

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعلیم العالی والبحث العلمی

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil

MÉMOIRE

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

En : Génie Civil

Spécialité : Matériau de Génie Civil

Par : **Bendjedou Mourad**

Rezgui Khaled

Sujet

Application de la technologie de magnétisation de l'eau dans le domaine des matériaux de construction

Soutenu publiquement, le 29 / 06 / 2024 , devant le jury composé de :

M. TOUAMA Dhia eddine	MCB	Univ-BBA	Président
Mme. THABET Souad	MAA	Univ-BBA	Examineur
Mme. KASTEL Mouna	MCB	Univ-BBA	Examineur
M. GUELMINE Layachi	MCA	Univ-BBA	Encadrant

Année Universitaire 2023/2024

ملخص:

هدف هذا المشروع الناشئ هو استكشاف إمكانيات تقنية تمغنط الماء على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للمواد الاسمنتية. لتحقيق ذلك، قمنا بتحضير خلائط الخرسانة باستخدام مياه الصنبور التقليدية والمياه الممغنطة على حد سواء. أظهرت نتائجنا تحسناً ملحوظاً في مقاومة الضغط وتقليل التراجع بنسبة 9% و 60% على التوالي. يعزى هذا التحسن بشكل رئيسي إلى ترطيب أكثر فعالية لجسيمات الإسمنت، والذي يتم تعزيزه باستخدام الماء الممغنط. بالإضافة إلى ذلك، يسهل هذا التحسن في القوام عملية صب الخرسانة، خاصة في القوالب المسلحة بشكل كثيف، ويقلل من حاجة استخدام المثبطات البلاستيكية الفائقة، مما يساهم في تخفيض تكاليف الإنتاج. لذا، تشير نتائجنا إلى أن استخدام الماء الممغنط يمكن أن يكون له تأثير إيجابي على متانة وأداء المواد الاسمنتية، خاصة في التطبيقات التي تتعرض فيها لضغوط ميكانيكية عالية، مثل هياكل البناء والطلاءات السطحية.

الكلمات المفتاحية: تقنية المغناطيسية؛ مواد الإسمنتية؛ الماء الممغنط؛ القوام؛ المقاومة للضغط

Résumé :

Ce projet de start-up vise à explorer le potentiel de la technologie de magnétisation de l'eau sur les propriétés physiques et mécaniques des matériaux cimentaires. Pour ce faire, nous avons élaboré des mélanges de béton en utilisant à la fois de l'eau de robinet conventionnelle et de l'eau magnétisée. Nos résultats ont démontré une amélioration significative de la résistance à la compression ainsi qu'une réduction de l'affaissement, respectivement de 9% et 60%. Cette amélioration est principalement attribuable à une hydratation plus efficace des particules de ciment, favorisée par l'utilisation d'eau magnétisée. En outre, cette amélioration de la consistance facilite le coulage du béton, particulièrement dans des coffrages densément armés, et diminue le besoin de super plastifiant, ce qui contribue à réduire les coûts de production. Ainsi, nos résultats suggèrent que l'usage de l'eau magnétisée peut avoir un impact positif sur la durabilité et les performances des matériaux cimentaires, notamment dans des applications où ils sont soumis à des contraintes mécaniques élevées, telles que les structures de construction et les revêtements de surface.

Mots clés : technologie magnétique ; matériaux cimentaires ; Eau magnétisée ; consistance ; résistance en compression

Abstract :

This start-up project aims to explore the potential of water magnetization technology on the physical and mechanical properties of cement materials. To achieve this, we developed concrete mixes using both conventional tap water and magnetized water. Our results showed a significant improvement in compressive strength and a reduction in slump, by 9% and 60% respectively. This improvement is mainly attributed to more effective hydration of cement particles, facilitated by the use of magnetized water. Additionally, this consistency improvement facilitates concrete pouring, particularly in densely reinforced formwork, and reduces the need for super plasticizers, thus contributing to cost reduction in production. Therefore, our findings suggest that the use of magnetized water can have a positive impact on the durability and performance of cement materials, especially in applications where they are subjected to high mechanical stresses, such as in construction structures and surface coatings.

Keys words: Magnetic technology; Cement materials; magnetized water; consistency; compressive strength.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A ma grande et petite famille.

A mon Binôme mourad qui a fournie

A Dr guelmine layachi

Tant d'efforts et à toute sa famille.

A toute mes amis sans exception.

A toute la promotion du Master génie civil 2023-2024

A tous personne ayant contribué à ce travail de près ou de loin.

Rezgui khaled

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A ma grande et petite famille.

A mon Binôme khaled qui a fournie

A Dr guelmine layachi

Tant d'efforts et à toute sa famille.

A toute mes amis sans exception.

A toute la promotion du Master génie civil 2023-2024

A tous personne ayant contribué à ce travail de près ou de loin.

Ben djeddou mourad

Liste des figures et Tableaux

Liste des figures

Figure II.1 Procédure de magnétisation de l'eau de gâchage.....	21
Figure II.2 : Les granulats utilisés pour la confection des bétons étudiés.....	21
Figure II.3 : Tamiseuse.....	22
Figure II.4 : Analyse granulométrique de sable utilisé dans cette étude.....	22
Figure II.5 : courbe granulométrique de graviers concassés.	23
Figure II.6 : Essai équivalent de sable.....	26
Figure II.7: Les dimensions de cône d'Abrams.....	29
Figure II.8 : Dispositif expérimental de l'essai de compression.....	30
Figure III.1: L'effet de l'eau magnétisée sur l'affaissement des bétons étudiés.....	32
Figure III.2: L'effet de l'eau magnétisée sur la résistance en compression.....	33

Liste des Tableaux

Tableau II.1: La masse volumique apparente du gravier (3/8) et (8/15).....	24
Tableau II.2 : La masse volumique absolu du gravier (3/8) et (8/15).....	25
Tableau II.3 : Caractéristiques physiques du sable de dune (oued-souf).....	25
Tableau II.4: Résultats d'essais d'équivalent de sable de dune testé.....	27
Tableau II.5: Composition des bétons préparés pour 1m³.....	28

Sommaire

Résumé.....	01
ABSTRACT.....	02
Dédicaces.....	03
Dédicaces.....	04
Liste des figures.....	05
Liste des Tableaux.....	06
Sommaire.....	07-08
Introduction générale.....	09
Chapitre I : Aperçu sur la technologie de magnétisation de l'eau avec les matériaux cimentaires	
I. 1. Introduction.....	10
I.2. La technologie de magnétisation de l'eau.....	10
2.1. Définition.....	10
2.2. Les principes de la technologie de magnétisation.....	11
2.3. Les avantages de la magnétisation de l'eau sur les propriétés des matériaux cimentaires :	12
I.3. Généralités sur les matériaux cimentaires.....	13
I.3.1 Définition et rôle d'un mortier de ciment :.....	13
I.3.2 Principaux constituants du mortier de ciment :.....	13
I.3.2.1 Le sable :	13
I.3.2.2 Le ciment :.....	14
I.3.2.3. L'eau de gâchage :.....	14
I.3.3. Propriétés essentielles d'un mortier de ciment :	14
I.3.3.1. L'ouvrabilité et la maniabilité :	14
I.3.3.2. La résistance mécanique :.....	15
I.4. Etat de l'art sur l'effet de l'eau magnétisée sur le comportement des matériaux cimentaires	15
4.1. La résistance mécanique:.....	15
4.2. Amélioration de la durabilité :.....	16
4.3. Les propriétés fraîches :.....	17
I.5. Les applications industrielles de la technologie de l'eau magnétisée dans le domaine de la construction:.....	18

5.1. La technologie de magnétisation de l'eau.....	18
I.5.2. Développement durable.....	19
Chapitre II : Matériaux et Méthodes Expérimentales	20
II.1. Introduction :.....	20
II.2. Caractérisation des matières premières :.....	20
II.2.1. Préparation de l'eau magnétisée :.....	20
II.2.1. Analyse granulométrique par tamisage :.....	21
II.2.2. La masse volumique :.....	23
A-La masse volumique apparente :.....	23
B - La masse volumique absolue :.....	24
II.2.3. Equivalent de sable :.....	26
II.3. Composition des mélanges:.....	28
II.3.1. Introduction :.....	28
II.4. Essais sur le béton :.....	28
II.4. 1. Essai d'affaissement au cône d'Abram :.....	28
II.4.2. Essais de compression:.....	30
Chapitre III : Résultats et discussions	31
III.1. Introduction :.....	31
III.2. Caractérisation des bétons préparés:.....	31
III.2.1 LA consistance	31
III.2.2. Résistance mécanique:.....	32
III.3. Conclusion:.....	34
Conclusion Générale :.....	36
Références Bibliographiques.....	38
الملحق	40
المحور الأول تقديم المشروع.....	42
المحور الثاني الجوانب الابتكارية.....	45
المحور الثالث التحليل الاستراتيجي للسوق.....	46
المحور الرابع خطة الإنتاج والتنظيم.....	50
المحور الخامس الخطة المالية.....	53
مخطط نموذج العمل التجاري.....	61
رسم توظيفي للمنتج (وحدة مغنطة المياه).....	62

Introduction Générale :

La présente étude, intégrée dans le cadre d'un projet de start-up, s'inscrit dans une démarche novatrice visant à évaluer l'impact de l'eau magnétisée sur l'ouvrabilité et la résistance en compression du béton ordinaire. L'eau magnétisée, souvent discutée dans le domaine de la science des matériaux, suscite un intérêt croissant en raison de ses potentielles applications dans divers domaines, y compris celui des matériaux cimentaires. L'eau, en tant que composant essentiel du mélange de ciment, joue un rôle crucial dans le processus de durcissement et de résistance des matériaux cimentaires. L'introduction de champs magnétiques dans l'eau, à travers le processus de magnétisation, est proposée comme une méthode prometteuse pour influencer les propriétés physico-chimiques de l'eau, et par extension, le comportement des matériaux cimentaires.

L'objectif principal de ce projet start-up, est l'évaluation de l'impact potentielle de l'utilisation de l'eau magnétisée sur le comportement des matériaux cimentaires. Nous examinerons les mécanismes sous-jacents à cette interaction, les résultats des recherches actuelles et les implications pratiques de cette technologie émergente dans l'industrie du ciment. Enfin, nous évaluerons les défis et les opportunités associés à l'intégration de l'eau magnétisée dans les processus de fabrication des matériaux cimentaires, mettant en lumière son potentiel pour améliorer la durabilité, la résistance et d'autres propriétés essentielles des structures construites.

Chapitre I : Aperçu sur la technologie de magnétisation de l'eau avec les matériaux cimentaires

I. 1. Introduction

Le développement de phases dans les matériaux est essentiel pour modifier la microstructure sans altérer la composition chimique. Cela permet d'améliorer les propriétés physiques et mécaniques d'un matériau. L'exposition de l'eau de gâchage à un champ magnétique statique est une méthode efficace, pour améliorer les propriétés des matériaux cimentaires. Cette méthode simple et peu coûteuse consiste en l'utilisation d'un aimant permanent pour induire des changements dans l'orientation du domaine magnétique, influençant ainsi les transformations de phase.

Le processus de durcissement du ciment dépend de la qualité de l'eau utilisée lors de l'hydratation du ciment. L'eau magnétisée, avec une magnétisation accrue, peut accélérer le durcissement du ciment et améliorer la résistance du mortier de ciment. Comparé à l'eau de robinet, l'eau magnétisée est une alternative plus sûre et abordable pour améliorer la qualité du mortier de ciment.

Le projet "Technologie de magnétisation de l'eau avec des matériaux cimentaires" vise à étudier l'impact de l'eau magnétisée sur la résistance à la compression et l'ouvrabilité des matériaux cimentaires. En démontrant l'efficacité de l'eau magnétisée sans recourir à des additifs chimiques coûteux, ce projet pourrait révolutionner le secteur de la construction.

L'utilisation d'un champ magnétique externe pour améliorer les propriétés des matériaux cimentaires et de l'eau magnétisée pour accélérer le durcissement du ciment sont des approches novatrices et prometteuses pour améliorer la qualité des matériaux de construction de manière rentable et sûre.

I.2. La technologie de magnétisation de l'eau

2.1. Définition

La "technologie de magnétisation de l'eau" fait généralement référence à l'application de champs magnétiques aux systèmes d'eau à diverses fins, prétendant souvent améliorer la qualité de l'eau, favoriser la croissance des plantes ou procurer des bienfaits pour la santé. Cependant, il est important de noter que le consensus scientifique sur l'efficacité d'une telle technologie est mitigé, de nombreuses revendications manquant de preuves empiriques solides [1,2,3].

Le principe de base derrière la technologie de magnétisation de l'eau est que l'exposition de l'eau à des champs magnétiques peut modifier ses propriétés physiques, telles que la réduction de la tension de surface ou le changement du comportement des minéraux dissous. Les partisans de cette technologie affirment souvent que l'eau magnétisée peut améliorer l'absorption des nutriments par les plantes, améliorer la qualité du sol, réduire le tartre dans les tuyaux et équipements, voire procurer des bienfaits pour la santé en cas de consommation humaine. [3-8]

Cependant, bien qu'il y ait eu quelques études examinant les effets de l'eau magnétisée, les résultats sont mitigés et de nombreuses affirmations restent non vérifiées ou même réfutées par l'examen scientifique. Les critiques soutiennent que les effets observés pourraient être dus à des effets placebo ou à d'autres facteurs confondants plutôt qu'à un traitement magnétique proprement dit [6-10].

En résumé, la "technologie de magnétisation de l'eau" désigne l'application de champs magnétiques à l'eau à diverses fins, mais son efficacité et sa base scientifique restent sujets à débat et nécessitent davantage de recherches.

2.2. Les Principes de la technologie de magnétisation :

Les principes sur lesquels repose la technologie de l'aimantation de l'eau sont souvent basés sur plusieurs hypothèses et revendications faites par les partisans de cette approche. Alors que la validité scientifique de ces principes est débattue, voici quelques idées communes associées à la technologie de l'aimantation de l'eau [1-14] :

- **Alignement des molécules d'eau :** Les partisans affirment que l'exposition de l'eau à un champ magnétique peut aligner les molécules d'eau dans une orientation spécifique, entraînant des changements dans les propriétés physiques de l'eau. Cet alignement est censé réduire la tension superficielle de l'eau, la rendant plus facilement absorbée par les plantes et améliorant l'absorption des nutriments.
- **Modification du comportement des minéraux :** Il est suggéré que les champs magnétiques peuvent influencer le comportement des minéraux dissous dans l'eau, tels que le carbonate de calcium, les empêchant de former des dépôts calcaires dans les tuyaux et les équipements. Cela est censé réduire la nécessité d'additifs chimiques ou d'agents de nettoyage pour gérer les problèmes d'entartrage.
- **Amélioration de l'activité biologique :** Certains partisans affirment que l'eau aimantée peut stimuler l'activité biologique dans le sol et favoriser une croissance végétale plus saine. Cela est

souvent attribué à une meilleure disponibilité des nutriments, une activité microbienne renforcée et une meilleure rétention d'eau dans le sol.

- **Réduction de la dureté de l'eau:** La technologie de l'aimantation de l'eau est parfois commercialisée comme un moyen d'adoucir l'eau en modifiant la structure des minéraux responsables de la dureté de l'eau, tels que les ions calcium et magnésium. Cela est censé réduire les effets néfastes de l'eau dure sur les systèmes de plomberie et les appareils.

2.3. Les avantages de la magnétisation de l'eau sur les propriétés des matériaux cimentaires:

La technologie de l'eau magnétisée dans le domaine des matériaux de construction est parfois censée offrir divers avantages potentiels, bien que les preuves scientifiques soutenant ces allégations soient souvent limitées et non concluantes. Néanmoins, les partisans suggèrent les avantages potentiels suivants [1-7] :

- **Temps de prise réduit du béton :**

L'eau magnétisée est censée accélérer le processus d'hydratation dans les matériaux à base de ciment, tels que le béton et le mortier. Cela peut potentiellement raccourcir le temps de prise de ces matériaux, entraînant des calendriers de construction plus rapides et des délais de projet réduits.

- **Amélioration de la maniabilité :**

L'eau magnétisée est censée améliorer la maniabilité et la fluidité des mélanges de béton et de mortier en réduisant la tension superficielle de l'eau. Cela peut résulter en un placement, une compaction et une finition plus faciles des matériaux de construction, ce qui entraîne une meilleure qualité et productivité de construction.

- **Augmentation de la résistance à la compression :**

Certains partisans affirment que l'eau magnétisée peut améliorer la résistance à la compression et la durabilité du béton en favorisant une hydratation plus efficace et en réduisant les vides et imperfections du matériau. Cela peut résulter en des structures plus fortes et plus résistantes qui nécessitent moins d'entretien et de réparations au fil du temps.

- **Réduction des fissures et du retrait :**

La technologie de l'eau magnétisée est parfois censée atténuer le risque de fissures et de retrait dans le béton et le mortier en améliorant l'uniformité et l'homogénéité du matériau. Cela peut aider à prévenir les défauts structurels et améliorer les performances à long terme des éléments de construction.

➤ **Durabilité environnementale :**

En réduisant le besoin d'additifs chimiques et en minimisant les déchets liés aux matériaux de construction, la technologie de l'eau magnétisée est parfois promue comme une approche respectueuse de l'environnement pour la construction. Cela peut contribuer à des pratiques de construction durables et aider à minimiser l'impact environnemental des projets de construction.

➤ **Économies de coûts :**

Les avantages potentiels de la technologie de l'eau magnétisée en termes d'accélération des calendriers de construction, d'amélioration des performances des matériaux et de réduction des besoins en entretien peuvent conduire à des économies de coûts pour les entreprises de construction et les propriétaires de projets. Cela inclut des économies sur la main-d'œuvre, les matériaux et les dépenses opérationnelles sur le cycle de vie d'un bâtiment ou projet d'infrastructure.

I.3. Généralités sur les matériaux cimentaires

I.3.1 Définition et rôle d'un mortier de ciment :

C'est un mélange dans des proportions convenables (suivant la destination et l'emploi du mortier) de sable, de liant et d'eau, pour former une pâte de plasticité déterminée qui durcie avec le temps pour atteindre des caractéristiques similaires à une pierre naturelle. En plus de la liaison et de cohésion qu'il assure aux éléments de maçonnerie, de la protection de la construction (rôle d'enduit) contre l'humidité due aux intempéries. Le mortier est une matière entrant dans la confection des éléments préfabriqués et est le principal constituant du béton, il a pour rôle de colmater les vides intergranulaires [1,2].

I.3.2 Principaux constituants du mortier de ciment :

I.3.2.1 Le sable :

C'est un matériau naturel ou artificiel dont au moins 50% des diamètres de grains sont supérieurs à 80 µm et dont la taille n'excède pas 5mm [1,2]. La classification du sable est fondée sur trois paramètres essentiels :

La provenance des grains (calcaire, silice) ;

La granularité ;

La propreté.

En effet, plusieurs types de sables sont à distinguer, parmi lesquels on trouve :

- **Les sables naturels** : Ils sont utilisés en construction des différents projets de construction et prélevés soit dans les alluvions des rivières ou des fleuves (sable roulé), soit sur les plages ou les dunes naturelles.
- **Les sables artificiels** : Sont soit du sable de concassage ou du sable roulés provenant de la production des matériaux concassés.

1.3.2.2 Le ciment:

C'est un liant hydraulique artificiel fabriqué essentiellement à partir d'un mélange de calcaires (environ 75%), d'alumine et de silice qui se trouvent dans l'argile (environ 25%). Le procédé de fabrication du ciment consiste essentiellement à broyer des matières premières, à les mélanger dans certaines proportions puis à les cuire dans un grand four rotatif à une température atteignant environ 1450°C, température à laquelle le matériau fond partiellement jusqu'à former des nodules connus sous le nom de clinker. Le clinker refroidi puis broyé en poudre fine, opération de laquelle on ajoute un pourcentage de gypse (de 3 à 5% de masse de clinker) et un pourcentage d'ajouts inertes ou actifs (laitier, pouzzolane, cendre, calcaire,...) pour obtenir le ciment désiré selon le type d'ouvrage réalisé [1, 4]. Les ciments sont alors classés en fonction de leur composition en cinq types principaux selon la norme NFP15-301. Ils sont notés CEM et numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne [15,16 ,17].

1.3.2.3.L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage remplit deux fonctions principales, d'une part, une fonction physique qui permet de conférer au mortier les propriétés de fluidification et d'autre part une fonction chimique qui contribue à la réaction d'hydratation. Cette eau doit être propre et satisfaire aux exigences de la norme actuelle NF.18-303. L'eau utilisée dans la préparation des gâchés des mortiers élaborés dans ce travail est une eau potable du robinet.

1.3.3. Propriétés essentielles d'un mortier de ciment:

Les propriétés principales d'une pâte de mortier sont la fluidité, l'hydrophile et la résistance mécanique.

1.3.3.1. L'ouvrabilité et la maniabilité:

Une pâte de mortier peut avoir, suivant les composants, des consistances différentes, depuis l'état sec jusqu'à l'état fluide. Les mortiers de maçonnerie, des travaux de finissage des bâtiments et autres doivent être suffisamment maniable. L'ouvrabilité de la pâte de mortier détermine la maniabilité, c'est-à-dire le pouvoir de se poser sur une surface, avec une dépense minimale d'énergie, sous forme d'une couche de densité uniforme fortement adhérente à la surface de base [17].

1.3.3.2. La résistance mécanique :

La résistance d'un mortier au cours du durcissement dépend de l'activité du liant et du rapport E/C. Elle dépend aussi de la quantité de ciment et du sable employé. D'autre part, la résistance du mortier est fonction de la résistance des produits de gel (silice de calcium hydraté S-C-H). Cependant, la source réelle de la résistance du mortier n'est pas entièrement maîtrisée [17,18], mais dépend probablement de deux types de liaisons homogènes:

Le premier type est l'attraction physique entre les surfaces solides séparées seulement par les petits produits de gel (moins de 3nm). Cette attraction est généralement connue sous le nom de force de Van Der Waals.

La deuxième source de cohésion vient des liaisons chimiques. Puisque le gel de ciment n'est pas gonflant, c'est -à dire que les particules ne peuvent être dispersées en ajoutant de l'eau, il semble que les particules de gel s'entrecroisent sous l'effet des forces chimiques. Ces dernières sont très fortes que les forces de Van Der Waals, mais les liaisons chimiques ne couvrent qu'une faible fraction de la surface des particules de gel.

1.3.4. Structure de la pâte de ciment :

1.1.5.1 Réaction d'hydratation :

On entend par hydratation du ciment toutes les réactions qui se développent entre le ciment et l'eau. En d'autres termes, les silicates et aluminates en présence d'eau forment des produits d'hydratations (gel) qui donnent avec le temps une masse ferme et dure (la pâte de ciment hydratée). Le chatelier était le premier qui a remarqué que les produits d'hydratation du ciment sont chimiquement les mêmes que les produits d'hydratation des composés seuls, dans des conditions similaires. Cela a été confirmé plus tard par H.H. Steneinour [19]. Dû au fait que les produits d'hydratation du ciment ont une très faible solubilité dans l'eau; quelque soit le mode de précipitation des produits d'hydratation, la vitesse de cette [hydratation décroît continuellement, si bien que, même longtemps après, il reste une quantité appréciable de ciment non hydraté. Par exemple, après 28 jours de contact avec l'eau, T.C. Powers [20] a constaté que les grains de ciment se sont hydratés jusqu'à une profondeur de 4µm seulement et de 8µm après une année. Il a montré que l'hydratation totale dans des conditions normales n'est possible que pour les particules de ciment inférieur à 50µm, par contre, l'hydratation complète a été obtenue par broyage continu du ciment dans l'eau pendant cinq jours.

1.1.5.2 Evolution de la structure poreuse au cours du temps (durcissement):

Après la prise, le phénomène d'hydratation se poursuit, c'est la période de durcissement. Elle est beaucoup plus longue; pour les ciments à durcissement rapide, on obtient après quelques jours la quasi-totalité de la résistance, mais pour d'autres ciments le durcissement se poursuit pendant des mois.

La plupart des propriétés mécaniques de la pâte du ciment durcie semblent dépendre non pas de la composition chimique du ciment hydraté mais aussi de la structure poreuse des produits d'hydratation (gel) vus au niveau des dimensions colloïdales. Il est donc important d'avoir une bonne illustration des propriétés physiques de la structure de gel du ciment. La pâte de ciment fraîche est un réseau plastique de particules de ciment dans l'eau, mais, une fois que la pâte a fait prise, son volume apparent ou brut demeure approximativement constant.

A n'importe quel stade de l'hydratation, la pâte durcie est constituée d'hydrates très mal cristallisés des différents composés considérés collectivement comme un gel, de cristaux de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, de quelques composants mineurs, de ciment non hydraté et le reste d'espaces vides remplis d'eau dans la pâte fraîche. Ces vides sont appelés pores capillaires, mais, à l'intérieur même du gel, il existe des vides interstitiels, appelés pores de gel. La structure de la pâte du ciment a été représentée schématiquement sur la figure (I-1) par Powers T.C [20]. La surface de la phase solide augmente considérablement pendant l'hydratation et une grande quantité d'eau libre se trouve adsorbée sur cette surface. Si aucun mouvement d'eau vers ou à partir de la pâte de ciment ne peut se faire, les réactions d'hydratation consomment presque la totalité de l'eau n'en laissant qu'une trop petite quantité pour saturer les surfaces solides, provoquant ainsi la diminution de l'humidité relative à l'intérieur de la pâte, ce que l'on appelle l'auto dessiccation. Etant donné que le gel ne peut se former que dans un espace rempli d'eau cette opération continue jusqu'à la fin du processus de durcissement [18-20].

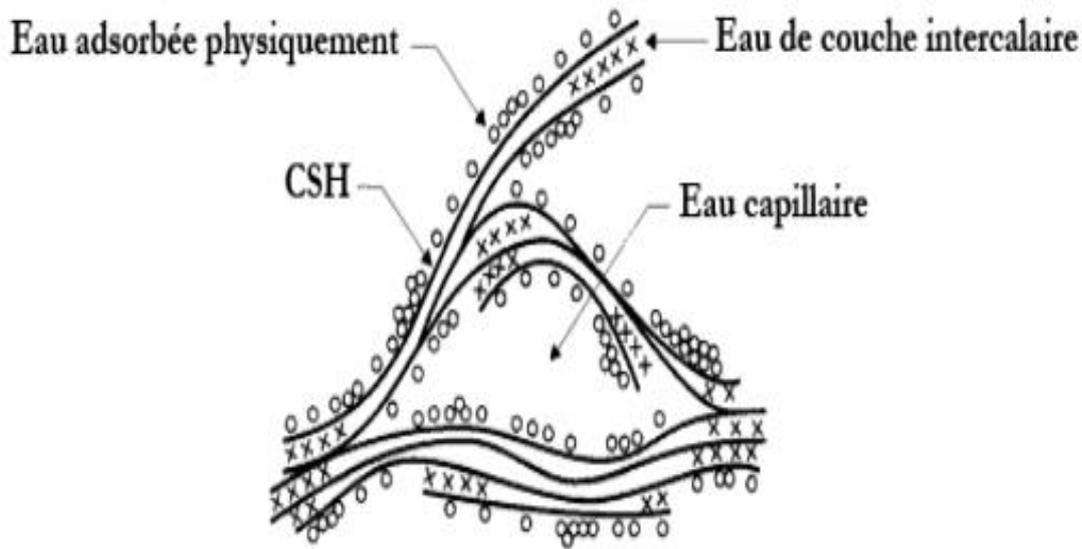


Figure .I.1 : La structure de la pâte de ciment selon le modèle de Feldman et Serada [15].

I.4. Etat de l'art sur l'effet de l'eau magnétisée sur le comportement des matériaux cimentaires :

4.1. La résistance mécanique :

Renforcement de la force L'effet de la magnétisation de l'eau sur le renforcement de la force des matériaux de ciment est un sujet d'intérêt, mais qui nécessite une attention particulière et un examen minutieux en raison des preuves mixtes et du débat scientifique entourant la Technologie de l'Eau Magnétisée. Alors que les défenseurs de cette technologie affirment que la magnétisation de l'eau peut améliorer les propriétés des matériaux de ciment et renforcer leur force, le consensus scientifique sur son efficacité reste incertain. Les partisans de la magnétisation de l'eau suggèrent souvent plusieurs mécanismes à travers lesquels elle pourrait potentiellement renforcer la force des matériaux de ciment [10-14]:

➤ Hydratation améliorée :

Il est supposé que la magnétisation de l'eau de mélange peut accélérer le processus d'hydratation du ciment, conduisant à une hydratation plus efficace et complète des particules de ciment. Cela pourrait aboutir à un béton plus dense et plus fort avec une résistance à la compression plus élevée.

➤ **Cristallisation améliorée :**

Les défenseurs suggèrent que la magnétisation de l'eau pourrait favoriser la formation de structures cristallines plus stables et bien définies au sein de la matrice de ciment hydraté. Cela pourrait contribuer à une force accrue et à des propriétés mécaniques améliorées du béton ou du mortier résultant.

➤ **Porosité réduite :**

L'eau magnétisée pourrait potentiellement réduire la porosité des matériaux de ciment en facilitant la formation de pores plus fins et en réduisant la présence de plus grands vides. Une plus faible porosité est associée à une force et une durabilité plus élevées dans le béton, car elle réduit les voies d'entrée de substances nocives et augmente la résistance aux cycles gel-dégel et aux attaques chimiques. Bien que ces mécanismes offrent des explications théoriques sur la manière dont la magnétisation de l'eau de mélange pourrait potentiellement renforcer la force des matériaux de ciment, il est important de noter que les preuves empiriques étayant ces affirmations sont limitées et souvent contradictoires. De nombreuses études sur les effets de l'eau magnétisée sur les propriétés du ciment ont rapporté des résultats mitigés ou non concluants, certaines montrant des améliorations modestes de la force, tandis que d'autres ne montrent aucune différence significative par rapport à l'eau de mélange conventionnelle. De plus, la complexité de l'hydratation du ciment et les nombreux facteurs influençant la force du béton rendent difficile l'isolement des effets spécifiques de la magnétisation de l'eau de mélange.

I.4.2. Amélioration de la durabilité :

L'effet de l'eau de mélange aimantée sur l'amélioration de la durabilité des matériaux cimentaires est un sujet d'intérêt, bien que le consensus scientifique sur son efficacité reste limité. Les partisans de la technologie de l'eau magnétisée suggèrent que l'aimantation de l'eau de mélange peut améliorer la durabilité des matériaux cimentaires en renforçant diverses propriétés liées à la résistance aux facteurs environnementaux et aux mécanismes de détérioration.

➤ **Perméabilité réduite :**

Un mécanisme proposé est que l'aimantation de l'eau de mélange peut entraîner une réduction de la perméabilité des matériaux cimentaires. Une perméabilité réduite peut limiter l'entrée d'humidité, de produits chimiques agressifs et de substances nocives dans la matrice de béton, réduisant ainsi le risque de mécanismes de détérioration tels que la corrosion des armatures et l'attaque par les sulfates. Résistance améliorée à l'attaque chimique : Les partisans suggèrent que l'eau de mélange magnétisée

peut améliorer la résistance des matériaux cimentaires à l'attaque chimique par les ions agressifs présents dans l'environnement environnant. Cela pourrait entraîner une durabilité accrue du béton exposé à des conditions difficiles, telles que des environnements marins ou des zones avec de forts niveaux de polluants industriels.

➤ **Résistance améliorée à la carbonatation :**

On suppose que l'aimantation de l'eau de mélange peut améliorer la résistance à la carbonatation des matériaux cimentaires. La carbonatation est un processus où le dioxyde de carbone de l'atmosphère réagit avec l'hydroxyde de calcium dans le béton, entraînant une diminution du pH et une éventuelle détérioration du béton. En réduisant la perméabilité et en modifiant la microstructure, l'eau aimantée pourrait potentiellement atténuer les effets de la carbonatation et prolonger la durée de vie des structures en béton.

➤ **Résistance accrue au gel :**

L'eau de mélange aimantée pourrait potentiellement améliorer la résistance au gel des matériaux cimentaires en réduisant la distribution de la taille des pores et la connectivité des pores dans la matrice de béton. Cela peut réduire le risque de dommages dus au gel-dégel, qui survient lorsque l'eau piégée dans le béton gèle et se dilate, entraînant des fissures et une détérioration.

➤ **Atténuation améliorée de la réaction alcali-silice (RAS) :**

Certains partisans suggèrent que l'aimantation de l'eau de mélange pourrait atténuer les effets néfastes de la réaction alcali-silice (RAS) dans le béton. La RAS se produit lorsque la silice réactive des granulats réagit avec les alcalis de l'hydratation du ciment, entraînant la formation de gel expansif et de fissures. En modifiant la microstructure du béton, l'eau aimantée pourrait potentiellement réduire la susceptibilité du béton aux dommages induits par la RAS. Bien que ces mécanismes offrent des explications théoriques sur la manière dont l'aimantation de l'eau de mélange pourrait potentiellement améliorer la durabilité des matériaux cimentaires, les preuves empiriques soutenant ces affirmations sont limitées et contradictoires.

I.4.3. Les propriétés fraîches :

L'effet de l'aimantation de l'eau de gâchage sur les propriétés fraîches, telles que la modification du temps de prise, des matériaux cimentaires est un sujet d'intérêt, bien que le consensus scientifique sur son efficacité reste incertain. Les propriétés fraîches, comprenant le temps de prise, la

maniabilité et la consistance, sont des facteurs cruciaux qui influent sur la manipulation, la pose et la finition du béton et du mortier pendant la construction. Les partisans de la technologie de l'eau aimantée suggèrent que l'aimantation de l'eau de gâchage pourrait potentiellement modifier le temps de prise des matériaux cimentaires en influençant la cinétique d'hydratation et les réactions chimiques se produisant pendant les premières étapes de l'hydratation du ciment. Cependant, il est essentiel d'examiner de manière critique ces affirmations en raison des preuves empiriques limitées et des résultats discrets des études examinant cette technologie [1-10] .

I.5. Les applications industrielles de la technologie de l'eau magnétisée dans le domaine de la construction:

5.1. La technologie de magnétisation de l'eau

Malgré son efficacité controversée, a été explorée pour des applications industrielles potentielles dans l'industrie de la construction. Les partisans suggèrent plusieurs applications potentielles [1-10] :

- **Production de béton :** La magnétisation de l'eau de mélange dans la production de béton est proposée pour améliorer diverses propriétés du béton, telles que la résistance, la maniabilité et la durabilité. On suppose que l'eau magnétisée pourrait influencer la cinétique d'hydratation du ciment, entraînant une meilleure hydratation du ciment et aboutissant à une résistance à la compression plus élevée à la fois à court et à long terme. De plus, l'eau magnétisée pourrait modifier les propriétés rhéologiques du béton frais, améliorant la maniabilité et réduisant la demande en eau.
- **Production de mortier et de coulis :** Tout comme pour le béton, l'eau magnétisée pourrait potentiellement bénéficier de la production de mortier et de coulis en améliorant la maniabilité, la résistance à la liaison et la résistance aux facteurs environnementaux. Une meilleure hydratation des matériaux cimentaires dans le mortier et le coulis pourrait conduire à une meilleure adhérence aux substrats et à une réduction des fissures de dessiccation.
- **Dans la fabrication de béton préfabriqué**

La technologie de l'eau magnétisée pourrait offrir des avantages en termes d'amélioration de la qualité et de la cohérence des éléments préfabriqués. En optimisant les propriétés du béton frais, l'eau magnétisée pourrait améliorer les performances des produits en béton préfabriqué, tels que les poutres, les colonnes et les panneaux, aboutissant à une plus grande durabilité et intégrité structurelle.

➤ **Traitement et protection de surface :**

L'eau magnétisée pourrait potentiellement être utilisée dans des applications de traitement et de protection de surface, telles que la cure du béton et l'étanchéité de surface. En améliorant le processus d'hydratation et les propriétés de surface du béton, l'eau magnétisée pourrait améliorer l'efficacité des méthodes de cure et renforcer la durabilité et les performances à long terme des structures en béton.

I.5.2. Développement durable

Le développement durable de divers secteurs, notamment l'agriculture, l'industrie et la construction. Bien que l'efficacité de cette technologie soit encore débattue, les partisans suggèrent plusieurs façons dont elle pourrait soutenir les objectifs de durabilité :

➤ **Conservation de l'eau :**

La technologie de l'eau magnétisée pourrait améliorer l'efficacité de l'eau dans l'irrigation agricole et les processus industriels en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'eau. En optimisant les propriétés de l'eau, telles que la réduction de la tension de surface et l'amélioration de la pénétration du sol, l'eau magnétisée pourrait potentiellement réduire la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation et le refroidissement industriel, conduisant à la conservation de l'eau et à la durabilité.

➤ **Économies d'énergie :**

L'utilisation de l'eau magnétisée dans les processus industriels, tels que la production de béton et la fabrication de métaux, pourrait entraîner des économies d'énergie en améliorant l'efficacité des processus et en réduisant la consommation de ressources. Par exemple, la technologie de l'eau magnétisée pourrait optimiser le processus d'hydratation dans la production de ciment, entraînant des besoins énergétiques moindres pour la cuisson et le broyage du four.

Chapitre II : Matériaux et Méthodes Expérimentales

II.1. Introduction :

Cette étude inscrit dans le cadre d'un projet de start-up. L'objectif principal de cette étude, est l'évaluation expérimentale de l'effet de l'eau magnétisée sur l'ouvrabilité et la résistance en compression. L'eau magnétisée a été obtenue par l'exposition de l'eau de robinet à un champ magnétique statique. Dans ce chapitre, on présente les matériaux entrant dans la préparation des mélanges étudiés, leur formulation ainsi que les techniques expérimentales utilisées pour la caractérisation des matières premières et la détermination de leurs propriétés physico-mécaniques.

II.2. Caractérisation des matières premières :

II.2.1. Préparation de l'eau magnétisée :

En mettant l'eau de robinet en contact avec un champ magnétique statique durant certain temps comme le montre la figure II.1. Le champ magnétique statique est obtenu dans étude par les aimant d'intensité de 0.5 tesla. En mettant un vase l'eau en contact avec un champ magnétique statique bipolaire (N-S) durant 24 heures. Le choix de la durée d'exposition de l'eau au champ magnétique a été déterminé après la révision approfondie des études récentes sur le même sujet [1-10]. L'exposition de l'eau au champ magnétique statique bipolaire améliore leur qualité selon les recommandations de plusieurs études antérieures [5-10]. Le traitement physique de l'eau par un champ magnétique améliore leurs propriétés comme la viscosité, la solubilité, et la tension superficielle de la goutte d'eau. La bonne qualité de l'eau magnétique peut activer la réaction d'hydratation de l'eau améliore le performance physico-mécanique des matériaux cimentaires [8-13].



Figure.II.1. Procédure de magnétisation de l'eau de gâchage.

II.2.1. Analyse granulométrique par tamisage :

Dans cette étude, nous avons utilisé des matériaux locaux, leurs caractéristiques sont déterminées dans le laboratoire de Génie Civil de l'université d'El-Bachir El-Ibrahimi de Bordj-Bou-Argeridj. L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs de différentes classes granulaires constituant l'échantillon. Les granulats utilisés pour la confection du béton étudiés sont concassés: Gravier (3/8), (8/15) ; sable de dune (0/5) d'Oud-Souf.



a- sable d'oued-souf

b- gravier (3/8)

c- gravier (8/15)

Figure II.2 : Les granulats utilisés pour la confection des bétons étudiés.

❖ Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamisât sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).



Figure II.3 : Tamiseuse.

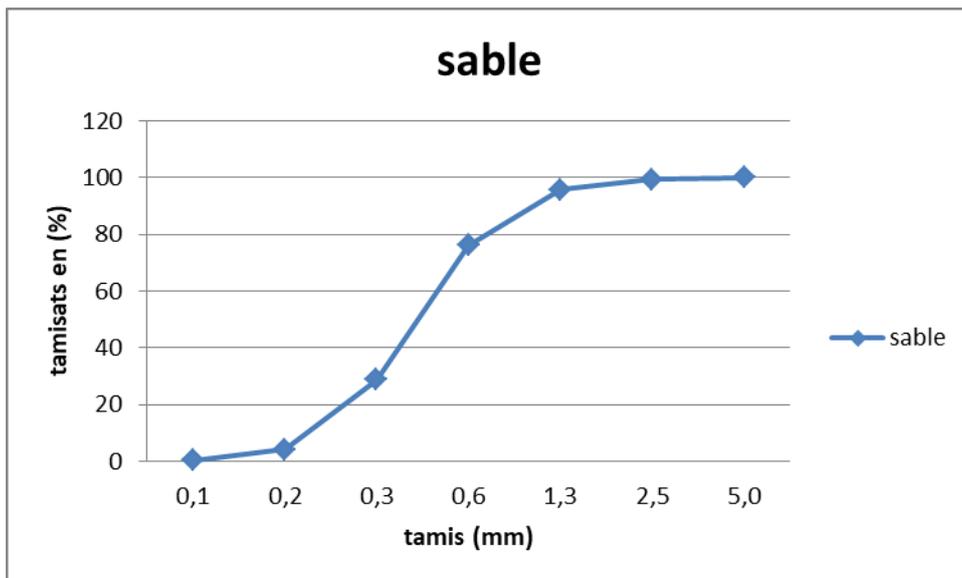


Figure II.4 : Analyse granulométrique de sable utilisé dans cette étude.

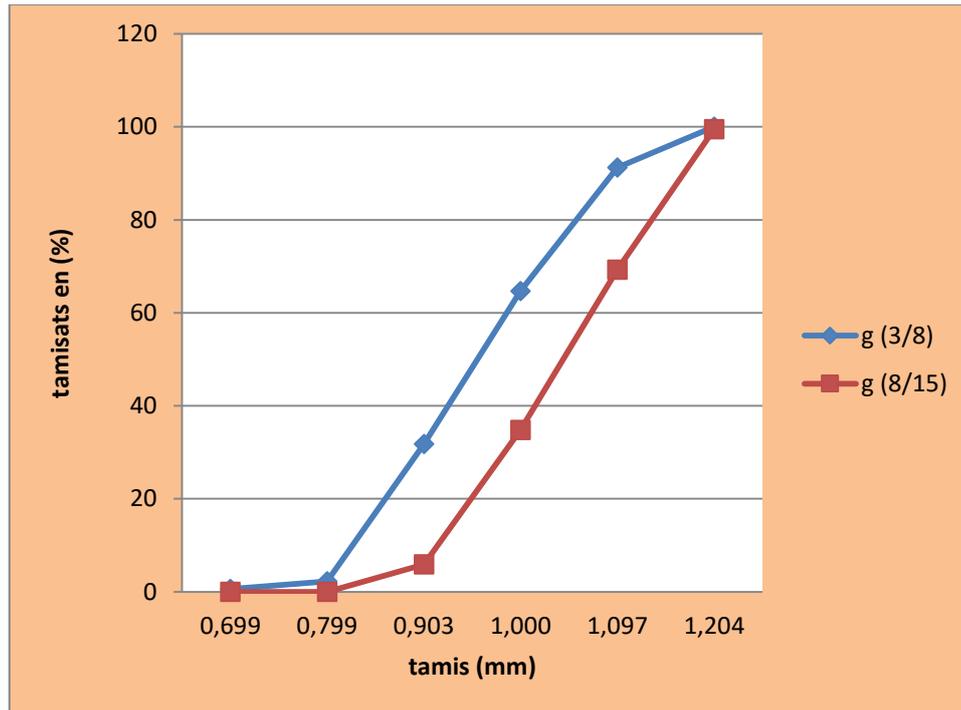


Figure II.5 : courbe granulométrique de graviers concassés.

II.2.2. La masse volumique :

❖ Définitions :

La masse volumique d'un corps est la masse de l'unité sur le volume de ce corps. Il ne faut pas confondre entre la masse volumique et la densité : une densité est le quotient entre la masse d'un certain volume d'un matériau et la masse du même volume d'eau à 4°C, c'est – à – dire une grandeur sans unité [15]. La masse volumique s'exprime en t/m^3 ; Kg/m^3 ; g/cm^3 . On distingue :

A-La masse volumique apparente :

Il est le rapport de la masse sèche M d'un corps par unité de volume, ce volume représente le volume des grains ou particules compris les pores inclus dans les Grains (pores intra granulaires) et les pores entre les grains (pores inter granulaires). Elle est la caractéristique des matériaux pulvérulents (ciments, sables, graviers).

✓ Principe de l'essai :

L'essai consiste à remplir un récipient de volume connu et de déterminer la masse du contenu. Le mode de remplissage du récipient influe sur le tassement et donc sur les résultats de l'essai. Pour cela le remplissage doit se faire à l'aide d'un entonnoir maintenu à une hauteur de chute constante du récipient pour garantir un degré de tassement définie et assurer les résultats reproductibles.

✓ Mode opératoire :

- Peser le récipient à vide et noter M_1 .
- Prendre le matériau dans les 2 mains formant entonnoir.
- Placer les 2 mains à 10 cm environ au-dessus de la mesure et laisser le matériau ni trop vite, ni trop lentement.
- Verser ainsi le matériau au centre de la mesure jusqu'à ce qu'il déborde autour en formant un cône.
- Araser à la règle.
- Peser le contenu et noter M_2 .

✓ **Méthode de calcul :**

-on effectue plusieurs essais et on prend la moyenne

-La masse volumique en vrac est donnée par :

$$\rho_{app} = (M_2 - M_1) / V$$

L'opération se fait 3 fois et prendre la moyenne. Les résultats obtenus sont classés dans le tableau suivant

Tableau II.1 : La masse volumique apparente du gravier (3/8) et (8/15).

Gravier	N° d'essai	M [g]	V [L]	Masse volumique apparente [g/cm ³]	Masse volumique apparente moyenne [g/cm ³]
3/8	1	4029.5	3	1.343	1.356
	2	4091.5	3	1.363	
	3	4094.5	3	1.364	
8/15	1	6393.5	5	1.278	1.333
	2	6890.5	5	1.378	
	3	6722.0	5	1.344	

B - La masse volumique absolue :

Est le rapport de la masse sèche M d'un corps par unité de volume, ce dernier représente le volume absolu de la substance (phase solide) sans prendre en considération les vides intra et inter granulaires.

✓ **Principe de l'essai :**

La détermination de la masse volumique absolue est liée à la détermination du volume de la phase solide (sans les vides) occupée par une masse sèche M du matériau à étudier.

Le volume absolu est lié à la mise en communication les pores intra granulaires avec l'extérieur. Il s'agit donc de réduire le matériau en poudre très fine, dont chaque grain est compact sans aucun vide et l'on mesure ainsi le volume d'eau déplacé par une masse M de cette poudre.

✓ **Mode opératoire :**

- Mettre dans une éprouvette graduée en verre un volume d'eau $V_1=400\text{ml}$.
- Peser une masse du corps $M=300\text{ g}$ et l'introduire dans l'éprouvette.
- Bien éliminer les bulles d'air.
- Lire le nouveau volume V_2 .

✓ **Méthode de calcul :**

- On effectue plusieurs essais et on prend la moyenne
- Le volume absolu ou réel est : $V=V_2 - V_1$
- La masse volumique absolue est : $\rho_{\text{abs}}= M / (V_2 - V_1)$

L'opération se fait 3 fois et prendre la moyenne. Les résultats obtenus sont classés dans le tableau suivant

Tableau II.2 : La masse volumique absolue du gravier (3/8) et (8/15).

Gravier	N° d'essai	M[g]	V1[ml]	V2[ml]	La masse volumique absolue	La masse volumique absolue moyenne
3/8	1	300	400	520	2.5	2.45
	2	300	400	522	2.45	
	3	300	400	525	2.4	
8/15	1	300	400	522	2.45	2.38
	2	300	400	535	2.22	
	3	300	400	521	2.47	

C- Sable de dune :

Les caractéristiques de sable obtenus sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Caractéristiques physiques du sable de dune (oued-souf).

Propriétés	Valeurs
Masse volumique apparente	1.488 g/cm ³
Masse volumique absolue	2.230 g/cm ³
Porosité	33,27 %
Compacité	66.73%
Indice de vide	0.5 %

II.2.3. Equivalent de sable :[NA EN 933-8]

✓ **But de l'essai :**

Cet essai consiste à déterminer la quantité d'éléments fins (argile, limons, impuretés) contenus dans le sable par rapport à la quantité d'éléments sableux.

✓ **Principe de l'essai :**

L'essai équivalent de sable permet de mesurer la fraction argileuse du matériau.

L'essai consiste à séparer le sable des matières argileuses ou fines, qui remontent par floculation à la partie supérieure de l'éprouvette où l'on a effectué le lavage (plus la valeur de ES est grande, plus le sable est propre).

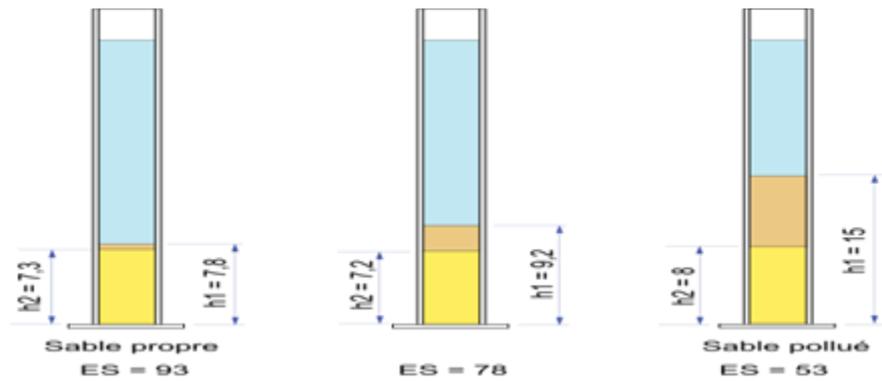


Figure II.6 : Essai équivalent de sable.

✓ **Appareillage :**

-**Deux éprouvettes cylindriques** : transparentes en matière plastique de diamètre extérieur constant à $\pm 0,5$ mm, de diamètre intérieur de $32 \text{ mm} \pm 0,5$ mm et d'une hauteur de $430 \text{ mm} \pm 1$ mm

Chaque éprouvette porte des traits de repères gravés à : $100 \text{ mm} \pm 0,25$ mm et $380 \text{ mm} \pm 0,25$ mm de la base.

-**Deux bouchons de caoutchouc** : pour fermer les éprouvettes.

-**Une tige en verre** : pour enchâsser les bulles d'air.

✓ **Mode opératoire :**

- On remplit les éprouvettes avec l'eau jusqu'au trait repère inférieur,
- A l'aide d'un entonnoir, verser l'échantillon de sable de 120 ± 1 g dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de libérer les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.
- Laisser reposer pendant 10 min.
- Boucher l'éprouvette à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et lui imprimer 90 cycles de 20 cm de secousses horizontales en 30s à la main de l'agitateur mécanique.
- Retirer le bouchon de l'éprouvette, le rincer avec solution lavante au-dessus de l'éprouvette et rincer ensuite les parois de celle-ci.
- Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette tout en imprimant au tube un léger piquage.
- Après 20 min de dépôt, lire la hauteur h_1 , de niveau supérieur de floculat jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règle.
- Mesurer également avec la règle la hauteur h_2 comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire du fond de l'éprouvette.
-

✓ **Méthode de calcul :**

-l'équivalent de sable est donné par la formule : $E_{sv} = (h_2/h_1) \times 100\%$

Avec :

h_1 = hauteur du sable + impuretés ; h_2 = hauteur du sable propre.

Introduire le piston dans l'éprouvette et la laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment.

$$E_{sp} = (h'_2/h_1) \times 100\%$$

Avec :

h_1 = hauteur du sable + impuretés ; h'_2 = hauteur du sable propre.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.5 : Résultats d'essais d'équivalent de sable de dune testé.

Essai	h_1 (cm)	h_2 (cm)	E_{sv} (%)	E_{sv} (moy)
1	13.7	12.2	89.05	90.35
2	12.5	11.3	90.4	
3	13.1	12	91.6	
Essai	h_1 (cm)	h'_2 (cm)	E_{sp} (%)	E_{sp} (moy)
1	13.7	11.7	85.4	85.77
2	12.5	10.9	87.2	
3	13.1	11.1	84.73	

Suivent les résultats trouvé on peut dire que le sable de **Oued-Souf** est un sable très propre, donc absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

II.3. Composition des mélanges:

II.3.1. Introduction :

La composition ou la formulation du béton est l'ensemble des opérations conduisant à déterminer les proportions des différents constituants pour que le béton possède les caractéristiques souhaitées (résistance, consistance, ...). La détermination de ses proportions est approximative et elle est réalisée selon la méthode Dreux-Gorisse. Le tableau ci-dessous montre la composition des bétons préparés pour un $1m^3$.

Tableau II.6 : Composition des bétons préparés pour 1m³.

Constituants	Béton témoin préparé avec de l'eau de robinet (kg)	Béton préparé avec de l'eau magnétisée
Sable	644	644
Gravier 3/8	206.7	206.7
Gravier 8/15	1004.6	1004.6
Ciment	400	400
Eau	200	200

Les spécimens fabriqués dans cette étude sont prismatiques de types : 10x10x10 cm³. les échantillons sont conservés dans un bac d'eau potable jusqu'à l'âge de 28 jours puis dans l'environnement de laboratoire sauf pour les échantillons utilisés pour l'essais de durabilité qui nous avons conservé dans l'eau pendant 14 jours seulement, puis nous avons commencé l'essai de gel/dégel et des sels de déverglace. Nous avons utilisé trois échantillons pour chaque composites et pour chaque test réalisé dans le but d'assurer la fiabilité des résultats.

II.4. Essais sur le béton :

II.4. 1. Essai d'affaissement au cône d'Abram :

✓ Principe de l'essai :

Il s'agit de mesurer l'affaissement d'un cône de béton frais sous l'effet de son propre poids.

Cet essai est pratiqué tant que le diamètre maximal des granulats utilisés dans le béton reste inférieur à 40mm.

Plus cet affaissement est élevé, plus la consistance du béton testé est réputé fluide.

✓ Appareillage :

-**Un moule** : sans fond, de forme tronconique, indéformable, sa paroi intérieure est lisse, non absorbante et non réactive au liant, le moule a les dimensions intérieures suivantes :

* diamètre du cercle de la base supérieure : 100mm ± 0.5mm

* diamètre du cercle de la base inférieure : 200mm ± 0.5mm

* hauteur : 300mm ± 1mm

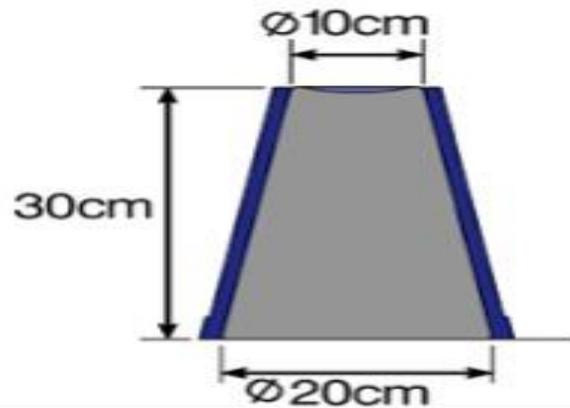


Figure II.7 : Les dimensions de cône d'Abrams.

- Une **tige de piquage** : en acier, de diamètre 16mm et une longueur 600mm, à extrémités hémisphériques.
- Un **portique de mesure** : constitué par deux montants verticaux reliés rigidement à la partie supérieure, sur laquelle coulisse une règle de lecture susceptible d'être immobiliser par une vis de pression.
- Une **surface d'appuis de l'ensemble**: plane et horizontale, rigide et non absorbante, elle est généralement métallique.

✓ **Mode opératoire :**

- on fixe le moule, légèrement huilé, sur la surface d'appuis légèrement humidifié,
- on introduit le béton dans le moule en trois couches, chacune ayant une hauteur égale au tiers de la hauteur du moule,
- à l'aide de la tige de piquage, on pique chaque couche 25 fois en faisant pénétrer la tige dans la couche sous-jacente,
- à la dernière couche, on ajoute le béton pour que le moule soit juste remplis a ras bords,
- on arase le bord supérieur du moule en évitant le compactage supplémentaire du béton,
- on soulève le moule lentement, à la verticale et on mesure le point le plus haut du béton affaissé.

II.4.2. Essais de compression:

La caractéristique essentielle des matériaux cimentaires durcis est la résistance en compression à un âge donné. Le béton est un matériau travaillant bien en compression, dont la connaissance des propriétés mécaniques est indispensable pour le dimensionnement des ouvrages. Ainsi, l'étude de la résistance en compression peut permettre d'avoir une idée globale sur la qualité du béton. Cette résistance dépend

d'un grand nombre de paramètres : le type et dosage des matériaux utilisés, la nature des granulats, la porosité, et de la condition de réalisation, etc.

Les essais de résistance à la compression (R_c) par écrasement ont été effectués sur des éprouvettes cubiques $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$. La résistance à la compression est calculée à partir de la moyenne de 3 essais réalisés sur des éprouvettes identiques. L'écrasement des éprouvette est fait sur une presse hydraulique de capacité 150 KN a servi à l'enregistrement de la force de rupture. Les éprouvettes ont été placées de façon à être parfaitement centrées entre les plateaux de la presse de compression comme l'illustre la figure II.8. Le plateau supérieur est mobile de telle sorte à épouser la surface de l'échantillon. L'essai est conduit jusqu'à la ruine totale de l'éprouvette à une vitesse lente et constante.



Figure II.8 : Dispositif expérimental de l'essai de compression.

La résistance à la compression R_c est calculée par la formule classique de la résistance des matériaux :

$$R_c = \frac{F}{S}$$

Avec :

R_c : La résistance à la compression

F : force de rupture.

S : section latérale de l'éprouvette (10×10) cm^2 .

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Introduction :

Cette étude inscrit dans le cadre d'un projet de start-up. L'objectif principal de cette étude, est l'évaluation expérimentale de l'effet de l'eau magnétisée sur l'ouvrabilité et la résistance en compression d'un béton ordinaire. L'eau magnétisée a été obtenue par l'exposition de l'eau de robinet à un champ magnétique statique. L'eau magnétisée est utilisée avec le béton pour renforcer leur comportement que ce soit à l'état frais ou à l'état durci. Mais, à long terme la magnétisation peut améliorer leur durabilité. Deux types de bétons sont confectionnés : un béton ordinaire préparé avec de l'eau potable de robinet et un béton préparés avec de l'eau magnétisée. Dans ce chapitre, on présente les résultats des bétons fabriqués comme l'ouvrabilité et la résistance mécanique des deux bétons préparés avec de l'eau de robinet et de l'eau magnétisée. Finalement, on estime l'effet de la magnétisation sur les propriétés déterminées.

III.2. Caractérisation des bétons préparés :

II.2.1. La consistance :

Dans cette section, nous montrons l'effet de l'eau magnétisée sur la consistance des bétons étudiés. La consistance ou l'ouvrabilité a été évaluée dans cette étude par l'essai de cône d'Abrams.

La consistance d'un mélange est caractérisée sa viscosité, son degré de fluidité et sa facilité de mise en place sur des supports. Les valeurs moyennes obtenues sont représentées par la figure III.1. La Figure III.1 montre que l'eau magnétisée augmente l'ouvrabilité du béton de l'ordre 60 %, par rapport au béton ordinaire préparé avec de l'eau de robinet. Ce comportement est alternative permet l'améliorer la consistance du béton et facilite le coulage du béton notamment dans les coffrages condensé par le ferrailage. Cette tendance innovante permet aussi de réduit le coût du béton par la réduction de l'utilisation de super-plastifiant. Ce phénomène peut être expliqué par les bonnes propriétés de l'eau

magnétisée comme la basse viscosité et basse tension super et haute solubilité. Ces propriétés de l'eau magnétisée améliore la pénétration des gouttes d'eau dans les grains de ciment. Par conséquence ; cette effet améliore le taux d'hydratation de l'eau avec le ciment. De plus, ce comportement améliore l'homogénéité du mélange et réduit le phénomène de ségrégation durant coulage et le placement du béton.

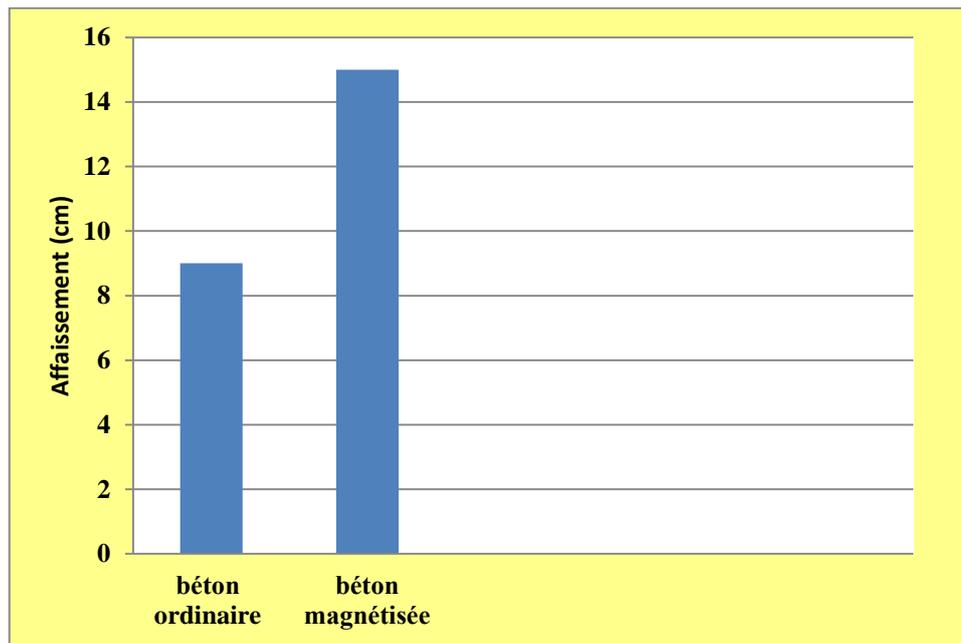


Figure.III.1. L'effet de l'eau magnétisée sur l'affaissement des bétons étudiés.

III.2.2. Résistance mécanique:

Dans cette section, on montera l'effet de l'eau magnétisée sur la résistance en compression des bétons étudiés, à l'âge de 30 jours, est illustrée par la Figure III. 2. Celle-ci montre clairement que l'eau magnétisée améliore significativement la résistance en compression. GCR provoque une de la résistance en compression. Le béton préparé avec de l'eau magnétisée connu une résistance de 9% plus grande par rapport le béton préparé avec de d'eau de robinet. La hausse en performances mécaniques du béton préparé avec de l'eau magnétisée est liée principalement à la bonne hydratation des grains de ciment produit par l'eau magnétisée. L'eau magnétisée est une eau qui a été traitée avec des aimants pour créer un champ magnétique. Ce champ magnétique modifie la structure moléculaire de l'eau, ce qui conduit à l'agglomération des molécules d'eau en grappes plus grandes et plus organisées.

Lorsque cette eau magnétisée est utilisée pour saturer des matériaux poreux tels que le béton, la céramique ou le plâtre, elle pénètre à l'intérieur des pores de ces matériaux et remplit les vides. En se mélangeant avec les composants du matériau, l'eau magnétisée réduit les espaces vides et renforce ainsi la connexion entre les particules du matériau.

Cela a pour effet d'augmenter la résistance en compression du matériau traité. En d'autres termes, le matériau devient plus solide et capable de mieux résister à la pression exercée sur lui. Cela peut avoir un impact positif sur la durabilité et la performance du matériau, notamment dans des applications où il est exposé à de fortes contraintes mécaniques, telles que les structures de construction ou les revêtements de surface.

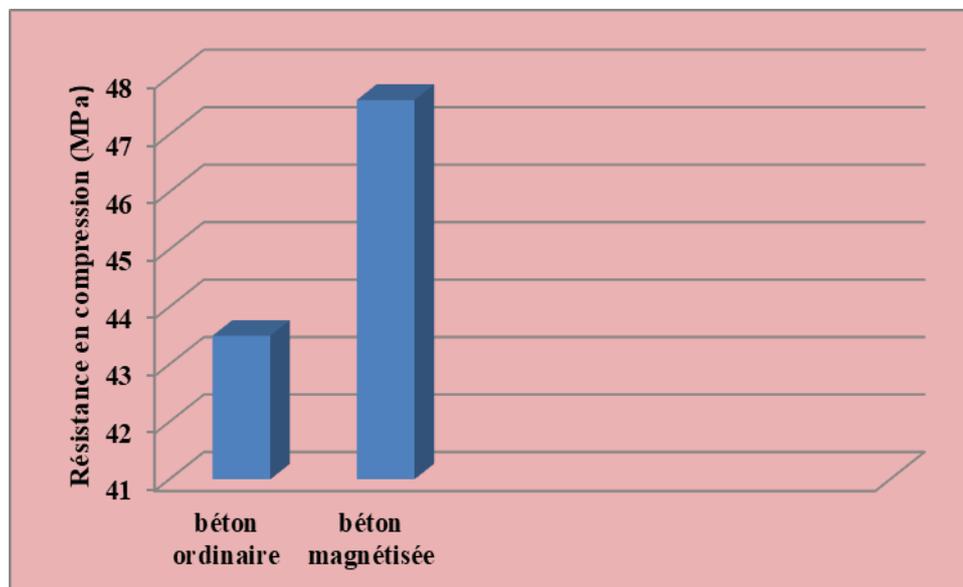


Figure.III.2. L'effet de l'eau magnétisée sur la résistance en compression

Les composites de ciment produits en mélangeant de l'eau soumise à une activation magnétique. Ces études ont révélé que les composites magnétiques présentent une résistance à la compression, à la traction et à la flexion plus élevée par rapport aux composites de contrôle fabriqués avec de l'eau classique [1 ;3 ;9]. Al-Safy et al [3] ont développé deux types d'adhésif à base de ciment en utilisant de l'eau activée magnétiquement pour le mélange et le durcissement. L'eau magnétisée a été exposée à deux forces magnétiques de 9000 et 6000 Gauss, avec des temps de circulation d'eau variables. Les résultats ont indiqué que les échantillons de MCBA avaient une résistance maximale avec un débit de 0,1 m³/h pendant 15 minutes de temps de circulation (T). Une autre étude menée par Yousry [9] a

montré que le passage de l'AMMW 150 fois à travers un champ magnétique augmentait la résistance à la compression de 10 %, 25 % et 43 % après 7, 28 et 56 jours, respectivement, par rapport aux bétons préparés avec de l'eau du robinet. Ces résultats ont indiqué que les composites de ciment préparés avec de l'eau magnétisée avaient une résistance à la compression à un jeune âge plus élevée que le même composite à un âge plus avancé.

III.3. Conclusion:

La présente étude, intégrée dans le cadre d'un projet de start-up, s'inscrit dans une démarche novatrice visant à évaluer l'impact de l'eau magnétisée sur l'ouvrabilité et la résistance en compression du béton ordinaire. En exposant l'eau de robinet à un champ magnétique statique, nous avons pu obtenir de l'eau magnétisée, dont l'utilisation dans le béton s'est avérée prometteuse tant à l'état frais qu'à l'état durci, avec des implications potentielles sur sa durabilité à long terme.

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de notre étude, mettant en lumière l'effet de l'eau magnétisée sur la consistance et la résistance mécanique du béton. Nos observations ont révélé une amélioration significative de l'ouvrabilité du béton, avec une augmentation de l'ordre de 60% par rapport au béton ordinaire préparé avec de l'eau de robinet. Cette amélioration s'est traduite par une facilité accrue de mise en place du béton, notamment dans des conditions où la compaction est plus difficile, comme dans les coffrages densément ferrailés. De plus, l'utilisation d'eau magnétisée a permis de réduire la nécessité d'utiliser des super-plastifiants, contribuant ainsi à une optimisation des coûts de production.

En ce qui concerne la résistance en compression, nos résultats ont démontré une augmentation significative de la résistance du béton préparé avec de l'eau magnétisée, avec une amélioration de 9% par rapport au béton préparé avec de l'eau de robinet. Cette augmentation de performance mécanique peut être attribuée à une meilleure hydratation des grains de ciment facilitée par l'eau magnétisée. En effet, le champ magnétique altère la structure moléculaire de l'eau, favorisant ainsi une meilleure

pénétration et dispersion des gouttes d'eau dans les grains de ciment, ce qui améliore l'homogénéité du mélange et réduit les phénomènes de ségrégation.

En conclusion, nos résultats suggèrent que l'utilisation d'eau magnétisée présente un potentiel significatif pour améliorer à la fois l'ouvrabilité et la résistance en compression du béton. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes sous-jacents de cet effet et pour évaluer ses implications à plus grande échelle. En explorant davantage cette voie, nous pourrions ouvrir la porte à des avancées importantes dans le domaine de la construction durable et de la technologie des matériaux.

Conclusion Générale :

La présente étude, intégrée dans le cadre d'un projet de start-up, s'inscrit dans une démarche novatrice visant à évaluer l'impact de l'eau magnétisée sur l'ouvrabilité et la résistance en compression du béton ordinaire. En exposant l'eau de robinet à un champ magnétique statique, nous avons pu obtenir de l'eau magnétisée, dont l'utilisation dans le béton s'est avérée prometteuse tant à l'état frais qu'à l'état durci, avec des implications potentielles sur sa durabilité à long terme.

L'eau magnétisée présente des avantages significatifs sur l'ouvrabilité et la résistance en compression du béton. En effet, l'eau magnétisée améliore l'ouvrabilité du béton, ce qui facilite sa mise en place et réduit l'utilisation de superplastifiant, contribuant ainsi à une réduction des coûts. De plus, la résistance en compression du béton est également améliorée grâce à l'hydratation plus efficace des grains de ciment induite par l'eau magnétisée. Cela est dû à la modification de la structure moléculaire de l'eau, qui favorise une meilleure pénétration et une meilleure liaison entre les particules du matériau.

Les études antérieures ont également montré que les composites de ciment fabriqués avec de l'eau magnétisée présentent une résistance mécanique supérieure par rapport à ceux fabriqués avec de l'eau ordinaire. Ces résultats illustrent l'impact positif de l'eau magnétisée sur les propriétés du béton et ouvrent la voie à de nouvelles perspectives dans le domaine de la construction et du génie civil.

En outre, les recherches futures pourraient se concentrer sur l'optimisation des paramètres de magnétisation de l'eau, tels que l'intensité du champ magnétique et la durée d'exposition, afin d'améliorer encore les performances du béton. Il est également important de mener des études à plus long terme pour évaluer l'effet de la magnétisation sur la durabilité du béton et sa résistance aux conditions environnementales variées.

En somme, l'utilisation de l'eau magnétisée dans la fabrication du béton représente une avancée prometteuse pour l'industrie de la construction, offrant des possibilités d'amélioration des propriétés du

matériau et de réduction des coûts de production. Cette étude souligne donc l'importance de poursuivre les recherches dans ce domaine pour explorer pleinement le potentiel de l'eau magnétisée dans l'amélioration des bétons et des matériaux de construction en général.

Références bibliographiques

- [1] Layachi guelmine, effect of magnetic treatment of mixing water on the behavior of cement-based materials: A review. *Materials Science-Poland*, 41(2), 2023, pp. 1-17. <http://doi.org/10.2478/msp-2023-001>
- [2] Nan Su, Chea-Fang Wu. Effect of Magnetic Field Treated Water on Mortar and Concrete containing Fly Ash. *Cem Concr Compos*, 2003, 25: 681-688. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00098-7](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00098-7).
- [3] Al-Safy R A. Employment of magnetic water treatment in construction. *J Eng Sustain Dev*, 2021, 25:1-13. <https://doi.org/10.31272/jeasd.25.4.1>
- [4] Mohammadnezhad A, Azizi S, Farahani H S, Tashan J, Asghar Habibnejad Korayem A H. Understanding the magnetizing process of water and its effects on cementitious materials: A critical review. *Constr Build Mater*, 2022, 356: 129076. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129076>
- [5] Malathy R, Narayanan K, Masilamani A, et al. Influence of magnetic water on concrete properties with different magnetic field exposure times. *Mater*, 2022, 15: 4291. <https://doi.org/10.3390/ma15124291>.
- [6] Karthik D E, Mrudunayani P, Konda Babu S V V. Influence of magnetic water on self-compacting concrete using sulphate Resisting Cement. *Ann Chim – Sci Mater*, 2019, 43: 347-352. <https://doi.org/10.18280/acsm.430511>.
- [7] Esmaeilnezhad E, Choi H J, Schaffie M, et al. Characteristics and applications of magnetized water. *J Clean Prod*, 2017, 161: 908-921. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.166>.
- [8] Jouzdani B E, Reisi M. Effect of magnetized water characteristics on fresh and hardened properties of selfcompacting concrete. *Constr Build Mater* 2020, 242: 118196. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118196>.
- [9] Yousry O M M, Metwally A. Abdallah, et al. A study for improving compressive strength of cementitious mortar utilizing magnetic water. *Mater* 2020, 13: 1971. <http://doi.org/10.3390/ma13081971>.
- [10] Al-Safy R, Al-Mosawe A, Al-Mahaidi R. Utilization of magnetic water in cementitious adhesive for near-surface mounted CFRP strengthening system, *constr. Build Mater*, 2019, 197 : 474–488. <https://doi.org/10.1016/j.conbuild>
- [11] Sevim O, Alakara E H, DDemir I, et al. Effect of magnetic water on properties of slag-based geopolymer composites incorporating ceramic tile waste from construction and demolition waste. *Archiv Civ Mech Eng*, 23, 107. <https://doi.org/10.1007/s43452-023-00649-z>.

Références bibliographiques

- [12] Ahmed HI. Behavior of magnetic concrete incorporated with Egyptian nano-alumina. *Constr build Mater.* 2017; 150: 404-408. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.022>.
- [13] Youssf O , Swilam A, Tahwia A M. Performance of crumb rubber concrete made with high contents of heat pre-treated rubber and magnetized water. *J Mater Res Technol*, 2023, 23: 2160- 2176. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.146>.
- [14] Ahmed A S, Elshikh M M Y, Elemam W E, et al. Influence of mixing-water magnetization method on the performance of silica fume concrete. *Build*, 2023,13, 44. <https://doi.org/10.3390/buildings13010044>.
- [15] M.N. Adam, Propriétés des bétons, Ed Eyrolles, pp. 754 (1998), Paris.
- [16] G. Dreux, J. Festa, Nouveau guide de béton et de ses constituants, Ed Eyrolles, pp.317 (1998), Paris.
- [17] Guelmine, L., L'influence du rapport E/C et du mode de cure sur les propriétés physico-mécaniques et de transfert d'humidité des mortiers de ciment durcis, Mémoire de Magister, Université de Laghouat 2006, pp.86.
- [18] J. Baron, J.P. Ollivier, Les Bétons bases et données pour leur formulation, Ed Eyrolles, pp. 345 (1998), Paris
- [19] H.H. Steneinour, The system CaO-SiO₂ -H₂O and the hydration of the calcium silicates, *Chemical Reviews*, pp. 40 (1947).
- [20] T.C. Powers, The physical structure and engineering properties of concrete, Portland.Cement. Association. Research. Department. Building. pp. 39 (1958).

الملحق



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد البشير الإبراهيمي

الكلية : العلوم و التكنولوجيا.
القسم : الهندسة المدنية

عنوان المشروع

استخدام تكنولوجيا الماء الممغنط في صناعة
المواد الأسمنتية

تحت اشراف
الدكتور : العياشي قلمين

اعداد الطلبة
بن جدو مراد
رزقي خالد

السنة الدراسية 2024/2023

المحور الاول : تقديم المشروع

فكرة المشروع (الحل المقترح)

01- نبذة عن المشروع :

الماء هو جزء هام من الخرسانة الإسمنتية حيث يشارك بنشاط في التفاعل الكيميائي مع الإسمنت. إنه يلعب دورًا حيويًا ليس فقط في عملية التبلور للإسمنت، ولكن أيضًا في الخصائص الطازجة والخصائص المتصلبة والبنية الدقيقة والخصائص العامة لمتانة الخرسانة أيضًا. يجب أن يكون الماء المستخدم في تصنيع الخرسانة نظيفًا وخاليًا من أي ملوثات أخرى قد تؤدي إلى أداء غير مرغوب فيه للإسمنت. لذلك يعتبر الحصول على مياه نظيفة لتحضير المواد الإسمنتية تحديًا كبيرًا للمؤسسات الناشطة في قطاع بيع الخرسانة الطازجة.

تلقى تقنية المياه الممغنطة اهتمامًا كبيرًا في العالم لاستخدام مثل هذه التقنية في جوانب مختلفة من الحياة. وذلك للتغلب على العديد من العيوب المرتبطة باستخدام مياه الصنبور حيث يمكن أن تحتوي المياه العادية على مواد ضارة كالمواد المضافة لتعقيم الماء، وأملاح التي تؤثر سلبًا على جودة المياه. في الجزائر هذه التقنية لم تستخدم بعد لذلك نريد إنشاء مؤسسة ناشئة تقوم بإنتاج المواد الإسمنتية بهذه التقنية لتحسين أدائها الميكانيكي، الفيزيائي ، و ديمومتها

يمكن الجانب الابتكاري في استخدام تكنولوجيا المغنطة في قطاع البناء في مايلي:

1- أن هذا التقنية رخيصة الثمن مقارنة بالتقنيات الأخرى التي تهدف لتنشيط المواد الإسمنتية

2- نتائج هذه التقنية على الأداء الفيزيائي و الميكانيكي للمواد الإسمنتية جيدة

3- سهولة التنفيذ ولا تتطلب إمكانيات كبيرة

4- عدم وجود اي انعكاسات سلبية علي البناءات الخرسانية او مستخدميها على المدى القصير او البعيد

- يتكون فريقنا من عمال مؤهلين ومؤطرين، مهندسين ميكانيكيين، ومتخصصين في التسويق والمبيعات.

سيكون لكل فرد دور محدد في عملية الإنتاج، التطوير، والتسويق لضمان نجاح المشروع

- سيتم إنشاء المصنع في منطقة صناعية مناسبة ، مع مراعاة الوصول السهل إلى المواد الخام لتسهيل عمليات الإنتاج والنقل

02- القيم المقترحة:

سنقدم منتجًا مبتكرًا لم يكن موجودًا في السوق المحلي من قبل، مما يوفر حلاً جديدًا ومتفردًا لمشاكل البناء التقليدية (خصائص الخرسانة الطازجة) وتقليل التكاليف المتعلقة بتحسين أداء الخرسانة.

03-التكيف:

يمكن تعديل وتخصيص طاقة وسعة انتاج الماء الممغنط وفقاً لاحتياجات المشاريع المختلفة، مما يوفر مرونة عالية للعملاء.

04- إنجاز المهام:

تعتبر وحدة مغنطة المياه سهلة التشغيل والاستعمال بعد تركيبها على مستوى الورشة مباشرة او محطات تحضير الخرسانة .

05- التصميم:

تصميم وحدة مغنطة المياه بسيطة وفعالة ولا تتطلب اي ترتيبات خاصة او معقدة من اجل استعمالها

06-السعر:

نسعى لتقديم وحدة انتاج الماء الممغنط بسعر منافس يلبي احتياجات مختلف شرائح العملاء مع الحفاظ على الجودة.

07- مساعدة العملاء على تقليل التكاليف

يساهم استعمال الماء الممغنط في تقليل التكاليف العامة لتحسين أداء الخرسانة الطازجة

08- تقليل المخاطر

- نقدم ضمانات على منتجاتنا لتقليل مخاطر العملاء مما يزيد من الثقة والاطمئنان عند الشراء.

- ضمان مرافقة من طرف تقنيينا الى غاية التمكن من تشغيل الوحدة جيداً من طرف الزبون

09- سهولة الوصول:

- سنضمن توفر منتجاتنا في مختلف انحاء الوطن، مع إمكانية الشراء عبر الإنترنت لتسهيل الوصول إلى جميع العملاء.

- ضمان النقل والتركيب عبر التراب الوطني

10-سهولة الاستخدام:

بساطة عناصر الوحدة وفعاليتها لا تشكل صعوبة في فهم وتشغيل الوحدة

02 أهداف المشروع:

02-1-دخول السوق:

الهدف على المدى القصير (1-2 سنوات): تحقيق تواجد قوي في السوق المحلي الجزائري.
- الحصة السوقية المستهدفة: 5-10% من سوق مواد البناء المبتكرة في الجزائر.

02-2-التوسع إقليميا:

الهدف على المدى المتوسط (3-5 سنوات): التوسع إلى أسواق دولية في شمال إفريقيا والشرق الأوسط.
الحصة السوقية المستهدفة: 10-15% من سوق مواد البناء المبتكرة في هذه المناطق.

02-3-الاستدامة والابتكار:

- الهدف على المدى الطويل (5-10 سنوات): تطوير منتجات جديدة قائمة على نفس التكنولوجيا وتوسيع نطاق استخدام الماء الممغنط ليشمل تطبيقات أخرى في البناء.
الحصة السوقية المستهدفة: 20-25% من سوق مواد البناء المستدامة عالمياً.

02-04-اهداف إضافية:

- تحقيق رضا العملاء- الوصول إلى معدل رضا عملاء لا يقل عن 90%- الشراكات الاستراتيجية.

- التحول الى انتاج عناصر خرسانية مسبقة الصنع باستعمال الماء الممغنط مثلا

(الطوب المسامي (parpaing poreux)

(عناصر حماية المسطحات الترابية لجوانب الطرقات (talus

(المشعبات (regard pré fabriqué)

03-جدول زمني لتحقيق المشروع: (الاشهر)

مستمرة	06	05	04	03	02	01		
					✓	✓	اختيار مقر الوحدة الانتاجية	01
					✓	✓	كراء مقر الانتاج	02
				✓	✓		طلب التجهيزات (محليا او من الخارج)	03
		✓	✓	✓			تركيب المعدات	04
✓	✓						بداية الانتاج	05

المحور الثاني: الجوانب الابتكارية

فيما يخص طبيعة هذا الابتكار فإن إنتاج هذه الوحدات الخاصة بمغنطة المياه يفتح سوقاً جديداً في مجال مواد البناء المبتكرة في الجزائر والمنطقة. من خلال تقديم منتج لم يكن موجوداً من قبل في السوق المحلي، نستهدف قطاع البناء الحديث والمتطور الذي يبحث عن مواد أكثر استدامة وكفاءة والتقليل من

استخدام المواد المساعدة للاسمنت (les adjuvants)

02- مجالات الابتكارات

02-1- العمليات الجديدة

زيادة الربحية وزيادة كفاءة العمليات

من خلال اعتماد إعادة التدوير وتحسين عمليات التصنيع، لنتمكن من تقليل تكاليف الإنتاج وزيادة الكفاءة، مما يعزز الربحية

02-2 - تجارب جديدة:

محاولة التقليل من حجم وتكليف الوحدة لدمجها مثلاً بوحدة إنتاج الخرسانة الجاهزة مستقبلاً

02-3 العملاء الجدد :

محاولة تحسيس الفلاحين بفوائد الماء الممغنط في الزراعة (مجالات أخرى)

02-4- نماذج جديدة:

بدلاً من الاعتماد فقط على بيع المنتجات، سنعتمد نموذج العمل الذي يشمل خدمات متكاملة مثل التركيب - والصيانة وتقديم حلول بناء شاملة باستخدام منتجات خرسانية منجزة على مستوى الوحدة الانتاجية الخاصة بنا واستعمالها مباشرة في الورشة. هذا النموذج سيولد قيمة مضافة للعملاء ويزيد من ولائهم

المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

01- عرض القطاع السوقى:

01-01- السوق المحتمل :

السوق المحتملة هي مجموعة الأفراد أو المؤسسات التي تطلب أو من المحتمل أن تطلب وحدات مغطاة المياه لتلبية احتياجاتهم ورغباتهم في مجال البناء الذكي والمستدام

من يشتري منتجاتنا ؟ ؟

شركات البناء والمقاولات
أصحاب وحدات انتاج الخرسانة الجاهزة
المطورون العقاريون

ما الذي يحفزهم لذلك؟؟؟

- الاستدامة البيئية
- سهولة التركيب والاستعمال
- الأداء العالي
- تكلفة فعالة (تقليل استعمال المواد المضافة للأسمنت)
- التوافق مع معايير البناء الحديثة
- أين يتواجدون؟

- في الجزائر خاصة في المناطق الحضرية الكبرى مثل الجزائر العاصمة، وهران، وقسنطينة
- في شمال إفريقيا والشرق الأوسط في الدول التي تسعى لتحسين معايير البناء

عددهم

شركات البناء والمقاولات في الجزائر: تقديرات تشير إلى وجود أكثر من 5,000 شركة بناء ومقاولات المطورون العقاريون: حوالي 200 مطور رئيسي في السوق الجزائري

01-02- السوق المستهدف:

يمثل السوق المستهدف مجموعة الأفراد أو المؤسسات التي تعرض عليها أو تعرض منتجاتك عليها بشكل أكثر تحديداً

01-02-01- تحديد السوق المستهدف :

شركات البناء والمقاولات الكبيرة والمتوسطة
وحدات انجاز الخرسانة الجاهزة
المطورون العقاريون :

02-02-01-01- مبرر اختيار هذا السوق المستهدف

حجم الطلب المحتمل: هذه الشريحة لديها طلب كبير ومستمر على مواد البناء المبتكرة.
القدرة الشرائية: الشركات الكبيرة والمتوسطة لديها القدرة على الاستثمار في مواد بناء مستدامة.
التوجه نحو الاستدامة: هذه الشريحة تتماشى مع الاتجاهات العالمية نحو البناء الذكي والمستدام.

02-02-03- إمكانية إبرام عقود الشراء مع بعض العملاء المهمين

- شركات بناء كبرى: يمكن التفاوض معها لإبرام عقود طويلة الأمد لتزويد مشاريعها بوحدة مغنطة المياه.
- المطورون العقاريون الرائدون: مثل شركات التطوير العقاري الكبيرة في الجزائر.

02- قياس شدة المنافسة :

02-01- المنافسون المباشرون

- شركات إنتاج الخرسانة او العناصر الخرسانية بالمياه العادية

02-02- تحديد أعدادهم وحصصهم في السوق

- شركات إنتاج الخرسانة : تقديرات تشير إلى وجود حوالي 500 وحدة متخصصة
- مصنعو مواد البناء المستدامة الأخرى : حوالي 10 شركات رائدة في السوق الجزائري
- الشركات التي توفر حلول البناء البديلة : تقديرات تتراوح بين 15-20 شركة

02-03- نقاط القوة والضعف لديهم

- نقاط القوة: خبرة طويلة في السوق، شبكة توزيع واسعة، تكلفة إنتاج منخفضة
- نقاط الضعف: الحاجة لإضافة المواد للخرسانة لضمان ما يطلبه الزبون وذلك يتطلب كلفة أكبر

03- الاستراتيجية التسويقية

الهدف

وضع استراتيجية تسويقية فعالة لجذب العملاء المحتملين وتعزيز المبيعات، مع الأخذ بعين الاعتبار القدرات المالية للمؤسسة وتوازن المزيج التسويقي

03-01- تحليل swot

* نقاط القوة

- تلبية احتياجات السوق المتزايدة لمواد بناء مستدامة وفعالة
- قدرة المنتج على توفير تطلعات الزبون

* نقاط الضعف

- قلة الوعي بالمنتج الجديد في السوق لعدم استعماله على نطاق واسع عالميا لحد الان
- تكاليف أولية مرتفعة للتسويق والترويج
- الحاجة لتثقيف العملاء بشأن استعمال الوحدة (وحدة المغنطة)

*الفرص

- نمو الطلب على مواد البناء المستدامة
- دعم حكومي محتمل للمشاريع ذات الأفكار الجديدة
- إمكانية التوسع في الأسواق الإقليمية

*التحديات

- المنافسة من الشركات التقليدية والمبتكرة الأخرى
- التحديات الاقتصادية والتقلبات في الأسعار
- مقاومة التغيير من قبل العملاء التقليديين

* المزيج التسويقي

(Product) المنتج :

- وصف المنتج: وحدة مغنطة للمياه الخاصة بانجاز الخرسانة الجاهزة
- ميزات إضافية: إمكانية صناعة عناصر خرسانية جاهزة وتسويقها

(Price) السعر :

- استراتيجية التسعير: تحديد سعر تنافسي يضمن سعر منخفض للمنتج النهائي
- التسعير الترويجي: تقديم خصومات وعروض خاصة للعملاء الجدد والمشاريع الكبيرة
- المرونة في الأسعار: تقديم خيارات تسعير مرنة للعملاء الذين يشترون بكميات كبيرة أو على فترات زمنية محددة

(Place) المكان :

- قنوات التوزيع: توزيع المنتج عبر شبكات موردين محليين، ومتاجر مواد البناء، وعبر منصات البيع عبر الإنترنت
- الشراكات: إقامة شراكات مع شركات البناء والمقاولات الكبيرة لضمان تزويدهم بوحدة متنقلة للمغنطة على مستوى الورشات
- الموقع الجغرافي: التركيز على الأسواق الرئيسية في الجزائر، مع خطط للتوسع إلى شمال إفريقيا والشرق الأوسط

(Promotion) الترويج :

- الإعلانات: استخدام الإعلانات الرقمية ووسائل التواصل الاجتماعي للوصول إلى جمهور واسع
- المعارض والمؤتمرات: المشاركة في معارض ومؤتمرات البناء لعرض المنتج وزيادة الوعي
- التسويق المباشر: إرسال مواد ترويجية وعروض خاصة إلى الشركات والهيئات الحكومية المستهدفة

- العلاقات العامة: نشر مقالات وإجراء مقابلات في وسائل الإعلام المحلية والدولية
- التثقيف والتوعية: تقديم ورش عمل وندوات تثقيفية لشرح فوائد المنتج واستخداماته
خطة العمل

المرحلة الأولى (0-6 أشهر)

- إطلاق الموقع الإلكتروني والمنصات الاجتماعية
- الإعلانات الأولية
- الشراكات الاستراتيجية

المرحلة الثانية (6-12 شهر)

- المعارض والمؤتمرات
- التوسع في التوزيع
- الترويج المتكامل

المرحلة الثالثة (12-24 شهر)

- التوسع الإقليمي
- تطوير منتجات جديدة
- تحليل الأداء

4. الميزانية:

- التسويق الرقمي والإعلانات: تخصيص 30% من الميزانية
- المعارض والمؤتمرات: تخصيص 20% من الميزانية
- التسويق المباشر والعلاقات العامة: تخصيص 20% من الميزانية
- التثقيف والتوعية: تخصيص 15% من الميزانية
- البحث والتطوير: تخصيص 15% من الميزانية لتحسين المنتج وتطويره

المحور الرابع : خطة الانتاج والتنظيم

01- عملية الإنتاج

تمر عملية إنتاج وحدة مغطاة المياه بعدة مراحل . سنشرح هذه المراحل بالتفصيل لتمكين القارئ من فهم طريقة الإنتاج

* شراء المواد الأولية

المواد الأولية المستخدمة

- خزان مياه

- مضخة مياه

- مغناطيس

- شبكة المياه (انابيب)

* الموردين

- اختيار موردين موثوقين لضمان جودة الآلات المستعملة

* الفحص والجودة

- فحص العتاد عند وصوله

- إجراء اختبارات لمعرفة جودة العتاد

* التركيب والتجريب

- جمع العتاد وتركيبه حسب الشكل المقترح وبدقة

- تجريب الوحدة بعد تركيبها لعدة مرات لضمان الجودة

- النقل والتخزين .

توفير مكان لتخزين المنتج النهائي والقدرة على نقله في احسن الظروف

* سياسة الشراء

الحرص على جودة وديمومية وضمان توفر العتاد المستعمل في انتاج وحدة المغطاة

* التجهيزات

- تحديد التجهيزات وشراؤها: خزانات، مضخات، مغناطيس . مقاسات المغناطيس ، انابيب للشبكة (حديد مغلفن)

* أهم الموردين

- المضخات: شركات محلية ودولية مصنعة او مستورة

- الخزانات : التوجه الى المنتج المحلي وذلك لوفرتة

- المغناطيس والمقاييس الخاص به : شركات محلية ودولية مصنعة او مستورة

- الانابيب : شركات محلية مصنعة

سياسة الدفع ووقت الاستلام

- التجهيزات: دفعة أولى عند توقيع العقد والدفعة النهائية عند التسليم والتركيب وقت الاستلام :

- التجهيزات: الاستلام خلال شهر إلى شهرين من توقيع العقد

03- اليد العاملة

- عدد المناصب التي يمكن للمشروع توفيرها
- الإدارة: 02 مناصب (مدير الوحدة ، مدير الإنتاج و المالية)
- الإنتاج: 03 مناصب (فنيين ومشغلي آلات)
- التسويق والمبيعات: 02 مناصب (مدير تسويق و مبيعات، موظف علاقات عامة)
- الدعم الفني والصيانة: ** 1 منصب

طبيعة ونوع العمالة المطلوبة ومواقعها*

الإدارة -

- موقع العمل: المكتب الرئيسي

- الطبيعة: موظفون ذوو خبرة إدارية في قطاع الصناعات

الإنتاج

- الطبيعة: فنيون ذوو خبرة في تشغيل وصيانة المعدات الصناعية

التسويق والمبيعات

- الطبيعة: موظفون ذوو خبرة في التسويق والمبيعات، والعلاقات العامة

الدعم الفني والصيانة -

الطبيعة: فنيون ذوو خبرة في تركيب و صيانة المعدات وإصلاحها

إمكانية الاستعانة بمصادر خارجية

- الإنتاج: الاستعانة بمصادر خارجية عند الحاجة لتقنيات أو معدات متقدمة غير متوفرة داخلياً

- التسويق: التعاون مع وكالات تسويق متخصصة لتنفيذ حملات إعلانية

- الصيانة: التعاقد مع شركات صيانة خارجية لتقديم الدعم الفني المتقدم

04-الشراكات الرئيسية

الجهات التي يمكنها المساعدة في استكمال المشروع وتقديم الإضافة :

- الموردون: التعاون الوثيق مع الموردين لضمان استمرارية التوريد وجودة العتاد

- الهيئات العامة: الاستفادة من البرامج الحكومية التي تدعم المشاريع البيئية والمستدامة

- البنوك: الحصول على التمويل اللازم من خلال القروض الميسرة أو برامج التمويل الخاصة بالمشاريع .
- الحاضنات: الاستفادة من الدعم الذي تقدمه حاضنات الأعمال من استشارات وتدريب
- الجامعات والمؤسسات التعليمية: التعاون في مجالات البحث والتطوير، واستقطاب الكفاءات من خريجي الجامعات
- المنظمات البيئية: الشراكة مع منظمات بيئية لتسويق المنتج كخيار مستدام وبيئي

المحور الخامس: الخطة المالية

1 التكاليف

تكاليف الأصول الثابتة:

التعيين	العدد	تكلفة الوحدة	التكلفة الإجمالية
خزان مياه	1	60 000,00	60 000,00
مضخة	1	40 000,00	40 000,00
مغناطيس delta water	1	120 000.00	120 000.00
مقياس المغناطيس	1	56 000.00	56 000.00
آلة انجاز قوالب خرسانية parpaing creux	1	331 718.00	331 718.00
المصنع (وحدة تخزين + وحدة تركيب + مبنى الإدارة)	1	5 000 000.00	5 000 000.00
المجموع			5 607 718.00

تكاليف الأصول المتداولة (تجهيزات لإنتاج وحدة المغنطة):

التعيين	العدد	تكلفة الوحدة	التكلفة الإجمالية
خزان مياه	10	60 000,00	600 000,00
مضخة	10	40 000,00	400 000,00
مغناطيس delta water	10	120 000.00	1 200 000.00
مقياس المغناطيس	10	56 000.00	560 000.00
آلة انجاز قوالب خرسانية parpaing creux	10	331 718.00	3 317 180.00
المجموع			6 077 180.00

المصاريف الإدارية لإنشاء وحدة مغنطة المياه

التعيين	تكلفة الوحدة	التكلفة الإجمالية
تكاليف التأسيس	607 718.00	607 718.00

أعباء المستخدمين

إجمالي الرواتب السنوية	إجمالي الرواتب الشهرية	الراتب الشهري	العدد	الوظيفة
1 440 000.00	120 000.00	60 000.00	02	اداريين
3 240 000.00	270 000.00	45 000.00	06	عمال
4 680 000.00	390 000.00	115 000.00	08	الإجمالي

الإيجارات

ايجارات السنوية	ايجارات الشهرية	طبيعة الايجارات
360 000,00		ايجار المحل

تكاليف مختلفة

التكاليف السنوية	التكاليف الشهرية	تكاليف الصيانة
1 200 000.00	100 000.00	أجور الوسطاء والأتعاب
40 000.00		اشهار
100 000.00		صيانة
1 340 000.00		المجموع

تكاليف الطاقة

السنوية	الشهرية	تكاليف الطاقة
12 000.00	1 000.00	الماء
48 000.00	4 000.00	الغاز والكهرباء
36 000.00	3 000.00	الأنترنت
96 000.00	8 000.00	المجموع

رقم الأعمال

Produit A destiné Client	N-2	N-1	N	N+1	N+2
Quantité produit A			1 446 820.00	1 736 184.00	2 083 420.80
Prix HT produit A			100,00	100,00	100,00
Ventes produit A			1 446 820.00	1 736 184.00	2 083 420.80
CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL			144 682 000.00	173 618 400.00	208 342 000.00

الميزانية الافتتاحية

ACTIF

En milliers DZD	N
Immobilisation Incorporelles	0,00
Immobilisation Corporelles	
Terrain	
Bâtiment	
Autres Immobilisations Corporelles	607 718.00
Immobilisations en concession	
Immobilisation en cours	
Immobilisations Financières	
Titres mis en équivalence	
Autres participations et créances rattachées	
Autres Titres immobilisés	
Prêts et autres titres financiers non courants	
Impôts différés actif	
ACTIF NON COURANT	607 718.00
Stocks et encours	6 077 180.00
Créances et emplois assimilés	
Clients	
Autres débiteurs	
Impôts et assimilés	
Autres créances et emplois assimilés	
Disponibilités et assimilés	
Placements et autres actifs financiers courants	
Trésorerie	6 476 000.00
ACTIF COURANT	12 553 180,00
TOTAL ACTIF	13 160 898.00

PASSIF	
En milliers DZD	N
CAPITAUX PROPRES	
Capital émis	13 160 898.00
Capital non appelé	
Ecart de réévaluation	
Primes et réserves- Réserves Consolidées	
Résultat net- RN part du groupe	
Autres capitaux propres- report à nouveau	
Part de la société consolidante (1)	
CAPITAUX PROPRES	13 160 898.00
PASSIFS NON-COURANTS	
Emprunts et dettes financières	
Impôt différé passif	
Autres dettes non courantes	
Provisions et produits constatés d'avance	
PASSIFS NON-COURANTS	0,00
PASSIFS COURANTS	
Fournisseurs et comptes rattachés	
Impôts	
Autres dettes	
Trésorerie passif	
PASSIFS COURANTS	0,00
TOTAL PASSIF	13 160 898.00
Vérification de l'équilibre Actif/Passif	0,00

الميزانيات الختامية لثلاث سنوات

ACTIF					
En milliers DZD	REALISATION			PREVISION	
	N-2	N-1	N	N+1	N+2
Immobilisation Incorporelles			0,00	0,00	0,00
Immobilisation Corporelles					
Terrain					
Bâtiment					
Autres Immobilisations Corporelles			4760000,00	3570000,00	2380000,00
Immobilisations en concession					
Immobilisation en cours					
Immobilisations Financières					
Titres mis en équivalence					
Autres participations et créances rattachées					
Autres Titres immobilisés					
Prêts et autres titres financiers non courants					
Impôts différés actif					
ACTIF NON COURANT			4 760 000,00	3 570 000,00	2 380 000,00
Stocks et encours					
Créances et emplois assimilés					
Clients					
Autres débiteurs					
Impôts et assimilés					
Autres créances et emplois assimilés					
Disponibilités et assimilés					
Placements et autres actifs financiers courants					
Trésorerie			6 476 000.00	6 476 000.00	6 476 000.00
ACTIF COURANT			21900000,00	30280200,00	42234000,00
TOTAL ACTIF			26660000,00	33850200,00	44614000,00

PASSIF					
En milliers DZD	REALISATION			PREVISION	
	N-2	N-1	N	N+1	N+2
CAPITAUX PROPRES					
Capital émis			22527800,00	22527800,00	22527800,00
Capital non appelé					
Ecart de réévaluation					
Primes et réserves- Réserves Consolidées					
Résultat net- RN part du groupe			4132200,00	7190200,00	10763800,00
Autres capitaux propres- report à nouveau				4132200,00	11322400,00
Part de la société consolidante (1)					
CAPITAUX PROPRES			26660000,00	33850200,00	44614000,00
PASSIFS NON-COURANTS					
Emprunts et dettes financières					
Impôt différé passif					
Autres dettes non courantes					
Provisions et produits constatés d'avance					
PASSIFS NON-COURANTS			0,00	0,00	0,00
PASSIFS COURANTS					
Fournisseurs et comptes rattachés					
Impôts					
Autres dettes					
Trésorerie passif					
PASSIFS COURANTS			0,00	0,00	0,00
TOTAL PASSIF			26660000,00	33850200,00	44614000,00
Vérification de l'équilibre Actif/Passif			0,00	0,00	0,00

حسابات النتائج لثلاث سنوات

En milliers DZD	REALISATION			PREVISION	
	N-2	N-1	N	N+1	N+2
Vente et produits annexes			18000000,00	21600000,00	25920000,00
Variation des stocks produits finis et en cours					
Production immobilisée					
Subvention d'exploitation					
Production de l'exercice			18000000,00	21600000,00	25920000,00
Achats consommés			3110000,00	3732000,00	4478400,00
Services Extérieurs et autres consommations			1767800,00	1687800,00	1687800,00
Consommation de l'exercice			4877800,00	5419800,00	6166200,00
Valeur ajoutée d'exploitation			13122200,00	16180200,00	19753800,00
Charges de personnel			7800000,00	7800000,00	7800000,00
Impôts et taxes et versement assimilés					
Excédent Brut d'Exploitation			5322200,00	8380200,00	11953800,00
Autres produits opérationnels					
Autres charges opérationnelles					
Dotations aux amortissements, Provisions			1190000,00	1190000,00	1190000,00
Reprise sur pertes de valeurs et provisions					
Résultat opérationnel			4132200,00	7190200,00	10763800,00
Produits Financiers					
Charges financières					
Résultat financier					
Résultat Ordinaire avant impôt			0,00	0,00	0,00
Impôt exigible sur résultat ordinaire					
Impôt différé sur résultat ordinaire					
Total des produits des activités ordinaires					
Total des charges des activités ordinaires					
Résultat net des activités ordinaires			4132200,00	7190200,00	10763800,00
Eléments extraordinaire (produits)					
Eléments extraordinaire (produits)					
Eléments extraordinaire (charges)					
Résultat extraordinaire					
RESULTAT NET DE L'EXERCICE			4132200,00	7190200,00	10763800,00

مخطط نموذج العمل التجاري

الشركات الرئيسية Key Partner	الانشطة الرئيسية Key Activités	القيم المقترحة Value Propositions	العلاقات مع العملاء Customer Relationship	شرائح العملاء Customer Segments
<p>01-موردي المضخات والمغناطيس والخزانات</p> <p>02- المقاولون وشركات البناء</p> <p>03-المطورون العقاريون</p> <p>04- مراكز البحث والتطوير</p>	<p>01-إعداد وتحضير مواد الخام</p> <p>02-عملية الانتاج</p> <p>03-التسويق والمبيعات</p>	<p>01-التحسينات البيئية</p> <p>02-المتانة والمقاومة</p> <p>03-الابتكار والتطوير</p>	<p>01-تقديم خدمة العملاء</p> <p>02-التواصل المستمر</p> <p>القنوات</p> <p>01-الموقع الإلكتروني</p> <p>02- وسائل التواصل الاجتماعي</p>	<p>01-شركات ومقاولات البناء</p> <p>02- المطورون العقاريون</p>
<p>هيكل التكاليف</p> <p>01-تكاليف مواد الخام</p> <p>02-تكاليف الانتاج والعمالة</p> <p>03-تكاليف الادارة والمصاريف العامة</p>		<p>مصادر الايرادات</p> <p>01-بيع وحدات مغنطة المياه</p> <p>02- التوزيع والشحن</p>		

رسم توضيحي لوحدة مغنطة المياه

