



Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par

M^{ELLE} GOULMANE Ouïame

Et

M^{ELLE} MEKERRI Sihem

Thème

*Etude de l'influence d'ajouts de résidus de
bacs de pétrole brut sur les caractéristiques de
la brique de construction*

Soutenu le / 06 /2016 devant le jury composé de :

Présidente: M^{me} BOUNEB Samia MAA U. Bejaia

Promoteur: M^r ARKOUB Hamid Pr U. Bejaia

Examineur: M^r AIT HABIB Zakaria MAB U. Bejaia

Année Universitaire: 2015-2016

Remerciements

On remercie en premier lieu notre bon Dieu, le tout puissant qui a éclairé notre chemin, et nous a donné le courage, la force et la patience pour achever ce travail.

On tient à remercier notre encadreur, M^r ARKOUB Hamid d'avoir accepté de diriger ce travail, et de nous avoir orienté avec ses conseils considérables afin de mener à bien ce projet de fin d'études.

Nous remercions les membres du jury M^{me} BOUNAB Samia et M^r AIT HABIB Zakaria, qui nous feront l'honneur d'examiner ce travail et d'accorder une partie de leur temps précieux pour évaluer ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à M^r BEN ISSAD qui nous a orienté et beaucoup aidé durant notre travail.

Nos vifs remerciements s'adressent aux personnes travaillant à la briqueterie DBK MAT de Tizi-Ouzou de nous avoir accueillies au sein de leur entreprise durant notre période de stage, sans oublier les techniciens de laboratoires génie civil M^r. Djamel et génie des procédé M^{elle} Ayad Habiba pour leur soutien et sympathie.

Nous remercions également les enseignants du département Mines et Géologie qui ont contribué à notre formation durant notre cursus d'études.

Enfin, on remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

**Qu'ils trouvent tous, ici, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de gratitude à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter, pour leurs sacrifices et encouragements, durant toute la période de mes études.

Je dédie mon travail à mes deux frères, à ma tante Fadhila, et à tous mes cousins et cousines

Ce travail est dédié également à mes très chères amies (Thinhinane et Kahina) pour le soutien qu'ils m'ont apporté.

Une dédicace très spéciale à Amar qui m'a apporté son aide, son soutien.

1. qu'il trouve ici le témoignage de mon immense affection, et l'expression de mon grand attachement.1

**GOULMANE
Ouiame**

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance pour mes parents qui ont su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie .leurs conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite.

Leur patience sans fin, compréhension et encouragements sont pour moi le soutien indispensable qu'ils ont toujours su m'apporter. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté. Que dieu le tout puissant vous préserve, vous accorde sante, bonheur, quiétude de l'esprit et vous protège de tout mal.

Je dédie cet humble et modeste travail à mes chers parents

Une dédicace très spéciale à mes frères (Smail et Wahab) et sœurs (Wahiba, Fahima et Nora), et à un être chère GHEZALI Faiz qui a été en tout moment présent

MEKERRI Sihem

Sommaire

Chapitre I Généralités	Erreur ! Signet non défini.
Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
I.1 Origine et formation des boues de pétrole brut	Erreur ! Signet non défini.
I.2 Description de la boue	Erreur ! Signet non défini.
I.3 Les traitements des boues (déchets huileux)	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1 traitement par Stabilisation / Solidification	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2 Incinération	Erreur ! Signet non défini.
I.3.3 Désagrégation atmosphérique des boues	Erreur ! Signet non défini.
I.4 Notion sur les argiles	Erreur ! Signet non défini.
I.4.1 Mélange de production	Erreur ! Signet non défini.
I.4.2 Principales formes minéralogiques.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5 Production de briques	Erreur ! Signet non défini.
I.5.1 L'extraction des matières premières.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2 Préparation de l'argile.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2.1 Broyage et malaxage	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2.2 Dosage et mélange	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3 Mise en forme	Erreur ! Signet non défini.
I.5.4 Séchage	Erreur ! Signet non défini.
I.5.5 Cuisson	Erreur ! Signet non défini.
I.5.5.1 Four tunnel.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.5.2 Défauts de cuisson	Erreur ! Signet non défini.
I.6 Dégraissants.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7 Propriétés de l'argile utilisée	Erreur ! Signet non défini.
I.7.1 Analyse minéralogique	Erreur ! Signet non défini.
I.7.2 Propriétés de cuisson	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre II. Matériel et méthodes utilisées	Erreur ! Signet non défini.
Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1 Essais préliminaires	Erreur ! Signet non défini.
II.1.1 Premier essai	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2 Deuxième essai.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2 Préparation des échantillons.....	Erreur ! Signet non défini.

II.2.1 Matériel utilisé.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2 Préparation des matières premières.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.3 Confection des éprouvettes	Erreur ! Signet non défini.
II.2.4 Cuisson des échantillons	Erreur ! Signet non défini.
II. 3 Essai d'atterberg.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1 Appareillage nécessaire.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2 Mode opératoire	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.1 Limite de liquidité WL.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.2 Limite de plasticité Wp	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.3 Indice de plasticité.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4 Perte en masse	Erreur ! Signet non défini.
II.5 Retrait	Erreur ! Signet non défini.
II.6 Porosité accessible à l'eau.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.1 Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7 Essai de l'ultrason	Erreur ! Signet non défini.
II.7.1 Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.2 Mode Opératoire	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III. Résultats et discussions.....	Erreur ! Signet non défini.
Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1 Limites d'Atterberg.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1 Limite de liquidité.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2 Limite de plasticité.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2 aspect visuel des éprouvettes	Erreur ! Signet non défini.
III.3 Perte en masse.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3.1 Perte en masse à 600°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3.2 Perte en masse à 750°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3.3 Perte en masse à 900°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4 Retrait.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.1 Retrait à 600°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2 Retrait à 750°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.4 conclusion	Erreur ! Signet non défini.
III.5 Porosité accessible à l'eau.....	Erreur ! Signet non défini.

III.5.1 Porosité accessible à l'eau à 600°C	Erreur ! Signet non défini.
III.5.2 porosité accessible à l'eau à 750°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.5.3 Porosité accessible à l'eau 900°C	Erreur ! Signet non défini.
III.5.4 Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
III.6 Ultrason	Erreur ! Signet non défini.
III.6.1 Ultrason à 600°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.6.2 Ultrason à 750°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.6.3 Ultrason à 900°C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.6.4 Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

Figure	Titre	page
Figure I.1	Disposition du contenu d'un bac d'un stockage.	2
Figure I.2	Bourbier des sédiments des fonds des bacs.	2
Figure I.3	composition d'un pétrole brut et relation point ébullition /masse molaire /structure	3
Figure I.4	Incinérateur rotatif de capacité de 500 à 3000 Kg /h	6
Figure I.5	Couche tétraédrique et octaédrique	9
Figure I.6	schéma de production de brique.	11
Figure I.7	Extraction de l'argile (chantier DBK MAT Tizi-Ouzou).	12
Figure I.8	Vue d'un four tunnel et profil de température.	15
Figure I.9	Section d'un four tunnel	15
Figure II.1	Les trois mélanges (A, B, C) dans le moule.	21
Figure II.2	Malaxeur, laboratoire LTMGP	22
Figure II.3	les échantillons dans le four à 900°C	24
Figure II.4	les échantillons après cuisson.	25
Figure II.5	Appareil de Casagrande.	26
Figure II.6	Schéma du protocole de la porosité accessible à l'eau.	30
Figure II.7	Balance hydrostatique.	30
Figure II.8	Schéma du dispositif de mesure.	32
Figure III.1	Teneur en eau en fonction du nombre de chocs.	33
Figure III.2	Diagramme de Plasticité et classification des sols Fins	34
Figure III.3	Variation de PM en fonction du % de boue dans le mélange à 600°C	35
Figure III.4	Variation de PM en fonction du % de boue dans le mélange à 750°C	37
Figure III.5	Variation de PM en fonction du % de boue dans le mélange à 900°C	38
Figure III.6	Évolution des % de retrait en fonction des % de masse de boue à T=600°C.	40
Figure III.7	Évolution du % de retrait en fonction des % de masse de boue à T=750°C.	41
Figure III.8	Évolution des % de retrait en fonction des % de masse de boue à T=900°C.	43
Figure III.9	Variation de la porosité en fonction du % de boue dans le mélange à 600°C	44
Figure III.10	Variation de la porosité en fonction du % de boue dans le mélange 750°C	46
Figure III.11	Variation de la porosité en fonction du % de boue dans le mélange 900°C	47

Figure III.13	Temps (μ s) parcourus en fonction de % de masse de boue à 750°C.	50
Figure III.14	Temps parcourus en fonction de % de la masse de boue à 900°C.	50

Liste des tableaux

Tableau	Titre	page
Tableau I.1	Influence de différents minéraux du mélange	8
Tableau I.2	Principaux défauts de cuisson.	16
Tableau I.3	composition minéralogique de l'argile utilisée.	18
Tableau II.1	Indice de plasticité	28
Tableau III.1	Calcul des limites de liquidité de l'argile utilisée de DBK MAT.	32
Tableau III.2	calcul des limites de liquidité d'argile utilisé de DBK MAT	33
Tableau III.3	Résultats de perte en masse des échantillons cuits à 600°C	35
Tableau III.4	Résultats de perte en masse des échantillons cuits à 750°C	36
Tableau III.5	Résultats de perte en masse des échantillons cuits à 900°C	38
Tableau III.6	Résultats des Retrait à 600°C	39
Tableau III.7	Résultats des Retrait à 750°C	41
Tableau III.8	Résultats des Retrait à 900°C	42
Tableau III.9	Résultats de l'essai porosité accessible à l'eau (600°C)	44
Tableau III.10	Résultats de l'essai porosité accessible à l'eau (750°C)	45
Tableau III.11	Résultats de l'essai porosité accessible à l'eau (900°C)	46
Tableau III.12	Temps mesurés à l'ultrason à 600°C	48
Tableau III.13	Temps mesurés à l'ultrason à 750°C	49
Tableau III.14	Temps mesurés à l'ultrason à 900°C	50

Liste des abréviations

- MB** Masse de Boue.
- E/M** Rapport masse d'Eau/masse de Matière (argile tuf).
- PM** Perte en Masse.
- Dc** Diamètre des éprouvettes après Cuisson.
- Dh** Diamètre des éprouvettes Humides.
- R** Retrait.
- M_{air}** Masse des éprouvettes saturées a l'air libre.
- M_{eau}** Masse hydrostatique des éprouvettes.
- M_{sec}** Masse des éprouvettes à l'état sec.

Introduction générale

La protection de l'environnement occupe une place importante dans les préoccupations prioritaires nationales et internationales. La santé humaine et la qualité des milieux naturels sont menacées par la quantité croissante des déchets solides générés

Le pétrole ou or noir est l'un des piliers de l'économie mondiale et une ressource majeure de l'industrie, cette matière si précieuse est considérée comme source d'énergie primordiale ainsi comme matière première pour divers produits.

Mais cette or noir a de sérieux impacts sur l'environnement depuis son extraction passant par son transport stockage et raffinage qui touchent l'atmosphère, le sol et les eaux de surfaces et souterraines.

Avant son expédition, le pétrole est stocké dans des bacs pour stabilisation. Régulièrement les boues déposées au fond des bacs sont récupérées et déversées dans des bourniers à l'air libre. Les quantités importantes récupérées posent un sérieux problème environnemental et une prise en charge urgente doit être mise en place.

Dans ce travail, nous présentons une étude nouvelle qui consiste à incorporer cette boue dans la brique de construction. Nous avons procédé à la fabrication des briques on incorporant des pourcentages de boue tout en respectant les différentes étapes de fabrication de brique et en variant la température de cuisson.

Notre mémoire est devisé en trois chapitres :

Le 1^{er} chapitre comprend des généralités sur les matières premières utilisées, les traitements exercés sur ces déchets : stabilisation /solidification, traitement par incinération, désagrégation atmosphérique.....etc. On termine par le processus de fabrication de la brique de construction.

Le 2^{ème} chapitre est consacré :

Aux essais préliminaires afin de trancher pour la procédure de façonnage.

A la confection des éprouvettes.

Les différents protocoles suivis pour évaluer le produit final :

- ✓ Perte en masse
- ✓ Retrait
- ✓ Porosité accessible à l'eau

✓ Essai ultrason.

Le 3^{ème} chapitre englobera les différents commentaires et interprétations des graphes représentant les résultats obtenus à l'issue des essais effectués.

Ca mémoire se termine par une conclusion générale regroupant les principaux résultats.

Chapitre I Généralités

Introduction

Un déchet peut nuire à l'environnement ainsi qu'à la santé humaine, mais il peut aussi être utile comme ajout afin d'améliorer des caractéristiques, ou carrément comme une nouvelle ressource et cela exige la connaissance du passé et du devenir de ce déchet.

Dans ce chapitre nous allons définir, en première partie, l'origine et formation de la boue de pétrole, ainsi que sa composition et les traitements appropriés.

Ensuite viendra la partie où on présente quelques notions sur les argiles, et le processus détaillé de fabrication de la brique de construction.

I.1 Origine et formation des boues de pétrole brut

Le pétrole brut est une huile minérale naturelle combustible, d'une odeur caractéristique et d'une densité variante de 0,8 à 0,95.

Constitué principalement d'hydrocarbures et contient également des composés organiques soufrés, oxygénés et azotés. Il est utilisé surtout comme source d'énergie.

En Algérie il est exploité par la société nationale SONATRACH qui assure son transport du Centre de Dispatching d'Hydrocarbures Liquides (CDHL) qui se situe au niveau de Haoud El Hamra (Hessi Messaoud) par l'intermédiaire des oléoducs, passant par différentes stations là où il est stocké et pompé jusqu'à (Béni Mensoure) puis ce dernier est relâché par gravité pour finir au terminal de Bejaïa stocké dans des bacs durant des jours afin d'être exporter.

Le stockage du pétrole brut va entraîner au fil du temps une dissociation de ces différents composés qui se sédimentent sous forme de couches tout au fond du bac car ceux-ci ont la plus forte densité, en raison des différentiels de températures entre l'intérieur et l'extérieur du réservoir se crée de la condensation qui se transforme en gouttes. En raison de sa densité, l'eau descend au fond de la cuve et transforme les sédiments en boues hydrocarbonées.

Ce dépôt peut provenir par la polymérisation de certaines particules de pétrole autour des sédiments et il a le pouvoir de solidifier rapidement et diminue progressivement les capacités des stockages.

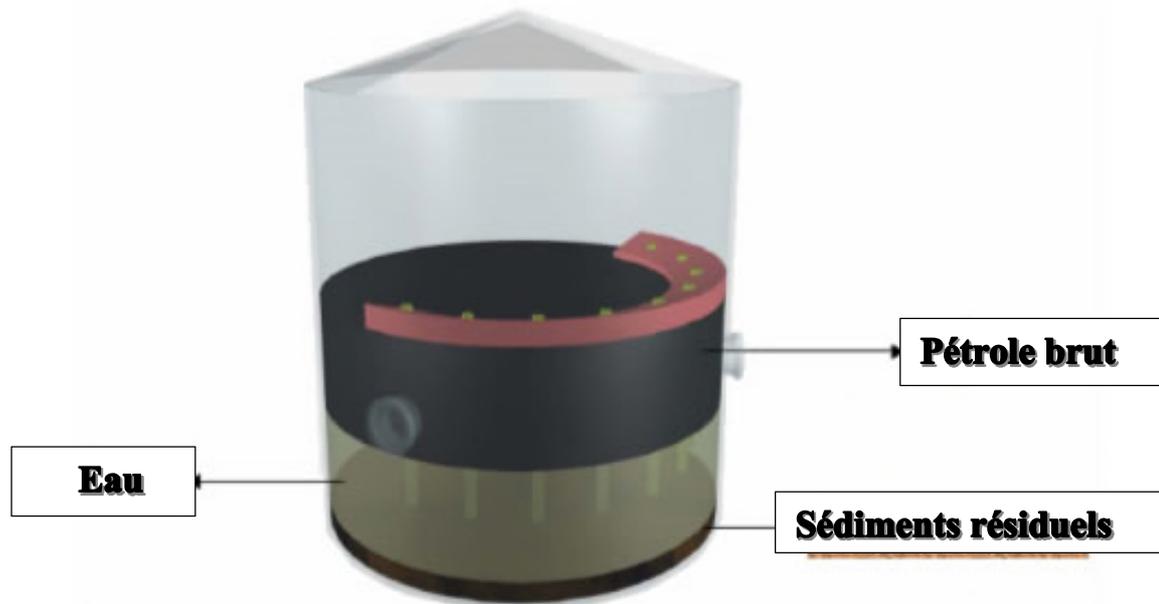


Figure I.1 : Disposition du contenu d'un bac d'un stockage.

Généralement la quantité de boue résultante d'un stockage de pétrole brut constitue 0.1% à 0.3% en volume de la capacité totale, ces dernières sont raclées et déversées dans des bourbiers à l'air libre, depuis 1959 leur volume a atteint 32000 tonnes au niveau du terminal de Bejaia.

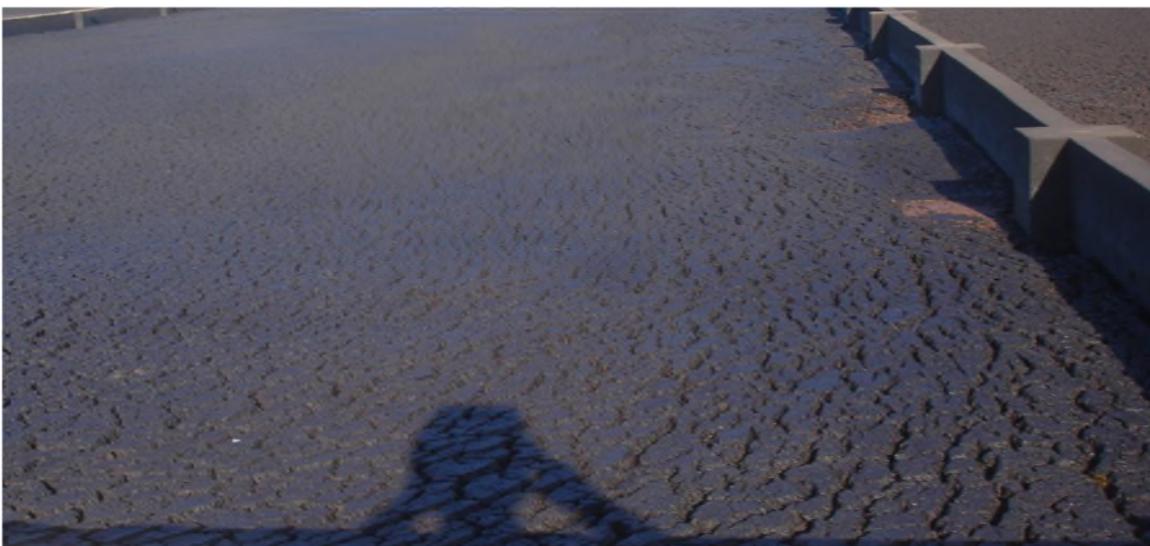


Figure I.2 : Bourbier des sédiments des fonds des bacs.

I.2 Description de la boue

La matière extraite des bacs de stockage est une pâte visqueuse de couleur sombre marron foncé à noir, une odeur très caractéristique similaire à celle du pétrole brut.

Cette boue possède les mêmes constituants que le pétrole brut avec plus de constituants lourds à cause d'accumulations.

Constitué majoritairement d'hydrocarbures (93 à 99 %(m/m)^{*}) mais également de composés organiques soufrés (0,01 à 6 %(m/m)), azotés (0,05 à 0,5 %(m/m)), oxygénés (0,1 à 0,5 %(m/m)) et de certains métaux (0,005 à 0,15%(m/m)), tels que le nickel et le vanadium.

Il est composé d'un continuum de molécules hydrocarbonées pouvant comporter quelques unités à plus d'une centaine d'atomes de carbone.

L'analyse de ce résidu est difficile du fait de sa nature (opaque et visqueux) et de sa complexité. [1]

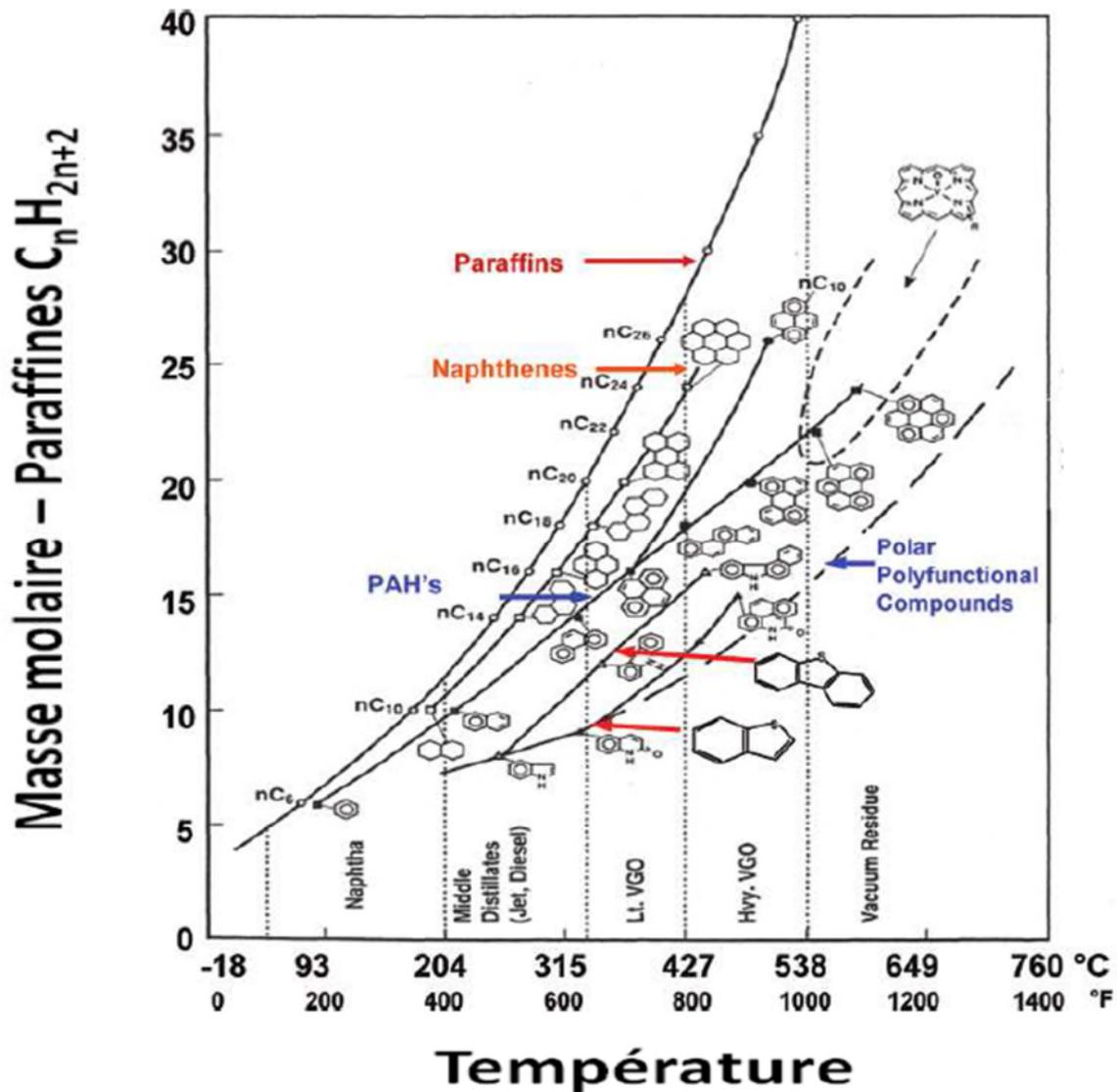


Figure I.3 : composition d'un pétrole brut et relation point ébullition /masse molaire /structure [1]

I.3 Les traitements des boues (déchets huileux)

Au cours de ces dernières années, différentes techniques de traitement des déchets ont été développées afin de diminuer les volumes de résidus à stocker et de minimiser les dispersions des produits **polluants** (**confinement, traitement** par Stabilisation/Solidification, traitements

thermiques, traitements physico-chimiques, traitements biologiques comme la remédiation et la phyto-remédiation).

I.3.1 traitement par Stabilisation / Solidification

Cette technique de traitement est employée pour diminuer la surface à travers laquelle se font les transferts ou les pertes de polluants et de limiter la solubilité et/ou la mobilité des constituants.

Seuls ou mélangés avec de la chaux ou d'autres additifs, les ciments et autres réactifs pouzzolaniques sont très utilisés pour la solidification-stabilisation des milieux contaminés comme un sol, des sédiments, des boues ou des déchets industriels.

Différents types de liants ont été utilisés pour traiter les déchets solides par stabilisation/solidification, tels que le ciment portland, le laitier, la chaux, les cendres de différentes origines. [3]

I.3.2 Incinération

Dès l'antiquité nos ancêtres utilisaient l'incinération pour la destruction des déchets ou objets non désirés. Depuis, cette technique a évolué avec l'évolution de la technologie des incinérateurs qui devient de plus en plus sophistiquée et très développée, désormais conçue pour éliminer les déchets industriels et ménagers, mais aussi pour la valorisation énergétique de ces derniers.

Pour les boues comme dans notre cas (boue de fond de bac de pétrole brut) le déchet est incinéré afin de réduire la teneur en plomb organique.

D'après des études qui ont été faites en 2013, la boue brûlée contient encore des composés non organiques de plomb et nécessite une dilution pour réduire la teneur totale en plomb au-dessous de 0.5% avant qu'elle puisse être enterrée sur un emplacement anonyme. [3]

Mais l'incinération reste un procédé onéreux estimé à des sommes d'environ 250-500 euro/tonnes pour le nettoyage.



Figure I.4 : Incinérateur rotatif de capacité de 500 à 3000 Kg /h

I.3.3 Désagrégation atmosphérique des boues

La désagrégation atmosphérique est une méthode pour réduire seulement la teneur en plomb organique de la boue ; elle ne réduit pas la teneur totale en plomb. La méthode doit être appliquée sur les lieux de la raffinerie ou du parc de stockage sous un contrôle très strict.

Afin de permettre un rejet en toute sécurité sur des emplacements contrôlés, il est désirable de réduire la teneur en plomb organique, et ensuite de réduire le pourcentage total de plomb à une valeur inférieure à 0.5%. Ce dernier résultat peut être obtenu par des mélanges avec des solides inoffensifs comme de la terre ou du sable. [3]

D'autres traitements sont employés comme :

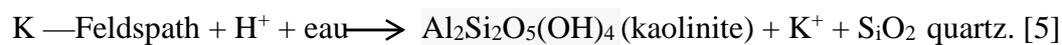
- Mélange des boues avec une matière inerte.
- Centrifugeuse des boues... etc.

I.4 Notion sur les argiles

Les argiles sont des matériaux sédimentaires de la couche superficielle de l'écorce terrestre, obtenues par dégradation physique et altération par l'hydrolyse des minéraux des roches éruptives et magmatiques (granités et basaltes) sous l'action physique et chimique des eaux de surface. Ces résidus détritiques sont déplacés par voie glaciaire, fluviale ou éolienne et se déposent dans les bassins de sédimentation. [5]

I.4.1 Mélange de production

Les mélanges de production des produits de terre cuite sont préparés à base d'argiles, qui sont principalement des phyllo-silicates hydratés d'aluminium. Le préfixe phyllo exprime que la forme de ces silicates est en feuillets. Ce sont des produits de la dégradation chimique des minéraux des roches magmatiques, en particulier les feldspaths et micas des granites, selon une réaction du type :



Selon la roche d'origine, les conditions et le temps de réaction, on obtient les différentes argiles, qui deviennent de plus en plus décomposées jusqu'au quartz final. [5]

Tableau I.1 : Influence de différents minéraux du mélange [4]

Minéral	Plasticité, cohésion, susceptibilité aux feuilletages	Difficulté de séchage	Cuisson
Kaolinite	Augmente la plasticité	Difficulté limitée	Rend plus réfractaire, élargit la zone de vitrification
Illite	Apporte une bonne plasticité	Difficulté moyenne	Agit comme flux* graissant/fondant
Smectite Montmorillonite	Apporte une très grande plasticité et grande cohésion	Grande difficulté (retrait important et rétention capillaire)	Améliore la compacité
Mica (muscovite, séricite...)	Réduit la plasticité, favorise les feuilletages effet dégraissant	Limitée	Peut baisser la température de grésage
Quartz	Réduit la plasticité et la cohésion. effet dégraissant. favorise les feuilletages	Limitée	Rend plus réfractaire. apporte sensibilité au refroidissement (fêlé au point quartz)
Feldspath	Réduit la plasticité, effet dégraissant	Limitée	Agit comme un flux* grésant au-dessus de 1000 °C
Carbonates	Effet dégraissant	Limitée	Action sur la couleur. rend plus étroit le palier de fusion. augmente la porosité
Oxyde de fer	Limitée	Limitée	Action sur la couleur. agit comme flux graissant*

I.4.2 Principales formes minéralogiques

Produits de réactions électrochimiques, les argiles se présentent sous forme de très petits feuillets dont la structure est caractérisée par la superposition de deux couches :

- ❖ couche tétraédrique « T » (tétraèdres d'atomes d'oxygène autour d'un atome central de silicium Si) ;
- ❖ couche octaédrique « O » (octaèdres d'ion hydroxyles OH avec, au centre, un ion aluminium Al⁺⁺⁺).

Ces deux couches peuvent s'associer de différentes façons : on distingue les feuillets à deux couches (T, O) et les feuillets à trois couches (T, O, T). [5]

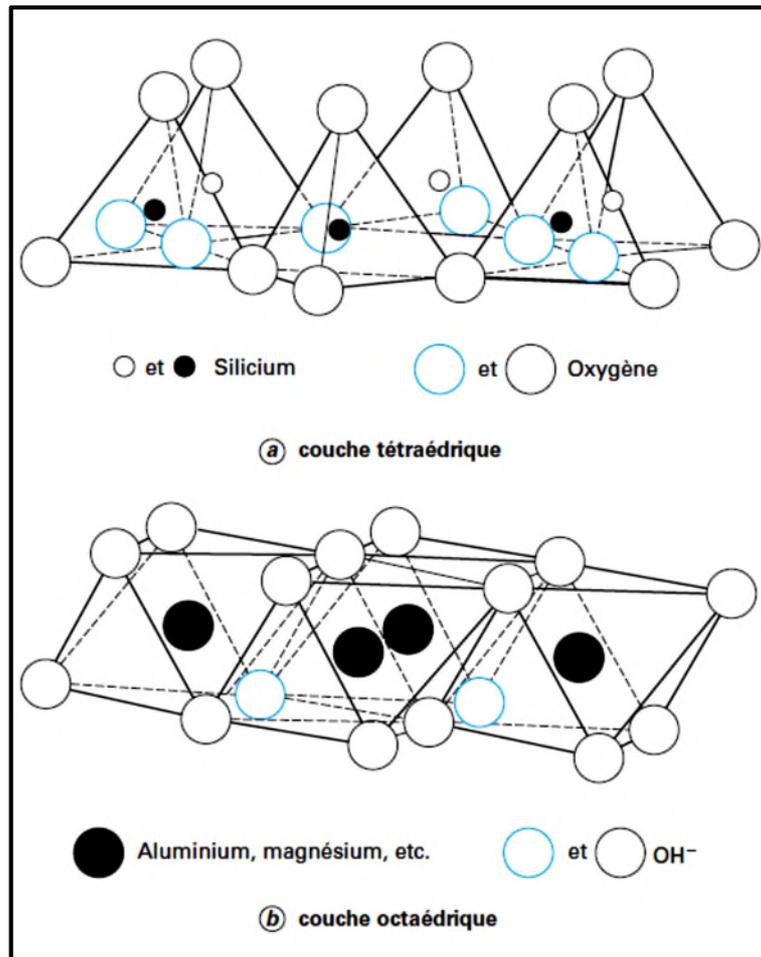


Figure I.5 : Couche tétraédrique et octaédrique. [4]

Il peut y avoir des substitutions ioniques dans la couche T (Si^{4+} est remplacé par Al^{3+}) et dans la couche O. (Al^{3+} est remplacé par Mg^{2+} ou Fe^{2+}). Ces substitutions entraînent un manque d'ions, et les couches ne sont plus neutres électriquement. Pour conserver la neutralité, des cations (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , ...) vont venir s'adsorber, en particulier entre les couches et les feuillets. Ces cations additionnels sont plus ou moins liés et échangeables. Certaines argiles présentent donc une capacité d'échange cationique élevée. Les molécules d'eau sont attirées par ces cations et les argiles présentent une grande capacité d'absorption d'eau, entraînant parfois une certaine expansion de la maille. [5]

Suivant l'arrangement des couches dans le feuillet et les substitutions ioniques, on obtient de nombreuses argiles dont les principales sont les suivantes :

❖ Kaolinite :

Il s'agit d'un composé simple à deux couches T-O. Pour associer les couches, un atome oxygène de la couche T est remplacé par un ion hydroxyle de la couche O. La composition chimique est $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Le feuillet est neutre, il n'y a pas d'absorption de cation. L'espace inter couche est vide. Il n'y a pas d'échange cationique. L'épaisseur du feuillet est constante à $7,2 \text{ \AA}$. [4]

❖ Illite :

Il s'agit encore d'un composé à trois couches TOT. Ici, ce sont les ions K^+ qui assurent l'équilibre électrique. Il y a une charge négative importante dans les couches, les ions sont liés de façon forte, et il y a une très faible capacité d'échange cationique. L'épaisseur de la structure est constante : 10 \AA . [4]

❖ Chlorite :

C'est aussi un feuillet à 3 couches. Ici, la couche absorbée est à base d'ions Mg^{++} hydrates et est très stable. Il s'agit presque d'une couche supplémentaire de brucite. La structure est proche de TOT-O. La capacité d'échange est limitée et la structure demeure stable à $14,1 \text{ \AA}$. [4]

Comme notre étude se porte sur l'incorporation des boues du fond des bacs de stockage de pétrole dans la brique de construction, nous avons effectué un stage au sein d'une briqueterie à Draa Ben Khada de Tizi-Ouzou nommée DBK MAT, pour mieux maîtriser le processus de fabrication de brique.

I.5 Production de briques

Au sein de la briqueterie DBK MAT de Tizi Ouzou la production de briques suit le processus suivant :

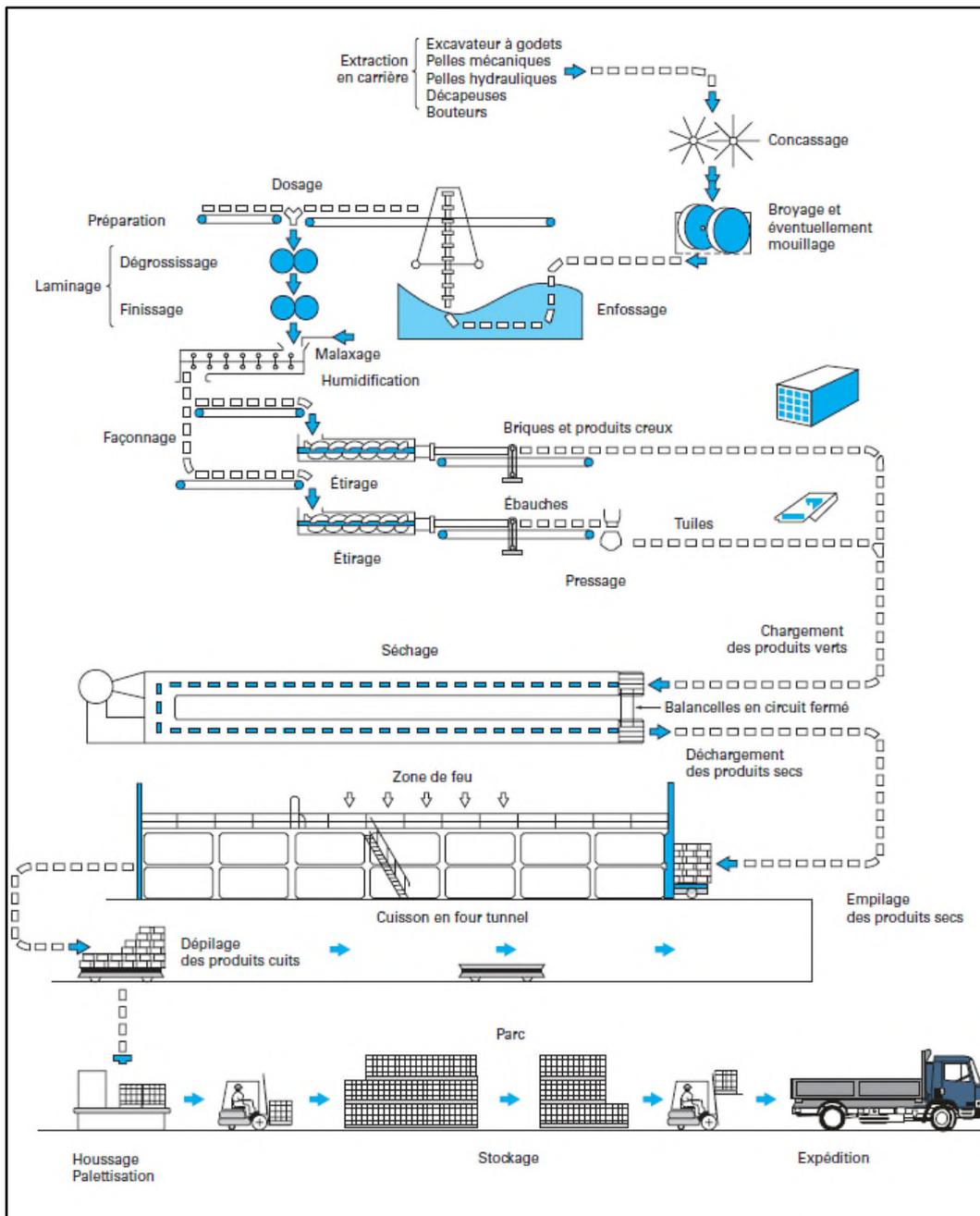


Figure I.6 : schéma de production de brique. [4]

I.5.1 L'extraction des matières premières

L'argile est la matière première pour la fabrication de briques. DBK MAT extrait l'argile brute de sa propre carrière à proximité de l'usine, l'extraction se fait au moyen de bulldozer et de Poquelin. L'argile est par la suite acheminée par camions jusqu'à l'usine.



Figure I.7 : Extraction de l'argile (chantier DBK MAT Tizi-Ouzou).

I.5.2 Préparation de l'argile

L'argile est entreposée dans une aire de stockage sous forme de tas de 6 à 7 m de hauteur assurant un mélange homogène et la continuité de l'approvisionnement lors des intempéries. L'argile doit reposer en stock pendant au moins deux mois avant de passer au stade de la préparation.

La préparation comprend deux opérations principales : le broyage et le malaxage d'une part, le dosage et le mélange des matières premières d'autre part. Le but est d'obtenir une masse argileuse bien homogène et plastique qui sera facilement transformée en produit fini.

I.5.2.1 Broyage et malaxage

Ces opérations ont pour but de rendre la masse d'argile bien homogène et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage. L'argile contient également des débris organiques nuisibles à la qualité du produit, et qui ne peuvent être éliminés que par l'action bactériologique. A cette fin, l'argile sera stockée quelque temps dans un lieu humide et obscur, propice au développement des micro-organismes.

I.5.2.2 Dosage et mélange

L'argile est alors dosée et mélangée avec 15% de tuf qui joue le rôle de dégraissant. La qualité constante du produit fini est un critère prioritaire, elle ne peut être obtenue qu'à partir d'une matière première dont la composition ne varie pas. Par conséquent, le mélange de tuf et argile est constamment surveillé.

I.5.3 Mise en forme

Le mélange est acheminé vers le malaxeur alimentateur de l'étireuse pour ajuster la teneur en eau et garantir une bonne plasticité de l'argile.

L'extrusion est un procédé qui consiste à pousser le mélange argileux à travers une filière de géométrie donnée à l'aide d'une vis sans fin.

A la sortie de l'extrudeuse, les pièces sont découpées transversalement avec un fil pour les briques. Ces dernières sont alors acheminées automatiquement au chargeur et placées sur les clefs de balancelles pour accéder au séchoir.

I.5.4 Séchage

Le séchage a pour but d'éliminer la presque totalité de l'eau qui a permis le façonnage, les produits ne contiennent plus que 1 à 2 % d'eau résiduelle, Le séchage s'opère dans un tunnel où il se poursuit de manière régulière et rapide (de 2 à 4 jours le plus souvent).

La mise au point du programme de séchage est une opération délicate car elle doit être adaptée aux matières premières, à la forme du produit et aux types de séchoir. A la sortie du séchoir, les produits sont dépilés, contrôlés et de nouveau empilés sur des wagons du four. DBK MAT utilise un **séchoir-tunnel traditionnel** (sèchent entre 12 et 48 h) qui a une ventilation longitudinale et transversale.

Les pièces sont empilées sur des wagons, poussées dans le séchoir qui se déplacent lentement entre les différentes zones du séchoir, souvent sur plusieurs voies parallèles.

I.5.5 Cuisson

La cuisson se fait en trois phases : le préchauffage, la cuisson proprement dite et le refroidissement. Un cycle de cuisson dure de 12 à 48h. La cuisson des briques nécessite une température du four de 900°C.

Sous l'action de la température, un certain nombre de réactions chimiques et physiques complexes vont se produire dans le mélange argileux, qui vont provoquer des modifications de porosité, de masse volumique, de dimensions, et de propriétés mécaniques.

A la zone de préchauffage, une grande turbulence et un grand brassage d'air chaud sont créés. Doucement la température augmente jusqu'à 750°C, ainsi l'humidité résiduelle du produit est progressivement éliminée et la brique ne subit pas un choc thermique lors de son passage dans la zone de cuisson. Autour de la température de 600°C, se produit le « point quartz » : c'est la température à laquelle la structure cristalline du quartz est modifiée.

En zone de cuisson la température passe au-delà de 1000°C. Le frittage de l'argile se fait à cette température et la brique prend sa structure et sa forme définitive ainsi que sa couleur rouge brique.

A la troisième zone du four, zone de refroidissement, on est amené à baisser progressivement la température du produit afin d'éviter tout choc thermique.

La régulation de tous les paramètres du four est assurée par un automate programmable.

I.5.5.1 Four tunnel

L'usine DBK MAT assure sa production par un four continu à feu fixe, encore appelé « four-tunnel ». Dans ce type d'appareil, les produits sont empilés sur des wagonnets qui sont ensuite poussés à l'intérieur du tunnel où ils avancent pas à pas, progressivement, à chaque entrée d'un nouveau wagonnet.

Le four est constitué par les deux parois latérales, la voûte du four, les deux portes d'entrée et de sortie ; la partie inférieure est constituée par la sole isolée des wagons.

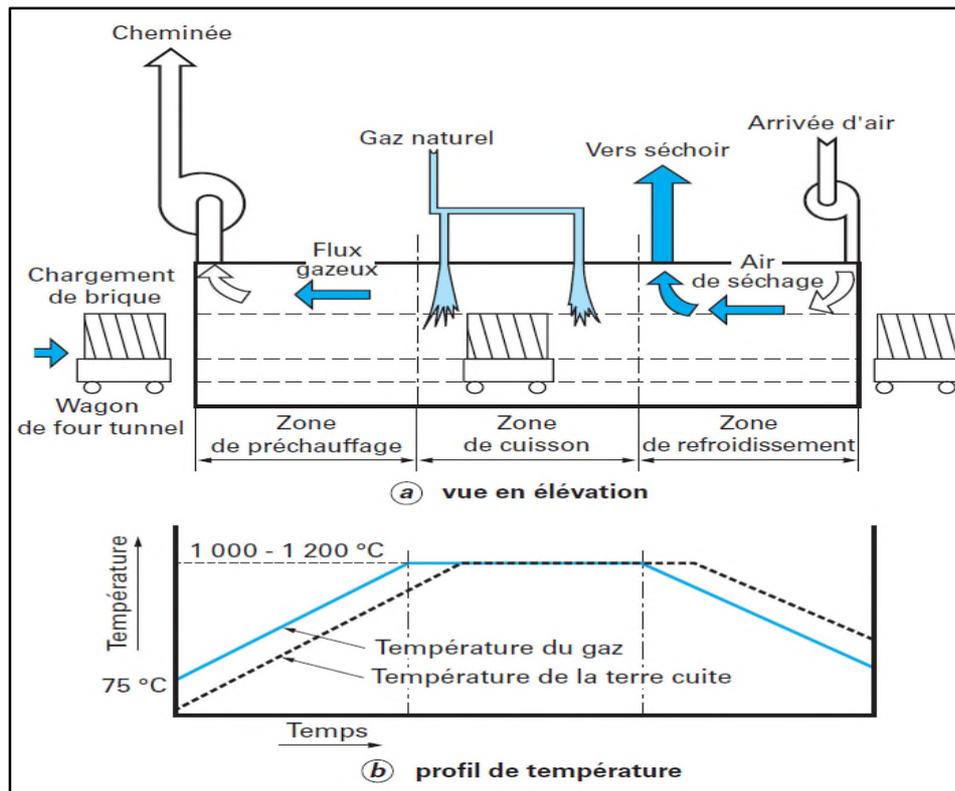


Figure I.8 : Vue d'un four tunnel et profil de température. [4]

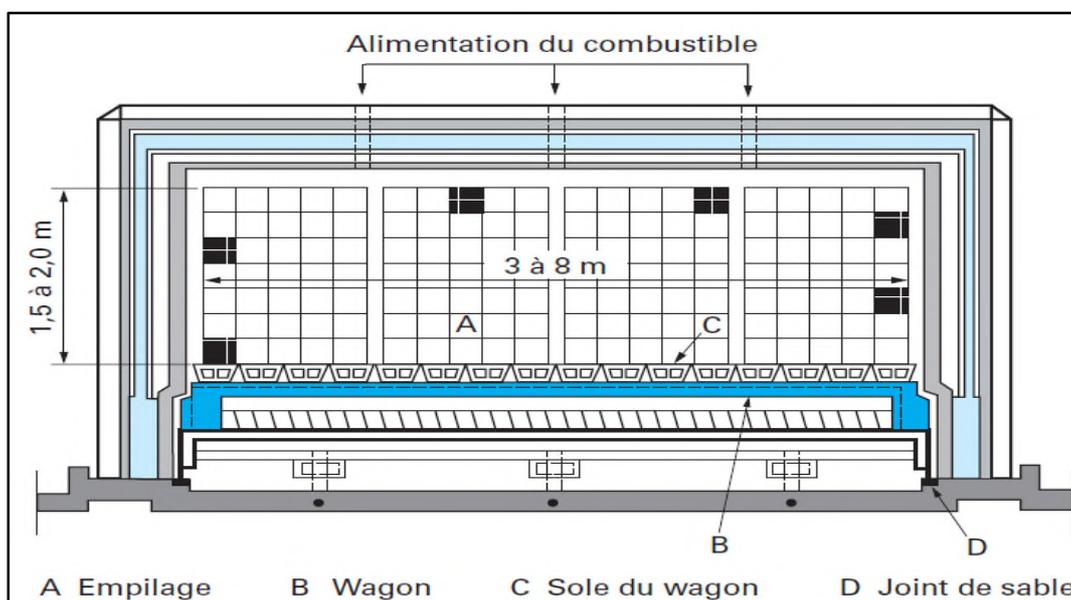


Figure I.9 : Section d'un four tunnel. [4]

I.5.5.2 Défauts de cuisson

Sur le tableau ci-dessous, on a indiqué les différents défauts observés à la cuisson, certains étant la conséquence de défauts antérieurs, d'autres étant provoqués par la cuisson elle-même.

[5].

Tableau I.2 : Principaux défauts de cuisson. [5]

Défauts	Raisons possibles
Anomalie de coloration	Changement dans le mélange. Changement dans la température de cuisson (trop haute ou trop basse)
Mauvaise sonorité	Température de cuisson trop basse. Peut-être lié à la décarbonatation. Fêle
Faible résistance Mécanique	Température de cuisson trop basse. Fêle. Mélange irrégulier
Excès de porosité	Température de cuisson trop faible. Mélange inadapté
Mauvaise tenue au gel	Mauvaise distribution des pores. Température de cuisson trop basse
Efflorescence	Température de cuisson trop basse et temps trop court. Pollution à la carrière. Pas d'addition de carbonate de baryum
Éclats de chaux	Température de cuisson trop basse et temps trop courte. Préparation insuffisante. Trempage à l'eau mal contrôlé
Anomalie dimensionnelle, Déformations	Température de cuisson trop basse ou trop haute avec grésage important.
Boursoufflure	Température de cuisson trop élevée. Dégagement trop intense de gaz compte tenu de la perméabilité du tesson, souvent lié au cœur noir ou à la décarbonatation. Montée en température trop rapide vers 700 °C/800 °C
Forte dilatation à l'humidité	Température de cuisson trop basse
Grande fragilité mécanique et au choc thermique	Grésage trop important. Température de cuisson trop élevée
Écaillages, éclatements	Matériau trop humide à l'entrée du four. Argile trop compacte qui ne permet pas l'évacuation des gaz. Montée en température trop rapide entre 20 et 500 °C
Fissures et fentes d'échauffement	Fissures très fines provenant du séchage. Défaut de filage. Choc thermique accidentel. Passage préférentiel des fumées
Fissures de refroidissement (fentes très fines, aspect brillant)	Passage trop rapide au point quartz
Rupture de refroidissement	Gradient thermique dans la pièce trop important
Cœur noir	Trop de matière organique pour la vitesse de chauffage. Texture trop dense

I.6 Dégraissants

Parfois, les argiles naturelles présentent une plasticité excessive comme le cas de l'argile de DBK MAT, ce qui engendre des difficultés de fabrication alors il est nécessaire d'ajouter des éléments inertes (sable) et non plastiques, appelés « dégraissants ».

Le but est d'obtenir une pâte qui, à l'état humide possède une plasticité suffisante pour être façonnée normalement tout en ayant une structure permettant à la vapeur d'eau de s'échapper lors de la chauffe rapide du début de la cuisson, Souvent ils sont inertes jusqu'à haute température. Ils donnent aux produits une texture moins compacte et permettent aussi une meilleure oxydation au cœur des produits en limitant l'apparition de « cœur noir ».

Aussi, ils diminuent la plasticité, les propriétés mécaniques après cuisson. Les dégraissants diminuent également le retrait au séchage, mais leurs présences visent surtout à donner à la terre une structure d'éponge dont les alvéoles permettront à la vapeur d'eau de se faufiler à l'extérieur sans faire éclater la paroi.

I.7 Propriétés de l'argile utilisée

La matière première utilisée par la briqueterie DBK MAT de TIZI OUZOU a été caractérisée par le centre d'études et de services technologiques de l'industrie des matériaux de construction (CETIM) de BOUMERDES. [8]

I.7.1 Analyse minéralogique

Les échantillons d'argile ont été analysés par spectrométrie de diffraction RX afin de déterminer la nature des constituants minéraux. La composition minéralogique estimative a été évaluée sur la base des résultats chimiques et figure dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : composition minéralogique de l'argile utilisée.

Minéraux	Formules
Quartz	SiO_2
Calcite	CaCO_3
Chlorite	$\text{Al}_4\text{Mg}_2\text{O}_8\text{Si}_3$
Feldspaths .K	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
Feldspaths-Na, Ca	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
Dolomie	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Kaolinite	$\text{Al}_2(\text{SiO}_5)(\text{OH})_4$
Illite	$\text{KA}_{12}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Les échantillons analysés sont des argiles carbonatées composées essentiellement de quartz, carbonates, kaolinite, et illite ainsi que la chlorite, des feldspaths sodiques et potassiques.

I.7.2 Propriétés de cuisson

Selon l'étude de Centre d'Etudes et de services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de construction (CETIM), les caractéristiques céramiques obtenues à 900°C sont satisfaisantes, du point de vue aspect physique, la coloration va de marron-claire à 850°C à rouge à 900°C. [8]

Conclusion

La grande quantité des sédiments de pétrole brute constitue un problème environnemental, qui nécessite aujourd'hui la recherche de solutions nouvelles pour les traiter.

L'une des solutions possibles, que nous allons étudier, est l'incorporation de ces boues dans la fabrication de la brique, tout en respectant ses caractéristiques.

La réalisation de cette étude exige la connaissance de ces sédiments et leur comportement à différentes températures, mais aussi le processus de fabrication de la brique de construction.

Chapitre II. Matériel et méthodes utilisées

Introduction

Après avoir identifié les matières à utiliser il reste à savoir comment procéder aux essais ou comment proportionner le mélange. Pour cela nous avons procédé à des essais préliminaires que nous allons présenter ainsi que les méthodes utilisées pour réaliser notre travail.

II.1 Essais préliminaires

Dans toute recherche, l'étape des essais préliminaires est cruciale, permettant d'avoir le protocole le mieux adapté pour atteindre un résultat optimal.

Afin d'avoir un mélange homogène et une dispersion uniforme du déchet au sein de l'échantillon une série d'essais a été réalisée.

II.1.1 Premier essai

Cet essai est fait dans le but de déterminer l'état physique de la boue de pétrole à incorporer :

- A) Comme elle a été prélevée à l'état brut : Pâte contenant des traces d'eau.
- B) Fluide : Après une dizaine de minutes sur une plaque chauffante à 400°C.
- C) Sécher : Après passage à l'étuve a une température de 105°C durant 12 heures.

Les étapes : Dans un moule à 3 éprouvettes on a versé dans chaque éprouvette (16*4*4cm) un mélange différent :

Le premier mélange contient la boue de pétrole à l'état liquide. Le deuxième mélange contient la boue telle qu'elle était prélevée. Le troisième mélange contient la boue de pétrole séchée.



Figure II.1 : Les trois mélanges (A, B, C) dans le moule.

II.1.2 Deuxième essai

Le but de cet essai est d'obtenir une dispersion la plus uniforme possible de la boue dans le mélange (pâte).

Pour cela on a procédé par deux manières :

1. Manuellement.
2. A l'aide d'un malaxeur



Figure II.2 : Malaxeur, laboratoire LTMGP.

II.2 Préparation des échantillons

II.2.1 Matériel utilisé

- Etuve ;
- Tamiseuse ;
- Broyeur ;
- Balance ;
- Malaxeur
- Moule (de forme ronde et de diamètre de 4,5 cm et 2cm de hauteur)

II.2.2 Préparation des matières premières

L'argile et le tuf ont été préalablement broyés et tamisés à travers un tamis de 400 μ m, pour obtenir une fraction fine.

D'après les essais préliminaires on a pu déduire que la boue est mieux dispersée dans l'argile, avec son aspect terreux et friable, une fois séchée à l'étuve à 105°C, (échantillon C)

Trois séries d'échantillons ont été élaborées : Dans chaque série la température est maintenue constante (900°C, 750°C ou 600°C) et deux paramètres sont variés : (le rapport E/m et le % en masse de la boue).

Pour le rapport E/m, on a utilisé successivement (20%, 25% et 30%) et pour la masse de boue (0%, 15% et 30%) ; Cela fait au total 27 échantillons.

II.2.3 Confection des éprouvettes

La confection de ces dernières nécessite un mélange de 15% de tuf , 85% d'argile et des additions de boue de pétrole de 15% , 30% et un dernier avec 0% d'ajout qui représente l'échantillon témoin.

A l'aide du malaxeur, les mélanges ont été préparés à base de 450g d'argile pour une série.

La quantité de pâte résultante nous permet de confectionner 9 éprouvettes de (4,5 cm de diamètre et de 2 cm d'épaisseur).

On prend une quantité de cette pate que l'on insère dans un moule préalablement huilé afin d'éviter que la pâte ne colle aux parois, on la presse convenablement pour éviter la formation de vide, on arase l'excédent et on démoule.

Les éprouvettes ainsi préparées, ont été séchées à l'air libre au laboratoire pendant 72h puis dans l'étuve à 105° C jusqu'à ce que le poids soit constant.

II.2.4 Cuisson des échantillons

Nous procédons ensuite à la cuisson d'une série de briques avec une montée en température de 2°C/min jusqu'à 600°C dans un circuit de 24h contenant deux paliers (le préchauffage pendant 3h au départ afin d'assurer que nos échantillons ne subissent pas de choc thermique et une incinération des matières organiques sans inflammation, puis la cuisson elle-même)

Les échantillons ont été naturellement refroidis à la température ambiante dans le four.

Les deux autres séries subissent le même protocole la seule différence c'est la température de cuisson une à 750°C et l'autre à 900°C. La cuisson à 900°C a été réalisée dans le four (four a tunnel) de la briqueterie DBK MAT de TIZI OUZOU.



Figure II.3 : les échantillons dans le four à 900°C.

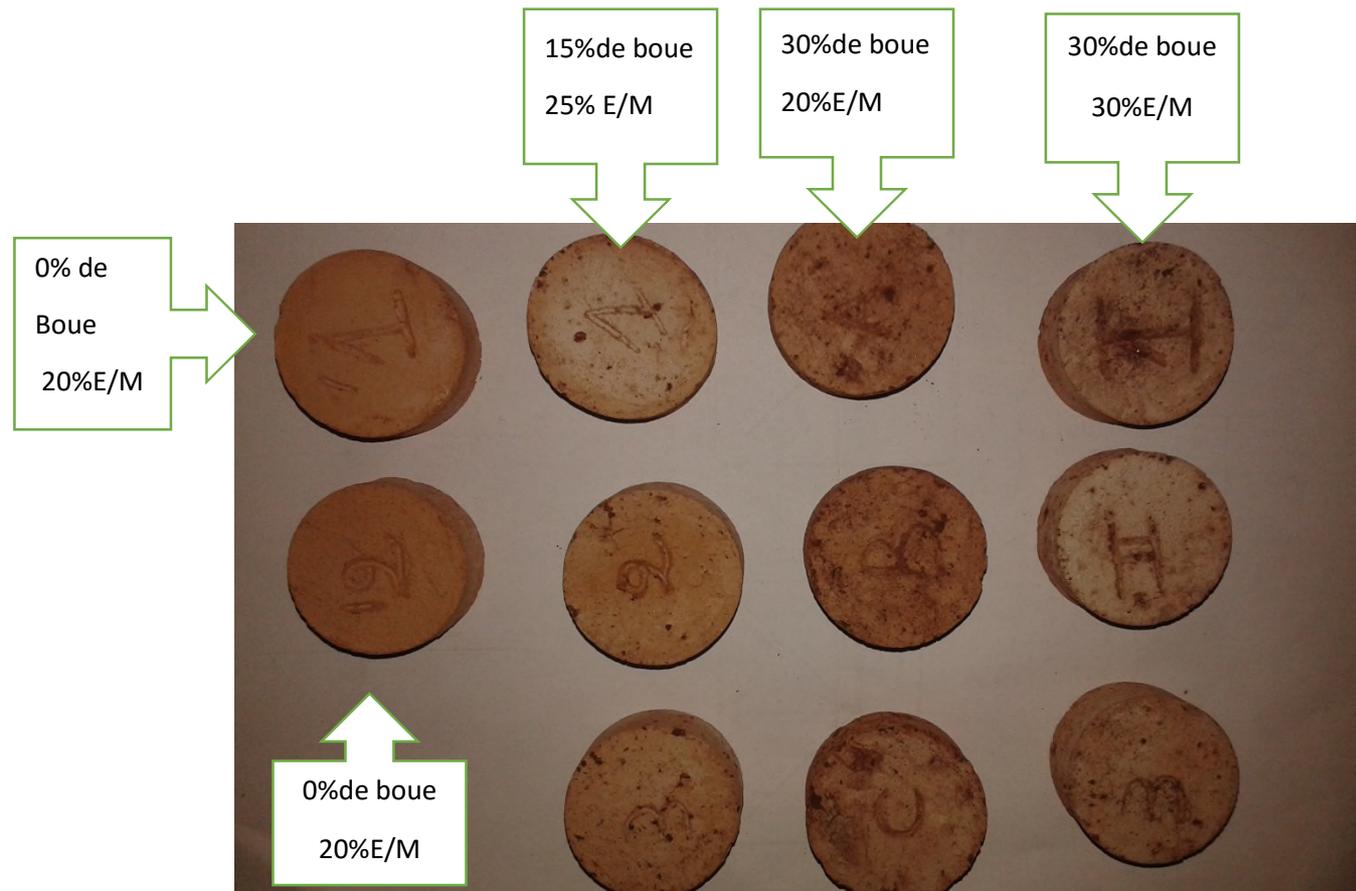


Figure II.4 : les échantillons après cuisson.

II. 3 Essai d'atterberg

Compte tenu de leur structure, les argiles ont la propriété d'absorber des quantités d'eau très importantes ou au contraire, de se dessécher, ceci en fonction des conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises.

En fonction de la teneur en eau, un sol remanié se présente suivant des consistances variables pour lesquelles on peut distinguer quatre états : liquide, plastique, solide avec retrait et solide sans retrait.

En réalité, le sol passe graduellement d'un état à l'autre et les frontières respectives ne sont définies que conventionnellement.

Les limites de consistance, ou limites d'Atterberg (pédologue Suédois) constituent un indice important en géotechnique. [8]

Ces limites sont mesurées avec un appareillage normalisé, sur le mortier, c'est-à-dire la fraction de sol qui passe au tamis de 400 μm .

Il est défini deux limites :

- ❖ la limite de liquidité W_L qui sépare l'état liquide de l'état plastique
- ❖ la limite de plasticité W_p qui sépare l'état plastique de l'état solide

II.3.1 Appareillage nécessaire

i. Pour la préparation de l'argile :

- ❖ Concasseur à mâchoire
- ❖ Broyeur planétaire
- ❖ Tamis à mailles carrées de 400 μm
- ❖ Récipient

ii. Appareille de casagrande :

Il est constitué d'une coupelle normalisée montée sur un support, et muni d'une manivelle qui transmet et transforme un mouvement rotatif en translation, l'ensemble permet d'imprimer un cycle de chute de 10mm de hauteur sur le socle et ainsi de refermer progressivement une rainure qui est pratiquée dans l'échantillon à l'aide de l'outil à rainurer. L'appareillage est conforme à la norme NF P94-051. [8]

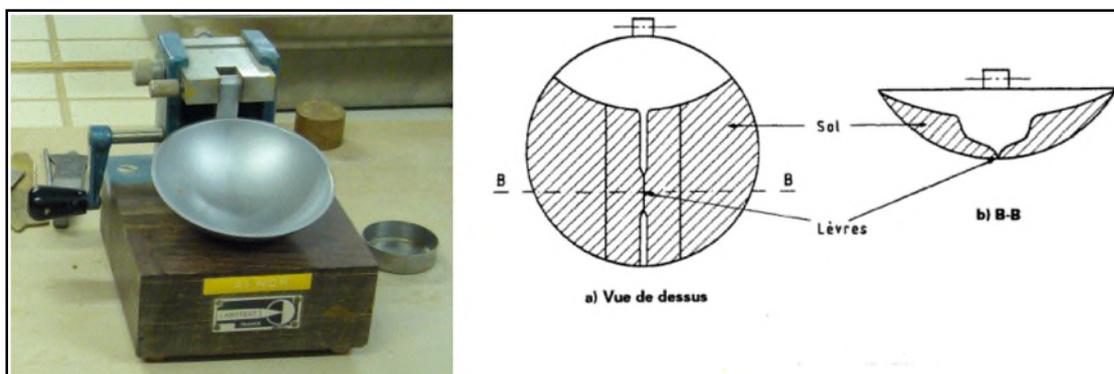


Figure II.3.1 : Appareil de Casagrande.[8]

II.3.2 Mode opératoire

II.3.2.1 Limite de liquidité W_L

- ❖ On prend 200g d'argile qu'on mouille avec de l'eau jusqu'à l'obtention d'une pâte molle puis l'étaler dans la coupelle, de manière à avoir une épaisseur à peu près constante, de 1 cm, avec une surface horizontale sur le pourtour.
- ❖ à l'aide de l'outil à rainurer tracer une fente au milieu séparant ainsi la pâte en deux.
- ❖ On tourne la manivelle jusqu'à ce que les deux bords se rejoignent sur 1cm et on note le nombre de coup.
- ❖ On recommence l'opération pour obtenir 3 valeurs telle que le nombre de choc soit compris entre 15 et 35 chocs.
- ❖ On prélève pour chaque échantillon un peu de mortier dans la coupelle.
- ❖ On pèse immédiatement pour obtenir P_h <masse humide>.
- ❖ Placer l'échantillon dans l'étuve à 105°C pendant 24h pour obtenir un poids stable
- ❖ Peser l'échantillon sec à la sortie de l'étuve puis on calcul la teneur en eau W .[8]

$$W = \frac{P_h - P_s}{P_s}$$

$$W_L = W (N/25)^{0,121}$$

$$W_L = (W_{L1} + W_{L2} + W_{L3})/3$$

- ❖ W : teneur en eau (en %).
- ❖ P_h : poids de l'échantillon humide.
- ❖ P_s : poids de l'échantillon sec.

La limite de liquidité est la relation qui lie le nombre de chocs N à la teneur en eau w . on constate que la courbe représentative de cette relation est une droite en coordonnées semi – logarithmiques (échelle arithmétique pour les teneurs en eau. logarithmique pour le nombre de chocs), Par définition, la limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à une fermeture en 25 chocs.

II.3.2.2 Limite de plasticité W_p

Prendre un échantillon séché du sol fin.

Ajouter un peu d'eau et homogénéiser le mélange

Former des tubes de 3 [mm] de diamètre et de 10 [cm] de longueur.

Soulever le tube avec la spatule, et on constate s'il présente des fissures

Récupérer l'échantillon, le peser, et calculer sa teneur en eau.

$$W_P = (W_{P1} + W_{P2} + W_{P3}) / 3$$

$$W_P = W (N/25)^{0,121}$$

II.3.2.3 Indice de plasticité

Différence entre la limite de liquidité et de plasticité, il donne l'étendue, en termes de teneur en eau, de la plage de plasticité d'un sol.

$$I_P = W_L - W_P$$

Tableau II.1 : Indice de plasticité. [8]

Indice de plasticité	Degré de saturation
0-5	Non plastique
5-15	Peut plastique
15-40	Plastique
>40	Très plastique

II.4 Perte en masse

Le but de cet essai est évaluer la perte de masse des éprouvettes après cuisson. Le principe est simple il s'agit de prendre les masses des éprouvettes après séchage et après cuisson, le taux de perte est alors calculer par la formule suivante :

$$PM = \frac{\text{masse sèche} - \text{masse cuite}}{\text{masse sèche}} * 100$$

II.5 Retrait

La mesure des déformations après cuisson pour la détermination du retrait à la cuisson (R_c) a été faite sur les diamètres des éprouvettes qui ont été en contact avec les parois du moule. Il est à noter que le diamètre des éprouvettes avant séchage et cuisson est de [4,5 cm].

$$R_c = \frac{D_p - D_c}{D_p} * 100$$

D_p : Diamètre de l'éprouvette à l'état plastique.

D_s : Diamètre de l'éprouvette à l'état sec.

II.6 Porosité accessible à l'eau

II.6.1 Principe

Cette essai a pour objectif de mesurer le pourcentage des vides connectés avec la surface, à l'intérieur de la masse d'un matériau.

Parmi les méthodes disponibles, la détermination de la porosité accessible à l'eau par pesée hydrostatique selon le mode opératoire AFPCAFREM est une mesure simple et praticable sur une large variété de matériaux.

La procédure pour mesurer la porosité accessible à l'eau est la suivante :

- Mettre sous vide l'échantillon à tester pendant 72 h, à l'aide d'une pompe à vide (figure II.6.1).

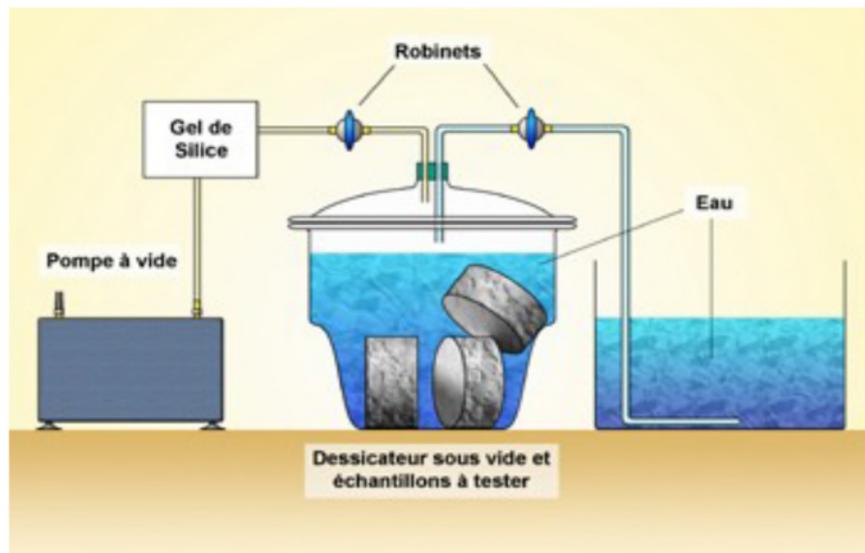


Figure II.6 : Schéma du protocole de la porosité accessible à l'eau. [7]

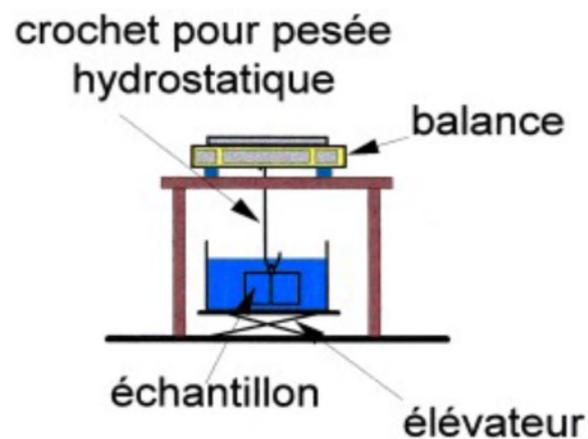


Figure II.7 : Balance hydrostatique. [7]

- pesée de l'échantillon saturé dans l'eau : M_{eau} ,
- pesée de l'échantillon saturé : M_{air} ,
- séchage de l'échantillon à 105°C jusqu'à ce que la masse devient stable après 3 pesées successives complet,
- pesée de l'échantillon sec : M_{sec} .

La porosité accessible à l'eau est donnée par l'expression suivante :

$$P_{\text{eau}} = \frac{M_{\text{air}} - M_{\text{sec}}}{M_{\text{air}} - M_{\text{eau}}} \times 100$$

[7].

II.7 Essai de l'ultrason

Connu sous le nom d'essai aux ultrasons, ou essai de vitesse de propagation d'ondes sonores, cet essai permet de déterminer la vitesse de propagation d'ondes longitudinales à travers un matériau.

Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde à parcourir une distance donnée.

II.7.1 Principe

Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde à parcourir une distance connue. L'état du matériau est totalement inconnu peut se déterminer approximativement selon la vitesse mesurée.

Les impulsions sont produites par des cristaux piézo-électriques à excitation par choc des cristaux semblables sont utilisées dans le récepteur. La fréquence de générateur d'ondes est comprise entre 10 et 150 HZ, le temps de propagation des ondes dans le matériau est mesuré par des circuits de mesure électroniques.

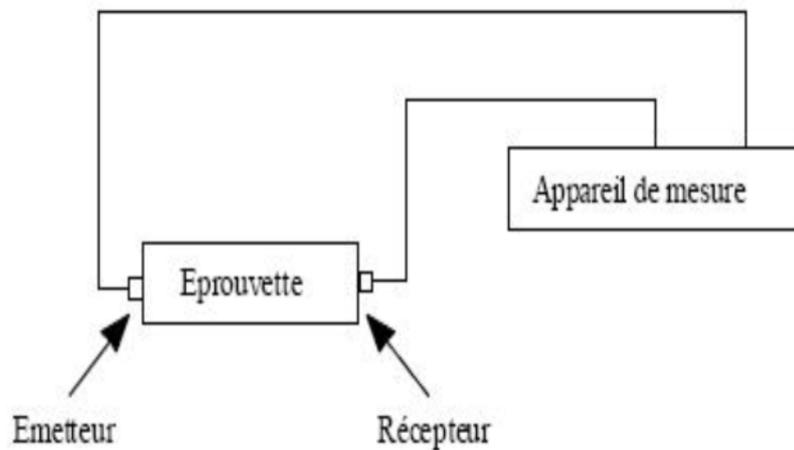


Figure II.8 : Schéma du dispositif de mesure.

II.7.2 Mode Opérateur

- Poncer et égaliser la partie de la surface de l'élément à ausculter où le transducteur sera fixé,
- Employer un matériau intermédiaire entre les deux et en prenant soin de vérifier que l'appareil est bien appliqué contre la surface à tester à l'aide d'un matériau d'interposition comme la vaseline, un savon liquide ou de la graisse.
- Lire le résultat sur l'appareil (le temps est donné en μs).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les essais préliminaires pour arrêter la méthodologie de travail, les protocoles des essais effectués sur les matières premières et les éprouvettes confectionnées :

- ✓ La limite de plasticité et de liquidité ou limites d'Atterberg.
- ✓ Préparation des échantillons.
- ✓ Porosité accessible à l'eau.
- ✓ L'essai de l'ultrason.

Chapitre II. Matériel et méthodes utilisées	20
Introduction	20
II.1 Essais préliminaires	20
II.1.1 Premier essai	20
II.1.2 Deuxième essai	21
II.2 Préparation des échantillons	22
II.2.1 Matériel utilisé	22
II.2.2 Préparation des matières premières	23
II.2.3 Confection des éprouvettes	23
II.2.4 Cuisson des échantillons	23
II. 3 Essai d’atterberg	25
II.3.1 Appareillage nécessaire	26
II.3.2 Mode opératoire	27
II.3.2.1 Limite de liquidité W_L	27
II.3.2.2 Limite de plasticité W_p	28
II.3.2.3 Indice de plasticité	28
II.4 Perte en masse	28
II.5 Retrait	29
II.6 Porosité accessible à l’eau	29
II.6.1 Principe	29
II.7 Essai de l’ultrason	31
II.7.1 Principe	31
II.7.2 Mode Opératoire	32
Conclusion	32

Chapitre III. Résultats et discussions

Introduction

Dans les chapitres précédents nous avons défini les matières utilisées, les méthodes et les protocoles adaptées, dans ce présent chapitre nous allons traiter, interpréter et discuter les résultats obtenus.

III.1 Limites d'Atterberg

La matière soumise à cet essai est composée du mélange (85% d'argile, 15% de tuf), les résultats obtenus sont comme suit :

III.1.1 Limite de liquidité

Tableau III.1 : Calcul des limites de liquidité de l'argile utilisée.

Essais	Essai 01	Essai 02	Essai 03
Nombre de coups N	35	25	15
Masse humide (g) P _h	15,82	17,06	19,53
Masse sèche (g) P _s	11,56	12,19	13,53
Masse d'eau (g) P _w	4,26	4,87	6
Teneur en eau (%)	36,85	39,95	44,34

La limite de liquidité est donc égale à $W_L=39,97\%$.

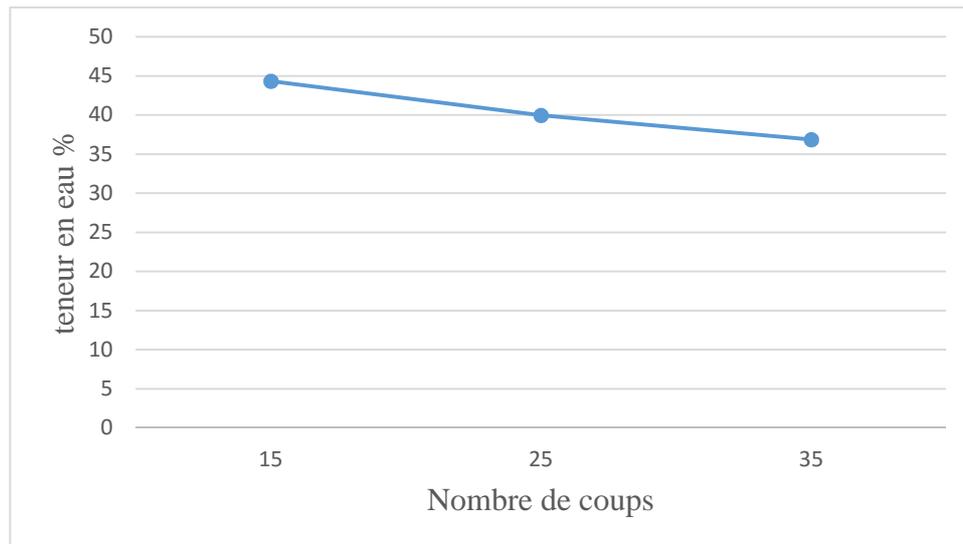


Figure III.1 : Teneur en eau en fonction du nombre de chocs.

- On constate que les deux limites graphique et théorique concordent.

III.1.2 Limite de plasticité

Tableau III.2 : calcul des limites de liquidité d'argile utilisé de DBK MAT

Essais	Essai A	Essai B
Masse humide (g) P_h	4,07	2,91
Masse sèche (g) P_s	3,19	2,29
Masse d'eau (g) P_w	0,88	0,62
Teneur en eau (%)	27,58	27,07

En se basant sur les résultats notés dans le tableau, la limite de plasticité théorique s'obtient par calcul de la moyenne des deux limites de plasticité obtenues au laboratoire :

$WP = 27,32\%$.

De ce fait on peut calculer l'indice de plasticité $IP = Wl - Wp = 12,72 [\%]$

$IP = 12,72\%$.

$5 < IP = 12,72 < 15$, d'après la norme notre mélange est peu plastique.

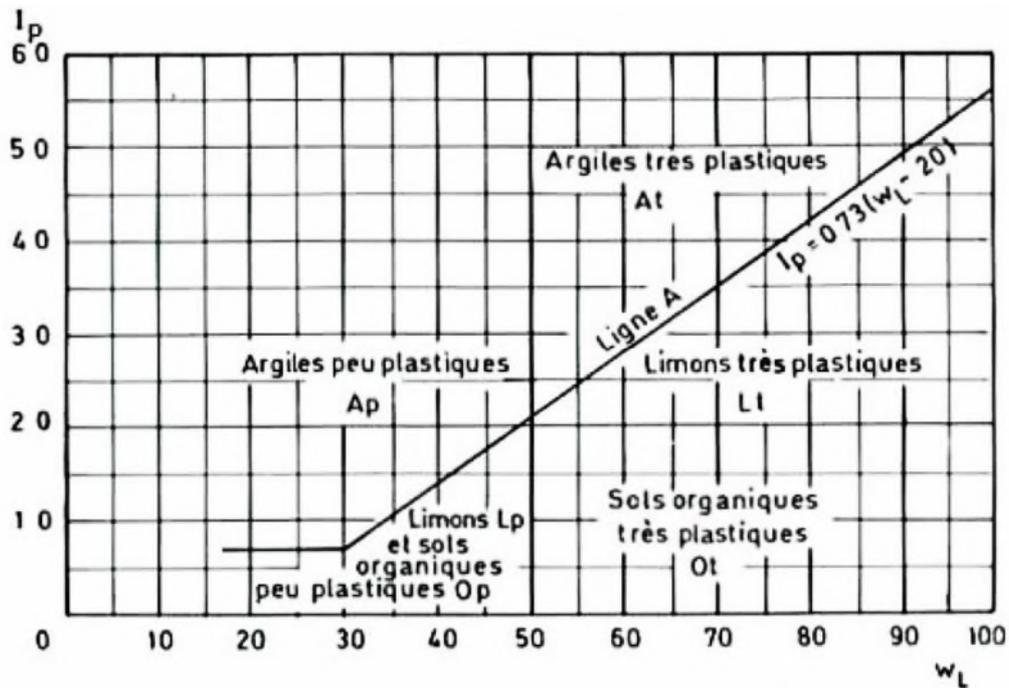


Figure III.2 : Diagramme de Plasticité et classification des sols Fins. [6]

III.2 aspect visuel des éprouvettes

Après la cuisson des éprouvettes confectionnées à des températures différentes la première constatation s'est portée sur l'aspect visuel de ces dernières.

La couleur varie en fonction de la températures, du marron clair pour les éprouvettes cuites à 600°C à rouge brique pour celle cuite à 900°C passant par une couleur plus claire qui tend vers le rose pour les éprouvettes cuites à 750°C.

On a remarqué qu'à 900°C la boue incorporer influence clairement l'aspect de l'éprouvette on marquant sa présence par des pores noirs sur leurs surfaces,

Pour la série d'éprouvettes cuites à 600°C, on a constaté la présence de fissures sur quelques éprouvettes qui ont fini par craquer lors de la saturation sous vide.

Depuis les aspects obtenus on a pu dire que les éprouvettes cuites à 700°C ont le meilleur aspect qui puisse caractériser une brique.

III.3 Perte en masse

Les résultats obtenus pour les trois séries sont portés dans les tableaux, et représentés par les graphes qui suivent :

III.3.1 Perte en masse à 600°C

Tableau III.3 : Résultats de perte en masse des échantillons cuits à 600°C

Echantillons	Masse sèche (g)	Masse après cuisson (g)	Perte en masse (g)	perte en masse (%)
0% MB, 20% E/M	50	45,85	4,15	8,3
0%MB, 25%E/M	45,6	41,6	4	8,7
0%MB, 30%E/M	42,32	38,55	3,77	9
15%MB, 20%E/M	47,2	41,93	5,27	11,16
15%MB, 25%E/M	43,25	38,1	5,15	11,9
15%MB, 30%E/M	38,24	33,5	4,74	12,3
30%MB, 20%E/M	46,71	39,2	7,51	16,05
30%MB, 25%E/M	44,34	36,4	7,94	18
30%MB, 30%E/M	39,8	31,3	8,5	21

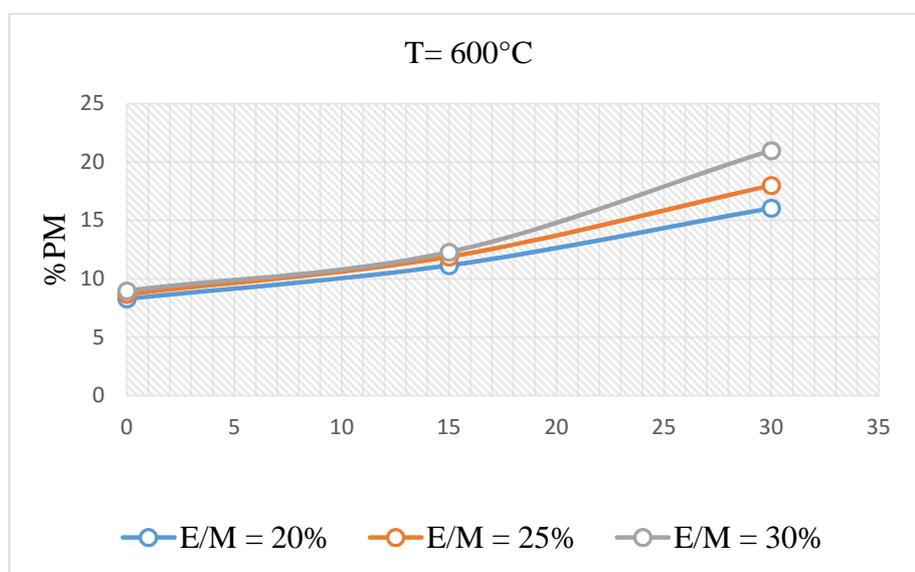


Figure III.3 : Variation de PM en fonction du % de boue dans le mélange à 600°C

Interprétation :

La figure III.3.1 illustre la variation de la perte en masse (%PM) en fonction du % de boue ajoutée au mélange (0%, 15%, 30%), et en fonction du rapport E/M (20%, 25%, 30%) à une température de cuisson maximale de 600°C.

On constate que l'augmentation de la perte en masse est proportionnelle au % de boue ajoutée.

De 0 % à 15% de boue la PM est similaire avec une lente augmentation pour les trois rapports E/M utilisés.

A 600°C ni la cuisson, ni la combustion totale de boue ne sont atteintes, ce qui justifie la variation insignifiante même à 30% d'eau et de boue.

III.3.2 Perte en masse à 750°C

Tableau III.4 : Résultats de perte en masse des échantillons cuits à 750°C

Echantillons	Masse sèche (g)	Masse après cuisson (g)	Perte en masse(g)	perte en masse (%)
0% MB, 20% E/M	49,6	46,2	3,4	7,8
0%MB, 25%E/M	45,9	42,7	3,2	7,5
0%MB, 30%E/M	43,1	40	3,1	7,7
15%MB, 20%E/M	46,9	38,7	8,2	21,2
15%MB, 25%E/M	43,2	34,1	9,1	26,7
15%MB, 30%E/M	39,6	32,8	6,8	20,7
30%MB, 20%E/M	44	32,4	11,6	35,8
30%MB, 25%E/M	41,7	30,8	10,9	35,4
30%MB, 30%E/M	39,5	29,3	10,2	34,8

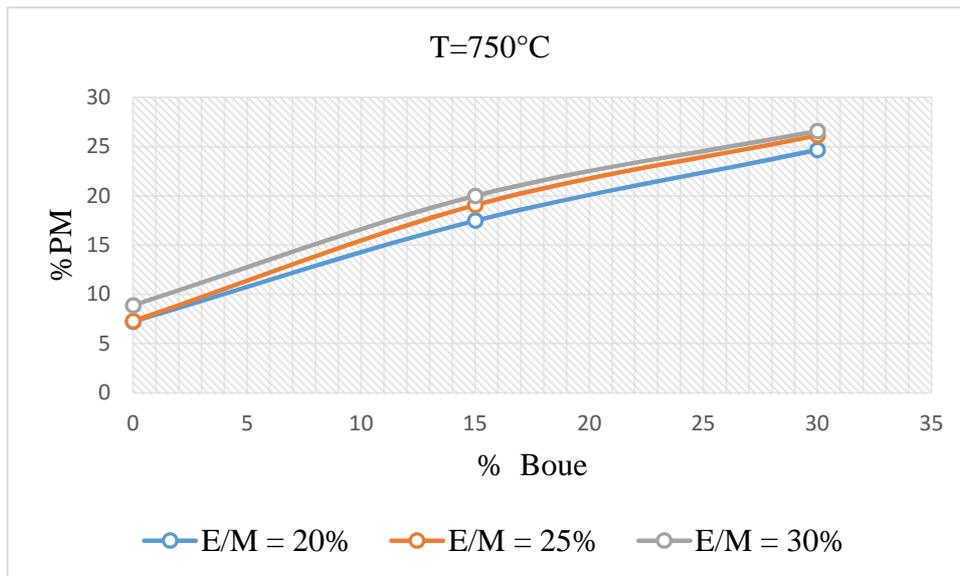


Figure III.4 : Variation de PM en fonction du % de boue dans le mélange à 750°C

Interprétation :

Le graphe illustré dans la figure III.3.2 représente la variation de la perte en masse (PM%) en fonction du % de boue ajoutée, et en fonction du rapport E/M des échantillons cuits à 750°C.

Dans ce cas on remarque que l'accroissement de PM est proportionnel au % de boue ajoutée.

Les trois courbes ont la même allure et la même progression.

La variation de la PM est du même ordre de grandeur pour les trois rapports E/M.

A 750°C commence la décomposition des carbonates, et une combustion plus poussée de la boue, de ce fait la PM augmente en fonction du % de boue ajoutée.

III.3.3 Perte en masse à 900°C

Tableau III.5 : Résultats de perte en masse des échantillons cuits à 900°C

Echantillons	Masse sèche (g)	Masse après cuisson (g)	Perte en masse(g)	perte en masse (%)
0% MB, 20% E/M	43,2	38,6	4,6	10
0%MB, 25%E/M	43,6	37,7	9,7	13,53
0%MB, 30%E/M	41,2	30,46	10,74	26,06
15%MB, 20%E/M	46	35,4	10,5	23,04
15%MB, 25%E/M	44,9	33,5	11,4	25,38
15%MB, 30%E/M	42,2	31,4	10,8	25,5
30%MB, 20%E/M	42,9	31,5	11,4	26,5
30%MB, 25%E/M	40,3	29	11,3	28
30%MB, 30%E/M	41,8	28,4	13,4	32

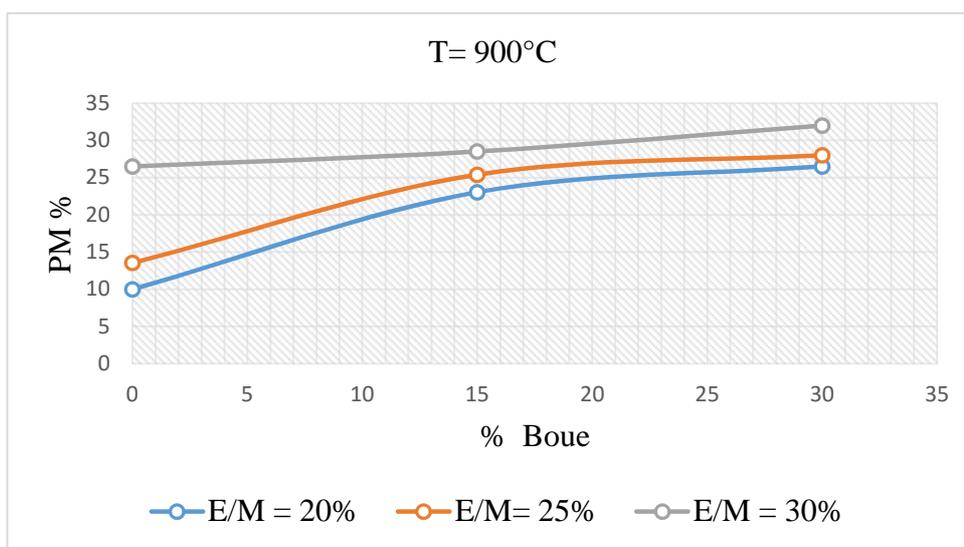


Figure III.5: Variation de PM en fonction du % de boue dans le mélange à 900°C

Interprétation :

Ce graphe représente la variation de PM(%) en fonction du % de boue, et en fonction du rapport E/M à 900°C.

On constate clairement l'accroissement de la PM en fonction des deux paramètres, % de boue ajoutée et le rapport E/M.

A 900°C, on atteint la combustion totale des constituants de la boue, d'où l'augmentation importante de la PM en fonction du % de boue ajoutée pour les trois rapports E/M.

III.3.4 Conclusion

La perte en masse est proportionnelle à la variation des trois paramètres, taux de boue ajoutée, rapport E/M et température de cuisson.

La température de cuisson influence la perte en masse, de sorte qu'à 600°C la combustion des constituants de la boue n'est que partielle, par contre à 900°C elle est totale, ce qui conduit à une perte croissante en passant de 600°C à 900°C.

III.4 Retrait

III.4.1 Retrait à 600°C

Tableau III.6 : Résultats des Retrait à 600°C

Echantillons	Diamètre (humide) Dh (mm)	Diamètre (cuisson) Dc (mm)	Retrait (R) (mm)	% Retrait (R%)
0% MB, 20% E/M	45	41	4	9
0%MB, 25%E/M	45	40	5	6,6
0%MB, 30%E/M	45	39	6	7,4
15%MB, 20%E/M	45	42	3	11
15%MB, 25%E/M	45	41	4	8,8
15%MB, 30%E/M	45	38,5	6,5	10
30%MB, 20%E/M	45	41,83	3,17	13,3
30%MB, 25%E/M	45	40,5	5,5	9
30%MB, 30%E/M	45	40,16	4,84	11

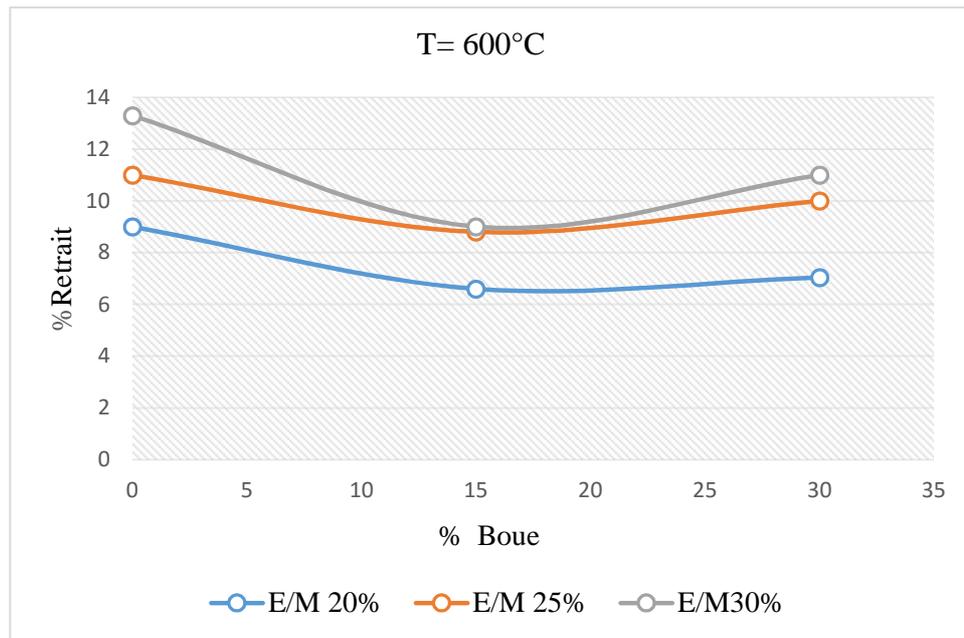


Figure III.6 : Évolution des % de retrait en fonction des % de masse de boue à T=600°C.

La figure III.4.1 montre l'état de l'évolution du retrait des éprouvettes en fonction des pourcentages d'ajout de boue et le rapport E/M, à une température de cuisson 600°C.

Interprétation :

A partir de ce graphique on constate que l'allure des courbes est similaire, le retrait est au maximum à 0% de masse de boue ajouté, de 0% à 15% diminue et augmente légèrement de 15% à 30%. Plus le pourcentage de E/M est grand plus le retrait est important.

Les éprouvettes qui ont un ajout de boue de 15 et 30% rétrécissent moins par rapport aux éprouvettes qui ne contiennent pas de boue, on déduit que l'ajout de la boue a pour conséquence de limiter le rétrécissement à cette température.

III.4.2 Retrait à 750°C

Tableau III.7 : Résultats des Retraits à 750°C

Echantillons	Diamètre (humide) Dh (mm)	Diamètre (cuisson) Dc (mm)	Retrait (R) (mm)	% Retrait (R%)
0% MB, 20% E/M	45	42	3	6,66
0%MB, 25%E/M	45	42	3	6,66
0%MB, 30%E/M	45	41	4	8,90
15%MB, 20%E/M	45	40,66	4,34	9,64
15%MB, 25%E/M	45	40,66	4,34	9,64
15%MB, 30%E/M	45	40,50	4,50	10
30%MB, 20%E/M	45	40,33	4,67	10,3
30%MB, 25%E/M	45	40,33	4,67	10,3
30%MB, 30%E/M	45	39,83	5,17	11

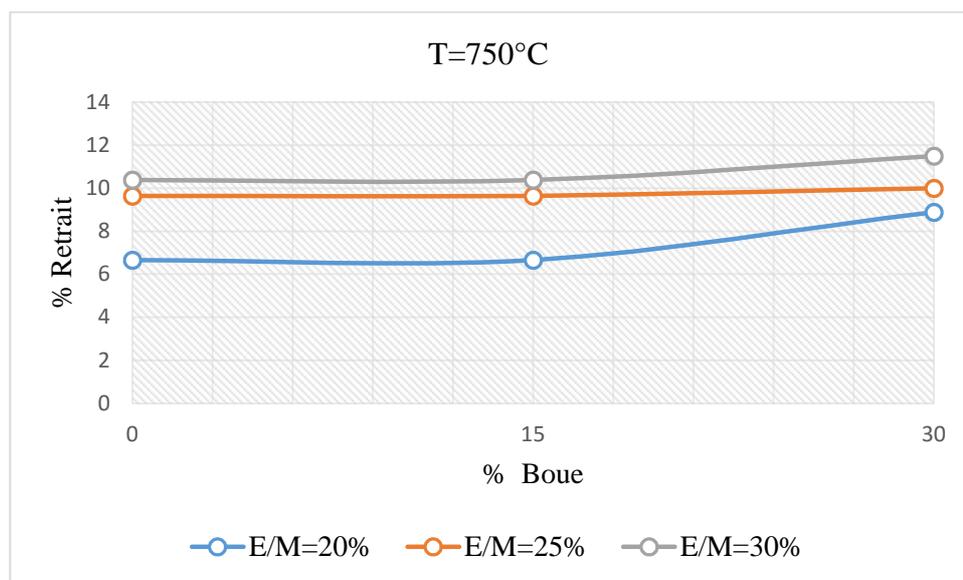


Figure III.7 : Évolution du % de retrait en fonction des % de masse de boue à T=750°C.

La figure III.4.2 montre l'état de l'évolution du retrait des éprouvettes en fonction des pourcentages d'ajout de boue et le rapport E/M, à une température de cuisson 750°C.

Interprétation

A partir de ce graphe on voit que le pourcentage du retrait augmente en fonction de l'augmentation du pourcentage de boue ajoutée.

L'allure des courbes (E/M=20%, E/M=25% et E/M=30%) est identique et présente une stabilité de 0% à 15% de boue ajoutée, avec une légère variation de 15% à 30% de boue pour (E/M=25% et E/M=30%), par contre on constate une augmentation de la courbe de (E/M=20%) entre 15% et 30%.

L'augmentation du retrait est proportionnelle à l'augmentation du pourcentage de E/M

Cette fois ci les éprouvettes avec ajout de 15% et 30% de boue rétrécissent plus par rapport aux éprouvettes sans ajout, ceci est compréhensible car l'humidité résiduelle devrait être plus importante à 30% qu'à 15%.

III.4.3 Retrait à 900°C

Tableau III.8 : Résultats des retraits à 900°C

Echantillons	Diamètre (humide) Dh (mm)	Diamètre (cuisson) Dc (mm)	Retrait (R) (mm)	% Retrait (R%)
0% MB, 20% E/M	45	39,9	5,1	11,3
0%MB, 25%E/M	45	39,6	5,4	12,1
0%MB, 30%E/M	45	39,4	5,6	12,4
15%MB, 20%E/M	45	39,6	5,4	12
15%MB, 25%E/M	45	38,6	5,7	12,7
15%MB, 30%E/M	45	38,6	6,4	14,1
30%MB, 20%E/M	45	38,9	6,1	13,6
30%MB, 25%E/M	45	38,7	6,3	13,8
30%MB, 30%E/M	45	39,3	6,7	14,9

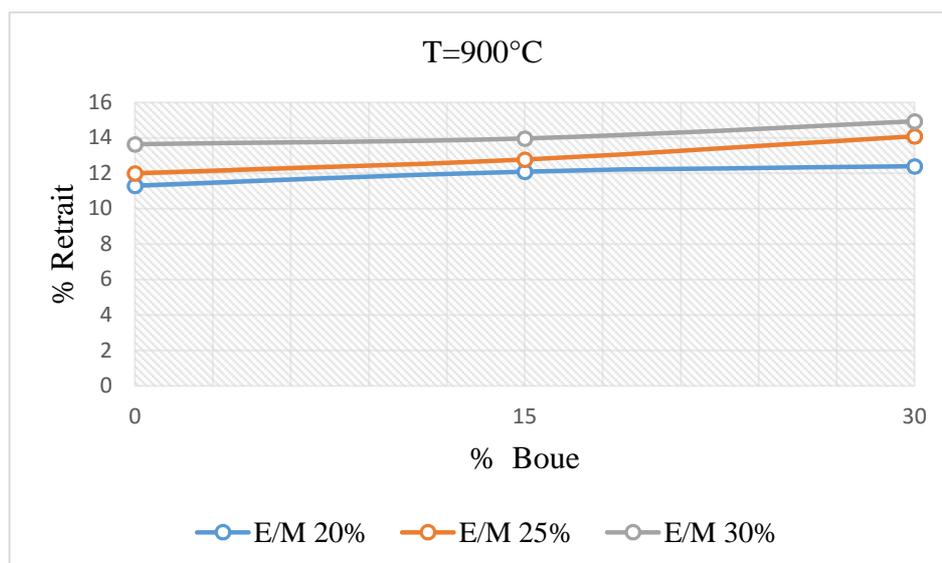


Figure III.8 : Évolution des % de retrait en fonction des % de masse de boue à T=900°C.

Interprétation :

La figure (III.4.3) montre l'état de l'évolution du retrait des éprouvettes en fonction des pourcentages d'ajout de boue et le rapport E/M, à une température de cuisson 900°C.

A partir de ce graphique on voit que le retrait évolue légèrement en fonction de l'augmentation du pourcentage de la masse de boue ajoutée.

L'allure des courbes (E/M=20%, E/M=25% et E/M=30%) est pratiquement identique, On remarque que le pourcentage de retrait connaît une légère augmentation de 0 à 30% de masse de boue ajoutée.

L'augmentation de retrait est proportionnelle à l'augmentation de pourcentage de E/M.

Les éprouvettes avec ajouts de 15% et 30% de boue rétrécissent très légèrement par rapport aux éprouvettes qui n'ont pas d'ajout. Ceci peut être expliqué par le fait que pratiquement toute la quantité d'eau, sous toutes ces formes, a disparu.

III.4.4 conclusion

On peut dire que l'augmentation du retrait est proportionnelle à l'augmentation du rapport E/M pour les trois températures.

Plus la température augmente plus le retrait augmente pour les 3 pourcentages de boue notamment à 30%.

III.5 Porosité accessible à l'eau

III.5.1 Porosité accessible à l'eau à 600°C

Tableau III.9 : Résultats de l'essai porosité accessible à l'eau (600°C)

Echantillon	M _{air} (g)	M _{sec} (g)	M _{eau} (g)	Porosité (%)
0%MB20%E/M	54	45,85	25	28,10
0%MB25%E/M	48	41,6	26	29,09
0%MB30%E/M	48	38,55	24	39,37
15%MB20%E/M	50	41,93	26	33,62
15%MB25%E/M	48	38,1	22	38,07
15%MB30%E/M	42	33,5	22	42,5
30%MB20%E/M	50	39,2	24	41,53
30%MB25%E/M	46	36,4	24	43,63
30%MB30%E/M	44	31,3	22	57,72

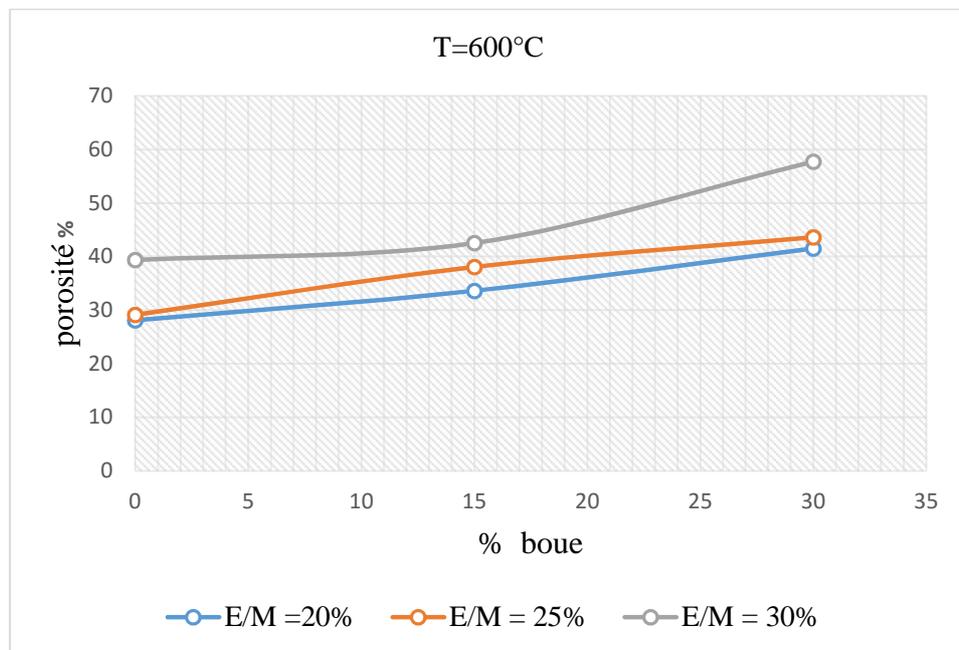


Figure III.9 : Variation de la porosité en fonction du % de boue dans le mélange à 600°C

Interprétation :

La figure III.5.1 illustre la variation de la porosité accessible à l'eau en fonction de deux paramètres % de boue et rapport E/M à une température de cuisson limite de 600°C

On constate que la porosité accessible à l'eau croît en fonction du % de boue.

De 0% à 30% les courbes représentant la porosité à un rapport E/M = 20% et E/M = 25% sont similaires et progressent pratiquement de la même manière.

A 30 % on obtient la porosité la plus élevée.

III.5.2 porosité accessible à l'eau à 750°C

Tableau III.10 : Résultats de l'essai porosité accessible à l'eau (750°C)

Echantillons	Mair	Msec	Meau	Porosité(%)
0%MB, 20%E/M	53,23	46,2	29,33	29,41
0%MB, 25%E/M	49,23	42,7	27,33	29,81
0%MB, 30%E/M	46,1	40	26,3	30,80
15%MB, 20%E/M	48,26	38,7	24	39,40
15%MB, 25%E/M	42,76	34,1	21,33	40,41
15%MB, 30%E/M	42	32,8	22	46
30%MB, 20%E/M	43	32,4	20,33	46,75
30%MB, 25%E/M	40	30,8	20	46
30%MB, 30%E/M	37,9	29,3	20,5	49,42

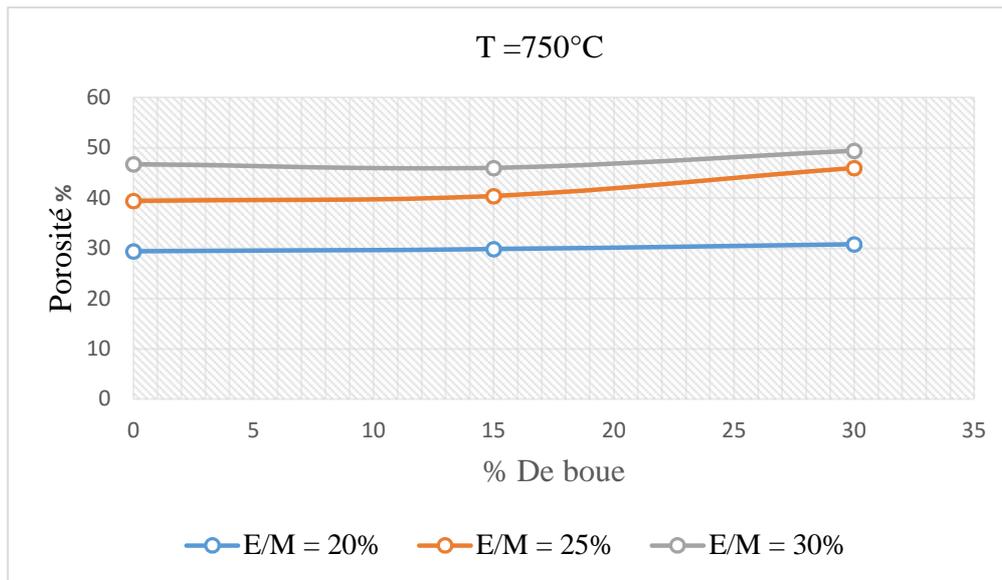


Figure III.10 : Variation de la porosité en fonction du % de boue dans le mélange 750°C

A cette température medium on constate que la porosité accessible à l'eau est pratiquement stable pour un rapport E/M = 20%, comparé aux deux autres pour les rapports E/M = 25% et E/M = 30% les porosités augmentent en parallèle en fonction du % de boue ajoutée.

III.5.3 Porosité accessible à l'eau 900°C

Tableau III.11 : Résultats de l'essai porosité accessible à l'eau (900°C)

Echantillons	M _{air}	M _{sec}	M _{eau}	Porosité en %
0%MB, 20%E/M	44	38,6	24	27
0%MB, 25%E/M	44	37,7	22	28,63
0%MB, 30%E/M	40	33,9	24	38,12
15%MB, 20%E/M	44	35,4	20	35,83
15% MB, 25%E/M	42	33,5	22	42,5
15%MB, 30%E/M	40	31,4	20	43
30%MB, 20%E/M	42	31,5	22	52,5
30%MB, 25%E/M	42	29	18	54,16
30%MB, 30%E/M	41	28,4	18	54,78

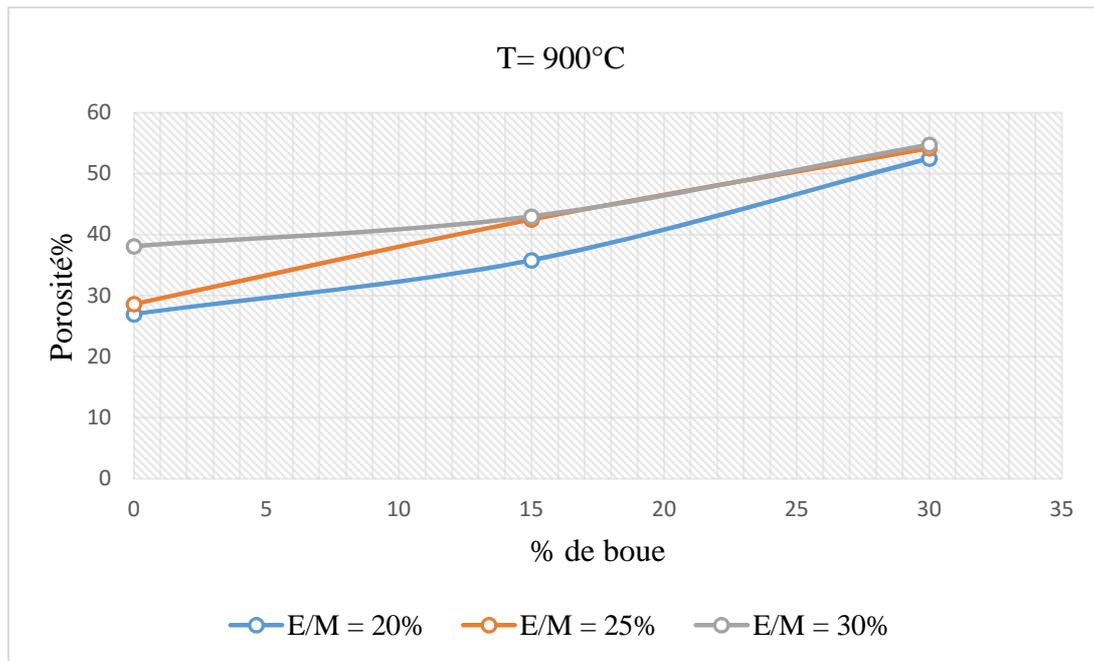


Figure III.11 : Variation de la porosité en fonction du % de boue dans le mélange 900°C

Interprétation

La figure III.5.3 illustre la variation de la porosité en fonction du % de boue ajoutée (variant de 0% à 30%), et en fonction du rapport E/M (20%, 25%, 30%) à une température de cuisson limite de 900°C.

Pour cette température maximale la porosité aussi augmente en fonction des deux paramètres (% de boue, rapport E/M).

De 0% à 30% les deux courbes représentant la porosité en fonction des rapports E/M = 20% et 25% progressent de la même manière, avec une augmentation régulière, Pour le rapport E/M = 30%, la courbe marque une légère augmentation de 0% à 15%, par contre de 15% à 30% elle est pratiquement similaire à la courbe dont le rapport E/M = 25%.

On remarque que pour les trois points à 30% de boue et pour les trois rapports E/M, la porosité est pratiquement identique, ceci dénote de la combustion totale de la boue présente en quantité égale dans les éprouvettes qui a eu le même effet.

III.5.4 Conclusion

Cet essai nous a permis d'évaluer les pores connectés, et à son issue on a pu constater que la porosité croît selon le % de boue et le rapport E/M.

En fonction des trois températures nous ne remarquons pas une différence notable de porosité accessible à l'eau et ce pour 0% et 15% de boue, et pour tous les rapports E/M.

De 600°C à 750°C les valeurs varient dans la fourchette [30% à 60%], par contre à 900°C elle varie dans [40% à 60%], de ce fait on déduit que la température influence légèrement la porosité contrairement au % de boue et au rapport E/M.

III.6 Ultrason

Les figures (III.6.1, III.6.2 et III.6.3) montrent le temps en (μs) parcouru par des ondes ultrasoniques à travers les parois des éprouvettes en fonction des pourcentages d'ajout de boue, à des températures de cuisson de (600,750 et 900) °C.

III.6.1 Ultrason à 600°C

L'essai de l'ultrason a été effectué pour confirmer la porosité endogène des éprouvettes, Les résultats de l'essai ultrasonique à 600°C sont présentés dans le tableau et la figure suivante :

Tableau III.12 : Temps mesurés à l'ultrason à 600°C

	0%M	15%M	30%M	0%M	15%M	30%M	0%M	15%M	30%M
	20 %	20 %	20 %	25 %	25 %	25 %	30%	30%	30%
	E/M								
Ultrason (μs)	11,9	12,2	13,1	12	12,6	13,4	12,8	13	13,5

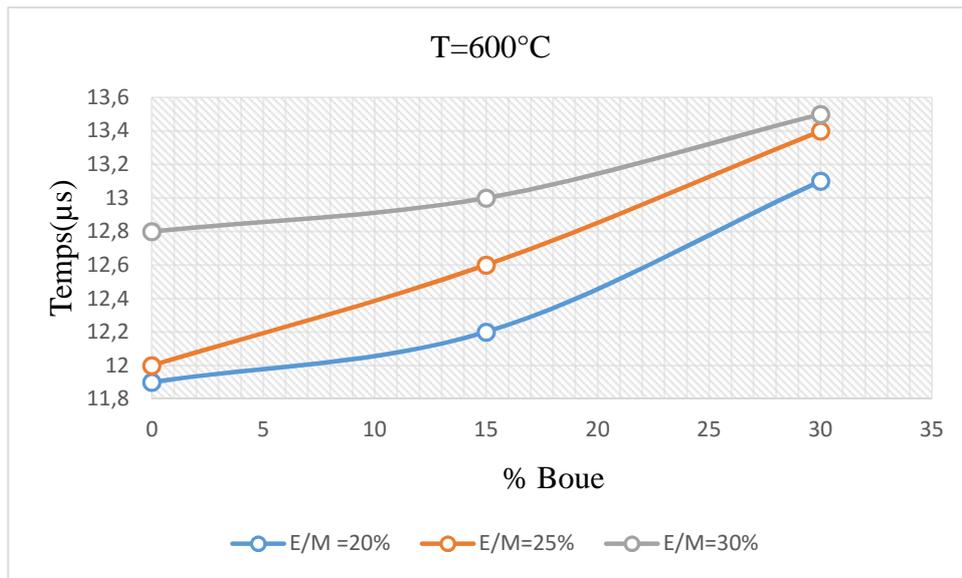


Figure III.12 : Temps parcourus en fonction du % de masse de boue à 600°C.

Les valeurs obtenues à cette température sont un peu élevées à cause des fissures présentes dans les éprouvettes.

III.6.2 Ultrason à 750°C

Tableau III.13 : Temps mesurés à l’ultrason à 750°C

	0%M	15%M	30%M	0%M	15%M	30%M	0%M	15%M	30%M
	20 % E/M	20 % E/M	20 % E/M	25 % E/M	25 % E/M	25 % E/M	30% E/M	30% E/M	30% E/M
Ultrason (μs)	9	11	12	9,5	11,6	12,5	11,3	11,83	13

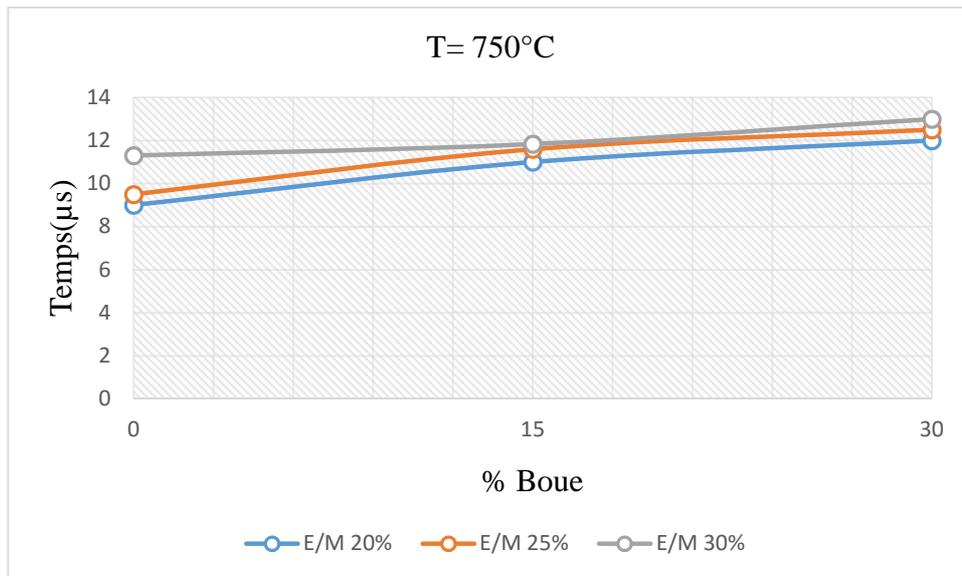


Figure III.13 : Temps (µs) parcourus en fonction de % de masse de boue à 750°C.

III.6.3 Ultrason à 900°C

Tableau III.14 : Temps mesurés à l’ultrason à 900°C

	0%M	15%M	30%M	0%M	15%M	30%M	0%M	15%M	30%M
	20 %	20 %	20 %	25 %	25 %	25 %	30%	30%	30%
	E/M	E/M	E/M	E/M	E/M	E/M	E/M	E/M	E/M
Ultrason (µs)	6,4	7	10,5	6,5	8	11	6,8	8,2	12

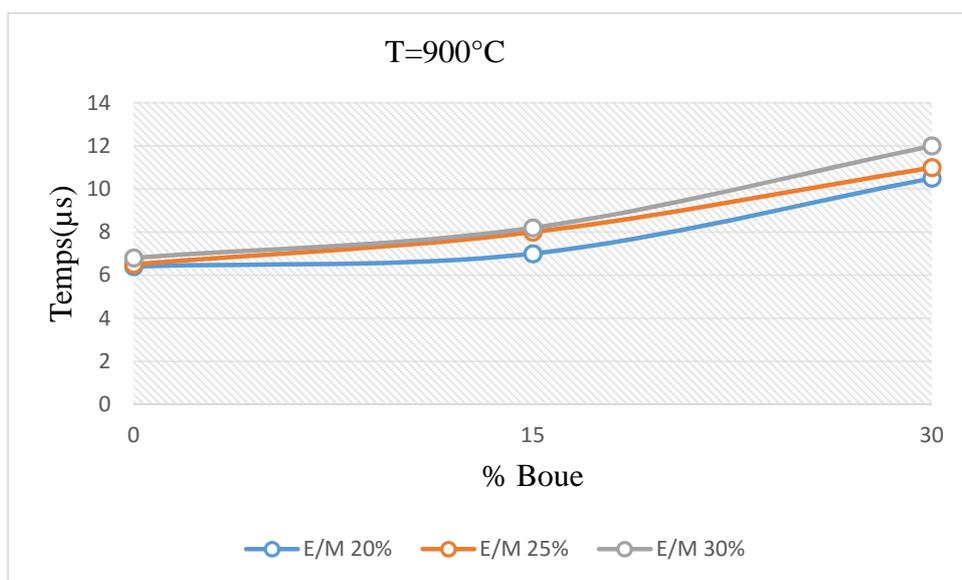


Figure III.14 : Temps parcourus en fonction de % de la masse de boue à 900°C.

Interprétation

les figures (III.6.1, III.6.2 et III.6.3) montre le temps parcouru par des ondes ultra soniques à travers les parois des éprouvettes en fonction des pourcentages d'ajout de boue aux températures de cuisson de 600, 700 et 900°C. A partir de ces graphes on voit que les temps enregistrés sont fonction du pourcentage d'ajout de la boue.

III.6.4 Conclusion

La combustion de la boue présente dans les éprouvettes a permis la création de pores ce qui est démontré par les temps enregistrés par l'ultrason. Ainsi, la porosité endogène augmente avec la quantité de boue grillée.

Chapitre III. Résultats et discussions	32
Introduction	32
III.1 Limites d'Atterberg.....	32
III.1.1 Limite de liquidité.....	32
III.1.2 Limite de plasticité.....	33
III.2 aspect visuel des éprouvettes	34
III.3 Perte en masse	34
III.3.1 Perte en masse à 600°C.....	35
III.3.2 Perte en masse à 750°C.....	36
III.3.3 Perte en masse à 900°C.....	38
III.4 Retrait.....	39
III.4.1 Retrait à 600°C.....	39
III.4.2 Retrait à 750°C.....	41
III.4.4 conclusion	43
III.5 Porosité accessible à l'eau	44
III.5.1 Porosité accessible à l'eau à 600°C	44
III.5.2 porosité accessible à l'eau à 750°C	45
III.5.3 Porosité accessible à l'eau 900°C	46
III.5.4 Conclusion	47
III.6 Ultrason	48
III.6.1 Ultrason à 600°C.....	48
III.6.2 Ultrason à 750°C.....	49
III.6.3 Ultrason à 900°C.....	50
III.6.4 Conclusion	51

Conclusion générale

A la suite du stage effectué au sein de la sonatrach, on nous a proposé d'étudier la possibilité de valoriser la boue issue des bacs de stockage déversée dans des bourbiers à l'air libre ce qui représente un problème environnemental.

Notre étude consiste à incorporer la boue de pétrole dans la fabrication de brique de construction dans le but d'éliminer la boue et de déterminer les caractéristiques de la brique obtenue (porosité, légèreté, isolation phonique, gain d'énergie).

Avant d'entamer notre thème on a subi un autre stage au niveau de la briqueterie DBK MAT située à Draa ben khada (Tizi ouzou) afin de s'informer d'avantage sur le processus technologique de fabrication de brique.

Le but de notre travail est de faire une étude paramétrique, qui consiste à incorporer la boue à différents pourcentages, en variant le rapport E/M et la température de cuisson.

L'analyse critique des résultats obtenus nous a permis d'aboutir aux points suivants ;

- Le taux maximum de boue à incorporer est évalué à 30%.
- Le retrait mesuré est similaire à celui de la brique sans ajout
- L'ajout de boue a permis de diminuer la température de cuisson de 900 à 750°C. ce qui dénote un gain d'énergie considérable.
- La brique obtenue est plus légère, plus poreuse ce qui lui procure une meilleure isolation

Références bibliographiques

- [1] : Jérémy LAXALDE “Analyse des produits lourds du pétrole par spectroscopie infrarouge“ thèse de doctorat en optique, lasers, physico-chimie et atmosphère, Université de Lille1, le 16 Janvier 2012.
- [2] : LOUATI D, CHOURA M “traitement par stabilisation/solidification de boues à l’huile de forages pétroliers génères par la compagnie Agip bv tunisia“ Larhyss Journal, n°19, Septembre 2014.
- [3] : W.BERROUANE “Récupération des boues des bacs de stockage du pétrole brut dans le béton“, Mémoire de Master, Oran, 2013-2014.
- [4] : MICHEL KORNMANN avec l'assistance des ingénieurs du Centre Technique des Tuiles et Briques “Matériaux de construction en terre cuite Fabrication et propriétés “ Éditions Septima 2005
- [5] : MICHEL KORNMANN “Matériaux de terre cuite – Matière de base et fabrication“ Techniques de l’Ingénieur référence C905, 2009.
- [6] : SALHI MALEK“ valorisation des décolorantes dans la production de brique“, Mémoire de Master, Bejaia, 2014/2015
- [7] : Michel MENGUY – LR St BRIEUC “Détermination des indicateurs de durabilité “ article, ministère de l’écologie, France 21 Octobre 2010.
- [8] : CETIM, analyse de l’argile de la briqueterie DBK MAT (Tizi-Ouzou), Boumerdes, 2012.

Résumé

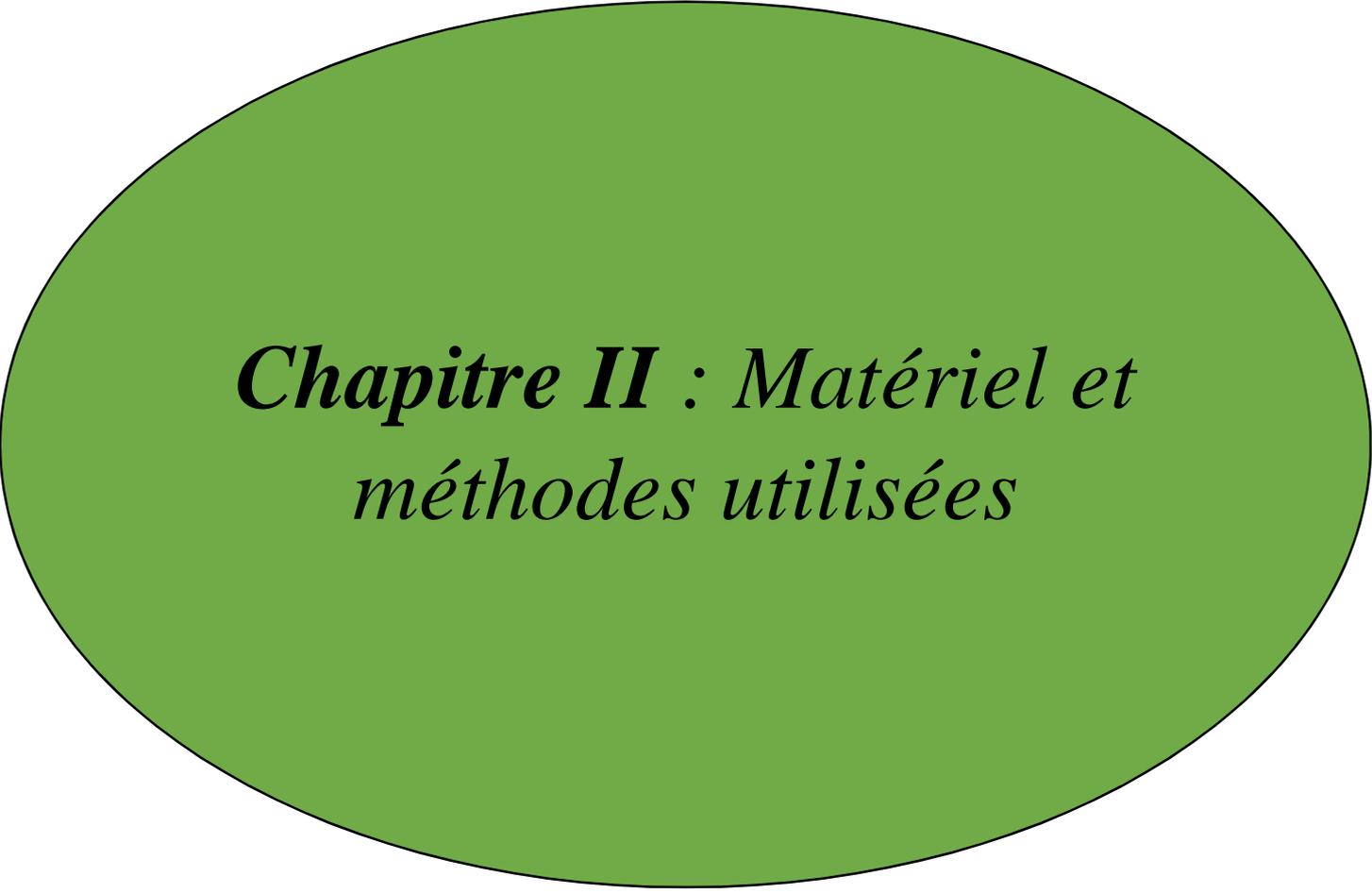
Les boues de fond des bacs de stockage de pétrole brut sont déversées dans des bourbiers qui nuisent à l'environnement, de ce fait il est nécessaire de leur trouver une solution. Divers possibilités ont été déjà étudiées.

Dans ce travail, nous présentons une solution nouvelle, qui est d'incorporer cette boue dans la brique de construction. Nous avons procédé à la fabrication de brique en incorporant divers taux de boue tout en respectant les différentes étapes de fabrication de brique et en variant la température de cuisson. Plusieurs paramètres ont été suivis et contrôlés.

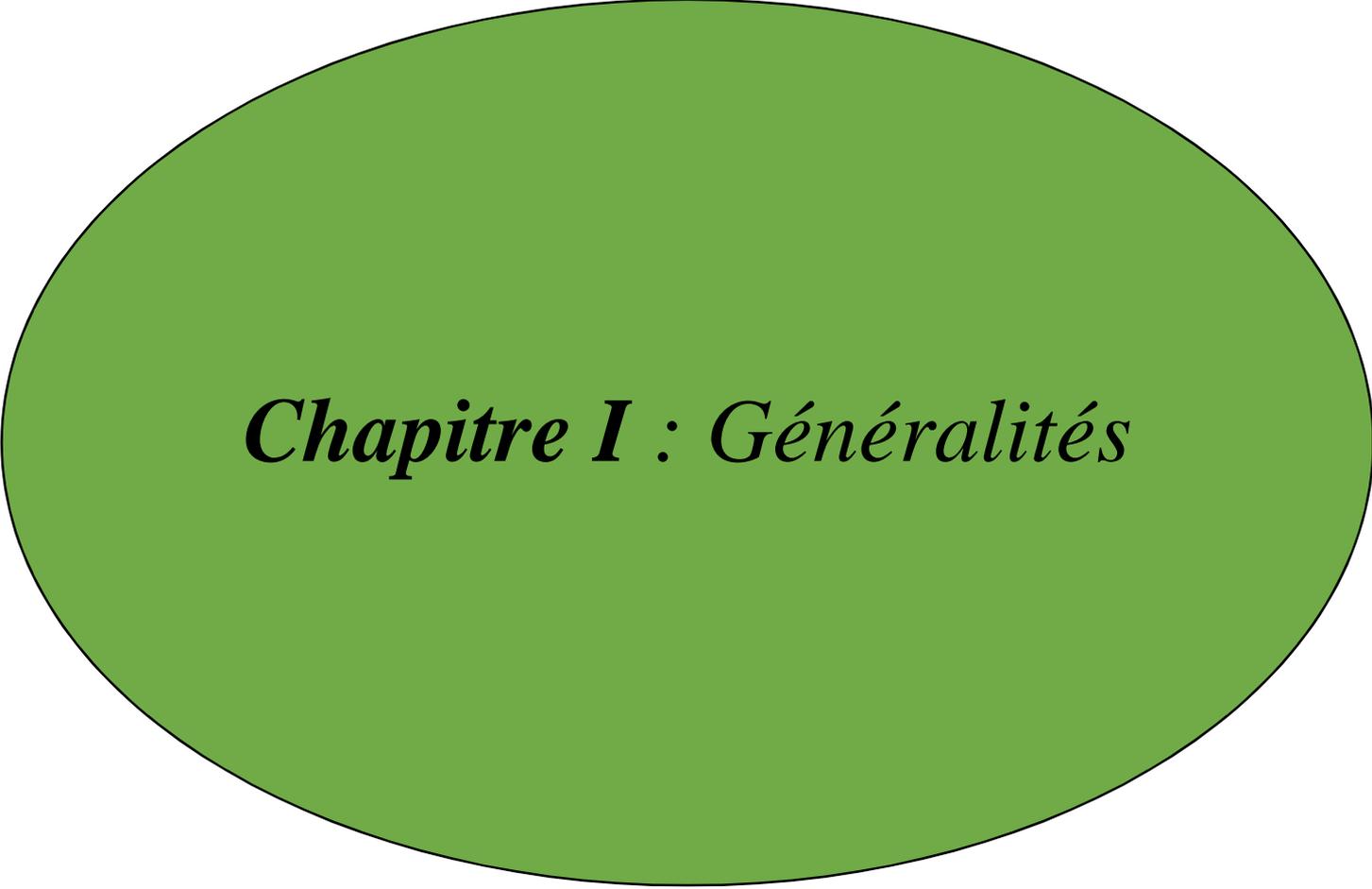
L'étude a permis de démontrer que la cuisson est possible à 750°C au lieu de 900°C. Le maximum de boue à ajouter est évalué à 30%. Les briques obtenues sont plus légères et plus poreuses.



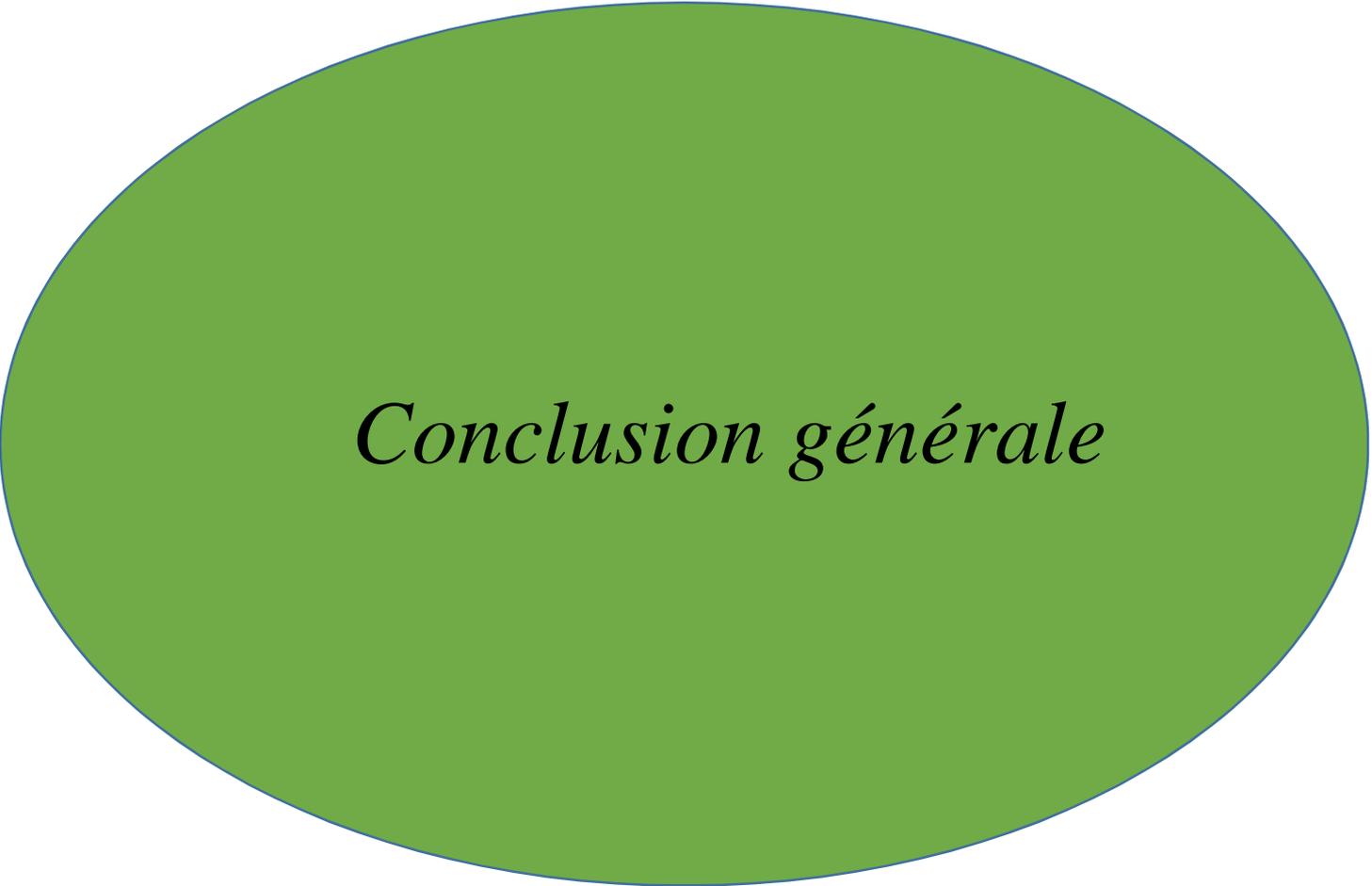
*Chapitre III : Résultats
et discussions*



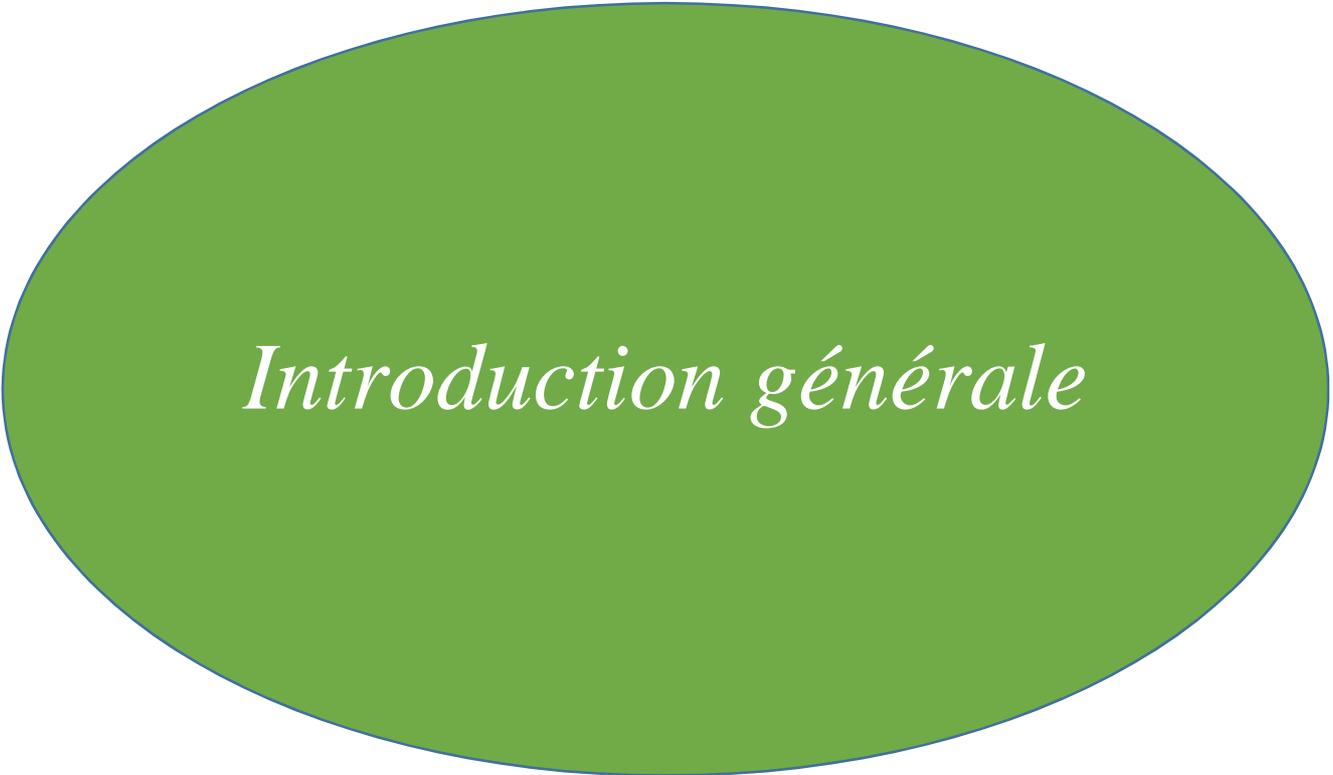
***Chapitre II : Matériel et
méthodes utilisées***



Chapitre I : Généralités



Conclusion générale



Introduction générale



Liste des abréviations



Liste des figures



Liste des tableaux