

N° d'ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade

Master en Sciences de la Terre

Spécialité : Géodynamique de la Lithosphère

Thème :

Les produits volcaniques et leurs utilisations
Exemple des massifs volcaniques d'Ain Temouchent
et de la Basse Tafna. Oranie Nord-Occidentale.

Présenté par :

M. BENZAZZA Labdelli.

M. BENZAHRA Djamel.

Soutenu : le /11/2020 devant la commission d'examen :

<i>Mme ALLAMI F. Z.</i>	<i>MAA</i>	<i>Université d'Oran 2</i>	<i>Présidente</i>
<i>M. SEDDIKI A.</i>	<i>Professeur</i>	<i>Université d'Oran 2</i>	<i>Encadreur</i>
<i>Mlle KARED R.</i>	<i>MAA</i>	<i>Université d'Oran 2</i>	<i>Examinatrice</i>

Oran 2020

AVANT PROPOS

Au terme de ce travail, Nous voudrions remercier en premier DIEU le tout puissant pour nous avoir donné la foi et le courage pour mener à bout notre travail, ainsi que celles et ceux qui ont contribué, chacun à sa façon, à aplanir les difficultés pour la réalisation de ce mémoire par leur appuis et aides.

Un grand merci à **Monsieur SEDDIKI Abdelmadjid**, notre encadreur de nous avoir proposé ce sujet de mémoire et qui nous a aidé durant la préparation de ce travail.

Nos vifs remerciements également à **Madame ALLAMI Fatima Zohra** d'avoir accepté de présider le jury d'examination.

Nos vifs remerciements s'adressent à **Mademoiselle KARED Ratiba** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants du département des Sciences de la Terre et tous nos collègues.

Chapitre I : Introduction et Généralités

I.1 Introduction.....	1
I.2. Situation géographique	1
I.2.1 Le massif d’Ain Temouchent	1
I.2.2 Le massif de la Base Tafna.....	2
I.3. Cadre géologique et structural.....	3
I.3.1 L’Allochtone métamorphique à affinité rifaine	3
I.3.1.1 Unité de Houaria	3
I.3.1.2 Unité de Skouna.....	3
I.3.1.3 Unité du massif d’El Malleh.....	3
I.3.2 L’Allochtone non métamorphique de type Tellien	3
I.3.2.1 Unité de Chouala.....	4
I.3.2.2 Unité Sénonienne.....	4
I.3.2.3 Unité Oligocène.....	4
I.3.3 Miocène	4
I.3.3.1 Miocène synchro-nappe.....	4
I.3.3.2 Miocène post-nappe.....	5
I.3.4 Les formations plio-quaternaires.....	5
I.3.4.1 Les formations marines.....	5
I.3.4.2 Les formations continentales.....	5

Chapitre II : Volcanologie

II.1 Introduction	6
II.2 Le massif de la Base Tafna	6
II.2.1 Ensemble E1	6
II.2.2 Ensemble E2	6
II.2.3 Ensemble E3.....	7
II.2.4 Ensemble E4.....	7
II.2.5 Ensemble E5.....	7
II.3 Le massif d'Ain Temouchent	7
II.3.1 Ensemble E1	7
II.3.2 Ensemble E2	8
II.3.3 Ensemble E3	8
II.4 Etude Dynamique.....	9
II.4.1 Le massif de la base Tafna.....	9
A- Première épisode volcanique.....	9
B- Deuxième épisode volcanique.....	9
C- Troisième épisode volcanique.....	9
II.4.2 Le massif d'Ain Temouchent.....	10
A- Première épisode volcanique.....	10
B- Deuxième épisode volcanique.....	10
C- Troisième épisode volcanique.....	10
II.5 La géochimie.....	11
II.6 La minéralogie.....	11

SOMMAIRE

Chapitre III : Matériaux Volcanique et leur utilisation

III.1 Introduction.....	12
III.2. Les produits volcaniques.....	12
III.2.1. Les pierres ponces.....	12
III.2.1.1. Gisements.....	13
III.2.1.1.1. Contexte géologique et genèse.....	13
III.2.1.1.2. Les type de gisement	14
III.2.1.2. Les modes d'exploitation et de traitement des matériaux	14
III.2.1.3. Les propriétés physiques et chimiques.....	15
III.2.1.3.1. La composition chimique	15
III.2.1.3.2. La structure, la densité et la porosité	16
III.2.2. Les pouzzolanes.....	17
III.2.2.1. Définition	17
III.2.2.2 Le Contexte géologique et genèse.....	17
III.2.2.3 L'exploitation et traitement des matériaux.....	17
III.2.2.4 Les Propriétés physiques et chimiques.....	19
III.2.2.4.1 La Composition chimique.....	19
III.2.2.4.2 Structure-Densité-Porosité.....	20
III.2.2.4.3. La capacité d'absorption d'eau	22
III.2.2.4.4. Le comportement thermique	22
III.2.3 Les Basaltes	23
III.3 Les Secteur d'utilisation et spécification industrielles.....	23
III.3.1. Les ponces.....	23

SOMMAIRE

III.3.1.2. Bâtiment	23
III.3.1.3. Abrasifs.....	24
III.3.1.4. Les charges minérales.....	25
III.3.1.5. L’agriculture.....	25
III.3.1.6. Filtration et autres utilisations	26
III.3.1.7. Les spécifications industrielles	26
III.3.2. Les pouzzolanes.....	27
III.3.2.1. La viabilité	28
III.3.2.2. Bâtiment.....	29
III.3.2.3. Agriculture	30
III.3.2.4. Assainissement.....	31
III.3.2.5. Sols sportifs	31
III.3.2.6. Industrie	32
III.3.3. Les basaltes	33
III.3.3.1. Les agrégats	33
III.3.3.2. La laine de roche	33

Conclusion Général

Conclusion général.....	35
Bibliographie.....	36
Liste des figures.....	39
Liste des tableaux.....	40

CHAPITRE 1
GENERALITES

I.1. Introduction :

L'Oranienord-occidentale a connue une importante activité volcanique qui s'est déroulée durant le mio-plio-quadernaire.

- le massif de M'sirda ;
- le massif de Souahlia ;
- le massif de Basse Tafna ;
- le massif d'Ain Témouchent ;
- le massif du Sahel d'Oran.

Notre étude est portée sur les produits emi de massif volcanique d'Ain Témouchent et celui de la Basse Tafna et leur utilisation.

Les produits éruptifs d'Ain Témouchent recouvrent une superficie d'environ 350 km², ceux rejetés par les centres éruptifs de la Basse Tafna recouvrent une aire d'environ 200 km².

Les massifs étudiés ont rejeté une quantité importante de produits pyroclastiques et de laves qui dessinent par endroit de véritables plateaux basaltiques.

I.2. Situation géographique**I.2.1. Le massif d'Ain Témouchent**

Le massif volcanique d'Ain Témouchent est situé à environ 70 km au Sud-Ouest d'Oran. Il est limité à l'Est par la plaine d'effondrement de la Sebka d'Oran et à l'Ouest par l'extrémité orientale du massif de SebaaChioukh, de Djebel Sidi Kacem et Tounit et au Nord par la mer Méditerranée (Fig.01).

Les centres éruptifs de ce massif se présentent soit en forme conique, dedôme ou en dépression. Le volcan de Dzioua, de forme conique, constitue un réservoir d'eau.

I.2.2. Le massif de la Basse Tafna

Le massif de la Basse Tafna est situé à une centaine de kilomètres d'Oran, il atteint au Nord la mer méditerranéenne, à l'ouest la terminaison du Trara oriental, au Sud les monts de SebaaChioukh, et à l'Est le massif éruptif d'Ain Témouchent (Fig.01).

Ce massif est constitué par de petites collines à faibles altitudes, marqués par des cônes scoriacées ou de dômes érodés, atteignant une altitude maximal de 403 m. Il est traversé par l'Oued Tafna qui le sépare, en une rive droite montrons des centres qui sont plus au moins rapprochés les uns des autres, et une rive gauche où les centres sont plus aux moins éloignés.

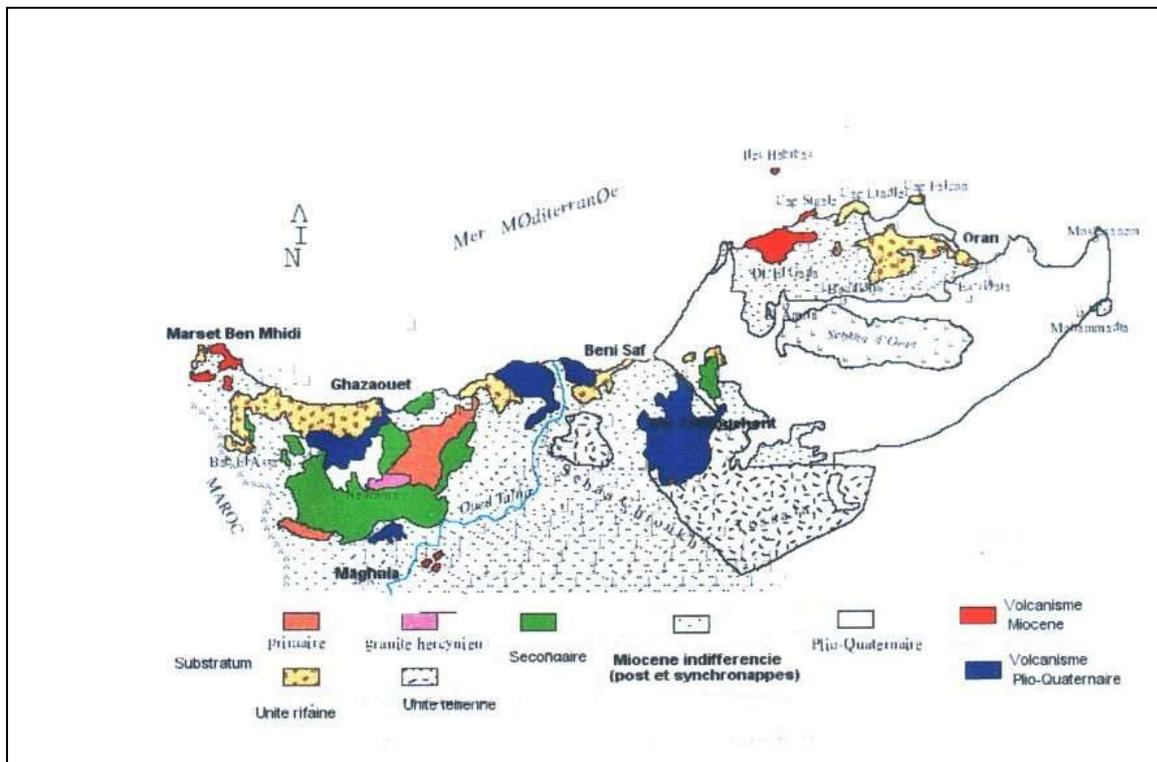


Fig. 01 Contexte géologique de l'Oranie Nord-Occidentale (in Megartsi, 1985).

I.3. Cadre géologique et structural

Les massifs d'Ain Témouchent et de la Basse Tafna, se situent dans le domaine externe de la chaîne Alpine.

Selon Guardia(1975) ces deux massifs comportent:

I.3.1. L'allochtone métamorphique Tello-rifain

I.3.1.1. Unité de Houaria

L'unité de Houaria se situe au Sud-Est du massif de la Basse Tafna. Elle est représentée par des terrains primaires (Carbonifère supérieur- Permien) constitués de schiste, de flyschschiستو-gréseux, ainsi que par des poudingues à galet de quartz (Guardia,1975), sur lesquels se superpose une couverture sédimentaire d'âge Jurassique.

I.3.1.2. Unité de Skouna

Elle se trouve au Sud du massif volcanique de la Basse Tafna montrant des calcaires et des schistes d'âge Jurassique supérieur ainsi que des quartzites d'âge Crétacé.

I.3.1.3. Unité du massif d'EI Malleh

Elle affleure au Djebel Sidi Kacem, où on reconnaît des schistes d'âge Jurassique moyen et supérieur et des calcaires d'âge Jurassique supérieur.

I.3.2. L'allochtone non métamorphique de type Tellien

On distingue trois unités allochtones :

I.3.2.1. Unité de Chouala

Affleure principalement aux environs d'Ain El-Allem (Nord de SebaaChioukh) et aux alentours d'Arlale.

Au Nord d'Ain Témouchent, l'unité de Chouala est principalement marneuse associée à des calcaires argileux, elle est d'âge Crétacé inférieur, Crétacé moyen et Oligocène à sa base, avec la présence de blocs d'âge Jurassique.

I.3.2.2. Unité Sénonienne

Elle Affleure au niveau de SebaaChioukh, matérialisée par des marnes et des calcaires gris clair d'âge Campanien supérieur, à Maestrichtien inférieur. Vers Beni-Saf, elle est représentée par des marnes pelitiques gris violacés à petit banc calcaire sub-lithographique d'âge Maestrichtien supérieur.

Le Nord de Feid EL Atouche présente des calcaires gris clair avec de rares passées sableuses d'âge pliocène.

I.3.2.3. Unité Oligocène

L'unité oligocène est formée par des calcaires glauconieux sableux et des grès à ciment calcaire. Elle affleure généralement près d'Aghlel. Son âge est Oligo-Aquitainien.

Ces unités allochtones se sont mises en place dans un bassin miocène synchro-nappe, et sont suivies par des unités autochtones d'âge miocène. Elles se présentent le plus souvent en cycle.

I.3.3. Le Miocène

I.3.3.1. Miocène synchro-nappe

Se développe au niveau de SebaaChioukh ; c'est une formation constituée par des marnes gris verdâtres et des grès gris roux.

I.3.3.2. Miocène post-nappe

Se subdivise en deux cycles:

-Un Miocène du premier cycle post-nappe constitué d'argiles verts, degrès et de poudingues.

-Un Miocène du deuxième cycle post-nappe représenté par:

- une formation rouge continentale à saumâtre marneuse.
- une formation marine constituée de marnes bleues
- une formation à calcaire continentale très riches en polypiers

I.3.4. Les formations Plio-Quaternaires**I.3.4.1. Les formations marines**

Elles sont marquées par deux cycles:

- Le premier cycle du Pliocène constitué par des marnes à aspect détritique et des marnes argileux.

- Le deuxième cycle affleure dans l'embouchure de l'Oued El Maleh, il est représenté par des formations détritiques ocrées.

I.3.4.2. Les formations continentales

Elles sont représentées par:

- Un pliocène qui affleure au Djebel Keroulis à la bordure de l'Oued El Maleh, sous forme de calcaires lacustres, et de dépôts continentaux ocrés rouges.

- Le pléistocène affleure dans la région de Beni-Saf à l'embouchure de l'Oued El Hallouf sous forme de sable rubéfié à Helix. Il est représenté par des alluvions sous basaltiques, et des formations contemporaines d'un volcanisme alcalin.

CHAPITRE 2
VOLCANOLOGIE

II.1. Introduction :

Les études antérieures notamment pétrographiques des produits éruptifs des deux massifs (Sadron 1957, Megartsi 1985, Bendoukha 1987, Tabeiouna 1997 et autre notamment au Département de Sciences de la Terre d'Oran) ont permis de ressortir les caractéristiques des ensembles de chaque massif.

II.2. Le massif de la Basse Tafna

Géographiquement sont réparties 11 au rive gauche de l'oued Tafna et 11 dans la droite dynamiquement cinq ensembles caractérisent les formations éruptives de la Base Tafna.

II.2.1. L'ensemble E1

Concerne le centre éruptif d'El Gloub qui a émis deux coulées noires porphyriques, renfermant des phéno-cristaux d'olivine, de clinopyroxène et de plagioclase.

- La mésostase est constituée par des microcristaux d'olivine, de clinopyroxène, de plagioclase et d'oxyde opaques.
- Un verre volcanique gris-sombre lie l'ensemble des minéraux

II.2.2. L'ensemble E2

Il est caractérisé par les coulées gris-noires des volcans se trouvant dans la partie gauche de l'Oued Tafna : Ras Amara, Douar Ksabi, GdidChouk, Sidi Rahmoun, et ceux de la partie droite : Bled Lemdedha, Sidi abdealla, Kerkour El Aryas, Fort Belinsi, Khouidem et de Cap d'Accra, elles renferment des phénocristaux d'olivine et de plagioclase qui baignent dans une mésostase formée par des microlites de plagioclase, d'olivine iddingsitisée, de clinopyroxène, de feldspathoïdes (analcime, néphéline) ainsi que des grains d'oxydes opaques, et un verre volcanique gris-sombre.

II.2.3. L'ensemble E3

L'ensemble E3 est représenté par la formation volcano-sédimentaire émise par le centre éruptif du Fort Belinsi, elle est de couleur gris verdâtre, constituée par une alternance de tufs à lapillis à élément grossiers, moyennes et fins de cinérite et de tuffites de niveaux pisolithique et de lapillis accréionnaires. Ces dépôts dessinent des figures d'anti dunes.

II.2.4. L'ensemble E4

L'ensemble E4 ce sont les volcans d'El Kalkoul, Biramdane (rive droite) et Sidi Aissa Sidi Laredj (rive gauche) qui ont émis les coulées gris bleutées de l'ensemble E4, elles renferment des phénocristaux de clinopyroxène.

La mésostase contient des microlites de plagioclase, de clinopyroxène, d'olivine, et des oxydes opaques, le reste est un verre volcanique gris sombre.

II.2.5. L'ensemble E5

L'ensemble E5 est caractérisé par les coulées bleues à texture microlitique porphyriques des volcans de Gaadat El Ghouzelene, de Fort Belinsi, D'El Bradj (rive droite) et de Boukeltoum, Bouhmar et de Taferdjoune (rive gauche).

Les laves renferment des phénocristaux de feldspath potassique et de microlites d'olivine, de plagioclase, de clinopyroxènes, de grains d'oxydes opaques, l'ensemble des minéraux sont lié entre eux par un verre volcanique de couleur gris sombre à gris clair. Les coulées supérieures de cet ensemble présentent une texture aphyrique.

II.3. Le massif d'Ain Témouchent

Le massif d'Ain Témouchent, regroupe trois ensembles :

II.3.1. L'ensemble E1

Une seule coulée gris noire caractérise cet ensemble, elle concerne les volcans

de HammarKermous En Sara, de Hammar Tizi de Djebel DokmadeDayeit El Medjehri, de Dzioua, Barbous, d'Ain Gueriane et de HammarMekla (partie Est).

Cette lave est de texture microlitique porphyrique à phénocristaux d'olivine, de plagioclase, et de pyroxène.

La mésostase est formée part des microlites d'olivine de pyroxène de plagioclase et des minéraux d'oxydes opaques, le reste est sous forme de verre volcanique.

II.3.2. L'ensemble E2

Cet ensemble est représenté par les volcans de Ben Guena, de HammarSnifig, de Djebel Dokma, de HammarBrarcha (partie orientale). Et par ceux de Dzioua, Berbous et Sidi Ben Adda (partie occidentale). Il est caractérisé par une formation volcano-sédimentaire constituée d'une alternance de tufs à lapillis à éléments grossiers à la base moyens et fins au sommet, ainsi que par des cinérites des cendres volcaniques, de tuffites, de spattercones et de lapillis accréionnaire. Cette formation montre des figures d'anti dunes.

II.3.3. L'ensemble E3

L'ensemble E3 comprend les coulées gris bleues des cendres éruptives de Ben Guena, de Hammar Hank El Djemel, de HammarSnidig, de Dayeit El Medjehri et de Douar Chafaa (partie Est) et ceux de la partie Ouest ; Dzioua, Sidi Ben Adda, KoudietZenzela et Djébel Gueriane.

Ces laves ont une texture microlitique porphyrique. Les phénocristaux de clinopyroxène baignent dans une mésostase, formée de microcristaux de clinopyroxène d'olivine de plagioclase, d'oxydes opaques et un verre volcanique grisâtre. La coulée supérieure est de texture aphyrique.

II.4. Etude dynamique

L'étude pétrographique et dynamique a permis de mettre en évidence les différentes étapes de l'activité magmatique pour chacun des deux massifs.

II.4.1. Le massif de la Base Tafna

Le massif de la Base Tafna a connu trois épisodes volcaniques majeurs.

A- Premier épisode volcanique

Ce premier épisode volcanique est de type strombolien, il est caractérisé par les coulées basaltiques à olivine et pyroxène des ensembles E1 et E2, ainsi que par les produits de projections tels que les bombes et les scories brunes.

B- Deuxième épisode volcanique

Le deuxième épisode volcanique majeur est de type phréato-magmatique, caractérisé par la mise en place des produits pyroclastiques de l'ensemble E3 qui sont les tufs à lapillis ondulés à éléments grossiers moyens et fins, ainsi que des tuffites, des cendres volcaniques et des niveaux pisolithiques.

Cette formation présente des blocs fichés et des figures d'anti-dunes, elle est émise par le volcan du Fort Bélinsi, situé en rive droite de la Base Tafna.

C- Troisième épisode volcanique

Cet épisode strombolien, s'est déroulé dans les centres d'émissions ayant rejetés les coulées des ensembles E4 et E5, il est aussi marqué par des scories brunes, des bombes scoriacées, et les cendres volcaniques.

II.4.2. Le massif Le massif d'Ain Témouchent

Trois épisodes volcaniques majeurs ont marqué le massif d'Ain Témouchent.

A- Premier épisode volcanique

Le premier épisode volcanique est strombolien, il concerne l'ensemble E1, dont les laves sont gris noires à olivine et pyroxène caractérisé aussi par les produits de projection (bombes volcaniques, scories brunes).

B- Deuxième épisode volcanique

Le deuxième épisode volcanique concerne l'ensemble E2, il est de type phréato-magmatique caractérisé par des tufs à lapillis à éléments grossiers, moyens et fins, de cinérites de cendres volcaniques, de tuffites, des balles de boue et des niveaux pisolithiques.

Ces dépôts dessinent des figures d'anti-dunes et forment soit des anneaux ou cônes de tufs, soit des maars.

C- Troisième épisode volcanique

Il est de type strombolien, a contribué à la mise en place des coulées à plagioclase de l'ensemble E3 et aux produits de projection (bombes volcanique, scories brunes et cendres volcaniques).

II.5. Géochimie

L'étude géochimique des éléments majeurs et traces à fournit les résultats suivants :

- La distribution des éléments majeurs en fonction de la silice des laves basaltiques des deux massifs a mis en évidence une série alcaline sodique.
- Le comportement des éléments majeurs et traces en fonction de l'indice de différenciation, montre que les roches différenciées sont des basaltes Hawaites pour le massif de Ain-Temouchent et des Hawaites passant à des mugéarites jusqu'aux Benmoréites pour le massif de la Basse Tafna.
- Le tétraèdre de Yoder et Tilley(1962), montre que les laves des deux massifs se situent dans le domaine des basaltes alcalins.

II.6. Minéralogie

L'étude minéralogique a permis de démontrer que pour les deux massifs.

- La composition chimique des clinopyroxènes correspond à celle des diopsides.
- L'olivine présente une forte concentration en forstérite.
- Les oxydes opaques sont des titano-magnétites.

CHAPITRE 3

**PRODUITS VOLCANIQUES ET LEURS
UTILISATIONS**

III.1. Introduction

A travers l'étude volcanologique, chimique et minéralogique des deux massifs nous constatons qu'une quantité importante des produits éruptifs ont été émis par les différents édifices volcaniques, et une minéralogie chimiquement très riche par divers contenues.

Par notre contribution nous mettons en évidence l'importance de ces produits sur le plan économique, industriel et commercial comme exemple les basaltes et les produits sommitaux scoriacés (pouzzolanes) ont une valeur économique importante nettement dans l'industrie.

Les ponces et les pouzzolanes sont des matériaux naturels pyroclastiques, meubles et peu denses, à structure alvéolaire, essentiellement composés de verre volcanique. Ils entrent dans la catégorie des granulats ou agglomérats légers et se différencient les uns des autres par leurs compositions chimiques et leurs textures notamment.

III.2. Les produits volcaniques

III.2.1. Les pierres ponces

La pierre ponce est une pierre naturelle issue de roches volcaniques en fusion. C'est une pierre poreuse aux propriétés abrasives. Il existe des pierres ponces de couleur blanche, ou encore grise, rouge ou noire.

Les ponces sont des roches pyroclastique friable caractérisées par une teinte claire et une grande richesse en verre volcanique fortement vésiculés qui leur confère une grande porosité et une faible densité (elles peuvent flotter sur l'eau). Les éléments qui composent ces roches sont anguleux à l'origine et s'émeussent rapidement. Leur taille varie le plus souvent de 1 à 15 cm et les éléments les plus gros mesurent plusieurs décimètres de longueur.

Les ponces se forment à partir de fragments de magmas visqueux, très siliceux et riches en composants volatiles dissous (vapeur d'eau en particulier), de composition rhyolitique,

dacitique ou andésitique le plus souvent. Projetés en l'air lors d'une éruption volcanique, ils subissent une brutale chute de pression, ce qui produit un dégazage et la formation de

vésicules(Fig.02) séparées par de minces parois de verre volcanique. La richesse initiale de ces types de magmas en gaz explique le nombre important de ces vésicules.

Nous retiendrons ici cette définition générale qui inclut des composants vitreux de différentes tailles : blocs, lapilli et cendres.



Fig.02 Photo montrant une pierre ponce du gisement de Bouhmidi (Basse Tafna)

III.2.1.1. Gisements

III.2.1.1.1. Contexte géologique et genèse

Les éruptions volcaniques génératrices de matériaux ponceux sont explosives et généralement violentes. Lorsque le magma arrive près de la surface, la pression est brutalement libérée et l'expansion des composants volatiles initialement dissous génère des masses de lave présentant l'aspect d'émulsions. Leur refroidissement rapide dans l'atmosphère conduit à la formation de fragments de verre contenant de nombreuses cavités bulleuses, les

ponces, qui peuvent s'accumuler sous forme de blocs ou de fragments brisés (écharde). Dans les roches pyroclastiques, ces derniers sont reconnaissables par le fait qu'ils sont souvent limités par des faces concaves qui présentent en section une forme trifide.

Les ponces, contrairement aux pouzzolanes, sont produites en grandes quantités. Couramment, les dépôts pyroclastiques ponceux ont plusieurs mètres à plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur et ils couvrent de très grandes superficies. Les éléments les plus fins et les moins denses peuvent se déposer loin de la source. Ils sont souvent inter-stratifiés avec d'autres dépôts, volcaniques ou sédimentaires.

D'une manière générale, les écoulements pyroclastiques sont hétérogènes, non ou peu grano-classés, alors que les retombées aériennes, plus homogènes, présentent un meilleur grano-classement et des épaisseurs plus régulières le cas du phréato-magmatique.

III.2.1.1.2. Les types de gisement

Les formations ponceuses peuvent constituer des gisements. Le plus souvent, il s'agit de dépôts primaires, pyroclastiques, non modifiés depuis leur mise en place au moment de l'éruption et surtout dans le massif d'Ain Temouchente car il est jeune.

La prospection des gisements de matériaux ponceux doit être orientée sur les zones volcaniques récentes, d'âge Tertiaire et Quaternaire (garantie sur l'état de fraîcheur des éléments vitreux), qui recèlent un volcanisme de type explosif. Les recherches devront se porter en priorité sur les formations les plus meubles (l'induration des dépôts peut être provoquée par une soudure à chaud des éléments au moment de la mise en place, ou par leur altération postérieure) et les plus riches en éléments ponceux.

III.2.1.2. Les modes d'exploitation et de traitement des matériaux

L'exploitation des matériaux ponceux se fait le plus souvent en carrière à ciel ouvert, exemple de la carrière de Bouhmidi du massif de Beni-Safet de la carrière de Boubrikhou d'Ain Témouchent. Les matériaux sont extraits en carrière au moyen d'engins mécaniques (Fig.03).



Fig.03 Photo montrant les traitements qui leur sont appliqués sont très variables d'une unité de production à l'autre.

Ils dépendent des caractéristiques du dépôt et de la qualité (granulométrie, pureté) des produits finis à élaborer.

Afin de sélectionner les éléments ponceux désirés, différentes techniques sont utilisées : cribles vibrants, broyage.

Dans les cas les plus favorables, quand les matériaux sont meubles, on procède à un simple criblage et à un broyage de la fraction la plus grossière.

Les produits de chacune des classes granulométriques sont ensuite stockés. Le mélange des différentes fractions intervient au moment où les produits sont transférés vers les systèmes de convoyeurs.

III.2.1.3. Les propriétés physiques et chimiques

III.2.1.3.1. La composition chimique

Les matériaux ponceux présentent le plus souvent des compositions chimiques caractéristiques de rhyolites, dacites et andésites dans le cas du volcanisme calco-alcalin, et de rhyolites, trachytes et phonolites en ce qui concerne le volcanisme alcalin.

III.2.1.3.2. La structure, la densité et la porosité

L'application des ponces nécessite le contrôle de deux paramètres physiques : la densité et la structure, c'est-à-dire le mode d'arrangement spatial des cavités.

Du point de vue de leur structure, les ponces sont caractérisées par l'extrême minceur des cloisonsintervacuolaires et leur légèreté d'ensemble due à la multiplicité des vacuoles, généralement de très petite taille (les plus fines d'entre elles ont un diamètre de quelques microns) et aux formes régulières. Les ponces sont des matériaux plus régulièrement et plus finement structurés que les pouzzolanes. D'après leur structure, on reconnaît deux types de ponces : celles présentent des vésicules sphérique à sub-sphériques, et les ponces dites fibreuses, caractérisées par des vésicules tabulaires et subparallèle (vésiculation mono-directionnelle) qui leur confèrent une porosité ouverte. Dans ce dernier cas, le rapport longueur/diamètre des vésicules est supérieur à 20.

La densité apparente et la porosité sont des paramètres qui varient, pour un matériau donné, en fonction de la granulométrie.

La structure vésiculaire des ponces se traduit par une densité apparente inférieure à 1 g/cm^3 , alors que cette dernière est de l'ordre de 2.3 à 2.5 g/cm^3 pour le verre volcanique massif non ponceux. En ce qui concerne les produits commercialisés, la densité apparente se situe le plus souvent entre 0.6 et 0.8 g/cm^3 . Elle peut atteindre des valeurs minimales de 0.4 à 0.3 , voire exceptionnellement 0.2 g/cm^3 à l'état sec (Whitham et Sparks, 1986). Comme pour les pouzzolanes, la densité varie en fonction de la granulométrie (elle augmente quand la taille des éléments diminue) et du degré hygrométrique ambiant.

Les matériaux ponceux ont une porosité importante, généralement de l'ordre de 60 à 70% du volume et qui peut atteindre 90% . Par contre, leur surface interne typique est très limitée comparativement à d'autres roches et minéraux industriels (de l'ordre de $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$), ce qui traduit l'absence d'une importante micro-porosité (Whitham et Sparks, 1986). La perméabilité des ponces est très faible du fait de la présence des fines membranes vitreuses inter-vésiculaires.

III.2.2. Les pouzzolanes

III.2.2.1. Définition

Le terme de pouzzolane provient de Pouzzoles, nom d'une ville italienne de la région de Naples. Il y désigne un matériau volcanique cendrex de composition trachytique, de couleur claire et friable, utilisé pour la fabrication de mortier et de ciment. Cette application en tant que ciment naturel remonte aux constructions romaines de l'Antiquité.

III.2.2.2. Le contexte géologique et genèse

Les pouzzolanes sont des roches pyroclastiques formées de fragments de magma (pyroclastites) projetés dans l'atmosphère lors d'éruption volcaniques et refroidis au cours de leur parcours aérien. La vitesse de refroidissement relativement importante, qui applique un effet de trempe au magma, explique que le verre volcanique (matière amorphe, non cristallisée) soit un des composants majeurs des matériaux pouzzolaniques. Les autres constituants sont les minéraux magmatique (feldspaths, pyroxènes, amphibole, olivine, oxydes de fer...) et les xénolites, roches étrangères au milieu car arrachées aux formations géologiques antérieures au volcanisme.

Les éléments constitutifs présentent une texture scoriacée et vacuolaire. D'après leur taille, on distingue les cendres (< 2 mm) des lapilli (2 à 64 mm) et des blocs ou des bombes (>64 mm) (Fig.04). Leur couleur est généralement noire ou rouge (rouge brique à brun foncé) selon le degré d'oxydation du fer, présent respectivement sous forme de magnétite ou d'hématite.

Le magma générateur de ces produits est une masse en fusion qui contient en proportion notable des gaz dissous du fait de la pression.

III.2.2.3. L'exploitation et le traitement des matériaux

L'extraction des pouzzolanes en carrière se fait au moyen de pelles mécaniques ou au boteur et parfois à l'aide de l'explosif exemple ENG Beni-Saf.

Le matériau brut peut être transféré à l'utilisateur par camions ou à l'usine de traitement, ou il subit une série d'opérations de criblage (dont le pré-criblage des gros blocs), le concassage et le broyage (Fig.05).

Pour des applications spécifiques, qui nécessitent une humidité très réduite des matériaux, les pouzzolanes sont soumises à un séchage à l'étuve cette technique impliable en Algérie.

L'élaboration des produits pouzzolaniques pose quelques problèmes spécifiques :

- Leur teneur élevée en eau naturelle (10 à 15 % dans les sables 0/3 mm broyés) occasionne un colmatage des toiles criblantes.
- Leur abrasivité conduit à une usure importante des appareils de réduction.



Fig.04Photomontrant des basaltes et des produitspouzzolaniques en place avant extraction.



Fig.05Photomontant le produit pouzzolanique au broyage.

II.2.2.4. Les propriétés physiques et chimiques

III.2.2.4.1. La composition chimique

La pouzzolanicité, ou effet pouzzolanique, se définit comme la capacité, quand les matériaux, à température ambiante et en présence d'eau, de fixer l'oxyde de calcium (chaux) pour donner des composés stables possédant les propriétés du ciment.

Ces matériaux peuvent être naturels, comme c'est le cas des ponces et des pouzzolanes, des diatomites également, ou artificiels (les cendres volantes, les laitiers).

Trois paramètres principaux conditionnent la réactivité des matériaux : leur composition chimique (silice, alumine, chaux), leur degré de vitrosité (les éléments vitreux sont immédiatement disponibles lors de la solubilisation) et leur finesse (améliorée par broyage).

L'activité pouzzolanique dépend à court terme de la surface spécifique du matériau, et elle est à long terme en étroite corrélation avec sa teneur en silice et alumine "réactive", c'est-à-dire sa fraction vitreuse (Dron, 1975). Elle est quantifiée par des essais normalisés, notamment par l'essai Chapelle (Larguent 1978, Spencer, 1990).

Les matériaux présentant des propriétés pouzzolaniques entrent, en proportions variables (en tant que constituants principaux ou qu'additifs) dans la composition de différentes catégories de ciments :

- Ciments portland composés (CPJ), dont la teneur en clinker portland est supérieure ou égale à 65% (ciments portland composés proprement dits ou ciments portland à la pouzzolane).
- Ciments pouzzolanique (ayant satisfait à l'essai de pouzzolanité défini par la norme NFP15-462), dans lesquels la teneur en matériaux à caractère pouzzolanique est comprise entre 30 et 40%.
- Ciments composés, comprenant notamment les ciments au laitier et à la pouzzolane (teneur en ces deux constituants supérieure à 35%).

Les pouzzolanes en Algérie sont utilisées pour la fabrication de ciments dans le secteur du bâtiment.

III.2.2.4.2. La structure, la densité et la porosité

Les pouzzolanes les plus typiques correspondent à des scories. C'est-à-dire à des lambeaux de lave déchiquetée aux formes variables et aux contours hérissés.

Du point de vue de leur structure, elles se distinguent des ponces par l'irrégularité des formes et des tailles des vésicules qui sont séparées entre elles par des cloisons vitreuses plus épaisses, d'où une densité nettement supérieure à celle des ponces. Cette caractéristique est liée à la composition chimique du magma, plus fluide et plus pauvre en gaz que celui à l'origine de la formation des ponces.

La densité des matériaux pouzzolaniques varie en fonction de leur granulométrie (les éléments les plus fins les denses) et de l'hygrométrie ambiante (Tableau 01). A l'état brut, ces matériaux présentent une densité supérieure à 1, exception faite des granulométries grossières (au-delà de 10/20 mm). La masse volumique réelle des pouzzolanes se rapproche de celles des basaltes (2.8 à 3.1 t/m³).

Granulométrie (mm) Densité (g/cm ³)	0/3	0/5	0/7	05/10	10/20	20/50
Densité apparente à l'état brut sec et non tassé	1,00	0,95	0,92	0,90	0,75	0,65
Densité moyenne à l'état brut (départ carrière) et non tassé	1.15	1.10	1.05	1.05	0.90	0.80

Tableau01 Densité des matériaux pouzzolaniques français en fonction des granulométries et de l'humidité (d'après SNPP et DRIRE, 1988).

La porosité varie volumétriquement de 30 à 60% (Tableau 02). Une valeur de 36% a été obtenue par l'essai CEBTP n° 532-62 232 réalisé sur une pouzzolane 7/15 mm (densité apparente séché non tassé : 0,71 ; tassé à refus : 0,81). Il s'agit d'une porosité très grossière (vacuoles >100 µm) et fermée, qui explique la faible capacité de rétention d'eau et la très importante perméabilité des matériaux pouzzolaniques.

Granulométrie	Matériaux non tassés		Matériaux après tassage à refus	
	Densité Sèche	Proportion de vide en %	Densité sèche	Proportion de vide en %
Sables	0,9 à 1,00	40 à 45	1,15 à 1,3	30 à 35
Granulométries Moyennes	0,75	43	0,85	36
Granulométrie grossières	0,65	55	0,75	46

Tableau02 Porosité des matériaux pouzzolaniques français en fonction des granulométries (d'après SNPP et DRIRE, 1988).

III.2.2.4.3. La capacité d’absorption d’eau

La structure alvéolaire des pouzzolanes et leur porosité qui en découle confèrent à ces matériaux une capacité d’absorption d’eau qui peut varier de 20 à 30% de leur poids sec (27% d’absorption d’eau de 24h sur une pouzzolane 7/15 mm d’après l’essai CEBTP n° 532-62 232).

Au niveau des stocks extérieurs en tas, la teneur en eau ne dépasse pas les deux tiers de l’absorption à 24 h. Des sables 0/3 mm ainsi stockés ont une teneur en eau de 10 à 15% dans des conditions climatiques normales (SNPP et DRIRE, 1988).

III.2.2.4.4. Le comportement thermique

Les pouzzolanes ont une température moyenne de fusion de 1140 °C et présentent une mauvaise conductibilité thermique. Un élément de 0.15 m d’épaisseur, exposé sur une face durant huit heures à cette chaleur, à une température d’environ 100 °C seulement sur la face opposée, et la face exposée se vitrifie (SNPP et DRIRE, 1988).

Les valeurs de conductibilité thermique en fonction de la densité sont consignées dans le tableau 03. La conductibilité thermique d’un béton plein est de 0.30.

Granulométrie	Densité apparente sèche, non tassée	Coefficient de conductibilité thermique (Kcal/h m ²)		
		Théorique λ_t	Extérieur λ_e	Intérieur λ_i
Sables	0,9 à 1,0	0,13	0,23	0,20
Granulométries Moyennes	0,75 à 0,9	0,11	0,21	0,17
Granulométries Grossières	0,65	0,10	0,19	0,15

Tableau.03 Conductibilité thermique des matériaux pouzzolanes français (d’après SNPP et DRIRE, 1988).

III.2.3. Les basaltes :

Le basalte est une roche magmatique volcanique issue d'un magma refroidi rapidement et caractérisée par sa composition minéralogique : de plagioclases (50%), de pyroxènes (25% à 40%) et de 2 à 3 % de magnétite. Sur Terre, le basalte est un des constituants principaux de la croûte océanique

III.3. Les secteurs d'utilisation et spécifications industrielles**III.3.1. Les ponces**

Les ponces peuvent être utilisées, au même titre que les pouzzolanes, dans des domaines où sont recherchés des matériaux à structure alvéolaire et de faible densité (viabilité, bâtiment, agriculture, sols sportifs...). Le facteur qui détermine l'utilisation de l'une ou de l'autre de ces substances est le plus souvent la disponibilité de ressources locales. La situation est donc très variable d'un pays à l'autre. En France, par tradition, on utilise les pouzzolanes à une échelle industrielle pour ces types d'applications.

Jusqu'en dans les années 1940, le secteur des abrasifs était dominant, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. Les ponces sont utilisées dans de nombreux secteurs industriels, les principaux consommateurs étant ceux du bâtiment (environ 80% en 1989, Presley, 1990) et le délavage des textiles. Les autres secteurs utilisateurs concernent notamment les charges minérales, l'agriculture et la filtration des eaux.

III.3.1.2. Bâtiment

Les ponces sont des granulats légers (Maubert, 1989) utilisés dans le secteur du bâtiment pour la fabrication de parpaings (blocs) et de bétons isolants, légers et résistants. Elles rentrent également dans la composition de certains ciments, de mortiers et d'enduits de façades. Les ponces sont valorisées dans ces applications du fait de leur caractère pouzzolane, de leur faible densité et de leur fort pouvoir isolant (isolation thermique et phonique). Les

bétons légers à base de ponces présentent d'intéressantes qualités de résistance mécanique ; au feu et à la condensation. Leur emploi permet la réduction du poids des éléments de construction (rendant leur mise en œuvre plus facile), de la masse des fondations et des structures portantes. Les blocs en béton de pierre ponce sont utilisés, notamment en Allemagne, dans des systèmes de construction pour montage à sec, ce qui présente des

avantages économiques et ergonomique tout en conservant l'aspect traditionnel du mur massif.

III.3.1.3. Abrasifs

Les ponces sont des abrasifs qualifiés de "doux" (ils ne rayent pas le verre) qui occupent une place particulière sur l'échelle de Mohs : leur dureté varie de 5 à 6

Les matériaux ponceux micronisés sont composés de particules qui présentent individuellement des arêtes tranchantes, même si le produit, considéré globalement, est relativement tendre. Ces arêtes aiguës sont continuellement générées par le matériau en cours d'application, ce qui maintient son pouvoir abrasif. Le traitement, qui se fait par projection (sablage), est destiné à modifier l'état de surface des matériaux. Selon les granulométries des ponces employées et l'adjonction éventuelle d'autres composants, la gamme des traitements appliqués est étendue et va du décapage puissant au nettoyage très doux (doucissage) de haute précision. C'est ainsi que les poudres abrasives à base de ponces sont utilisées pour traiter des matières naturelles et synthétiques, dans des domaines d'application très variés : odontologie et prothèse dentaire (charge et outils à polir), verrerie (dont lunetterie) et cristallerie, couverts pour la table, cosmétologie (dentifrices et pommades), électronique (circuits imprimés), cuirs, bois, plastiques, métaux (dont l'argent), pierres ornementales, délavage des textiles.

Le secteur du délavage des textiles (jeans en particuliers) a connu récemment un important développement. Les ponces calibrées sont utilisées pour adoucir la rugosité des vêtements au cours de différentes étapes qui conduisent à leur donner un aspect délavé. L'intérêt de l'emploi de la pierre ponce dans ce domaine réside dans le fait qu'elle s'use sans se briser ni s'effriter. Les ponces utilisées ont une dureté moyenne, les plus résistantes cassant les fibres textiles et les plus tendres s'usant trop rapidement (Mc Michael, 1990). Ce procédé de délavage est concurrencé, depuis 1987, par une technique qui met en jeu une poudre chargée d'un enzyme et qui présente comparativement quelques avantages (facilité de manutention et de mise, transport moins cher, pas de nécessité d'épurer les effluents rejetés après lavage).

Cependant, compte tenu du niveau élevé de la demande, l'avenir du marché des matériaux ponceux dans ce domaine paraît assuré.

La quasi-totalité du marché français (environ 95%) est approvisionné par des matériaux ponceux en provenance de Turquie. Leur mise en œuvre s'opère à présent principalement en

dehors de nos frontières, au Maroc et en Tunisie notamment. En Europe, cette industrie du délavage des textiles est essentiellement concentrée en Grande-Bretagne, Belgique, Pays-Bas et Allemagne. Les USA et Hong-Kong sont les autres centres au niveau international (Mc Michael, 1990).

III.3.1.4. Les charges minérales :

Les ponces sont utilisées comme charges minérales à faible densité apparente dans différents produits : plastique, caoutchoucs (pneumatique notamment), mastics, colles, peintures. Selon les cas, elles interviennent comme agents de fluage, d'adhérence ou antidérapants.

III.3.1.5. L'agriculture

En horticulture, arboriculture et maraichage, les matériaux ponceux sont employés comme substrats de cultures et pour l'amendement des sols. Leur application se traduit par une rétention importante d'eau et de fertilisants en phase aqueuse, substances dont ils contribuent à assurer le contrôle et la gestion (drainage en cas d'excédent et stockage en cas de déficit). Ils permettent une végétalisation rapide et de ce fait ils sont également appliqués au niveau des surfaces gazonnées des terrains de sports et de loisirs.

Par ailleurs, notamment du fait de leur inertie chimique, les ponces sont utilisées comme supports de produits phytosanitaires (herbicides, pesticides).

III.3.1.6. Filtration et autres utilisations

Les ponces sont utilisées comme agents de filtration en pétrochimie et surtout pour l'épuration des eaux potables de consommation (notamment celles qui présentent un excès de fer) ou d'eaux résiduaires.

Dans certains pays (Etat - Unis par exemple), elles sont employées, à l'instar des pouzzolanes en France, dans le secteur de la viabilité, en particulier pour constituer les assises de chaussées routières.

De nombreuses autres applications des matériaux ponceux sont aujourd'hui effectives ou en cours de développement, dans des domaines très diversifiés. A titre d'exemple, on peut

citer les absorbants industriels (huiles...), les litières animales, les barbecues (rétention thermique) les synthèses minérales (zéolites en particulier).

III.3.1.7. Les spécifications industrielles

Il n'existe pas de normes européennes concernant la calibration des matériaux ponceux en général. De ce fait, la gamme des granulométries produites est très étendue et adaptée à la demande des utilisateurs, depuis la poudre micronisée jusqu'aux morceaux de taille pluri-décimétrique.

Toutefois, certaines qualités de ponces, destinées à l'industrie du délavage des textiles, sont normalisées au niveau international (standard ISO 9000).

Le tableau 04 présente quelques exemples des granulométries les plus employées par secteur d'application.

De par leur couleur blanche, les ponces sont des matériaux commercialement attractifs pour de nombreux usages. Cette caractéristique est en particulier recherchée dans le secteur du bâtiment (enduit des façades, parpaings...) ou l'aspect esthétique est important.

Les matériaux ponceux sont susceptibles de contenir de la silice libre cristallisée (quartz par exemple). Compte tenu des risques encourus au niveau de la santé humaine en cas d'inhalation de poussières (risques de silicose), une norme internationale a été établie (Lucá, 1985). Elle définit une valeur maximale tolérée de 0.5, résultat du produit de la concentration de poudre inférieure à 5 µm par la concentration en silice libre cristalline inférieure à 5 µm.

SECTEURS D'UTILISATION		GRANULOMETRIE DES PONCES COURAMMENT UTILISEES
BATIMENT	Parpaings légers isolants	0/6 mm, 0/10 mm, 0/15 mm
ABRASIFS	dé lavage des textiles	10/20 mm, 20/30 mm ; 30/50 mm et 50/70 mm surtout
	autres domaines	0/40 µm, 0/80 µm, 0/140 µm 0/180 µm
CHARGES MINERALES		0/40 µm

FILTRATION	eau potable	0/45 μm à 3 cm ; 2,5/8 mm surtout
------------	-------------	---

Tableau.04 Caractéristiques granulométrique des matériaux ponceux par types d'utilisation.

III.3.2. Les pouzzolanes

Les pouzzolanes sont des granulats légers utilisés dans différents secteurs industriels du fait de leurs propriétés liées à leur composition essentiellement et à leur faible densité et leur forte porosité qui leur confère leur structure alvéolaire.

Les secteurs du bâtiment et de la viabilité sont nettement prédominants, représentant environ les deux tiers de la consommation totale. En 1991, cette dernière s'est répartie en France de la façon suivante :

- Viabilité : 42,1 %
- Bâtiment : 23,0%
- Agriculture : 17,5 %
- Assainissement : 11,5 %
- Sols sportifs : 4,5 %
- Industrie : 1,2 %
- Autres utilisations : 0,2 %

En Algérie, la pouzzolane est utilisée précisément dans l'industrie pour la fabrication du ciment par l'entreprise ENG de Beni-saf.

Pour la même entreprise (ENG) il y a des perspectives pour d'autres secteurs d'utilisation telle que le bâtiment et l'agriculture ainsi que l'exportation.

III.3.2.1. La viabilité

Dans les techniques routières, les matériaux pouzzolaniques sont utilisés pour la construction des assises et la structuration des chaussées. Dans le secteur de la viabilité, ils servent également à la constitution de drains et de remblais, au sablage hivernal des chaussées et au recouvrement de câblages et canalisations souterrains.

De par leur pouzzolanité, c'est-à-dire leur capacité à se lier à la chaux en présence d'eau, ces matériaux contribuent à la formation d'un liant, mélange à prise lente (liant pouzzolane chaux).

De ce fait, ils sont naturellement les mieux adaptés à l'utilisation en construction routière, contrairement aux ciments classiques à forte teneur en clinker. Les résistances les plus élevées sont atteintes quand les pouzzolanes ont une granulométrie fine (% d'éléments inférieurs à 80 µm important) et pour un dosage bien défini : 80% de pouzzolane et 20 % de chaux (en poids sec), puis 8 à 11 % d'eau (SNPP et DRIRE, 1988, SETRA et LCPC, 1979).

Ce liant s'adapte à tous types de granulats pour constituer les graves pouzzolanes chaux (GPC), mais les matériaux basaltiques procurent les meilleures résistances (15 bars à 28 jours et 32 bars à 60 jours) pour une composition globale ainsi définie : 77% de graves basaltiques, 20% de pouzzolane 0/3 mm et 3% de chaux (SNPP et DRIRE, 1988).

Ces graves traitées aux liants hydrauliques ont des performances qui permettent leur emploi, après compactage, pour la réalisation des assises de chaussées neuves (base et fondation) ou des renforcements.

Les pouzzolanes participent également, seules, à la structuration des chaussées en assurant le drainage et la stabilisation des fonds de forme, le drainage et l'évacuation des eaux de ruissellement (ralentissement du colmatage des drains), la mise hors gel et, par un apport de fines, la correction des courbes granulométriques (SNPP ET drire, 1988).

Les pouzzolanes sont utilisées pour le sablage hivernal des chaussées, seul ou avec adjonction de fondants chimiques et d'autres substances pour constituer des produits démêlants et antidérapants respectueux de l'environnement, nouvellement arrivés sur le marché français.

III.3.2.2. Bâtiment

Les pouzzolanes sont des granulats légers qui trouvent de multiples applications dans le secteur du bâtiment, ou elles sont notamment appréciées pour leur légèreté, leur facilité de mise en œuvre, et pour leurs propriétés d'isolation thermique et phonique et de résistance mécanique et aux agressifs extrêmes (gel, feu...).

Elles sont utilisées pour la fabrication de bétons légers, caverneux ou pleins, de parpaings (blocs légers), moellons, agglomérés, buses, éléments préfabriqués, murs et cloisons, planchers, toitures et terrasses, bordures de trottoirs et pavés.

Elles servent également à la constitution de couches sous dalles et sous carrelages et au remplissage de planchers et plafonds.

Quelques-unes des caractéristiques physiques et mécaniques des bétons de pouzzolane sont précisées par des données chiffrées dans le tableau 05. Comparés aux bétons d'agrégats lourds, les bétons de pouzzolane présentent les caractéristiques suivantes (SNPP et DRIRE, 1988) :

- ils peuvent subir davantage de déformations sans se fissurer;
- ils subissent un fluage et un retrait plus important ;
- leur coefficient de dilatation thermique est plus faible ;
- leur résistance au feu est supérieure (transmission de la chaleur plus faible, meilleure conservation de leur résistance à haute température) ;
- ils offrent une bonne résistance aux acides faibles ;

Les bétons réfractaires à base de pouzzolane servent à la fabrication de boisseaux (conduits) et avaloirs de cheminées. Ils sont exposés à des températures allant de 500 à 1000°C. Par ailleurs, les pouzzolanes sont utilisées comme adjuvants dans les bétons de masse dont elles améliorent considérablement la qualité : meilleure ouvrabilité. Augmentation de la résistance au gel, résistance à l'action des eaux agressives, diminution de la solubilité de la chaux (SNPP et DRIRE ,1988).

Densité moyenne (à l'état sec à l'air, à 28 jours)	1,1 à 1,5 t/m ³ (selon dosages)
Résistance à la compression et à la traction	Bétons caverneux : $R_c/R_t = 6$ à 9 Bétons pleins : $R_c/R_t = 9$ à 10 (8 à 15 pour les bétons normaux)
Modules d'élasticité	40 à 180 000 kg/cm ² (selon résistances et dosage de sable)
Teneur en eau d'équilibre	Bétons caverneux : 4 en volume Bétons pleins : 6 en volume
Coefficient de capillarité	Bétons caverneux : 4(10/20 mm) 2,5(20/50 mm) Bétons pleins : 4 à 5
Capacité d'absorption d'eau	Bétons caverneux : 12 à 18 en volume Bétons pleins : 20 à 25 en volume
Résistance au gel	Essais de gélivité de 25 cycles de +15°C à -15°C : pratiquement sans influence sur la tenue du béton

Tableau 05 Caractéristiques physiques et mécaniques des bétons de pouzzolane (d'après SNPP et DRIRE ,1988).

III.3.2.3. Agriculture :

Dans le domaine de l'agriculture, les pouzzolanes sont utilisés pour le drainage, l'amendement des sols et comme substrats.

Les pouzzolanes sont appliquées dans les remblais des tranchées de drainage ou elles freinent le colmatage des drains, dans les remblais de chemins d'exploitations, et au niveau des tranchées drainantes dans les mouillères.

L'utilisation des pouzzolanes pour l'amendement des sols a deux types de conséquences. Elles ont un effet physique et structurant immédiat en permettant l'aération des sols lourds et en protégeant les sols limono-sableux à structure instable contre le phénomène de battance. À long terme, elle constitue un amendement chimique pour les sols pauvres sableux ou limoneux, acides et à faibles pouvoirs absorbants.

En effet, d'une façon générale, les pouzzolanes sont riches en silice, en alcalino-terreux, en phosphore et en oligo-éléments.

En horticulture, maraichage et arboriculture, les pouzzolanes, pures ou les plus souvent mélangées à des substrats organiques (tourbe, terreau, compost), sont utilisées pour cultures en pots et en conteneurs, pour les cultures hors-sol avec solution nutritives, pour l'amendement des sols de serres, pour les semis et bouturages. Elles servent également de charges pour des substances fertilisantes.

D'une manière générale, les pouzzolanes offrent les avantages suivants pour les cultures hors-sol : forte aération physique du milieu, grande stabilité et durabilité (inertie chimique), absence initiale des parasites, faibles gélivités et bonne isolation thermique, faible coût (Zuang et al. 1979).

Au chapitre des inconvénients, on notera la faible rétention d'eau et l'absence de pouvoir tampon, cette dernière pouvant avoir des conséquences graves lorsque la solution nutritive est mal contrôlée (Moinereau et Herrmann, 1981).

III.3.2.4. Assainissement

Compte tenu de leur structure alvéolaire, qui leur confère une grande surface spécifique, les pouzzolanes sont utilisées dans des systèmes de filtres d'eau potable (filtres bicouches, avec sable quartziques) et surtout au niveau des plateaux absorbants et des lits bactériens des

stations d'épuration, et des filtres de fosses septiques (granulométrie 20/50 mm – surface spécifique : 200 à 210 m²/m³)

Dans différentes granulométries, les pouzzolanes conviennent au traitement biologique des eaux usées, le film bactérien s'accrochant rapidement du fait de la rugosité des matériaux. Cesderniers constituent la couche inférieure (granulométrie 100/300 mm – surface spécifique : 30 à 35m²/m³) et le remplissage (granulométrie 50/100 mm – surface spécifique : 90 à 100m²/m³) des lits bactériens des stations d'épuration (SNPP et DRIRE, 1988).

III.3.2.5. Sols sportifs :

Les pouzzolanes sont appliquées au niveau de sols gazonnés ou stabilisés. Elles peuvent constituer la couche de fondation drainante, la couche intermédiaire, la couche de surface ou la chape (mélange argile – pouzzolane – plâtre), ainsi que le remplissage des fentes de drainage. Cela concerne les terrains de tennis, de football, de golf, les pistes d'athlétisme, les hippodromes et autres plateaux d'évolution. Elles confèrent à ces surfaces une souplesse spécifique.

III.3.2.6. Industrie

Ce secteur est un très petit consommateur de pouzzolane, qui est utilisées comme dégraissants d'argiles pour la fabrication de produits de terre cuite (tuiles et briques).

Les bétons réfractaires à base de pouzzolanes servent à la fabrication de fours industriels (briqueteries, tuileries, verreries...).

Quelques utilisations, très diverses et très marginales en termes de quantités de matériaux consommées, sont enfin à relever :

- matériaux pour barbecues ;
- litières pour chats ;
- pierres d'aquarium ;
- ornementation et décoration.

Les spécifications industrielles des matériaux pouzzolaniques concernent en tout premier lieu la granulométrie. D'après la norme NF P 18-310 , sept classes granulométriques sont officiellement définies (en mm) : 0/5, 0/10, 0/20, 5/10, 10/20, 20/31.5, 20/50. En réalité, les producteurs fournissent des matériaux adaptés aux besoins spécifiques des utilisateurs, et,

de ce fait, la gamme des pouzzolanes calibrées disponibles est très étendue, débutant par des fines à 0/2, 0/3 et 0/4 mm.

Les avantages du remplacement partiel du ciment par les matériaux pouzzolaniques sont divers. Ils participent au renforcement de la résistance aux attaques chimiques et la durabilité, à la réduction des réactions alcalins agrégats et du retrait au séchage.

Ils permettent la réduction de la quantité de clinker utilisée dans la composition du ciment Les ciments aux pouzzolanes sont obtenus en mélangeant les produits pouzzolaniques finement broyés avec le portland.

III.3.3. Les basaltes

L'utilisation de cette matière géologique reste encore timide et/ou ignore car il s'agit d'une roche de haute qualité pour utilisation industrielle ou travaux publique au sens large Deux utilisations connues pour la roche basaltique.

III.3.3.1. Les agrégats

On peut obtenir les différents types d'agrégats pour utilisation travaux publique ou bâtiment mais précisément pour les voies ferries sont bien recommandé (Fig.06).



Fig.06 Photo montrant des agrégats de basalte utilisé dans les voies ferries pour absorber la vibration

III.3.3.2. La laine de roche

Il s'agit d'un matériau isolant fabriqué à partir d'un matériau naturel issu de l'activité volcanique (le basalte). C'est un isolant certifié pour un usage dans le bâtiment tant pour l'isolation thermique que l'isolation phonique ou pour la protection des ouvrages contre les incendies (Fig.07).

En termes de performance thermique, le λ (ou conductivité thermique) des laines de roche varie de 0.042W/(m.k) à 0.033W/(m.k.). Les résistances thermiques courantes peuvent donc varier pour une épaisseur de produit de 100 mm de $R = 2,35 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ pour la plus classique à $R = 3 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ pour la plus performante. En monocouche, des épaisseurs jusqu'à 260 mm sont disponibles (résistance thermique maximale en monocouche $R = 7.2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$). Ces produits d'isolation thermique permettent d'isoler toitures, murs, sols et cloisons, hiver comme été ainsi que de limiter les nuisances sonores dans l'habitat.

La réaction au feu de la laine de roche non surfacée (sans pare vapeur) ou avec surfacage voile de verre ou aluminium est classée A1 par le classement européen Euroclasses (produit non combustible). Lorsqu'une laine de roche est revêtue d'un papier kraft, sa classe de réaction au feu est F (produit non classé ou non testé).

La laine de roche répond, par sa nature et ses constituants, aux caractéristiques de stabilité dimensionnelle à température et humidité.

Comme la laine de verre, la laine de roche est un isolant non hydrophile ce qui signifie que lorsqu'une laine de roche est mouillée accidentellement par de l'eau de pluie ou de la neige, il suffit de la laisser sécher, sans la manipuler ni la comprimer. Lorsqu'elle retrouve son épaisseur, elle recouvre ses caractéristiques de conductivité thermique, donc sa performance.

Concernant le comportement mécanique, selon le type de produit et pour une application donnée (toiture, mur, sol), il faut vérifier cette caractéristique (exemple : semi-rigidité pour une application en murs).

L'élaboration de la laine de roche s'effectue à partir de roche volcanique (matières premières naturelles et abondantes) par fusion et fibrage.

Le conditionnement peut prendre diverses formes : rouleaux, panneaux rigides pour répondre aux exigences de certaines applications (forte résistance mécanique), coquilles (calorifugeage) et flocons (épandage mécanique ou manuel).

La résistance au feu : incombustible, elle ne s'enflamme ni ne propage la flamme ; elle participe à la performance de résistance au feu des éléments de construction des bâtiments.

Le matériau laine de roche est particulièrement adapté à des applications nécessitant une forte résistance mécanique telles que toitures étanchées ou isolation thermo-acoustique des sols ainsi que pour les complexes d'isolation nécessitant une résistance au feu, complexes coupe-feu



Fig.07 Photo montrant laine de roche utilisée comme matériau isolant.

CONCLUSION

Conclusion

Durant la période Mio-Plio quaternaire l'Oranie Nord-occidentale a connue une intense activité volcanique permettant l'épanchement d'une quantité importante de produits volcaniques.

Les massifs d'Ain Témouchent et de la Basse Tafna ont permis de dégager une grande quantité de lave basaltique et des produits pyroclastiques.

Ces deux massifs sont marqués par deux phases stromboliennes et phréato-magmatiques.

Ces phases stromboliennes sont très marquées par des grandes surfaces basaltiques bien affleurées sur le paysage de la région d'Ain Témouchent et Beni Saf.

Economiquement ces produits sont très faiblement exploités à l'exception du gisement de Pouzzolane de Bouhmidi au massif de Beni Saf par l'ENG et le gisement de Boubrikhou au massif d'Ain Témouchent par la cimenterie de Beni Saf.

Il est notable de signaler que ces gisements présentent une potentialité économique importante soit :

- Pour les pouzzolanes (tout le produit sommital des laves volcaniques, scories brèches ...ect) pour les cimenteries ou agriculture...etc.
- Pour le basalte vu ces caractères intrinsèques magnifiques, ils seront utilisés comme agrégat surtout pour les voies ferrées ou la laine de roche (produit utilisé comme isolant).

Afin de rentabiliser ces gisements basaltiques qui présentent une opportunité économique importante il suffit une volonté politique et un savoir faire.

BIBLIOGRAPHIE

BELLON, H., GUARDIA, P., ET MAGNE, J., (1984). Les associations volcaniques du Miocène supérieur de la région oranaise (Algérie occidentale). Conséquences géodynamiques. Géol. Méditerranéenne, XI, pp. 255-264.

BENDOUKHA, R. (1987)-Etude dynamique, pétrographique et géochimique d'un complexe volcanique plio-quadernaire de la basse Tafna (Oranie occidentale). *Thèse Magister, USTHB, Alger*, 159 p.

BENAZZA, L et Bendouina ,(1998) –Etude Dynamique, Pétrographique et Géochimique des complexes volcanique plio-quadernaire de la Tafna et d'Ain Temouchent (Oranie Occidentale) Mém.Ingéniorat d'Etat En Géologie.UNIV.ORAN

BOSSIERE, G., (1980)- Un complexe métamorphique polycyclique et sa blastomilonitisation. Etude pétrographique de la partie occidentale du massif de Grande Kabylie (Algérie). *Thèse Doc. d'état, Univ. Nantes*, 302 p.

BOUILLIN, J.P., (1977)- Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia.*Thèse Doc. Univ. P. et M. Curie*.

BOUILLIN, J.P., (1984)- « Le bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes. *Bull. Soc. Géol de France*, (8), t.II, pp 547-558.

BRGM,(décembre 1992)-Mémento roches et minéraux industriels ponces et pouzzolanes rapport BRGM .R 36447.SGN/GEO-92

DURAND-DELGA, M., FONBOTE, J.M.,(1980)- Le cadre structural de la méditerranée occidentale, 26th Int.Geol. Congress, Paris, Geology of the alpine chainsborn of the Tethys, *Mém.BRGM*, pp 115, 67-85.

GERALD W. (1999)- Fichier PDF ; Cartographie : Sémiologie graphique et conception cartographique. Vol 1. *Ecole nationale des sciences géographiques*.

GLANGEAUD, L., (1932)- Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, 2^{ième} série, n°8.*

GUARDIA, P., (1975)- Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranie Nord occidentale. *Thèse d'état Univ. Nice, 289 p.*

HERNANDEZ, J., (1986)- Petrologie du massif volcanique du Guilliz (Maroc oriental), Cristallisation fractionnée, mélange de magmas et transfert de fluides dans une série shoshonitique. *J. Afric., Earth, Sci., pp 5, 381-389.*

LAUNI-HACINI A. (2002)- Transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin au Néogène dans l'Oranie (Algérie nord occidental). *Thèse. Doct. Etat, U. S. T. H. B, Alger.*

MEGARTSI M, (1982) – Les roches volcaniques d'âge mi-pliocène de la région de Mohammédi (Oranie). Données pétrographiques et géochimiques préliminaires. *Géosciences, Bull, Alg. Sci. Terre, 2(1) , pp. 1-12*

MIDDOUM M, (1989)- Etude du trias d'Oranie (Algérie) et de ses relations avec le socle polymétamorphiques. Implications géodynamiques régionales. *Univ d'Orléans (E.S.E.M), pp. 233/256*

RAOUYA K, (1995)- Etude pétrographique, dynamique et géochimique du volcanisme plio-quadernaire du massif de Souahlia, 70p

SADRAN, G, (1958)- Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du Tell Oranais. *Publ. Serv. Carte géol. d'Algérie, nouvelle série, bull. n°18, 533p*

SEMROUD, B, (1981)- Evolution pétrographique du complexe magmatique de la région Béjaïa-Alizour. *Thèse Doct. d'Etat, U.S.T.H.B/Alger*

TABELIOUNA, M., (1997)- Etude dynamique, petrographique et géochimique des laves basaltiques plio-quaternaires du massif d'Ain Témouchent (Oranie Occidentale Algérie). *Thèse de Magister, U. S. T. H. B, Alger, 118p.*

TABELIOUNA,M,(1991)-Contribution à l'étude volcanologique, pétrographique et géochimique de la partie orientale du massif d'Ain Temouchent (Oranie Nord-Occidental) Mém.Ingéniorat d'Etat,Univ.Oran

TABELIOUA (1997)- Contribution à l'étude volcanologique, pétrographique et géochimique du massif d'Ain Temouchent : thèse de magistère UNIV.ALGER

THOMAS, G.,(1985)- Géodynamique d'un bassin intramontagneux, le bassin du bas Cheliff occidental (Algérie) durant le mio-plio-quaternaire. *Thèse d'état, Univ. De Pau, 594 p.*

ZERKA, M., (1991,2004)- Etude des enclaves ultramafiques du volcanisme plio-quaternaire de l'Oranie occidentale. Exemple des massifs d'AinTémouchent et de la basse Tafna. *Thèse Magister, USTHB, Alger, 175 p.*

ZERKA, M,(1983)-Etude des enclaves ultramaphiques du volcanisme plio-quaternaire d'Oranie occidentale .Exemple des nappes de type rifaire et tellien

ZERKA, M,(1986)-Les enclaves ultramaphiques du massif volcanisme d'Ain Temouchent (Algérie occidentale) 6 emeSén. Nat .Sci .Terre, Alger

Liste des Figures

Figure 01 : Contexte géologique de l'Oranie nord-occidentale (in Megartsi, 1985).....	02
Figure 02 : Photo montrant pierre de ponce de gisement de Bouhmidi (Basse Tafna).....	13
Figure 03 : Photo montrant les traitements qui leur sont appliqués sont très variables d'une unité de production à l'autre.....	15
Figure 04: Photo montrant des basaltes et des produite pouzzolanique en place avant extraction.....	18
Figure 05: Photo montrant le produite pouzzolanique au du broyage.....	19
Figure 06: Photo montrant agrégats utilisé dans les voies ferries pour absorber la vibration.....	32
Figure 07 : Photo montrant laine de roche utilise comme matériau isolant.....	34

Liste des tableaux

Tableaux 01 : Densité des matériaux pouzzolaniques français en fonction des granulométries et de l'humidité (d'après SNPP et DRIRE, 1988).....	21
Tableau 02 : Porosité des matériaux pouzzolaniques français en fonction des granulométries (d'après SNPP et DRIRE, 1988)	21
Tableau 03 : Conductibilité thermique des matériaux pouzzolaniques français (d'après SNPP et DRIRE, 1988).....	22
Tableau 04: Caractéristiques granulométrique des matériaux ponceux par types d'utilisation.....	26
Tableau 05 : Caractéristiques physique et mécanique des bétons de pouzzolane (d'après SNPP et DRIRE ,1988).....	29