

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -
معهد التكنولوجيا

Département de Génie des procédés

Institut de Technologies

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

De Licence professionnelle en

Génie chimique

THÈME :

**Traitement naturel du mortier et du béton
et l'effet de granulat**

Présenté par : BERGANE Belmhel

Tuteur de l'Institut :

BOUTICHE Ahmed

Tuteur de l'entreprise :

GUTTAS Mhaned

ANNÉE : 2017/2018

Remerciement

*En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser
ici mes remerciements à*

*Mon promoteurs pour l'implication Qu'il a
pu avoir tout au long de ce projet, son suivi ses
Conseils et ses orientations.*

*Je remercie les membres des jurys, pour
l'honneur qu'ils je fais En acceptant
d'examiner ce mémoire et pour leur
Bienveillante attention.*

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralité sur l'entreprise.....	2
I.1 Présentation de l'entreprise	2
I.2 Recherche et développement	3
I.3 vision d'entreprise	3
I.4 La production	4
I.5 Les Adjuvants	4
I.6 Les mortiers	5
I.7 La Résine	5
Chapitre II : généralité sur les matériaux cimentaire	7
II.1 Introduction.....	7
II.2 Les constituants cimentaires	7
II.2.1 Ciment	7
II.2.2 Granulats	8
II.2.3 Eau de gâchage	9
II.2.4 Adjuvants	9
II.3 Préparation d'un béton	9
II.3.1 Composition	9
II.3.2 Malaxage	10
II.3.3 Le coffrage	11
II.4 Maturation du mortier et du béton	11
II.4.1 L'hydratation du ciment Portland Aspect chimique	11
II.4.2 L'état de l'eau dans la pâte de ciment hydraté	12
II.5 Effets des ajouts sur les propriétés des bétons	15
II.5.1 Amélioration de l'ouvrabilité.....	15
II.5.2 Développement des résistances.....	15
II.6 Influence des caractéristiques des granulats sur les propriétés du béton	15
II.6.1 Influence de la granularité	16
II.7 CONCLUSION	16

Chapitre III : Méthodes d'essai et matériaux utilisés	19
III.1 Introduction	19
III.2 Caractéristiques des matériaux	19
III.2.1 Le sable	19
III.2.2 Eau de gâchage (robinet)	21
III.2.3 Ciment	22
III.2.4 Gravier (pierres concassées)	22
III.2.5 Graniscel s55	23
III.2.6 Granichape mortier	23
III.3 Formulation de mortier	23
III.3.1 Formulation de mortier normal	23
III.3.2 Formulation de mortier Graniscel s55	23
III.3.3 Formulation de Granichape mortier	23
III.4 Préparation des éprouvettes.....	24
III.5 Formulation du béton	24
III.5.1 Mise en place du béton dans les moules	25
III.6 Essais de résistances mécaniques	25
III.6.1 Résistance à la traction par flexion	25
III.6.2 Résistance à la compression	26
III.7 Conclusion	27
Chapitre IV : Résultats et Discussions.....	30
IV.1 Introduction	30
IV.2 Résultat de l'analyse granulométrie de sable	30
IV.3 Résultats de l'essai mécaniques	31
IV.3.1 Résistance à la traction par flexion	31
IV.3.2 Résistance à la Compression.....	32
V. Conclusion générale	35
VI. Référence bibliographique.....	36
VII. Annexe	38

Résumé :

La découverte du ciment hydraulique a permis aux constructeurs d'accéder à un matériau malléable à l'état frais et ayant les propriétés de la pierre à l'état durci. Le mélange eau - ciment joue le rôle de liant et permet la fabrication du béton en agrégeant du sable et du gravier.

Le béton occupe, depuis son invention, la première place en volume d'utilisation des matériaux dans le domaine du bâtiment. Son intérêt vient de sa grande facilité de mise en œuvre, sa résistance en compression, sa durabilité et son faible coût. Il présente également d'autres qualités, telles une excellente tenue au feu, une grande résistance aux chocs, une bonne protection contre les radiations nucléaires, etc.... Toutefois, le matériau béton doit s'adapter de manière continue à de nouvelles exigences et à de nouveaux besoins.

La présente étude montre l'effet des structures et des constructions en béton l'effet de La résistance à la compression et à la flexion de béton et mortier pour les éléments de constructions traditionnelles. Afin que le béton puisse être performant et atteigne les résistances projetées, son hydratation doit se faire complètement.

Abstract:

The discovery of the hydraulic cement allowed the builders to obtain a moldable building material in fresh state; having the properties of the stone in hardened state. The mixture water - cement plays the role of binder, allowing the manufacture of concrete by aggregating some sand and gravel.

Since its invention, concrete occupies the first place in volume of use of materials in the field of building. Its easiness to be put at work, its resistance in compression, its durability and low cost and finally, its importance come from its excellent resistance to fire and shocks, and have a good protection against nuclear radiations. Concrete also has other qualities, as a building material, it adapts itself continuously to new requirements and new needs.

The present study shows in structures and constructions in reinforced concrete the effect of: Various types of natural treatment on the resistance to compression concrete drive for the elements of traditional constructions, because in the warm climates such as that of Algeria concrete is influenced as in fresh states as well as hardened ones, its durability is altered, the effects of the climate, either by moistening, or by protection. In order to be successful and reaches planned resistances, its hydration should be complete.

ملخص

ابتكار الاسمنت الهيدروليكي سمح لمستعمليه من الحصول على مادة لدنة في حالة العجينة و دو خصائص حجرية في الحالة الصلبة.

الخليط ماء + اسمنت يلعب دور الرابطة اللتي تسمح بالحصول على خرسانة باضافة الرمل و الحصى وان لزم الامر بعض الملدنات.

الخرسانة تشغل مند استخدامها المكانة الاولى ضمن مجموعة المواد المستعملة و الاكثر شيوعا و استخداما في كافة مشاريع البناء.

اهميتها ترجع الى سهولة تحضيرها و صلابتها و مقاومتها للضغط و ديمومتها و قلة تكلفتها و ذلك باختيار موادها الاولية الاكثر ملائمة و الاحسن نوعية و تتميز الخرسانة كذلك بمقاومتها للنار و الصدمات و الاشعاعات النووية و تتلاءم بصورة دائمة للمتطلبات و الاحتياجات الضرورية.

يتناول البحث دراسة المعالجة الطبيعية للملاط و الخرسانة و المحافظة عليهما من التاثيرات الداخلية و الخارجية و الدراسة تشمل البناءات الخرسانية العادية و الجاهزة بتاثير

عدة معالجات طبيعية على مقاومة الضغط و الشد في البناءات التقليدية لانه في الاجواء السائدة تتاثر الخرسانة في الحالتين العجينة و الصلبة مما يؤدي الى ديمومة ناقصة فيمكن الاعتماد على المحافظة على درجة حرارة و رطوبة الخرسانة.

Liste des tableaux

Tableau I.1- Représente les produits de GRANITEX	4
Tableau I.2 Deux Familles de mortier de réparation	5
Tableau II.1- Les différents types de béton	10
Tableau II.2- Les principales étapes de l'hydratation d'un ciment	14
Tableau III.1- L'analyse chimique du ciment	22
Tableau III.2- caractéristique physico-mécanique du ciment.	22
Tableau III.3- représente composition du béton étudié de 3 formules.....	24
Tableau IV.1- Analyse granulométrique du sable utilisé.	30
Tableau IV.2- Evolution de la résistance à flexion par traction du mortier étudié a une température ambiante.....	31
Tableau IV.3- Evolution de la résistance à la compression des différents mortiers.....	32
Tableau IV.4- évolution de la résistance à la compression du béton étudié à déférent rapport Gravier/Sable (G/S).....	33

Liste des figures

Figure I.1- Représente l'effet d'adjuvant sur béton frais et durci.....	5
Figure I.2- L'application du Résine.....	5
Figure II.1-- Représentation schématique de la pâte de ciment hydraté	11
Figure II.2-- Structure du ciment durci selon le modèle de Feldman et Sereda.....	13
Figure II.3- Processus de l'hydratation. A) état initial B) Recouvrement des grains de ciment C) Création des liants entre particules	13
Figure II.4- Effets de la granularité sur la résistance du béton.....	16
Figure III.1- Colonne de tamis, Figure III.2- tamiseur électrique	20
Figure III.3- Moule d'éprouvettes prismatiques, Figure III.4- Éprouvette prismatiques	24
Figure III.5- Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.	25
Figure III.6- L'essai de résistance à la flexion.	26
Figure III.7- dispositif pour l'essai de résistance à la compression.	26
Figure III.8- Essai de compression de l'éprouvette de mortier.....	27
Figure III.9- Essai compression de béton.....	27
Figure IV.1- La courbe granulométrique du sable.....	31
Figure IV.2- la résistance à la flexion des mortiers étudiés en fonction des jours	32
Figure IV.3- la résistance à compression des mortiers étudiés en fonction des jours	33
Figure IV.4- la résistance à la compression du béton étudié en fonction de rapport Gravier/Sable(G/S).	34

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le mélange de ciment et d'eau (et éventuellement avec des ajouts) constitue ce qu'on appelle "la pâte de ciment". En y rajoutant du sable, on obtient "un mortier". En y additionnant du sable et un granulat plus gros on obtient "un béton".

Le mélange cimentaire (mortier et/ou béton) fait encore aujourd'hui de nombreuses études. Il s'agit en fait d'un milieu composé, formé par plusieurs espèces chimique de grande complexité et dont le comportement n'a pas encore été clarifié de manière satisfaisante, spécialement dans des conditions d'utilisation particulières. Actuellement, de nombreuse travaux sont en cours pour caractériser le comportement des deux hors conditions standards comme, par exemple, dans une ambient agressive d'un point de vue chimique ou thermique.

Le béton est utilisé dans la réalisation des constructions et structures traditionnelles et préfabriquées, et il est nécessaire de prendre des précautions afin de prévenir la dégradation avant terme et la sauvegarde des constructions futures.

Avant d'entrer dans les détails, on présente d'abord la structure et le contenu des chapitres qui forment ce mémoire.

La première partie de ce travail est destiné à l'étude bibliographique et se divise en deux chapitres le premier chapitre sera consacrée aux généralités sur l'entreprise GRANITEX NP. Et le deuxième chapitre sera consacré aux généralités sur les matériaux cimentaires.

La deuxième partie est consacrée à l'expérimentation qui présente deux chapitres. Nous présentons en premier les méthodes d'essai et les matériaux utilisés, et en deuxième les résultats obtenus.

On présentera les travaux expérimentaux sur le mortier et le béton, on analyse les essais destructifs. Les résultats de ces essais sur bétons et mortier sont ensuite analysés, discutés et interprétés.

Une conclusion générale reprend les principaux résultats dégagés lors de cette étude et rapporte les intérêts pratiques qui en découlent. Elle ouvre également de nouvelles perspectives en termes d'expérimentation.

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENTREPRISE

Chapitre I : Généralité sur l'entreprise

GRANITEX NOUVEAUX PRODUITS



I.1 Présentation de l'entreprise :

GRANITEX NOUVEAUX PRODUITS est une SPA 100 % algérienne spécialisée dans la fabrication et la commercialisation des produits pour le secteur du BTPH, qui a été créée en 1969 dont le propriétaire et Président Directeur Général est Mr MEDDAHI Madjid.

GRANITEX a démarré son activité de production de carrelage granito, Dès 1978 GRANITEX intègre une nouvelle production : il s'agit des mortiers prêts à l'emploi.

Poursuivant ces efforts de développement par la diversification, et en réponse à des attentes du marché, GRANITEX introduit en 1981 la gamme d'adjuvant, additifs chimique destinés à améliorer la qualité du béton et du processus de bétonnage.

Une troisième famille de produits, celle des résines et revêtements, est lancée dès 1987, concrétisant ainsi les objectifs induits par sa politique industrielle et commerciale. Les produits GRANITEX ont été largement utilisés dans la réalisation de la plupart des grands ouvrages réalisés en Algérie.

Ils sont également très recherchés par les petits entreprises de réalisation et les auto-constructeurs pour leur bon rapport qualité/prix, et la facilité d'utilisation.

Le portefeuille client de GRANITEX comporte un grand ensemble d'entreprise de réalisation, dans le Domain du BTPH, nationaux et étrangers.

GRANITEX est une entreprise en plein essor. Son taux de croissance est remarquable malgré un environnement de plus en plus concurrentiel.

La politique industrielle de GRANITEX est caractérisée par l'introduction des moyens et procédés techniques modernes, ainsi que des matières premières de haute qualité, et, ce, en exploitant en permanence, grâce à une ville technologique et normative, les opportunités du marché mondiale.

L'avancée technologique, par l'innovation, constitue un objectif stratégique de GRANITEX.

I.2 Recherche et développement :

Depuis sa naissance, GRANITEX n'a cessé de déployer des efforts dans le sens de la recherche de nouveaux produits, il dispose aujourd'hui d'un laboratoire équipé d'un matériel spécifique de haute technologie pour développer les recherches de nouveaux produits.

Guidée par une stratégie de leadership, sur le marché national, son plan de développement va viser la performance, en se remettant en cause régulièrement « les acquis », suivre et développer la recherche, concevoir des produits de la dernière génération technologique.

La recherche et développement sont, sans conteste, la pierre angulaire de l'édifice GRANITEX. Dotée de ressources humaine et d'un laboratoire d'essais équipé de matériel approprié, ce processus est à l'écoute permanente du marché, puisque les projets développement de nouveaux produits sont initiés à cette étape.

GRANITEX dispose d'une gamme de plus de 120 produits, et chaque gamme dispose en moyenne 10 nouveaux produits qui sont disponibles sur le marché.

La validation d'un nouveau produit se fait, en dernière instance, suite aux essais effectués par des laboratoires reconnus tels que le CETIM et le CNERIB.

La recherche-innovation est quant à elle une activité permanente de ce processus.

Celle-ci s'opère au travers d'un partenariat avec les centres universitaires prestigieux en Algérie et à l'étranger. Il s'agit, entre autres du laboratoire de recherche sur les matériaux de l'université de SHERBROOKE au Canada.

I.3 vision d'entreprise :

Privilégier le service, l'écoute et la proximité de nos clients. Soucieux de répondre à vos attentes, nous mettons tout notre savoir-faire et nos compétences en action pour réaliser vos projets et rendre vos rêves une réalité. Attentifs au respect de vos exigences et de vos besoins, avec une équipe technique professionnelle.

GRANITEX NP veille à la qualité des relations tissées avec ses clients, afin de nouer des partenariats durables et fructueux.

I.4 La production:

La production exécute les commandes conformément au cahier des charges de la conception, spécifiant les modes opératoires et les formules de fabrication et en respect des délais convenus avec nos clients.

Le processus de fabrication est mis sous surveillance par le laboratoire de contrôle de qualité, à ses étapes significatives, induisant si nécessaire, les correctifs afin d'aboutir à un produit fini conforme.

Table I.1 - Représente les produits de GRANITEX

Adjuvant pour béton	Mortier prêt à l'emploi	Résine
-Super-plastifiants Réducteurs d'eau.	-Mortiers à maçonner.	-Revêtements de sols.
-Super-plastifiants Hauts réducteurs d'eau.	-Mortiers de Façades.	-Résines de Protection.
-Retardateurs.	-Ciments colle.	-Traitement des joints.
-Accélérateurs de prise.	-Mortiers pour jointoiement.	-Résines de réparation.
-Accélérateurs de durcissement.	-Mortiers de scellement.	-Revêtements de façades.
-Hydrofuges de masse.	-Mortiers de réparation.	-Revêtements à grade -alimentaire.
-Entraîneurs d'air.		
-Agent colloïdal.		
-Ajouts pour béton.		
-Produits de cure.		

I.5 Les Adjuvants :

Les Adjuvants du béton sont des produits chimiques, liquides pour la plupart, utilisés en solution dans l'eau de gâchage. Au moment du malaxage du béton, on incorpore une dose de ces adjuvants inférieure ou égale à 5% en masse de la teneur en ciment du béton, pour modifier les propriétés du mélange à l'état frais et/ou durci.

Adjuvants modificateurs de la rhéologie du béton :

- Plastifiants - Réducteurs d'eau.
- Super-plastifiants - Haut réducteurs d'eau.

Adjuvants modificateurs de prise et de durcissement du béton :

- Accélérateurs de prise.
- Accélérateurs de durcissement.
- Retardateurs de prise.

Autres catégories normalisées d'adjuvants :

- Hydrofuges de masse.
- Entraîneurs d'air.
- Rétenteurs d'eau.



Figure 1.1-Représente l'effet d'adjuvant sur béton frais et durci

I.6 Les mortiers :

Mortiers de Réparation et de ragréage.

Mortiers d'Etanchéité et de cuvelage.

Mortier à maçonner.

Table 1.2- Deux Familles de mortier de réparation

Liant synthétique	Liant hydraulique	
Mortier Epoxydique $R > 3 \text{ N/mm}^2$	Bi-composant $R > 2 \text{ N/mm}^2$	mono-composants $R > 1 \text{ N/mm}^2$

I.7 La Résine :

Composé naturel obtenu à partir de certains végétaux ou synthétique obtenu par polymérisation, utilisé pour fabriquer des matières plastiques et/ou des peintures.



Figure 1.2-L'application du Résine

CHAPITRE II
GENERALITE SUR LES MATERIAUX
CIMENTAIRES

Chapitre II : généralité sur les matériaux cimentaire

II.1 Introduction

Les caractéristiques physico mécaniques du béton à l'état frais et à l'état durci dépendent de sa composition et des différentes actions mécaniques auxquelles il est soumis lors de sa fabrication. Jusqu'à ce qu'il soit mis en œuvre dans le coffrage.

Le béton est sujet à un ensemble de mécanismes de structuration (hydratation, floculation, etc.) et de déstructuration (malaxage, vibration, écoulement, etc...).

II.2 Les constituants cimentaires :

Les composants de base d'un béton sont l'eau, le ciment et les granulats. Des additifs peuvent être rajoutés dans le but de modifier les propriétés telles que la maniabilité et la résistance. Le béton est donc un matériau hétérogène dont les caractéristiques physico- chimiques et mécaniques des divers constituants sont différentes. Chacun de ses composants joue un rôle bien précis dans le mélange.

II.2.1 Ciment :

Le ciment Portland est un mélange composé suivant le cas de clinker, de gypse (CaSO_4) finement broyés et d'ajouts éventuels. La taille des grains du ciment Portland ordinaire varie de quelques microns à 150 microns. Ses caractéristiques granulaires sont exprimées au travers de sa granulométrie et de sa finesse. Cette finesse est souvent caractérisée par sa surface massique où surface spécifique Blaine (SSB) qui représente la surface totale des grains de ciment rapportée à la masse. Elle s'exprime en cm^2/g . La finesse habituelle est de l'ordre de $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$, elle passe à $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ et plus pour les ciments à forte résistance au jeune âge.

Le clinker est obtenu par cuisson à 1450°C suivi d'une trempe rapide d'un mélange d'environ 80% de calcaire (CaCO_3) et 20% d'argile. L'argile est composée de silice (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et d'autres phases qui sont présentés à de faibles proportions telles que l'oxyde de fer (Fe_2O_3), l'oxyde de magnésium (MgO), l'oxyde de potassium (K_2O), l'oxyde de sodium (Na_2O). Ces oxydes sont présents dans le clinker sous forme de cristaux de silicate tricalcique C_3S (Ca_3SiO_5 dénommé alite), de silicate bi calcique C_2S (Ca_2SiO_4 ou bélite), d'aluminate C_3A ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ou célite), d'aluminoferrite tétra-calcique C_4AF ($\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$) et d'autres phases mineures. Le C_3S est le principal constituant du clinker et représente 50 à 70% de sa masse.

Le C_2S , le C_3A et le C_4AF représentent respectivement 15 à 30%, 5 à 10% et 5 à 15% du clinker classique1.

Faisant prise, le ciment forme une pâte qui durcit progressivement à l'air ou dans l'eau. C'est le constituant fondamental du béton puisqu'il permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide.

Des ajouts, tels que les cendres volantes, les fillers, les laitiers, etc., entrent dans la majorité des compositions du ciment dans le but d'améliorer ses caractéristiques rhéologiques et/ou mécaniques. On obtient ainsi un liant de composition binaire voire tertiaire. Les fumées de silice, lorsqu'elles entrent dans la composition du liant, peuvent par leur finesse s'insérer entre les grains de ciment et augmentent ainsi la compacité du béton. Ce sont des particules sphériques de très faible diamètre de l'ordre du dixième de micron.

Le filler calcaire est un matériau très finement broyé, ayant une finesse à peu près identique à celle du ciment Portland. Il a pour rôle de remplir les vides entre les sables et les graviers. Selon la norme NF P 15-301, la teneur en filler calcaire est limitée à 5% de la masse du ciment.

Compte tenu des liaisons électriques entre cations et anions rompus par broyage du clinker et du gypse, on trouve à la surface des grains de ciment des sites chargés électriquement. Ces grains sont généralement chargés négativement. Selon Bombléd [2], il y a trois fois plus de charges négatives que positives.

II.2.2 Granulats :

Les granulats proviennent dans la plupart des cas des roches naturelles, par criblage et concassage de silice, de calcaire dur, de silico-calcaire, de granite, de quartzite... ils occupent généralement 60 à 80% du volume total et constituent le squelette du béton. Ils doivent être chimiquement inertes vis-à-vis du ciment, de l'eau et de l'air. Ils sont classés selon les dimensions des grains qui les constituent. Leur utilisation pour la confection d'un béton est motivée par le faible coût volumique, par une meilleure durabilité et stabilité volumétrique par rapport au mélange ciment-eau [3]. La forme, la texture de la surface et la concentration en granulats influent d'une manière considérable sur le comportement du béton à l'état frais [4].

Les particules plates et allongées où a surface rugueuse demandent plus d'eau pour une ouvrabilité donnée que les particules arrondies ou cubiques. De plus, l'adhérence entre la pâte de ciment et es granulats est influencée par la forme et la texture des particules : elle augmente avec leur rugosité et leur angularité.

La dimension de ces granulats varie d'un dixième à plusieurs dizaines de millimètres. La norme française XP P 18-540 donne une définition des principales divisions granulométriques des granulats :

- Sable 0/D avec $1 \text{ mm} < D \leq 6,3 \text{ mm}$,
- Gravillon d/D avec $d \leq 1 \text{ mm}$ et $D \leq 125 \text{ mm}$,
- Gravier 0/D avec $D > 6,3 \text{ mm}$

II.2.3 Eau de gâchage :

L'eau présente dans le béton joue deux fonctions principales : elle lui confère sa maniabilité à l'état frais (ses propriétés rhéologiques) et assure l'hydratation du ciment et donc de la résistance mécanique. L'eau est constituée de molécules polaires de H₂O dont la taille est approximativement égale à 1 Å (angström). Ces particules exercent les unes sur les autres des forces d'attraction de type Van der Waal qui jouent un rôle fondamental sur ses propriétés rhéologiques. L'eau étant un milieu diélectrique, elle modifie les forces intergranulaires. Son action n'est pas négligeable pour les grains très fins (tels que les ciments et les fines).

II.2.4 Adjuvants :

Les adjuvants sont des produits chimiques incorporés au béton en faibles quantités afin d'en améliorer certaines propriétés. Les adjuvants les plus courants peuvent être organiques ou inorganiques.

On distingue essentiellement les adjuvants accélérateurs ou retardateurs de prise, les adjuvants réducteurs d'eau (plastifiant) et hauts réducteurs d'eau (super-plastifiant ou fluidifiant). Le dosage en adjuvants n'excède pas 5% de la masse du ciment.

Les adjuvants réducteurs d'eau et hauts réducteurs d'eau, comme leur nom l'indique, permettent de diminuer la quantité d'eau de gâchage tout en ayant une bonne maniabilité du béton à l'état frais lors de sa mise en œuvre. Les fluidifiants sont des macromolécules de composition organique de synthèse et ont une propriété dispersante [1]. Ils agissent de deux manières :

1-En s'adsorbant sur les particules de ciment, ils réduisent les forces d'attraction intergranulaires par la diminution des forces de Van der Waal ou la diminution de l'énergie superficielle du minéral.

2-En créant des forces de répulsion : encombrement stérique des molécules ou répulsion électrostatique. En effet, ces molécules sont généralement de charge négative.

3-Les super plastifiants sont des adjuvants à haut pouvoir de réduction d'eau. Ils ont pour rôle de maintenir une maniabilité donnée tout en diminuant la quantité d'eau dans le béton. Ils permettent ainsi d'obtenir un béton plus résistant en raison de la réduction de l'eau. A titre indicatif, les super plastifiants permettent de réduire la teneur en eau de 25 à 35% tout en gardant une même maniabilité.

II.3 Préparation d'un béton :**II.3.1 Composition :**

Le mélange de ciment et d'eau (et éventuellement avec des ajouts) constitue ce qu'on appelle "la pâte de ciment". En y rajoutant du sable, on obtient "un mortier". En y additionnant du sable et un granulat plus gros on obtient "un béton". La pâte présente à l'intérieure du béton joue à la

fois le rôle de liant et de remplissage. C’est l’élément actif du béton et elle représente environ 30 % du volume d’un béton. Les granulats constituent un squelette inerte dispersé dans cette pâte. La présence des granulats dans le mélange limite la propagation des fissures de la pâte due au retrait. Une grande panoplie de béton est actuellement à la disposition des constructeurs (tableau suivant).

Tableau II.1-Les différents types de béton

Type de béton	Composition		Caractéristiques
Ordinaire BO	Eau + ciment + granulats	Eau/Ciment = 0,4 à 0,7	$20 \text{ MPa} \leq f_{c28j}^*$ $\leq 50 \text{ MPa}$
Hautes performances BHP	Eau + ciment + granulats + adjuvant réducteur d'eau	$0.35 \leq E/C \leq 0.40$	$50 \text{ MPa} \leq f_{c28}$ $\leq 80 \text{ MPa}$
Très hautes Performances BTHP	Eau + ciment + granulats + superplastifiant réducteur d'eau + fumée de silice	$0.20 \leq E/C \leq 0.35$	$80 \text{ MPa} \leq f_{c28}$ $\leq 150 \text{ MPa}$

fc * la résistance caractéristique du béton en compression à 28 jours d'âge [5].

II.3.2 Malaxage :

Les divers constituants d’un béton sont malaxés de façon à avoir un matériau de composition homogène, ayant par la suite des propriétés uniformes. Ceci se fait soit avec un malaxeur à béton à train valseur qui consiste en un brassage forcé des divers constituants du béton, soit avec une bétonnière qui homogénéise le mélange par gravité en soulevant un volume de matériau et en le laissant par la suite tomber dans la masse. Lors d’un essai en laboratoire, il est nécessaire d’adopter rigoureusement une même procédure de malaxage des mélanges afin d’avoir des matériaux ayant des propriétés quasi constantes pour chaque gâchée. Cela concerne à la fois le temps de malaxage, la vitesse de malaxage et la séquence d’introduction des constituants dans le

malaxeur. Selon Neville [3], ces paramètres influent de manière significative sur la teneur en air du mélange. Suivant la norme NF P 18-305, un temps de malaxage minimal de 35 et 55 secondes est respectivement exigé pour les bétons ne comportant pas d'adjuvant ou d'additions et les bétons adjuvantes.

II.3.3 Le coffrage

Une fois malaxé, le béton encore à l'état frais est mis en place dans un moule appelé "coffrage" de façon à lui donner à l'état durci la géométrie recherchée. Le coffrage est généralement construit en bois ou en métal.

II.4 Maturation du mortier et du béton :

II.4.1 L'hydratation du ciment Portland Aspect chimique :

Le ciment Portland est un liant hydraulique, c'est à dire que sa prise et son durcissement ont lieu en combinaison avec l'eau. Les qualités liantes de la pâte de ciment sont donc dues à la réaction chimique entre le ciment et l'eau appelée hydratation.

C'est un processus chimique complexe où les principaux composés du ciment C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF réagissent pour former de nouveaux composés insolubles qui durcissent avec le temps. C'est surtout l'hydratation du C_3S et du C_2S qui participent le plus au développement de la résistance en produisant des CSH.

La pâte de ciment hydraté est formée par :

- Les hydrates (CSH, $Ca(OH)_2$, sulfaluminates)
- Des grains de ciment non hydraté
- Des espaces capillaires
- Des bulles d'air (figure **II.2**)

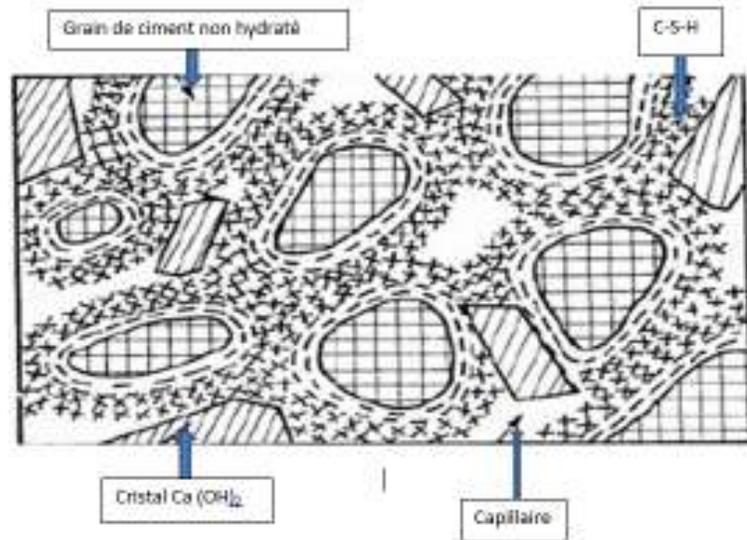


Figure II.1- Représentation schématique de la pâte de ciment hydraté [6].

Les réactions d'hydratation sont exothermiques et responsables de la prise et du durcissement des matériaux cimentaires. Le matériau passe alors d'un état de suspension de particules floculées à celui de solide viscoélastique. L'hydratation du ciment est un processus très complexe du fait que les réactions de ses différents constituants se déroulent simultanément à des cinétiques différentes et que celles-ci peuvent s'interférer.

Dès le contact avec l'eau, les différentes phases du ciment se dissolvent superficiellement, ce qui correspond au recouvrement des grains de ciment par les premiers produits de l'hydratation, les silicates de calcium hydrate C-S-H. Elle dure une vingtaine d'heures. Au fur et à mesure de leur formation, les C-S-H forment des ponts entre les particules de ciment [4].

Portland ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) cristallisée dans la solution entre les grains.

II.4.2 L'état de l'eau dans la pâte de ciment hydraté [7]

Dans la pâte de ciment hydratée, on retrouve de l'eau sous différentes formes. Cette eau interviendra différemment dans les processus liés à la durabilité, en fonction de sa localisation et de son état (Figure II.3).

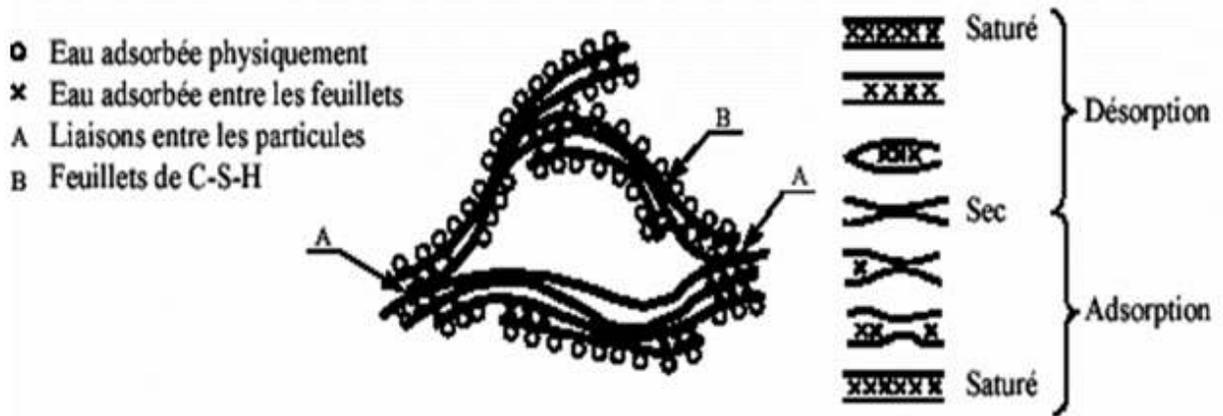


Figure II.2- Structure du ciment durci selon le modèle de Feldman et Sereda [8].

Le durcissement de la pâte de ciment correspond au remplissage graduel de l'espace entre les grains de ciment par les produits de réaction qui continuent de se former (dessin C-**Figure II.3**). La pâte se densifie et la résistance du matériau augmente. Cette étape de durcissement peut durer jusqu'à un an, tant que l'hydratation n'est pas complète. Le gain sur la résistance mécanique n'est alors plus significatif mais le comportement aux agressions chimiques diverses d'un béton vieilli suffisamment longtemps sera meilleure que cellule d'un béton comportant encore des grains de ciment anhydres [9].

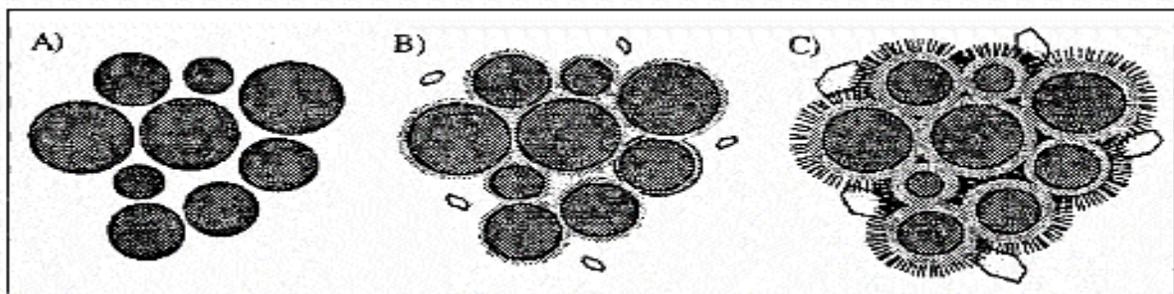


Figure II.3- Processus de l'hydratation. A) état initial B) Recouvrement des grains de ciment C) Création des liants entre particules [9].

Tableau II.2- Les principales étapes de l'hydratation d'un ciment [10],[11].

Période	Processus chimique	Processus physique
Gâchage	Dissolution rapide du ciment, formation du C-S-H et d'étringite	Fort dégagement de chaleur (1 ^{er} pic thermique)
Dormante	Augmentation rapide du pH et de la teneur en Ca^{2+} de l'eau de gâchage ce qui induit un ralentissement de la dissolution des constituants du ciment. Formation lente de C-S-H et d'étringite et sursaturation en chaux de la phase aqueuse	Inertie thermique et augmentation lente de la viscosité
Prise	Accélération de la dissolution des constituants du ciment grâce à la diminution de la teneur en Ca^{2+} par la formation de $Ca(OH)_2$; Hydratation de C_3S pour donner du C-S-H et de la portlandite.	Augmentation du flux thermique, solidification et diminution de la Porosité
Ralentissement	Epuisement du gypse et formation du monosulf-aluminate par la réaction des ions sulfates (provenant de l'étringite) avec le reste des aluminates; Accélération de l'hydratation des C_3S et C_2S .	Deuxième pic thermique et diminution de la porosité
Durcissement	Ralentissement des réactions du fait que les grains anhydres sont recouverts d'hydrate de plus en plus épais.	Diminution du flux thermique et de la Porosité

II.5 Effets des ajouts sur les propriétés des bétons :**II.5.1 Amélioration de l'ouvrabilité:**

Si nous ajoutons une quantité d'une fine poudre à un béton, nous diminuons le ressuage et la ségrégation dans ce béton, en diminuant le volume des vides. L'utilisation des cendres volantes ou du laitier diminue le besoin en eau d'un béton pour obtenir une certaine consistance.

Pour cette même consistance l'utilisation de poudres ayant une très grande surface spécifique, comme les fumées de silice, tend à augmenter la quantité d'eau nécessaire. La demande en eau et la maniabilité d'un béton contenant des ajouts minéraux dépend de leur forme et de la granulométrie des particules. La norme ASTM C 618 limite la quantité des particules $> 45 \mu\text{m}$ à un maximum de 34 % [12].

II.5.2 Développement des résistances:

Bien que le développement des résistances soit lent, les résistances à long terme dépassent quelques fois celles du ciment Portland sans ajouts, à condition d'optimiser la quantité d'ajout. Cette Augmentation des résistances est due à l'affinage des pores et des grains ainsi qu'à l'augmentation de la quantité de C-S-H.

II.6 Influence des caractéristiques des granulats sur les propriétés du béton :

Il est intéressant pour la fabrication des éléments en béton de savoir et connaître l'influence des caractéristiques des granulats sur la qualité du béton, afin d'avoir l'opportunité pour le choix des granulats compatibles au béton souhaité.

A cet effet, plusieurs chercheurs ont étudié l'influence des caractéristiques des granulats sur la propriété du béton, et en ce qui suit on va citer l'effet des principaux caractéristiques sur la propriété du béton.

II.6.1 Influence de la granularité :

La figure II.4 ci-après donne une idée de l'effet de la granularité sur la résistance du béton à 28 jours [13].

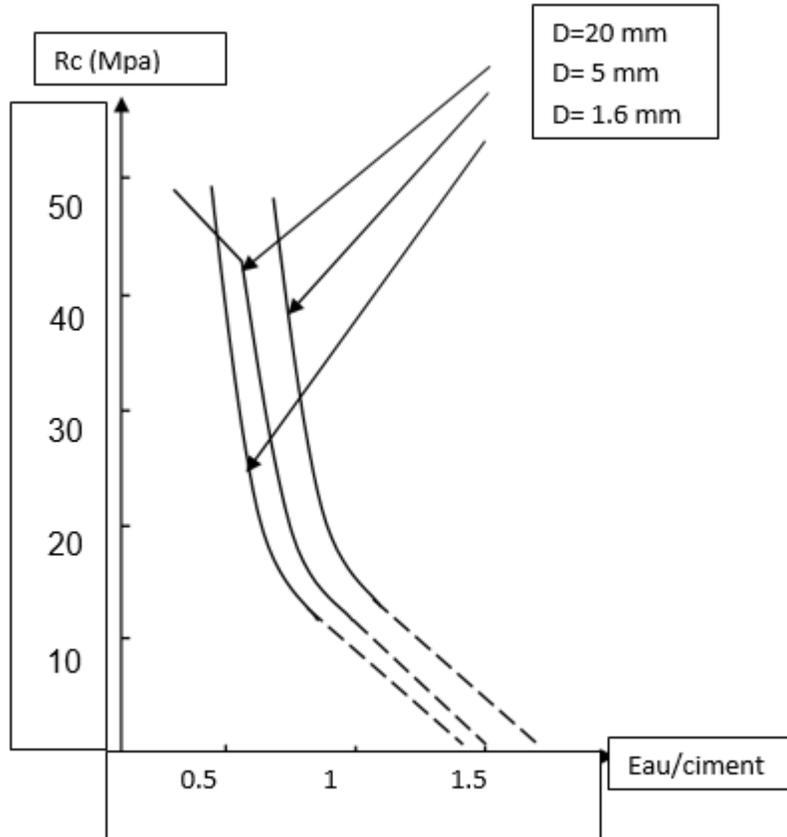


Figure II.4 - Effets de la granularité sur la résistance du béton [13]

On remarque sur cette présentation, que l'augmentation de la granularité augmente la résistance. Mais si on fixe le paramètre E/C dans les limites de la plasticité (0.5-1.5) les meilleurs résultats correspondent de granularité moyenne.

II.7 CONCLUSION

Par la synthèse bibliographique sur mortier et le béton et les divers aspects qu'elle connaît dès la mise en œuvre, ces matériaux sont influencés par les effets chimiques liés à la composition du béton ou à son environnement.

CHAPITRE III : METHODES D'ESSAI ET MATERIAUX UTILISES

Chapitre III : Méthodes d'essai et matériaux utilisés

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous avons défini l'importance des essais appliqués sur le sable, et le mortier et le béton, pour connaître l'effet des ajouts et de granulat sur les propriétés mécaniques à base de ciment portland composé (C.P.J CEMII/B 42,5N).

Des essais ont été effectués au sein de : Laboratoire d'entreprise GRANITEX.

III.2 Caractéristiques des matériaux :

La caractérisation des matériaux de construction nécessite. La connaissance de la nature de ses composants. Par ailleurs, la détermination des dosages optimaux, ainsi que l'illustration des certains interprétation ne pourraient être possible que si les différents constituant sont bien caractérisés.

III.2.1 Le sable :

Le sable est le constituant du granulaire qui a le plus d'impact sur le mortier. Il joue un rôle primordial en réduisant les variations volumiques, les chaleurs dégagées et le prix de revient des bétons. Il doit être propre et ne pas contenir d'éléments nocifs.

a/Analyse granulométrique :

On peut définir l'analyse granulométrique par tamisage c'est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

b/But de l'essai :

La granulométrie ou analyse granulométrique s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat. L'analyse granulométrique a trois buts :

- Déterminer les dimensions des grains.
- Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral).
- En déduire le Module de finesse (Mf).

c/Principe de l'essai :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les un sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis.

d/Matériel nécessaire :

Des tamis dont les ouvertures carrées, de dimension normalisée, sont réalisés soit à partir d'un maillage métallique. Pour un travail d'essai aux résultats reproductibles, il est conseillé d'utiliser une machine à tamiser électrique qui comprime un mouvement vibratoire horizontal, ainsi que des secousses verticales, à la colonne de tamis. La dimension nominale de tamis se suit dans une progression géométrique de raison.

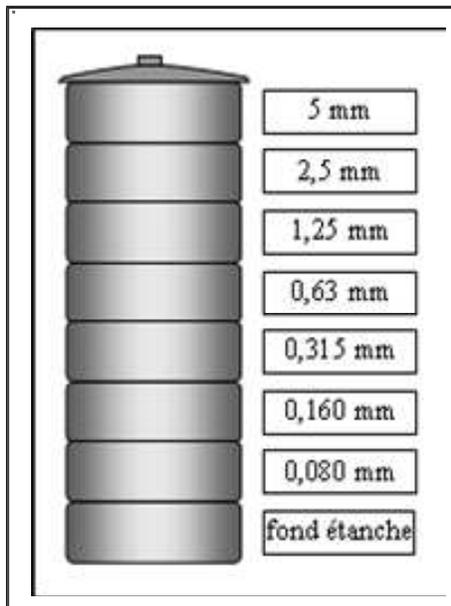


Figure III.1 -Colonne de tamis.



Figure III.2 -tamiseur électrique

e/Mode opératoire :

Prélever (1.5kg) de matériau (sable sec).

Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit mi la masse du tamis.

Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est respectivement de haut en bas : 5 - 2,5 - 1,25 - 0,63 - 0,315 - 0,125 et éventuellement 0,08 mm, La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond.

Verser le matériau (sable sec)

sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant 5 minutes. Arrêter l'agitateur, puis séparer avec soin les différents tamis.

Peser chaque tamis séparément à 1 g près. Soit M_i la masse du tamis (I) + le sable. La différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel R1 du tamis1.

Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur.

Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à R1, soit R2 la masse du refus cumulé du tamis 2 ($R_2=R_1+\text{Refus partiel sur tamis}$).

Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés R3, R4,Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante : $T= 100 - R_c$

Où :

T: Tamisât en %

RC : Refus cumulés en %

f/Module de finesse (Mf) :

C'est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse M_f compris entre 2,2 et 2,8 ; au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

- Pour $1,8 < M_f < 2,2$: le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance.
- Pour $2,2 < M_f < 2,8$: le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.
- Pour $2,8 < M_f < 3,2$: le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
- Pour $M_f > 3,2$: le sable est à rejeter.

Ce paramètre est en particulier utilisé pour caractériser la finesse des sables à bétons [12].

$$M_f = \sum RC / 100$$

III.2.2 Eau de gâchage (robinet) :

C'est la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de mortier. Elle est nécessaire pour l'hydratation du liant, le mouillage des granulats et la facilité de mise en place du mortier

III.2.3 Ciment :

Le ciment utilisé dans notre projet dit ELMATINE est un ciment portland composé C.P .J CEMII/B 42,5N selon la norme NA442, la fiche technique du ciment est donnée en annexe.

a/Caractéristiques chimiques :

L'analyse chimique du ciment utilisé a révélé l'existence des éléments qui sont présentés en pourcentage massique dans le tableau suivant :

Table III.1-L'analyse chimique du ciment

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Perte au feu
18,13	4,42	3,03	60,78	1,84	2,34	0,64	0,13	0,10	0,23	8,36

b/Caractéristiques physiques :

Le tableau suivant résume certaines Caractéristiques physiques de ciment utilisé :

Table III.2-caractéristique physico-mécanique du ciment.

Début de prise		150-180 min
Fin de prise		3 h 30 – 4 h 30
Masse spécifique		3 3,1 g/cm
SSB		3555cm ² /g
Chaleur d'hydratation		456,60 (j/g)
Résistance à la compression (MPa)	7j	36,74
	14j	41,07
	28j	45,07

III.2.4 Gravier (pierres concassées) :

On a utilisé deux dimensions différentes de graviers (pierres concassées) 3/8 et 8/15.

III.2.5 Graniscel s55 :

Le GRANISCEL S55 est un mortier à base de liant hydraulique, à retrait compensé, pour sceller des barres d'armature en acier dans les structures en béton.

Il permet d'obtenir un mortier fluide qui durcit sans retrait.

III.2.6 Granichape mortier :

GRANICHAPE MORTIER est formulé pour être utilisé sur des bétons (chape) de sols industriels ou la planéité de la surface du béton est légèrement dégradée.

III.3 Formulation de mortier :**III.3.1 Formulation de mortier normal :**

Le mortier doit être composé en masse, de ciment, de sable et d'eau, Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d'un ciment et notamment sa résistance.

Dans notre cas on a utilisé pour le mortier:

- 1350g de sable.
- 450g de ciment.
- 247ml d'eau.
- $E/C = 0.55$.

III.3.2 Formulation de mortier Graniscel s55 :

Le mortier GRANISCEL S55 est obtenu en mélangeant de l'eau avec le produit sec. Introduire d'abord la quantité prédéfinie d'eau. Ajouter lentement le GRANISCEL S55 tout en malaxant sans interruption.

Le temps de malaxage doit être de 3 min environ et mécaniquement. Aucun autre matériau ne doit être ajouté.

Un sac de 40 kilogrammes de GRANISCEL S55 nécessitera 5,5 à 6 litres d'eau, selon la consistance désirée.

Dans notre essai :

1000 g de GRANISCEL S55 et 145 ml d'eau

III.3.3 Formulation de Granichape mortier :

Le mélange doit de faire mécaniquement (malaxeur, bétonnière...) GRANICHAPE MORTIER est ajouter à l'eau prédéfinie sans arrêter le malaxage. Le temps de malaxage doit être environ 3 min. Protéger le GRANICHAPE MORTIER dès qu'il devient mât en le couvrant avec de la toile de jute mouillée en appliquant l'adjuvant MEDACURE.

Un sac de 40 kg de GRANICHAPE MORTIER nécessitera 6-6.5 litre d'eau

Dans notre essai :

1000 g GRANICHAPE MORTIER

157 ml d'eau

III.4 Préparation des éprouvettes :

Les éprouvettes sont de forme prismatique de section carré (40 x 40 x 160) mm Elles doivent être moulées le plus vite possible après la confection du mortier. Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse étant fermement fixés à la table à choc, on introduit la première des deux couches de mortier.



Figure III.1-Moule d'éprouvettes prismatiques



Figure III.2-Éprouvette prismatiques

III.5 Formulation du béton :

Nous allons faire 3 formule de béton à différent quantité de granulat à condition les quantités ciment et adjuvant et eau sont constant pour les trois formule

On met dans bétonnière le mélange que compose de deux graviers défèrent diamètre de 3/8 et 8/15, ajouter sable on malaxant avant ajoute de l'eau (temps malaxage environ 3min) jusqu' à l'homogénéisation on ajoute l'eau sans arrêter le malaxage après 1 min on ajoute l'adjuvant.

Table III.3- représente composition du béton étudié de 3 formules

	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Eau (litre)	2.5	2.5	2.5
Ciment (kg)	6	6	6
Adjuvant (ml)	60	60	60
Gravier 3/8 (kg)	5.7	6.3	6.9
Gravier 8/15 (kg)	12.5	13.2	13.7
Sable (kg)	8.8	7.5	6.4

III.5.1 Mise en place du béton dans les moules :

Le remplissage des moules se fait en deux couches successives systématiquement piquées à l'aide d'une tige métallique de 16 mm de diamètre.

Conservation :

Après la mise en place du béton, les éprouvettes sont conservées dans leurs moules à l'intérieur du laboratoire à une température de 20°C.

III.6 Essais de résistances mécaniques :

Pour la détermination de la résistance à la flexion, on utilise la méthode de la charge concentrée à portée au moyen du dispositif de flexion normalisé. Les demi-prismes obtenus dans l'essai de flexion doivent être essayés en compression sur les faces latérales de moulage.

III.6.1 Résistance à la traction par flexion:

Placer le prisme dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appui et son axe longitudinal perpendiculaire à ceux-ci. Appliquer la charge verticalement par le rouleau de chargement sur la face, jusqu'à rupture.

Conserver les demi-prismes jusqu'au moment des essais en compression.

La résistance en flexion R_f (en N/mm²) est calculée au moyen de la formule où :

$$R_f = 1,5Pl/b^3$$

R_f : est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

b : est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

F_f : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.

l : est la distance entre les appuis, en millimètres.

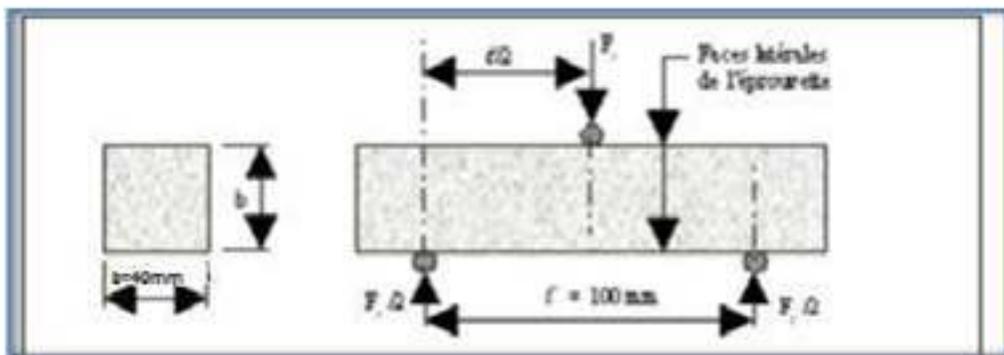


Figure III.3- Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.



Figure III.4-L'essai de résistance à la flexion.

III.6.2 Résistance à la compression :

Centrer chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine à ± 0.5 mm près et longitudinalement de façon que le bout du prisme soit en porte-à-faux par rapport aux plateaux d'environ 10mm.

Augmenter la charge avec une vitesse providence durant toute l'application de la charge jusqu'à la rupture (compenser la décroissance de vitesse de la charge à l'approche de la rupture).

La résistance en compression R_c (en N/mm^2) est calculée au moyen de la formule :

$$R_c = F_c / b^2$$

R_c : Résistance à la compression en (MPa).

F_c : Charge de rupture en (N).

b : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm.

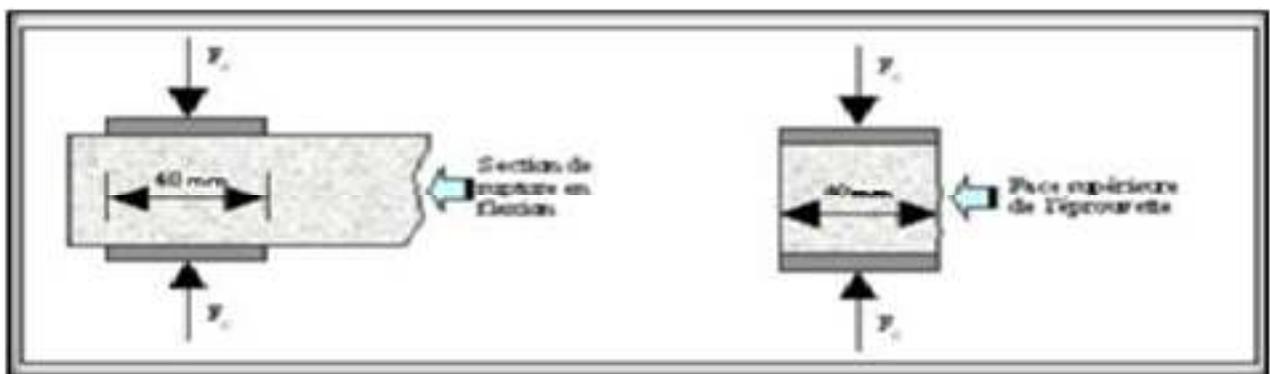


Figure III.5- dispositif pour l'essai de résistance à la compression.



Figure III.6-Essai de compression de l'éprouvette de mortier



Figure III.7- Essai compression de béton

III.7 Conclusion :

Les essais physiques, les analyses chimiques donnent une idée générale sur les caractéristiques principales des matériaux servant à la formulation des mortiers qui seront étudiés au chapitre suivant du point de vue mécanique et durabilité. La connaissance de ces caractéristiques nous aide d'une façon significative à commenter les résultats des essais expérimentaux.

CHAPITRE IV
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre IV : Résultats et Discussions

IV.1 Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les résultats des différents essais effectués sur les mortiers confectionnées selon les différentes combinaisons d'ajouts, Ces résultats portent sur les résistances mécaniques (compression et flexion).

IV.2 Résultat de l'analyse granulométrie de sable :

Tableau IV.1- Analyse granulométrique du sable utilisé.

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	00	00	00	100
2.5	28.39	28.39	1.89	98.11
1.25	67.35	95.74	6.38	93.62
0.63	80.02	175.76	11.71	88.29
0.315	345.3	521.06	34.73	65.27
0.16	758.76	1279.82	85.32	14.68
0.08	210.04	1489.86	99.32	0.68
Fond	10.14	1500	100	00

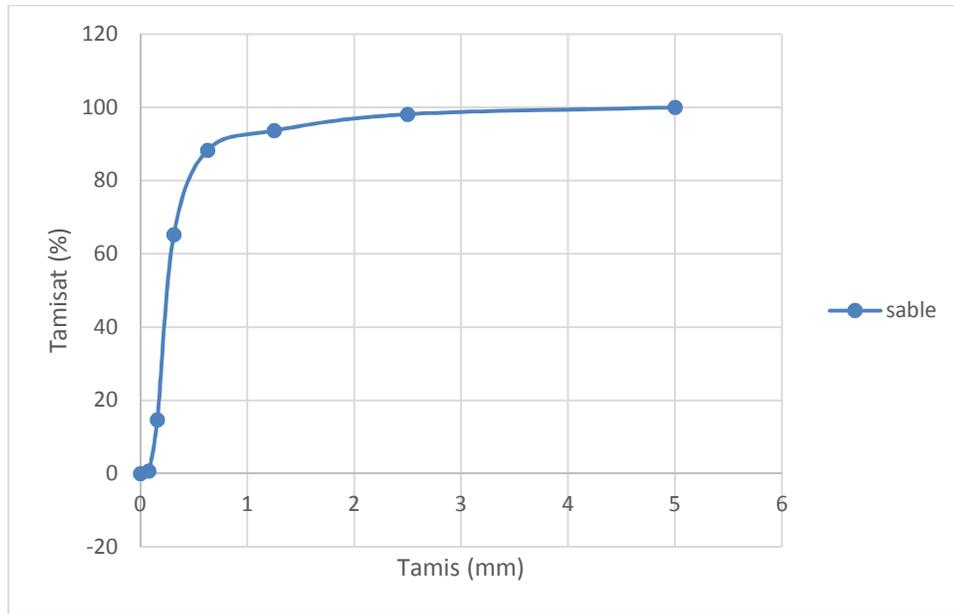


Figure IV.1- La courbe granulométrique du sable.

Commentaire :

Ce sable est propre et fin.

Donc : le sable qui utilisé propre et gradué (acceptable).

Nous déduisons que c’est un sable fin et il n’est pas de bonne qualité, il n’est donc spécifié pour la fabrication des bétons du point de vue de l’analyse granulométrique.

IV.3 Résultats de l’essai mécaniques :

IV.3.1 Résistance à la traction par flexion:

Les résultats de l’essai de résistance à la traction par flexion sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2-Evolution de la résistance à flexion par traction du mortier étudié a une température ambiante.

	Résistance à la traction par flexion (MPa)			
	1Jours	3Jours	7Jours	28Jours
MORTIER SANS ADJUVANT	3,75	3,98	4,82	7,72
GRANICHAPE MORTIER		5.15	6.34	7.3
GRANISCEL S55	6.72	7.48	9.90	10.08

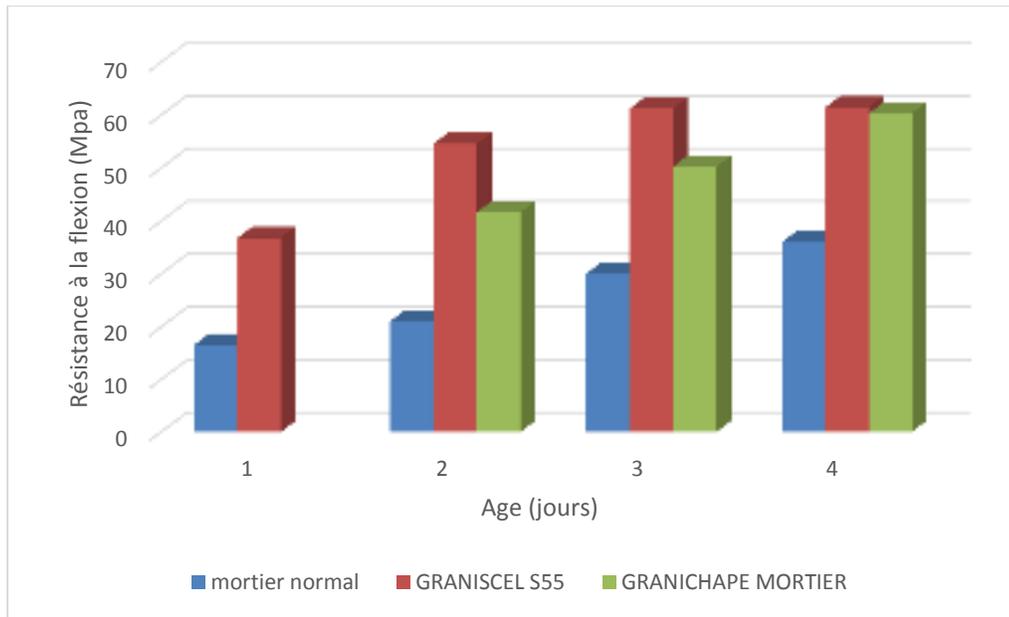


Figure IV.2- la résistance à la flexion des mortiers étudiés en fonction des jours

IV.3.2 Résistance à la Compression:

Les résultats de l’essai de résistance à la compression sont résumés dans le tableau suivant

Tableau IV.3- Evolution de la résistance à la compression des différents mortiers.

	Résistance à la traction par flexion (MPa)			
	1Jours	3Jours	7Jours	28Jours
MORTIER SANS ADJUVANT	16.55	21	30	36
GRANICHAPE MORTIER		41.66	50.25	60.32
GRANISCEL S55	36.8	54.6	61.2	61.5

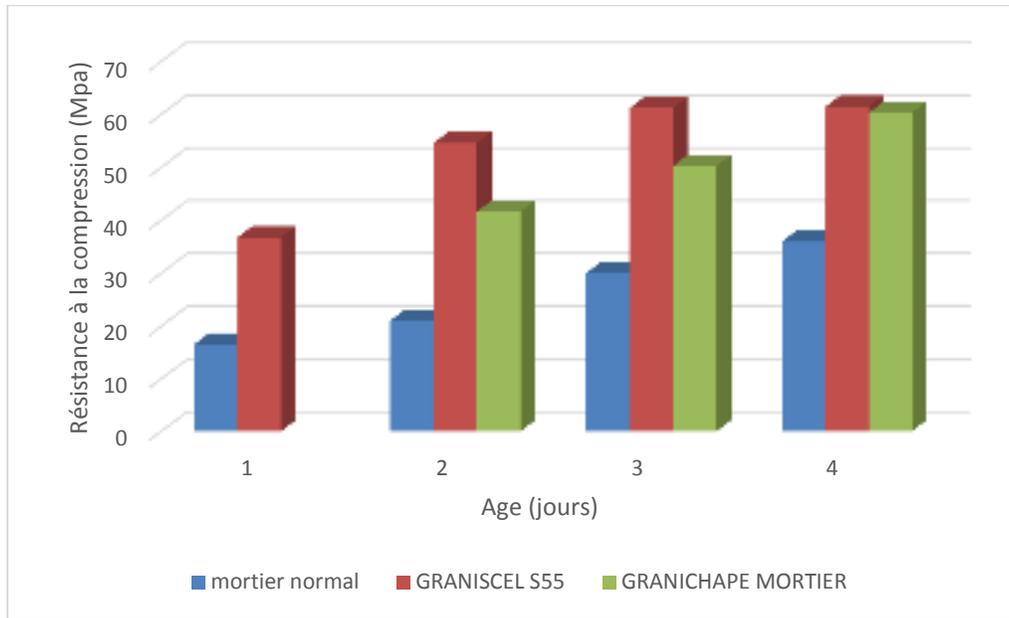


Figure IV.3- la résistance à compression des mortiers étudiés en fonction des jours

Commentaire : Les deux mortiers GRANISCEL S55 et GRANICHAPE MORTIER contiennent des adjuvants à rôle d'augmenter la résistance mécanique selon le Domain d'application de mortier, On remarque que ces derniers ont permis une amélioration de la résistance mécanique des mortiers.

Tableau IV.4 - évolution de la résistance à la compression du béton étudié à différents rapports Gravier/Sable (G/S).

FORMULE	G1(3/8)= 5.7 kg G2(8/15)=12.5 kg Sable=8.8kg	G1(3/8)= 6.3kg G2(8/15)=13.2kg Sable=7.5kg	G1(3/8)= 6.9kg G2(8/15)=13.7kg Sable=6.6kg
LE RAPPORT G/S	2.07	2.6	3.22
Résistance à compression (Mpa)	10.11	11.98	13.56

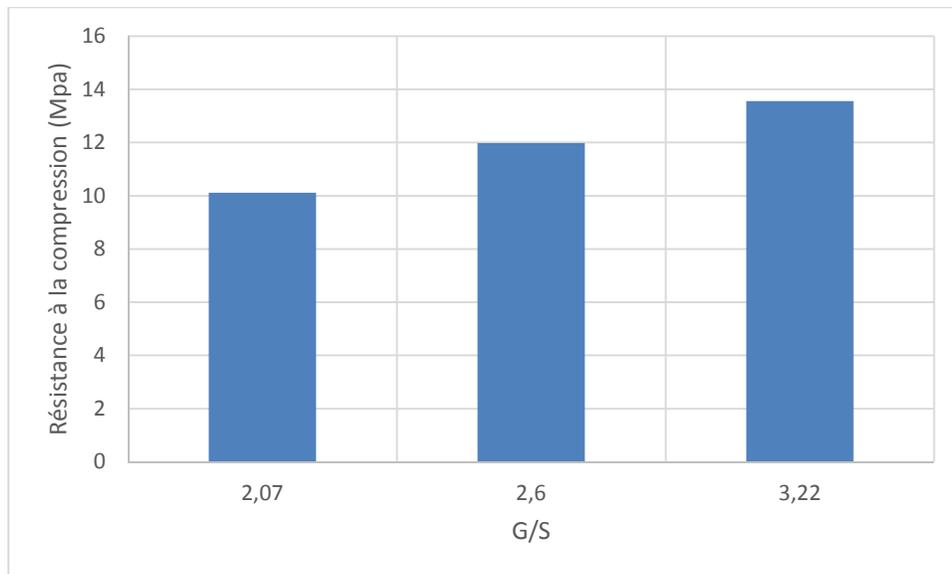


Figure IV.4- la résistance à la compression du béton étudié en fonction de rapport Gravier/Sable (G/S).

Commentaire :

On remarque que le rapport gravier/sable joue rôle d'augmentation de la résistance à la compression du béton dans notre cas chaque rapport G/S a une résistance à la compression sélectionnée ou chaque une instante le rapport G/S augment on remarque la résistance à la compression augmente.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce travail est une contribution à l'amélioration des propriétés des mortiers et béton par substitution partielle du ciment (C.P.J CEMII/B 42,5N) nous avons utilisé des mortiers avec adjuvant et sans adjuvant.

On remarque que les adjuvants que nous avons utilisés permettent une amélioration de la résistance mécanique des mortiers.

Perspective :

De plus ces adjuvant réduisent l'absorption capillaire en diminuant la porosité de la pâte de ciment durcie et augmentent la résistivité de ces mortiers.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Référence bibliographique

- [1] Véronique Baroghel-Bouny, Caractérisation des pâtes de ciment et des bétons. Méthodes, analyses, interprétations, Laboratoire central des ponts et chaussées, pp.468, 1994.
- [2] J.-P Bombled, Rhéologie des mortiers et des bétons frais; influence du facteur Ciment, Proceeding of RILEM, Leeds Seminar, Vol.1, sujet 3, p.1-169, 1973.
- [3] Adam M. Neville, Propriétés des bétons, Ed. Eyrolles, 1992, p. 805.
- [4] BREY 92 D.BREYSSE, A.DELAGRAVE, B. GERARDH, HORNAIN, J.MARCHAND, Etat de l'art – Etude du vieillissement d'origine chimique ou mécanique des matériaux à matrice cimentaire .Note technique ,1992 contrat LERM/DER, n°T20 D47.
- [5] V.BAROGEL-BOUNY (1994), Caractérisation des pâtes de ciment et des bétons – méthode, Analyse, interprétation. Thèse de doctorat, ENPC, 21 juin, 470 pages.
- [6] Pigeon (1981), Composition et hydratation du ciment Portland, séminaire progrès dans le domaine du béton, Québec, septembre 1981, p.36-72.
- [7] Mailvaganam N.P. (1991), Repair and protection of concret, Université de Sherbrooke GCI 714 - Durabilité et réparations du béton 51. Structure, CRC Press].
- [8] Feldman (1968) R.F. Feldman and P.J. Sereda, A model of hydrated Portland cement paste as deduced from sorption length-change and mechanical properties. Mat. And Struct. RILEM, 1(6):509–520, 1968.
- [9] S.PRENE (2000), Intérêt des bétons bas pH dans le cadre du stockage des déchets nucléaires Note EDF R &D, 2000, n°- 43/00/020/A.
- [10] P. C. Hewlett, Lea's Chemistry of Cement and Concrete, Arnold, p. 1053, 1998.
- [11] H.F.W Taylor, Cement chemistry, Thomas Telford, 2nd edition, p. 475, 1997.
- [12] Bouglada Mohamed Salah, «Effet de l'activation du ciment avec ajout minéral par la chaux fine sur le comportement mécanique du mortier», Mémoire de Magister, Université de M'sila, Année 2007 / 2008.
- [13] « Béton de sable »- ENPC 1994- P236

ANNEXE

Annexe :



متين
Matine

ALGÉRIE

LAFARGE
Construire
des villes meilleures™



Ciment portland au Calcaire

NA442 CEM II/B-L 42,5 N

Matine Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments

Matine
NA442 CEM II/B-L 42,5 N

Matine est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 – 2013) et Européenne (EN 197-1)

AVANTAGES PRODUIT



- Une résistance initiale élevée pour vos ouvrages nécessitant un décoffrage rapide
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments
- Préfabrication légère
- Béton de haute performance



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment 	Sable (sec) 	Gravillons (sec) 	Eau (litres) 
Dosage pour béton c25/30	X 1 	+ X7 	+ X5  + X4 	+ 25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	10.0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.05

Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Valeur
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	26.5±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3 700 - 5 200
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	≤ 3.0

Temps de prise à 20° (NA 230)

	Valeur
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	230±50

Résistance à la compression

	Valeur
2 jours (MPa)	≥ 10.0
28 jours (MPa)	≥ 42.5

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- **PROTÉGEZ VOTRE PEAU** : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, genouillères, chaussures et vêtements de sécurité.

2- **MANUTENTION** : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,
Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie
Tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com



