



République Algérienne Démocratique et populaire Ministère  
De l'Enseignement supérieur et la Recherche Scientifique  
Université Larbi Tebessi Tébessa



Faculté des Sciences Exactes, des Sciences de la Nature  
et de la Vie

Département : Sciences de la Terre et de l'Univers  
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER

Domaine : Science de la Terre et l'Univers

Filière : Géoscience

Option : Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique  
Thème

## Synthèses bibliographique sur l'aléa retrait-gonflement en Algérie

Présenté par :

**BOUZID MOHAMMED IMED EDDINE**  
**MENACEUR YAAKOUB**

Devant le jury:

Dr.Mouici Redha	M.C.B	Université de Tébessa	président
Dr.Aoun Mounira	M.C.B	Université de Tébessa	Examinateur
Dr.Athmania Djamel	M.C.A	Université de Tébessa	rapporteur

Date de soutenance:23/06/2019

Note: mention :

## **Remerciements**

**N**ous tenons à exprimer nos plus sincères reconnaissances et toute nos sympathies à notre promoteur, Monsieur **Djamel Athmania**, qui a dirigé ce travail. Il a su nous guider habilement dans un sujet riche tout en accordant sa confiance.

Nous lui témoignons toute notre gratitude pour l'éclairage extérieur et plein d'intérêt, qu'il a apporté lors de nos discussions. Ses conseils avisés et la pertinence de ses analyses ont permis de faire avancer ce travail avec une grande efficacité ; son approche des questions scientifiques restera pour nous un exemple ; ses compétences et son enthousiasme scientifique ont été des sources permanentes de soutien et de motivation.

Et nous remercions **Djamel Athmania** une autre fois pour tout ce qu'il nous a apporté lors de l'élaboration de notre mémoire. Son goût profond pour une science claire et rigoureuse et son dynamisme nous ont beaucoup marqué.

Nous présentons nos profonds remerciements aux membres de jury qui ont bien voulu accepter d'examiner et de juger notre travail de recherche.

Nous remercions tous les enseignants, en particulier **Aoun Mounira**, qui ont contribué à atteindre cet objectif. C'est un grand honneur de faire partie de l'équipe de géologues.

## *Dédicace*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,  
leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs  
prières tout au long de mes études,*

*A mes chers frères, ..... pour leur appui et leur  
encouragement,*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au  
long de mon parcours universitaire,*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos  
vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien  
infaillible,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*Merci à tous mes amis présents ici pour leur  
soutien continu*

*Je mentionne particulièrement*

*(adel ,touta ,tiger ,housem)*

*Merci*

## Table des matières

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Table des matières.....	III
Liste de figures.....	V
Liste des tableaux.....	VI
Résumé.....	VII
Abstract.....	VII
ملخص.....	VII
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Phénomène de retrait-gonflement</b>	
I.1 Définition :.....	4
I.2 Description du phénomène de gonflement :.....	5
I.2.1 Le Gonflement Cristallin (Interarticulaire) :.....	5
I.2.2 Le Gonflement Interfoliaire (Intraparticulaire) :.....	6
I.3 Paramètres de gonflement :.....	6
I.3.1 Définition :.....	6
I.3.2 La pression de gonflement.....	7
I.3.3 Le gonflement libre.....	7
I.3.4 L'indice de gonflement.....	7
I.4 Retrait des sols gonflants.....	7
I.4.1 Essais de dessiccation pour la détermination de la limite de retrait conventionnelle...9	
I.4.2 Essais de dessiccation pour la détermination de la limite de retrait effective.....	10
I.4.3 Facteurs contrôlant la limite de retrait.....	10
<b>Chapitre II : Rappel sur la structure des argiles</b>	
II.1 Définition :.....	13
II.2 Formation des argiles:.....	13
II.3 Composition minéralogique des argiles :.....	13
II.4 Classification des minéraux argileux :.....	14
II.4.1 La Kaolinite.....	14
II.4.2 La Montmorillonite.....	14
II.4.3 L'illite.....	14
II.4.4 La Chlorite.....	14
II.4.5 Les interstratifiés:.....	14

II.5	Diffraction du rayon X (DFX) :.....	15
<b>Conclusion.....</b>		<b>18</b>
<b>Chapitre III: Résumés des thèses et articles sur le phénomène de retrait gonflement</b>		
III.1	Introduction .....	20
III.2	Résumés des thèses et articles sur le sujet retrait gonflement .....	20
III.3	Synthèses géologique et géotechnique .....	<b>31</b>
III.4	Récapitulation des travaux de recherche sur le sujet.....	<b>32</b>
III.5	Carte de la répartition des sols gonflants en Algérie.....	<b>35</b>
III.5.1	La répartition des sites étudiés : .....	<b>35</b>
III.5.2	Localisation et géologie des sites.....	<b>36</b>
<b>Conclusion Générale.....</b>		<b>38</b>
<b>Bibliographie.....</b>		<b>40</b>
<b>Annexes.....</b>		<b>44</b>

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Photos (a, b, c) montrant le risque et conséquences Du phénomène sur les structures .....	2
<b>Figure 02</b> : retrait gonflement du sol.....	4
<b>Figure 03</b> : Mécanismes de gonflement des argiles par hydratation.....	6
<b>Figure 04</b> : Différentes phases du retrait (Schubert, 1982).....	8
<b>Figure 05</b> : Courbe de retrait classique.....	9
<b>Figure 06</b> : Détermination des limites de retrait (a) conventionnelle sur le matériau argileux remanié et (b) effective sur le même matériau intact.....	10
<b>Figure 07</b> : Corrélation entre la limite de liquidité de différents sols argileux et la limite de retrait conventionnelle (Zerhouni 1991).....	11
<b>Figure 08</b> : Classification des potentiels de retrait du Building Research Establishment (1980).....	11
<b>Figure 09</b> : Photographie au microscope électronique à balayage des argiles (Mitchell, 1976).....	15
<b>Figure 10.1</b> : Diffractomètre aux Rayons X de système XPERT-PRO (Laboratoire Université El Manar, Tunis). 121.....	16
<b>Figure 10.2</b> : Diffractomètre bruker d8 advance.....	16
<b>Figure 11</b> : Localisation et géologie des sites étudiés.....	34

## Liste des tableaux

**Tableau 01:** Dimensions caractéristiques des minéraux argileux ..... 15

**Tableau 02 :** tableau récapitulatif des travaux de recherche sur le retrait-gonflement des argiles en Algérie.....30

## Résume :

Aujourd'hui le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux est devenu un sujet abordé lors de toute construction et ouvrage géotechnique, les différentes reconnaissances géologiques, géomorphologiques, géophysiques et géotechniques ont permis avec la cartographie à une échelle réduite de mieux cerner le problème et fournir au maître d'ouvrage un outil de décision indispensable pour tout ouvrage.

Dans le présent mémoire nous abordons ce sujet avec la collecte des travaux sur ce sujet avec une synthèse sur l'Algérie pour mieux visualiser la situation aux futures chercheurs dans ce domaine et leur donner un annexe bibliographique riche en documentation.

**Mots clé :** retrait-gonflement, sols argileux, synthèse

## Abstract:

Today the phenomenon of shrinkage-swelling of clay soils has become a subject addressed during all construction and geotechnical work, the various geological, geomorphological, geophysical and geotechnical investigations have allowed with mapping on a reduced scale to better identify the problem and provide the client with an indispensable decision tool for any work .

In this memoir, we discuss this subject with the collection of works on this subject with a synthesis on Algeria to better visualize the situation to the future researchers in this field and give them a bibliographical appendix rich in documentation.

**Keyword:** shrinkage-swelling, clayey soils, synthesis

## : ملخص

اليوم أصبحت ظاهرة تورم انكماش التربة الطينية موضوعاً تم تناوله خلال جميع أعمال البناء والأعمال الجيوتقنية ، وقد سمحت مختلف التحقيقات الجيولوجية والجيومورفولوجية والجيوفيزيائية والجيوتقنية بتحديد الخرائط على نطاق أقل لتحديد المشكلة بشكل أفضل و تزويد العميل بأداة قرار لا غنى عنها لأي عمل.

في هذه المذكرات نناقش هذا الموضوع مع مجموعة من الأعمال حول هذا الموضوع مع توليفة حول الجزائر من أجل تصور أفضل للباحثين المستقبليين في هذا المجال ووضعهم في ملحق بيليوغرافي غني بالوثائق.

**الكلمات الاستدلالية :** انكماش تورم ، التربة الطينية ، التوليف



# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'hydratation et la dessiccation des sols gonflants est la cause de nombreuses dommages dans le secteur de bâtiment et travaux publics, il s'agit de fissuration dans les éléments structuraux des bâtiments, des soulèvements dans les fonds des fouilles, des désordres dans les chaussées et des ruptures dans les conduites.

Jusque vers les années 1930 seul le phénomène de tassement était considéré comme cause géotechnique des dégâts des fondations, le bureau de réclamation des états unis (USBR) est le premier qui a mis l'accent sur le phénomène de gonflement, les études qualitative et quantitative du phénomène ne débiteront réellement qu'au début des années 1970 avec la communication de Huder et Amberg qui ont présenté la méthode de mesure des gonflements.

Les effets de gonflement se traduisent par des fissurations en façades, souvent obliques et passant par les points faibles qui constituent les ouvertures. Les désordres se manifestent aussi par des décollements entre les éléments jointifs, ainsi que par une distorsion des portes et fenêtres, une dislocation des dallages et des cloisons, et parfois la rupture des canalisations ce qui vient aggraver les désordres car les fuites d'eau qui en résultent provoquent des gonflements localisés.

Les maisons individuelles sont les principales victimes de phénomène de gonflement, voir figure 01 a, b et c ; ceci pour au moins deux raisons :

La structure légère et peu rigide de ces bâtiments, et surtout leur ancrage superficiel par rapport aux immeubles collectifs ;

L'absence des études géotechniques préalables qui permettraient l'identification de la présence des argiles gonflantes et de concevoir le bâtiment en prenant en compte le risque associé

La limitation de ces dégâts impose une meilleure reconnaissance des différents paramètres qui ont des relations directes et indirectes sur ces aléas. En effet plusieurs projets de recherche ont été réalisés par les géotechniciens afin de cerner certains paramètres.

Le phénomène de gonflement des argiles est un domaine assez complexe qui ouvre des opportunités de recherche très vaste vu la diversité des paramètres qui l'influencent.



**Figure 01** : Photos (a, b, c) montrant le risque et conséquences  
Du phénomène sur les structures (BRGM)

# **I. Chapitre I : Phénomène de retrait-gonflement**

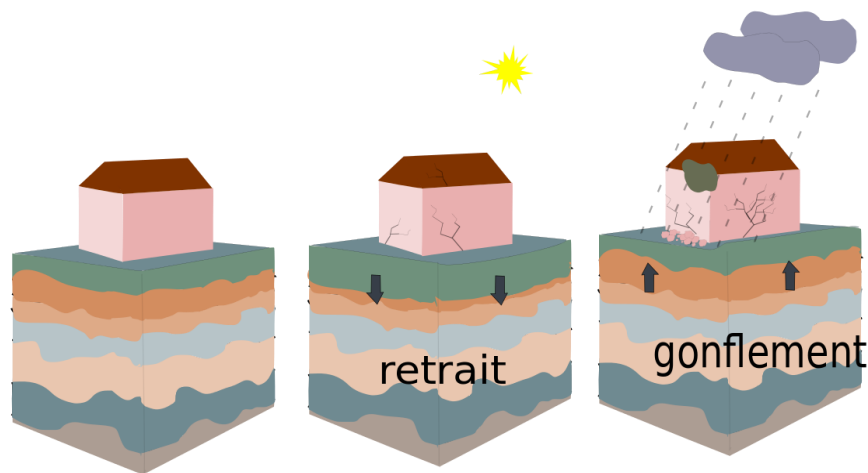
## Phénomène de retrait-gonflement

### I.1 Définition:

L'apparition du phénomène de retrait-gonflement dans la nature requiert deux types de facteurs :

- les facteurs de prédisposition (nature du sol, contexte hydrogéologique, végétation)
- les facteurs de déclenchement (évaporation, précipitation)

Les facteurs de prédisposition sont ceux dont la présence induit le phénomène de retrait gonflement ,mais ne suffisent pas à eux seuls à le déclencher.



**Figure 02** : Schéma simplifié de deux sources de désordre sur une maison construite dans fondations suffisantes sur un sol argileux

On distingue les facteurs internes qui sont liés à la nature du sol, des facteurs d'environnement qui caractérisent plutôt le site.

Parmi les paramètres de la nature du sol, la teneur en argile et la minéralogie du sol jouent un rôle important. Tous les minéraux argileux ne sont pas gonflants, et en fonction de leur force de liaison, de la distance entre leurs feuillets, de leur capacité d'absorption de l'eau, de l'attraction des cations par leurs particules, et de leur surface spécifique, ils sont plus ou moins gonflants. De multiples documents donnent la définition des argiles de manière détaillée (Mitchell ,1976).

Les facteurs environnementaux qui caractérisent le site rendent les argiles plus ou moins susceptibles de gonfler. Par exemple, un sol argileux dans un site avec un climat aride ou semi-

aride et tempéré ne se comporte pas de la même manière. Les principaux facteurs environnementaux qui ont un impact sur la stabilité d'une argile sont :

**a) Hydrogéologie** : la présence d'une nappe à faible profondeur permet généralement d'éviter la dessiccation de la tranche de sol superficielle;

**b) Climat du site** : il intervient également en contrôlant la teneur en eau des sols. En climat aride, les sols peuvent être stables pendant de très grandes périodes de sécheresse mais peuvent gonfler suite à de brefs et intenses épisodes pluviales. En climat tempéré, le sol est souvent proche de l'état saturé, et c'est pendant la période de sécheresse que le sol peut manifester une diminution importante de volume.

**c) Végétation** : son rôle est souvent prépondérant, les racines des végétaux aspirent l'eau du sol par succion, elles ne favorisent donc que le phénomène de retrait du fait de leur besoin en eau. Ce facteur peut être à la fois le facteur de déclenchement et le facteur de prédisposition. Zawalsko et Woziwodzki (2002) ont observé l'influence des arbres en fonction de leur âge pendant 20 ans. Ils ont constaté qu'à partir de l'âge où l'arbre devient adulte, il se comporte comme un facteur de déclenchement. De même, pendant la saison sèche les racines des arbres appliquent une succion plus importante afin de trouver de l'eau, et aggravent ainsi le tassement, alors que pendant une saison pluvieuse elles n'ont pas besoin d'appliquer une succion élevée. Les facteurs de déclenchement sont ceux dont la présence provoque un phénomène de retrait-gonflement, mais qui n'ont d'effet significatif que s'il existe des facteurs de prédisposition préalables (Vincent et al, 2006). On peut classer ces facteurs dans deux catégories générales : les phénomènes météorologiques et les facteurs anthropiques.

**Les phénomènes météorologiques** qui sont la principale cause du déclenchement du retrait-gonflement en influençant directement l'état hydrique du sol (évaporation, précipitation...). Quand l'évaporation est supérieure aux précipitations, le sol peut se trouver en déficit hydrique et se rétracter.

**Les facteurs anthropiques**, qui troublent l'évolution hydrique naturelle du sol, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains. En général, ils résultent de travaux d'aménagement comme un drainage réalisé à proximité immédiate de la maison ou encore la rupture d'une canalisation enterrée.

En résumé, pour que le phénomène de retrait-gonflement ait lieu, il faut deux paramètres : le sol gonflant comme facteur de prédisposition et la variation hydrique comme facteur de déclenchement.

## **I.2 Description du phénomène de gonflement :**

Le phénomène de gonflement est défini par plusieurs auteurs, la majorité dont Norrish (1954) considère qu'il se produit selon deux processus distincts : le gonflement cristallin (interarticulaire) dans le premier stade et le gonflement osmotique (interfoliaire) dans le deuxième stade.

### I.2.1 Le Gonflement Cristallin (Interarticulaire) :

Il est dû à l'attraction entre les particules d'argiles chargées négativement en surface et la charge positive des dipôles des molécules d'eau. Sur la surface des particules d'argile, se fixe une première couche d'eau dont les extrémités négatives attirent à leur tour une seconde couche et ainsi de suite. Mais l'orientation préférentielle des premières couches d'eau autour de la particule d'argile tend à diminuer pour les couches d'eau plus lointaines, la transition entre l'eau liée et l'eau libre interstitielle étant graduelle. Ce mécanisme existe pour tous les minéraux.

### I.2.2 Le Gonflement Interfoliaire (Intraparticulaire) :

Il résulte de l'introduction de molécules d'eau à l'intérieur des particules d'argile, entre les feuillets élémentaires. Les caractéristiques de ce gonflement dépendent essentiellement de la structure du minéral gonflant. Le gonflement devient notable lorsque l'eau peut pénétrer entre les feuillets d'argile et créer une juxtaposition de plusieurs couches monomoléculaires d'eau. Cela est le cas de la Montmorillonite qui est constituée de feuillets dont la distance interfoliaire est très variable.

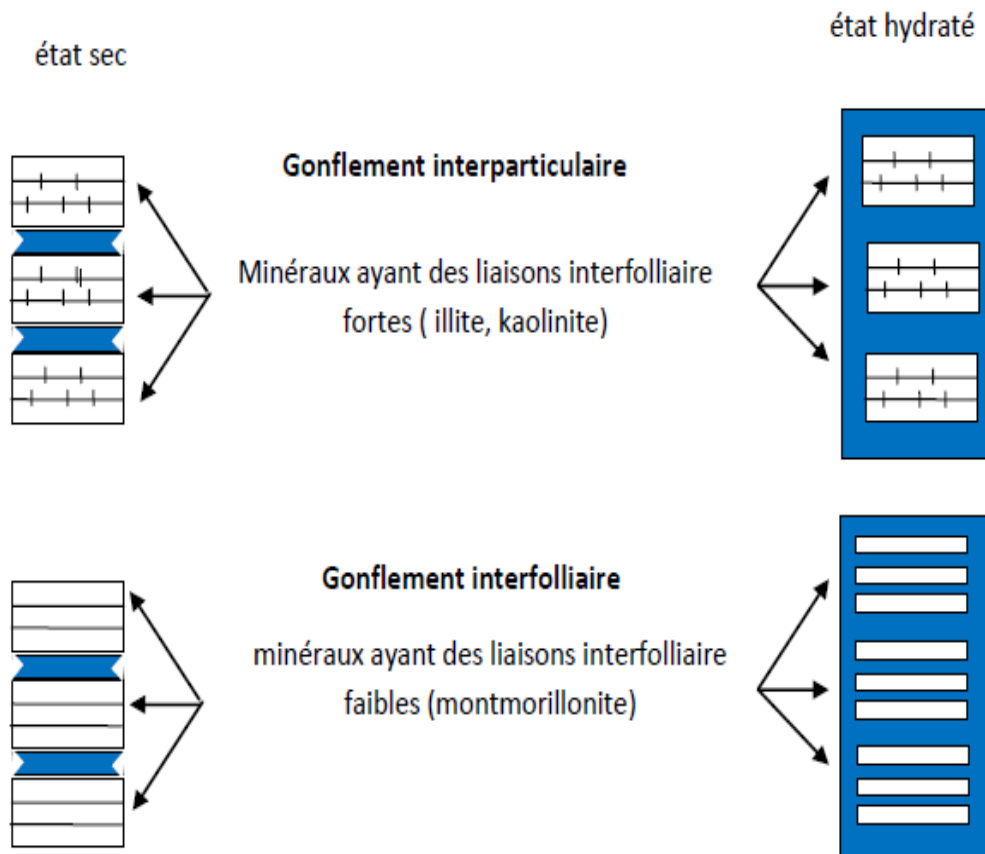


Figure 03 : Mécanismes de gonflement des argiles par hydratation

### I.3 Paramètres de gonflement :

#### I.3.1 Définition :

En toute rigueur, les paramètres mécaniques à déterminer pour caractériser les terrains gonflants ne sont pas les mêmes selon que l'objectif choisi est d'empêcher le gonflement, ou de s'assurer qu'il se produira de façon progressive ou périodique, ou de construire l'ouvrage après achèvement du processus de gonflement. Comme c'est déjà évoqué, les phénomènes physico-chimiques et les mécanismes intervenant à différentes échelles (auxquels se surajoutent d'éventuelles modifications de la structure du terrain pendant le gonflement) rendent très difficiles la caractérisation.

Cependant c'est l'approche macroscopique qui est la plus souvent adoptée pour caractériser les matériaux gonflants et quantifier le processus de gonflement. Cette approche fournit des paramètres macroscopiques directement applicables au dimensionnement des ouvrages de génie civil. (Bultel 2001 ; Mrad, 2005, Vincent et al. 2006). Dans la pratique trois notions (grandeurs) sont utilisées pour caractériser l'aptitude d'un sol au gonflement: la pression de gonflement, le gonflement libre et l'indice de gonflement. (Bultel, 2001 ; Vincent et al, 2006).

#### I.3.2 La pression de gonflement :

$\sigma_g$  Est définie comme étant **la pression**. Engendrer lors de l'hydratation d'un échantillon en condition confinée ; et peut être aussi définie par la pression qu'il faut exercer pour maintenir un échantillon à son volume initial avant l'adsorption d'eau. Cette définition de la pression de gonflement est la plus usitée mais elle n'est pas la seule (Bultel 2001 ; Mrad, 2005, Vincent et al. 2006).

#### I.3.3 Le gonflement libre :

$\varepsilon_g$  D'un élément de sol ou de roche, dont l'état physique initial est connu, est **la déformation maximale** que provoque l'imbibition de cet élément soumis à un état de contraintes nulles ou quasi-nulles (Bultel 2001 ; Mrad, 2005, Vincent et al. 2006).

#### I.3.4 L'indice de gonflement :

$C_g$  Traduit l'importance de la **déformation de gonflement** induit par un déchargement par rapport à un état de contraintes donné ; il est défini par la pente de la courbe  $e = f(\sigma)$  obtenue en déchargement lors d'un essai œdomètre classique (Bultel 2001 ; Mrad, 2005, Vincent et al. 2006).

### I.4 Retrait des sols gonflants :

Le retrait consiste en une diminution du volume du sol due à l'évaporation de l'eau présente dans ses pores. L'assèchement progressif du sol provoque des tensions capillaires et la formation de ménisques autour des particules du sol. Les tensions capillaires sont à l'origine de contraintes de cisaillement. Plus l'eau s'évapore, plus les tensions capillaires augmentent et plus le rayon des pores diminue (équation Jurin-Laplace). Parallèlement, la résistance à la traction du sol augmente. Quand cette résistance atteint les contraintes engendrées par les tensions



capillaires, le retrait s'arrête, le volume du sol ne diminue plus. La teneur en eau pour laquelle le retrait cesse correspond à la limite de retrait.

Pendant le drainage d'un sol on peut observer trois phases successives (Schubert, 1982). Dans la première phase, tous les macropores sont complètement saturés (Figure 04- a). La deuxième phase, appelée phase transitionnelle, commence au point d'entrée d'air due à l'évaporation de l'eau de surface des macropores. Le sol se désature et l'air entre dans les pores. En revanche, l'air sera enfermé dans les pores et quelques pores seront encore saturés (Figure 04-b). Dans la dernière phase, le sol ne peut plus perdre de volume, l'air occupe tout l'espace des macropores et l'état de volume constant sera atteint (Figure 04-c).

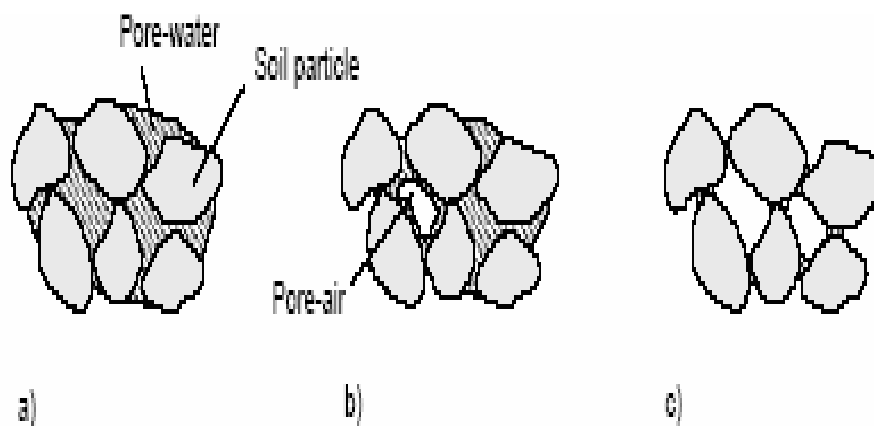
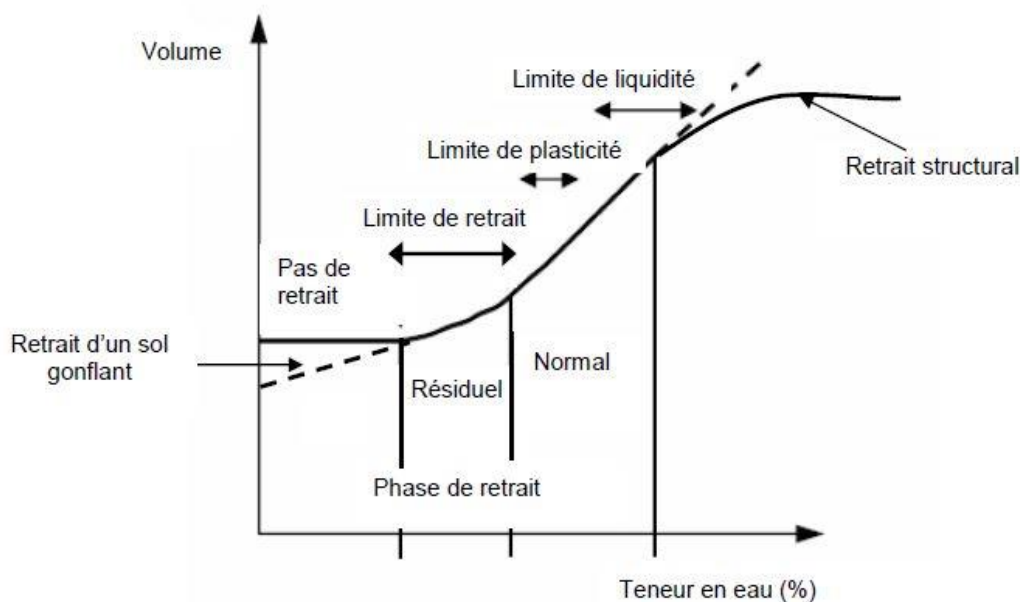


Figure 04 : Différentes phases du retrait (Schubert, 1982)

Le déroulement du retrait peut être décrit en trois phases, en fonction de la diminution du volume d'eau et de sol : retrait normal, retrait résiduel et absence de retrait qui sont montrés sur la courbe de retrait (Figure 05) (Haines 1923 ; Sposito 1973 ; Mc Garry & Daniells, 1987 ; Coughlan *et al.* 1991 ; Kim *et al.* 1992 ; Tripathy *et al.* 2002).

- Retrait normal : la diminution du volume du sol est égale au volume d'eau perdu; dans cette phase, le sol est toujours saturé et donc, l'air n'entre pas dans les pores.
- Retrait résiduel : une fois la limite de retrait atteinte, l'air entre et occupe les vides du sol (point d'entrée d'air), de telle sorte que la diminution du volume de sol est beaucoup plus faible que le volume d'eau perdue.
- L'absence de retrait : le volume du sol ne peut plus varier du fait de l'agencement des particules, mais l'eau continue de s'évaporer.



**Figure 05** : Courbe de retrait classique

Le retrait évolue de manière linéaire jusqu'à une teneur en eau définie comme la limite de retrait ( $W_R$ ). A partir de cette limite, le sol perd de l'eau sans grande variation de volume. On considère la limite de retrait comme l'intersection de deux segments présentant le retrait normal et l'absence de retrait. Le coefficient de retrait (RI) est égal à la pente de la droite du graphe qui représente la variation relative de hauteur en fonction de la teneur en eau (Figure 05).

Dans les sols naturellement structurés, il y a aussi une quatrième phase appelée retrait structural (Figure 05). Le volume d'eau perdu est supérieur à la diminution du volume de sol (Yule & Richie, 1990). Les sols restructurés n'ont pas cette étape (Bronswijk, 1988).

Pour les sols gonflants, les variations de volume continuent même pour les teneurs en eau inférieures à celles de limite de retrait (Figure 05).

Différents types d'essais de dessiccation (Philipponnat 1991, Biarez *et al.* 1988, AFNOR XP P94-060 parties 1 et 2) sont réalisés pour caractériser la déformation ou le retrait des sols argileux. Toutefois, ces essais ne conduisent pas toujours aux mêmes caractéristiques. En outre, certains essais tendent à disparaître, en raison de problèmes pratiques posés par leur mise en œuvre (par exemple, l'utilisation de produits dangereux comme le mercure).

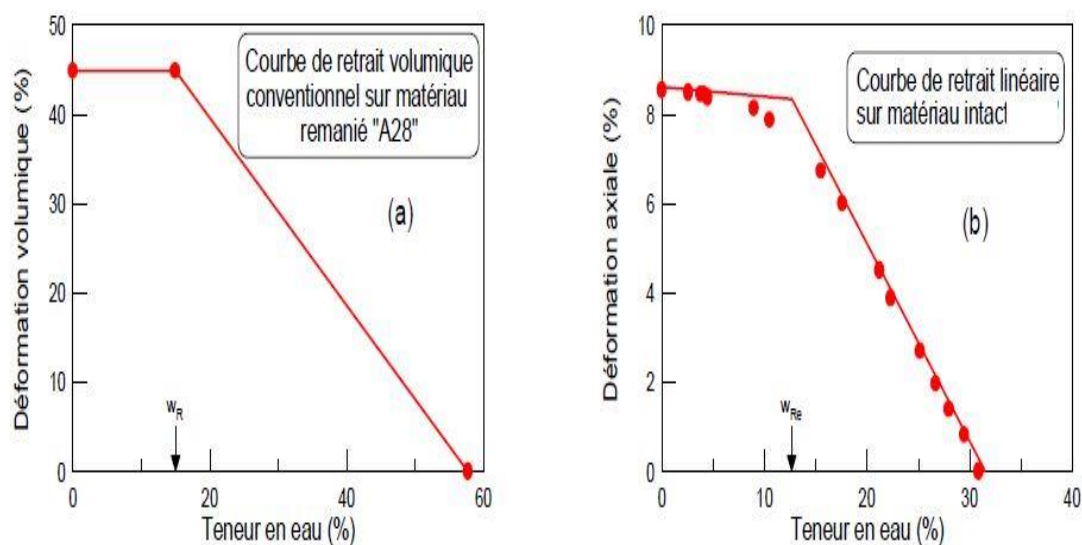
#### I.4.1 Essais de dessiccation pour la détermination de la limite de retrait conventionnelle

La description de cet essai est détaillée dans la norme expérimentale XP P94-060.1. L'essai consiste à préparer, à partir d'un échantillon de sol, une pâte constituée des éléments passant au tamis de 400  $\mu\text{m}$  et à soumettre des éprouvettes de volume initial connu de cette pâte à dessiccation à l'air libre, puis à l'étuve où une mesure du volume est faite. En postulant que ce volume est identique à celui qui correspond à la limite de retrait et que la variation de volume n'est due qu'au départ de l'eau pendant la dessiccation, il est possible de déterminer la limite de retrait conventionnelle.

#### I.4.2 Essais de dessiccation pour la détermination de la limite de retrait effective

La norme française XP P94-060.2 fournit le détail du matériel et du mode opératoire de l'essai. Cet essai consiste à mesurer la variation de hauteur d'une éprouvette cylindrique extraite d'un échantillon intact, disposée sur un bâti et soumise à dessiccation à l'air libre, puis à l'étuve. L'évolution de la variation de hauteur avec la teneur en eau représente la courbe de retrait à partir de laquelle la limite de retrait effective est déterminée.

Un exemple de mesure de la limite de retrait par les deux méthodes précédentes est donné sur la (figure 06).

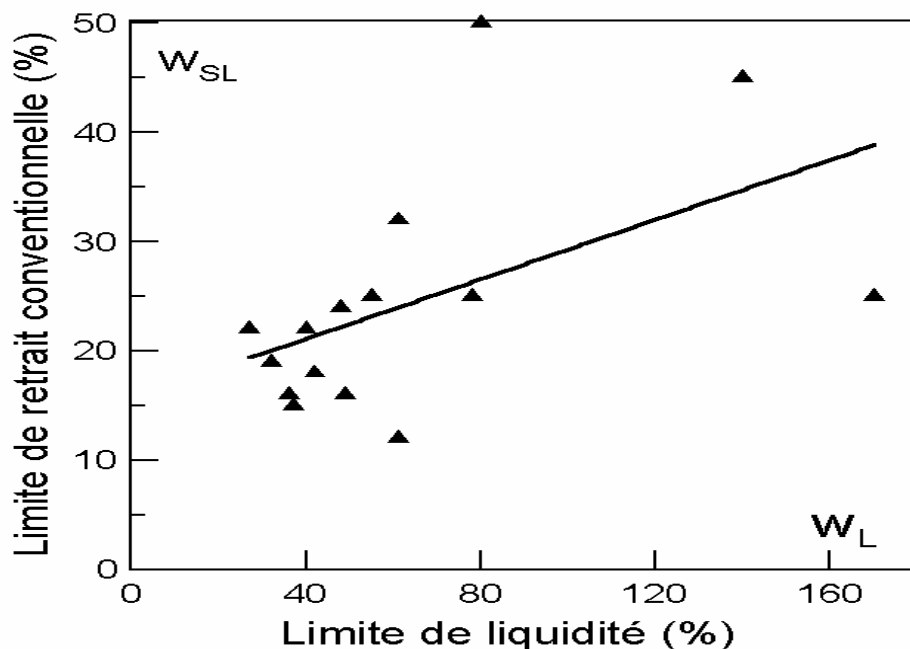


**Figure 06** : Détermination des limites de retrait (a) conventionnelle sur le matériau argileux remanié et (b) effective sur le même matériau intact

### I.4.3 Facteurs contrôlant la limite de retrait

Contrairement à la limite de retrait conventionnelle qui est déterminée sur un échantillon remanié et qui est donc indépendante de l'état initial du sol, la limite de retrait effective ou celle déduite de l'essai de drainage dépend fortement de l'état initial du sol et de son degré de consolidation (Figure 07).

Plus généralement, la limite de retrait est fortement liée à la plasticité du sol et croît avec la limite de liquidité bien qu'il semble que l'on ne puisse pas établir de relation directe entre les deux paramètres (Zerhouni, 1991). En 1980, le « Building Research Establishment » a proposé une classification des potentiels de retrait des sols argileux en fonction de leur teneur en argile et de leur indice de plasticité présentée sur la Figure 08. On peut donc dire que la limite de retrait d'un sol argileux sera liée aux mêmes paramètres que ceux qui définissent son potentiel de gonflement, parmi lesquels on peut citer : le pourcentage d'argile, la limite de liquidité ou l'indice de plasticité, la valeur au bleu de méthylène (VBS), la capacité d'échange cationique (CEC), etc.



**Figure 07:** Corrélation entre la limite de liquidité de différents sols argileux et la limite de retrait conventionnelle (Zerhouni 1991)

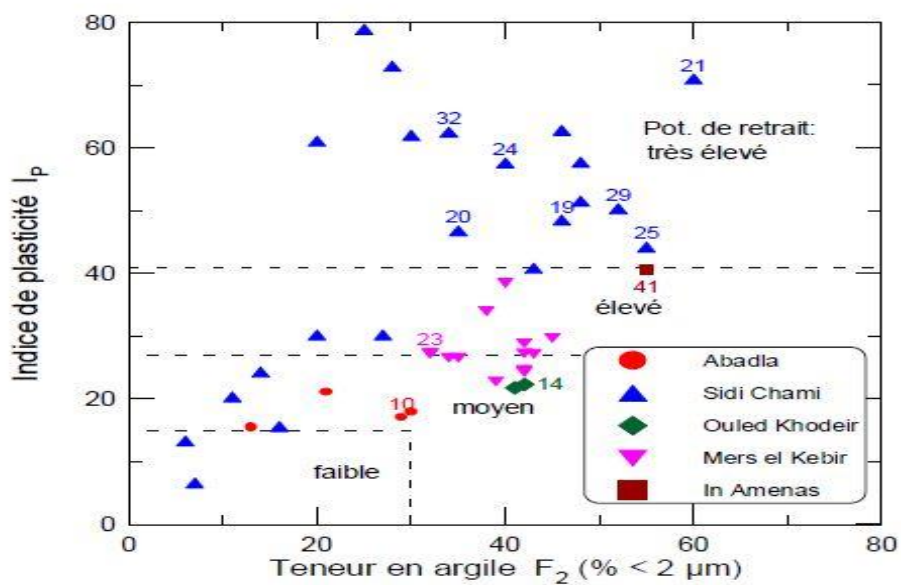


Figure 08 : Classification des potentiels de retrait du Building Research Establishment (1980)

## **II. Chapitre II: Rappel sur la structure des argiles**

## II.1 Définition :

L'origine du mot "argile" est la notion grecque « argilo » qui signifie blanc.

La définition des argiles est vaste, elle n'est pas la même dans la géologie, la géotechnique, et l'industrie ; elle peut désigner une famille de roche, un ensemble de particules minérales, une catégorie de sol, une classe granulométrique ou encore un matériau de construction.

Cette appellation générique englobe une variété de matériaux dont le facteur commun est de posséder des minéraux argileux qui sont de nature bien précise (à base de silicates) et dont leur structure les confère des propriétés bien spécifiques notamment leur interaction avec l'eau.

En mécanique des sols on définit la fraction argileuse d'un sol comme étant la teneur en particules dont le diamètre est inférieur à  $2\mu\text{m}$ . D'autre part le matériau est dit argileux s'il contient plus de 50% de minéraux argileux (avec une faible quantité de matière organique).

En faite, on peut appeler argile une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux, silicates d'aluminium en général plus ou moins hydratés qui présentent une structure feuilletée, capacité plastique, ou bien une structure fibreuse (capacité d'absorption).

## II.2 Formation des argiles:

Les argiles proviennent de l'altération, l'érosion et la dégradation des roches sédimentaire : l'altération physique sous l'effet des vents et les variations de température, et surtout altération chimique au contact de l'eau qui permet la dégradation en particules très fines.

Les conditions et les milieux dans lesquelles se produisent ces dégradations ainsi que leur état d'avancement peuvent justifier la grande diversité des argiles (Jackson&Sherman, 1953).

## II.3 Composition minéralogique des argiles :

La composition minéralogique des sols dépend directement de celle de la roche mère, l'altération peut cependant modifier cette composition (dissolution, réaction, échange).

Les minéraux argileux sont des substances cristallines dont l'origine est l'altération chimique de certains minéraux composant la roche mère. La famille des minéraux argileux regroupe tous les silicates hydratés appartenant au groupe des phyllosilicates. Sur le plan chimique, ce sont des aluminosilicates hydratés ajoutés à d'autres ions métalliques (Holtz et al, 1991) (Holtz W.G. et Gibbs H.J., 1991).

Ils sont composés de particules de formes aplaties et de dimensions infiniment petits, les cristaux ressemblent à des plaques minces ou plaquettes.

La formule chimique des minéraux argileux (cité par (Hafsi A. 1. 1993) est :



## II.4 Classification des minéraux argileux :

Les minéraux argileux sont des très petits cristaux colloïdal (de diamètre inférieur à  $2\mu\text{m}$ ) qu'on ne peut pas voire qu'au microscope électronique. Les cristaux ressemblent à des minces

plaques ou plaquettes constituées d'un empilement de feuillets à structure atomique répétée (Giroud et Could ; 1972).

Les liaisons de covalence et les liaisons atomiques assurent les liens rigides de feuillet élémentaire ; des liaisons moins fortes mais très importantes et essentielles assurent l'assemblage des feuillets élémentaires pour former des particules d'argiles qui comportent un nombre de feuillets plus ou moins important selon le type d'argile.

Les forces de liaison entre les feuillets sont principalement les forces d'attraction moléculaires de Van Der Waals (liaison faibles), la liaison hydrogène (dans le cas des argiles, elle se forme avec des atomes fortement électronégatifs, généralement c'est l'oxygène) et les liaisons dues aux substitutions isomorphes.

Malgré la simplicité apparente de la structure des argiles, on dénombre un très grand nombre de type qui se distinguent par les défauts liés aux substitutions isomorphes au moment de la formation. On distingue les minéraux argileux les plus courants suivants:

#### **II.4.1 La Kaolinite :**

$(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{Al}_4(\text{OH})_8$  :Elle est constituée d'une succession de couches alternées de feuillets en tétraèdre (silice) et de feuillet en octaèdre (alumine).

#### **II.4.2 La Montmorillonite**

$(\text{OH})_4\text{Si}_8(\text{Al}_{10/3}, \text{Mg}_{2/3})\text{O}_{20}, n\text{H}_2\text{O}$  :Elle est constituée de couche octaédrique insérée entre deux couches tétraédrique, elle est considérée comme un minéral 2/1.

#### **II.4.3 L'Illite**

$(\text{K}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Si}_8(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_4,6\text{O}_{20},(\text{OH})_4$ : C'est une composante importante des minéraux argileux, l'illite est un minéral de type 2/1 comme la montmorillonite. Cependant les espaces entre les feuillets sont liés par des ions de potassium qui créent un lien très fort entre les couches, plus fort que le lien hydrogène.

#### **II.4.4 La Chlorite**

$(\text{OH})_4(\text{SiAl})_8(\text{Mg}, \text{Fe})_6\text{O}_{20}$ : Elle est moins fréquente que les trois précédentes, elle est constituée de deux feuillets de Montmorillonite reliés par une couche d'hydroxyde de magnésium.

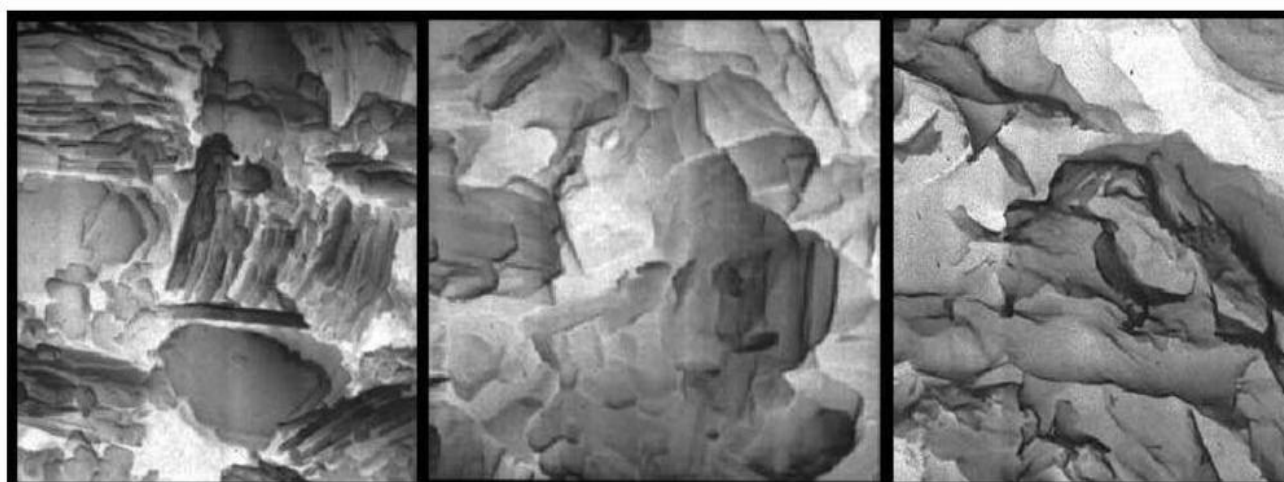
#### **II.4.5 Les interstratifiés:**

Ce sont des minéraux argileux dans lesquels alternent de façon plus ou moins régulière des feuillets de natures différentes ou, le plus souvent interfoliaires différents par exemple illite-montmorillonite, illite- chlorite.



**Tableau 01:** Dimensions caractéristiques des minéraux argileux

Nom	Type	Nombre de feuillets par particules	Diamètre d'une particule (Å°)
Kaolinite	1/1	100-150	1
Montmorillonite	2/1	1	0,1
Illite	2/1	10	0,3
Chlorite	2/1/1	1	0,1

**Kaolinite****Illite****Montmorillonite****Figure 09 :** Photographie au microscope électronique à balayage des argiles (Mitchell, 1976)

### II.5 Diffraction du rayon X (DFX) :

Il y'a des différents techniques analytique pour la caractérisation des minéraux argileux, ces techniques nous permettons d'obtenir la structure des minéraux argileux, l'un des ces technique ou méthodes, la méthode de diffraction (XRD), par un appareillage diffractomètre (figure 10.1 et 10.2), ont utilise cette méthode pour l'identification des minéraux argileux, l'avantage de cette technique est de connaître directement la structure cristalline des minéraux argileux.



**Figure 10.1** : Diffractomètre aux Rayons X de système XPERT-PRO (Laboratoire Université El Manar, Tunis). 121



**Figure 10.2** : Diffractomètre bruker d8 advance

**Conclusion**

A la fin de ce chapitre qui traite la théorie des argiles et les méthodes d'étude, on peut retenir qu'une argile peut contenir plus d'un minéral, ce qui traduit des familles de silicates dont la structure et le comportement peut influences notablement le phénomène de retrait gonflement.

# **III. Chapitre III: Résumés des thèses et articles sur le phénomène de retrait gonflement**

### III.1 Introduction :

Dans cette étude, nous allons essayer de rassembler, comparer et interpréter un ensemble d'études, de recherches et d'articles sur le phénomène retrait-gonflement en Algérie.

L'Algérie est un grand pays en termes d'espace, presque deux millions quatre cent mille kilomètres carré, et renferme plusieurs domaines géologiques, géographiques et climatiques. La mission d'étude du sol de tout le pays est une tâche difficile, cependant, plusieurs approches géologiques, géophysiques et géotechniques ont tenté de discuter ce phénomène.

### III.2 Résumés des thèses et articles sur le sujet retrait gonflement :

Dans cette partie, nous parlerons brièvement des études les plus importantes disponibles sur ce phénomène en Algérie avec quelques données bibliographiques.

#### Exemple 01 :

Titre : *Caractérisation et stabilisation de quelques sols gonflants*

Réalisé par : A.HACHICHI, J.-M. FLEUREAU

Éditeur : REVUE FRANÇAISE DE GÉOTECHNIQUE:

Nombre de page : (37/51)

Région d'étude : cinq sites différents dans plusieurs régions d'Algérie (Abadla , Ouled Khodeir , sidi Chami, Mersa El Kebir , In Amenas )

Nom d REVUE (n° + vol) : REVUE FRANÇAISE DE GÉOTECHNIQUE N° 86Fr trimestre 1999

#### Résumé :

« L'article présente un ensemble de mesures réalisées sur des argiles gonflantes provenant de cinq sites différents dans plusieurs régions d'Algérie, sur lesquelles on avait observé des désordres dans les constructions.

Dans la première partie, les matériaux ont été caractérisés du point de vue de leur minéralogie, de leurs dimensions et de leur plasticité, ce qui a permis d'établir un classement des potentiels de gonflement de chacun;

Les résultats très cohérents fournis par les cinq méthodes utilisées ont été confirmés par des mesures directes de gonflement libre et de pression de gonflement. Dans la deuxième partie, l'étude porte sur l'influence de différentes solutions salines sur le gonflement;

Les sels de calcium et d'ammonium, à des concentrations molaires supérieures ou égales à 0,5 M, en particulier, peuvent conduire à des réductions très importantes du gonflement, pouvant atteindre 80% avec certaines argiles. D'une manière générale, l'utilisation de tels traitements nécessite une étude spécifique pour chaque cas envisagé. »

**Mots clé:**

Argiles gonflantes, gonflement, pression de gonflement, stabilisation chimique, Algérie

**Exemple 02 :**

Titre : *Contribution à l'étude de gonflement des argiles en fonction de la nature d'eau (eau potable, eau de drainage et eau usée)*

Réalisé par : AMIEUR Abdenacer

Université : KASDI MERBAH

Département : D'hydrauliques et génie civil

Spécialisation : Géo-Matériaux

Date de présentation : 20 /05/2015

Nombre de page : (116)

Région d'étude : In Amenas et In Salah

**Résumé :**

« Les sols argileux sous l'effet d'arrivée et de départ d'eau sont soumis aux phénomènes de gonflement et de retrait, ces derniers jouent un rôle important dans la stabilité des ouvrages fondés sur ce type de sol. Ces phénomènes sont généralement gouvernés par plusieurs facteurs internes (lié au sol et ses caractéristiques intrinsèques) comme la minéralogie de l'argile et externes (reliée au milieu environnementale) tel que la nature d'eau d'hydratation. Des travaux de recherche ont étudié plusieurs paramètres influençant le phénomène de gonflement, ils sont souvent controversés vu la complexité du phénomène. Le présent travail est une contribution à l'étude de l'influence de la nature d'eau sur le gonflement des argiles. Le problème a été traité avec une approche expérimentale qui consiste à étudier le gonflement de deux types d'argile connus ;

L'argile d'In Amenas et celle d'In Salah, sous l'effet de quatre type d'eau prélevés de la nature ; eau distillée, eau de drainage, eau potable et eau usée. Les résultats obtenus ont montré que la nature d'eau d'hydratation a une influence sur les différents facteurs caractérisant le gonflement d'une argile, cette influence n'est pas proportionnel à chaque type d'eau mais elle est aussi lié à la minéralogie et la densité de l'argile. »

**Mots clé:**

Argile, gonflement, retrait, facteurs, interne, externe, eaux, nature, influence, expérimentale hydratation, minéralogie, densité.

**Exemple 03 :**

Titre : *Caractérisation minéralogique, physique et cartographie des sols gonflants dans le bassin de Tébessa, Impact sur le plan d'aménagement.*

Réalisé par : Aoun Mounira

Université : Mentouri de Constantine

Faculté : Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du territoire

Département : Département des Sciences Géologiques

Spécialisation : Géologie Structurale

Date de présentation : 06/06/2016

Nombre de page : (215 page)

Région d'étude : le bassin de Tébessa, (El Kouif)

### Résumé:

« La prévision du caractère gonflant d'un sol et l'estimation rapide des paramètres de gonflement est une considération à grand intérêt économique pour l'étude et la réalisation d'un projet. Elle permet de réduire le coût des travaux ainsi que la durée des travaux d'exécution du projet. La détermination du caractère du sol peut orienter sur de meilleures reconnaissances qui permettent le bon choix des types de fondation à adopter pour un site donné. Dans la région d'El Kouif, wilaya de Tébessa (Nord Est de L'Algérie), plusieurs édifices ont été bâtis sur des sols gonflants. A travers les sorties sur terrain et les observations des zones de construction à El Kouif, nous avons constaté que ce phénomène de retrait- gonflement des sols a mené vers d'énormes dégâts irrémédiables. Ces dégâts se caractérisent par des fissurations au niveau des murs, des affaissements affectant les pavements et les trottoirs et des tassements différentiels traduits par des déplacements très nets au niveau des joints dans les blocs. Les photographies faites sur terrain montrent que ces endommagements sont à différentes échelles.

Des essais de laboratoire ont été faits pour les sols de la région étudiée. L'analyse des résultats de ces essais a montré une variabilité assez large concernant les paramètres du sol. Cette variabilité est principalement due à la nature des sols et aux conditions des essais. Malgré ça, la classification géotechnique des sols par les différentes méthodes (modèles) a montré que les sols sont en général classés dans les domaines de gonflement élevé à très élevé.

La dégradation des différentes constructions dans la région peut aussi être liée à la présence des sulfates (gypse et anhydrite) avec un grand pourcentage dans les sols ce qui a été mis en évidence par les différents analyses du sol: analyse chimiques, les analyse d'absorption à la fluorescence et aussi les analyse par diffractométrie au rayon X. toutes ces analyse ont montré qu'en plus des minéraux argileux gonflant (smectite) qui sont abondant, les sulfates aussi existent en quantité considérable. D'un coté ils sont à l'origine d'agressivité des sols et d'autre coté, elles peuvent accentuer l'état des constructions par augmentation de volume lors de la transformation de l'anhydrite en gypse. La richesse des sols étudiés en sulfate peut être liée à l'historique de la région qui était le siège de l'ancienne mine de phosphate d'El Kouif. A cet effet, la détermination des caractéristiques de gonflement des sols et leur agressivité est l'objectif principal pour cette recherche. »

**Mots clé :**

Sols gonflants; retrait gonflement ; caractéristiques de gonflement; prévision de gonflement; Gypse; sulfate;

**Exemple 04 :**

Titre : *Minéralogie des argiles et phénomène de retrait-gonflement dans le bassin de mila*

Réalisé par : Athmania djamel

Université : Mentouri-constantine

Département : Des sciences de la terre

Date de présentation : 25/11/2010

Nombre de page : (172)

Région d'étude : Le bassin de mila (Nord constantinois)

**Résumé :**

« En Algérie, dans la wilaya de Mila, les argiles sensibles au phénomène retrait-gonflement sont très répandues. Cette sensibilité remet en question la pérennité des constructions et de la voirie. Elle est amplifiée par les déficits pluviométriques saisonniers qui atteignent des amplitudes maximales.

Afin de développer des actions de prévention de ces sinistres, nous présentons, dans ce travail, une cartographie des zones de susceptibilité au phénomène retrait-gonflement en adoptant une méthode mise au point par le B R G M pour cartographier plusieurs régions de France.

Cette méthode prend en compte trois caractéristiques quantifiables (lithologique, minéralogique et géotechnique) des formations argileuses identifiées dans le secteur d'étude. Chaque formation reçoit trois notes pour ces différents critères pris en compte. L'indice de susceptibilité constitue la moyenne des notes retenues pour chaque formation argileuse. La carte de susceptibilité est établie sur la base de cet indice avec trois classes : faible, moyenne, forte. »

**Mots clé :**

Argile, Retrait-gonflement, Susceptibilité, Cartographie, Minéralogie, Fondation, Mila.

**Exemple 05 :**

Titre : *Types de solutions de construction sur sols gonflants*

Réalisé par : Benmessaoud Ahmed

Université : KASDI MERBAH OUARGLA

Département : DE GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

Spécialisation : Construction Civile et Industrielle



Soutenue publiquement : le 30/06/2017

Nombre de page : (81)

**Résumé :**

« En raison de la grande diffusion des sols expansif et vue les dégâts énormes subi aux constructions installés sur ce sol, notre recherche mis en évidence sur ces sols à travers l'étude de leur composants chimiques et de leurs propriétés physiques et mécaniques, ainsi que

L'étude du phénomène du gonflement et de retrait et de leurs l'impact sur les installations et de proposer des solutions appropriées peuvent contribuer à la réduction de ces dommages. »

**Mots clé :** Gonflant, Argile, Gonflement, retrait, fondation, Puits forée, Pieux

**Exemple 06 :**

**Titre :** *Propriétés minéralogiques des argiles gonflantes de la wilaya de Mila*

Réalisé par : Djamel Athmania ; Abdelkader Benaïssa ;Mounir Bouassida

Colloque International Sols Non Saturés et Environnement « UNSATlemcen09 » Tlemcen, 27 et 28 Octobre 2009

Région d études : wilaya de Mila

**Résumé :**

« Les sols qui ont un pouvoir de gonflement existent dans plusieurs parties de l'Algérie. Mila, dans le Nord-est, est caractérisée géologiquement par une formation de schiste argileux du Miocène jusqu'au quaternaire. Le type de climat qui règne accélère le développement de ce type d'argiles par la dessiccation et le déficit d'eau du schiste argileux. Notre étude a pour objectif une caractérisation du sol et sous sol, non seulement d'un point de vue physico-mécanique, mais aussi une confrontation des ces résultats obtenus à ceux de la microscopie du MEB et des méthodes XRD. Afin de donner un aperçu sur les dégâts engendré par le comportement de ces sols nous exposons ici le cas du CW52. L'effet des conditions géologiques et environnementales sur le comportement des ces sols gonflant a été aussi pris en considération. »

**Mots clé :** grès, calcaire, montmorillonite, illite, kaolinite, intercalaire, vermiculite, chlorite gonflante

**Exemple 07 :**

**Titre :** *Cartographie numérique de l'alea retrait-gonflement des argiles dans le Nord Est de l'Algérie*

Réalisé par : HADJI R.(1), BAGHEM M.(2), LIMANI Y.(3), DEMDOUM A.(4) & BOUMAZBEUR A. (5).

Éditeur : Colloque International des Utilisateurs de SIG

Année d étude : 2012

Nombre de page : (685-695)

Région d'études : Souk Ahras (Nord Est de l'Algérie)

### Résumé :

« Le phénomène de retrait-gonflement provoque chez certaines formations argileuses une déclinaison irréversible de la qualité de ces sols. Elle se manifeste par des tassements différentiels, et des dommages affectant le bâti individuel, le réseau d'eau potable et d'assainissement, et la voirie... L'Algérie comme ces voisins Maghrébins n'est pas épargnée de ce sinistre, périodiquement amplifié par les déficits pluviométriques saisonniers principalement dus au changement climatique, et qui atteignent ces dernières années des ampleurs maximales. Chaque année les collectivités locales débourse des démesurés coûts de dégradation. Ces problèmes ont prescrit aux scientifiques l'exigence de mieux cerner le problème de toutes ses faces.

Souk Ahras fait partie des localités sensibles à cet aléa, les désordres ont pris une réelle ampleur lors des périodes sèches des années 93-94, 2000-2001, 2005-2006 et 2007-2008, 118 sinistres alloués à la sécheresse y ont été recensés, 10 sur 14 quartiers que compte la commune ont connus au moins une fois ce phénomène. Afin d'établir un constat objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, on a réalisé une cartographie de cet aléa à l'échelle de la commune, dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène.

Afin de développer des actions de prévention de ces sinistres. Notre étude vise l'établissement d'une cartographie synthétique des formations à dominante argileuse, à partir de la carte géol.77 en 1/50000. 17 formations ont ainsi été identifiées comme argileuses ou marneuses. Elles ont ensuite fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène. Cette classification a été établie sur la base des propriétés lithologiques, la combinaison minéralogique de sa phase argileuse (par diffractométrie au Rayon X), et son comportement géotechnique, ce qui a conduit à l'établissement d'une carte de susceptibilité à ce phénomène. Le recensement des sinistres en calculant, pour chaque formation sélectionnée, une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée, a permis après hiérarchisation de synthétiser la carte d'aléa interprétant la probabilité d'occurrence spatiale et temporelle du phénomène. Sur cette carte, les formations sont caractérisées par trois niveaux d'aléa (fort, moyen, et faible), conceptualisés respectivement en rouge, orange jaune, indiquant que 3,25 % de la superficie communale est classée en aléa fort ; 31,70 % en aléa moyen ; 61,48 % en aléa faible ; alors que 03,57 % de la surface correspond à des zones a priori non argileuses. Cette carte d'aléa retrait-gonflement, pourra servir d'outil réglementaire à des actions d'information préventive dans la commune. Elle peut aussi attirer l'attention des collectivités locales, sur la nécessité d'éviter au maximum l'urbanisation dans les zones soumises à cet aléa. »

### Exemple 08 :

Titre : *approche des études géotechniques liées à la pathologie des ouvrages : étude de cas*

Réalisé par : Hanane HAZMOUNE

Université ; Mentouri Constantine

Département : Génie civil

Spécialisation: Mécaniques des matériaux, des sols et des structures

Région d'étude : wilaya de mila

**Résumé :**

« Le mémoire présente les premières mesures géotechnique réalisées sur des argiles gonflantes d'une formation géologique plio-quadernaire et provenant d'un site sinistrés d un quartier de la ville de mila

Dans le premier partie je ce travail. La formation géologique argileuse est détaillée du point de vue lithologique. Les sols argileux ont été caractérisées du point de vue de leurs paramètres géotechniques les plus faciles à obtenir en laboratoire (plasticité, valeur de bleu, teneur en argile été) on en déduit un classement de leur potentiel de gonflement et de retrait pour chacun des sites étudiés

Dans la deuxième partie, les paramètres géotechniques sont confrontés aux résultats obtenus par la microscopie à balayage et la diffraction des rayons X. »

**Exemple 09 :**

Titre : *Caractérisation du Potentiel de Gonflement de l'Argile de la Région d'Abadla – Guir Lotfi*

Réalisé par : MOKEDDEM Y, BERGA

Nom d REVUE (n° + vol) : Journal of Science Research N 1, Vol. 1

Publié : le 10 décembre 2011

Nombre de page : (42-47)

Région d'étude : d'Abadla (Guir Lotfi) au Sud-ouest d'Algérie

**Résumé :**

« Dans cet article, nous présentons les résultats obtenus par l'étude expérimentale d'identification et de caractérisation de l'argile de la région d'Abadla (Guir Lotfi) au Sud-ouest d'Algérie. Cette étude nous permet d'estimer le potentiel de gonflement causé par ce sol. En passant par un résumé de phénomène de gonflement et ces dégâts considérables au niveau des différents types de structures. »

**Exemple 10 :**

Titre : *Analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes.*

Réalisé par : MEDJNOUN Amal

Université :Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou

Département : Génie Civil

Spécialisation : Géotechnique

Soutenue publiquement le : 24/06/2014

Région d'étude : Médéa. Tesmsilt. Boumardes nord-centre Algérie

### Résumé :

« Dans ce travail de thèse, de nouveaux sites algériens ont fait l'objet d'étude et d'analyse. Cette étude comporte essentiellement : d'abord, une caractérisation géologique, climatologique, minéralogique de plusieurs sites suspectés gonflants dans le nord-centre algérien, puis, une étude estimative du potentiel de gonflement des différents sites, suivie par une analyse de la cinétique de gonflement, l'effet de trois procédures d'essais sur le potentiel de gonflement ainsi que l'influence des paramètres d'états. Enfin, l'étude du comportement des argiles gonflantes intactes sous l'effet des sollicitations cycliques mécaniques et saisonnières, en adaptant deux modes de saturation ; par capillarité et par infiltration. Des observations au MEB sont aussi effectuées sur des échantillons ayant subi un cycle de retrait-gonflement. L'étude se base sur une banque de données géotechnique importantes comportant des essais d'identification et des essais de gonflement réalisés à l'oedomètre. Les résultats de la caractérisation géologique, climatologique, minéralogique annoncent la présence du risque de gonflement des argiles étudiées, ce dernier est confirmé par la suite par l'étude estimative et géotechnique de potentiel de gonflement dans les différents sites. L'analyse du comportement a mis en évidence la présence de la succion au moment de la mise en contact du sol avec l'eau, d'une part, et la dépendance du potentiel de gonflement des contraintes intérieures et extérieures, d'autre part. Une écriture simplifiée des modèles empirique estimative du potentiel de gonflement est résulté de cette analyse. Le sol se comporte différemment selon le mode de saturation et il subit des modifications importantes sous l'effet des différentes sollicitations dans le but d'atteindre une nouvelle stabilité. »

**Mots clé** ; Sols gonflants, cinétique de gonflement, macro et microstructure, sollicitations cycliques.

### Exemple 11 :

Titre : *Prévision du gonflement des argiles d'In-Amenas*

Réalisé par : H. MOBAREK-HAMEL

Éditeur : 20ème Congrès Français de Mécanique Besançon, 29 août au 2 septembre 2011

Année d'étude: 2011

Région d'étude : d'In-Amenas

### Résumé :

« Cette communication propose d'analyser l'apport d'une nouvelle approche de prédiction du gonflement/retrait d'un sol, appliquée au cas des argiles d'In-Amenas. Cette

approche, explicitée dans la méthode de Kovar et Lytton (2002) fourni des résultats qui sont comparés aux résultats auxquels aboutissent d'autres méthodes et aux résultats expérimentaux. »

**Mots clé :** Prédiction, gonflement/retrait, méthode, In-Aménas.

**Exemple 12 :**

Titre : *Caractérisation des argiles expansives*

Réalisé par : Mohamed khemissa, Lakhdar mekki

Université : M'sila

Département : Département des Sciences Géologiques

Laboratoire de Développement des Géo matériaux

Éditeur : Laboratoire des Travaux Publics du Centre (Antenne de M'sila, Algérie)

Date de présentation : 9-11 février 2007 Nombre de page :

Région d études : Sidi Hadjres de l M'SILA (ALGERIA)

**Résumé :**

« Cet article présente et analyse les résultats des essais d'identification, de compressibilité, de gonflement et de dessiccation de quelques échantillons de sols prélevés sur le site urbain de Sidi Hadjres (wilaya de M'sila, Algérie). Il montre que les valeurs des paramètres déduits de ces essais sont concordantes et conclut au caractère très gonflant des sols étudiés. »

**Mots clé:** argile expansive – oedomètre – compressibilité – gonflement – retrait

**Exemple 13 :**

Titre : *Comportement des ouvrages dans les argiles expansives d'In-Aménas*

Réalisé par : Zohra. DERRICHE, L.IGUECHTAL, M. TAS

Nom d REVUE (n° + vol) : REVUE FRANÇAISE DE GÉOTECHNIQUE, N° 89 4e trimestre 1989

Année d étude : 1989

Nombre de page : (55/63)

Région d étude : In-Aménas

**Résumé :**

« La présence d'argile gonflante cause de sérieux problèmes dans les régions à climat aride. Dans ces régions l'argile se trouve dans un état de dessiccation tellement poussé que l'apport d'une infime quantité d'eau peut libérer une énergie faramineuse capable de provoquer des sinistres importants dans les constructions. En Algérie les argiles gonflantes constituent un handicap majeur pour le développement des régions du Sud, d'autant plus que ces dernières renferment l'essentiel des ressources pétrolières du pays. On rapporte dans cet

Article l'expérience de désordres du gonflement vécue dans la région d'In-Aménas. On présente la région dans ses contextes environnemental et géomorphologique puis on analyse le comportement de quelques ouvrages affectés par le gonflement du sol. On termine en inférant quelques recommandations relatives à la réalisation de constructions dans la région. »

**Mots clé :** argile, gonflante, environnemental,

**Exemple 14 :**

Titre : *Stabilisation des sols gonflants*

Réalisé par : Zeyneb belabbaci

Université : aboubekr belkaid tlemcen

Département : Génie civil

Faculté : Des sciences de l'ingénieur

Formation doctorale : Sols et structures

Soutenue en novembre 2014N

Région d'étude : le groupement de Tlemcen-Mansourah ,Région de Maghnia

**Résumé :**

« Le phénomène du gonflement des sols a été connu pour environ aussi longtemps que le domaine de la géotechnique a été pratiqué. Pendant que la construction croissait dans des régions arides et humides, les problèmes associés au gonflement et aux sols craintifs ont commencé à susciter plus d'attention, une qualité significative de recherche a commencé à se concentrer sur les sols expansifs). L'Algérie est pleinement concernée par le problème des argiles gonflantes qui sont présentes dans les différentes régions du pays. Le phénomène de gonflement affecte chaque année diverse types de structures (Bâtiments légers, chaussées, etc....) causant des désordres considérables qui imposent des reprises en sous œuvre très coûteuses et dont la réalisation n'est souvent pas maîtrisée.

L'intérêt de notre contribution réside dans la valorisation des matériaux locaux, par une approche expérimentale de stabilisation vis a vis de gonflement (pression et amplitude).il s'agit de mettre en évidence l'apport de lait de chaux ainsi le KCl et le  $MgCl_2$  dans le domaine

Les résultats obtenus sur les échantillons provenant de Tlemcen ont permis de constater que la stabilisation par l'ajout de lait de chaux modifie les caractéristiques physico-chimiques du sol et la résistance de compression et donne des résultats tout à fait satisfaisants en réduisant considérablement le phénomène de gonflement. L'influence des solutions salines, leurs concentrations, leur valences et tailles sur l'amplitude de gonflement a été très significative. »

**Mots clé :** Argile, lait de chaux, gonflement, pression de gonflement, stabilisation, sels minéraux.

**Exemple 15 :**

Titre : *Prévision du gonflement des argiles d'In-Aménas*

Réalisé par :

Éditeur : Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées

RÉF. 3865

Année d'étude : 1998

Nombre de page : (15/23)

Région d'étude : In-Aménas

**Résumé :**

« Le gonflement d'éprouvettes d'argile d'In-Aménas sous des charges supérieures à la pression verticale naturelle a été comparé aux prévisions de neuf modèles donnant les amplitudes de gonflement en fonction de paramètres géotechniques élémentaires (indice de plasticité, teneur en eau naturelle, limite de liquidité, poids volumique, activité, Indice de retrait, profondeur de prélèvement). L'étude montre que les prévisions doivent être effectuées de préférence avec des relations calées sur le comportement des argiles du site, plutôt que d'utiliser des relations provenant d'autres régions et d'autres argiles. »

**Mots clé :** Argile - Gonflement (sol) - Prévision - Éprouvette - Modèle mathématique - Charge - Caractéristiques - Algérie.

**Exemple 16 :**

Titre : *Etude Des Phénomènes Retrait- Gonflement Et Stabilisation Des Sols Gonflants*

Réalisé par: S. DJOUIMAA, M.SID, S.MISSAOUI, H.HOUAM

Éditeur : 13ème Congrès de Mécanique 11 - 14 Avril 2017 (Meknès, MAROC):

**Résumé :**

« La sécheresse qui a sévi en Algérie ces vingt dernières années a fait subir aux bâtiments construits sur des sols gonflants des dommages considérables. Nous nous sommes intéressés au comportement de ces sols pour réduire leur gonflement.

Deux types de stabilisation ont été utilisés: le ciment et la chaux, la stabilisation par la chaux, et le ciment a conduit à des changements considérables dans le comportement du sol. L'intérêt se porte actuellement sur l'étude des limites d'atterberg et les paramètres de cisaillement du sol avant et après stabilisation.

Cette étude est sans doute une contribution importante à la compréhension du phénomène du retrait -gonflement. »

**Mots clé :** Sol gonflant, ciment, chaux, gonflement, stabilisation

### III.3 Synthèses géologique et géotechnique :

Si le premier article donne une caractérisation des argiles De point de vue absorption des différents sels et leur effet Sur le comportement des argiles.

Alors le deuxième article Prend en considération le type d'eau, soit potable ou usée Ou autre et son effet sur le comportement géotechnique.

Le troisième article présent l'intérêt économique d'une Étude géotechnique préalable avant projet qui peut nous Évite des dégâts importants.

Le quatrième donne la méthodologie à suivre pour une étude De retrait gonflement et cite la méthode BRGM comme Référence.

Le cinquième article Prend en considération la composition chimique et propriété physique et mécanique et en plus basé bien d'un côté géotechnique, et donne les impacts et la solution pour réduire les dégâts sur les constructions.

Le sixième article apporte que la climatologie est un grand facteur pour l'accélération du gonflement et donne des propriétés et des caractérisations du sol gonflant a base des méthodes de MEB et XRD.

Le septième article dit que les propriétés lithologique et géotechnique sont importante pour faire un niveau de l'aléa retrait gonflement (fort, moyen, faible) sur une carte qui nous permettent d'éviter l'urbanisation sur ces zones d'aléa.

Le huitième article classifié les sols gonflant avec leur formation géologique et lithologique et beaucoup plus à leur paramètre géotechnique (plasticité, valeur de bleu).

Neuvième article présente les dégâts causés par le phénomène de retrait gonflement au niveau des structures à base des résultats des essais géotechnique sur l'argile.

Dixième article Le travail réalisé consiste, d'une part, en une caractérisation géologique, climatologique, hydrique, microstructurale et géotechnique de quelques argiles et marnes algériennes ainsi que l'estimation de leur potentiel de gonflement ; et d'autre part, en une analyse de la cinétique de gonflement et des essais cycliques de séchage humidification couplés à la variation de la température dans l'étude du comportement et l'évolution de la structure argileuse dans le temps.

Onzième article : L'analyse de la méthode de « Covar et Lyton », a montré que celle-ci, utilise les paramètres géotechniques de granulométrie et de plasticité pour l'estimation de certains coefficients nécessaires à l'établissement des abaques de caractérisation du sol. Telle la plupart des méthodes de prédiction du gonflement, l'activité argileuse est un paramètre déterminant dans l'évaluation de la prédisposition du sol à changer de volume.

Douzième cet article présente une argile marneuse et très plastique avec leur caractéristique géotechnique très élevé qui a prouvé que cette argile marneuse est très gonflante.



Treizième article présente que le climat aride C est un grand facteur sur les argiles gonflant à la présence d'une faible quantité d'eau qui stimuler le gonflement, et donne des recommandations pour éviter les dégâts des structures dans les zones aride.

Quatorzième article donne des solutions chimiques qui peut réduire le phénomène de retrait gonflement et accordé à la stabilité du sol gonflant, par l'ajout de lait chaux ou des sels comme le KcL et MgCl<sub>2</sub>.

Quinzième article : L'étude rapportée dans cet article a permis d'analyser neuf modèles couramment utilisés pour prévoir le pourcentage de gonflement des sols, en les appliquant aux sols gonflants d'In-Aménas.

Seizième et le dernier article cite deux types de stabilisation, ciment et la chaux et leurs impacts dans la stabilisation du sol par implication D'étude de la limite d'atterberg et les paramètres de cisaillement.

#### III.4 Récapitulation des travaux de recherche sur le sujet

Nous avons collecté environ Vingt-cinq études sur seize sites différents Relatives à ce phénomène De différentes régions du pays De l'Est, de l'Ouest, du Nord, du Sud et du centre de l'Algérie.

Dans ce travail de mémoire de fin d'étude nous avons pris en considération ces études afin de faire une synthèse bibliographique sur le phénomène étudié, rappelons que ces études et rapports rédigés par des chercheurs et bureau d'études qui ont bien cerné le problème géotechnique et dans ce qui suit nous allons essayer de récapituler ces travaux dans un tableau qui mentionne :

- Le nom de l'auteur
- Le titre ou l'intitulé du sujet
- L'année d'apparition de l'article ou le rapport
- La région d'étude.

**Tableau 02 :** tableau récapitulatif des travaux de recherche sur le retrait-gonflement des argiles en Algérie

<b>Le nom de l'auteur</b>	<b>Le titre ou l'intitulé du sujet</b>	<b>L'année d'apparition de l'article ou le rapport</b>	<b>La région d'étude.</b>
AMIEUR Abdenacer	Contribution à l'étude de gonflement des argiles en fonction de la nature d'eau (eau potable, eau de drainage et eau usée)	20 /05 / 2015	In Amenas ; In salah

A.HACHICHI + M. FLEUREAU	Caractérisation et stabilisation de quelques sols gonflants d'Algérie	1999	In Amenas ; ouled khodeir ;sidi chami ; mersa el kbir ; abadla
H. MOBAREK-HAMEL	Prévision du gonflement des argiles d'In-Amenas	2011	In Amenas
Zohra.derriche , M.tas ,L.iguechtal, Mustapha.kebaili	Comportement des ouvrages dans les argiles expansives d'In-Aménas	1989	In Amenas
MOKEDDEM Y.BERGA A.	Caractérisation du Potentiel de Gonflement de l'Argile de la Région d'Abadla – Guir Lotfi	10 December 2011	Abadla – Guir Lotfi bachar
Aoun Mounira	Caractérisation minéralogique, physique et cartographie des sols gonflants dans le bassin de Tébessa, Impact sur le plan d'aménagement.	06/06/2016	El Kouif (Tébessa)
Le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est (L.T.P.E)	Rapport détaillé sur la construction d'un Siège De Subdivision Des Travaux Publics à EL-KOUIF, wilaya de TEBESSA.	2010	El Kouif (tebessa)
Hanane HAZMOUNE	Approche des études géotechnique liées a la pathologie des ouvrages : étude de cas		MILA (NORD CONSTANTINOIS)
Athmania djamel — Abdelkader Benaissa ** — Mounir Bouassida	Géologie et géotechnique de quelques formations superficielles du Nord-Ouest Constantinois, Algérie	2011	MILA (NORD CONSTANTINOIS)
Atmania Djamel	Minéralogie des argiles et phénomène de retrait - gonflement dans le bassin de mila (Nord Constantinois)	25/11/2010	Mila ( Nord Contantinois )
BENMESSAOUD Ahmed	Types de solutions de construction sur sols gonflants	30/06/2017	

HADJI R., BAGHEM M, LIMANI Y, DEMDOUM A & BOUMAZBEUR A.	Cartographie numérique de l'alea retrait-gonflement des argiles dans le Nord Est de l'Algérie	23-24 May 2012	Souk-Ahras
Houda Mahtali			Souk-Ahras
MEDJNOUN Amal', BAHAR Ramdane' & KHIATINE Mohamed'	Caractérisation et estimation du gonflement des argiles algériennes, cas des argiles de Médéa	2014	Médéa
A.HACHICHI S.A.BOUROKBA, A.BENAISSA, J.M FLEUREAU, M. HATTAB, S. TAIBI	Etude des phénomènes retrait- gonflement et stabilisation des sols gonflants de la région d'Oran	24-28 août 2009	Oran
MEDJNOUN Amal	Analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes.	24/06/2014	medea. Tesmsilt. Boumardes(nord- centre algérie)
Mohamed KHEMISSA, Lakhdar MEKKI	Caractérisation des argiles expansives DE M'SILA (ALGERIE)	9-11 février 2007 – Tunisie	Sidi Hadjres de l M'SILA
Zeyneb BELABBACI	STABILISATION DES SOLS GONFLANTS	novembre 2014	MAGHНИЯ
AISSIOU. F.Z + NECHNECH	Retrait- gonflement des marnes argileuses d'Alger « étude d'un risque naturel »	23-25 Novembre 2011	Chéraga et Ouled Fayet
Zineb BELABBACI+ Sidi Mohamed AISSA MAMOUNE + Abdelmalek BEKKOUCH	Stabilisation d'un sol gonflant par l'ajout de lait de chaux.	2011	Tlemcen (Mansourah Boujlida, Boughara et la bentonite de Maghnia )
Abdelkader DJEDID	L'Identification des sols gonflants : Pour une démarche	????	Tlemcen

	unifiée.		
Mazouz badis	Modélisation par élément finis d'une semelle filante Flexible soumise a l'action des sols argileux gonflant		

### III.5 Carte de la répartition des sols gonflants en Algérie

#### III.5.1 La répartition des sites étudiés :

Les études qui ont été réalisés sur plusieurs sites et qui forment l'essentiel de notre investigation et recherche se concentrent comme suit :

En tout nous pouvons conclure que le nombre de recherches consultée pendant la préparation du mémoire de fin d'étude sont au nombre de vingt-cinq études réparties sur seize sites différents du pays

- cinq (05) études au Nord-centre de l'Algérie
- sept (07) études au Nord-est de l'Algérie
- quatre (04) études au Sud-est de l'Algérie
- une (01) étude au Sud de l'Algérie
- deux (02) études au Sud-ouest de l'Algérie
- quatre(04) études au Nord-ouest de l'Algérie

III.5.2 Localisation et géologie des sites.

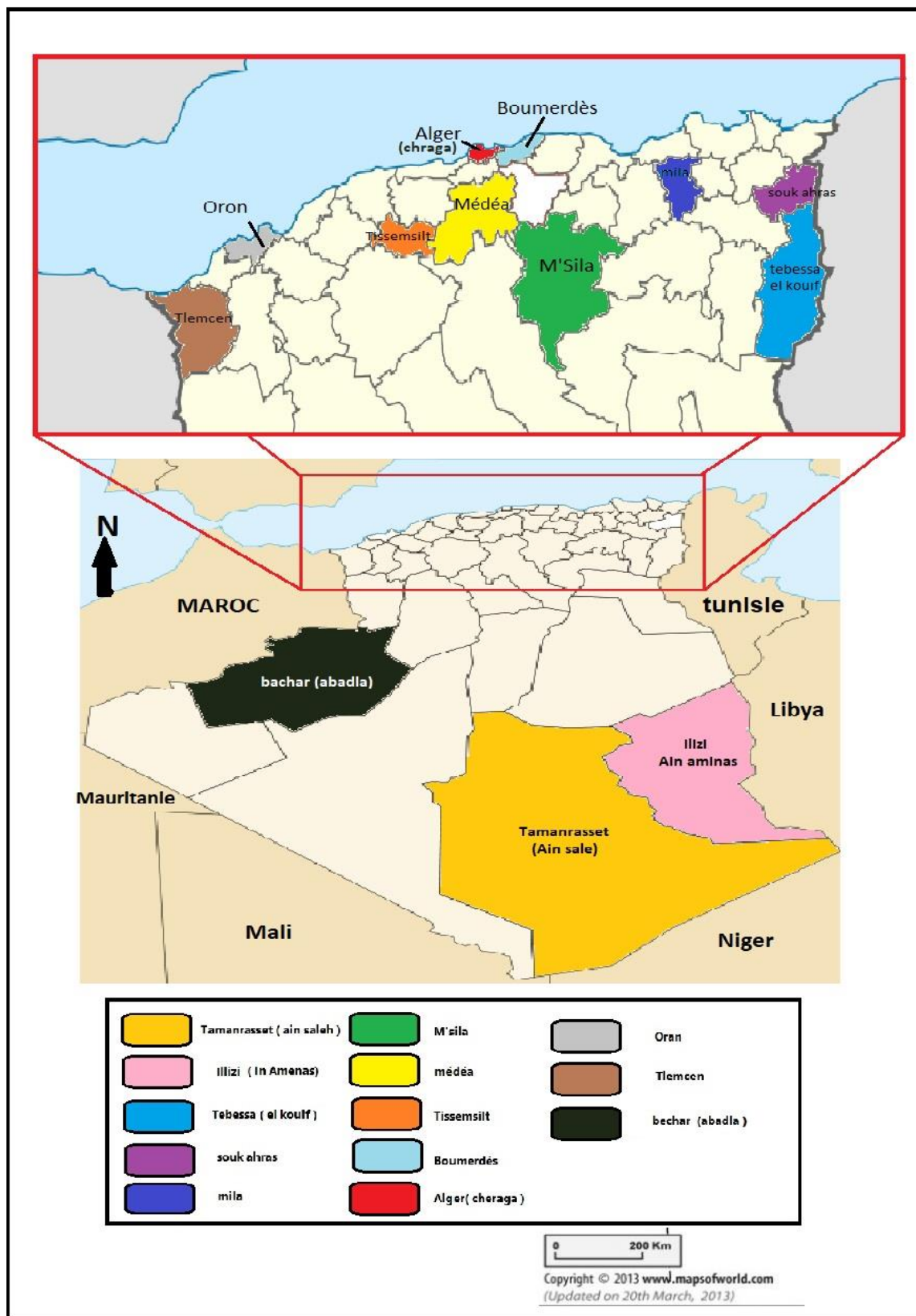


Figure 11 : Carte de la répartition des sites étudiés des sols gonflants en Algérie

# **CONCLUSION GENERALE**

### Conclusion générale et perspectives

Le travail présenté dans ce mémoire de Master s'est porté sur l'étude et analyse des données bibliographiques sur le retrait-gonflement des argiles en particulier le retrait-gonflement des sols argileux en Algérie.

La consultation de différentes thèses, des différents mémoires et rapports sur le phénomène, constitue un apport considérable à l'évaluation d'une synthèse bibliographique qui est une première en Algérie, ce qui a permis de fournir des informations sur la répartition géographique du gonflement des argiles dans notre pays.

Ceci est une première approche pour la collecte et l'identification des régions dites dotées d'un important potentiel de gonflement de sol, pouvant, selon les besoins, constituer des références et source d'information aux décideurs dans le domaine de la construction et de Génie Civil.

Dans ce travail, nous avons rassemblé les différentes opinions des chercheurs, une définition globale du phénomène du retrait et de gonflement est présentée dans le premier chapitre.

Notre étude bibliographique a été dirigée dans le Troisième chapitre. Les résultats ont montré bien que le gonflement présente un potentiel important, réparti comme suit. Néanmoins les résultats de ce modeste travail constituent les bases d'un travail à poursuivre et à améliorer pour une étude beaucoup plus approfondie qui pourra faire l'objet d'une thèse de doctorat. Ainsi, les perspectives futures sont dans un premier temps la localisation précise de probables lieux d'implantation susceptibles de donner lieu à l'apparition d'un retrait gonflement des sols.

Ceci constituera une évaluation régionale du potentiel éolien gonflement, permettant de localiser les zones les plus touchées afin d'évaluer et optimiser le rendement de futures constructions plus durables. Pour réaliser cette évaluation régionale, il est nécessaire de disposer d'informations statistiques sur le retrait gonflement, afin d'en connaître les caractéristiques de leurs paramètres géotechniques et de leur lithologie et morphologie pour passer ensuite à la modélisation.

Ces informations statistiques doivent être synthétisées par des logiciels spécialisés. Puis nous avons amélioré cette étude par des comparaisons pour faire sortir les points communs. Diversifier la ressource et développer une recherche bibliographique revient à répondre aux besoins des décideurs. Nous espérons avoir posé la première pierre dans le domaine de la synthèse ce qui donnera une impulsion à la recherche locale dans cet axe, en vue d'une prise de conscience de « l'avant projet », du respect de l'environnement et du développement durable.

## **REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE**



**Bibliographie**

- A., M. Y. (2011). Caractérisation du Potentiel de Gonflement de l'Argile de la Région d'Abadla – Guir Lotfi. *Journal of Science Research N 1, Vol. 1*, 42-47.
- A.HACHICHI, J.-M. F. (1999). Caractérisation et stabilisation de quelques sols gonflants d'Algérie. *REVUE FRANÇAISE DE GÉOTECHNIQUE N° 86*, 37-51.
- A.HACHICHI, S. A. (2009). Etude des phénomènes retrait- gonflement et stabilisation des sols gonflants de la région d'Oran. (pp. 1-7). Marseille: 19ème Congrès Français de Mécanique.
- Abdelkader, D. (s.d.). L'Identification des sols gonflants : Pour une démarche. *24ième Rencontres Universitaires de Génie Civil*, 1-8.
- Ahmed, B. (2016-2017). *Types de solutions de construction*. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, Construction Civil et Industrielle.
- Amal, M. (2014). *Analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes*. universite de mouloud mammeri de tizi-ouzou, Génie Civil ,Géotechnique.
- AMIEUR, A. (2015). *Contribution à l'étude de gonflement des argiles en fonction de la nature d'eau (eau potable, eau de drainage et eau usée)*. université kasdi merbah ouargla, HYDRAULIQUES ET GÉNIE CIVIL,Géo-Matériaux.
- Athmania, D. B. (2009). Propriétés minéralogiques des argiles gonflantes de la wilaya de Mila. *UNSATlemcen*.
- BELABBACI, Z. (2014). *STABILISATION DES SOLS GONFLANTS*. université abou bekr belkaid tlemcen: Laboratoire Risk Assesment and Management "risAM" - Tlemcen.
- Djamel ATHMANIA, B. A. (2011). Géologie et géotechnique de quelques formations superficielles du Nord-Ouest. *Afrique SCIENCE*, 105-115.
- djamel, A. (2010). *MINERALOGIE DES ARGILES ET PHENOMENEDE RETRAIT GONFLEMENT DANSLE BASSIN DE MILA*. université mentouri constantine , science de la terre .
- HAZMOUNE, H. (s.d.). *approche des études géotechnique liées a la pathologie des ouvrages : étude de cas* . université mentouri constantine, Mécaniques des matériaux, des sols et des structures.
- MEDJNOUN Amal, B. R. (2014). Caractérisation et estimation du gonflement des argiles algériennes, cas des argiles de Médéa. (pp. 1-7). EDP Sciences.
- Mohamed KHEMISSA, L. M. (2007). *CARACTERISATION DES ARGILES EXPANSIVES DE M'SILA (ALGERIE)*. 1-8: Colloque « Sols et Matériaux à Problèmes » Tunisie.

- MOUNIRA, A. (2015-2016). *Caractérisation minéralogique, physique et cartographie des sols gonflants dans le bassin de Tébessa, Impact sur le plan d'aménagement*. université des frères mentouri de constantine , GEOLOGIE STRUCTURALE.
- NECHNECH.AISSIOU. (2011). Retrait- gonflement des marnes argileuses d'Alger « étude d'un risque naturel ». *Séminaire International, INNOVATION & VALORISATION EN GENIE CIVIL & MATERIAUX DE CONSTRUCTION*, 1-7.
- S. DJOUMAA, M. . (2017). Etude Des Phénomènes Retrait- Gonflement Et Stabilisation Des Sols Gonflants. *13ème Congrès de Mécanique*.
- Z.DERRICHE, L. (1989). *Comportement des ouvrages dans les argiles expansives d'In-Aménas*. REVUE FRANÇAISE DE GÉOTECHNIQUE N° 89 4e trimestre.
- Zohra DERRICHE, M. K. (1998). Prévion du gonflement des argiles d'In-Aménas. *BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES - 21s - RÉF. 3865*, 15-23.
- Nowamooz H (2007) Retrait/Gonflement des sols argileux naturels et compactés, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, France,
- AFNOR XP P 94-060-1 et XP P 94-060-2, 1997. Essai de dessiccation. Partie1: Détermination conventionnelle de la limite de retrait. Partie2: Détermination effective de la limite de retrait.11 p.
- BIAREZ, J., FLEUREAU, J.M., ZERHOUNI, M.I. & SOEPANDJI, B.S., 1988. Variations de volume des sols argileux lors de cycles de drainage-humidification. *Revue Française de Géotechnique*, n° 41, pp. 63-71.
- COUGHLAN, K.J. MC GARRY, D., LOCH, R. J., BRIDGE, B. & SMITH, G. D. 1991. The measurement of soil structure - Some practical initiatives. *Australian Journal of Soil Research* 29: 869-889.
- HAINES, W.B., 1923. The volume-changes associated with variations of water content in soil. *Journal of agriculture. Science*, vol 13, pp. 296–311.
- KIM, D.J., VERECKEN, H. & FEYEN, J., 1992. *Comparison of multidisciplinary approaches and unification of concepts on the movement of water and soil in deformable porous media*. *Soil Sci.* 156, 141–149.
- MC GARRY, D. & DANIELLS, I.G., 1987. Shrinkage curves indices to quantify cultivation effects on soil structure of a Vertisol. *Soil Science Society of America Journal* 51:1575-1580.
- PHILIPPONAT, G., 1991. *Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie*. *Revue Française de Géotechnique*, n° 57, pp. 5-22.
- SPOSITO, G., 1973. *Volumes changes in swelling soils*. *Soil Sciences*, vol. 115, pp. 315- 320.
- TRIPATHY, S., SUBBA RAO, K.S. & FREDLUND, D.G., 2002. *Water content – void ratio swell-shrink paths of compacted expansive soils*. *Revue Canadienne de Géotechnique*. pp. 938-959.

*ZERHOUNI M.I., 1991. Rôle de la pression interstitielle négative dans le comportement des sols - Application aux routes. Thèse de Doctorat, École Centrale Paris, soutenue le 8 Janvier 1991*

# Annexes

**Annexe N °01**

D'après Mr AISSIOU. F.Z\*, NECHNECH. A

**1. Identification des échantillons****1.1 La granulométrie**

La granulométrie des deux échantillons montre que presque 100% des particules sont inférieures à 80 micro mètre et encore mieux la majorité de ces particules sont inférieures à 2 micro mètre qui représentent les particules argileuses le reste des pourcentage représente le limon (voir fig1).

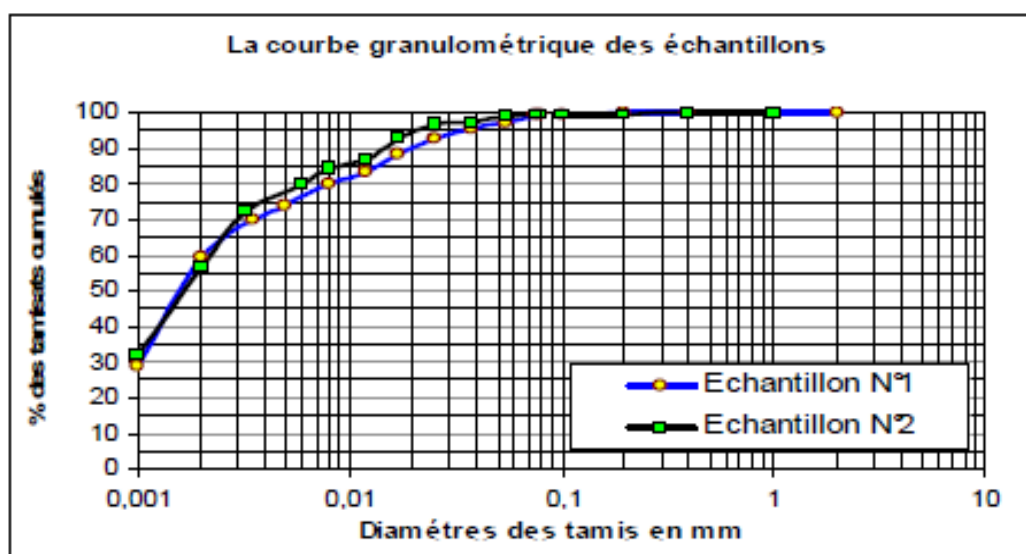


Figure 1. La courbe granulométrique pour les 2 échantillons

**1.2 Analyse chimique sommaire**

L'analyse chimique nous a donné un pourcentage de calcaire compris entre 10 et 30% avec de faibles quantités de chlorures de sodium et des traces pour les sulfates, la quantité de la matière organique est négligeable pour les deux échantillons (voir tab1) ; on peut dire là que nos sols sont des argiles marneuses inorganiques selon la classification de Casagrande.

Tableau 1. Analyse chimique des échantillons de sols argileux

Désignations	Composition chimique %	
	Echantillon n°1	Echantillon n°2
Insolubles	62,53	64,77
Carbonates (CaCO <sub>3</sub> ) calcaire	19,3	27,19
Perte au feu à 1050°C	17,93	20,3
Oxyde de fer et d'alumine (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> et Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,08	6,13
Sulfates (CaSO <sub>3</sub> , 2H <sub>2</sub> O)	traces	traces
Anhydride carbonique (CO <sub>2</sub> )	8,49	11,96
Chlorures (NaCl)	0,29	0,23
Eau de constitution (H <sub>2</sub> O)	9,44	8,34
Bilan chimique pondéral	98,64	98,32

### 1.3 Les limites d'Atterberg

Sur un plan macroscopique, le phénomène de gonflement est à rapprocher de la notion des limites, d'Atterberg. IP est un paramètre important dans les propriétés de rétention d'eau du terrain et donc de gonflement. C'est la raison pour laquelle un certain nombre de corrélations ont rapidement été recherchées entre les limites d'Atterberg (voir fig 2,3) et les propriétés de gonflement des sols. On remarque d'après les valeurs exposées dans le (tab2) que nos échantillons sont des sols de matériau très plastique et extrêmement consistant, les indices de plasticités dépassent 35% donc ces deux sols se positionnent au dessus de la ligne A de l'abaque de Casagrande.

Tableau 2. Différentes paramètres identifiants les échantillons de sol déterminés au Laboratoire

Paramètres	W <sub>l</sub> (%)	W <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	I <sub>c</sub> (%)	W <sub>n</sub> (%)	VBs (ml/g)	A <sub>c</sub>
Argile marneuse de Chéraga (Echantillon n°1)	65,2	30,013	35,19	1,65	7,08	6	0,594
Argile marneuse de Ouled Fayet (Echantillon n°2)	81,87	34,23	47,64	1,58	6,38	6,5	0,839

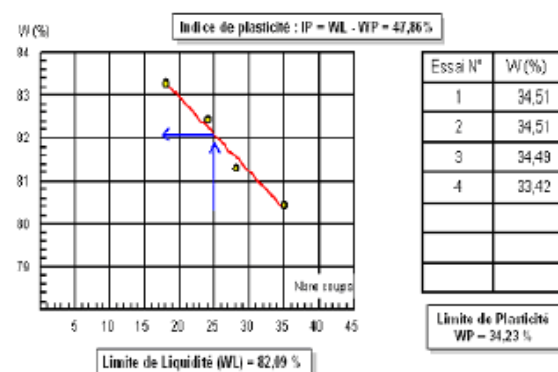
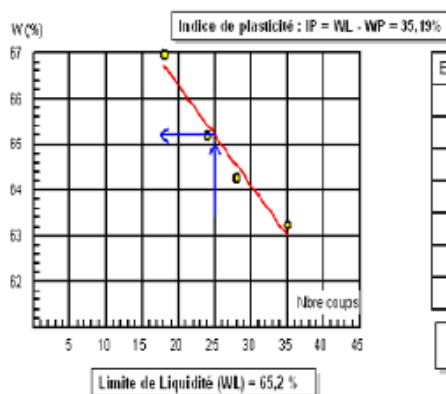


Figure 2. Les limites d'Atterberg de l'échantillon n°1 Figure 3. Les limites d'Atterberg de l'échantillon n°2

### 1.4 Diffraction par rayons X

Les analyses minéralogiques sont effectuées à l'aide de la diffraction des rayons x des poudres de matériau au niveau de laboratoire des minéraux à l'institut de science de la terre de l'u.s.t .h .b. Les diffractogrammes obtenus ont été enregistrés grâce à un appareil Philips XPERT MPD. Les diffractogrammes montrent que ces matériaux se composent de phases minérales suivantes : Quartz ( $d = 4,23 \text{ \AA}$  et  $d = 3,31 \text{ \AA}$ ) comme impureté majeure dans les 2 échantillons ; la dolomite ( $d = 2,84 \text{ \AA}$ ) est présente dans les 2 échantillons ; la calcite ( $d = 3,01 \text{ \AA}$ ) présente dans les échantillons (1et2) Les réflexions à  $d = 3,82 \text{ \AA}$  est attribués à des feldspaths de type plagioclase ainsi que les magnésites, on note la présence de la kaolinite ( $d = 7,15 \text{ \AA}$  et  $d = 3,53$

Å) ; les pics à 10,27 Å et à 4,94 Å mettent en évidence la présence d'une illite. Des inters stratifiés de l'illite –montmorillonites sont présentés par des réflexions de 12,36Å° (Voir fig4)

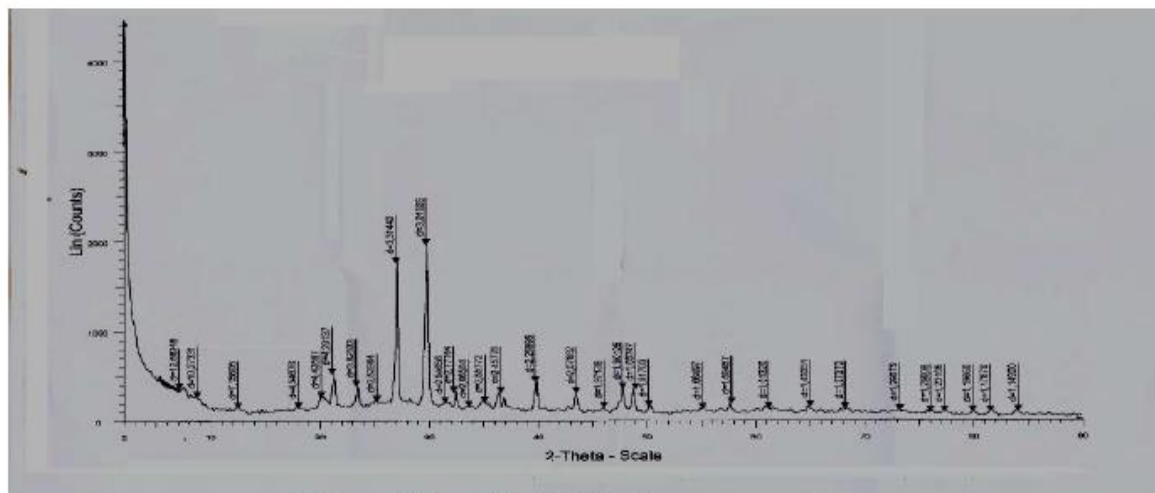


Figure 4. La courbe de diffraction par rayons X

### 2.1 Estimation et des approches théoriques sur le gonflement (méthode indirecte)

L'identification des sols gonflants est généralement abordée à partir des paramètres physico-chimiques facilement mesurables lors des essais préliminaires. Or, cette identification se trouve compliquée par l'existence de plusieurs approches qui ne se basent ni sur les mêmes paramètres ni sur le même nombre. Le recensement des classifications à partir de la bibliographie permet de les ranger en trois classes en fonction du nombre de paramètres physicochimiques utilisés.

On remarque par ces classifications, que nos sols sont de potentiel de gonflement élevé à très élevé tous les approches indiquent ce caractère gonflant pour les échantillons d'Alger en se basant sur les limites de consistances et les pourcentages des grains argileux (voir tab3).

Tableau 3. Classification du Potentiel de gonflement des échantillons d'Alger Selon quelques models

Les paramètres	Chéraga	Ouled Fayet	résultats	Méthodes	Potentiel de gonflement
$W_1$ (%)	65,2	81,87	50-70 et 70-90	Dakshanamurthy et Raman, 1973	Elevé à Très élevé
$W_p$ (%)	30,013	34,23		//	
$I_p$ (%)	35,19	47,64	> 35	Seed et al	Très élevé
$I_r$ (%)	59,70	77,87	> 60	Ranganatham et Satyanarayana,	Très fort
$W_n$ (%)	7,08	6,38		//	
$W_r$ (%)	5,5	4	< 10	Altemeyer, 1955	Fort
%<74µm	99,44%	99,66%	>95%	Chen ,1988	Très élevé
%<2 µm	59,24%	56,76%	30-60%	BRE, 1980	Moyen à élevé

2.2 L'essai œnométrique de gonflement libre (NF P 94-091) (voir tab4), (voir fig5.6), (voir fig7, 8)

Tableau 4. Les valeurs de l'essai gonflement libre pour les deux échantillons

Paramètres	Taux de gonflement (%)	Pression de gonflement en (bar)	Indice de gonflement (%)	Gonflement primaire (%)	Gonflement secondaire (%)
Argile de Chéraga (Echantillon n°1)	50,76%	2,08 bars	3,06%	4,42%	8,31%
Argile de Ouled Fayet (Echantillon n°2)	37,76%	2,48 bars	3,56%	3,51%	6,31%

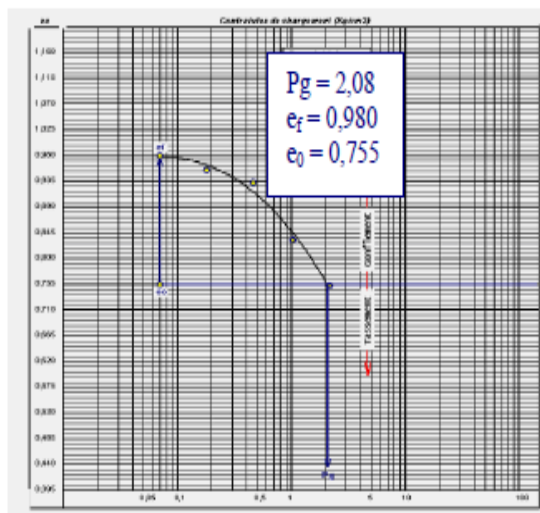


Figure 5. La courbe de gonflement libre pour L'argile de Chéraga

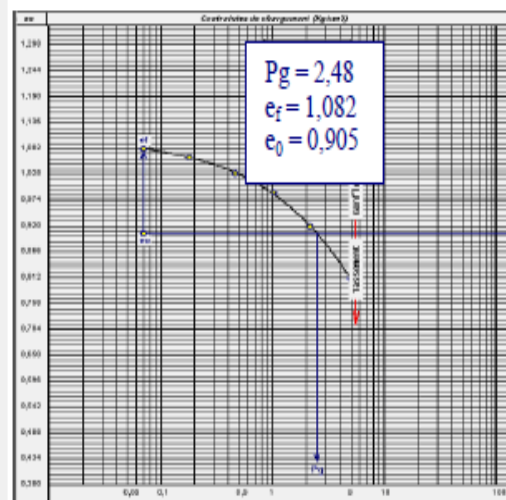


Figure 6. La courbe de gonflement libre pour l'argile de Ouled Fayet

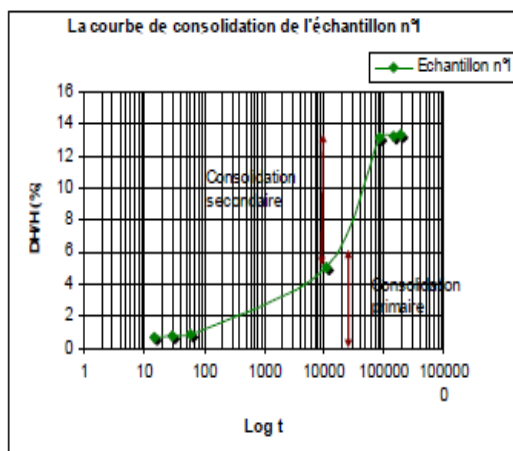


Figure 7. La courbe de gonflement primaire et secondaire l'argile de Chéraga

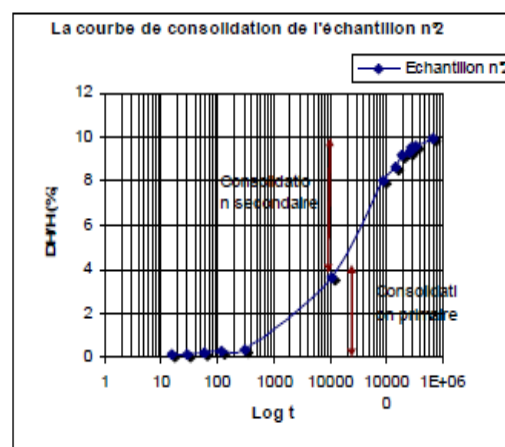


Figure 8. La courbe de gonflement primaire et secondaire l'argile de Ouled Fayet



**Annexe N °02**

D'après Mr Athmania Djamel

**Propriétés minéralogique. (Analyse de l'argile totale)****SITE CW01****1. SONDAGE N°1:**Profondeur [8.80 – 9.20m] : Argile marneuse, échantillon (**code 9**)

Poudre	Identification	Intensité	Facteur correctif	% relatif
d=4.46Å	Argile totale	0.8	20	64.07
d=3.34Å	Quartz	7.7	1	30.83
d=3.02Å	Calcite	0.5	1.65	3.28
d=3.46 – 3.52Å	Anhydrite	0.5	0.9	1.80

Profondeur [10.80 – 11.20m] : Argile marneuse, échantillon (**code 8**) :

Poudre	Identification	Intensité	Facteur correctif	% relatif
d=4.46Å	Argile totale	0.8	20	52.63
d=3.34Å	Quartz	9.2	1	30.26
d=3.02Å	Calcite	2.1	1.65	11.38
d=3.21 – 3.26Å	Feldspaths-K	0.3	4.3	4.24
d=3.46 – 3.52Å	Anhydrite	0.5	0.9	1.48

Profondeur [14.00 – 14.45m] : Argile marneuse, échantillon (**code 10**)

Poudre	Identification	Intensité	Facteur correctif	% relatif
d=4.46Å	Argile totale	0.8	20	62.13
d=3.34Å	Quartz	7.2	1	27.96
d=3.02Å	Calcite	0.6	1.65	3.24
d=3.21 – 3.26Å	Feldspaths-K	0.3	4.3	5.0
d=3.46 – 3.52Å	Anhydrite	0.3	0.9	1.05

## 2. SONDAGE N°2 :

Profondeur [6.60 – 7.0m] : Argile sableuse (**code 12**)

Poudre	Identification	Intensité	Facteur correctif	% relatif
d=4.46Å	Argile totale	1	20	63.18
d=3.34Å	Quartz	9.3	1	29.38
d=3.02Å	Calcite	1.1	1.65	5.73
d=3.46 – 3.52Å	Anhydrite	0.6	0.9	1.70

Profondeur [13.65 – 13.85m] : Argile sableuse (**code 6**)

Poudre	Identification	Intensité	Facteur correctif	% relatif
d=4.46Å	Argile totale	1.2	20	64.69
d=3.34Å	Quartz	8.1	1	21.83
d=3.02Å	Calcite	1.4	1.65	6.27
d=3.21 – 3.26Å	Feldspaths-K	0.5	4.3	5.79
d=3.46 – 3.52Å	Anhydrite	0.6	0.9	1.45

## Reconnaissance géotechnique CW 02 Mila

ETUDE : Etude géotechnique : 13 glissements de terrains - CW 02										Log de Sondage N° : SC 1 - 10+000								
LIEU : TASSALA - MILA				PROFONDEUR TOTALE : 12 ML				BOUE DE FORAGE :										
CLIENT : GEOCONSEIL engineering				COORDONNEES : X = Y = Z =				TYPE FORAGE :										
DATE DEBUT : JANVIER / 2006				Diamètre extérieur du carottier (SC) : mm				TYPE DE MACHINE :										
DATE FIN : JANVIER / 2006				Diamètre extérieur du carottier (SPT) : mm				Diamètre extérieur du forage : mm										
NIVEAU NAPPE : 2,60 m				Diamètre extérieur du carottier (SH) : mm				Diamètre extérieur du carottier (MZ) : mm										
Diamètre extérieur du carottier (DC) : mm																		
Prof (m)	Récupération				S.P.T	E.Q.D	φ Tub	φ Trou	Echant	Profond Ech (m)	Coupe	DESCRIPTION	Cu Bar	q <sub>p</sub> Bar	W <sub>n</sub> %	γ <sub>d</sub> T/m <sup>3</sup>	I <sub>p</sub> %	Class. LPC
	φ	25	50	75														
1											Remblais et cailloux - graviers enrobés dans une matrice limoneuse marron foncé - humide							
2											1,60 Argile noirâtre - brunâtre oxydé peu compacte bariolée de mame argileuse schistosée légèrement graveleuse , plastique et humide							
3											3,00 Sables fins dans une matrice fine friable							
4											3,60							
5											Argile mameuse schistosée marron à noirâtre renfermant des fragments de mames tendres enrobant des galets , des cailloux et des blocs arrondis , très humide .							
6																		
7																		
8																		
9											8,50 Mame schisteuse noirâtre avec des passées sableux , caillouteux , graveleux très humide , très plastique							
10																		
11											10,50 Mame ( Schiste ) grisâtre saine et dure							
12											12,00							
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

Etabli le JANVIER / 2006	GEOCONSEIL engineering		
Révisé le GEOCONSEIL			
Indice de révision			

<b>ETUDE : Etude géotechnique : 13 glissements de terrains - CW02</b> <b>LIEU : TASSALA - MILA</b> <b>CLIENT : GEOCONSEIL engineering</b> <b>DATE DEBUT : JANVIER / 2006</b> <b>DATE FIN :</b> <b>NIVEAU NAPPE : 0,40 m</b>										<b>Log de Sondage N° : SC 2 - I4+600</b> <b>PROFONDEUR TOTALE : 15 ML</b> <b>COORDONNEES : X= Y= Z=</b> <b>Diamètre extérieur du carottier (SC) : mm</b> <b>Diamètre extérieur du carottier (SPT) : mm</b> <b>Diamètre extérieur du carottier (SH) : mm</b>										<b>BOUE DE FORAGE :</b> <b>TYPE FORAGE :</b> <b>TYPE DE MACHINE :</b> <b>Diamètre extérieur du forage : mm</b> <b>Diamètre extérieur du carottier (M2) : mm</b> <b>Diamètre extérieur du carottier (DC) : mm</b>				
Prof (m)	Récupération				S.P.T	R.Q.D	φ Tub	φ Trou	Echelle Profond (m)	Coupe	DESCRIPTION	Cu Bar	q <sub>p</sub> Bar	w <sub>n</sub> %	γ <sub>d</sub> T/m <sup>3</sup>	I <sub>p</sub> %	Class. I.P.C.							
	0	25	50	75														100						
1										Passages de cailloux et galets à matrice fine														
2										Argile mameuse altérée , bariolée de couleur marron - gris , état friable														
3																								
4										Mame schisteuse altérée , renfermant des galets cm et dm , couleur brunâtre à grisâtre , état compacte														
5																								
6																								
9																								
10																								
11										Mame schisteuse altérée , fracturée de couleur grisâtre intercalée de petits bancs de calcaire quartziques														
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								

Etabli le AL ARDH	Bureau d' Etudes Techniques et Laboratoires " AL ARDH "		
Révisé le			
Indice de révision			

**Annexe N °03**D'après **Zohra derriche** et **Mustapha kebaili**

En termes de propriétés de l'argile et de son gonflement en laboratoire

**Description et gonflement des argiles d'In-Aménas**

La région d'In-Aménas, où ont été prélevées les argiles gonflantes utilisées pour cette étude, est une région aride située à 1600 km au sud-est d'Alger. La formation géologique principale dans cette région appartient à la série des argiles triasiques du Zarzataine, dont l'épaisseur dépasse 180 m. Les caractéristiques physiques des éprouvettes testées et les gonflements observés dans les essais sont rassemblés dans le **tableau I**.

**TABLEAU I**  
**Caractéristiques des argiles d'In-Aménas et gonflements observés en laboratoire**

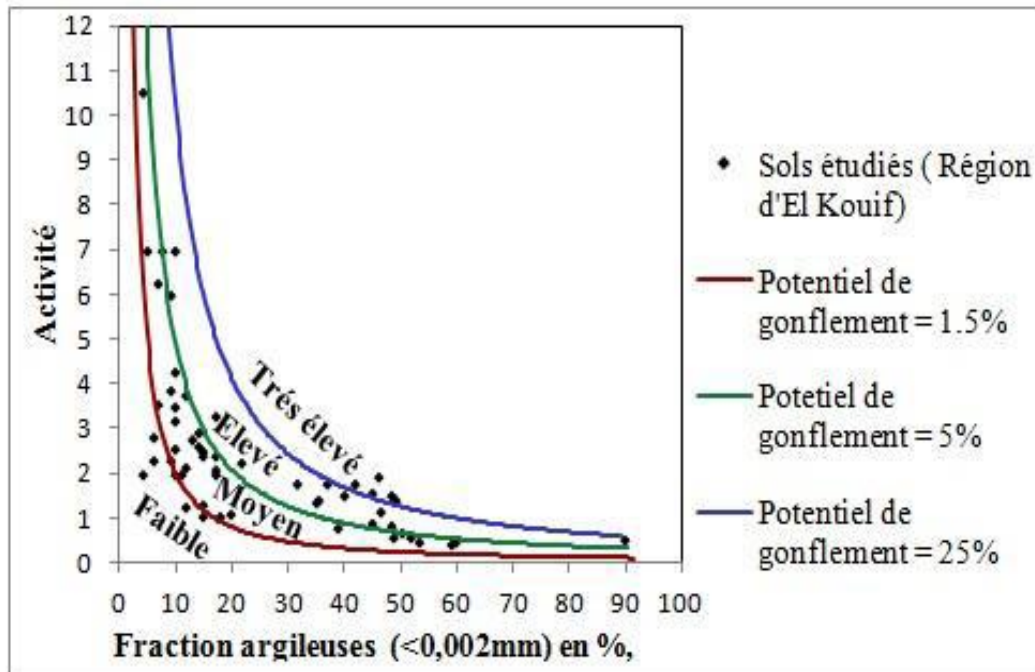
	<b>z</b> (m)	<b>w<sub>o</sub></b> (%)	<b>w<sub>R</sub></b>	<b>w<sub>p</sub></b>	<b>w<sub>L</sub></b>	<b>I<sub>p</sub></b>	<b>I<sub>R</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b> (%)	<b>ρ<sub>d</sub></b> (t/m <sup>3</sup> )	<b>A<sub>c</sub></b>	<b>Z<sub>equ</sub></b> (m)	<b>ε<sub>gont</sub></b> (%)
Ech-1	3,22	14	12	21	57	36	45	46,5	1,764	0,77	7,45	1,75
Ech-2	1,25	11	12	27	84	57	72	29,9	1,726	1,9	7,81	3,92
Ech-3	3,13	8,9	7	16	74	58	62	64,4	1,6	0,9	8,61	7,32
Ech-4	3,87	8	7	17	69	52	62	65	2,014	0,8	6,9	10,67
Ech-5	8,18	15	12	22	70	48	58	65,4	2,601	0,73	8,17	12,04
Ech-6		2,6	13	20	43	23	30	52	2,090	0,44	6,98	13,43
Ech-7	1,72	10	12	23	58	35	42	46,3	1,8	0,76	7,61	14
Ech-8	2,3	7,3	11	22	74	52	63	65,1	1,706	0,8	8,2	18,42
Ech-9	2	4,2	11	26	64	40	53	37,7	2	1,06	7,2	18,9
Ech-10		3,2	14	22	61	39	47	68	2,04	0,57	6,94	29
Ech-11		3,1	10	25	75	50	65	74	2,08	0,68	7,14	33,2
Ech-12		3,9	13	26	71	46	58	70	2,08	0,68	7,01	33,85

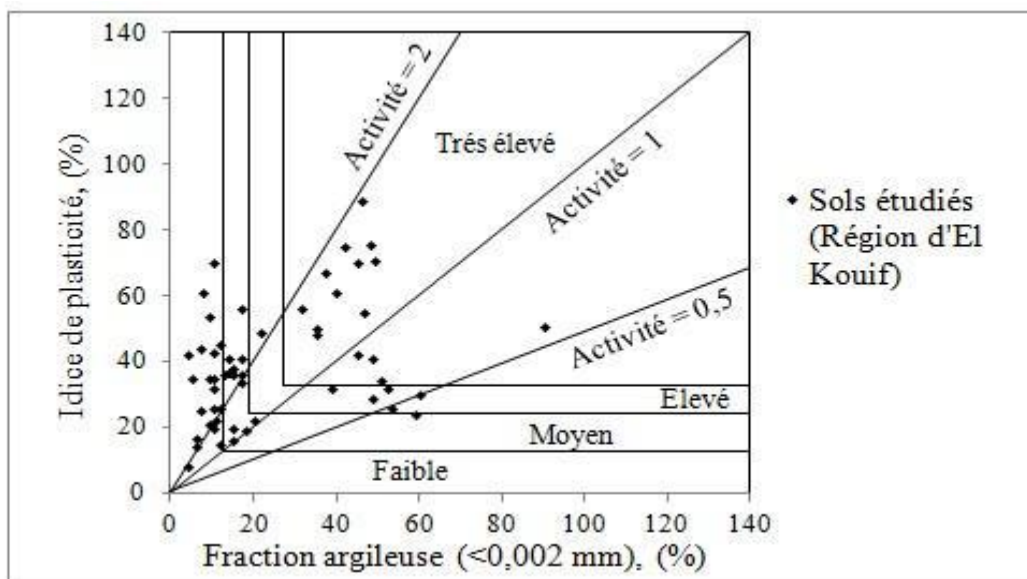
<p><i>Liste des symboles</i></p> <p><i>z</i> : profondeur de prélèvement des éprouvettes,  <i>w<sub>o</sub></i> : teneur en eau naturelle,  <i>w<sub>R</sub></i> : limite de retrait,  <i>w<sub>p</sub></i> : limite de plasticité,  <i>w<sub>L</sub></i> : limite de liquidité,  <i>I<sub>p</sub></i> : indice de plasticité,  <i>I<sub>R</sub></i> : indice de retrait (<math>w_L - w_R</math>),</p>	<p><i>C<sub>2</sub></i> : teneur en argile,  <i>ρ<sub>d</sub></i> : masse volumique du sol sec,  <i>A<sub>c</sub></i> : activité (<math>I_p / C_2</math>),  <i>Z<sub>equ</sub></i> : profondeur équivalant au chargement appliqué à l'éprouvette pendant le gonflement,  <i>ε<sub>gont</sub></i> : pourcentage de gonflement (norme ASTM D.4546-86, méthode A).</p>
--	---

## Annexe N °04

D'après Aoun Mounira



**Figure 01** Diagramme de classification du potentiel de gonflement (Seed et al., 1962) appliqué pour les sols étudiés (cas d'étude : Région d'El Kouif)



**Figure 02** Diagramme de classification du potentiel de gonflement (Van der Merve 1964) : Application aux sols étudiés (cas d'étude : Région d'El Kouif)

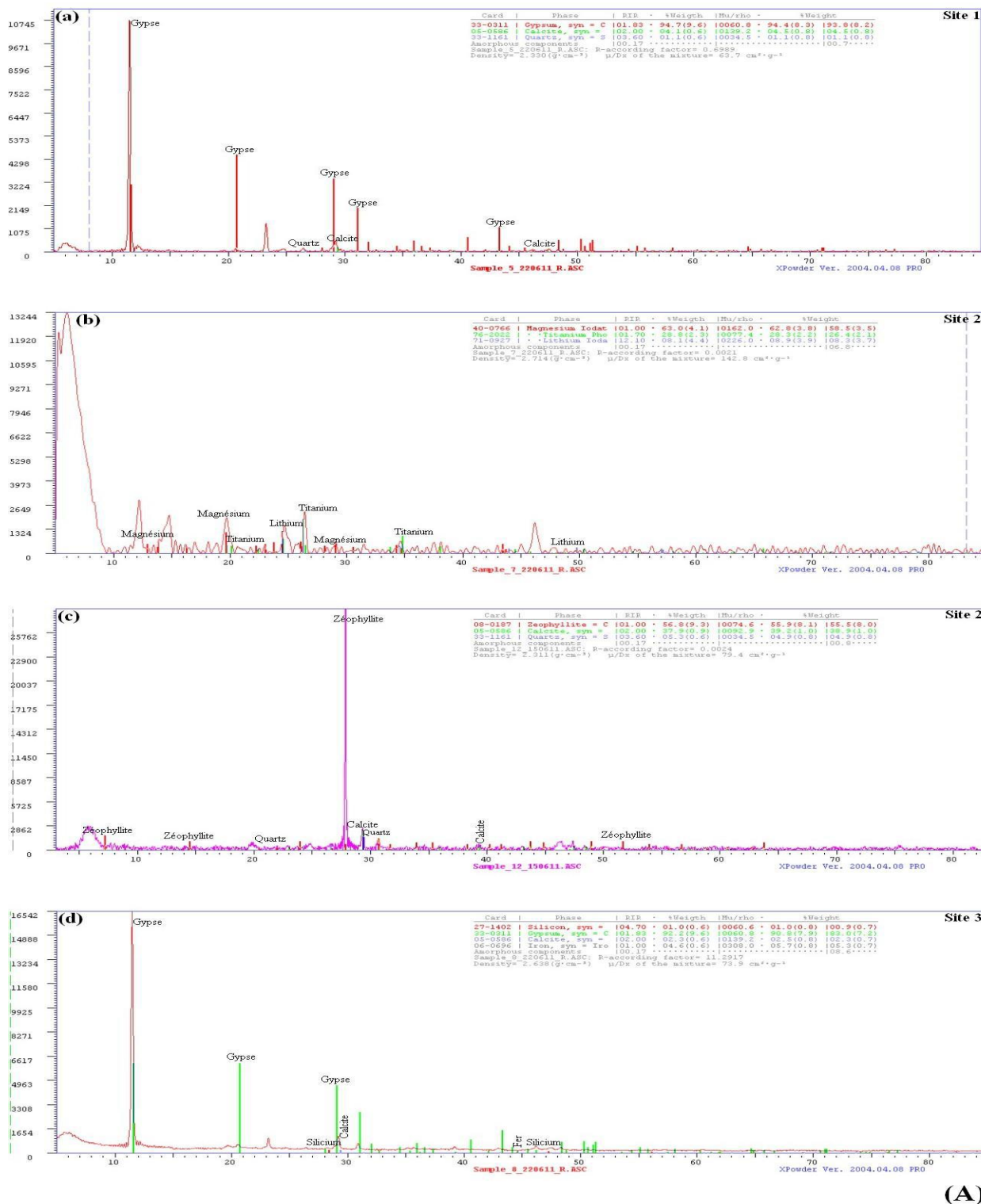
Tableau 14. Analyse chimique en éléments majeurs des échantillons des sols étudiés

Matière	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub> (%)	Cl (%)	Perte au feu (%)	Sites	Profond. (m)
Argile	26.71	6.17	3.29	34.74	1.18	0.87	0.85	0.01	0.027	26.15	40 logements (site 1)	1.3
Argile	39.34	13.12	5.09	14.55	2.10	1.55	0.75	2.52	0.029	20.95	40 logements (site 2)	2
Argile	45.83	13.95	5.59	9.98	2.35	1.58	0.68	1.35	0.028	18.66	40+ 61 logements (site 2)	2
Argile	23.56	4.97	2.55	42.71	0.74	0.79	0.85	0.04	0.026	23.76	50 logements (site 3)	3
Argile	27.91	5.28	2.30	33.10	4.39	1.05	0.13	0.30	0.029	25.51	18 logements (site 4)	1
Argile	29.58	7.26	3.42	29.63	1.07	0.93	0.81	0.19	0.027	27.08	Ecole CEM (site 5)	2.5
Argile	44.45	9.99	4.70	15.89	2.34	1.27	0.83	0.19	0.028	20.31	Ecole CEM (site 5)	1.2
Argile	44.96	10.16	4.53	15.54	2.59	1.29	0.64	0.02	0.026	20.25	Ecole CEM (logements de fonction (site 5))	0.5
Argile	28.86	6.24	8.47	22.46	0.54	1.18	2.32	13.96	0.034	15.93	80 logements (site 6)	3
Argile	35.37	8.07	4.20	23.69	1.35	1.09	0.88	0.06	0.026	25.26	80 logements (site 6)	2
Argile	35.28	11.08	4.90	19.63	2.10	1.30	0.87	0.32	0.028	24.49	Salle de sport (site 7)	3
Argile	44.62	12.09	4.59	12.25	1.55	1.39	0.60	4.06	0.029	18.52	150 logements EPLF (site 8)	1.2
Argile	44.66	12.04	4.59	12.29	1.55	1.39	0.60	4.07	0.030	18.78	150 logements EPLF (site 8)	2
Argile	59.53	13.58	5.43	5.35	5.52	1.50	0.42	0.34	0.029	8.30	100+26 logements (site 9)	1.5
Argile	62.61	15.13	6.93	2.71	5.29	1.72	0.69	0.08	0.025	4.81	100+26 logements (site 9)	2.5
Argile	39.89	9.68	4.04	18.17	1.82	1.25	0.79	2.95	0.033	21.37	100 logements (site 10)	2.3



## Analyse minéralogique (DRX) :

Les Diffractogrammes sont représentés par les diffractogrammes des figures 55 (a), 55(b) et 55 (c),



(A)

Figure 55 (a) : Diffractogrammes sur roche total effectués sur les sols étudiés (région d'El Kouif, Tébessa) : présence de Zéophyllite, titanium et lithium avec les argiles



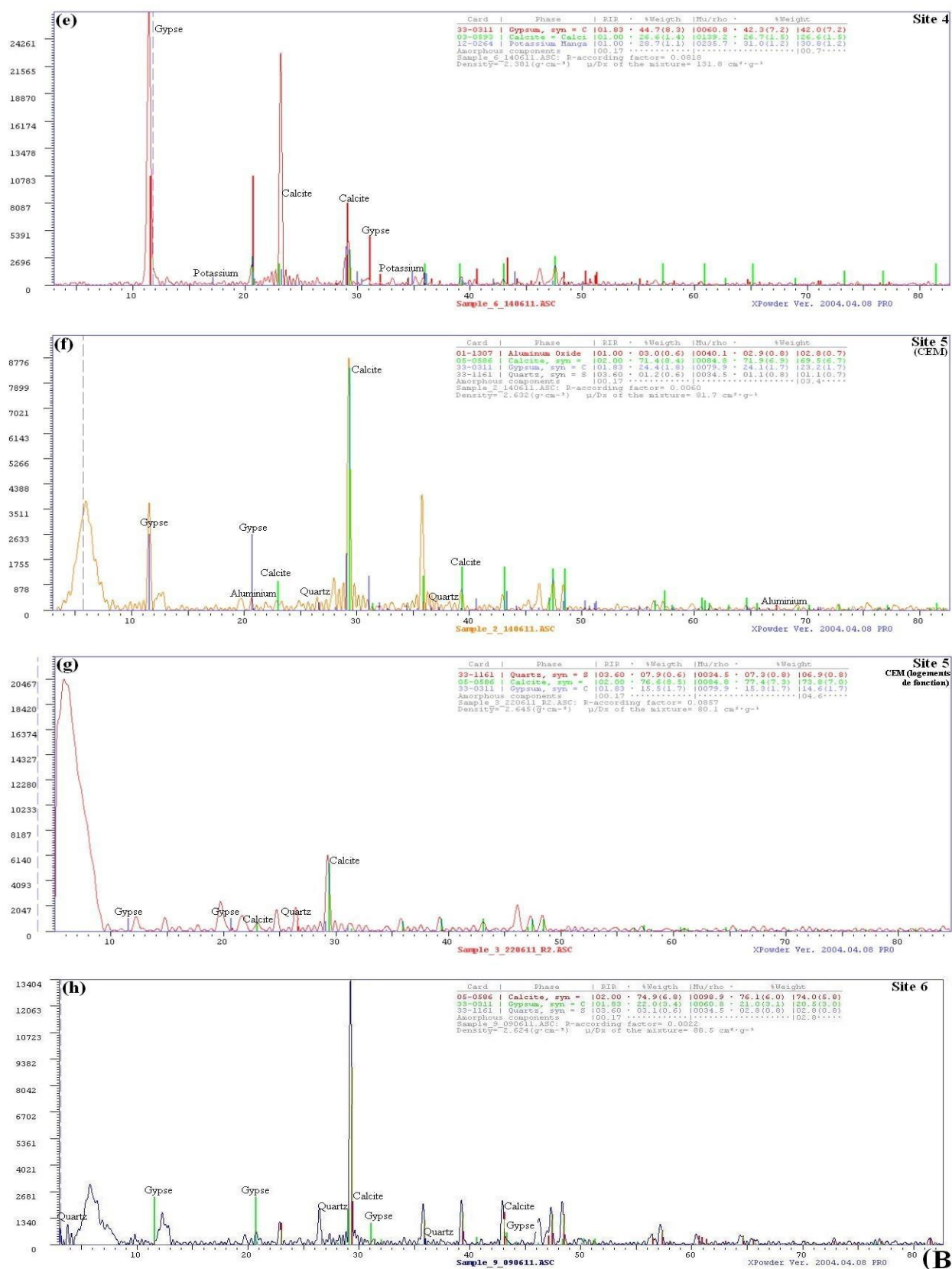


Figure 55 (b) : Diffractogrammes sur roche total effectués sur les sols étudiés (région d'El Kouif, Tébessa) : abondance de calcite et gypse avec les argiles

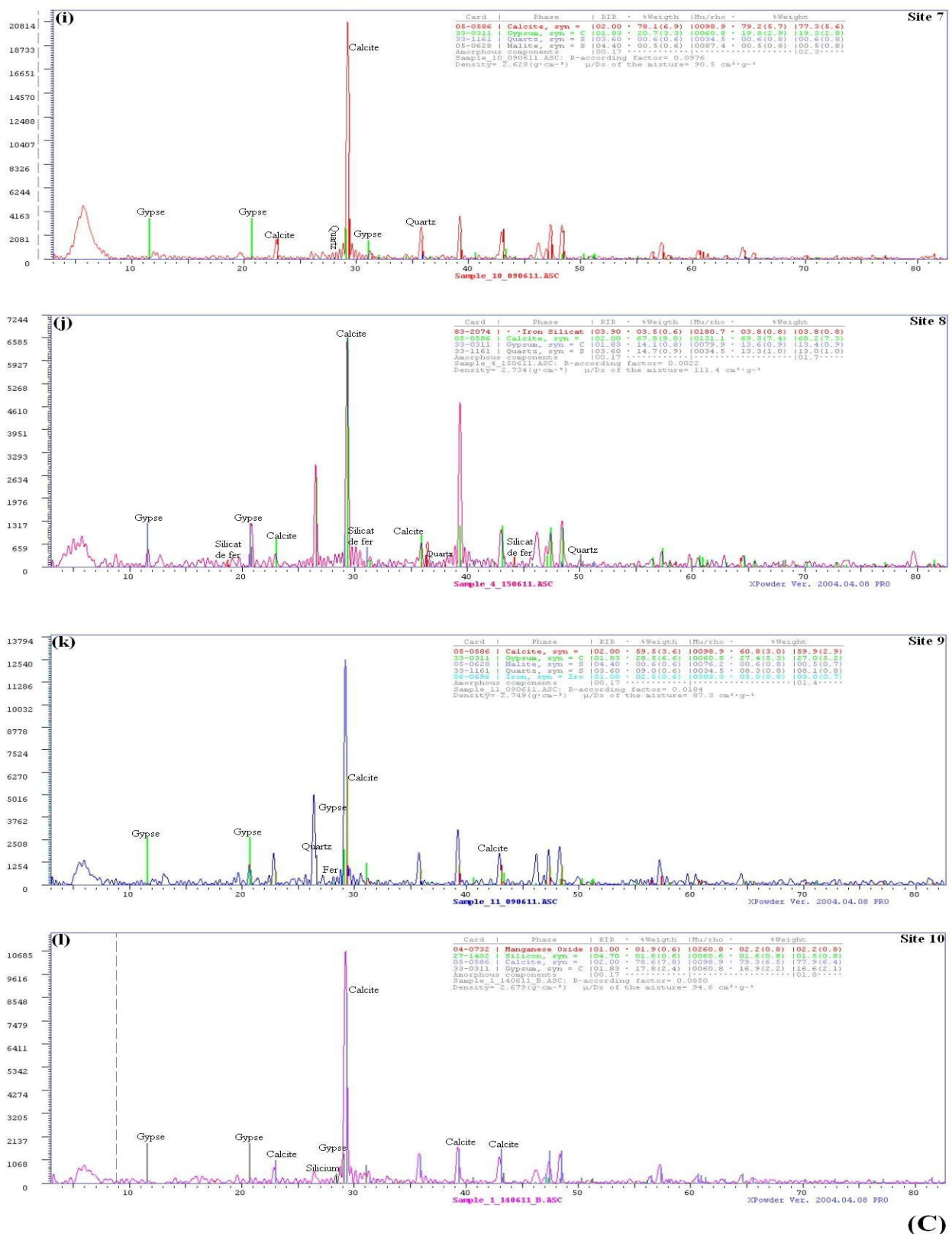


Figure 55 (c) : Diffractogrammes sur roche total effectués sur les sols étudiés (région d'El Kouif, Tébessa) : présence de fer, silicium et quartz avec les argiles

Le **tableau 15** donne les résultats des différentes phases minéralogiques constituant les sols de la région d'étude

**Tableau 15** : Résultats de l'analyse minéralogique quantitative par diffraction des rayons X des sols étudiés

sites	Gypse (%)	Calcite (%)	Quartz (%)	Silicium (%)	Fer (%)	Magnésium (%)	Potassium (%)	Lithium (%)	Titane (%)	Aluminium (%)	Zéophyllite (%)	Corps amorphes (%)	Manganèse (%)
1	93.8	4.5	1.1	-	-			-	-	-	-	0.7	-
2	-	-	-	-	-	58.5	-	8.3	26.4	-		6.8	-
2	-	38.9	4.9	-	-	-	-	-	-	-	55.9	0.8	-
3	83.0	2.3	-	0.9	5.3	-	-	-	-	-	-	8.6	-
4	42.0	26.6	-	-	-	-	30.8	-	-	-	-	0.7	-
5	23.2	69.5	1.1	-	-	-	-	-	-	2.8	-	3.4	-
5	14.6	73.8	6.9	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	-
6	20.5	74.0	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	2.8	-
7	19.3	77.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-
8	13.4	68.2	13.0	-	3.8	-	-	-	-	-	-	1.7	-
9	27.0	59.9	8.1	-	3.0	-	-	-	-	-	-	1.4	-
10	16.6	77.9	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	1.8	2.2

Le **tableau 16** donne une récapitulation de l'estimation semi quantitative des compositions minéralogiques de ces argiles.

**Tableau 16.** Récapitulation de l'estimation semi-quantitative des sols de la région d'étude

échantillon	Site	Smectite %	Kaolinite %	Illite %	Sépiolite %	Calcite %	Gypse %	Anhydrite %
1	7	41.07	30.60	6.5	3.09	17.83	0.9	-
2	5	38.06	6.77	7.62	6.31	19.04	20.42	1.75
3	5	58.7	7.61	8.00	4.03	20.46	1.2	-
4	5	38	21.68	10.81	5.76	23.85	0.95	-
5	1	29.86	20.79	5.84	5.14	6.85	29.91	1.59
6	4	38.252	8.283	7.753	6.616	14.662	22.232	2.199
7	6	74.00	15	5.13	5	-	0.87	-
8	3	32.894	10.758	6.514	5.681	31.62	11.053	1.478
9	10	31.52	26.25	12	7.1	23.13	-	-
10	8	39	26	11	5.7	18.30	-	-
12	2	61.9	11	3.5	1.24	17.2	4.2	0.96
14	9	58.51	25	12	4.49	-	-	-