



Chapitre II : L'argile Cuite

II.1 Histoire

L'argile appartient aux matériaux les plus anciens travaillés par l'homme. Cette terre, facile à mettre en forme, permet d'obtenir aisément des pots simples, des bols, des coupes, des carreaux, etc. Il suffit d'un peu d'habileté pour façonner des objets plus complexes, comme des pichets avec des anses et un bec, par exemple.

L'argile permet de faire aussi des figurines utilisées par les cultes religieux ou pour la magie. La maîtrise de la poterie fut un pas important dans l'évolution de la civilisation néolithique. C'est aux alentours de 6000 ans avant Jésus-Christ que l'on retrouve les premières traces de l'existence de la poterie. Mais on sait que depuis près de 10.000 ans, les hommes exploitent la terre et bâtissent des villes. Depuis l'antiquité, la terre cuite a été utilisée pour la décoration des temples et des palais de la Grèce Antique. Les premières constructions en terre cuite et les premiers traitements datent du début de notre ère : il s'agit des casernes prétoriales de Rome; il faudra attendre le VIII^e siècle en France pour utiliser les premières dalles et carreaux de terre cuite destinés à la construction des sols et des terrasses.

Les Grecs définissaient les parquets du nom "d'Apostrotom" : les sols de bois étaient cuits au four et formaient de très belles marqueteries. Les Grecs ont en quelque sorte inventé les premiers dallages au sol ainsi que le carrelage mural. Le carrelage, nommé aussi "Tesselatum" par les Grecs, était constitué de petites dalles carrées : "les Favi" étaient les carreaux hexagonaux et "les trigonas", les dalles triangulaires. De nombreuses autres formes rectangulaires, arrondies ou personnalisées, étaient déjà connues des sculpteurs Grecs et furent utilisées en éléments de décoration.

Les Romains, à leur tour très créatifs, ont apporté les sublimes mosaïques de marbre représentant des scènes de la vie quotidienne ou imaginaires. Ils déclinaient la terre cuite sous de multiples formes en passant par les briques, les tuiles, les contenants en tout genre: flacons de parfum, amphores, cruches à vin, dalles, figurines, sculptures et conduites d'eau chaude pour le chauffage au sol. L'Opus romain est un assemblage complexe de carrés et de rectangles qui rompent ainsi la monotonie d'un sol uniforme. A l'heure actuelle, on utilise encore cette technique d'assemblage qui donne un aspect esthétique remarquable et sophistiqué: on trouve actuellement les opus romains dans des finitions adoucies, brossées et patinées. La variété des formats renforce l'aspect ancien de votre dallage.

Chez les Romains, le sol était fait de terre battue, de bois, de mortier de briques roses (dans la maison romaine) ou de mosaïques d'argile, de pâte de verre ou de marbre d'excellente qualité, venant du monde entier, pour embellir sols et murs de fresques très ornementées (dans les Domus) pour les plus fortunés. Ils furent les grands précurseurs des traitements des sols et des murs : pour les sols, ils avaient élaboré de savants mélanges à bases d'huiles végétales et de catalyseurs à base de caséine (blanc d'œuf), des finitions à la cire d'abeille terminaient l'entretien de ceux-ci! Les traitements ont très peu évolué depuis les Romains, jusqu'à il y a environ trente ans.

Pour les murs des Thermes entre autre, des fresques représentant souvent des poissons, étaient appliquées "al fresco" (de l'italien fresco = frais) et peintes sur le crépi encore frais. En séchant, la couleur pénètre dans le crépi et forme un revêtement qui résiste à l'eau. Un principe de construction de la voie romaine est que partout où il y avait des risques de dégradation, à la fois par l'utilisation et par les intempéries, celle-ci était construite de manière à résister à ces risques



en toute saison (creusement de l'emprise jusqu'à 60 ou 80 cm de profondeur; dépôt d'un lit constitué d'un mélange étudié de sable, cailloux et pierres concassées, et pose d'une couche de surface de dalles jointives de pierre non gélive).

Les premières dalles de carrelage ont fait leur apparition en France seulement à partir du VIII^e siècle. La première utilisation fut d'orner les édifices religieux (carrelages incrustés d'ornements précieux). L'usage domestique du carrelage est apparu en France à partir du XVIII^e siècle avec la fabrication des premiers sols en céramique dans les maisons bourgeoises. Il faudra attendre tardivement la fin du XIX^e siècle pour que le carrelage se répande plus généreusement. Dès l'Antiquité, on en fait un usage très abondant en Mésopotamie et dans l'Égypte des Pharaons, en Afrique et au Moyen-Orient pour les civilisations romaines puis musulmanes, en Asie les Moines Bouddhistes, ou les empereurs de Chine, en Amérique du Nord pour les indiens, au Mexique les Aztèques ou dans les Andes les Mochicas, en Europe au Moyen-âge, etc. Les civilisations les plus diverses ont construit des villes entières en terre. En dehors des villes, les cultures rurales ont perpétué des traditions d'une grande diversité. La terre cuite a supplanté la terre crue au cours des siècles et sous toutes les latitudes, grâce à ses qualités de solidité, de résistance aux intempéries, à sa souplesse dans toutes les utilisations et, depuis 150 ans grâce à son industrialisation.

4000 ans avant Jésus-Christ, les céramiques peintes restent le principal support de l'expression artistique. Témoins de l'histoire, elles étaient déposées dans les tombes. Durant toute l'Antiquité, les terres cuites ont fait la réputation de la Grèce archaïque et de la civilisation étrusque ensuite.

Dans l'architecture étrusque, les édifices étaient à la fois protégés et ornés par des éléments de terre cuite polychrome tels que tuiles, antéfixes, acrotères ou plaques de revêtements. Les amphores, les vases, les cruches étaient en terre cuite peinte, avec une foule de détails réalistes ou pittoresques souvent colorés ou à figurines noires, inspirées de scènes quotidiennes ou empruntées à la légende.

Au XII^e siècle, apparaîtra la couleur; les potiers iraniens élaborèrent une nouvelle technique décorative dite "Hafrang" composée de sept couleurs. Cette recette nous a été transmise par un traité au XIV^e siècle. C'est à cette époque qu'apparaissent les premiers décors au petit feu, nécessitant deux cuissons en atmosphère oxydante. C'est également au douzième siècle que l'utilisation de carreaux de terre cuite vernissés se répand.

Au cours des treizième et quatorzième siècle, ils sont énormément employés pour décorer les sols et les isoler de l'humidité.

Jusqu'au milieu du treizième siècle, les carreaux ornent les sols des grandes églises, des collégiales, des abbayes et des cathédrales. A partir du milieu du treizième siècle, ils sont utilisés pour les bâtiments conventuels, les églises paroissiales, les bâtiments civils tels que palais et grands châteaux.



A partir du quatorzième siècle, ils deviennent d'usage fréquent dans les châteaux forts et les manoirs.

Après la Guerre de Cent Ans, le quinzième siècle se distingue par un "maniérisme" très élaboré dans les décors complexes. Avec les vitraux, les peintures murales et les fresques, les carreaux de pavage sont l'un des éléments de la décoration.

Faits dans un moule, les carreaux séchaient pendant 24 heures. On appliquait ensuite la décoration, puis ils étaient découpés, séchés à nouveau, et cuits au four. Cette décoration des carreaux médiévaux dépendait essentiellement d'une combinaison d'argiles et de glaçure de différentes qualités.

Au douzième siècle, les carreaux sont encore unis. Les Cisterciens utilisaient le brun foncé, le noir, le jaune, le brun rouge, le vert clair, le vert foncé et parfois des décors en creux. Les carreaux décoratifs étaient géométriques avec des formes diverses.

Aux treizième, quatorzième et quinzième siècles, les carreaux deviennent bicolores : jaune sur un fond rouge. Les décors nombreux et variés se diversifient : motifs géométriques, végétaux, animaux, personnages, dessins héraldiques...

Au seizième siècle, la Renaissance apporte en Europe un mouvement qui agite le milieu artistique et se manifeste sur toute la décoration (sur les reliures de livres, comme sur les parois peintes): les céramiques et les marbres. La recherche de la beauté pure conduit les artistes à privilégier la courbe, la stylisation et la préciosité de la matière. Ils jouent avec cette terre, matière si malléable, pour raconter des scènes de la vie quotidienne ou religieuse, ou encore s'inspirent de la nature - tel Bernard Palissy qui trouve sa source d'inspiration dans les fossiles, les animaux, les plantes, etc. Il produit des plats en terre vernissée, surchargés de figurations animales en relief et très colorées.

Au XVIII^e siècle, la technique de cuisson au petit feu est parfaitement maîtrisée. Elle est obtenue par plusieurs cuissons successives permettant de fixer un plus grand nombre de couleurs (en particulier le rose qui n'est pas gardée à une température trop élevée).

Les dix-neuvième et vingtième siècles, avec l'apparition de l'ère industrielle, voient la fabrication des terres cuites révolutionnée. Actuellement, les techniques de chauffage par le sol nécessitent l'utilisation de carrelages. La terre cuite, comme complément indispensable à cette technique, est très appréciée des professionnels ainsi que des utilisateurs pour sa résistance, son confort et ses qualités thermiques.

La terre cuite est également très utilisée pour la fabrication de tuiles, faîtières, arêtières, noues, bardeaux, et tout élément de mise hors d'eau. Il est à noter que dans tous les pays méditerranéens, la terre cuite sous forme de carrelages fait partie intégrante de l'architecture: l'influence mauresque y est déterminante. Les carreaux s'affichent en façade, en signalétique, en intérieur au sol et sur les murs.



En extérieur, les carreaux aux couleurs variées, très gaies et lumineuses réfléchissent le soleil. En intérieur, ils conservent la fraîcheur et créent le décor. La terre cuite a été et demeure, à travers les traditions historiques et populaires un des principaux matériaux.

II.2 Produits en terre cuite

- ❖ briques : normales et modulaires, briques apparentes
- ❖ tuiles : tuiles plates, tuiles à emboîtement, divers éléments pour la toiture
- ❖ Carrel é il âges : avec ou sans émail
- ❖ Tuyaux
- ❖ poterie argiles expansées.

II.3 Matière Première

Le matériau utilisé pour la terre cuite contient de l'argile ; il s'agit de plaquettes dont la surface est chargée négativement. Une plaquette peut donc attirer :

- une autre plaquette
- des ions de charge opposée (cations)
- les molécules polaires (H_2O).

En Suisse, les terres argileuses sont pauvres en argile (30 - 50 %), elles contiennent du quartz et du calcite, ainsi que du feldspath ou de la dolomite comme éléments secondaires.

Les argiles sont des silicates d'alumine hydratés. minéraux cristallisés basés sur l'empilement de deux types de feuillets :

Feuillets siliceux (silice SiO_2) : Couche de tétraèdres de silice.

Feuillets hydro alumineux ($Al(OH)_3$) : Couche d'octaèdres d'alumine hydratée.



II.3.1 Introduction

Les briques, depuis longtemps, sont considérées parmi les éléments les plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des briques est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est la brique crue, puis la brique cuite, enfin la brique stabilisée. La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ...etc.).

II.3.2 Brique de terre cuite

Les matériaux de terre cuite ont été utilisés depuis plusieurs siècles, ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel industriel. Ils sont fabriqués à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose à jaune et blanc [14].

II.3.3 L'extraction

L'extraction peut se faire par des engins mécaniques : décapeuse, pelles chargeuses ...etc. La matière première extraite, acheminée à l'usine par camions, voies ferrée, bandes transporteuses.



Photo (2 .1) : gisement d'argile de B .Amer à Ouargla

II.3.4 Façonnage

Le façonnage des produits (pleins, perforés et creux), est réalisé par deux procédures : étirage et pressage [14] [15] [16] Voir Figure (2. 1).

II.3.5 Séchage

Les produits sont façonnés avec une teneur en eau de 15 à 30% (les chiffres exprimés en pourcentage par rapport au poids sec). Il est nécessaire avant la cuisson d'éliminer la plus grande partie de cette eau, par des séchoirs bien réglés Figure (2 .2). L'énergie consommée varie de



3.5×10^6 à 4.10×10^6 J/Kg d'eau évacuée, le séchage d'une tonne de produit nécessite une consommation d'énergie électrique de 6 à 13 Kwh.

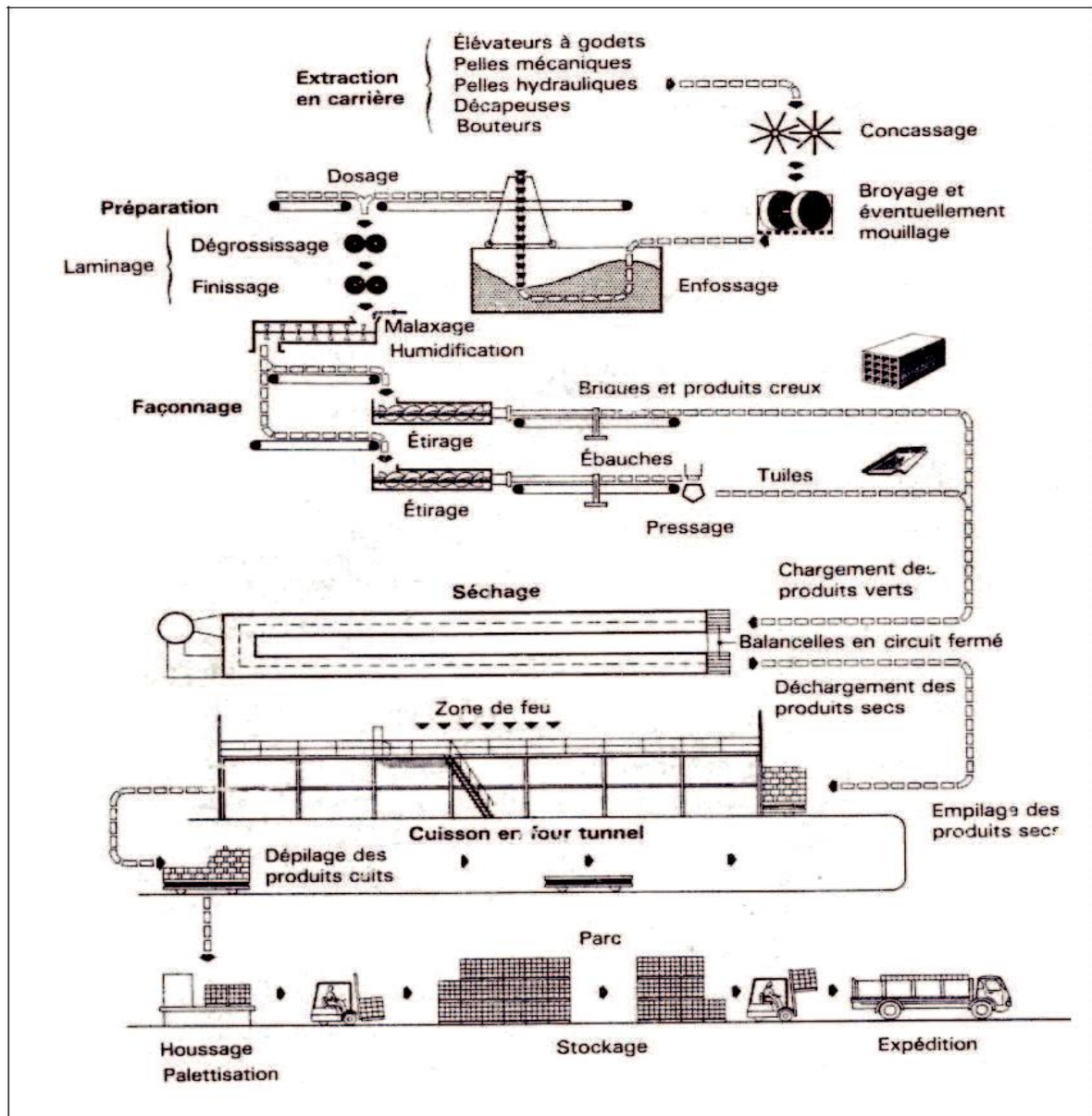


Figure (2. 2) : Fabrication des produits de terre cuite [14]

II.3.6 Cuisson

C'est la dernière opération que doit subir le bloc d'argile façonné et séché pour devenir ensuite une brique de terre cuite. C'est donc une phase extrêmement importante qui doit se dérouler très progressivement, c'est à dire. que la fournée est soumise à un échauffement régulièrement croissant jusqu'à la température de cuisson (comprise entre 850° et 1200°C selon l'espèce d'argile utilisée), ensuite elle doit refroidir aussi graduellement.

Il existe une très grande variété de fours, qui peuvent être classer en deux catégories principales : les fours à fonctionnement discontinu et les fours à fonctionnement continu.



Dans le premier cas, le mode opératoire comprend le chargement du four, sa mise à feu, son extinction et refroidissement lorsque la cuisson est terminée. Dans un four du type continu, le feu ne s'éteint jamais, et c'est le chargement qui est introduit et extrait du four suivant un cycle régulier et ininterrompu.

Concernant la réaction des matières premières à la cuisson, la chaleur provoque des modifications de masse volumique, de porosité, de dureté, dimensions. Elle provoque également des déshydratations, des décompositions et des combinaisons qui modifient les propriétés comme suit :

- ❖ jusqu'à 200° C environ, évacuation de l'eau résiduelle courant le séchage;
- ❖ de 200 à 450° C, décomposition de matière organique;
- ❖ de 450 à 650° C, décomposition des minéraux argileux avec départ de l'eau de constitution ;
- ❖ de 650 à 750° C, décomposition du carbonate de chaux (cas des argiles calcaires);[14] [15] [16]

II.4 les propriétés et caractéristiques de brique de terre cuite

Les propriétés et les caractéristiques de brique de terre cuite sont indiqués dans les tableaux suivants :

Masse volumique (kg/m ³)	1750-2050
Absorption d'eau	< 15%
Isolation acoustique	41 -58 dB
Résistance à la compression	4 - 8 MPa

Tableau (2. 1) : la Résistance thermique des Briques creuses [17]

E : épaisseur en (cm)	5	10	20	25
R (m ² . °C/W)	0.10	0.20	0.39	0.55

Tableau (2. 2) : propriétés des briques pleines et perforés [17]

Masse volumique (kg/m ³)	1650-2000
Absorption d'eau	30 - 80 %
Isolation acoustique	41 - 54 dB
Résistance à la compression	12.5 - 40 MPa

Tableau (2. 3) : la Résistance thermique des briques pleines et perforés [17]



pleines			
Epaisseur (cm)	5.5	10.5	22
R (m ² . °C/W)	0.05	0.09	0.20

perforés			
Epaisseur (cm)	20	30	35
R (m ² . °C/W)	0.52	1.00	1.21

* la Résistance thermique des briques de terre cuite égale 1.15 (W /m² °C) [17]

Briques pleines ou perforées en terre cuite selon la Norme XP P 13-305.

On distingue trois types de produits :

- Brique pleine

Brique ne comportant aucune perforation et dont le format d'appellation le plus courant est 6x11x22 cm Figure (2. 3).

- Brique perforée

Brique comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, la somme des sections des perforations étant inférieure ou égale à 50% de la section totale, et de largeur inférieure à 14 cm Figure (2. 3).

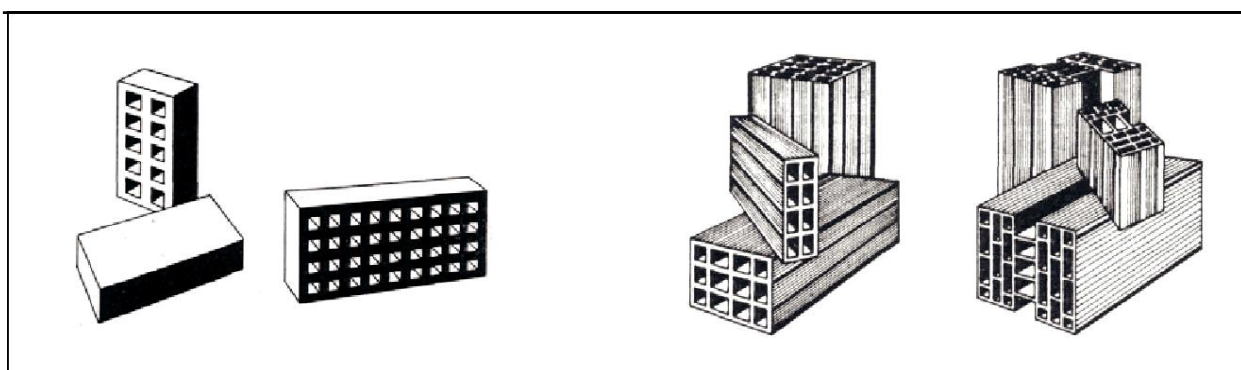


Figure (2. 3) : Brique pleine et perforée et Brique[17]

II.5.La valorisation des déchets

La Valorisation est un terme générique qui recouvre le recyclage matière et organique, la valorisation énergétique des déchets, ainsi que le réemploi, la réutilisation et la régénération. Exemples de filières de valorisation matière :

- L'aluminium : récupéré, broyé, trié, refondu puis affiné pour refaire de l'aluminium liquide ou des lingots utilisés pour la fabrication de pièces moulées pour l'automobile. Gains d'énergie très importants avec l'aluminium de seconde fusion.



- Le verre : collecté, débarrassé de ses impuretés, broyé, refondu dans les fours en remplacement du sable, de la soude et de la chaux permet de substantielles économies d'énergie. Le taux d'incorporation peut dépasser 80 %.
- Les papiers-cartons : collectés, triés, traités (mise en suspension en milieu aqueux pour réduction à l'état de fibres, désancrés par flottaison), épurés, la feuille peut-être façonnée. Le taux d'incorporation peut dépasser 80 % dans la fabrication de cartons d'emballages et 60 % dans la fabrication de papier-journal pour les journaux et magazines.
- L'acier : il est recyclable à 30 % (remplacement minéral de fer + coke) dans les procédés à hauts-fourneaux et jusqu'à 100 % en fours électriques.
- Le plastique : difficilement recyclable en raison de la diversité des résines et de leurs difficiles compatibilités. Se reporter au Guide concernant le recyclage des plastiques.

II.5.1 Introduction

La question des déchets est quotidienne et touche chaque individu tant sur le plan professionnel que familial. En tant que consommateur, jeteur, usager du ramassage des ordures ménagères, et trieur de déchets recyclables, citoyen ou contribuable, Chacun peut et doit être acteur d'une meilleure gestion des déchets.

Des gestes simples permettent d'agir concrètement pour améliorer le cadre de vie et préserver le bien-être de chacun : chaque citoyen peut jeter moins et jeter mieux. Différentes lois, notamment celles du 15 juillet 1975 et du 3 juillet 1992, regroupées et inscrites dans le code de l'environnement, fixent les objectifs à respecter pour gérer correctement les déchets :

- Prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets;
- Organiser le transport des déchets;
- Valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute action visant à obtenir de matériaux réutilisables ou de l'énergie;
- Informer le public des effets pour l'environnement et la santé publique.
- Limiter le stockage définitif aux seuls déchets résiduels, ultimes.

II.5.2 Des solutions écologiques et pérennes

Si la meilleure des politiques réside dans la réduction des déchets à la source, une quantité énormément élevée de déchets est produite chaque année à travers le monde. Le traitement de certains d'entre eux, dont le réemploi est impossible (pneus, huiles usagées et farines animales), est un enjeu majeur pour la collectivité, les pouvoirs publics et les industriels. Il est indispensable de mettre en place des solutions écologiques et pérennes pour les valoriser sans danger pour l'environnement et les riverains. A titre d'exemple près d'un million de tonnes de déchets par an sont ainsi valorisés par l'industrie cimentière en France.



II.5.3 Le rôle actif de l'industrie du ciment et du béton

Grâce à la valorisation des déchets dans les cimenteries et les centrales à béton, ces industries participent depuis de nombreuses années à l'effort collectif pour la préservation des ressources naturelles et le traitement des déchets.

II.5.4 Le maintien de la qualité

La valorisation de déchets s'effectue dans des conditions particulièrement strictes. Ne sont ainsi utilisés que des déchets sélectionnés pour leur compatibilité avec le procédé de fabrication et la qualité finale des produits (ciments et bétons).

II.5.5 Un double bénéfice pour l'environnement

Les déchets sont utilisés de deux façons: En remplacement partiel des constituants de base (calcaire, argile, sable,...): c'est la valorisation matière. En remplacement des combustibles fossiles (coke de pétrole, charbon, fioul lourd,...): c'est la valorisation énergétique.

- La valorisation matière

L'industrie du ciment et du béton utilisent depuis longtemps des sous-produits issus d'autres industries comme les laitiers de hauts fourneaux ou les cendres volantes en remplacement de certains constituants du ciment ou du béton sans en modifier la qualité. Traditionnellement, l'industrie cimentière emploie 80% de calcaire et 20% d'argile pour fabriquer le ciment. Or, cette argile peut être en partie remplacée par des cendres provenant de centrales thermiques au charbon. Ainsi, ces déchets n'ont pas à être éliminés par d'autres moyens.

- La valorisation énergétique

Depuis une vingtaine d'années, les cimentiers réduisent leur consommation d'énergie d'origine fossile (charbon, fioul lourd, coke de pétrole,...) grâce à l'utilisation de déchets sélectionnés comme combustibles. L'industrie cimentière a été sollicitée par les pouvoirs publics pour la destruction des farines animales en raison de sa capacité à assurer une valorisation totale des déchets.

II.6 Valorisation des déchets en Algérie

La récupération des déchets en Algérie est une importante opportunité à saisir vis à vis l'environnement, les déchets ménagers représentent environ 13,5 millions de tonnes/an, soit un kilogramme par habitant par jour, dont près de la moitié peut être récupérée. Environ 45% de ces déchets, soit 6,1 millions de tonnes sont recyclables. Parmi ces 6,1 millions de tonnes, il y a 1,8 million de tonnes de papiers, 1,22 millions de tonnes de plastiques, 1,6 millions de tonnes de textiles et 300.000 tonnes de métaux. Ceux-ci pour une valeur approximative de 23 milliards de DA. C'est un véritable gisement. Or, il n'existe que 247 micro-entreprises qui opèrent dans la



récupération des déchets et qui ne valorisent à peine que 5 ou 6% de ce potentiel dont une partie est exportée. L'Etat mise beaucoup sur le développement d'une industrie de récupération et de recyclage. Elle est au cœur même du programme national de gestion des déchets municipaux (PROGDEM), qui constitue le principal cadre de référence en termes de gestion et de valorisation des déchets ménagers. Il existe deux (02) types de filières: classiques (plastiques, papiers, métaux, textiles, verres, bois et matières organiques) et complexes (pneus usagés, huiles usagées, piles et batteries et autres déchets d'équipements électriques et électroniques).

II.6.1 Des métiers de l'environnement à apprendre

La chaîne de valeur de ces filières comporte quatre niveaux à savoir, les études d'ingénierie, la logistique et transfert, le traitement et la valorisation, et enfin l'élimination. Les quatre niveaux nécessitent une expertise pour laquelle l'Algérie cumule d'immenses retards. Le développement durable pour lequel l'Algérie a pris des engagements internationaux favorise l'émergence de filières très porteuses (énergies renouvelables, la gestion des déchets ménagers, spéciaux ou des eaux usées, et les bâtiments à faible impact énergétique).

Le programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique est ambitieux. Il prévoit une production électrique d'origine renouvelable (photovoltaïque, notamment) de 22.000 MW à l'horizon 2030 (5 MW actuellement). De même qu'on vise le recyclage de 70% des déchets (5% actuellement) en 2020, et à promouvoir la réutilisation des eaux épurées, mais il est nécessaire de réorienter la formation vers les métiers qui sont nécessaires au développement de telles filières. Ces filières nécessitent une expertise qui n'est pas disponible en Algérie. Elle est importée d'Allemagne, de France et de Suisse. Tout est à faire dans ce domaine (expertise et ingénierie des déchets spéciaux, gestion des stations d'épuration, traitement des eaux usées, en irrigation, système de traçabilité, management environnemental, qualité de l'air, transport) car, ce qui est constaté que les capacités actuelles du pays ne lui permettent pas de tenir ses engagements internationaux.

II.6.2 La part de responsabilité des industriels

Il convient de signaler que l'Algérie dispose de 16 centres de tri opérationnels, 16 autres sont en travaux ou en phase d'études, et 5 en voie de lancement. Des investissements ont été également engagés pour la réalisation de 48 déchetteries dont 13 sont désormais en exploitation, 9 en travaux, 8 en phase d'études et 11 en instance de lancement (choix de sites). Par ailleurs, selon la réglementation en vigueur, tout producteur de déchets est tenu d'en assurer l'élimination dans des conditions à éviter les effets préjudiciables pour l'environnement, à faciliter la récupération des matériaux, le recyclage des matières ou la valorisation énergétique. Aucune étude n'a été engagée pour quantifier les déchets industriels. L'état a pris à sa charge l'élimination des déchets produits avant la promulgation de la nouvelle loi et ce, dans le cadre d'un plan national de gestion des déchets spéciaux (mercure, cyanures). Désormais, les industriels sont tenus de le faire par leurs propres moyens. Des contrats de performances ont été signés avec eux et ils avaient le temps nécessaire pour s'y préparer.



II.7 Les déchets inertes

Il est utile de préciser que les déchets sont classés en trois catégories: les déchets dangereux, non dangereux et inertes. Pour être *inerte*, le déchet doit notamment être exempt de plastiques, plâtres, bois, amiante... Une formation du personnel affecté à la réception des matériaux doit donc être effectuée afin que la gestion du centre de tri et/ou recyclage soit conforme à la réglementation.

II.7.1 Matériaux autorisés

Les matériaux stériles issus du site d'extraction. Les matériaux de type argileux (si l'arrêté l'autorise) Les matériaux naturels, sables, graviers, blocs rocheux, résultant des travaux publics tels que le terrassement et n'ayant pas fait l'objet d'une quelconque contamination au cours de ces travaux. Les déchets triés issus du secteur du bâtiment (construction, démolition et réhabilitation), tels que: mortier, béton, béton cellulaire, rebus de ciment, briques (sauf briques réfractaires), tuiles, pierres, blocs, céramiques, carrelages, sanitaires, gravats, verre, déchets de minéraux. Ces matériaux ne doivent pas contenir de plâtre et ne doivent pas avoir été contaminés par une quelconque activité.

II.7.2. Matériaux interdits

Les matériaux provenant d'une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) sauf s'ils ont fait l'objet d'une autorisation spécifique. Les terres suspectes ou considérées polluées lors de leur réception sur site. Les déchets industriels spéciaux et les déchets dangereux, comme par exemple les sous-produits générés par les activités de la métallurgie. Les briques réfractaires. Les déchets industriels banals. Les matériaux putrescibles et fermentescibles tels que bois, papiers, cartons, déchets verts, ordures ménagères. Les matières synthétiques tels que caoutchouc, plastiques, résines, ainsi que les métaux, quels qu'ils soient. Les matériaux solubles tels que les plâtres. Les enrobés et produits bitumineux, goudrons, asphalte, y compris ceux résultant du démantèlement d'une chaussée de route Les déchets non refroidis. Les déchets susceptibles de s'enflammer spontanément et les explosifs. Les matériaux non pelletables, tels que liquides, effluents, produits de vidange, boues ne résultant pas du criblage mécanique des matériaux extraits du site lui-même.

II.7.3 Le recyclage

Il existe trois filières de valorisation pour les matériaux inertes: un réemploi direct sur les chantiers, un acheminement vers des plateformes de recyclage et une utilisation en remblais pour le réaménagement des carrières.



II.8 Minéralogie et propriétés des argiles

II.8.1 Généralités et définition

Le terme argile vient du mot grec « argilos », dont la racine argos signifie blanc, ce sont des aluminosilicates dont la structure est formée d'un empilement de feuillets. Il n'existe pas de définition unique du terme « argile ». Ce mot englobe deux connotations, l'une liée à la taille des grains et l'autre à la minéralogie.

Cette définition dépend de la discipline concernée: Le géologue ou le pédologue considèrent comme « argile » tout minéral de faible granulométrie, la limite étant fixée à 2 ou 4 microns selon les cas. Les ingénieurs s'attachent plutôt aux propriétés de plasticité des matériaux argileux quelque soit leur taille. Les céramistes regroupent les matériaux selon leurs comportements au chauffage.

II.8.2 Minéralogie des argiles

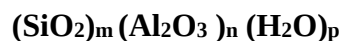
Les minéraux argileux sont de très petites particules très actives sur le plan électrochimique. Lorsque le pourcentage d'argile augmente, l'influence de la portion argileuse sur le comportement global du sol augmente proportionnellement.

II.8.2.1 Minéraux argileux

Les minéraux argileux sont des substances cristallines qui tirent essentiellement leur origine de l'altération chimique de certains minéraux composant les matériaux parents. La famille des minéraux argileux regroupe tous les silicates hydratés appartenant au groupe des phyllosilicates. Sur le plan chimique, ce sont des alumino-silicates hydreux ajoutés à d'autres ions métalliques (Holtz et al, 1991, [18]).

Ils sont composés des particules de formes aplaties et de dimensions très petites qu'on ne peut voir qu'au microscope électronique, les cristaux ressemblent à de minces plaques ou plaquettes.

Leurs formule chimique est de la forme suivante (cité par Hafsi, 1993, [19]):



II.8.2.2 Structure des argiles

Les particules d'argile sont formées d'un empilement de feuillets qui sont constitués par l'association de deux unités structurales de base, ces feuillets sont formés par la juxtaposition des couches structurales tétraédriques (silice) et octaédriques (aluminium).

Les couches structurales sont à leur tour formées d'unités structurales de base par empilement d'ions ou d'hydroxydes en disposition hexagonale ou compacte.



II.8.2.2.1 Dispositions des oxygènes

Il existe deux arrangements, l'un valable pour les ions oxygènes exclusivement, l'autre pour les ions oxygènes et les hydroxyles. Nous commençons par ce dernier qui, d'ailleurs est le plus simple, il s'agit de l'assemblage compact. On peut en première approximation considérer que les atomes ont la forme d'une sphère et sont en contact dans des plans successifs, ils sont disposés de telle façon que les centres de ces sphères se situent sur des droites parallèles entre elles, les sphères appartenant à deux rangs contigus sont décalées d'un rayon, les centres des deux sphères appartenant à une ligne voisine sont situés au sommet d'un triangle équilatéral.

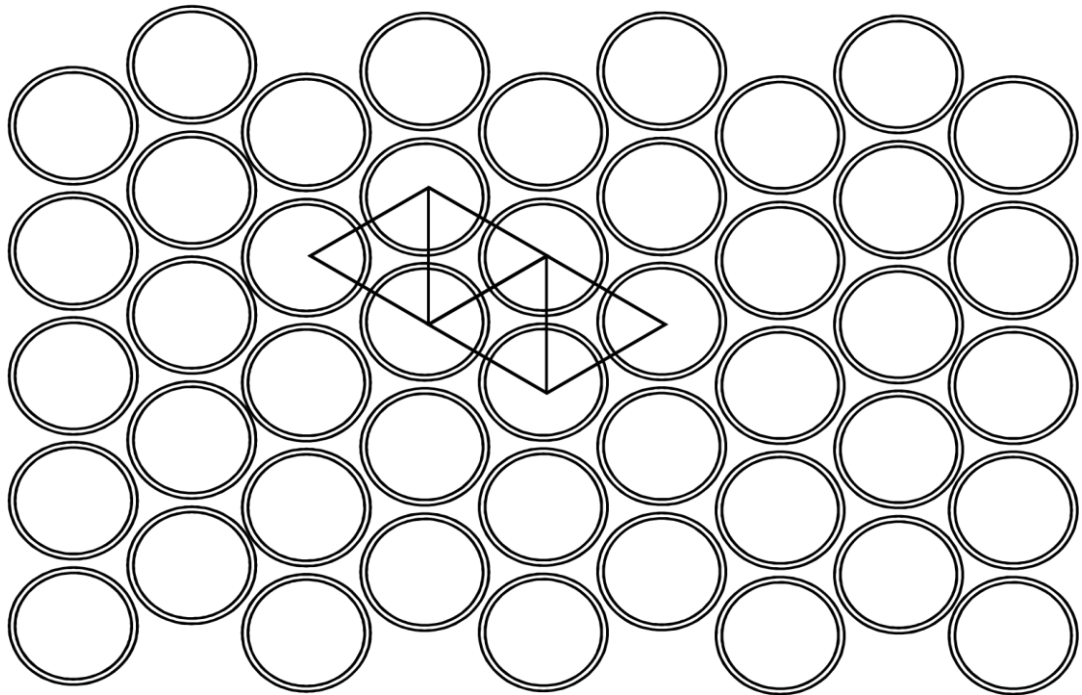


Figure 2.4 : Représentation d'un plan compact, [20] [21]

Le 2^{ème} arrangement qui s'applique exclusivement aux ions oxygènes est obtenu à partir du précédent en retirant une sphère sur deux tous les deux rangs, comme on peut le constater, chaque cavité est limitée par 6 sphères, on pourrait y situer un hexagone, on l'appelle parfois un plan hexagonal (Figure 2.5). En superposant un plan hexagonal et un plan compact on obtient des tétraèdres et si on dispose de deux plans compacts on forme un octaèdre.

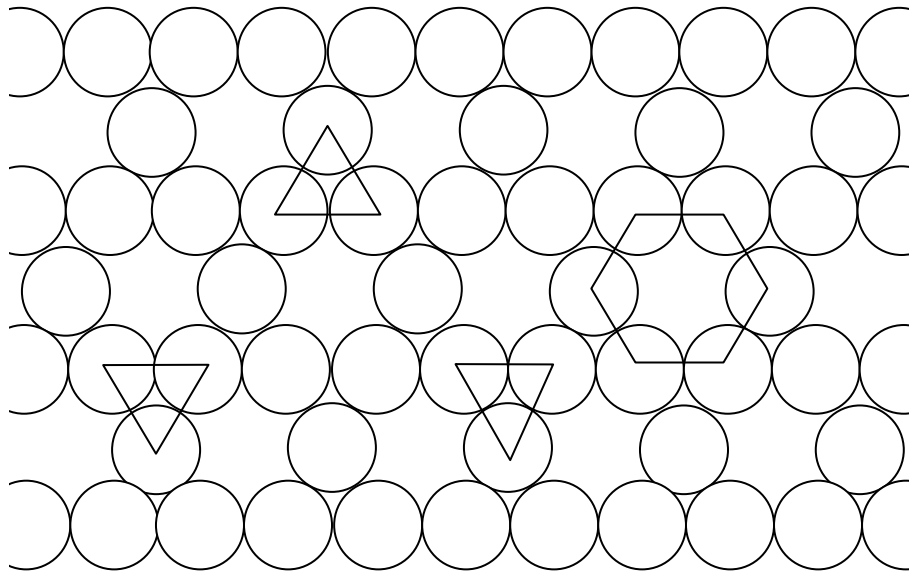


Figure 2.5 : Représentation d'un plan hexagonal, [20] [21]

L'empilement des plans hexagonaux et des plans compacts, dont le nombre est constant et qui forme le feuillet est la base de la constitution de la structure des minéraux argileux.

Il existe plusieurs grands groupes de minéraux argileux, parmi eux, trois sont définis par l'épaisseur de leurs feuillets, chacun correspondant à l'empilement d'un nombre variable de couches d'oxygènes et d'hydroxyles.

Les types à 7Å sont formés de trois plans, un hexagonal et deux compacts, ils appartiennent à la série 1/1.

Les types à 10Å constitués également par deux plans compacts et deux plans hexagonaux, ils appartiennent à la série 2/1. Enfin, un groupe de minéraux de 14Å est constitué par un ensemble de quatre plans d'hydroxyles compacts (deux couches tétraédriques et deux couches octaédriques).

Cette classification est couramment utilisée.

II.8.2.2 Unité structurale tétraédrique

L'unité structurale tétraédrique est formée d'un tétraèdre au sommet duquel quatre ions d'oxygène (O^{2-}) enserrant un ion de silicium (Si^{4+}), équidistant de chacun d'eux. Ce tétraèdre est matérialisé par la présence d'une cavité comprise entre trois sphères en contact, d'une couche hexagonale d'oxygène, et une sphère de la couche contiguë d'oxygène. (Figure 2.6.a).



II.8.2.2.3 Unité structurale octaédrique

L'unité structurale octaédrique est formée d'un octaèdre au centre duquel un ion d'aluminium (Al^{3+}) ou de magnésium (Mg^{2+}) est équidistant aux six hydroxydes (OH^-) aux sommets. Ces octaèdres se combinent pour former des couches planes dites couches octaédriques et la liaison avec la couche tétraédrique se fait au niveau des oxygènes. (Figure 2.6.b).

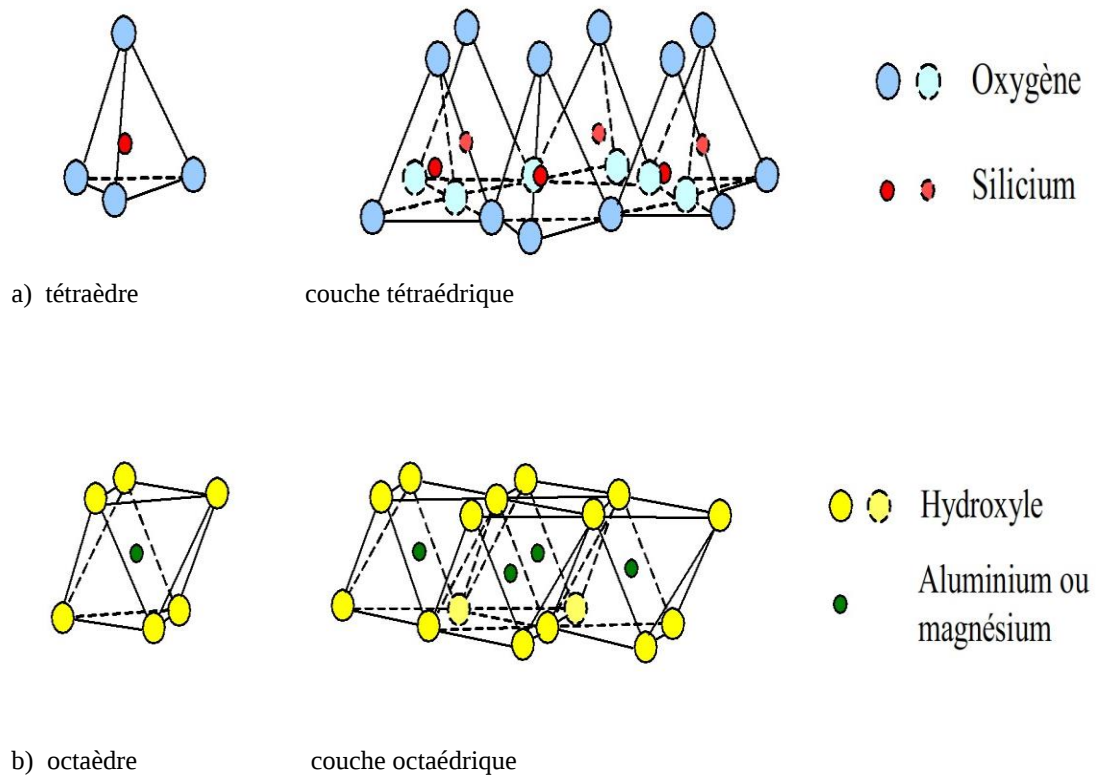


Figure 2.6 : Couches tétraédriques et octaédriques, [22]

La représentation de la structure minéralogique d'une particule d'argile est donnée par l'organigramme suivant (Figure 2.7) :

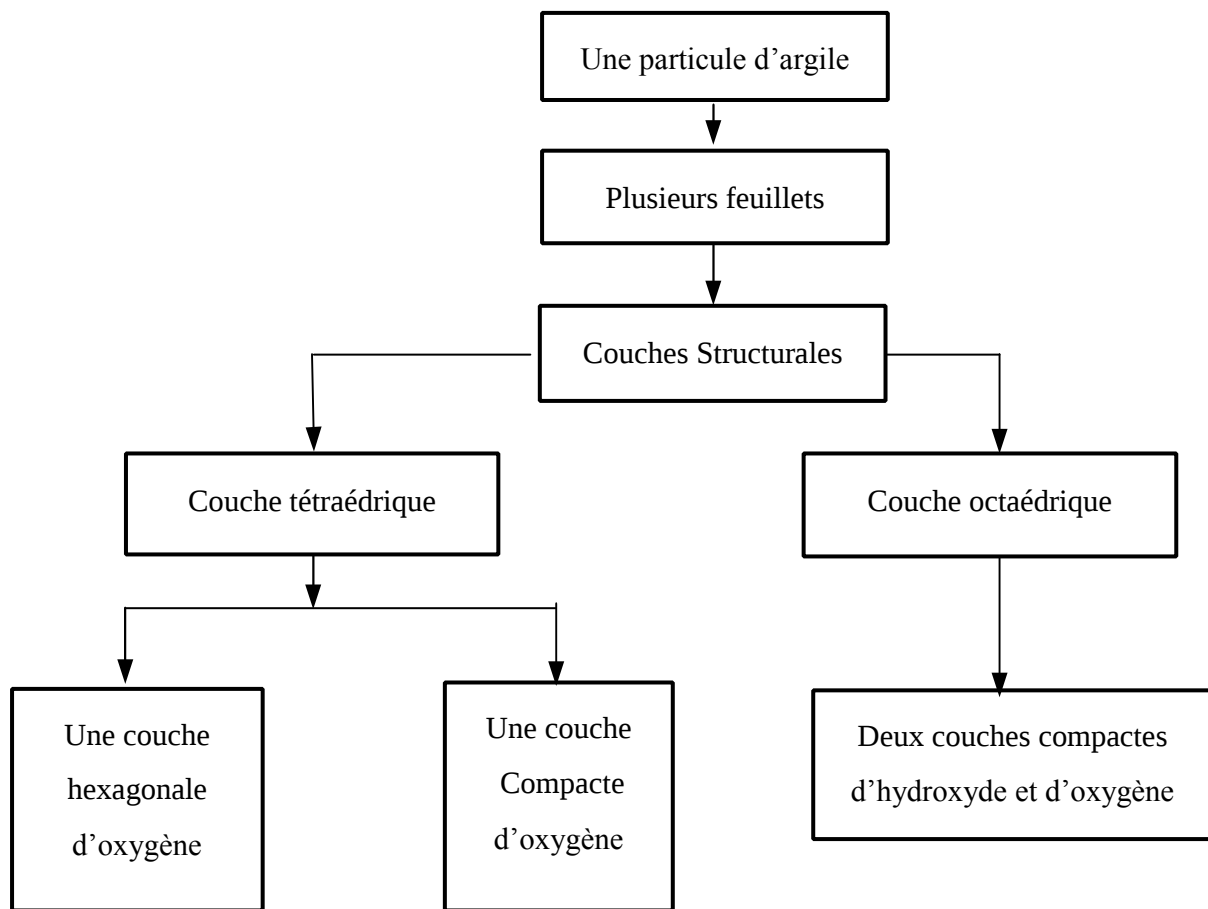


Figure 2.7 : Représentation de la structure minéralogique d'une particule d'argile, [18]

II-9 Les grandes familles de minéraux argileux

La structure de base de silicates phylliteux comme de tous les silicates est l'ion SiO_4 Où le silicium est tétra coordonné par rapport à l'oxygène Figure 2-8.

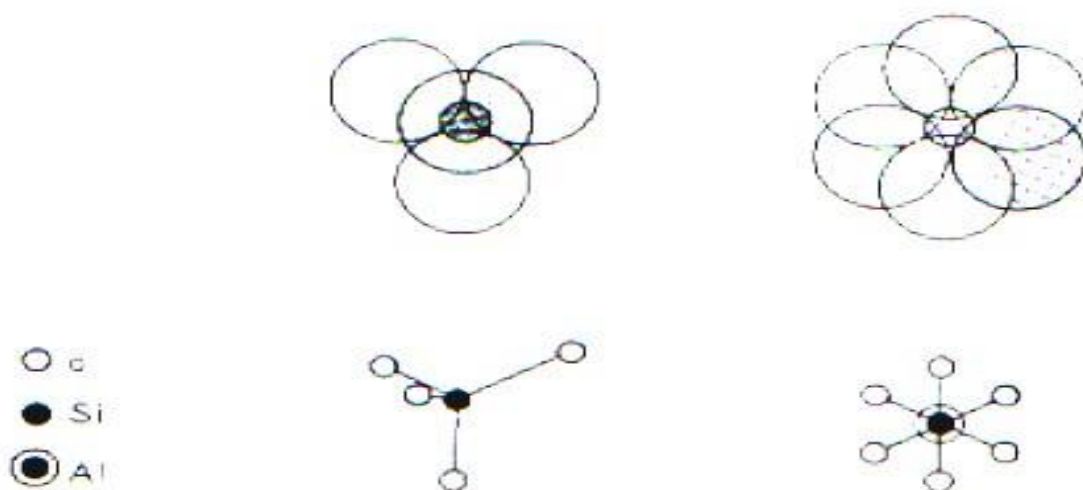


Figure 2-8 Constitution d'un tétraèdre et d'un octaèdre [6]



L'ion aluminium Al^{3+} peut être éventuellement tétra coordonné, jouant ainsi le même rôle que SiO^{4+} ; mais il est le plus souvent le centre d'un octaèdre et est alors hexa coordonné. Ceci est possible à cause des rayons ioniques $r_{\text{Al}^{3+}}/r_{\text{O}^{2+}}$ qui vaut 0.43. Cette valeur est en effet proche de 0.414 qui est le rapport frontière entre le domaine de la coordinence tétraédrique et celui de la coordinence octaédrique.

Fréquemment de faible granulométrie, les argiles sont des minéraux mal cristallisés et hydratés, de forme lamellaire ou fibreuse. Ils sont souvent présents en mélanges complexes d'espèces. Les minéraux argileux sont formés par l'empilement de feuillets eux même constitués d'un empilement de couches .L'équidistance réticulaire "d" est la somme des épaisseurs du feuillet et de l'inter feuillet (Figure 2-9).

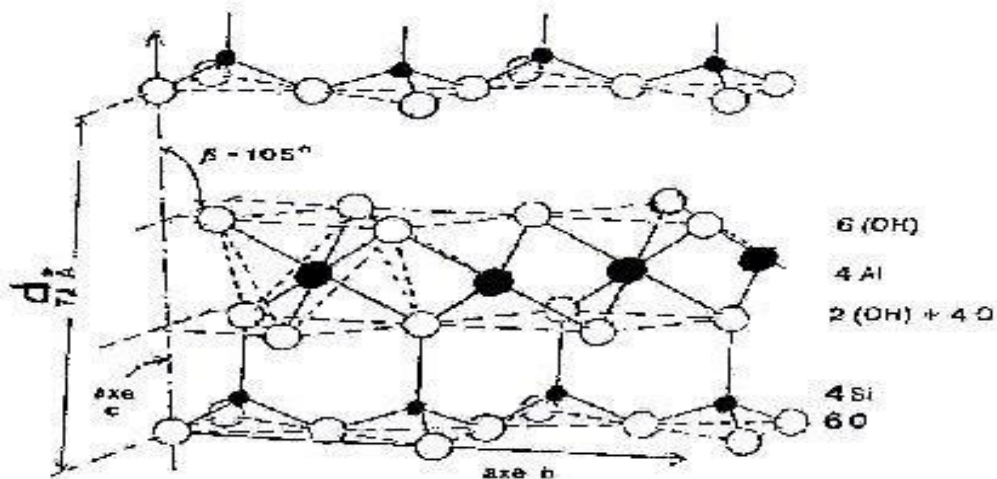


Figure 2-9. Notion de feuillet, inter feuillet (structure) et de distance réticulaire d pour un minéral de type 1:1 (groupe de kaolinite $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). [23]

Selon les critères suivants, il est possible de distinguer les types de minéraux argileux phylliteux par:

- Le nombre de couches d'octaèdres et de tétraèdres dans le feuillet élémentaire (une ou deux).
- L'équidistance entre deux feuillets dans les conditions naturelles.
- La variabilité de l'équidistance entre deux feuillets sous l'action de traitement variés.



II.10 Classification et nomenclature des minéraux argileux

II.10.1 Les types de minéraux argileux

Selon le nombre de couches octaédriques (O) et tétraédriques (T), on distingue trois principaux types de minéraux [6,24]:

- ❖ Les minéraux de type 1:1 (ou T-O) à une couche d'octaèdres et une couche de tétraèdre (succession de trois couches d'oxygènes constituent le feuillet). L'équidistance caractéristique est d'environ 7.1 Å. A ce type correspond le groupe de la kaolinite.
- ❖ Les minéraux de type 2:1 (ou T-O-T) à une couche d'octaèdres encadrée par deux couches tétraédriques (succession de quatre couches d'oxygènes constituent le feuillet). L'équidistance caractéristique varie de 9.4 à 15 Å selon le contenu de l'inter feuillet. A ce type correspondent les groupes du talc, des smectites, des vermiculites et celui des micas.
- ❖ Les minéraux de type 2:1:1(T-O-T-O) à une couche d'octaèdres encadrée par deux couches tétraédriques et un inter feuillet constitué par une couche d'octaèdres

(Succession de six couches d'oxygènes constituent le feuillet) L'équidistance caractéristique est alors d'environ 14Å; à ce type correspond le groupe du chlorite.

II-10-2 Les espèces de minéraux argileux

Selon la nature et donc l'épaisseur de l'inter feuillet on distingue les principales espèces de minéraux argileux suivants tableaux (2-1):

- ❖ 1:1 (ou T-O) sans inter feuillet, l'équidistance réticulaire est alors de 7.1Å; exemple la kaolinite. Avec de l'eau comme inter feuillet, l'équidistance réticulaire est de 10.1 Å; C'est le cas de l'halloysite.
- ❖ 2:1 (T-O-T) sans inter feuillet, l'équidistance réticulaire varie de 9.2 à 9.3 Å; exemple de la pyrophyrite. Avec un inter feuillet constitué de cations; l'équidistance de base est de 10Å : exemple de micas. Avec des cations alcalins ou alcalino-terreux fortement solvatés dans l'inter feuillet, l'équidistance réticulaire varie de 14 à 15 Å : C'est le cas des vermiculites et des smectites.
- ❖ 2:1:1 (ou T-O-T-O) avec un inter feuillet constitué d'octaèdres de type brucite, l'équidistance réticulaire est de 14.2 Å; exemple des chlorites. La plus part des groupes de minéraux se divisent en deux sous-groupes principaux ; les minéraux dioctaédriques et les minéraux trioctaédriques. La distribution entre les deux sousgroupes se fait à partir de la composition des couches d'octaèdres ; si les six valences négatives du site octaédrique sont compensées par trois cations divalents tels que Fe_2^+ ou Mg_2^+ , la couche est dite trioctaédriques. Si la compensation est assurée par deux cations trivalents comme Fe_3^+ ou Al_3^+ , on a une structure dioctaédriques (Tableau 2-4) [6].



Type	Groupe	Sous-groupe	espèces	Formules
1:1	kaolinite	kaolinites	dichite nacrite kaolinite métahalloysitehalloysite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $Al_2Si_2O_5(OH)_4Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $4H_2O$
		serpentine	Antigorite	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
	talc	pyrophyllite	pyrophyllite	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$
		talc	talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
	Smectite	smectites dioctaédriques	montmorillonite	$(Al_1, 67Mg_0, 33)Si_4O_{10}(OH)_2$
		smectites trioctaédriques	saponite	$Mg_3(Si_3, 67Al_0, 33)O_{10}(OH)_2$
2:1	vermiculites es	vermiculite dioctaédrique	vermiculite dioctaédrique	$(Al, Fe...)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$
		vermiculite trioctaédrique	vermiculite	$(Mg, Fe...)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$
	micas	Micas dioctaédrique	muscovite	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$
		Micas trioctaédrique	phlogopite	$KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$
		chlorite dioctaédrique	sudoite	$Al_4Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$
2:1:1	chlorite	chlorite trioctaédrique	Espèces différentes	$(Mg, Fe...)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$

Tableau 2-4 : Classification des phyllosilicates [6].

II.10.3 La famille des minéraux interstratifiés

Un minéral inter stratifié régulier est formé de l'empilement régulier de feuillets de minéraux argileux élémentaires de nature différente, en proportion variées. Dans ce cas l'empilement des différents types de feuillets se fait selon des séquences répétitives (exemple A-B – A-B – A-B). Un interstratifié est considéré comme irrégulier si l'empilement des différents types de feuillets est aléatoire, c'est-à-dire si aucune séquence répétitive ne se dessine.



De pareilles associations soulèvent plusieurs problèmes, celui de l'identification de leurs constituants et celui de leur nomenclature [6]. Le tableau II-5 présente les minéraux interstratifiés naturels les plus courants.

Type d'inter stratification	
	Muscovite -montmorillonite
	Illite - smectites
	Glaucinite - smectites
Alternance régulière	Chlorite - smectites
Système à deux composés	Chlorite -vermiculite
	Mica- vermiculite
	Serpentine -chlorite
	Kaolinite - smectites
Alternance de type ABAA	Illite - smectites
Système à deux composés	Glaucinite - smectites
	Illite - smectites
	Glaucinite - smectites
Alternance aléatoire	Mica -vermiculite
Système à deux composés	Mica -chlorite
	smectites -chlorite
	Kaolinite - smectites
Système à trois composés	Illite – chlorite -smectites
	Illite - smectite- vermiculite

Tableau 2-5. Les minéraux interstratifiés naturels les plus courants [6].

II-10-4 Les minéraux à couches discontinues et à faciès fibreux

Ces minéraux appartiennent à la famille de la sépiolite ou de la palygorskites. Ils possèdent ce caractère commun d'être constitués par des couches d'oxygène hexagonales continues, séparées alternativement par deux couches d'oxygène à assemblage compact dont l'empilement forme des octaèdres mais qui s'étendent en un long ruban, la croissance étant limitée à une dimension. C'est la largeur de ce ruban qui caractérise chacune des feuilles.



Ces rubans sont disposés alternativement au dessus ou au dessous de la couche continue d'oxygène à assemblage hexagonal, de sorte que la structure présente en coupe; l'aspect d'une brique creuse. [6].

C'est cette disposition qui se trouve caractérisée par l'expression "minéraux à couches discontinues" par opposition avec les minéraux étudiés jusqu'à présent.

II-10-5 Relation entre la taille des particules fines et leurs natures minéralogiques (D'après Mitchell 1976).

Il existe une infinité de types d'argiles selon les proportions des minéraux [2,24], donc on peut connaître approximativement la nature du minéral d'après la dimension des particules comme indiqué au Tableau 2-6.

Dimension	Minéraux dominants	Minéraux courants	Minéraux rares
0.1 μm	Montmorillonite	Mica	Illite
0.1 à 0.2 μm	Mica	Kaolin	Illite
		Montmorillonite	Quartz
0.2 à 2 μm	Kaolinite	Illite Mica Halloysite	Quartz Montmorillonite Illite
2 à 11 μm	Mica Illite feldspaths	Quartz Kaolinite	Halloysite montmorillonite

Tableau 2-6. Relation entre la taille et la nature des minéraux [24]

II-10-6 Minéraux argileux assembles en feuillets

- La Kaolinite $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$.
- L'Illite $K_{0.5}(Al_{0.5}Si_{3.5}O_{10})(OH)_2$.
- Le Quartz SiO_2 .
- Le Feldspaths $Na(AlSi_3O_8)$ $K(AlSi_3O_8)$.
- La montmorillonite.

Ces minéraux peuvent évoluer en fonction de leur environnement chimique et physique (température et pression) et changer de nature au cours du temps.

Exemple la kaolinite se trouve autour de la méditerranée, L'illite se situe dans les régions tempérées et froides.



II.10.7 Les minéraux associés aux minéraux argileux

II.10.7.1 Les minéraux du fer

Dans les matériaux argileux, le fer se rencontre essentiellement sous forme d'oxydes, d'oxyhydroxydes et/ou d'hydroxydes, ce sont la goethite ($\text{FeOOH}\alpha$) la lépidocrocite ($\text{FeOOH}\gamma$), l'hématite ($\text{Fe}_2\text{O}_3\alpha$), La magnétite (Fe_3O_4). Lors du frittage des matériaux argileux les différents composés du fer tendent à se transformer en hématite ou à se combiner partiellement avec les phases Silico-alumineuses majoritaires.

II.10.7.2 Le quartz

La silice se rencontre essentiellement sous forme de quartz dans les argiles kaolinitiques. Il modifie notamment la rhéologie des pâtes plastiques à base d'argiles. Au cours du frittage, le quartz peut réagir avec d'autres minéraux associés (feldspath, carbonate ...) mais cette réaction ne concerne souvent que les grains les plus fins. La transformation du quartz résiduel dont les grains sont plus gros, est favorisée par l'augmentation de la température.

La transformation réversible quartz β quartz α à 573°C s'accompagne d'une variation volumique qui peut être à l'origine d'un abaissement des propriétés mécaniques des matériaux frittés. Par contre, la transition cristobalite β cristobalite α s'avère moins dommageable pour les produits frittés.

De nombreux travaux ont montré que le quartz grossier réagit peu au-dessous de 1250°C . En outre, la morphologie particulière des grains de quartz, reconnaissables à leur forme anguleuse, est conservée jusqu'à 1200°C .

II.11 Argile calcinée

L'argile calcinée ou pouzzolane artificielle est obtenue par calcination de l'argile crue dans des fours à températures variables suivant la destination finale du produit (brique, céramique, ajout minéral pour les ciments ou comme sable dans les mortiers).

II.11.1 Mode d'obtention

Les pouzzolanes sont classées en deux groupes : naturelles et artificielles. Les pouzzolanes naturelles proviennent surtout des roches volcaniques dans lesquelles le constituant amorphe est le verre produit lors du refroidissement suivant la fusion.

Les pouzzolanes artificielles les plus couramment utilisées sont les cendres volantes de centrales thermiques. Les fumées de silice, la bauxite calcinée. Les cendres de balles de riz et des argiles calcinées [25, 20, 26] dont on décrit le processus d'obtention *par calcination*.

Transformation thermique: un des moyens les plus utilisés pour obtenir de la pouzzolane artificielle est la calcination, dont l'analyse thermique différentielle (ATD) et le moyen adéquat pour suivre l'évolution des transformations au cours de la calcination, et qui met en évidence trois phénomènes.

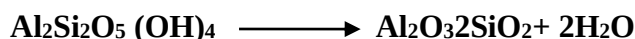


La déshydratation: pic endothermique de faible amplitude vers 100°C, elle ne modifie en rien la structure cristallographique, mais elle permet seulement le départ de l'eau physiosorbée.

La dés hydroxylation (phase de désorganisation): pic endothermique de grande amplitude vers 500°C à 700°C .A ce niveau les hydroxyles sont éliminées de la structure .Il se forme pour le kaolin une phase appelée métakaolin, pour une argile hétérogène, il se forme une phase différente suivant les minéraux qui la compose. [23,22]

donc la température de décomposition dépend de la nature des minéraux, de la pression de vapeur maintenu pendant la cuisson [27,28]. C'est dans cette phase que l'argile devient amorphe et par conséquent pouzzolanique.

La réaction globale de déshydratation pour la kaolinite peut se schématiser comme suit.



La recristallisation : pic exothermique vers 900°C à 1200°C. le matériau passe d'une phase amorphe à une phase de recristallisation suivi d'un changement de la nature initiale des minéraux .l'argile dans cette phase devient inerte .le métakaolin subit dans cette phase un réarrangement structurel, elle se transforme en mullite de forme $3\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$ [6, 24,28].

II.11.2 Composition chimique :

La composition chimique d'une kaolinite correspondant à la formule structurale théorique $2[\text{SiAl}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$.

$\text{SiO}_2 \sim 46.5\%$

$\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 39.5 \%$

$\text{H}_2\text{O} \sim 14\%$

Les kaolinites naturelles ont une composition chimique généralement constante. Cependant, il existe des kaolinites présentant quelques subdivisions isomorphiques.

On trouve ainsi des kaolinites contenant du fer ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 2\%$) au sein des kaolinites naturelles [6] .

quelque trace de potassium ($\text{K}_2\text{O} \leq 0.42$) et de manganèse ($\text{MgO} \leq 0.05$) .Pour l'illite on trouve une proportion considérable comparativement à la kaolinite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 17.90\%$)

, ($\text{K}_2\text{O} \leq 7.47$) et ($\text{MgO} \leq 3.23$).

II.11.3 Composition minéralogique

L'analyse minéralogique à pour but l'identification et le dosage des minéraux. Elle apporte des renseignements sur le mode de combinaison des éléments .Si toutes fois la reconnaissance de la composition chimique est aisée .Il n'est pas facile d'identifier les



espèces minérales en raison de la complexité de leurs mélanges, on peut trouver plus d'un minéral qui présente une intensité de pic (raie) principale identique à un autre. Voinovith [1].

En effet un minéral peut être caractérisé par :

- ❖ Sa structure cristalline : qui est un arrangement des atomes dans un réseau géométrique régulier (le kaolin en feuillet à double couche $e = 7\text{\AA}$).
- ❖ Sa morphologie : qui est la taille et la forme des particules ainsi que les défauts (dislocation, Joints de grains, etc.) qui peuvent être déterminé par le microscope électronique.
- ❖ Sa micro- composition élémentaire approchée qui peut être déterminé par le microscope électronique à balayage équipé d'un spectromètre X d'après Terrier [1].

II.12 Domaine d'utilisation

Les propriétés des argiles ont été reconnues et utilisées depuis la plus haute antiquité. Nos ancêtres de la préhistoire fabriquaient des poteries rudimentaires et des outils en silex.

II.12.1 Matériaux de construction

L'argile calcinée est la matière première principale avec quelques additions de sable, de chamotte comme fondant dans la fabrication des briques, tuiles et céramiques,[29]. Les argiles peu fusibles sont réfractaires entre 1350 à 1580°C servent pour la fabrication des briques, des carreaux de sol et les tuyaux d'évacuations. [29]. Les argiles fusibles sont réfractaires au dessous de 1350°C servent pour la fabrication des briques, et tuiles. [29].

II.12.2 Ciment composé CPJ

L'argile peut être utilisée comme ajout pouzzolanique dans la fabrication des ciments avec additions minérales à un taux de substitution de 30% environ [25,27].

II.12.3 Utilisation générales

La composition d'une solution saline est modifiée au contact d'argile; des cations "disparaissent" et sont remplacés par d'autres empruntés à l'origine elle-même; c'est le phénomène d'échange de cations.

Les argiles, servent aussi à diluer les pesticides utilisés en agriculture lors de leur épandage. Le pesticide, doit atteindre sa cible sans être décomposé par l'argile pendant les étapes suivantes; production, transport, stockage et application.



Les argiles du groupe des smectites (montmorillonite) ou encore la sépiolite et la palygorskite sont utilisées dans l'industrie pour leur propriété d'absorption et d'adsorption:

- Absorption des huiles et graisses (sols des garages; d'usines, ...), dégraissage;
- Décoloration des huiles et usage comme liant pour les aliments du bétail.
- Usages pharmaceutiques (excipients, pansements gastro-intestinaux,...).
- Boues de forage en milieu salin, engrais en suspensions.
- Les interstratifiés smectites -kaolinite servent en fonderie comme liant des sables de moulage.

De nombreux travaux ont montré que les argiles possèdent aussi des propriétés catalytiques. On retiendra:

- Les catalyseurs argileux dans le cracking des produits pétroliers.
- Les propriétés catalytiques de la montmorillonite dans la formation des aminoacides et dans leur polymérisation en peptides;
- Les essais de polymérisation du benzène en polyparaphénylène dans une Montmorillonite.
- Les tentatives de polymérisation du styrène du méthacrylate de méthyle et d'autres composés organiques non saturés sur les surfaces de certains minéraux argileux.

De L'étude comparative des activités catalytique de divers minéraux argileux Sur La polymérisation du styrène , il ressort que la kaolinite , la palygorskite et certains mélanges kaolinite - palygorskite- illite

- montmorillonite donnent des résultats satisfaisants.

- Les argiles kaolinitiques non modifiées ont un caractère semi -renforteur des gommés naturelles ; ce pouvoir est d'autant plus grand que les argiles utilisées sont pures et bien cristallisées. La teneur en kaolinite est favorable au semi-renforcement tandis que les teneurs en quartz et en mica lui sont défavorables.
- L'industrie papetière a connue depuis une cinquantaine d'années, un développement Considérable qui la place au premier rang des consommateurs de kaolins,. En papeterie l'utilisation se répartit entre les kaolins de masse, servant à améliorer les propriétés optiques de la trame cellulosique et les kaolins d couchage qui assurent la qualité et l'aspect esthétique de l'impression.Plus récemment



sont apparus les cartons couchés dans la fabrication d'emballages supports publicitaires.

- Les industries céramiques du bâtiment sont utilisatrices d'argiles kaolinitiques; les carreaux de grés céramique pare exemple sont soumis à des conditions d'utilisation particulières, on recherche alors une résistance mécanique élevée et une bonne régularité des produits.

II.12.4 Les méthodes d'études des minéraux argileux

Les matières argileuses sont caractérisées par la présence d'une proportion fines dont la taille supérieure est généralement fixée à $2\mu\text{m}$. Cette fraction est constituée par les minéraux argileux, mais on y trouve aussi des espèces dont les plus fréquentes sont la silice, des silicates non phylliteux, des oxydes, des hydroxydes cristallisés ou amorphes et des carbonates.

L'analyse des aluminosilicates comme les argiles nécessite l'association de plusieurs techniques, le rapport centésimaux des constituants majeurs (concentration supérieure à 0.1%) tels que SiO_2 ; Al_2O_3 ; TiO_2 ; Fe_2O_3 ; K_2O . Na_2O peuvent varier dans des proportions considérables ; aussi toute méthode générale d'analyse est difficilement applicable à la grande diversité de produits aluminosilicatés issus du sol.

Les traces ou les faibles quantités inférieures à 0.1% présentes dans ces minéraux (Mn, Cu; Zn); les sulfates et les chlorures), nécessitent des techniques analytiques appropriées, suffisamment spécifiques et directes pour qu'il y ait le minimum d'interférences dues au nombre important d'oxydes présents dans ces matières.

II.13 Rôle de l'argile calcinée

La structure amorphe de l'argile calcinée entre 600 et 850°C, lui acquiert des propriétés pouzzolaniques .Un remplacement d'un pourcentage du ciment portland dans les mortiers et les bétons peut être envisagée, car la rend capable de réagir avec la portlandite libérée par l'hydratation du ciment portland pour produire des hydrates de nature proche de ceux du ciment qui contribuent à l'augmentation de la résistance mécanique.

La calcination d'une argile constituée d'un réseau cristallin très désorganisé, conduit à de bonnes performances pouzzolaniques [22, 27, 28]. L'activité pouzzolanique augmente avec l'amorphisation des réseaux minéralogiques de l'argile calcinée.

II.14 Réactivité Pouzzolanique des argiles calcinées

Les argiles calcinées (déchet de briques) se distinguent par une vitesse de réaction plus rapide et par une réactivité plus élevée avec l'hydroxyde de calcium libéré par l'hydratation du ciment portland. [22, 28].



Les composés ainsi formés, par exemple, les C-S-H et les hydrates aluminosilicates [01,29] ont pour effet de diminuer la porosité des mortiers et des bétons, ce qui favorise la durabilité des ouvrages. La consommation de l'hydroxyde de calcium par le déchet de briques permet également de supprimer le phénomène des efflorescences. Dans un premier temps on a choisi de rappeler la définition et les méthodes de mesure de l'activité pouzzolanique Parmi celle-ci :

- Déterminations chimiques.
- Méthodes physiques (taux de vitrification des minéraux).
- Essais mécaniques et analyses chimiques.