Direction des Équipements Publics (DEP). Il commence par une description de l'organisme étudié et de son service dédié aux marchés publics. Une méthode d'analyse a été utilisée pour repérer les irrégularités dans les processus de passation et de gestion des contrats. Ces problèmes sont organisés en plusieurs catégories, telles que les aspects organisationnels, techniques, informationnels, juridiques et financiers, et sont explorés à travers leurs origines et leurs impacts. Enfin, des recommandations sont formulées pour renforcer la transparence et optimiser l'efficacité des procédures.

1. Présentation de l'organisme étudié

La Direction des Équipements Publics (DEP) de la Wilaya de Tiaret est une entité administrative relevant du Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire en Algérie. Elle est responsable de la planification, de la réalisation et du suivi des projets d'infrastructures publiques dans la wilaya, tels que les routes, les écoles, les hôpitaux et autres équipements publics. La DEP joue un rôle clé dans la gestion des marchés publics pour ces projets, en lançant des appels d'offres et en veillant à leur conformité avec les réglementations, notamment le décret présidentiel n° 15-247 de 2015, modifié par le décret n° 23-246 de 2023.

2. Missions et services offerts

La DEP est organisée en plusieurs services spécialisés, chacun ayant des missions bien précises. Voici les principaux services et leurs attributions :

- ***Service des marchés publics***

Il est chargé de :

- L'élaboration et la publication des appels d'offres,
- La gestion des dossiers de consultation,
- La réception et l'ouverture des plis,
- La coordination des commissions d'évaluation,
- La rédaction des procès-verbaux,

- Le suivi des procédures de sélection et d'attribution.

- ***Service des études et planification***

- Recense les besoins en équipements publics
- Élabore les études de faisabilité
- Prépare les avant-projets sommaires et détaillés
- Propose des priorités de réalisation
- Collabore avec les bureaux d'études.

- ***Service de suivi technique***

Il assure :

- Le contrôle technique des travaux sur terrain,
- Le suivi des délais de réalisation,
- La validation des situations de travaux,
- Le contrôle de la conformité avec les cahiers des charges.

- ***Service financier***

Il intervient dans :

- L'élaboration du budget,
- La gestion des engagements et paiements,
- Le suivi comptable des marchés,
- L'élaboration des rapports financiers.

- ***Service juridique et administratif***

Ce service est responsable de :

- La gestion du personnel et des ressources humaines,
- Le suivi des aspects juridiques liés aux marchés,
- L'archivage des documents administratifs,
- La rédaction des actes administratifs et contrats.

3. Organigramme fonctionnel de la DEP

Afin d'avoir une vue d'ensemble sur l'organisation interne de la DEP, nous avons élaboré l'organigramme suivant, mettant en évidence la structure hiérarchique et fonctionnelle de ses différents services.

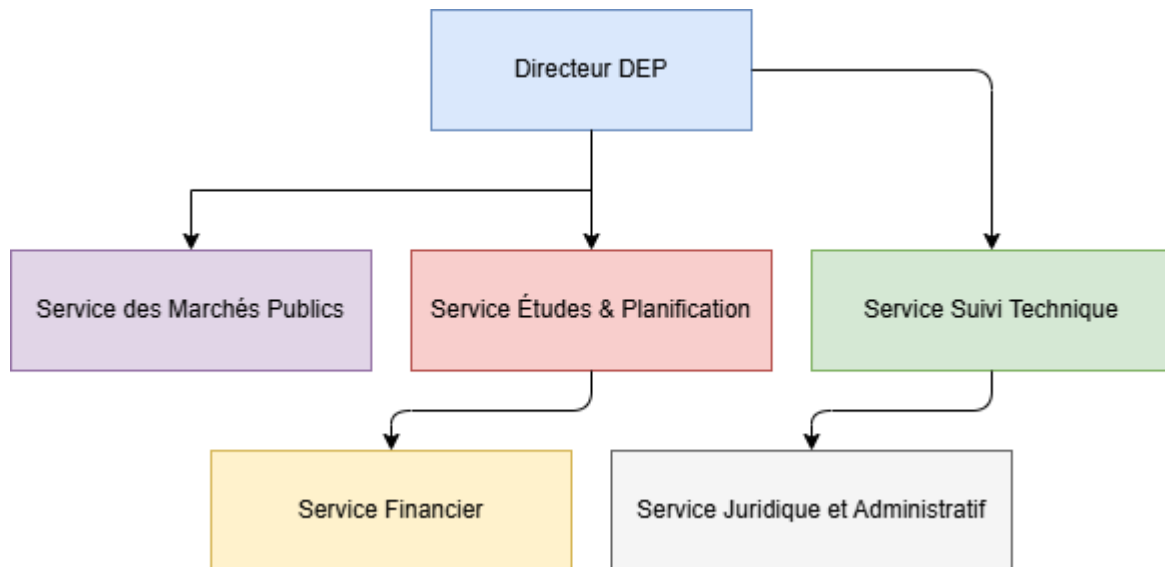


Figure 3 Organigramme fonctionnel de la DEP

4. Approche méthodologique pour l'analyse

L'étude d'un système existant est une étape essentielle pour concevoir un nouveau système d'information. Elle permet de repérer les points forts, les failles et les possibilités d'amélioration. Dans ce travail, une méthode d'analyse structurée a été utilisée pour examiner en détail le fonctionnement actuel des processus de gestion des marchés publics et identifier les besoins réels.

4.1 Approche générale

L'approche adoptée combine des techniques qualitatives et analytiques pour atteindre plusieurs objectifs :

- ✓ Recueillir des données sur les processus actuels.
- ✓ Identifier les acteurs, leurs responsabilités et leurs interactions.
- ✓ Déceler les problèmes, les redondances ou les lacunes en matière d'automatisation.
- ✓ Établir une base solide pour proposer une solution adaptée et performante.

4.2 Méthodes utilisées

a. Observation des activités : Cette méthode consiste à examiner directement les pratiques quotidiennes sur le terrain. L'objectif est de comprendre le déroulement des tâches, les documents utilisés, les outils en place et les délais à chaque étape du processus.

b. Entretiens et questionnaires : Des discussions semi-directives et des questionnaires sont utilisés pour recueillir les avis des utilisateurs du système, tels que les agents administratifs, les techniciens ou les décideurs. Cette approche permet de mieux cerner les besoins non satisfaits et les difficultés rencontrées.

c. Analyse des documents : Cette technique repose sur l'étude des documents internes, comme les formulaires, les rapports, les procès-verbaux ou les cahiers des charges, pour comprendre les règles de gestion, les procédures officielles et les modes d'échange d'informations.

d. Représentation des processus (BPMN) : Les processus observés sont modélisés à l'aide de la notation BPMN (Business Process Model and Notation). Cette méthode permet de visualiser :

- Les étapes des activités.
- Les rôles des acteurs (via des pools et lanes).
- Les flux d'informations.
- Les points de décision critiques.

4.3 Raisons du choix des méthodes

Pour garantir une analyse approfondie et rigoureuse, deux techniques principales ont été privilégiées : la modélisation des processus avec BPMN et l'utilisation de questionnaires pour collecter les retours des acteurs.

a. Modélisation avec BPMN

La notation BPMN a été choisie pour sa capacité à représenter de manière claire et standardisée les processus complexes. Elle permet de :

- Illustrer le déroulement des activités actuelles.
- Identifier les responsabilités de chaque acteur grâce aux pools et lanes.
- Repérer les lenteurs, redondances ou blocages.
- Fournir une base pour optimiser et concevoir un système numérique.

Cette méthode facilite également la communication entre les parties prenantes, qu'elles soient techniques ou non, en rendant les processus accessibles à tous.

b. Utilisation des questionnaires

Les questionnaires ont été retenus pour recueillir des informations qualitatives et quantitatives auprès des utilisateurs. Leurs avantages incluent :

- La possibilité de collecter rapidement de nombreux avis.
- L'identification des attentes, des frustrations et des besoins des usagers.
- La validation ou la correction des observations réalisées sur le terrain.
- La capacité à analyser les réponses de manière statistique (questions fermées) ou interprétative (questions ouvertes).

5. Analyse des dysfonctionnements du système

L'étude du système actuel de gestion des marchés publics a permis d'identifier plusieurs causes de dysfonctionnements et leurs impacts potentiels. Bien qu'il soit difficile de recenser exhaustivement tous les problèmes observés

Anomalie	Description de l'anomalie	Causes	Conséquences
1. Manque de transparence	Parfois, les appels d'offres ne sont pas bien annoncés ou les infos sont incomplètes.	- Manque de communication - Absence de plateformes efficaces	Moins d'entreprises participent, risques de favoritisme ou de corruption.
2. Documents mal rédigés	Les cahiers des charges sont mal rédigés ou orientés vers un prestataire précis.	- Manque d'expertise dans la rédaction - Volonté de favoriser certains soumissionnaires	Choix non objectif, risque de recours, mauvaise qualité des offres sélectionnées.
3. Lenteur administrative	Les étapes prennent trop de temps, parfois plusieurs mois.	- Trop de paperasse - Mauvaise organisation entre les services.	Retards dans la réalisation des projets, perte de financement, perte de confiance.
4. Modifications abusives	Les contrats changent après avoir choisi une entreprise, sans vraie raison.	- Contrôle faible.	Dépassement du budget, changement de la nature du projet, gaspillage des ressources.
5. Problèmes financiers	Les projets coûtent plus cher que prévu au départ.	- Mauvaises estimations - Mauvaise gestion des budgets - Absence de contrôle financier.	Dépenses inutiles, projets parfois arrêtés faute de budget.
6. Manque de suivi	Personne ne vérifie correctement si les travaux avancent bien.	- Pas assez de personnel technique - absence de visites régulières.	Travaux mal faits, problèmes de sécurité, besoin de réparer après.
7. Non-respect de la loi	Les règles des marchés publics ne sont pas toujours suivies.	Méconnaissance de la loi ou volonté de contourner les règles.	Recours juridiques, annulation de marchés, retards.
8. Problèmes liés au personnel	Certaines personnes chargées des marchés ne sont pas bien formées ou sont impliquées personnellement.	- Pas de formation - conflits d'intérêts non déclarés.	Décisions injustes, perte de confiance dans le système.
9. Mauvaise exécution des travaux	Les entreprises choisies font mal leur travail ou abandonnent en cours de route.	Choix d'entreprises non qualifiées	Bâtiments mal faits, dangers pour les usagers, nouvelles dépenses à prévoir.

Tableau 3 : Différentes anomalies

6. Solutions proposées aux principales anomalies dans les marchés publics

L'une des anomalies les plus fréquentes dans les marchés publics est la

- **Corruption**

La corruption dans les marchés publics se manifeste par des pratiques illicites telles que les pots-de-vin, le favoritisme ou encore le détournement de fonds, dans le but d'influencer les processus décisionnels. Pour y faire face, l'adoption d'une plateforme numérique basée sur la technologie blockchain permettrait de garantir une transparence accrue en assurant la traçabilité de chaque transaction. Par ailleurs, la mise en place d'une autorité indépendante chargée de la supervision des contrats, la promotion des mécanismes de signalement anonyme, ainsi que l'implication active de la société civile constituent des leviers essentiels pour renforcer la lutte contre la corruption [12].

- **Lenteur des procédures**

La lenteur des procédures, souvent liée à une bureaucratie excessive, entraîne des retards importants dans le traitement des dossiers. Pour y remédier, il est essentiel de simplifier les démarches, de fixer des délais clairs, de former les agents aux outils modernes et d'accélérer les procédures en cas d'urgence. L'usage de la blockchain permettrait également d'automatiser la validation des documents et ainsi de réduire considérablement les délais [13].

- **Opacité**

L'opacité dans les marchés publics se traduit par un manque de transparence et une indisponibilité des informations, favorisant les irrégularités. Pour y remédier, il est nécessaire de légiférer en faveur de la transparence, de mettre en place un portail en ligne pour publier les contrats, et d'utiliser la blockchain afin de garantir l'intégrité des décisions. Ces mesures pourraient être renforcées par l'adoption de pactes éthiques et par un contrôle parlementaire accru [14].

- **Incompétence**

L'incompétence dans la gestion des marchés publics se manifeste par des erreurs ou des décisions inefficaces dues à un manque de compétences. Pour y remédier, il est essentiel de former les agents aux normes internationales, de recruter sur la base du mérite, d'impliquer des experts pour les projets complexes et de fournir des guides opérationnels clairs. Bien que la blockchain ne soit pas directement applicable, des outils numériques éducatifs peuvent améliorer l'accès à la formation et aux bonnes pratiques [15].

- **Manque d'outils adaptés**

Le manque d'outils adaptés reflète l'absence de technologies modernes dans la gestion des marchés publics. Pour moderniser le système, il est crucial de passer aux contrats numériques, d'intégrer la blockchain pour sécuriser les données, d'adopter des normes internationales et d'investir dans des systèmes de suivi en temps réel [16].

7. Exemple de propositions d'entrepreneurs selon les trois critères :

Dans cette partie nous présentons trois propositions distinctes pour la construction d'une piscine. Chaque proposition met l'accent sur un critère différent : le coût, le délai et la qualité. Cette approche permet aux clients de choisir la solution la plus adaptée à leurs besoins et à leurs priorités

Proposition 1 : priorité au coût (Coût minimal)

Cette proposition vise à fournir une solution économique avec un budget maîtrisé. Elle repose sur l'utilisation de matériaux standards et de techniques de construction simples, tout en respectant les normes de sécurité et d'hygiène.

Matériaux utilisés : membrane PVC ou liner standard, margelles basiques.

Main-d'œuvre : équipe locale, coûts réduits.

Coût estimatif : à partir de 1 500 000 DZD.

Durée de réalisation : environ 6 à 8 semaines.

Proposition 2 : priorité au délai (Délai court)

Cette proposition s'adresse aux clients qui souhaitent bénéficier rapidement de leur piscine, grâce à l'utilisation de piscines préfabriquées (coques polyester) installées en un temps record.

Matériaux utilisés : coque en polyester.

Main-d'œuvre : équipe spécialisée dans l'installation rapide.

Coût estimatif : à partir de 2 000 000 DZD.

Durée de réalisation : de 1 à 2 semaines (hors délais administratifs éventuels).

Proposition 3 : priorité à la qualité (Qualité supérieure)

Cette proposition cible les clients souhaitant investir dans un ouvrage durable et de haute qualité, en utilisant des matériaux haut de gamme et un design soigné.

Matériaux utilisés : béton armé, carrelage haut de gamme, systèmes de filtration et de chauffage performants.

Main-d'œuvre : artisans qualifiés, suivi technique rigoureux.

Coût estimatif : à partir de 3 500 000 DZD.

Durée de réalisation : de 10 à 14 semaines.

Conclusion

L'étude approfondie du contexte actuel de la gestion des marchés publics a permis de mettre en lumière les nombreuses limites qui fragilisent la régularité et la performance de ce secteur stratégique.

Au-delà de la diversité des anomalies identifiées, un point central ressort : **la perte de confiance** entre les parties prenantes – entreprises, administration, citoyens – dans la régularité et l'équité du processus de passation. Cette crise de confiance compromet non seulement l'efficacité des procédures, mais aussi la légitimité des décisions prises.

C'est donc à partir de cette réalité observée que se construit la réflexion du chapitre suivant

Chapitre III

La confiance dans la gestion des marchés publics

Introduction

Après l'analyse de l'existant des marchés publics et identifier les anomalies avec leur conséquence dans le processus actuel des marchés publics, nous allons présenter dans ce chapitre notre cadre fondu sur la confiance pour la gestion des marchés publics avec une solution informatique.

1. Architecture de notre solution

Afin de répondre à la problématique soulevée dans ce mémoire, nous avons conçu une architecture numérique centrée sur la confiance, la transparence et l'efficacité. Cette solution met en interaction trois principaux acteurs : l'entreprise contractante, l'entrepreneur soumissionnaire et l'expert évaluateur. Chacun de ces utilisateurs interagit via une interface dédiée intégrée à une plateforme web centralisée, soutenue par une base de données partagée.

Notre solution ne se limite pas à une simple application web ; elle repose sur une infrastructure technique hybride qui combine :

Une architecture client-serveur classique, assurant la gestion des sessions, des formulaires et des flux de données centralisés (appel d'offre, soumission, évaluation...).

Un modèle P2P appliqué à l'ensemble des experts, considérés comme des nœuds décentralisés dans un réseau distribué, participant à un processus d'évaluation basé sur un algorithme de consensus inspiré de Paxos.

L'utilisation de la blockchain comme registre d'audit et de preuve. Elle permet notamment d'enregistrer les décisions de classement, les scores d'évaluation, et les contrats intelligents de manière transparente, infalsifiable et consultable.

L'intégration de smart contracts, utilisés pour automatiser la gestion des engagements contractuels (notification des résultats, acceptation de l'offre, validation de l'évaluation...).

L'architecture proposée vise donc à répartir les responsabilités, à minimiser le pouvoir d'une autorité centrale, et à maximiser la sécurité, la traçabilité et l'équité dans l'attribution des marchés publics.

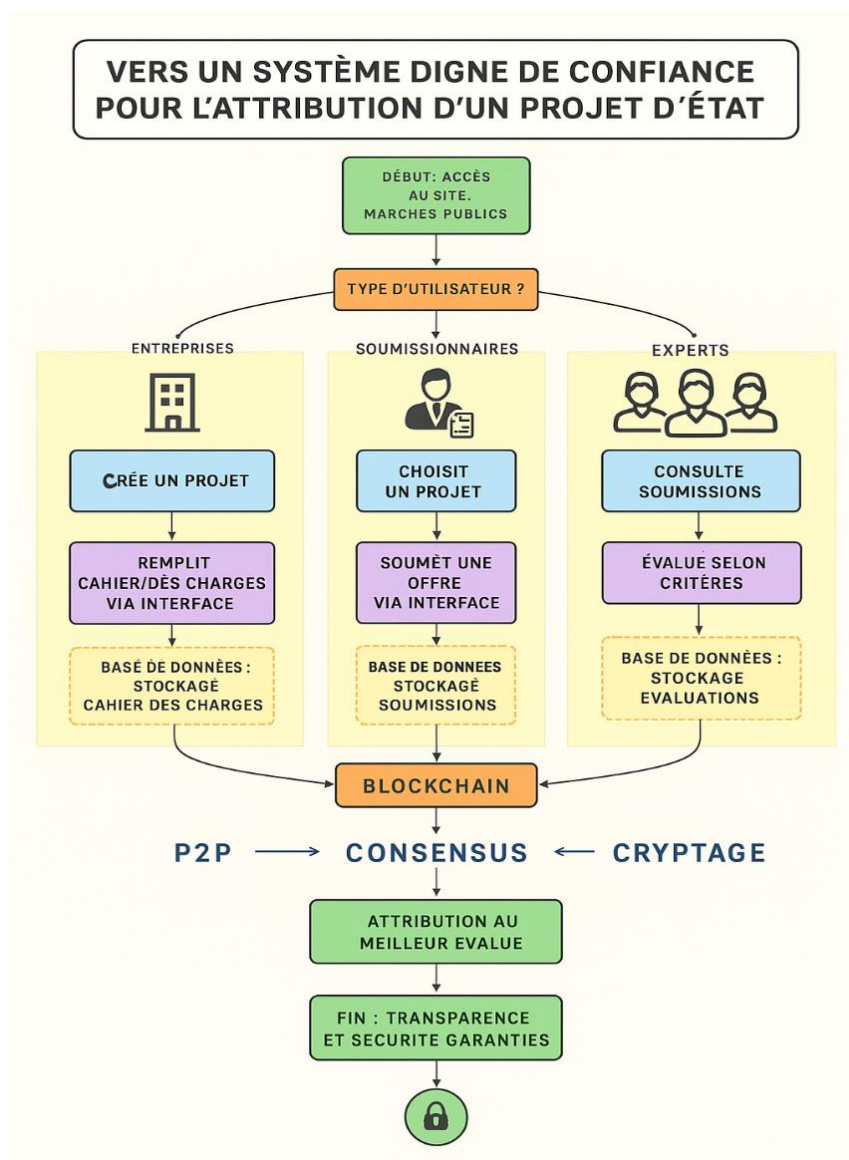


Figure 4 : Architecture de notre framework

2. Fonctionnalités détaillées de la plateforme

La plateforme de gestion des marchés publics est conçue pour offrir une expérience fluide et intuitive aux trois principaux acteurs, chacun disposant d'une interface dédiée et d'options personnalisées.

❖ Entreprise :

- ✓ Créer un compte sécurisé avec authentification.
- ✓ Créer un appel d'offres en remplissant un formulaire projet complet.
- ✓ Créer et publier un cahier des charges dématérialisé, disponible en téléchargement pour les entrepreneurs.
- ✓ Sélectionner les projets à publier selon ses besoins.
- ✓ Consulter les offres soumises par les entrepreneurs.
- ✓ Visualiser les résultats des évaluations effectuées par les experts (classements, notes, commentaires).
- ✓ Gérer l'ensemble du cycle de vie de ses appels d'offres.

❖ Entrepreneur :

- ✓ Créer un compte sécurisé et accéder à un tableau de bord personnalisé.
- ✓ Consulter la liste des appels d'offres publiés par les entreprises.
- ✓ Télécharger le cahier des charges lié à chaque projet.
- ✓ Soumettre une offre en remplissant un formulaire de soumission structuré.
- ✓ Suivre en temps réel l'état de la soumission (ex : en cours, évaluée, acceptée ou refusée).
- ✓ Consulter les évaluations et les notes attribuées par les experts.

❖ Expert :

- ✓ Créer un compte sécurisé et accéder à une interface d'évaluation spécialisée.
- ✓ Consulter les projets et les offres soumises pour chaque appel d'offres.
- ✓ Remplir une grille d'évaluation précise, basée sur des critères préétablis (ex : qualité technique, coût, délais, conformité).
- ✓ Attribuer des notes et rédiger des commentaires pour chaque offre.

- ✓ Soumettre les résultats d'évaluation, qui seront cryptés et intégrés dans la Blockchain pour garantir la transparence.
- ❖ Sécurité et intégrité des données :
 - ✓ Toutes les interactions et les échanges de données (formulaires, cahiers des charges, offres, grilles d'évaluation) sont cryptés pour assurer la confidentialité et l'authenticité.
 - ✓ Intégration de l'algorithme Paxos pour atteindre un consensus sur les évaluations finales, garantissant l'équité et la cohérence.
 - ✓ Utilisation de la Blockchain et des Smart Contracts pour assurer la traçabilité et la transparence des processus.
 - ✓ Une base de données partagée centralise et sauvegarde toutes les informations échangées entre les acteurs.
 - ✓ Résultat final :
Ce système assure une gestion dématérialisée complète des marchés publics, depuis la publication des projets jusqu'à l'évaluation des offres, avec un haut niveau de sécurité, de transparence et d'équité.

3. Processus de notre système

Pour mieux comprendre le fonctionnement global de notre plateforme et représenter de manière structurée les interactions entre les différents acteurs, nous avons modélisé les principaux processus métier à l'aide du langage BPMN (Business Process Model and Notation).

Ce formalisme permet de visualiser de façon claire les étapes clés, les décisions, et les échanges d'informations entre les utilisateurs du système.

Ainsi, nous avons identifié trois processus fondamentaux qui structurent notre solution :

La création de l'appel d'offre, réalisée par l'entreprise contractante.

La soumission de l'offre, assurée par l'entrepreneur.

L'évaluation des offres, effectuée par les experts à l'aide de critères préétablis.

Les diagrammes ci-dessous illustrent chacun de ces processus.

i. LE PREMIER PROCESSUS EST LA CREATION ET LA PUBLICATION DE L'APPEL D'OFFRES

Ce processus est déclenché par l'entreprise contractante, qui souhaite publier un projet public à destination des soumissionnaires. À travers une interface dédiée, elle remplit un formulaire de projet ainsi qu'un cahier des charges numérique, puis soumet l'appel d'offre pour qu'il soit visible sur la plateforme.

L'objectif de ce processus est de garantir une formalisation claire et structurée des besoins de l'entreprise, tout en permettant la dématérialisation des documents.

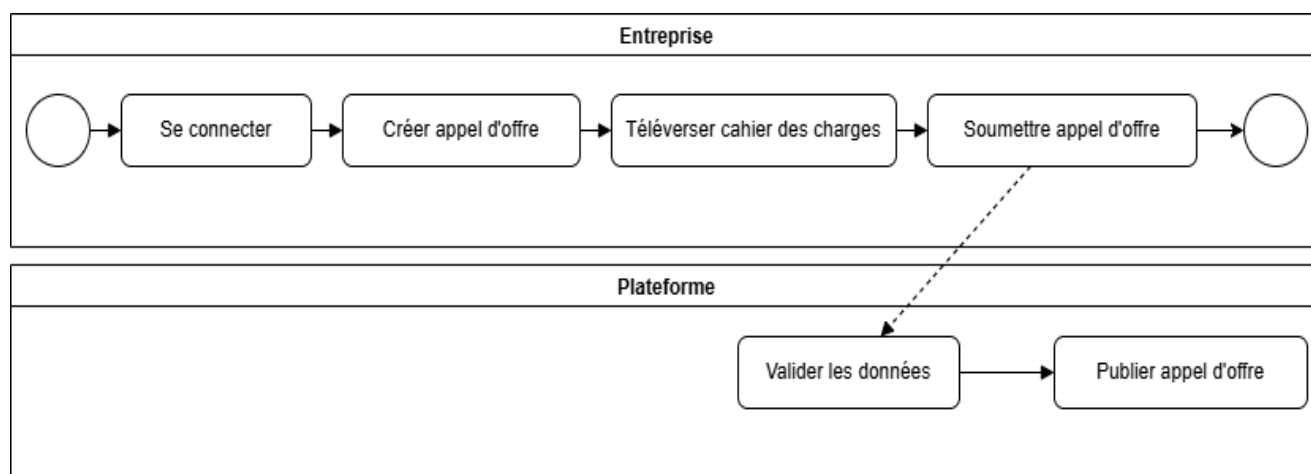


Figure 5 : BPMN appel d'offre

ii. LE DEUXIEME PROCESSUS EST CELUI DE LA SOUMISSION

Ce processus décrit l'interaction entre l'entrepreneur et la plateforme. L'entrepreneur peut consulter les appels d'offre disponibles, télécharger les cahiers des charges, puis remplir un formulaire de soumission pour répondre à un projet spécifique. Il peut également suivre l'état de sa soumission via son interface.

Ce processus garantit la traçabilité et l'accessibilité des projets, tout en facilitant une participation transparente et ouverte.

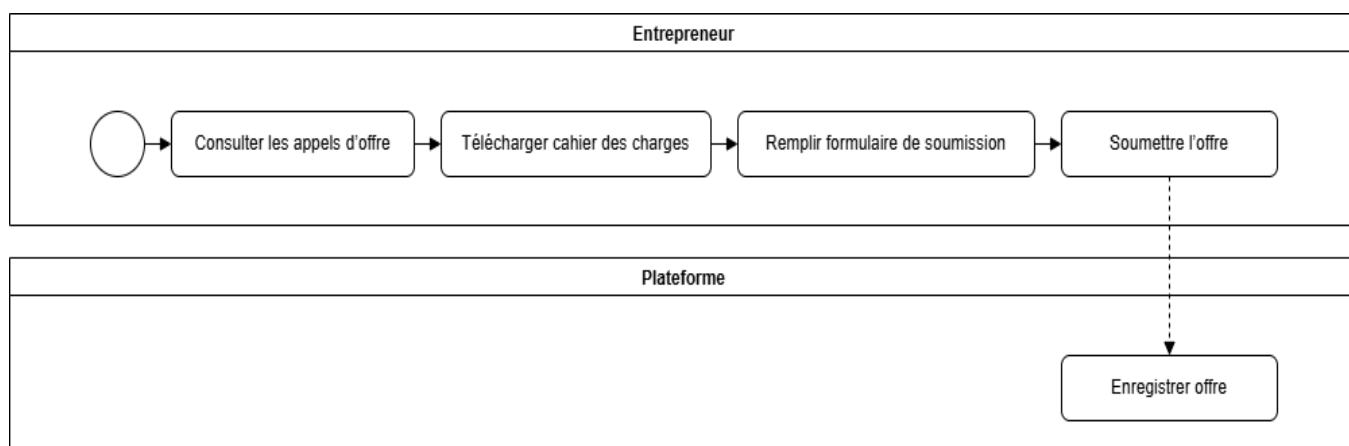


Figure 6 :BPMN soumission

iii. LE TROISIEME PROCESSUS CONCERNE L'EVALUATION DES OFFRES.

L'évaluation est réalisée par un ou plusieurs spécialistes choisis pour leur expertise dans le domaine concerné. Chaque spécialiste utilise une plateforme dédiée pour examiner les propositions soumises, compléter une grille d'évaluation selon des critères établis à l'avance et attribuer une note. Le système regroupe ensuite les résultats à l'aide d'un mécanisme de coordination pour obtenir un classement final.

Ce processus cherche à garantir la fiabilité et l'impartialité de l'évaluation, en réduisant les biais personnels et en assurant une transparence dans la détermination des résultats finaux.

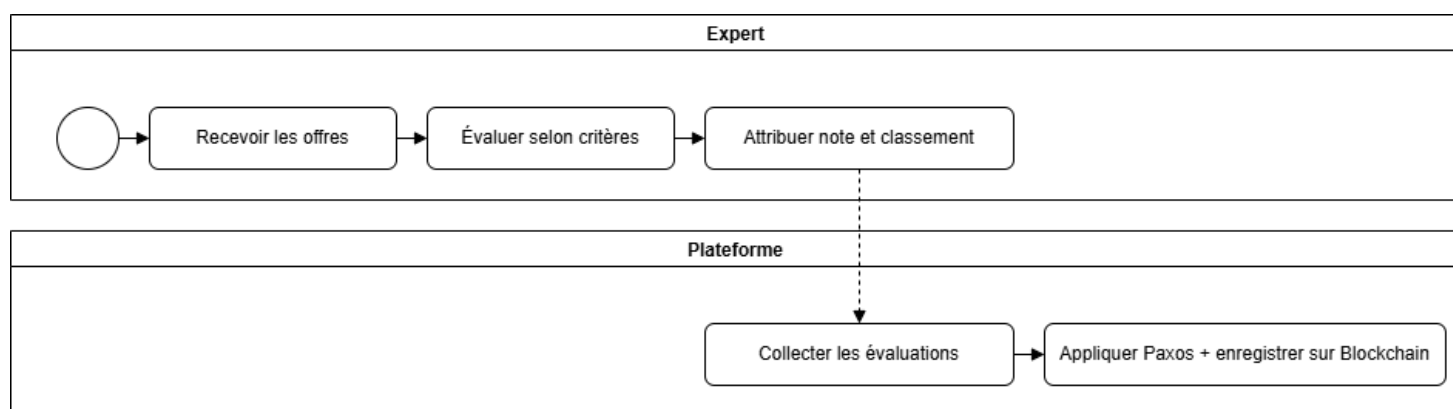


Figure 7 :BPMN EVALUATION

4. Les principes de notre solution

La commande publique est régie par des grands principes qui s'imposent à l'ensemble des autres dispositions du droit de la commande publique.

Le respect de ces principes doit permettre d'assurer l'efficacité de la commande publique, la bonne utilisation des deniers publics, la relance de l'économie, une politique d'insertion sociale ainsi que la réalisation des objectifs en matière de développement durable.

Pour ce faire, le respect de ces principes nécessite la définition préalable des besoins, le respect des obligations de publicité et de mise en concurrence et le choix de l'offre économiquement la plus avantageuse en fonction des critères définis. Pour répondre à ces impératifs, notre solution repose sur quatre piliers fondamentaux conçus pour assurer un processus juste, sécurisé et performant :

I. Transparence :

La transparence est au cœur de notre plateforme, garantissant une visibilité totale à chaque étape du processus de gestion des marchés publics, depuis la publication des appels d'offres jusqu'à la sélection finale des soumissionnaires. Tous les documents, y compris les critères d'évaluation et les grilles de notation, sont rendus publics de manière claire et accessible, conformément aux obligations de publicité. Le classement des offres est effectué de manière ouverte, avec une traçabilité complète des scores attribués à chaque critère (technique, financier, environnemental, social, etc.), permettant aux parties prenantes de comprendre les décisions prises. Des rapports d'audit et des journaux d'activités, disponibles en temps réel tout en respectant les exigences de confidentialité, assurent une vérifiabilité

II. Égalité

Le principe d'égalité est un élément fondamental de notre système. Il assure que tous les soumissionnaires bénéficient des mêmes opportunités et sont évalués selon des critères communs, sans aucun préjugé ou discrimination. Cette égalité s'appuie sur la neutralité de l'évaluation : les biais cognitifs ou toute forme d'influence sociale ou démographique (tels que le genre, l'âge ou l'origine) sont systématiquement exclus.

Pour atteindre cet objectif, notre plateforme utilise une combinaison de technologies avancées et de l'expertise humaine. Les algorithmes et les méthodes de traitement automatisé garantissent une analyse objective et standardisée des données, tandis que les experts apportent

leur expérience pour valider la pertinence des décisions prises. Cette dualité permet d'éviter les biais pouvant survenir dans les systèmes centralisés où une autorité centrale pourrait exercer une influence ou un favoritisme.

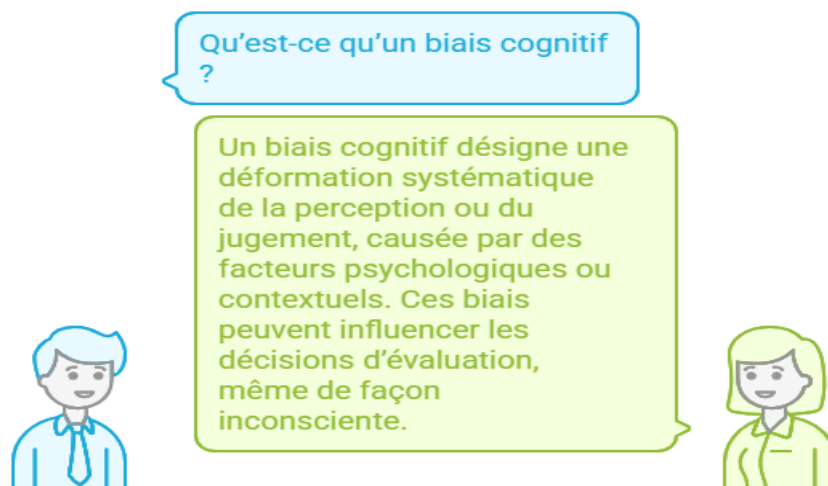


Figure 8 : Définition de biais cognitif

- Exemples de biais cognitifs fréquents :
 - ✓ Biais de confirmation : tendance à privilégier les informations qui confirment ses croyances préexistantes.
 - ✓ Biais de halo : évaluer une personne ou un projet en fonction d'une impression globale positive ou négative.
 - ✓ Effet de primauté : accorder plus de poids aux premières informations reçues.
 - ✓ Effet de récence : accorder plus d'importance aux dernières informations reçues.

III. Consensus :

- ✓ Pour assurer un consensus fiable et robuste durant l'évaluation des projets, notre solution s'inspire de l'algorithme Paxos. Cet algorithme permet d'atteindre un accord distribué et sécurisé entre plusieurs parties, même en cas de défaillance de certains nœuds ou d'incohérences temporaires.
- ✓ Dans cette optique, l'idée est de faire appel à plusieurs experts issus de milieux professionnels et académiques variés. Cela garantit une diversité d'analyses et de points de vue, renforçant ainsi la qualité des évaluations.

✓ Les experts disposent d'une interface dédiée leur permettant de voter et de réaliser des évaluations, tout en exprimant leur degré de confiance (évaluation sûre ou incertaine).

✓ De plus, ces experts sont géographiquement dispersés au niveau national, avec la possibilité pour des compétences algériennes à l'international d'utiliser la plateforme pour participer aux évaluations. Cette approche favorise la mutualisation des expertises et la représentativité des évaluations

IV. Sécurité

✓ La sécurité des données est un élément central de notre plateforme. Pour garantir la confidentialité et l'intégrité des informations échangées, toutes les données sont chiffrées à l'aide de technologies avancées (cryptage fort).

✓ Chaque entrepreneur dispose de deux identités numériques distinctes :

➤ Un nom public utilisé dans les classements et affichages relatifs à la transparence.

➤ Un nom privé associé aux évaluations internes et aux processus confidentiels.

✓ Cette séparation des identités permet de préserver l'anonymat des entrepreneurs tout en maintenant la transparence nécessaire pour le bon déroulement des appels d'offres.

✓ Les données de soumission, les cahiers des charges et les évaluations des experts sont stockés de manière sécurisée, évitant tout risque de falsification ou de modification non autorisée.

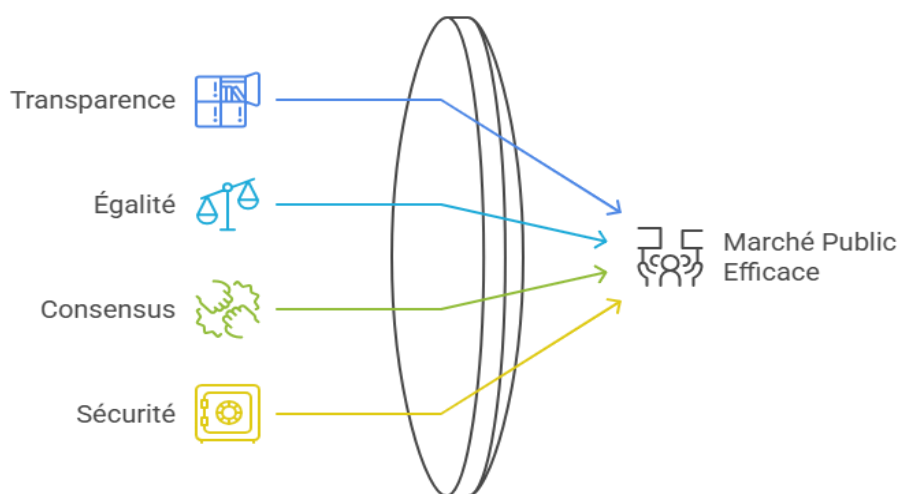


Figure 9 : Principes de la solution

5. Organisation conceptuelle de notre approche

En utilisant La méthode UML (Unified Modeling Language), Le langage UML est un moyen de représenter visuellement l'architecture, la conception et la mise en œuvre de systèmes logiciels complexes. Une application comporte des milliers de lignes de code, ce qui rend difficile la gestion des interactions et des hiérarchies.

- **Modélisation des classes :** cette étape consiste à identifier les classes du système, leurs attributs et leurs relations. On utilise des diagrammes de classes pour représenter cette information.
- **Modélisation de déploiement :** cette étape permet de décrire la manière dont le système est déployé sur l'infrastructure matérielle. On utilise des diagrammes de déploiement pour représenter cette information.

Nom de la classe	Rôle
Utilisateur	Représente un utilisateur générique de la plateforme, avec des attributs communs (login, mot de passe, etc.)
Entrepreneur	Utilisateur qui soumet des offres et participe aux appels d'offres.

Entreprise	Organisation qui publie des appels d'offres et fournit les cahiers des charges.
Expert	Utilisateur qui évalue les offres et les projets.
Offre	Proposition soumise par un entrepreneur en réponse à un appel d'offres.
Évaluation	Contient les notes et commentaires des experts pour chaque offre.
CahierDeCharge	Document définissant les spécifications et exigences techniques pour un projet.
Attribut	Ensemble de critères associés au cahier des charges pour guider l'évaluation.
StatutProjet	État actuel du projet (publié, en cours d'évaluation, terminé, etc.).
Document	Pièces jointes ou fichiers associés au projet ou à l'offre.
Contrat	Contrat final généré après l'attribution du marché.

Tableau 4 : Description des Classes

5.1 Diagramme de classe

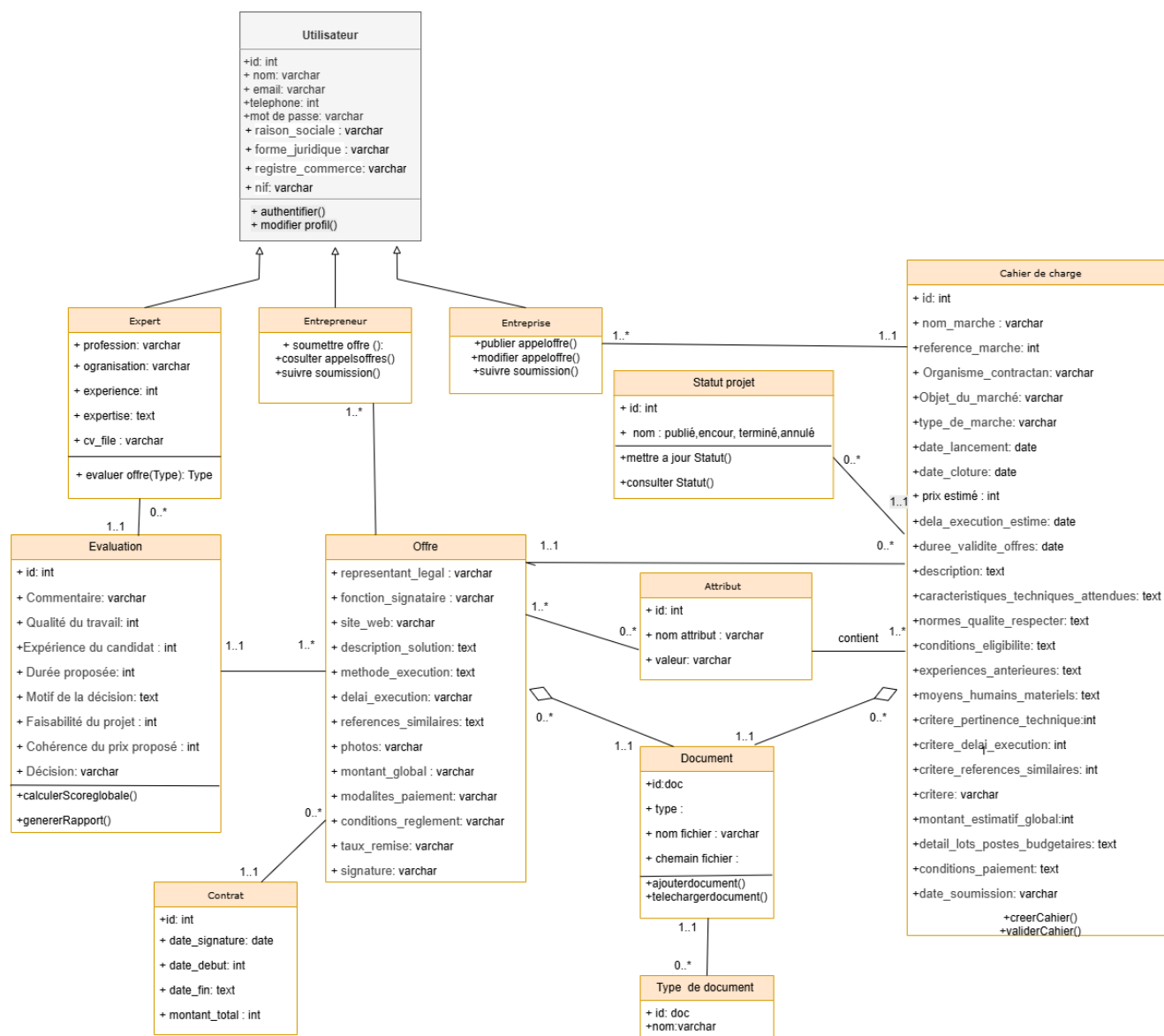


Figure 10 : Diagramme de classe

5.2 Diagramme de déploiement

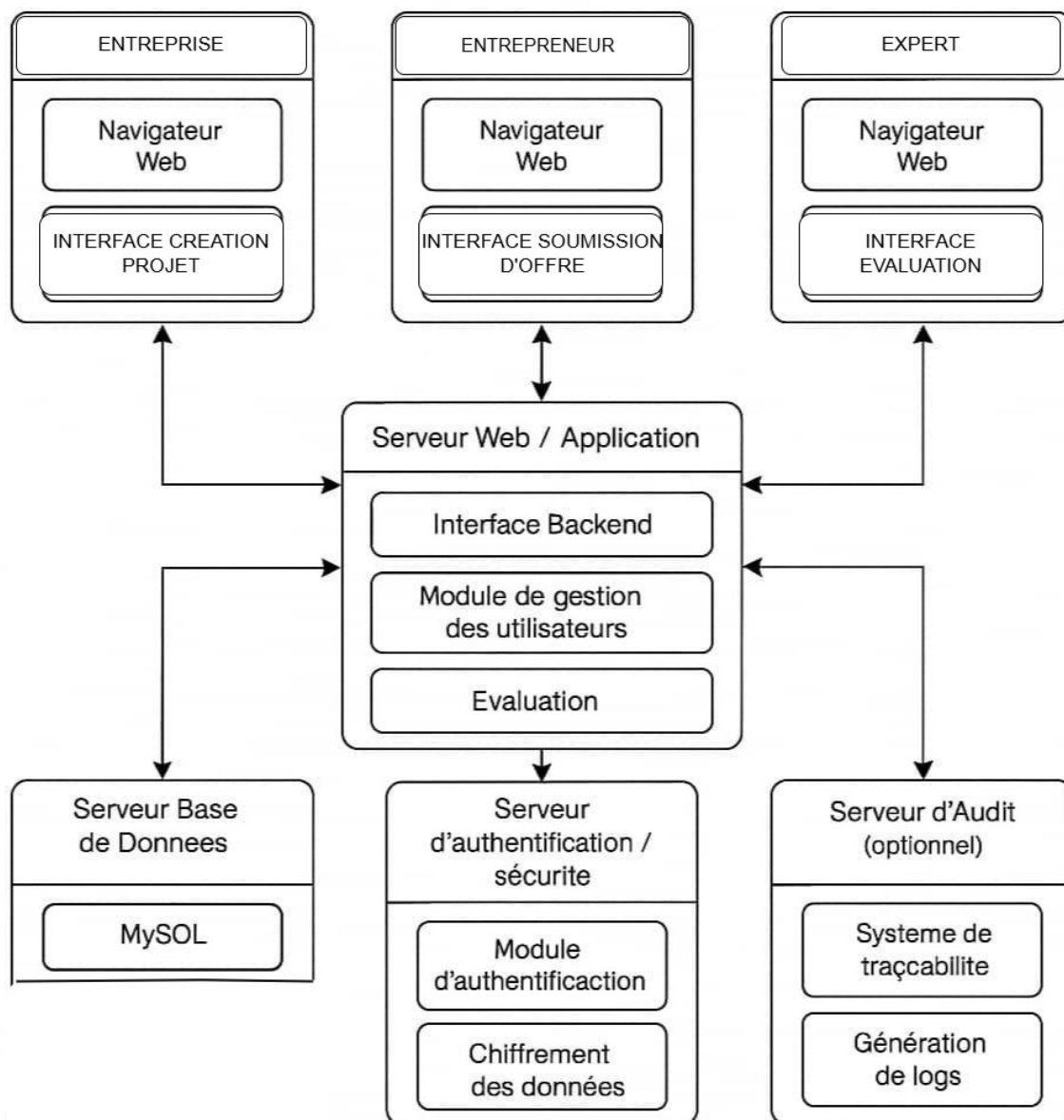


Figure 11 : Diagramme de déploiement

Conclusion

Au terme de cette étude, nous avons présenté de manière détaillée la conception et les composantes de notre plateforme innovante pour la gestion des marchés publics. Cette solution s'appuie sur des principes fondamentaux tels que la transparence, l'égalité, le consensus et la sécurité. Grâce à une architecture modulaire et des interfaces dédiées à chaque acteur, le système offre une expérience utilisateur sécurisée, équitable et adaptée aux besoins spécifiques de chaque intervenant (entreprise, entrepreneur, expert).

Chapitre IV

Implémentation

Introduction

Une fois la conception terminée, l'implémentation devient la phase la plus cruciale.

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord l'environnement de travail et les outils de développement utilisés pour construire notre système. Ensuite, nous décrivons l'architecture de notre implémentation. Enfin, nous donnons quelques captures d'écran des interfaces du système.

1. Outils de développement et langages utilisés

Premièrement, les principaux outils utilisés lors de la construction de notre système sont les suivants :

1.1. Ethereum



Figure 12. Logo du Protocole Ethereum

Ethereum est une plateforme blockchain décentralisée et open-source qui permet aux développeurs de créer et de déployer des contrats intelligents (smart contracts) et des applications décentralisées (dApps). Elle a été créée en 2015 par Vitalik Buterin. Contrairement au Bitcoin, Ethereum est programmable et sert de base à de nombreuses applications, pas seulement à une cryptomonnaie. [17]

1.2. Solidity



Figure 13 Logo de langage Solidity

Solidity est un langage de haut niveau orienté objet pour la mise en oeuvre de contrats intelligents dans le réseau Ethereum, ce langage a été influencé par C++, Python et Javascript et a été conçu pour viser la machine virtuelle Ethereum . [18]

1.3. Web3.js



Figure 14 Logo de l'API Web3.js

Web3.js est une collection de la bibliothèque API JavaScript qui permet d'interagir avec un noeud Ethereum local ou distant à l'aide des protocoles HTTP, RPC ou Web Socket.

Celle-ci permet d'entrer l'adresse d'un contrat intelligent et d'appeler les fonctions qu'il contient, en passant éventuellement les paramètres nécessaires. [19]

1.4. Truffle



Figure 15 Logo du Framework Truffle

Truffle est le Framework de développement le plus populaire pour Ethereum avec la mission de rendre la vie beaucoup plus facile au développeur Blockchain .

Il permet de tester et développer votre contact intelligent. La compilation se fait avec le compilateur solc. [20]

1.5. Ganache



Figure 16 Logo de logiciel Ganache

Ganache est une Blockchain personnelle pour le développement rapide d'applications décentralisées Ethereum. Il est utilisé pendant tout le cycle de développement et permettant de développer, déployer et tester les applications décentralisées.

Ces outils suffisent pour développer des contrats intelligents en Solidity, les déployer et effectuer quelques tests JavaScript. Ces tests peuvent être utilisés pour valider la bonne exécution des contrats intelligents et mesurer la performance globale du système en termes de coût de transaction, de temps et de stockage des données[21].

1.6. Node.js



Figure 17 Logo de Framework Node.js

Node.js est un environnement d'exécution single-thread, open-source et multiplateformes permettant de créer des applications rapides et évolutives côté serveur et en réseau, nous utilisons cette technologie pour créer une API REST pour être intégrée avec une base de données de type MySQL. [22]

1.7. XAMPP



Figure 18 Logo du logiciel Xampp.

XAMPP est un ensemble de logiciels libres. Le nom est un acronyme venant des initiales de tous les composants de cette suite. Ce dernier réunit donc le serveur Web Apache, et la base de données relationnelle MySQL .[23]

1.8. Le langage HTML



Figure 19 Logo

Le HTML (*Hyper Text Markup Language*) est un langage permettant de décrire la mise en page et la forme du contenu d'un document web et d'y inclure des hyperliens.

Une page HTML est ainsi un simple fichier texte doté d'une extension .htm ou html, et dont l'ensemble des données figurent entre des balises (encore appelés marqueurs ou tags).

L'Hypertexte est un système utilisant le langage HTML, qui autorise la création de liens hypertextes. Un document hypertexte est donc un document qui contient des hyperliens. Lorsque les documents ne sont pas uniquement textuels, mais aussi audiovisuels, on peut parler de système et de documents hypermédias [24]

1.9. CSS (Cascading Style Sheet)

Est un langage de mise en forme qui permet de décrire la présentation d'un document (positionnement des éléments, l'alignement, les polices de caractères, les couleurs, les marges et espacements, les bordures, les images de fond, etc.) écrit en HTML ou XML indépendamment de sa structure. [25]

1.10. JavaScript

Est un langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web interactives et à ce titre est une partie essentielle des applications web. Avec les langages HTML et CSS, JavaScript est au cœur des langages utilisés par les développeurs web. Une grande majorité des sites web l'utilisent, et la majorité des navigateurs web disposent d'un moteur JavaScript pour l'interpréter. [26]

1.11. PHP

Est un langage de programmation libre, développé le 8 juin 1995 principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur web¹, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale. PHP est un langage impératif orienté objet. [27]

2. Architecture de la plateforme

Pour mettre en œuvre notre système de gestion des marchés publics, nous avons conçu une application web structurée autour d'une architecture hybride combinant des composants centralisés et décentralisés. L'architecture globale, illustrée dans la figure ci-dessous, est composée de trois couches principales : le front-end, un premier back-end destiné aux opérations classiques, et un second back-end spécialisé dans l'interaction avec la technologie Blockchain.

Le front-end repose sur les technologies web classiques (HTML, CSS, JavaScript) et permet aux différents utilisateurs de la plateforme (entreprise, soumissionnaire, expert) d'interagir avec les fonctionnalités proposées via une interface accessible par navigateur. Cette interface intègre également la bibliothèque Web3.js, qui assure la communication entre le client et la couche Blockchain.

Le premier back-end, développé en PHP et exécuté dans un environnement XAMPP, prend en charge la gestion des données applicatives telles que les utilisateurs, les projets, les offres et les évaluations. Il assure également l'authentification et la persistance des données dans une base de données relationnelle MySQL.

Le second back-end est développé avec Node.js. Il est dédié à la gestion des interactions avec la Blockchain Ethereum, en s'appuyant sur le Framework Truffle pour le déploiement et la gestion des contrats intelligents. Ces derniers, rédigés en langage Solidity, sont exécutés dans un environnement local simulé à l'aide de Ganache.

Cette approche modulaire permet de bénéficier des avantages des deux paradigmes : d'une part, la flexibilité et la familiarité des systèmes centralisés ; d'autre part, la transparence, la sécurité et la traçabilité offertes par les technologies décentralisées.

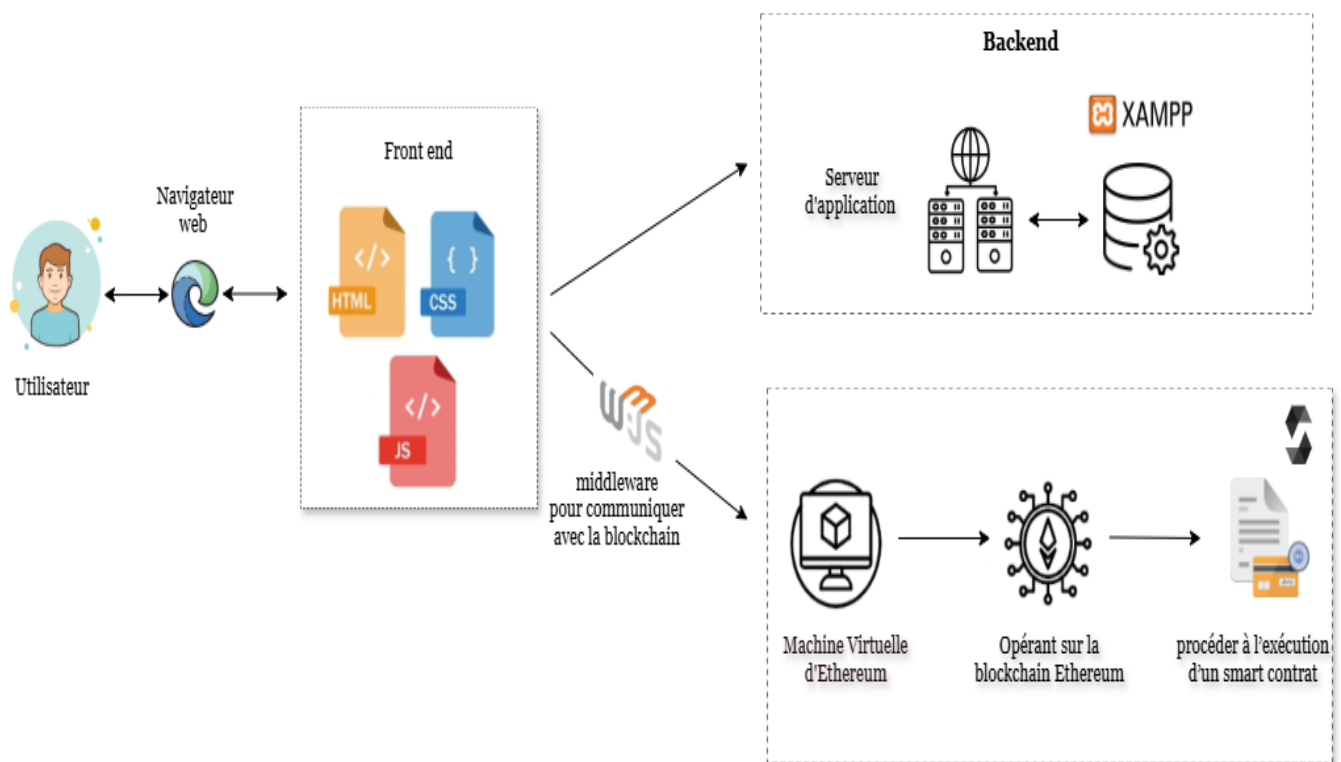


Figure 20 : Architecture technique

3. Présentation des interfaces

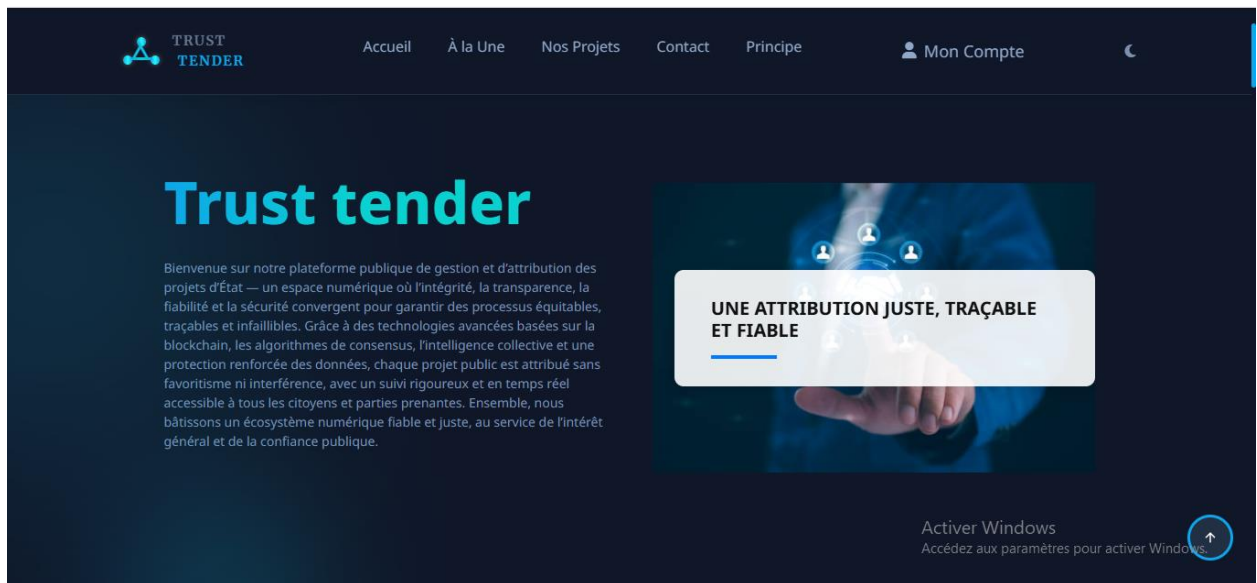


Figure 21. Interface d'accueil

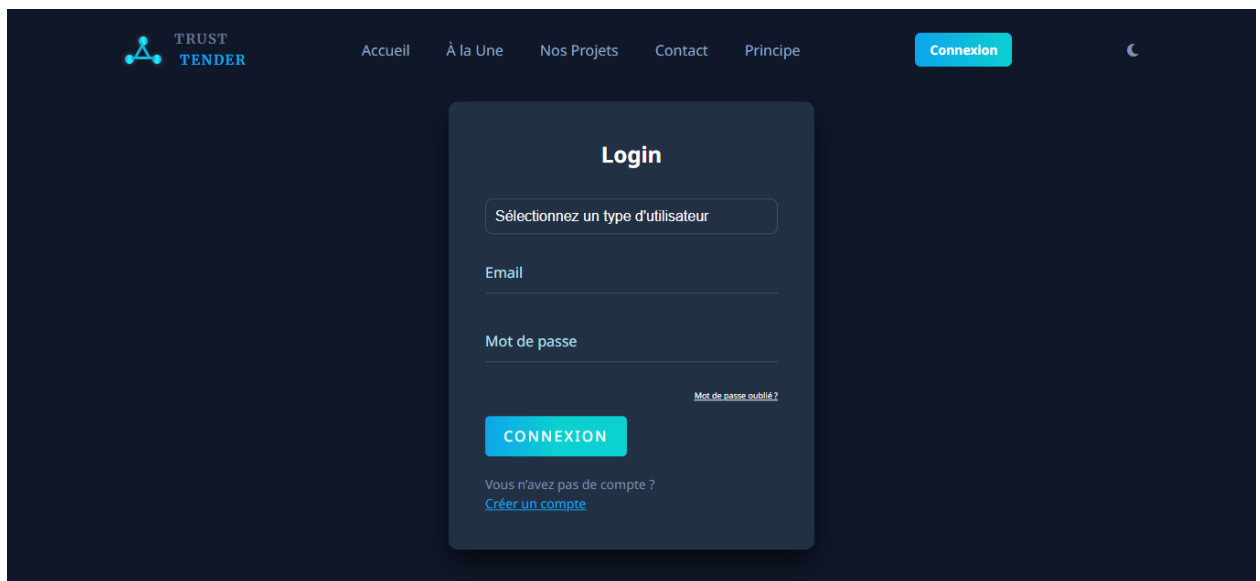
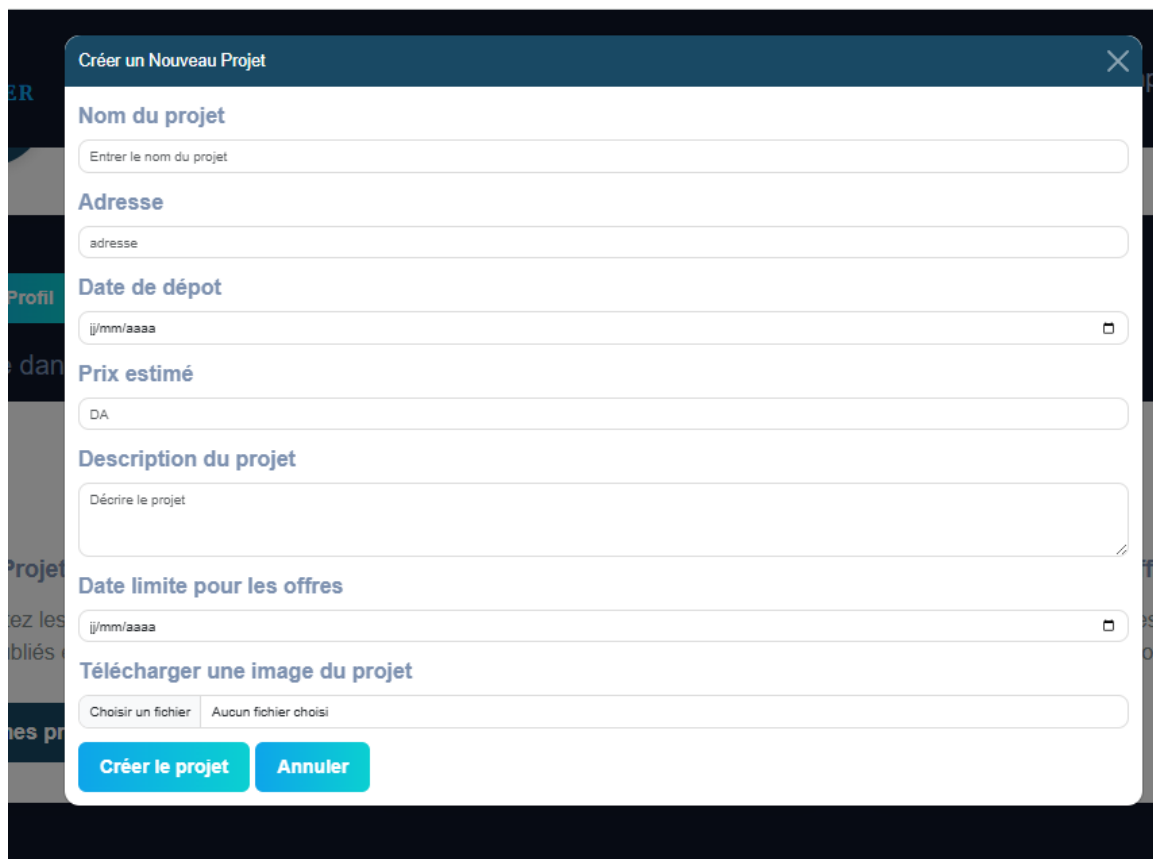


Figure 22. Interface log in



The screenshot shows a modal window titled "Créer un Nouveau Projet" with a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields:

- Nom du projet**: A text input field with the placeholder "Entrer le nom du projet".
- Adresse**: A text input field with the placeholder "adresse".
- Date de dépôt**: A date picker field showing "jj/mm/aaaa".
- Prix estimé**: A text input field with the placeholder "DA".
- Description du projet**: A large text area with the placeholder "Décrire le projet".
- Date limite pour les offres**: A date picker field showing "jj/mm/aaaa".
- Télécharger une image du projet**: A file upload section with a button "Choisir un fichier" and a text input field containing "Aucun fichier choisi".

At the bottom of the form are two buttons: "Créer le projet" (in teal) and "Annuler" (in blue).

Figure 23 Interface Projet (Appel d'offre)



The screenshot shows the "Cahier des Charges" section of the application. The header includes the "TRUST TENDER" logo and navigation links: "Accueil", "À la Une", "Nos Projets", "Contact", "Principe", and "Mon Compte". A progress bar at the top indicates the current step.

The main section is titled "1. Identification du Marché" and contains the following fields:

- Intitulé du projet**: A text input field.
- Référence du marché**: A text input field.
- Organisme contractant**: A text input field.
- Objet du marché**: A large text area.
- Type de marché**: A dropdown menu.

A "Suivant" button is located at the bottom right of the form.

Figure 24 Interface cahier de charge

The screenshot shows the 'Soumission de Projet' form in the TRUST TENDER application. The form is titled 'Soumission de Projet' and features a progress bar. Below the title, there are two sections: 'Engagements' and 'Signature électronique ou scan signé'. The 'Engagements' section contains two checkboxes: 'J'accepte les conditions du cahier des charges' and 'Je certifie l'authenticité des informations fournies', both of which are checked. The 'Signature électronique ou scan signé' section contains a file upload area with the text 'Choisir un fichier' and 'Aucun fichier choisi'. At the bottom right of the form, there are two buttons: 'Précédent' and 'Soumettre'. The background of the application shows a navigation bar with links: 'Accueil', 'À la Une', 'Nos Projets', 'Contact', 'Principe', and 'Mon Compte'.

Figure 25 Interface soumission d'offre

The screenshot shows the 'Soumission de Projet' form in the TRUST TENDER application, specifically the 'Offre financière' (Financial Offer) section. The form is titled 'Soumission de Projet' and features a progress bar. Below the title, there are five sections: 'Offre financière', 'Détail chiffré', 'Modalités de paiement', 'Conditions de règlement', and 'Taux de remise'. The 'Offre financière' section contains a text input field for 'Montant global proposé'. The 'Détail chiffré' section contains a file upload area with the text 'Choisir un fichier' and 'Aucun fichier choisi'. The 'Modalités de paiement' section contains a text input field. The 'Conditions de règlement' section contains a text input field. The 'Taux de remise' section contains a text input field. At the bottom right of the form, there are two buttons: 'Précédent' and 'Soumettre'. The background of the application shows a navigation bar with links: 'Accueil', 'À la Une', 'Nos Projets', 'Contact', 'Principe', and 'Mon Compte'.

Figure 26 Interface soumission d'offre

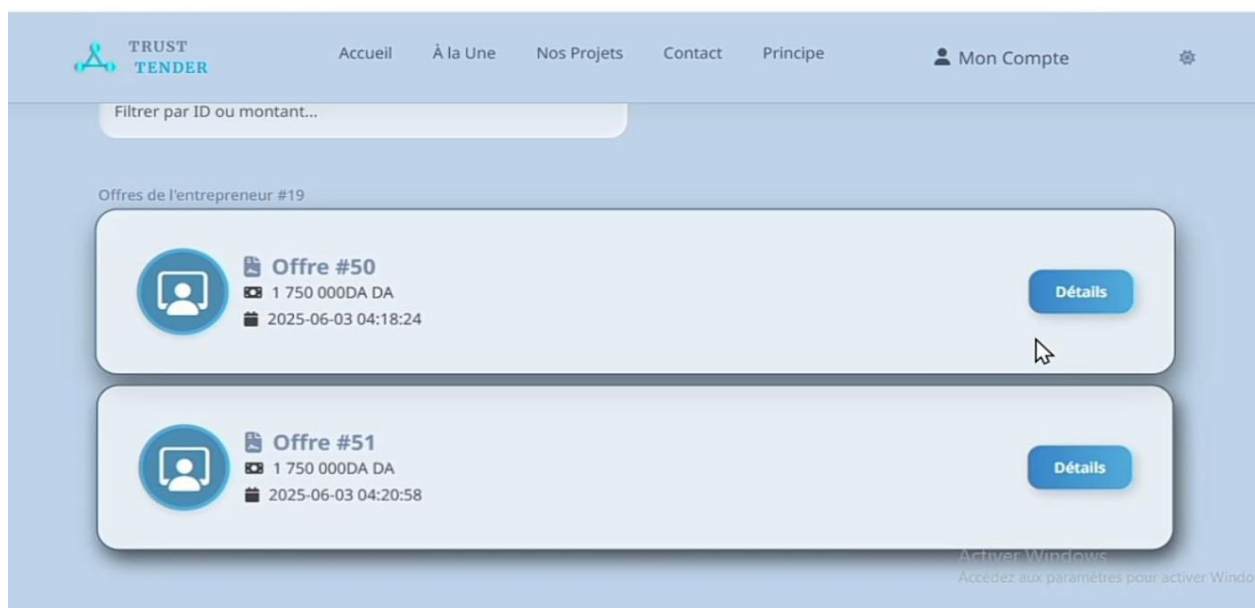


Figure 27 Interface des offres non évalués

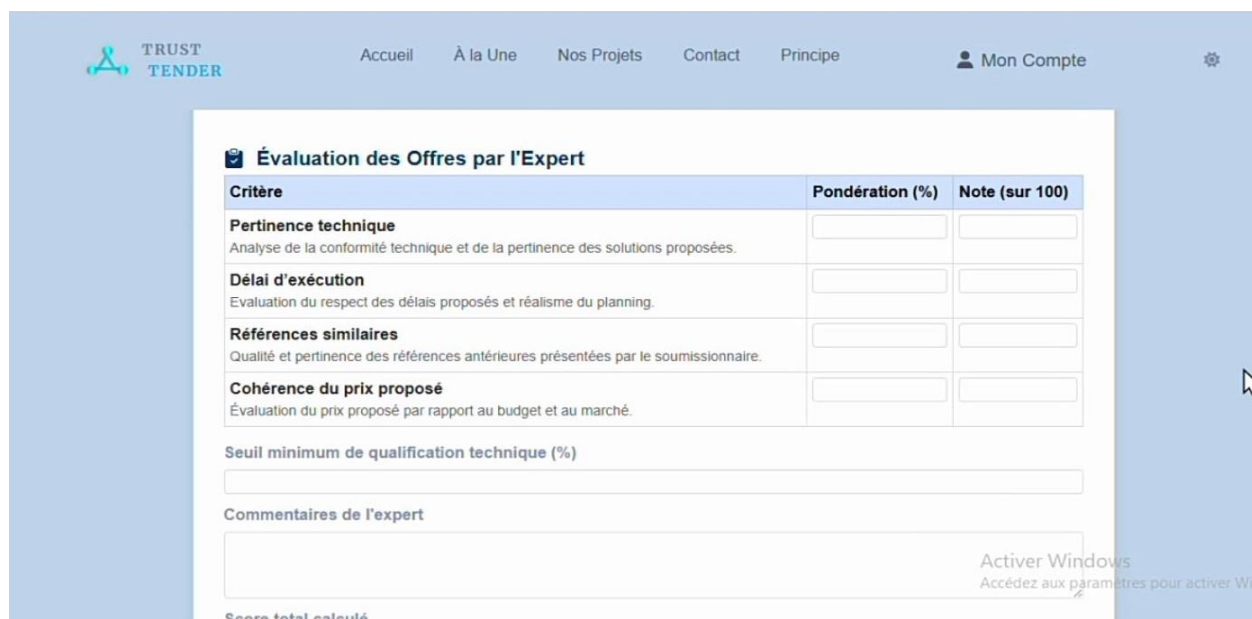


Figure 28 Interface Evaluation

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le côté implémentation de notre projet en spécifiant les outils, les langages et l'environnement de développement ainsi que les interfaces les plus significatives de notre système.

Conclusion générale

Ce travail propose une solution innovante pour renforcer la transparence, l'équité et la traçabilité dans la gestion des marchés publics, en s'appuyant sur des technologies avancées telles que la blockchain, les algorithmes de consensus (comme Paxos), les contrats intelligents.

La plateforme développée vise à rendre le processus d'attribution des projets publics plus juste, automatisé et résistant à la fraude. Chaque acteur (entreprise, soumissionnaire, expert) interagit dans un environnement sécurisé, avec des actions clés enregistrées et validées par un mécanisme de consensus distribué, favorisant ainsi la confiance et la légitimité des appels d'offres.

Sur le plan méthodologique, une analyse détaillée des systèmes existants a permis d'identifier leurs lacunes fonctionnelles et éthiques, conduisant à la conception d'une architecture technique complète, incluant des modèles UML

Ce projet ouvre plusieurs perspectives d'amélioration :

- Scalabilité : explorer des algorithmes de consensus plus légers, comme Raft, pour optimiser les performances dans des contextes plus vastes.
- Intégration de l'IA : introduire des mécanismes d'analyse prédictive pour aider à la détection d'anomalies ou de risques potentiels dans les offres ou les évaluations.
- Interopérabilité : adapter la solution à différents cadres juridiques ou normes d'interopérabilité entre institutions publiques.
- Audit automatisé : approfondir l'intégration de systèmes d'audit intelligents pour un contrôle en temps réel basé sur les logs blockchain.

En conclusion, ce projet ne constitue qu'un premier jalon vers une nouvelle génération de plateformes publiques transparentes, sécurisées, et dignes de la confiance des citoyens.

Bibliographie

[1] M. Benyoucef, “Défis et perspectives des marchés publics en Algérie : une analyse des obstacles à la gouvernance efficace,” *Revue Algérienne d’Économie et de Gestion*, vol. 15, no. 2, pp. 45–62, 2022.

[2] A. Aidi and K. Merabet, “Transformation numérique des marchés publics : potentiel de la blockchain pour une gouvernance transparente,” *Journal des Technologies Numériques et Développement*, vol. 8, no. 1, pp. 23–39, 2021.

[3] Secrétariat Général du Gouvernement, *Questions / Réponses sur les marchés publics*. [Online].

[4]

- “Décret présidentiel n° 15-247 du 16 septembre 2015 portant réglementation des marchés publics,” *Journal Officiel de la République Algérienne*, no. 49, pp. 12–25, 2015.
- “Décret présidentiel n° 23-246 du 2023 modifiant et complétant le décret n° 15-247,” *Journal Officiel de la République Algérienne*, no. 52, pp. 8–15, 2023.

[5] DoubleTrade, “La transformation numérique des marchés publics : enjeux et opportunités,” [Online]. Available: <https://www.doubletrade.com/la-transformation-numerique-des-marches-publics-enjeux-et-opportunités/>

[6] “Décret exécutif n° 22-299 portant réglementation des marchés publics,” *Journal Officiel de la République Algérienne*, 2022.

[7]

- Cour des Comptes Algérienne, *Rapport annuel 2023 : Rapport public annuel sur l’exécution des marchés publics et la gestion des finances publiques*, 2023.
- QRP International, “L’importance de la transparence dans la gestion de projet,” [Online]. Available: <https://www.qrpinternational.fr/blog/gestion-de-projet/limportance-de-la-transparence-dans-la-gestion-de-projet/>

[8] “Blockchain et marchés publics : révolution ou simple évolution ?,” May 15, 2023. [Online]. Available: <https://blog.mbadmb.com/blockchain-marches-publics/>

[9] J. Andersson, “Blockchain applications in public sector governance,” Ph.D. dissertation, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2021. [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1680540/FULLTEXT01.pdf>

[10] M. Yousaf et al., “An in-depth survey demystifying the Internet of Things (IoT) in the construction industry: Unfolding new dimensions,” *Sustainability*, vol. 15, no. 2, 2023

[11]

- BAOSEM. [Online]. Available: <https://www.baosem.com>
- Marchés Publics Algérie. [Online]. Available: <http://www.marches-publics.gov.dz>
- TUNeps. [Online]. Available: <https://www.tuneps.tn>
- ChileCompra. [Online]. Available: <https://www.chilecompra.cl>

- Tenders Electronic Daily (TED). [Online]. Available: <https://ted.europa.eu>
- eProcurement India. [Online]. Available: <https://eprocure.gov.in>
- Public Procurement Service Korea. [Online]. Available: <https://www.pps.go.kr>
- Organisation for Economic Co-operation and Development, “Public Procurement Toolbox,” 2021. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/governance/procurement/toolbox>

[12] Transparency International, “Corruption Perceptions Index 2024,” 2025. [Online]. Available: <https://www.transparency.org/en/cpi/2024>

[13] Organisation de Coopération et de Développement Économiques, “Rapport sur la gouvernance publique en Algérie,” 2023. [Online]. Available: <https://www.oecd.org>

[14] Bertelsmann Stiftung, “BTI 2024 Country Report – Algeria,” 2024. [Online]. Available: <https://www.bti-project.org>

[15] World Bank, “Rapport sur la gouvernance des marchés publics,” 2022. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org>

[16] Ministère des Finances de l’Algérie, “Projet de loi sur la dématérialisation,” 2023. [Online]. Available: <https://www.mf.gov.dz>

[17] “Blockchain et marchés publics en Algérie,” YouTube, [Online]. Available: <https://youtu.be/1Hu8lzoj0Tw?si=98j2M9uGOZxPz7DB>

[18] Solidity Documentation, [Online]. Available: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.14/>

[19] Web3.js Documentation, [Online]. Available: <https://web3js.readthedocs.io/en/v1.7.3/>

[20] Truffle Suite, [Online]. Available: <https://trufflesuite.com/>

[21] Ganache, Truffle Suite, [Online]. Available: <https://trufflesuite.com/ganache/>

[22] Node.js, [Online]. Available: <https://nodejs.org/en/>

[23] XAMPP, [Online]. Available: <https://www.apachefriends.org/fr/index.html>

[24] “HTML,” Wikipedia, [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/HTML>

[25] “CSS,” Wikipedia, [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/CSS>

[26] “JavaScript,” Wikipedia, [Online]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/JavaScript>

[27] “PHP,” Wikipedia, [Online]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/PHP>