

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



Université de El Hadj Lakhdar  
- Batna -



Faculté des sciences  
Département d'agronomie

Mémoire  
Pour l'obtention du diplôme de Magister en Sciences  
Agronomiques  
Spécialité : Protection de l'environnement  
Option : Gestion des ressources naturelles  
Et environnement

**Présenté par :**

**Medjrab Farouk**

correction d'une carte pédologique raisonnée-approche utilisant les SIG

**Devant la commission d'examen :**

<b>Pr. BOUDOUKHA A</b>	Université de Batna	Président
<b>Pr. BENSALD R</b>	Université de Skikda	Rapporteur
<b>Pr. HALITIM A</b>	Université de Batna	Examineur
<b>Pr. KALA M</b>	Université de Batna	Examineur

2009 / 2010

## **Dédicaces**

A celui qui m'a indiqué la bonne voie et me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes.

**à mon père**

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation.

**à ma mère**

Une pensée aux membres de ma grande famille et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

## Remerciements

Je voudrais remercier tout particulièrement le Professeur Rabah Ben Saïd, qui a assuré mon encadrement. Il a su tout au long de ces années par sa méthode pédagogique souple et rigoureuse me donner goût à l'étude des sols et de la cartographie.

Monsieur A. Boudoukha, Professeur à l'Université de Batna, qui a bien voulu présider mon jury, je le remercie.

Monsieur A. Halitim, Professeur à l'Université de Batna, qui m'a fait l'honneur d'accepter d'être examinateur de mon mémoire.

Monsieur M. KALA, Professeur à l'université de Batna. Je le remercie chaleureusement d'avoir accepté d'être de mon jury de mémoire.

Je remercie profondément l'ensemble des ingénieurs et techniciens de l'Entreprise Nationale Hydro Projet Est (EN HP Est). Qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.

Ma gratitude va à Mr H. Zenati, directeur de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH Constantine), pour sa gentillesse, son aide à récupérer les cartes pédologiques et géologiques.

Je remercie également Mr Ch. Boufeloussa, ingénieur pédologue à l'ANRH Constantine, pour sa gentillesse et son aide.

Un grand merci à F. Timelelt, magistère de l'INA Alger et ingénieur pédologue à l'Entreprise Nationale des Etudes Hydrauliques (ENHYD) ; je lui dois beaucoup de ce que je sais dans le domaine des SIG, qu'il retrouve ici le témoignage de ma reconnaissance et de mon amitié.

À tous ceux que j'ai cités et à ceux qui ne sont pas cités et qui m'ont apporté à un moment ou un autre une aide à la conduite de ce travail : un grand Merci du fond de mon coeur.

## SOMMAIRE

Page :

INTRODUCTION :

### Chapitre I La cartographie pédologique et les SIG

#### 1-La cartographie pédologique

1-1Définitions :	4
1-2-Les constituants d'une carte	5
1-2-1-Le document cartographique	5
1-2-2-titre et référence	5
1-2-3-La légende et la notice	5
1-2-4-L'échelle et La précision	6
1-2-4-1-Les différentes échelles de la carte pédologique	6
1-2-5-Objectifs et applications de la cartographie	7
1-2-6-Démarche pour la cartographie pédologique	8
1-2-6-1-- Recueil et élaboration de l'information pédologique	9
a- Etape préparatoire et de reconnaissance	9
b- Etape de prospection de terrain	9
c- Choix des critères cartographiques	9
d- Caractérisation de l'organisation de la couverture pédologique	10
1-2-6-2-Transmission de l'information	10
1-2-7- les approches de la cartographie des sols	11
1-2-7-1 -L'approche cartographique classique	11
1-2-7-2 -La méthode des secteurs de références	11
1-2-7-3-Exploitation des relations « sols- paysages »	12
1-2-7-4-La modélisation statistique et géostatistique	12
2-le système d'information géographique :	13
2-1-Définitions :	13
2-2- Apport des SIG à la cartographie	13
2-3-Utilisation des SIG en cartographie pédologique	16
2-3-1- La cartographie proprement dite	16
2-3-2-La cartogénese	16
2-3-3La thématization	16

## **Chapitre II**

### **Présentation du milieu physique**

<b>2-1-La zone d'étude</b>	<b>19</b>
<b>2-1-1- Localisation</b>	<b>19</b>
<b>2-1-2-Situation géographique</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Les conditions climatiques</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3.1. Précipitations</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3.2. Régime de température</b>	<b>22</b>
<b>2.1.3.3. Humidité relative</b>	<b>24</b>
<b>2.1.3.4. Le vent</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3.5. Evaporation</b>	<b>26</b>
<b>2.1.3.6. Insolation</b>	<b>27</b>
<b>2.1.4. Conditions géologiques</b>	<b>28</b>
<b>2.1.5. Conditions hydrogéologiques</b>	<b>29</b>

## **Chapitre III**

### **Matériel et méthodes d'étude**

<b>3-1-carte des sols</b>	<b>32</b>
<b>3-2-classification</b>	<b>32</b>
<b>3-3-Analyses du sol</b>	<b>35</b>
<b>3-4-l'analyse des données</b>	<b>36</b>
<b>3-5-elaboration des cartes thématiques</b>	<b>36</b>
<b>3-6-croisement des cartes thématiques</b>	<b>36</b>

## **Chapitre IV**

### **Données analytiques et morphologiques des sols**

<b>4-1- Classification des sols de la zone d'étude</b>	<b>38</b>
<b>4-1-1- Les sols minéraux bruts</b>	<b>38</b>
<b>4-1--2- Les sols peu évolués</b>	<b>39</b>
<b>4-1-3- Les sols calcimagnésiques</b>	<b>45</b>
<b>4-1-4-Les vertisols</b>	<b>49</b>

## **Chapitre V**

### **Etude critique des données**

<b>5-1-Densité de l'échantillonnage :</b>	<b>53</b>
<b>5-2-concordance entre les données</b>	<b>55</b>
<b>5-3-Variabilité des propriétés du sol</b>	<b>55</b>
<b>5-3-1-Variation des données sur l'ensemble des profils</b>	<b>56</b>
<b>5-3-2-Variabilité des paramètres étudiés</b>	<b>58</b>
<b>5-3-2-1-Variabilité selon les horizons</b>	<b>59</b>
<b>5-3-3--Variation des donnés dans les unités cartographiques</b>	<b>65</b>
<b>5-3-3-1-Vertisol</b>	<b>65</b>
<b>5-3-3-2-Sols calcimagnésiques brun calcaire</b>	<b>67</b>
<b>5-3-3-3- Sol peu évolué</b>	<b>69</b>
<b>5-3-4-Comparaison entre les unités cartographiques</b>	<b>71</b>
<b>5-3-5- Relation entre les descripteurs pédologiques</b>	<b>72</b>
<b>5-3-5-1-Relation entre l'argile et le calcaire total</b>	<b>73</b>
<b>5-3-5-2-Relation entre la CEC et les taux d'argile et de matière organique</b>	<b>74</b>
<b>5-3-5-3-Relation entre le taux matière organique et le taux d'argile</b>	<b>75</b>
<b>5-3-5-4-Relation entre le pH et les taux de calcaire</b>	<b>76</b>
<b>5-3-5-5-Relation entre le calcaire total et le calcaire actif</b>	<b>77</b>
<b>5-3-5-6-Relation entre l'argile et la densité apparente</b>	<b>78</b>

## **Chapitre VI**

### **Importance des facteurs de formation du sol dans l'élaboration de la carte pédologique**

<b>6-1-Importance de la pente dans la formation des sols</b>	<b>80</b>
<b>6-2-Importance de l'occupation du sol</b>	<b>84</b>
<b>6-3-Importance de la géologie dans la formation des sols</b>	<b>84</b>
<b>6-4-Etude de la carte géologique de la plaine de Tleghma</b>	<b>85</b>
<b>6-4-1-Descripton des UCM</b>	<b>86</b>
<b>6-4-2-Remarques générales sur la concordance entre carte pédologique et carte des matériaux</b>	<b>87</b>
<b>6-5-Correction de la carte pédologique en s'appuyant sur la carte des matériaux</b>	<b>89</b>

<b>Chapitre VII</b>	
<b>Importance des caractéristiques physico chimiques dans l'élaboration de la carte pédologique</b>	
<b>7-1-la texture :</b>	<b>99</b>
<b>7-1-1-La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H1</b>	<b>100</b>
<b>7-1-2-La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H2</b>	<b>104</b>
<b>7-1-3-La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H3</b>	<b>108</b>
<b>7-2- La couleur :</b>	<b>112</b>
<b>7-1-1-La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H1</b>	<b>112</b>
<b>7-1-1-La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H2</b>	<b>116</b>
<b>7-1-1-La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H3</b>	<b>120</b>
<b>7-3- L'intensité de l'effervescence à l'hcl</b>	<b>124</b>
<b>7-4-La profondeur</b>	<b>126</b>

## **Chapitre VIII**

### **Confrontation des résultats :**

#### **Synthèse d'une carte finale corrigée**

<b>8-1-Le croisement des cartes thématiques des caractéristiques physico chimiques du sol</b>	<b>128</b>
<b>8-2-Carte pédologique finale</b>	<b>134</b>
<b>Conclusion générale</b>	
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexe</b>	

## Liste des figures :

Figure 1 : Périmètre d'irrigation de Tleghma 8000 ha :1/200 000.....	19
Figure 2 : Situation géographique 1/50 000.....	20
Figure 3 : Répartition mensuelle des températures au niveau de la station de Hamma Bouziane .....	22
Figure 4 : Répartition mensuelle des températures au niveau de la station de Constantine.....	24
Figure 5 : Humidité relative de l'air.....	25
Figure 6 : Pourcentage par direction.....	26
Figure 7 : Evaporation mensuelle.....	27
Figure 8 : Durée d'insolation.....	27
Figure 9a : Carte géologique de la plaine Tleghma Oued Athmania feuille n° 96 (département de Constantine.....	30
Figure 9b : Carte géologique de la plaine Tleghma Oued Athmania feuille n° 96 (département de Constantine.....	31
Figure 10a : implantation des profils (partie nord).....	33
Figure 10b : implantation des profils (partie sud).....	34
Figure 11a : carte pédologique de la plaine de Tleghma (partie nord).....	51
Figure 11b : carte pédologique de la plaine de Tleghma (partie sud).....	52
Figure 12 : Relation entre l'argile et le caco3 total .....	73
Figure 13 : Relation entre la CEC et l'argile .....	74
Figure ? : Relation entre le taux de matière organique et le taux d'argile .....	75
Figure 15 : Relation entre le pH et le taux de calcaire total.....	76
Figure 16: Relation entre le pH et le calcaire actif .....	77
Figure 17 : Relation entre le calcaire total et le calcaire actif.....	77
Figure 18 : Relation entre l'argile et la densité apparente.....	78
Figure 19 a : importance du réseau hydrographique dans la classification des sols (partie nord).....	82
Figure 19 b : importance du réseau hydrographique dans la classification des sols (partie sud).....	83
Figure 20a : Répartition des unités a modifier (partie nord).....	93
Figure 20 b:Répartition des unités a modifier(partie sud).....	94
Figure 21a : carte pédologique modifiée (partie nord ).....	97

Figure 21b : carte pédologique modifiée (partie sud).....	98
Figure 22a : Répartition de la texture de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma partie nord.....	102
Figure 22b : Répartition de la texture de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma partie sud.....	103
Figure 23a : Répartition de la texture de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie nord).....	106
Figure 23b : Répartition de la texture de la texture de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie sud).....	107
Figure 24a : Répartition de la texture de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie nord).....	110
Figure24b : Répartition de la texture de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie sud).....	111
Figure25a : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma (partie nord).....	114
Figure25b : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma (partie sud) .....	115
Figure 26a : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie nord) .....	118
Figure 26b : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie sud) .....	119
Figure 27a : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie nord) .....	122
Figure 27b : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie sud) .....	123
Figure 28 : carte de l'effervescence à l'hcl.....	125
Figure 29 : carte de la profondeur.....	127
Figure 30a : Cartogramme des textures sur fond géologique (partie nord).....	129
Figure 30b : Cartogramme des textures sur fond géologique (partie sud).....	130
Figure 31a : Carte pédologique modifiée à base des critères intrinsèques (partie nord).....	132
Figure 31b : Carte pédologique modifiée à base des critères intrinsèques (partie sud).....	133
Figure 32a : carte pédologique finale (partie nord).....	135
Figure32b: carte pédologique finale (partie sud).....	136

## Liste des tableaux :

Tableau n°01 : les précipitations.....	21
Tableau n°02 : Distribution mensuelle de la température de l'air au niveau de la station de Hamma Bouziane (1994-2003).....	22
Tableau n°03 : Distribution mensuelle de la température de l'air au niveau de la station de Constantine (1994-2003).....	23
Tableau n°04 : Distribution mensuelle de l'humidité relative de l'air (1994-2003).....	24
Tableau n°05 : Distribution fréquentielle du vent à la station de Constantine (1994-2003).....	25
Tableau n°06 : Evaporation mensuelle et annuelle.....	26
Tableau n°07 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (en heure) (1994-2003).....	27
Tableau n°08 :Ordre de grandeur des densités d'échantillonnage de la couverture pédologique pour des études d'analyse spatiale des sols de résolution décroissante ( Walter 2002).....	53
Tableau n°09 : Structure des données sur l'ensemble des profils.....	56
Tableau n°10 : Structure du taux d'argile suivant les horizons (H).....	59
Tableau n°11 : Structure du taux de calcaire total suivant les horizons (H).....	60
Tableau n°12 : Structure de la C.E.C suivant les horizons .....	61
Tableau n°13 : Structure de la matière organique (%) suivant les horizons.....	62
Tableau n°14 : Structure du pH suivant les horizons.....	62
Tableau n°15 : Structure de la Conductivité électrique suivant les horizons.....	63
Tableau n°16 : Structure de la densité apparente suivant les horizons.....	64
Tableau n°17 : Structure des données dans les vertisol.....	65
Tableau n°18 : Structure des données dans les sols bruns calcaires.....	67
Tableau n°19 : Structure des données dans les sols peu évolués .....	69
Tableau n°20 : Paramètres statistiques des unités cartographiques.....	71
Tableau n°21 : Coefficients de corrélation entre les descripteurs pédologiques.....	72
Tableau n°22 : répartition des profils sur les UCM et les unités pédologiques .....	88
Tableau n°23 : les unités proposées pour être modifier .....	91
Tableau n°24 : la nouvelle classification des unités.....	95
Tableau n°25 La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H1.....	100
Tableau n°26 : La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H2.....	102
Tableau n°27 : La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H3.....	104

Tableau n°28 : La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H1 .....	112
Tableau n°29 : La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H2.....	116
Tableau n°30 : LA répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H3.....	120

## Glossaire :

**ANRH** : Agence National des ressources Hydriques.

**AGID** : l'Agence National de Réalisation et de Gestion des Infrastructures Hydrauliques pour l'irrigation et le Drainage (AGID)

### **Classification :**

**AL** : apport alluvial

**CI** : apport colluvial

**BC** : brun calcaire

**DENR** : drainage externe nul ou réduit

**DEP** : drainage externe possible

**SAS** : structure anguleuse dès les 15 cm premiers

**SCM** : sol calcimagnésique

**CVPA** : caractère verticale peu accentué

**SPE** : sol peu évolué

**Code Munsell.** Charte de couleur utilisée internationalement par les pédologues pour décrire la couleur du sol. Le code comporte trois variables : la teinte qui va du rouge (10R) au brun (10 YR) puis au jaune (Y) et au bleu (B), la clarté qui va du noir (0) au blanc (10) et la pureté qui va du terne (0) au vif (8).

**CPCS** : commission de pédologie et de cartographie des sols.

**SIG.** Acronyme pour **Systèmes d'Information Géographique**. Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.

### **Textures :**

**A** : argileuse

**B** : argilo limoneuse

**C** : limono argileuse

**T** : sablo limoneuse

**L** : limoneuse

**M** : équilibré

**U** : limono sableuse

**R** : sablo argileuse

**UCM** : unité cartographique des matériaux

## **Résumé :**

L'objectif de cette étude est d'analyser, critiquer, évaluer, et préciser le degré de la fiabilité d'une carte pédologique réalisée dans le cadre de l'étude de l'aménagement hydro agricole de la plaine de Tleghma,

Cette carte est un produit d'une démarche cartographique adoptée sur le terrain basée sur une prospection systématique qui a permis de décrire 45 profils pédologiques et d'échantillonner 23 profils (plus de 50% des échantillons sont analysés) .

Les sols de la zone d'étude sont répartis dans quatre (04) classes de sols. Ce sont les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols calcimagnésiques et les vertisols

Dans un premier temps les données de la carte pédologique de la plaine de Tleghma font l'objet d'une étude de vérification à travers une étude analytique et critique en utilisant les statistiques classiques à travers l'horizon, le profil et l'unité cartographique.

D'après l'étude il ressort que pour l'ensemble des échantillons il n'existe pas des corrélations hautement significatives sauf pour la matière organique et le calcaire total

Contrairement à ce qui était déjà démontrés par nombreux auteurs, la corrélation entre les deux paramètres (argile, CEC) est faiblement significative

L'étude thématique en utilisant un SIG a portée sur deux volets :

Une étude d'un facteur extrinsèque du sol qui est la géologie et une étude des facteurs intrinsèques les plus utilisés en classification des sols (CPCS 1967)

Ces facteurs sont la texture, la couleur, l'intensité de l'effervescence à l'HCl et de la profondeur.

D'une manière générale nous avons constaté que les modifications portés à la carte pédologique lors de l'étude de la carte des UCM sont localisés primordialement dans les groupes des sols peu évolués, dont il ressort que la nature des unités cartographiques des matériaux constitue un élément déterminant dans la classification.

Le croisement des cartes thématiques, à savoir l'horizon de surface, l'horizon de sub-surface et l'horizon de profondeur nous a donné une idée globale sur le degré d'efficacité de la texture, la couleur, l'intensité de l'effervescence à l'hcl et de la profondeur de chaque horizon dans la classification du sol.

En effet, il ressort que la texture du deuxième horizon est le facteur le plus efficace.

## **Mots clés :**

**Cartographie du sol, fiabilité, SIG, géologie, facteurs intrinsèques, plaine de Teleghma**

## **Summary:**

The objective of this study is analysing, criticising, evaluating and précising the degree of pedologic card and the reliability realised in framework of hydro agricultural arrangement in the Thleghma perimeter.

This card is a product of cartographic application adopted in a ground based in a systematic prospection which permits to describe 45 pedologic profiles and to sample 23 profiles (more than 50% samples are analysed).

Soils of the study area are distributed to four soil classes.

At first time, pedological card data concerning Tleghma plain make the object of a verification study thank to analytical and critical study using classical statistics, thank to horizon profile and cartographic unit.

According to the study it stands out for the whole sample. it does not exist a correlation highly significant only for the organic material and to total limestone

Contrary to what has been shown by many authors the correlation between the two parameters (clay, CEC) is weakly significant. the thematic study using a SIG is adapted to two shutters

A study of extrinsic factor of soil which is geology and a one of intrinsic factors, the most used in soil classification (CPCS 1967).

These factors are texture, colour intensity, of effervescence in Hcl and that of depth.

Generally speaking, we have noticed that the modifications carried to the pedologic card during the study of UCM are localised. Firstly in the group of soils little advanced which stand out for the nature of cartographic units of materials, this constitute a decisive element in the classification

The crossing of the thematic card with knowledge of surface horizon and subsurface one and depth one has given a global idea about the degree of texture efficiency colour ,effervescence intensity to hcl and the depth of each horizon in soil classification, as a result it stand out that the texture of the second horizon is the most efficient factor

## **Key words:**

Soil cartography, reliability, GIS, geology, intrinsic factors, Tleghma perimeter.



## **Introduction :**

Le sol n'est plus considéré comme un milieu inerte ; il évolue dans l'espace et dans le temps. Cette évolution lui confère une variabilité dans ses propriétés (morphologique, physique, chimique et biologique...) ce qui va se répercuter sur le développement des systèmes de production agricole.

En même temps ; le sol est avant tout un capital mince et fragile. Il est aujourd'hui, par la société, considéré comme une ressource consommable, quoique essentielle et très lentement renouvelable. Il est ainsi soumis à des pressions croissantes. L'importance de la protection des sols est reconnue à l'échelle internationale (commission des communautés européennes, 2002 Collin C, Bellier). Au sommet de Rio 1992, les états participants ont adopté une série de déclarations majeures en la matière. La convention des nations unies de 1994 sur la lutte contre la désertification vise à prévenir et réduire la dégradation des terres, remettre en état les terres partiellement dégradées et restaurer les terres désertifiées.

Il y a donc nécessité de connaître le sol ainsi que son environnement, pour ce faire, la cartographie et les inventaires sont des approches qui permettent aux pédologues de mieux protéger ce patrimoine lentement renouvelable.

Dans ces dernières années et pour répondre aux besoins accentués en matière d'irrigation et faire face aux problèmes de développement de l'agriculture, par l'évaluation des ressources en eau et en sol qui constitue l'une des priorités immédiate ; le ministère des ressources hydrique a lancé plusieurs projets d'aménagement hydro agricoles tout en se basant sur la cartographie du sol.

Parmi ces différents projets on peut citer l'aménagement hydro agricole des plaines de : Oued Athmania Tleghma ; Tazoult Ain Touta ; Chemora ...etc.

Dans toute étude d'aménagement ; l'étude agro pédologique constitue un outil de base; c'est à travers l'étude agro pédologique qu'on dresse les types de cultures à implanter ; la quantité d'eau à apporter et les travaux d'aménagement à réaliser.

A cet effet nombreuses études agro pédologique ont été réalisées, soit en se basant sur des études antérieures (étude d'actualisation), soit sur des études menées pour la première fois.

Ces études sont généralement réalisées dans des temps record ; soumises à un cahier de charge précis et à une méthodologie cadrée ce qui pousse les opérateurs à employer une procédure expéditive, négligeant au passage la rigueur et le détail.

La carte pédologique est un document de base pour toute étude d'aménagement. Les difficultés majeures pour le pédologue cartographe résident dans la saisie, la gestion, le traitement et la restitution d'un grand volume de données (Girard et al 1989). En effet, dans son travail de synthèse, le pédologue réunit les caractères du sol en horizons, ces derniers sont constitués en profils et sont à leur tour associés pour former une unité cartographique.

Les progrès réalisés dans la cartographie ont démontré des lacunes caractérisant les cartes de sols tels que réalisées couramment. C'est dans ce sens que nous nous proposons de valoriser la carte pédologique de la plaine de Tleghma par la valorisation de ses données pédologiques en utilisant une approche statistique et en procédant à une analyse thématique par un SIG.

Le périmètre d'étude en question est le périmètre d'irrigation O Athmania Tleghma qui a fait l'objet d'une étude d'actualisation menée par un bureau d'étude national « Hydro Projet Est » Constantine sous l'égide de l'Agence Nationale de Réalisation et de Gestion des Infrastructures Hydrauliques pour l'irrigation et le Drainage (AGID) en qualité de maître de l'ouvrage.

Le périmètre a une superficie totale de 8000 ha, la partie nord « Oued Seguin O Athmania » 1800 ha a fait l'objet d'une étude détaillée en 1973 par la DMREH Constantine ( ANRH actuellement) , et la partie sud une étude plus récente en 2002 par la même agence (ANRH).

C'est en participant, dans la réalisation de l'étude d'actualisation du périmètre de Tleghma que j'ai constaté cette carence et que le sujet d'une thèse s'est concrétisé.

Pour des raisons de commodité le choix a été porté sur la partie nord, vu que la superficie est moins vaste avec une plus grande variabilité de différents paramètres pédologiques.

L'approche qu'on va présenter s'articule sur deux démarches :

1-une étude critique, analytique et comparative inter et intra unité cartographique entre les différentes données des deux cartes pédologiques existantes afin d'étudier le degré de fiabilité et de concordances des données pédologiques

2-une étude thématique à l'aide d'un système d'information et qui se subdivise en deux volets :

\* trouver une corrélation entre les unités pédologiques et les unités d'un facteur dit extrinsèque du sol qui est « la géologie ».

\*créer des analyses thématiques des facteurs intrinsèques du sol et réaliser des cartes mono factorielle et des cartes plurifactorielle puis comparer ces cartes aux cartes pédologiques raisonnées.

Le plan de mémoire s'organise comme suit :

Dans le premier chapitre on dresse une analyse bibliographique en matière de la cartographie pédologique et les systèmes d'information géographique .Dans le deuxième chapitre on présente la zone d'étude.

Dans le chapitre trois on présente les méthodes d'étude

Dans le chapitre quatre on présente les données analytiques et morphologiques des sols

Dans le chapitre cinq on analyse et critique les données analytiques en utilisant les statistiques classiques.

Dans le chapitre six on cherche à trouver les différentes corrélations entre les unités pédologiques et les unités géologiques.

Dans le chapitre sept on effectue une analyse thématique des paramètres les plus importants utilisés en classification du sol (CPCS 1967).

Le croisement des résultats du chapitre six et chapitre sept sera présenté au chapitre huit comme la carte pédologique améliorée de la plaine de Tleghma.

# Chapitre I

## La cartographie pédologique et les SIG

### 1-La cartographie pédologique :

#### 1-1-Définitions :

**Legros (1996)** définit la carte pédologique comme étant un document en deux dimensions, présenté sur du papier ou sur différents autres types de support, et fournissant avec un coefficient de réduction élevé, une image simplifiée de l'organisation spatiale dans le milieu naturel.

Une carte de sol est un modèle simplifié de l'organisation de la couverture pédologique indiquant la répartition spatiale de différents sols de référence dont la description est fournie dans une notice explicative (**Girard 1995**).

La carte pédologique constitue une base de données des sols (**Faure, 1989 ; Fournier, 1989 ; Chrétien et al. 1993 ; Carré et al 2002**). Elle fournit en même temps des informations graphiques comme les limites des plages et des informations sémantiques représentées par des chiffres et qualificatifs (**Girard et al. 1989**). Ses objectifs et applications sont aussi nombreux que variés et dépendent de la précision avec laquelle elle est réalisée. Ceux-ci peuvent être la connaissance du milieu naturel, la recherche scientifique, les aménagements agricoles et la protection des sols (**Legros, 1996** )

Les cartes pédologiques permettent de pérenniser l'information recueillie à un moment de la connaissance, en vue d'en garder un support graphique et de pouvoir assurer la transmission.

Les techniques d'observation, d'analyse et de cartographie ont évolué au cours du temps, les concepts également, mais le principe est resté le même : comment réussir au mieux à projeter cet objet complexe à trois dimensions (le sol) sur un support n'en possédant que deux (la carte) (**GADDAS 2002**).

Les cartes pédologiques sont d'une importance capitale, elles permettent aussi bien aux spécialistes des sols qu'aux décideurs, de faire des choix pertinents dans des domaines allant de l'agronomie à l'aménagement du territoire.

## **1-2-Les constituants d'une carte :**

### **1-2-1-Le document cartographique :**

Graphiquement, une carte de sols est la projection sur un plan de la couverture pédologique, c'est-à-dire d'un volume. Habituellement, on représente les indications suivantes sur la carte (**Girard et al 1989**) : Système de projection, échelle, niveau d'analyse (précision des mesures, des observations, types de variables utilisées), résolution (surface la plus petite pour laquelle on dispose d'une information), objets cartographiés (valeur de réserve utile, horizon...). Ces derniers sont schématisés sur un fond topographique en :

Plage cartographique : surface élémentaire dont la limite est fermée sur elle-même. Le contenu est défini et représenté de manière homogène par un figuré ou une couleur déterminée.

Unité cartographique : est constituée par l'ensemble des plages de même nature.

Unité sol : l'unité cartographique peut renfermer une ou plusieurs unités de sols dont les contours ne sont pas définis.

### **1-2-2-Titre et référence :**

L'indication du titre paraît une évidence. Par ailleurs, la carte est presque toujours le résultat d'un travail collectif ; dont il est correct de mentionner les noms des collaborateurs avec l'indication des secteurs ou ceux-ci ont exercé leurs talents de cartographes.

### **1-2-3-La légende et la notice :**

La légende et la notice représentent une sémantique permettant de compléter et préciser les informations pédologiques, en particulier :

La caractérisation des unités cartographiques (description morphologique et analytique des horizons)

La dénomination des unités cartographiques en référence à une classification.



Les cartes à grandes échelles (du 1/25 000 au 1/5000) les résultats obtenus d'une première reconnaissance sommaire (du 1/100.000 jusqu'au 1/50.000).c'est l'échelle d'exécution des travaux.

Généralement cette étude s'intéresse d'avantage aux caractères physiques du sol de la pédogenèse qui est généralement bien étudiée sur les cartes à moyenne échelle.

Elle doit préciser les déterminations des zones à mettre en valeur en insistant sur l'aptitude culturale des sols et en faisant ressortir les caractères suivants :

-texture, structure, présence d'une croûte, profondeur de sol, salure , présence de nappe phréatique etc...

#### **1-2-5-Objectifs et applications de la cartographie :**

La cartographie pédologique est une activité coûteuse. En effet, elle est longue et exige un personnel hautement spécialisé ainsi que de nombreuses analyses de terres. Elle se justifie donc lorsqu'on peut démontrer son intérêt pratique. On cite dans ce qui suit certaines applications qu'elle couvre (**Legros 1996**) :

Connaissance du milieu naturel : il s'agit d'inventorier les sols et préciser leur distribution dans l'espace. Celle-ci servira d'orientation dans plusieurs disciplines tel que la phytosociologie, l'hydrologie.

Recherche scientifique : en étudiant la liaison entre la couverture pédologique et l'environnement naturel qui est la morphologie, le climat, la végétation et le temps : c'est la pédogenèse.

Aptitude culturale : dans ce contexte, le rôle du cartographe est double. D'une part, il doit mettre en évidence les contraintes fortes pouvant réduire la gamme de cultures possibles, telles que la profondeur du sol, la présence de la charge caillouteuse, la présence du calcaire actif impliquant des contraintes en arboriculture pour les portes greffes. D'autre part, le cartographe doit signaler et situer spatialement les risques majeurs d'une mauvaise exploitation tel l'érosion et la salinisation par exemple.

Aménagement agricole : dans ce domaine, on cite :

L'irrigation : l'équipement des parcelles en vue d'être irriguées présente un coût économique considérable. En effet, l'adduction des parcelles à la source d'eau à travers des conduites doit être planifié afin d'assurer la rentabilité. Ceci est possible en tenant compte des caractéristiques des sols lors de l'exploitation.

Le drainage : l'étude pédologique préalable au drainage est indispensable. Celui-ci, lorsqu'il est justifié, pose le problème du coût économique. En effet, la distance entre les drains ne doit être ni trop faible ni trop grande ce qui impliquerait à défaut, un surcoût inutile dans le premier cas et une perte de l'investissement dans le deuxième cas.

Protection des sols :

La Lute contre l'érosion : Dans certains cas, des études pédologiques ont prouvé que la pente n'est pas la principale cause de l'érosion. En effet, la texture de l'horizon de surface et le type de culture semblent jouer un rôle important dans le déclenchement du ruissellent.

Le dessalement : la mise en valeur des zones salées implique la connaissance préalable des sols. En outre, ces zones nécessitent d'abord le dessalage du sol et l'évacuation des eaux chargées. Pour sa réalisation, la cartographie demeure un excellent moyen.

Enfin, la cartographie pédologique trouve d'autres applications telles que la lutte contre la pollution chimique des sols, l'étude des processus de désertification etc.

#### **1-2-6-Démarche pour la cartographie pédologique :**

D'une manière générale, on identifie deux grandes phases lors de la production d'une carte pédologique (**Jamagne, 1993**) :

Recueil et élaboration de l'information pédologique.

Transmission de l'information.

### **1-2-6-1-Recueil et élaboration de l'information pédologique :**

#### **a)- Etape préparatoire et de reconnaissance :**

Les données sur la géologie, la géomorphologie, l'hydrologie, la végétation et le climat sont analysées et les documents de base (carte topographique, géologique) sont étudiés.

#### **b)-Etape de prospection de terrain :**

Il s'agit de procéder à la cartographie proprement dite de la zone. D'après **Legros (1996)**, il existe trois façons principales de procéder. La première repose sur l'expérience et la somme des connaissances régionales acquises du pédologue. De cette manière le pédologue cartographe choisira les sites d'observations sur la base d'un raisonnement logique en utilisant un nombre d'observations réduit. C'est la cartographie libre. Une deuxième approche, (cartographie systématique) où le pédologue effectue des observations selon un réseau rigide basé sur un maillage strictement respecté. La troisième approche utilise les statistiques pour décrire les corrélations spatiales des propriétés des sols et prédit, avec une précision connue, la valeur en des sites non reconnus. On citera la géostatistique qui est devenue la méthode de référence en matière d'analyse spatiale des sol (**Webster et Oliver, 1990 cités par Walter 2002**) et qui a connu très rapidement un développement considérable dans les applications en science du sol (**Douaoui, 1995**), en hydrologie du sol (**Gascuel-Oudou, 1984**), physique du sol (**Voltz, 1986**) et en chimie du sol (**Goovaert et al., 1989 cité par Walter, 2002**).

#### **c)-Choix des critères cartographiques :**

Selon Legros (**1978a**), les principaux éléments qui doivent conditionner le choix des critères de cartographie sont :

Leur signification agronomique ou pédogénétique. A priori, prendre en compte la texture ou l'hydromorphie paraît plus important que de différencier les sols à partir de la taille des éléments structuraux.

L'efficacité de la délimitation des sols sur la base des critères envisagés. Il faut donc choisir des critères aisés et rapides telle que la pente de terrain.

Les critères doivent être adaptés au niveau taxonomique de représentation (type de sol, famille de sol etc..) d'abord en fonction de l'échelle, et ensuite en fonction du milieu car seuls les caractères du sol ou de l'environnement ayant une valeur discriminante sont intéressants.

#### **d)-Caractérisation de l'organisation de la couverture pédologique :**

Dans la nature, le sol est un continuum désigné comme couverture pédologique (**Jamagne et al 1993**). Même si les variations des propriétés sont parfois brutales pour représenter les limites, celles-ci restent théoriques et conceptuelles, sans existence réelle (**Legros, 1996**). Afin de caractériser sur un plan une réalité tridimensionnelle, les spécialistes ont utilisé différents modèles :

Le premier repose sur la notion du profil constitué d'une superposition d'unités élémentaires qui sont les horizons (**Girard, 1989 ; Lahmar et al 1989**).

Le deuxième modèle est basé sur l'analyse structurale (**Djili, 1983 ; Boulet et al in Legros 1996 ; Ruellan et al. 1989**) l'unité élémentaire est un volume pédologique (un horizon au sens large), son objectif est de décrire les structures de la couverture pédologique, et de comprendre l'évolution de ces structures dans le temps afin de déterminer le fonctionnement du système mis en place.

Le troisième modèle repose sur l'association des sols et différencie trois types d'associations en l'occurrence les chaînes de sol, les climato séquences et les chrono séquences.

Le quatrième modèle est celui des pédo-paysages (**Haddouche et al., 2001 ; Gaddas, 2001**). Ce modèle se base sur l'exploitation des photos aériennes ou satellitaires qui offre l'avantage de réduire la durée de la prospection sur terrain.

#### **1-2-6-2--Transmission de l'information :**

C'est la phase finale qui consiste à reporter sur carte la synthèse des connaissances acquises durant les étapes précédentes à travers la représentation cartographique, la légende et la notice explicative. Plusieurs modes de représentations ont été utilisés afin d'obtenir une meilleure expression sur les cartes des résultats obtenus. Dès lors, divers types de cartes sont élaborées à des échelles différentes suivant l'objectif poursuivi (**Jamagne et al. 1993**) :

La représentation synthétique où chaque unité cartographique est représentée par une couleur, une trame ou un symbole. La carte elle-même est simple, mais la notice explicative

est souvent détaillée. Des exemples ont été produits à des échelles allant du 1/20 000 au 1/60 000.

La représentation par pédopaysage : l'échelle de publication de cette représentation est au 1/250 000. Elle tient compte des éléments majeurs du paysage et donne l'importance aux données pédologiques ayant une conséquence agronomique.

La représentation mixte ou morphogénétique : C'est une représentation où les éléments de la pédogenèse, la caractérisation de matériaux et l'économie de l'eau sont simultanément mentionnée. Des documents à l'échelle du 1/100 000 ont été produits.

La représentation analytique : la variabilité spatiale des sols est exprimée par la codification de toutes les propriétés importantes du sol.

La représentation en courbe d'iso différenciation : cette représentation, utilisée essentiellement à grande échelle, privilégie le tracé de courbes matérialisant l'apparition et la disparition d'horizons et volumes pédologiques significatifs.

### **1-2-7- les approches de la cartographie des sols :**

Plusieurs méthodes sont proposées pour permettre de mieux valoriser les informations disponibles sur les sols. On peut distinguer quatre approches : méthode des secteurs de références, exploitation des relations sol-paysage, modélisations statistiques et géostatistiques et apport des SIG dans la cartographie pédologique.

#### **1-2-7-1-L'approche cartographique classique :**

L'ensemble de cette approche repose sur un échantillonnage de la couverture pédologique dont la densité est définie en fonction de l'échelle finale du document (**Jamagne 1967 Legros 1996**) et suppose de la part du cartographe une compréhension des relations entre la variabilité des propriétés du sol et celle d'autres caractéristiques du milieu plus facile à appréhender .

#### **1-2-7-2-La méthodes des secteurs de référence :**

Favrot énonce en 1981 sa méthode de généralisation des données pédologiques ponctuelles vers des territoires plus vastes : celle des «secteurs de références ». Voltz (1986), Walter (1990) et Lagacherie (1992) cités par Robbez-Masson (1994), proposent également

des solutions en ce sens, ils fondent leurs méthodes sur un procédé en deux temps : - établir d'abord la relation entre des critères d'accès aisé, accessibles sur l'ensemble de la zone, et les paramètres mesurés localement ; - exploiter ensuite cette relation pour estimer ces paramètres en chaque point de la zone.

### **1-2-7-3-Exploitation des relations « sols-paysages » :**

Le concept de **pédopaysage** « ensemble des horizons pédologiques et des éléments paysagiques : végétation, effets des activités humaines , géomorphologie, hydrologie ,substrat ou roche mère , dont l'organisation spatiale permet de définir dans son ensemble une (ou une partie d'une )couverture pédologique »(**Girard 2000**) .

Afin de réduire le nombre de sondages nécessaire pour délimiter les unités de sols, le pédologue tente, au cours de la cartographie d'établir des lois lui permettant de prévoir l'apparition des unités de sol au moyen de critères extrinsèques au sol (relief, substrat, végétation) ou des caractéristiques de l'état de surface du sol (couleur de surface, pierrosité, etc.) (**Girard, 1983 a ; Bouma, 1989 ; Lagacherie, 1992 ; Favrot et Lagacherie, 1993**).

En effet, depuis **Jenny (1941)**, des auteurs testent les possibilités de formuler des lois générales exprimant les relations entre le sol et certains critères comme le relief (**Huggett, 1975 ; Conacher et Darlympe, 1977 in Gaddas 2002**).

### **1-2-7-4-La modélisation statistique et géostatistique :**

Les statistiques dans les études de sol sont utilisées entre autres par **Girard (1970, 1976) ; Dijkerman, (1974) ; Hall, (1983) ; De Gruijter et McBratney (1988) ; Brubaker et Hallmark, (1991) ; Burrough, (1991 a) ; McBratney, (1992) ; Cook et al., (1996) ; Bui et al., (1999) ; McBratney et al. (2000) et McIntosh et al., (2000)** ; ainsi que l'interpolation par la méthode de la logique floue (**Burrough, 1989**). Un essai de formalisation des lois pour la cartographie des sols a été entrepris avec succès par **Lagacherie (1992)** sur la base d'une méthode statistique de segmentation basée sur la méthode de **Breiman et al. (1984)**.

L'outil informatique dans le domaine de la cartographie des sols est utilisé pour élaborer des cartes modélisées ou des cartes de synthèse (**Bornand et al., 1989 ; Girard et al., 1989 ;**

**Van Orshoven et al., 1991**). L'élaboration de deux modèles statistiques adaptés aux sols, **DIMITRI (Girard et King D., 1988)** et **VLADIMIR (King. et Girard, 1988)** a été réalisée en utilisant successivement les «horizons » puis les «profils » de sols.

Plusieurs auteurs ont utilisé des méthodes statistiques pour des études de sols (**Webster, 1977, 2000 ; Nortcliff, 1978 ; Burrough et Kool, 1981**), ou des méthodes de géostatistique permettant de trouver des relations spatiales pour une ou plusieurs variables (**Burgess et Webster, 1981 ; Di et al., 1989 ; Webster et Olivier, 1990 ; Walter, 1990 ; Odeh et al., 1992 ; Ahn et al., 1999 ; Bourenane et al., 2000**).

## **2-Le système d'information géographique :**

### **2-1-Définitions :**

Le système d'information géographique est un système de gestion de donnée pour la saisie , le stockage , l'extraction , l'interrogation , l'analyse et l'affichage de données localisées (**Laurini , Raffort 1993**)

Selon **Girard et al. (1989)**, le concept de SIG englobe à la fois la notion d'un système de gestion de base de données (SGBD) pour l'ensemble sémantique et celle de dessin assisté par ordinateur (DAO) pour l'ensemble graphique. Dans son utilisation, les auteurs recensent également l'étude de scénarii et combinaisons cartographiques. En effet, dans la partie sémantique d'une carte, on trouve une description de la nature des sols sur la base des caractéristiques permanentes. Dans certains cas, les notices comportent aussi des notions concernant la dynamique du système tels que le fonctionnement hydrique ou le comportement par rapport aux façons culturales. Au sein d'un SIG, il est possible de décrire ces aspects dynamiques en précisant les flux existants entre horizons où entre unités cartographiques. Des travaux (**Tessier et al., 1996 ; Wu et al., 2001**) ont traité ces aspects dans le cadre de problèmes d'hydro-pédologie, d'érosion, de potentialité d'une culture etc. L'état global du sol peut être visualisé à chaque instant précis.

### **2-2- Apport des SIG à la cartographie :**

Le développement des SIG a permis l'élaboration de bases de données de sol plus précises et plus exhaustives que les cartes pédologiques présentées de façon conventionnelle (**King D. et Burrill, 1995 ; Brabant et al., 1995 ; Burrough, 1996 ; Dobos et al., 2000**). **Jamagne (1993)** considère les documents cartographiques classiques trop statiques et

constituant des états des lieux trop figés. En effet, les bases de données pédologiques sous SIG permettent de visualiser en détail et de combiner plusieurs couches d'informations déjà existantes ainsi que des classifications des sols, ce qui constitue certainement un acquis qualitatif pour la cartographie pédologique (**Dudal, 1987 ; Zinck, 1993**).

Ces SIG sont utilisées dans différents domaines traitant de la variabilité des ressources naturelles tels que la planification de l'occupation du sol (**Hammer *et al.*, 1991**), ou dans des applications au modèle de pédopaysage (**Skidmore *et al.*, 1991, 1996 et Ryan, 1993**). Sans vouloir être exhaustif on peut citer les travaux suivants qui ont exploité l'informatique en général et les SIG en particulier dans le domaine de la pédologie : **King D. (1986) ; Klingebiel *et al.*, (1987) ; Tomlin, (1987) ; FAO (1989) ; Girard *et al.* (1989) ; Faure (1986 ; 1989) ; Legros et Nortcliff (1990) ; Gessler, (1990) ; Burrough (1991 b, 1993) ; Flasse *et al.* (1991) ; Favrot et Lagacherie (1993) ; Jamagne (1993) ; Jamagne *et al.* (1993) ; Engels *et al.* (1993) ; Van Orshoven *et al.* (1993) ; Moore *et al.*, (1993) ; McSweeney *et al.* (1994) ; Jamagne *et al.* (1995) ; Calzolari *et al.* (1995) ; Cam *et al.* (1996) ; Indorante *et al.* (1996) ; Basher (1997) ; Walter *et al.* (1997) ; Eckelmann *et al.* (1998) ; Kollias *et al.* (1999) ; Loukili *et al.*, (1999) ; Mendonça Santos *et al.* (2000).**

La principale limite de la cartographie traditionnelle résidait dans son caractère relativement figé. Les cartes étaient souvent longues à réaliser, difficiles à archiver ou à diffuser, et elles nécessitaient des opérations assez lourdes pour leur mise à jour. (**Anonyme 2000**)

Le développement de l'informatique entraînant celle de la cartographie numérique, de nouvelles possibilités sont apparues durant la dernière décennie :

- d'abord, pour rendre plus rapide et plus souples les travaux de dessin et de restitution cartographique, avec les logiciels de CAO (cartographie assistée par ordinateur)
- ensuite, pour faciliter la gestion des informations relatives aux objets géographiques d'une carte, avec les SGBD.

Le développement des Systèmes d'information géographique (SIG) a débuté vers 1980, en relation directe avec les performances de l'informatique. Il s'accélère actuellement et une très forte croissance est à prévoir au cours de cette décennie.

Un SIG est une base de données numérisées dans laquelle sont stockées des informations variées mais ayant un dénominateur commun : elles sont toutes repérées par leur position géographique à la surface de la Terre. On dit, de ce fait, qu'elles sont géocodées ou géoréférencées ; d'où l'expression aussi employée de Système d'information géocodée.

Un SIG peut stocker des informations sur des objets de nature très diverse, par exemple : topographique, climatique, pédologique, agronomique, socio-économique. Connaissant les relations spatiales existant entre ces objets, il est possible de croiser et de traiter ces données **(Brabant. 1993).**

La gestion des données par l'intermédiaire des SIG permet la combinaison de données intrinsèques aux sols avec des paramètres appartenant à des domaines sémantiques différents (climatologie, télédétection, géomorphologie ...) **(Jamagne M. et al 1995)**

Le développement rapide des outils informatiques au cours des dernières années notamment des systèmes d'information géographique (SIG) a ouvert des possibilités très intéressantes pour une gestion rationnelle et conviviale des données géographiques de sources diverse **(Loukili et al 2000)**

L'intérêt de l'informatique et des SIG dans le domaine de pédologie a été souligné entre autres par **King 1986 , Bourough 1989 , FAO1989 , Girard et al 1989, Faure 1986 ; 1989) , Legros et Nortcliff 1990 ,Flasse et al 1991 , Favrot et Lagacherie 1993, Jamagne 1993 , Jamagne et al 1993 , Van Orsevenet al1993 Engels et al 1993, Jamagne et al 1995 , Cam et al 1996, Walter et al 1997 Shwartz et al 1997 ,et Koliass et al 1999**

Les SIG sont conçus pour autoriser l'élaboration, la manipulation et l'archivage des cartes tels que :

**L'aide à la création de l'information :** L'utilisation d'un SIG permet de construire une couche d'information correspondant au point représentant les profils. Les coordonnées correspondantes peuvent être calculées automatiquement. Les SIG permettent également le calcul rapide et précis des surfaces **(King et Duval, 1989).**

**L'aide à l'exploitation de l'information :** l'utilisation des SIG permet la constitution d'une banque de données (**Bornand et al 1994 ; Bracke et al., 2001**). Dans ce cas, la carte obtenue représente une application parmi d'autres. En fait, plusieurs cartes peuvent être obtenues en choisissant le nombre et le poids des facteurs pris en compte

**L'aide à la validation de l'information :** la création de la base de données permet plusieurs opérations. L'estimation de la variabilité interne des unités cartographiques est réalisée à l'aide de la géostatistique (**Gascuel-odoux, 1987**).

**-L'aide à l'édition des cartes :** en possédant un matériel de qualité, les SIG permettent de procéder rationnellement. En effet, et suivant la demande, il est possible de faire des tirages partiels d'une région et à l'échelle souhaitée.

### **2-3-Utilisation des SIG en cartographie pédologique :**

D'après **Legros et Bornand (1992)** les S.I.G sont utilisés pour :

#### **2-3-1- La cartographie proprement dite :**

Plusieurs essais ont été réalisés, telle que la cartographie par secteurs de référence (**Favrot, 1989 ; Lagacherie et al., 1993 ; Lagacherie et Oballos J., 2001**). La zone test correspond à quelques centaines ou milliers d'hectares cartographiés en détail, il s'agit alors d'extrapoler autour du secteur de référence et de réaliser une cartographie automatique sur toute la région naturelle. L'outil utilisé permet de visualiser les résultats de calcul sous forme de cartes en mode raster. La démarche permet d'alléger la phase de terrain sans se substituer complètement à la prospection systématique du milieu naturel.

#### **2-3-2-La cartogénese :**

Il s'agit de comparer la carte pédologique établie dans une région donnée aux autres cartes disponibles pour le même secteur (cartes des pentes, cartes des végétations, etc.) en utilisant une méthode d'analyse multi variable (**Arrouways, 1989**) tel que l'analyse des correspondances multiples (ACM). Sur le plan pratique, le contrôle ou l'expertise d'une carte pédologique est possible en cas de contestation.

#### **2-3-3-La thématization :**

Les S.I.G ont permis d'introduire le concept de couches d'informations et de leur croisement (**King et al 1989 ; Flasse et al 1991**). Il est donc possible de combiner les

informations de différentes natures (pédologiques, topographiques, agronomiques, etc....) pour établir des cartes thématiques. Pour ce faire, deux méthodes de croisements sont identifiées (**Legros, 1996**) :

Le modèle déterministe dans lequel le phénomène étudié est grossièrement reproduit. Par exemple, le bilan hydrique sert à combiner des informations sur le sol, les plantes et le climat pour définir l'aptitude d'une culture non irriguée mais exigeante en eau.

Le modèle diffus ou boîtes noires correspondant au principe que si chaque facteur est favorable alors le résultat global sera favorable.

Cependant, certaines difficultés sont à signaler. En effet, souvent le croisement des cartes conduit à une carte résultante contenant un nombre considérable de polygones ou de pixels différents. Le thématicien se trouve confronté à des problèmes de précision (**Jamagne et al. 1995**) par suite de l'utilisation de données hétérogènes, quantitatives et qualitatives à des échelles diverses et correspondant à des degrés de fiabilité variable.

L'exploitation des cartes pédologiques s'effectue par thématization (**Faure, 1989**). On en distingue différents types (**Girard et al 1989**) :

Les cartes mono factorielles : Elles sont obtenues en procédant à une extraction de variables à partir de la définition sémantique des unités pédologiques comme par exemple la carte des classes de profondeur du sol et la carte des classes d'hydromorphie.

Les cartes plurifactorielles : Elles sont obtenues en utilisant des méthodes empiriques de pondération. Chaque modalité des variables de définition des unités cartographiques est affectée d'une note. On utilise ensuite une pondération soit additive, soit multiplicative, soit combinatoire pour calculer une note finale pour chaque unité de sol. On procède ensuite à un découpage en classe avant la phase de dessin de la carte.

Les cartes thématiques dérivées : Elles sont obtenues en utilisant des règles de pédotransfert qui consistent à combiner avec un poids relatif, les données disponibles ou d'accès faciles afin d'estimer des paramètres de sol manquants et dont la mesure est difficile (**Jamagne et al. 1995**). Ces règles peuvent concerner le degré de différenciation du solum,

l'évaluation des capacités de stockage en eau (**Bastet et al. 1998 ; Trouche et Morlon. 1999**), la faisabilité d'une culture (**Chéry et al. 2002**) et l'estimation des risques de dégradation physique des sols ou de pollution... Par exemple, on utilise d'abord un modèle de type régression multiple pour estimer la réserve utile en fonction des teneurs en argile, limon fin, limon grossier et matière organique des horizons qui sont ajustés par des coefficients. En fin, la réserve utile totale du sol est obtenue en tenant compte de la profondeur d'enracinement et l'épaisseur des horizons.



### 2.1.2. Situation géographique

Le périmètre étudié est réparti sur les zones de Oued EL Athmania, Oued Seguin, Tleghma,)

Il occupe la plaine s'étendant entre Oued Rhumel et Oued EL Athmania et plonge à 2 Km en aval vers Oued Seguin.

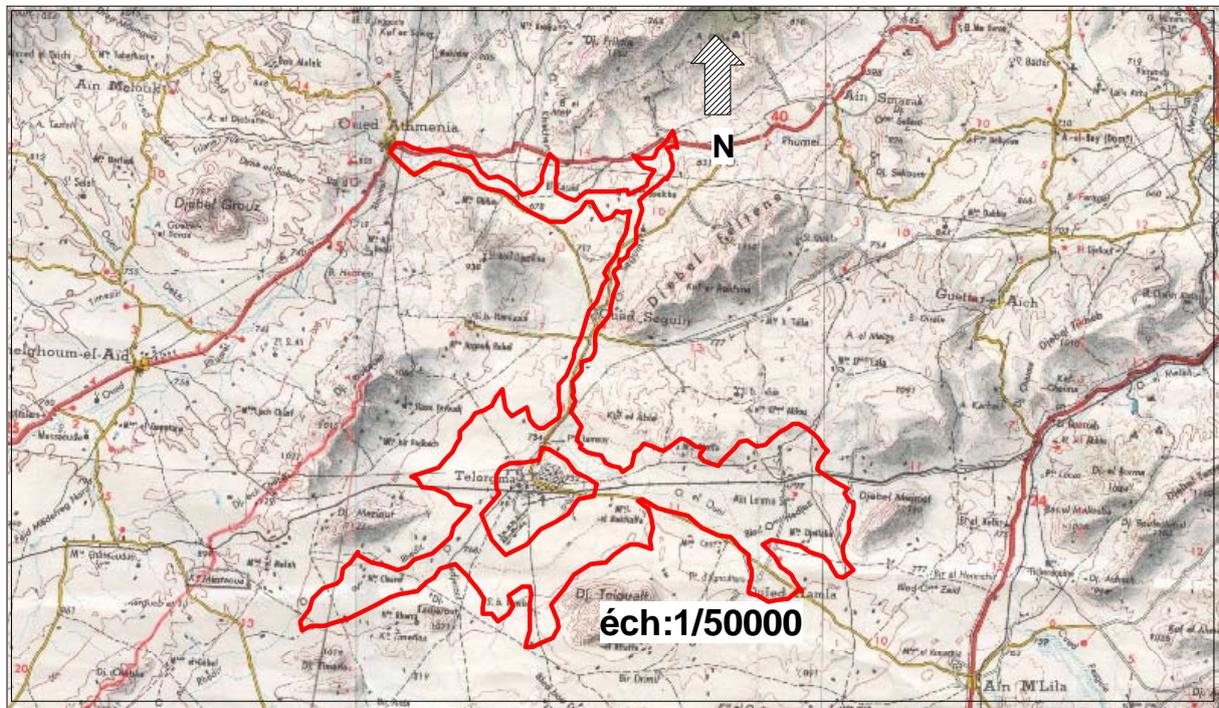
L' Oued Seguin relie les deux parties nord et sud entre elles.

La partie Nord est limitée par les montagnes de Djebel Chettabah et Djebel Gurboussa.

La partie centre est comprise entre djebel GROUZ et djebel FELTENE

La partie sud est limitée par la ville de Tleghma.

La partie Nord du périmètre est traversée de l'Ouest à l'Est par la Route Nationale n°5



**Fig. 2 : Situation géographique 1/50 000**

### **2.1.3. Les conditions climatiques :**

#### **2.1.3.1. Précipitations :**

La quantité et le régime des précipitations dans la zone du périmètre d'irrigation mettent en évidence l'influence sur le climat de la région de deux centres : du Sahara et de la Méditerranée.

Pour la caractéristique des précipitations dans la zone du périmètre d'irrigation nous avons utilisé les données des observations des stations météorologiques Oued Seguin, Hammam Grouz, , Chelgoum El Aid.

Les valeurs totales des précipitations annuelles et leur répartition mensuelle sont évaluées sur la base des données des observations des stations météorologiques qui se trouvent au sein du périmètre d'irrigation Tleghma ou à proximité de celui-ci et dont les relevées sont les plus représentatives/ Elles sont récapitulées dans le tableau ci dessous ;

**Tableau n°01 : les précipitations (1994-2003)**

Station	Précipitations (mm)												Année
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	
<b>Oued Seguin</b>	25,2	13,5	27,4	26,4	19,8	29,7	23,1	33,8	38,9	7,2	4,1	4,9	254
<b>Chelgoum El Aid</b>	30,9	25,4	32,6	47,3	40,0	30,5	41,3	39,6	44,9	17,9	8,2	12,4	371
<b>Hammam Grouz</b>	41,1	28,0	40,6	50,1	55,1	27,0	30,9	38,8	43,2	14,7	4,1	11,4	385

L'analyse des données des observations des stations météorologiques sur les précipitations permet de conclure que les valeurs totales des précipitations annuelles varient considérablement en fonction de l'hydraulicité de l'année. Par exemple, d'après les données des observations de la station météorologique de Bou Malek les valeurs extrémales des précipitations varient de 226 mm (1989/1990) jusqu'à 927 mm (1922/1923). La distribution des précipitations sur le territoire accuse l'existence de la différenciation verticale qui se traduit par l'augmentation des précipitations en fonction de l'altitude.

### 2.1.3.2. Régime de température

Le régime de température dans la région du périmètre de l'irrigation Tleghma, se caractérise par, un été sec et très chaud et un hiver froid et humide.

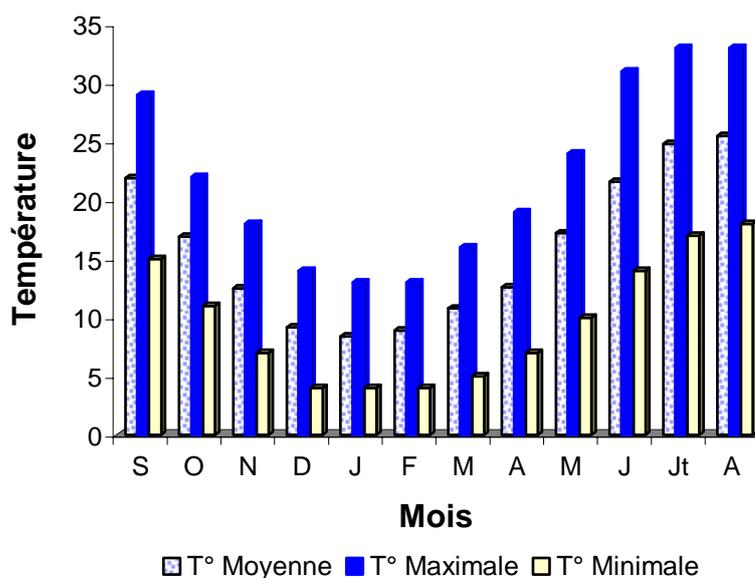
Les températures d'air moyennes et extrêmes moyennes, mensuelles dans la région étudiée, sont présentées dans le tableau ci-après, selon les documents établis à partir des observations des stations météorologiques Hamma Bouziane et Constantine.

**Tableau n°02 : Distribution mensuelle de la température de l'air au niveau de la station de Hamma Bouziane (1994-2003)**

Température °C	Mois												Moyenn e
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	
Moyen	21. 9	16. 9	12. 5	9.2	8.4	8.9	10. 8	12. 6	17. 2	21. 6	24. 8	25. 5	15.9
Maximum moyen	29	22	18	14	13	13	16	19	24	31	33	33	22.8
Minimal moyen	15	11	7	4	4	4	5	7	10	14	17	18	9.7

**Figure 3 :**

**Répartition mensuelle des températures au niveau de la station de Hamma Bouziane**



La température d'air moyenne annuelle, est de 16°C.

L'été est très chaud avec une température moyenne mensuelle de 22°C jusqu'à 26°C. Exceptionnellement, les plus hautes températures peuvent atteindre 40°C.

L'hiver est relativement doux avec des températures moyennes mensuelles de 8°C jusqu'à 9°C. Exceptionnellement, les plus basses températures de l'air, peuvent tomber jusqu'au moins de 4 à 5°C. La neige en hiver est relativement régulière. La moyenne des jours de neige est de 6.4 jours par année, dont 2.7 avec présence d'une couche de neige.

Le mois le plus froid est janvier, avec une température moyenne de l'ordre de 8.5°C, et les mois les plus chauds sont juillet et août avec une température moyenne de 25 à 26°C.

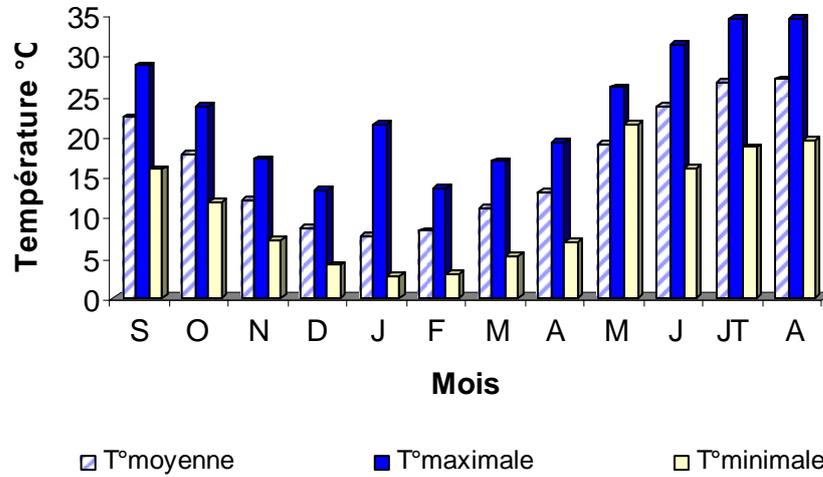
La grêle dans la région du périmètre de l'irrigation Tleghma est observée le plus souvent en mars, avec une moyenne de 1.4 par année.

**Tableau n°03 : Distribution mensuelle de la température de l'air au niveau de la station de Constantine (1994-2003)**

Température °C	Mois												Moyenn e
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	
<b>Moyen</b>	22. 3	17. 8	12. 11	8.6 7	7.5 9	8.2 5	11	13. 1	18. 9	23. 6	26. 6	27	16.41
<b>Maximum moyen</b>	28. 7	23. 7	17. 16	13. 3	21. 4	13. 5	16. 9	19. 3	26	31. 3	34. 6	34. 6	23.37
<b>Minimal moyen</b>	15. 9	11. 9	7.0 8	4.0 4	2.7 3	2.9 8	5.0 8	6.9 2	21. 4	16	18. 6	19. 4	10.99

Figure 4 :

Répartition mensuelle des températures au niveau de la station de Constantine



Les deux stations montrent que les températures moyennes de la période allant de novembre à avril sont inférieures à la moyenne annuelle, tandis que les températures des mois de mai à octobre, sont supérieures à la moyenne annuelle.

Ceci permet de distinguer deux périodes dans l'année : saison froide (de novembre à avril) et saison chaude (de mai à octobre).

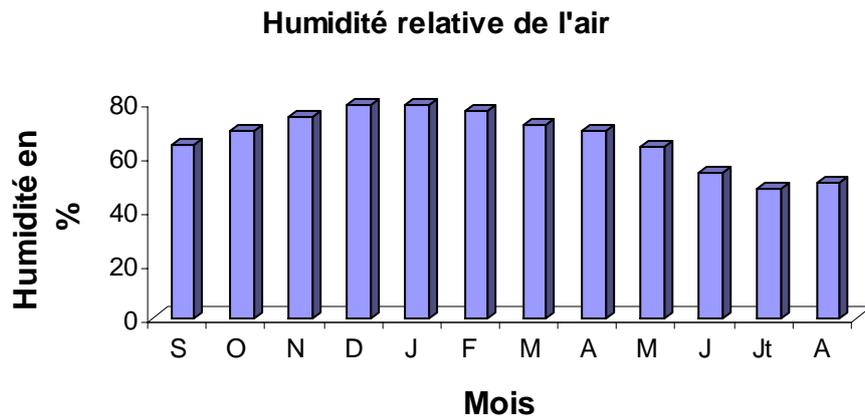
### 2.1.3.3. Humidité relative

Nous enregistrons au niveau de la station de Constantine une humidité moyenne annuelle de l'ordre de 66%. La distribution mensuelle de l'humidité de l'air est donnée ci-dessous :

Tableau n°04 : Distribution mensuelle de l'humidité relative de l'air(1994-203)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année
Constantine	64.32	69.34	74.11	78.49	78.58	76.33	71.21	69.34	63.47	53.53	47.63	50.02	66.36

**Figure 5 :**



L'examen de la répartition mensuelle, montre que l'humidité relative est généralement plus élevée en saison hivernale.

#### **2.1.3.4. Le vent :**

Dans la zone étudiée le vent de directions occidentales (du sud-ouest au nord-ouest) prédomine d'octobre à mars, mais d'avril à septembre prédomine le vent de direction nord et nord-ouest. Les vents les plus forts accompagnés de pluies sont enregistrés pendant les mois de mai, juin et septembre. Durant le mois de septembre, la vitesse annuelle moyenne du vent est de 2,3 m/s et la vitesse minimale mensuelle moyenne du vent est de 1.7 m/s. durant les mois de février et décembre, la vitesse maximale mensuelle moyenne du vent atteint 2.7 m / s et la vitesse moyenne maximale du vent est près de 30 m/s, au renforcement du vent sa vitesse peut atteindre plus de 50 m/s.

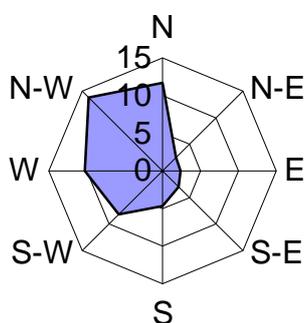
Le sirocco peut être observé à n'importe quel mois de l'année, mais se manifeste le plus souvent de juin à septembre. Mais le nombre maximal des jours de sirocco est enregistré pendant les mois de juillet à août. Ce vent chaud et sec, provoque le dessèchement du sol et cause de sérieux dégâts aux cultures agricoles. En moyenne annuelle de 24.6 jours du sirocco est observée.

**Tableau n°05 : Distribution fréquentielle du vent à la station de Constantine (1994-2003) :**

Direction du vent	N	N-E	E	S-E	S	S-W	W	N-W	Vent calme	Total
Pourcentage par direction	11.68	2.55	2.40	3.06	4.64	8.13	10.23	13.82	43.39	100

**Figure 6 :**

**Pourcentage par direction**



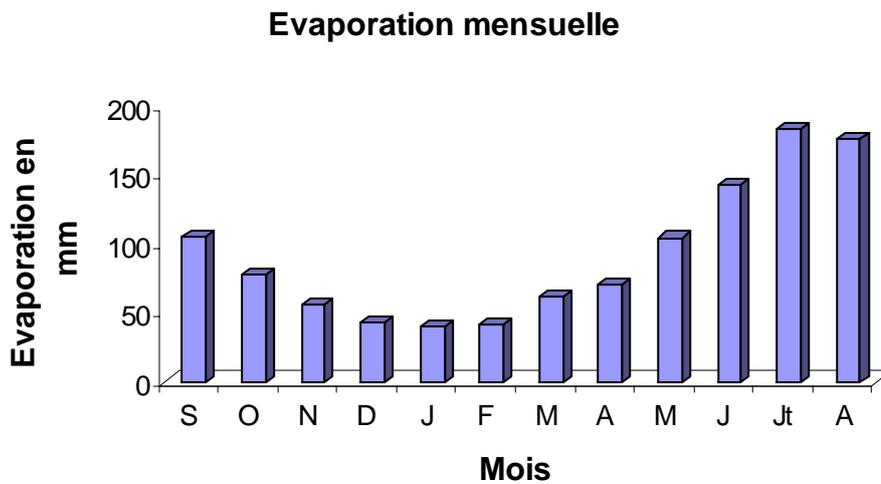
### 2.1.3.5. Evaporation

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle et annuelle des plans d'eau dans la région d'étude sont estimées à partir des données d'observation mesurées sous abri avec l'évaporomètre PICHE au niveau de la station météorologique de constantine.

**Tableau n°06 : Evaporation mensuelle et annuelle :**

		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	Total
<b>Evaporation</b>	<b>m</b>	104.	77.9	56.4	42.9	40.1	41	61.9	70.6	104.	143	183.	175	1102
	<b>m</b>	7								3		7	.9	.5
	<b>%</b>	9.55	7.07	5.12	3.89	3.64	3.72	5.61	6.40	9.46	12.97	16.66	15.96	100

Figure 7 :



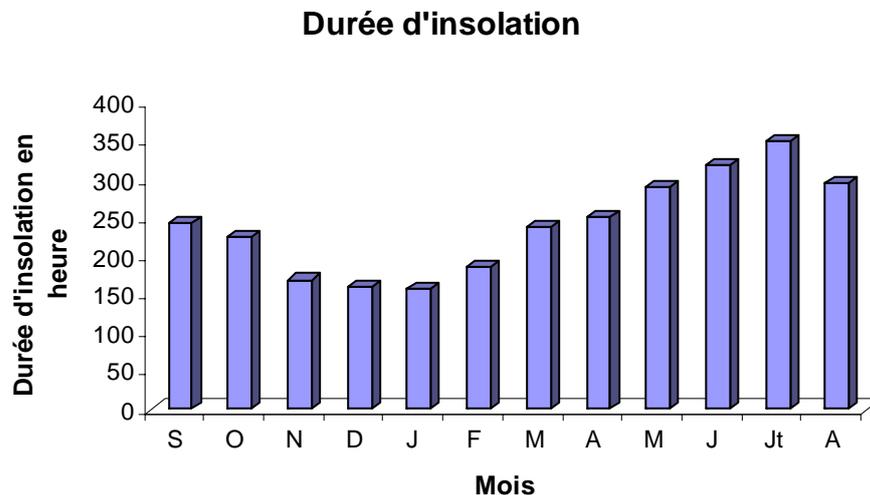
L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante durant les mois de mai à septembre correspond à un volume évaporé de 64.54 % et faible du mois de novembre à mars où le volume évaporé est de 21.98 %

**2.1.3.6. Insolation :**

**Tableau n°07 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (en heure) (1994-2003) :**

Station Constantine	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne
	243.7	223.91	168.7	159.44	157.07	185.94	236.6	250.91	289.31	318.41	350.98	295.26	240.18

Figure 8 :



L'examen de ce tableau montre que la durée d'insolation est importante durant les mois de mars à octobre et moins importante du mois de novembre à février.

#### **2.1.4. Conditions géologiques**

L'ensemble des formations géologiques au niveau du périmètre constituent des dépôts continentaux du Néogène (Miocène supérieur, Pliocène, Villafranchien) et dépôts alluvionnaires du Quaternaire.

Les dépôts continentaux du Néogène constituent les matériaux de remblaiement des anciennes dépressions topographiques. Ils correspondent à une période de forte érosion qui nivela sensiblement les reliefs par usure des montagnes « primaires » (régions anticlinales) et comblement des vallées primaires (régions synclinales).

Le Miocène supérieur affleure au Nord de Oued Athménia (longeant à peu près la Route nationale Oued Athménia – Mila), constitue à la base une série de marnes grises à intercalations dans la partie inférieure quelques bancs de grès calcaires, au sommet ce sont des calcaires .

A environ 7 Km à l'Est de Oued Athménia , sur la rive droite de Oued Rhumel , le Miocène supérieur constitue un affleurement d'environ 2 Km qui consiste en couches marneuses gris- noirs alternant avec des bancs de calcaires concrétionnés.

#### **a- Pliocène – Villafranchien :**

Le Pliocène–Villafranchien occupe de grandes surfaces constituées par différents faciès :

Au Nord de la route nationale n°5 (Oued Athmenia – Constantine), on distingue deux faciès :

Marnes ou argiles rouges et croûtes calcaires, calcaires lacustres qui occupent en général des reliefs mous.

Calcaires lacustres et croûtes calcaires plus récentes.

Au niveau de la vallée de Oued Seguin, on distingue :

Argiles rouges dominantes avec grès et sables sur la rive gauche en aval du Village Oued Seguin.

Conglomérats et argiles rouges de piedmont sur la rive droite.

A l'amont du village Oued Seguin, ce sont des calcaires lacustres, marnes ou argiles avec croûtes calcaires.

### **b- Dépôts quaternaires :**

Les dépôts quaternaires constituent les alluvions actuelles et récentes et alluvions caillouteuses des plateaux.

Les alluvions actuelles et récentes sont plus importantes au niveau de Oued Rhumel où elles atteignent en certains endroits une largeur de 1,5 Km.

Les alluvions caillouteuses des plateaux sont d'affleurements restreints qui constituent des Cailloux roulés, conglomérats et graviers.

### **2.1.5. Conditions hydrogéologiques :**

Concernant les nappes aquifères, au niveau du périmètre d'irrigation, on distingue :

Au Nord, la nappe alluviale de Oued Athménia au niveau de Oued Rhumel.

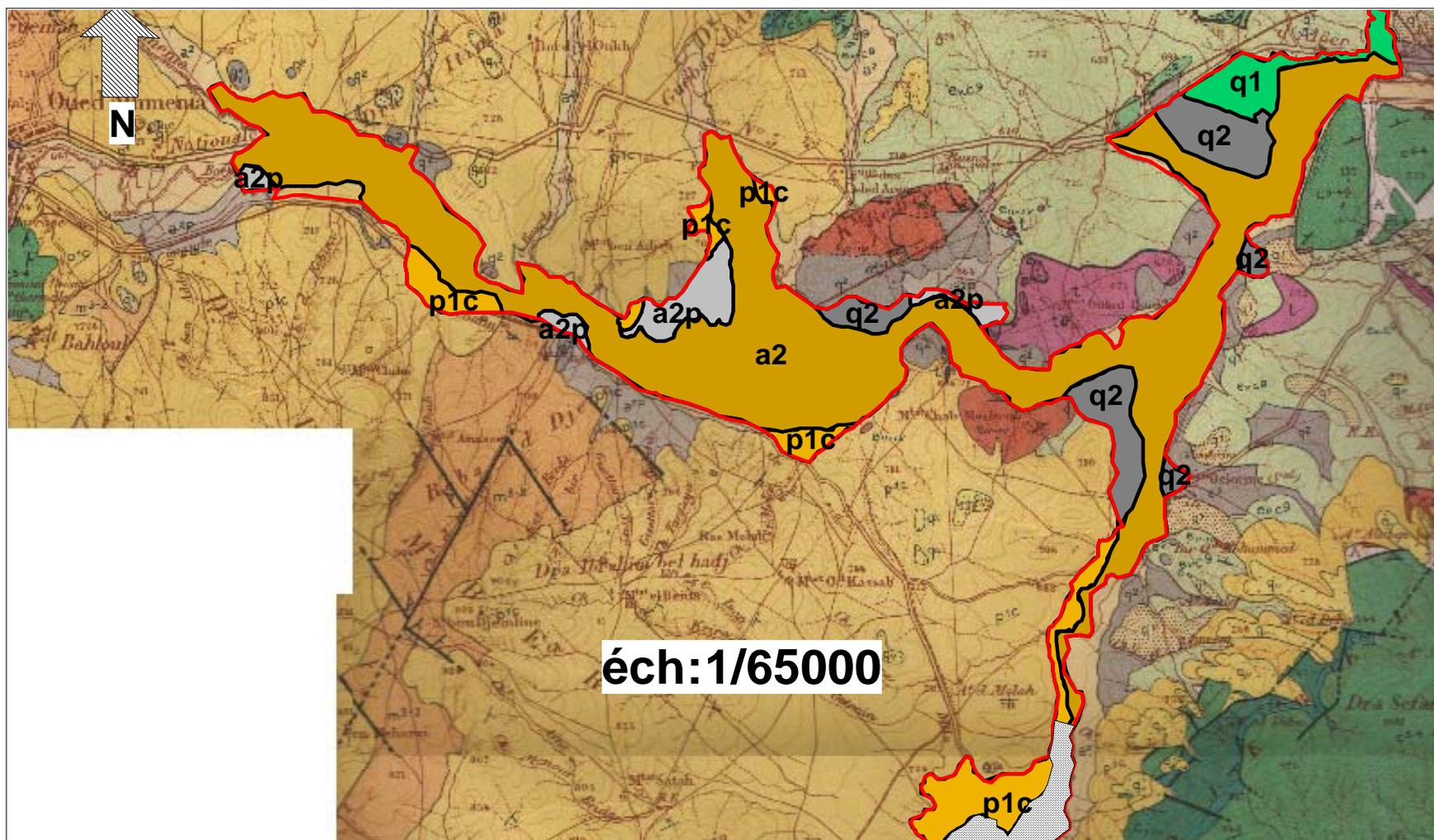


Figure. 9a : Carte géologique de la plaine Tleghma partie nord

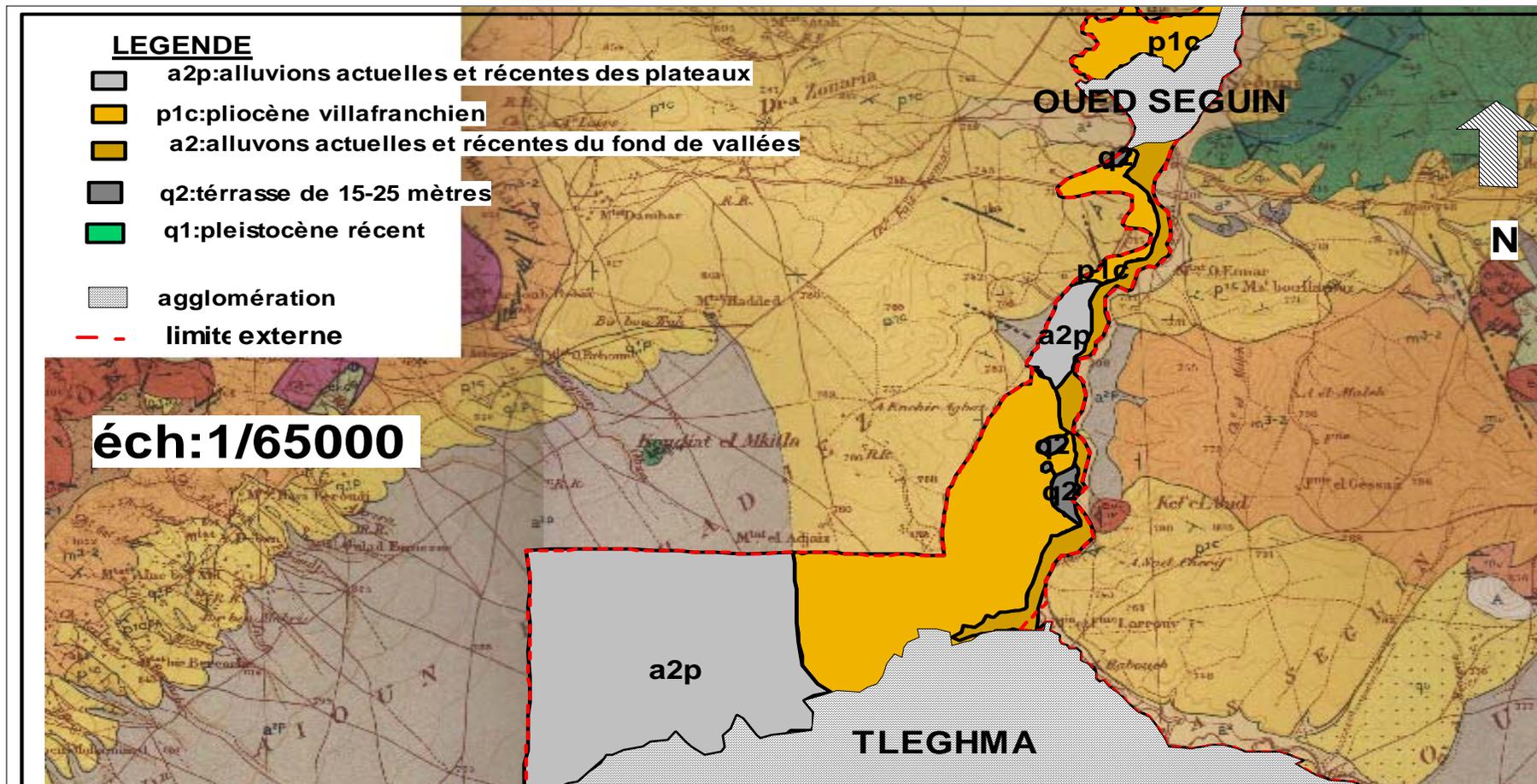


Figure 9b : Carte géologique de la plaine Tleghma partie sud

## **Chapitre III**

### **Matériel et méthodes d'étude**

#### **3-1- La carte des sols :**

L'étude de contrôle de la plaine de Tleghma (18 00 ha) a été réalisée suivant une prospection systématique avec une précision du 1/20 000 restituée sur un fond topographique au 1/20000.

La carte des sols a été réalisée en plusieurs phases :

- Une phase préparatoire qui a porté essentiellement sur l'analyse de l'étude pédologique au 1/20 000 réalisée par ANRH (1973) et sur la délimitation de la zone d'étude sur la carte topographique au 1/20 000.
  
- Une reconnaissance préliminaire du terrain qui a permis de situer la zone d'étude dans son ensemble en analysant le relief et les moyens d'accès (routes, pistes).
  
- Pour obtenir un contrôle dans tous les types de sols, il a été procédé à de nombreuses observations par tarière ou par l'implantation de 45 profils (figure : 10). avec description morphologique en tenant compte surtout de la profondeur du sol, couleur des horizons d'après le code Munsell, la texture, structure, porosité, présence de calcaire ou non, la forme du calcaire, et l'enracinement .

#### **3-2-Classification :**

La classification des sols utilisée est la CPCS (1967), celle-ci est adoptée par la direction de la pédologie de l'A.N.R.H (1970). La structure de cette classification repose sur la détermination des classes, sous classes, groupes et sous groupes.

Les profils implantés sont représentés dans la figure suivante

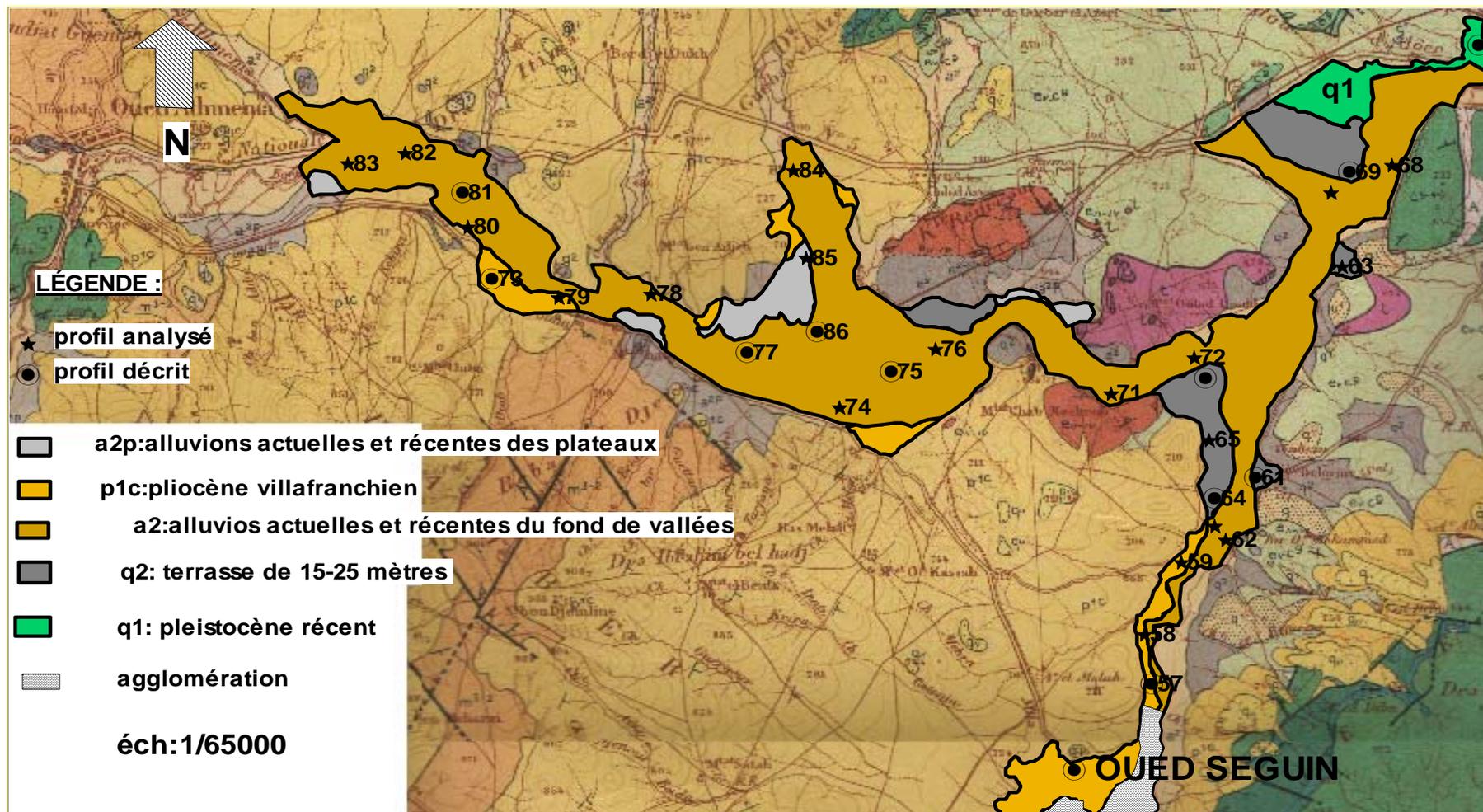


Figure 10a : carte d'implantation des profils partie nord

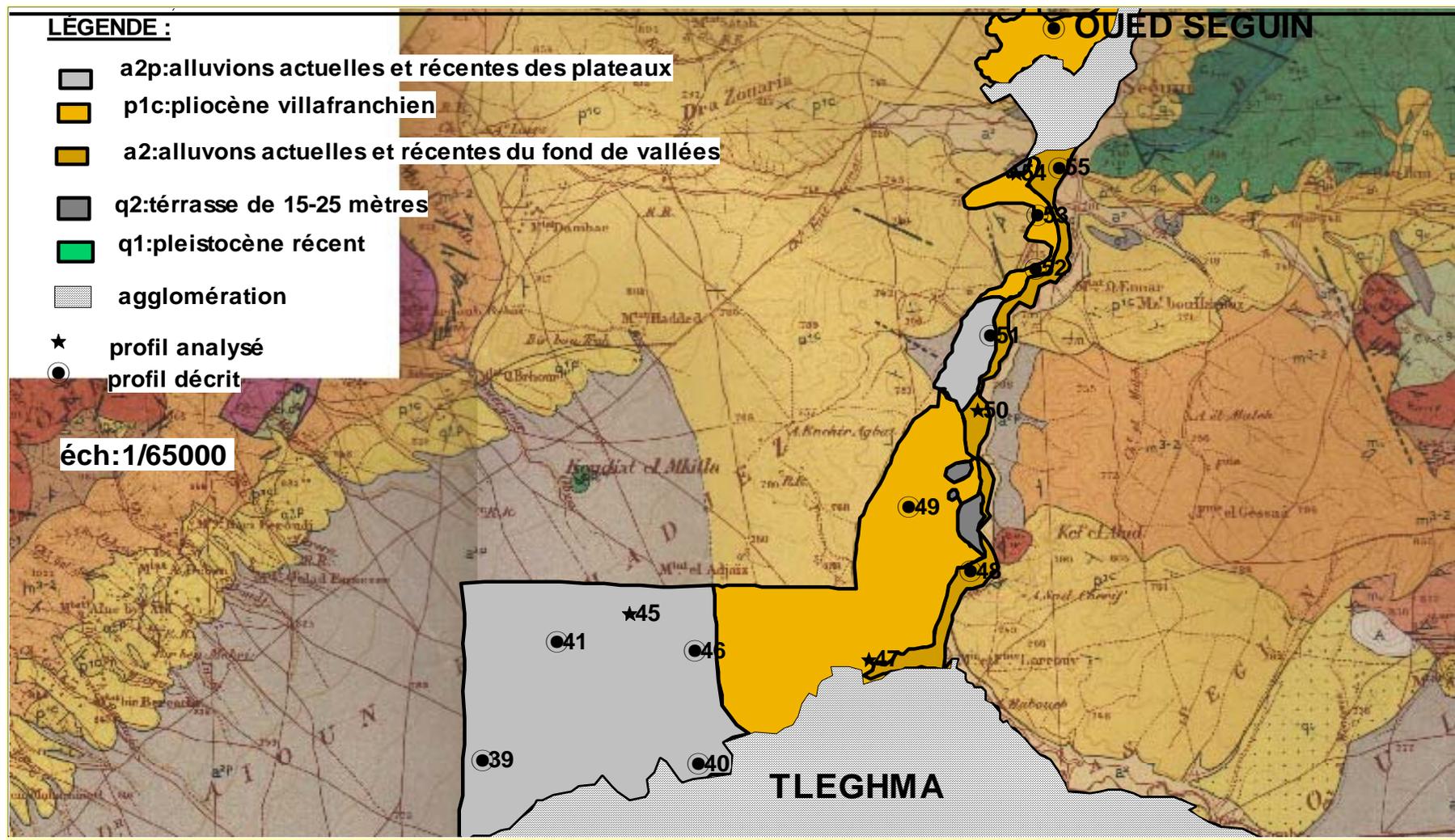


Figure 10b : carte d'implantation des profils partie sud

### **3-3-Analyses du sol :**

Les analyses effectuées au laboratoire pour la caractérisation physico-chimique des échantillons de terres sont :

- **La granulométrie** : méthode internationale, à la pipette Robinson.
- **Calcaire total** : méthode volumétrique au calcimètre de Bernard;
- **calcaire actif** : méthode Drouineau;
- **Conductivité électrique** : sur extrait de pâte saturée ; méthode Riverside (sur extrait après repos de 24 heures, la pâte est centrifugée, l'extrait sert à la mesure); si la C.E est supérieure à 2 dS/m, la détermination des sels solubles est alors nécessaire;
- **Carbone organique** : Attaque à froid par le mélange sulfochromique, suivi d'un dosage par colorimétrie;
- **azote total**: méthode Kjeldahl;
- **Potassium total**: attaque de 5 heures à l'acide nitrique bouillant suivi d'un dosage par photomètre à flamme;
- **Phosphore assimilable**: méthode Truog avec 2 prises différentes d'échantillons (2 et 5g);
- **Phosphore total**: attaque de 5 heures à l'acide nitrique bouillant, dosage colorimétrique avec le molybdate d'ammonium réduit par le chlorure stanneux;
- **pH** : pH mètre; rapport sol/eau 1/ 2,5
- **Bases échangeables**: K, Na, Ca, et Mg : percolation de l'échantillon avec une solution normale d'acétate d'ammonium à pH 8,2;
  - Na et K par photométrie à flamme.

- Ca et Mg sont déterminés en utilisant le complexons pour la capacité totale d'échange, percolation de chlorure de sodium à 10%, dosage des ions ammoniums déplacés par la réaction Berthelot ;
- **Bilan ionique** : effectué sur extrait pâte saturée pour les échantillons présentant un taux de salinité élevée (>2 dS/m);
  - Na et K : photométrie à flamme;
  - Ca et Mg : complexons;
  - Cl : méthode colorimétrique, le lithyocyanate mercurique;
  - SO<sub>4</sub> : par turbimétrie de SO<sub>4</sub>Ba;
  - CO<sub>3</sub> : méthode potentiométrique;

Il faut noter que les analyses de terre réalisées dans cette étude ont été réalisées dans des laboratoires agréés utilisant les mêmes protocoles (ANRH et FERPHOS).

### **3-4-L'analyse des données :**

Les résultats d'analyses sont vérifiés à travers les analyses statistiques. Sachant que les variables pédologiques sont liées entre elles, l'étude de la relation qui les lie est souvent utilisée par les pédologues pour vérifier la qualité de l'information (Legros et al. 1992). Elle est aussi fréquemment utilisée pour prédire la valeur d'une donnée du sol à partir d'une donnée d'accès ou de mesure facile. Il s'agira de voir si leur réalisation est justifiée.

### **3-5-Elaboration des cartes thématiques :**

Les données de terrain géo référencées sont saisies et traitées avec le logiciel Map Info qui permet de réaliser des cartes thématiques des facteurs intrinsèques ( facteurs physico chimiques ) et extrinsèque ( facteurs de formation du sol ) du sol :

\*La carte géologique concerne cette étude constitue une couche d'information numérisée introduite à la base de données sous SIG. On a essayé de ressortir les différentes Unités Cartographiques des Matériaux (UCM) et de trouver les corrélations entre unités pédologiques et unités géologiques.

\*la carte des facteurs physico chimiques :

Les facteurs physico chimiques qu'on a utilisé sont les plus utilisés en cartographie des sols basée sur les normes de la classification CPCS 1967.

Ces facteurs sont la texture, la couleur, l'intensité de l'effervescence à l'hcl et de la profondeur.

On a essayé de ressortir les différentes cartes thématiques mono paramétriques de ces facteurs à l'échelle de l'horizon (horizon de surface, de sub surface et de profondeur) et enfin à l'échelle de profil, puis on a comparé avec celle de la carte pédologique de la plaine de Tleghma.

### **3-6-Croisement des cartes thématiques :**

Le croisement des cartes mono paramétriques permet l'intersection des différentes couches et aboutie à une carte pédologique finale modifiée de la plaine de Tleghma.

## Chapitre IV

### Données analytiques et morphologiques des sols de la zone d'étude

Les résultats de l'analyse physicochimiques sont reportés dans l'annexe. :

#### 4-1- Classification des sols de la zone d'étude :

Dans ce qui suit nous présentons les différentes classes pédologiques ainsi que les descriptions et les résultats de l'analyse physico chimiques des profils types.

Les analyses physico chimiques sont issues de trois laboratoires agréés.

\* ANRH Constantine

\*\*Ferphos Tébessa

\*\*\*ANRH Alger.

Les sols de la zone d'étude sont répartis dans quatre (04) classes de sols. Ce sont les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols calcimagnésiques et les vertisols (figure 11).

#### 4-1-1- Les sols minéraux bruts :

Ces sols occupent une très petite surface au Nord Est de la zone de l'étude. Ce sont des sols minéraux bruts, d'origine non climatique, d'érosion sous forme de mélange régosols/lithosols.

#### 4-1-2- Les sols peu évolués :

Dans la zone d'étude, les sols peu évolués sont très bien présentés et occupent de grandes superficies dans la zone de Oued Séguin –Oued Athmania . Ce sont des sols peu évolués vertiques , modaux avec quelques parcelles, près de l'oued , qui sont hydromorphes.

Les sols peu évolués se caractérisent par un taux d'argile moyen (20.52 %), un fort taux de calcaire total (50.62 %), un taux de matière organique faible (1,26 %), une conductivité électrique faible (CE = 1.41 dS/m), une CEC moyenne (CEC = 19,41 meq/100gr sol) et un pH légèrement alcalin (7.87). La densité apparente indique une bonne porosité du sol.

Les bases échangeables sont dominées par le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) dont les valeurs sont les plus élevées par rapport les autres bases, le Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ) et le sodium ( $\text{Na}^+$ ).

**a- Classe : peu évolué, Sous classe : d'origine non climatique.**

• **Groupe : d'apport alluvial, Sous groupe : modal**

Ils sont localisés le long de l'oued Rhumel et de l'oued Seguin, limite au centre par des sols peu évolués hydromorphes .

**Profil : 73**

Situation : Est d'Oued Athmania.

X : 826.572            Y : 332.152            Z : 718.23

Topographie : pente de 2-3%.

Végétation : céréaliculture.

Géomorphologie : terrasse alluviale.

**Description :**

**Ap 0-30 cm** : 2,5 YR 6/2, à l'état sec, structure polyédrique fine à grumeleuse, texture limono sableuse, charge en cailloux 3-5% de gravier, nombreuses racines, présence des restes de coquilles, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

**C<sub>1</sub> 30-75 cm** : 2,5 YR 5/2, à l'état sec, structure polyédrique grossière à massive, texture limoneuse fine, charge en cailloux (-3) %, peu de racines, vive effervescence à L'hcl, transition diffuse.

**C<sub>2</sub> 75-200 cm** : 10 YR6/3, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse très fine, très peu de racines, vive effervescence à L'hcl.

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude : .....

N° du laboratoire : .....

N° Profil : **73** - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-75	75-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	13,5	16	2,5		
Limon fin % :	28,5	49,25	62,5		
Limon grossier % :	7	12,15	7,5		
Sable fin % :	34,5	22,15	17,5		
Sable grossier % :	16,5	0,45	0		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,51	1,24	1,17		
Carbone (C) ‰ :	8,8	7,2	6,8		
Azote (N) ‰ :	0,91	0,69	0,66		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm)*	46	32	25		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	16,5	18,9	18		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	12,1	5,6	6,3		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	4	2	2,7		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,55	1,55	0,97		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,16	0,11	0,1		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	16,81	9,26	10,07		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :		70	70		
pH :	7,5	7,6	7,6		
CE (millimohs/cm) :	1,6	2,2	2,1		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :		0,1	0,3		
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :		32,6	18,2		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :		5,9	4,8		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :		15,3	9,8		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :		18,9	10,4		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :		1,6	2,2		
K <sup>+</sup> (meq/l) :		0,1	0,1		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,5	2,5	2,45		
Densité apparente :**	1,51	1,27	1,14		
pF <sub>4,2</sub> ***	18,8	22,36	22,76		
pF <sub>3,0</sub> ***	21,29	26,45	27,92		
pF <sub>2,5</sub> ***	24,81	33,73	34,37		

- **Groupe : d'apport alluvial, sous groupe : hydromorphe**

Ces sols occupent une place restreinte parmi les sols peu évolués et sont localisés en une plage au nord ouest de Oued Seguin et en petites taches au nord de Oued Seguin et au nord de Tleghma.

**profil75**

Situation : Est d'Oued Athmania.

X : 830.33                  Y : 331.216                  Z : 660.39

Topographie : pente de 5-7%.

Végétation : céréaliculture.

Géomorphologie : terrasse alluviale.

**Description :**

**Ap 0-40 cm :** 10 YR 4/2, à l'état sec, structure polyédrique moyenne à fine, texture limono argileuse charge en cailloux (-3) % sur tout le profil, très nombreuses racines, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

**C<sub>1</sub>-40-100 cm :** 10 YR 5/3, à l'état sec, structure massive, texture limono argileuse, peu de racines, vive effervescence à L'hcl, transition diffuse.

**C<sub>2</sub>-100-160 cm :** 10 YR 5/4, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse fine, Apparition des traces d'hydromorphie à partir de 100cm, très peu de racines, vive effervescence à L'hcl.

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude : .....

N° du laboratoire : .....

N° Profil : 75 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-45	45-100	100-160		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	29.07	32.90	41.52		
Limon fin % :	30.43	28.17	33.78		
Limon grossier % :	11.20	18.93	17.41		
Sable fin % :	24.50	16.50	7.00		
Sable grossier % :	4.80	3.50	0.30		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1.51	1.17	0.95		
Carbone (C) ‰ :	8.80	6.80	5.50		
Azote (N) ‰ :	0.84	0.69	0.52		
Rapport C/N :	10	10	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :	1.36	0.65	0.32		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	54	34	22		
CaCO <sub>3</sub> total % :	49.40	49.40	43.70		
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	12.2	12.9	13.0		
K <sub>2</sub> O total % :	1.08	0.60	0.42		
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	13.60	24.30	14.80		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	4.00	6.17	2.40		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.39	0.71	0.36		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.10	0.10	0.07		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	18.09	31.28	17.63		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :	70	72	73		
pH :	7.7	7.7	7.5		
CE (millimohs/cm) :	2.1	2.0	3.8		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :	0.3	0.3	0.3		
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :	17.6	16.9	34.2		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :	4.8	7.0	5.8		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :	9.6	7.6	16.8		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :	10	9.2	18.8		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :	2.2	2.3	1.6		
K <sup>+</sup> (meq/l) :	0.1	0.5	0.1		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.51	2.60	2.47		
Densité apparente :**	1.20	1.31	1.34		
pF <sub>4,2</sub> ***	14.14	13.89	19.65		
pF <sub>3,0</sub> ***	17.21	17.05	23.50		
pF <sub>2,5</sub> ***	21.91	21.83	29.65		

**b- Classe des sols peu évolués, sous classe : d'origine non climatique**

- **Groupe : d'apport colluvial**

**S/Groupe : vertique**

Ces sols ont été décrits au nord ouest de Tleghma.

- **Groupe : d'apport colluvial**

**S/Groupe : modal**

**Profil : 48**

Situation : Nord –est de teleghma

X : 830.958                      Y : 321.82                      Z : 708.51

Topographie : pente de 3-5%.

Végétation : jachère.

Géomorphologie : terrasse.

**Description :**

**Ap 0-45 cm :** 10 YR 5/4, à l'état sec, structure polyédrique moyenne , texture limoneuse très fine, charge en cailloux de 3-5%, nombreuses racines fines, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

**C<sub>1</sub> 45-105 cm :** 10 YR 6/4, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse très fine, charge en cailloux de 15-20 %, peu de racines, début d'encroûtement en profondeur, vive effervescence à L'hcl, transition diffuse.

**C<sub>2</sub> 105-140 cm :** 10 YR 4/4, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse fine, charge en cailloux de 25-30%, vive effervescence à L'hcl.

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude : .....

N° du laboratoire : .....

N° Profil : **48** - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-45	45-105	105-140		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	11,1	15	22,85		
Limon fin % :	25,5	73	63,24		
Limon grossier % :	34,8	6,6	6,61		
Sable fin % :	28,4	5,35	7,25		
Sable grossier % :	0,2	0,05	0,05		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,48	1,01	0,7		
Carbone (C) ‰ :	8,6	5,9	4,1		
Azote (N) ‰ :	0,88	0,6	0,42		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :	0,98	0,75	0,37		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :	64	31	26		
CaCO <sub>3</sub> total % :	55,48	68,4	57		
CaCO <sub>3</sub> actif % :* :	14	17	15,3		
K <sub>2</sub> O total % :	1,15	0,62	0,46		
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	10,5	12,9	5,6		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	2,8	6,1	3,36		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1,68	0,59	0,51		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,16	0,18	0,13		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	15,14	19,77	9,6		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	7,9	7,9	7,7		
CE (millimohs/cm) :	0,6	0,8	1,7		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,54	2,65	2,62		
Densité apparente :**	1,32	1,17	1,36		
pF4,2***	12,09	15,47	13,68		
pF3,0***	17,7	20,71	12,6		
pF2,5***	21,94	25,86	25,49		

#### **4-1-3- Les sols calcimagnésiques :**

Les sols calcimagnésiques sont répandus dans la zone d'étude surtout au sud de Oued Seguin. Ces sols calcimagnésique carbonatés, bruns calcaires peuvent être modaux, vertiques, à encroûtement ou hydromorphes.

Ils sont caractérisé par des taux moyens d'argile (23.49 %). Le taux de matière organique est faible (MO = 1,23 %), la conductivité électrique faible (CE = 0.74 dS/m), une CEC relativement moyenne (CEC = 21.39 meq /100gr sol, le pH est alcalin (pH = 8,04). Les valeurs de la densité apparente indiquent une bonne porosité et une bonne structure du sol.

#### **a-Classe : Calcimagnésique, Sous classe : brun calcaire**

- **Groupe : carbonaté, Sous groupe : vertique**
  
- **Groupe : brun calcaire Sous group : hydromorphe**

Ils occupent une très petite surface au nord ouest de Tleghma.

#### **Description :**

##### **Profil : 40**

Situation : nord ouest de Tleghma

X : 828.494                      Y : 320.042                      Z : 754.39

Topographie : plane

Végétation : jachère.

Géomorphologie : terrasse

#### **Description :**

**Ap-0-30 cm :** 10 YR 4/3, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture argilo limoneuse, quelques fentes de retraits jusqu'à 30 cm, beaucoup de restes de racines, charge en cailloux de 2-5%, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

**B-30-90 cm :** de couleur 10 YR 6/4, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture limoneuse fine, charge en cailloux 15-20%, peu de racines, vive effervescence à L'hcl, transition diffuse.

**C-90-200cm :** 7,5 YR 8/2, à l'état sec, structure polyédrique grossière, texture limoneuse très fine pas de racines, charge en cailloux de 5% de gravier, quelques taches d'hydromorphe de couleur bariolé à 50%, vive effervescence à L'hcl

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude : .....

N° du laboratoire : .....

N° Profil : 40 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-90	90-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	50,4	51,645	47,1		
Limon fin % :	30,2	21,95	39,9		
Limon grossier % :	1,7	17,155	2,95		
Sable fin % :	7,5	8,9	8,7		
Sable grossier % :	1,2	0,35	1,35		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,74	1,25	0,72		
Carbone (C) ‰ :	10,1	7,3	4,2		
Azote (N) ‰ :	1	0,7	0,39		
Rapport C/N :	10	10	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :	1,33	0,7	0,47		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :	80	46	25		
CaCO <sub>3</sub> total % :	38	64,6	38		
CaCO <sub>3</sub> actif % :* :	16	16,3	14,6		
K <sub>2</sub> O total % :	1,49	1,02	0,88		
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	21,95	17,7	13,15		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	5,7	6,8	7,6		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,81	0,55	0,74		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,06	0,09	0,13		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	27,65	25,14	21,62		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8,2	8	8,1		
CE (millimohs/cm) :	1,8	1,6	0,3		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,57	2,45	2,49		
Densité apparente :**	1,3	1,33	1,34		
pF4,2***	18,34	24,14	19,65		
pF3,0***	23,32	29,68	25,19		
pF2,5***	27,84	33,81	26,88		

- **Groupe : brun calcaire. Sous groupe : modal**

Ils se localisent au sud ouest et au nord de Tleghma, nord ouest et nord est de oued Seguin (a l'ouest de carrière SONATIBA).

**Profil : 53**

Situation : nord de Tleghma

X : 831.866      Y : 325.226      Z : 701.65

Topographie : pente de 30-35%.

Végétation : céréaliculture.

Géomorphologie : terrasse alluviale colluviale.

**Description :**

**Ap-0-40 cm** : 10 YR 6 /3, à l'état sec, structure polyédrique fine à moyenne, texture limono sableuse, charge en cailloux de 3-5%, très nombreuses racines fines, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

**B-40-110 cm** : 10 YR 7/3, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture limono argileuse, charge en cailloux de 3-5% sous forme d'amas et de grosses concrétions, peu de racines, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

**C-110-200cm** : 7,5 YR 6/4, à l'état sec, structure moyenne, texture argilo-limoneuse, charge en cailloux de 5-7% entre 50-60% de restes de coquilles, pas de racines, vive effervescence à L'hcl.

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude : .....

N° du laboratoire : .....

N° Profil : 53- Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-40	40-110	110-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	23,79	12,86	25,7		
Limon fin % :	38,92	55,56	37,26		
Limon grossier % :	2,34	13,5	16,8		
Sable fin % :	23,7	12,23	19,15		
Sable grossier % :	11,25	5,85	1,1		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,29	0,74	0,41		
Carbone (C) ‰ :	7,5	4,3	2,4		
Azote (N) ‰ :	0,77	0,42	0,2		
Rapport C/N :	10	10	12		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :	53	31	20		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :* :	13,8	14,2	12		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	6,3	19,2	26,7		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	2,06	4	9,8		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,4	0,68	0,77		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,15	0,07	0,07		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	8,91	23,95	37,34		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8,2	8,2	8,2		
CE (millimohs/cm) :	0,2	0,2	0,2		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,62	2,56	2,61		
Densité apparente :**	1,27	0,39	1,29		
pF4,2***	11,26	13,12	11,92		
pF3,0***	15,56	20,33	18,72		
pF2,5***	20	25,08	23,54		

#### **4-1-4-Les vertisols :**

Dans la région de Oued Athmania quelques lambeaux de ces sols occupent les terrasses les plus élevées par rapport à l'oued.

Les vertisols à drainage externe possible occupent des zones à pente sensiblement plus forte que celles des vertisols à drainage externe réduit ou nul.

Ces sols se caractérisent par des taux moyens à forts en argile (31.55 %), faibles en matière organique (1,17 %). sont légèrement alcalins (pH = 7.87), non salés (CE = 1.57 dS/m) et sont pourvus d'une CEC relativement moyenne (CEC = 21.17 meq/100gr).

#### **a-Classe : Vertisols Sous-classe : à drainage externe nul ou réduit.**

- **Groupe : à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs.**

**Sous-groupe : à caractère vertiques peu accentués**

Ils sont localisés au nord de la ferme DELORME et a l'ouest de la carrière SONATIBA.

#### **b-Classe : Vertisols Sous-classe : à drainage possible**

- **Groupe : à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs**

**Sous-groupe : à caractère vertiques peu accentués.**

Ils se localisent au nord de la ferme DELORME et a l'est d'Oued el Athmania .

#### **Profil : 81**

Situation : Est d'Oued Athmania.

X : 826.052                      Y : 332.970                      Z : 685.23 m

Topographie : pente 1-2 %.

Végétation : céréaliculture.

Géomorphologie : terrasse alluviale.

#### **Description :**

**Ap-0-30 cm :** 10 YR 4/2, à l'état sec, structure grumeleuse sur les 5 centimètre et polyédrique bas de l'horizon, texture limono argileuse, charge en cailloux de (-2) %, nombreuses racines, vive effervescence à l'hcl, transition graduelle.

**B-30-50 cm :** 10 YR 4/3, à l'état sec, structure polyédrique à tendance prismatique, texture argilo limono argileuse, nombreuses fentes de retraits traversant tout l'horizon, quelque fentes de retrait, peu de racines, charge en cailloux de (-2) %, vive effervescence à l'hcl , transition diffuse.

**C-50-140 cm :** 10 YR 3/4, à l'état sec, structure polyédrique à tendance prismatique, texture limono argileuse, nombreuses fentes de retraits traversant tout le profil, charge en cailloux de (-2) %, très peu de racines, vive effervescence à l'hcl..

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude : .....

N° du laboratoire : .....

N° Profil : **81** - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-50	50-140		
------------------------	------	-------	--------	--	--

**GRANULOMETRIE\*\***

<b>Argile %</b>	38,53	47,55	32,95		
<b>Limon fin % :</b>	36,52	28,16	52,6		
<b>Limon grossier % :</b>	10,35	14	6,95		
<b>Sable fin % :</b>	13,5	10	7,45		
<b>Sable grossier % :</b>	1,1	0,3	0,5		

**MATIERES ORGANIQUES\***

<b>Matières organiques % :</b>	1,53	1,01	0,77		
<b>Carbone (C) ‰ :</b>	8,9	5,9	4,5		
<b>Azote (N) ‰ :</b>	0,92	0,6	0,42		
<b>Rapport C/N :</b>	10	10	11		

**RESERVES MINERALES**

<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total ‰ :</b>					
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :</b>	64	47	30		
<b>CaCO<sub>3</sub> total % :</b>	12,2	13	14		
<b>CaCO<sub>3</sub> actif % :* :</b>					
<b>K<sub>2</sub>O total % :</b>					

**BASES ECHANGEABLES\*\***

<b>Ca<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	9,1	18,8	10		
	2,32	1,5	0,96		
	13,5	8,7	5,6		
	1,4	0,85	0,55		
	10	10	10		
<b>T (NH<sub>4</sub>) (meq/100g)</b>					
<b>Na/T %</b>					
<b>CEC (meq/100g) :</b>	11,07	21,41	15,06		

**SOLUTION DU SOL\***

<b>% Saturation :</b>			70		
<b>pH :</b>	8	7,9	7,7		
<b>CE (millimohs/cm) :</b>	0,5	0,7	3		
<b>CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> (meq/l) :</b>			0,3		
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (meq/l) :</b>			28,4		
<b>Cl<sup>-</sup> (meq/l) :</b>			5,6		
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/l) :</b>			13,8		
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/l) :</b>			15,6		
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l) :</b>			4,2		
<b>K<sup>+</sup> (meq/l) :</b>			0,1		

**CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**

<b>Densité réelle :***</b>	2,56	2,47	2,48		
<b>Densité apparente :**</b>	1,32	1,2	1,17		
<b>pF<sub>4,2</sub>***</b>	17,23	19,89	20,73		
<b>pF<sub>3,0</sub>***</b>	20,39	22,38	24,58		
<b>pF<sub>2,5</sub>***</b>	26,14	27,54	31,1		

Ces résultats ont permis de réaliser la carte pédologique de la plaine de Tleghma :

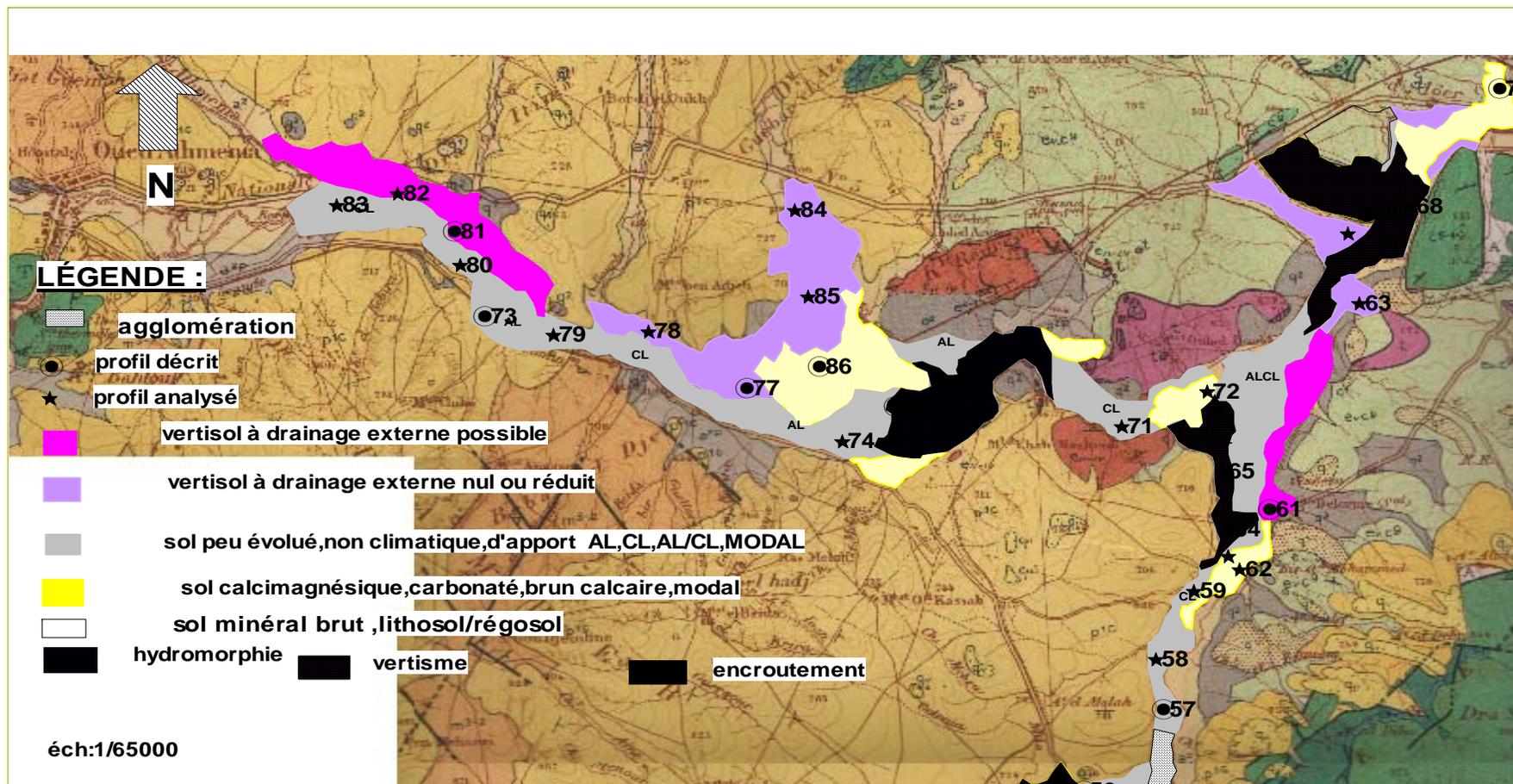


Figure 11a : carte pédologique de la plaine de Tleghma (partie nord)

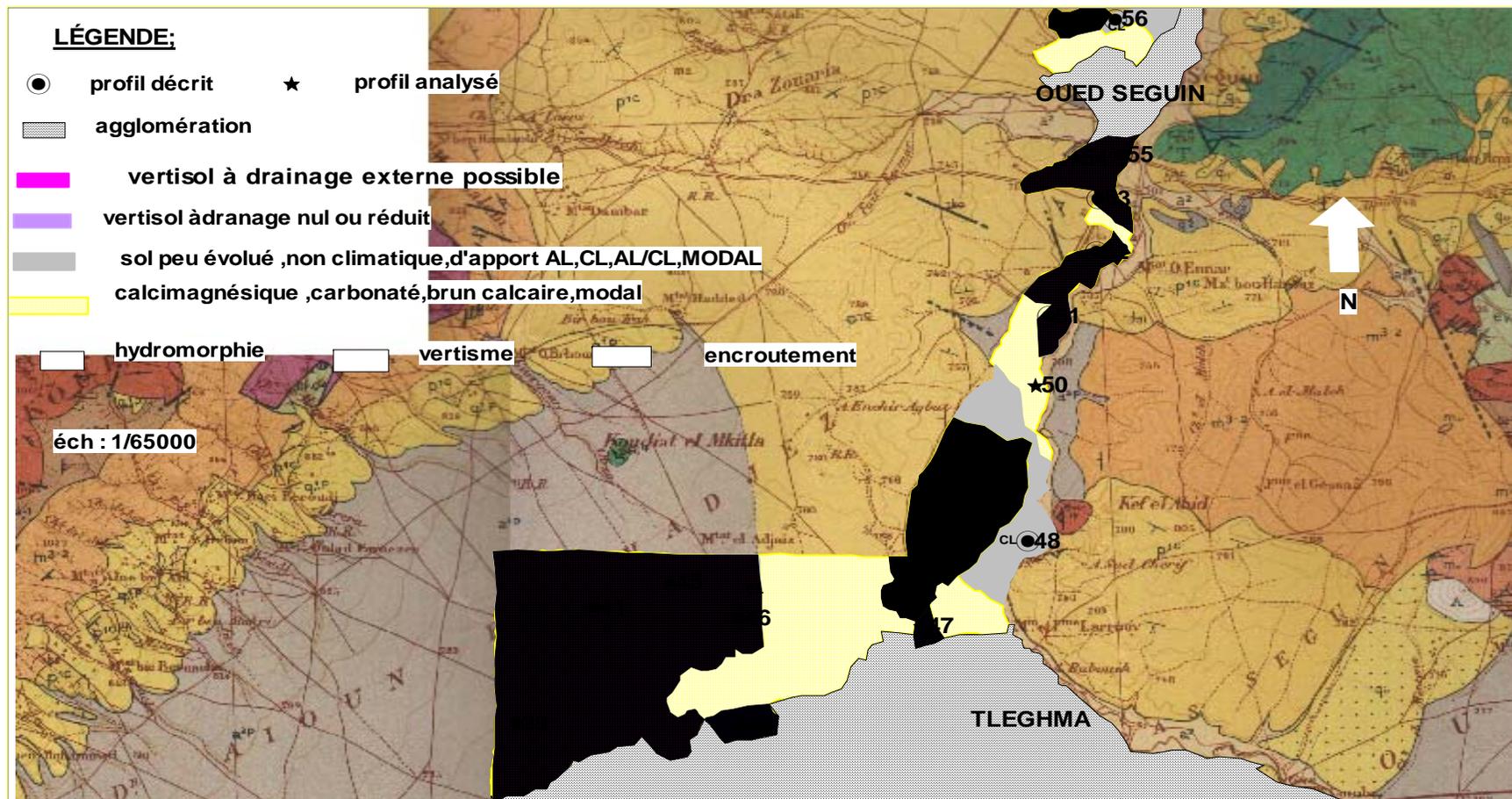


Figure 11b : carte pédologique de la plaine de Tleghma (partie sud)

## **Chapitre V**

### **Etude critique des données**

#### **5-1-Densité de l'échantillonnage :**

La densité d'échantillonnage appliquée à l'étude des sols est souvent très faible même pour les études détaillées : en règle générale, la fraction échantillonnée est très inférieure au millionième du volume étudié (**Legros .1996 in Walter ch 2002**).

	Analyse structurale (Widiatmak1994)	Cartes pédologiques (Jamagne 1967)			Synthèse nationale des analyses de terres
		1/10000	1/25000	1/100000	
1 observation tarière pour...	0.005 à 0.1 ha par	1... à5 par ha	1...à10 par ha	20....à100	20 .....à100par ha
1 observation fosse pour...	0.05.....à 0.5 par ha	10....à 50 par ha	50....à 100 par ha	50...à 1000 par	
Volume échantillonné/volume total	1/3000 à 1/700000	1/300000 à 1/6000000	1/3000000 à 1/6000000	1/6000000 à 1/12000000	1/12000000 à 1/60000000

**Tableau n°08 : Ordre de grandeur des densités d'échantillonnage de la couverture pédologique pour des études d'analyse spatiale des sols de résolution décroissante (Walter 2002).**

La faible résolution de l'échantillonnage dans l'analyse spatiale des sols est une contrainte majeure (Jamagne, 1967). Des travaux mettant en œuvre des approches statistiques sur des propriétés de sols ont montré que la variabilité spatiale des propriétés des sols avait été, d'une manière générale, sous estimée (Lagacherie, 2002). En effet, même à grande échelle, des auteurs (King, 1984) ont constaté que les unités de sols présentent une variabilité interne de leurs propriétés.

Dans ce qui suit, nous évaluons dans un premier temps la démarche cartographique. Il s'agit de vérifier si le nombre de profils réalisés ainsi que le nombre d'échantillons prélevés sont suffisants. Dans un second temps, nous analysons de la qualité des données et évaluons par la suite leur variabilité à l'échelle des horizons et à l'échelle des différentes unités cartographiques pour vérifier leur homogénéité.

Pour évaluer cette démarche, nous avons calculé le nombre de profils et le nombre d'échantillons théoriquement nécessaires (Legros, 1978 b) à l'établissement de la carte pédologique :

$$P = (4/K).E^2.10^8.S \text{ tel que :}$$

P est le nombre de profils,

S est la surface en hectare,

E est l'échelle,

K est un indice qui évalue l'efficacité pédologique, il varie entre 1 et 20.

L'efficacité pédologique pourra être minimale pour un paysage de forêt vierge, dans une région dépourvue de couverture topographique et géologique, avec un débutant en guise d'explorateur.

Sachant que l'étude 1973 est l'étude de détail pour notre étude ; le nombre de profil nécessaire sera inclus entre 90 dans le cas d'une efficacité maximale et 1800 pour une efficacité minimale. Or, le nombre de profils réalisés (112) correspond à une efficacité de presque 15. Cette valeur est à notre sens correct en regard de la documentation de base disponible relative à la zone d'étude (carte pédologique au 1/50 000, carte géologique, fond topographique, l'emploi des photos aériennes à l'échelle 1/20000).

Parmi les 112 profils décrits 26 sont analysés, soit presque 01profil parmi 04 est analysé (norme convenable).

Pour une étude d'actualisation et selon les travaux réalisés dans les bureaux d'étude nous constatons que le 1/10eme est suffisant pour vérifier la fiabilité d'une carte.

La démarche cartographique adoptée sur le terrain était basée sur une prospection systématique qui a permis de décrire 45 profils pédologiques et d'échantillonner 23 profils (plus de 50%des échantillons sont analysés).

Le nombre total d'horizons échantillonnés est de 67. Cette démarche a conduit à l'élaboration d'une carte pédologique actualisée à la précision du 1/20 000, échelle suffisante pour l'organisation de l'irrigation (Jamagne, 1967 ; Legros, 1996).

### **5-2-Concordance entre les données :**

Selon les résultats obtenus, la somme des fractions granulométriques est de l'ordre de 100%. théoriquement ces valeurs sont considérées comme acceptables.

Il est bon tout d'abord de rappeler que l'analyse granulométrique de sols calcaire est une chose difficile et qu'il faut toujours en interpréter les résultats avec prudence **(Ruellan 1976)**.

D'autre part, les résultats du taux de saturation en base sont concordants. En effet, pour tous les échantillons analysés, le taux de saturation en bases échangeables est égal à 100 %. malgré que dans des conditions comme ceux-ci (sol calcaire); il est difficile d'arriver à 100%, on peut se tromper ; l'origine de cette erreur est liée à la difficulté d'analyse du cation  $\text{Ca}^{++}$  dont une partie provient de la dissolution du calcaire. Certains auteurs **(Baize, 1988)** pensent qu'il est inutile de déterminer les bases échangeable (S) pour les sols calcaires.

### **5-3-Variation des propriétés du sol :**

A travers les statistiques descriptives (moyenne, écart type, les quartiles et les coefficients de variation), nous allons étudier la variabilité spatiale des paramètres pédologiques retenus. Il s'agit de l'argile, du calcaire total, la matière organique, la conductivité électrique, la capacité d'échange cationique, le pH et enfin la densité apparente. Le choix de ces paramètres se justifie par la place qui leur est accordée dans les classifications des sols (C.P.C.S, 1967 ; U.S.D.A., 1994) ainsi que leur importance sur le plan agronomique. Les traitements statistiques porteront sur l'ensemble des profils, puis les données seront structurées suivant les horizons, et à la fin la variabilité inter et intra unité sera évaluée.

### 5-3-1-Variation des données sur l'ensemble des profils

Les résultats des traitements statistiques pour tous les échantillons sont reportés dans le tableau.

**Tableau n°09 : Structure des données sur l'ensemble des profils**

	Argile %	MO %	CaCO <sub>3</sub> tot %	Caco3 Act %	CE (dS/m)	CEC (meq/100gr)	pH	Da
Moyenne	22.98	1.34	49.69	14.05	0.98	20.42	7.95	1.31
Minimum	9.25	0.81	40.08	10.53	0.2	14.84	7.57	1.13
Maximum	39.67	1.54	60.29	17.870	2.63	29.71	8.20	1.44
Ecart type	8.66	0.22	7.23	1.63	0.72	3.63	0.17	0.07
Quartiles 25	17.97	1.08	46.17	13.05	0.34	17.97	7.84	1.28
50	21.73	1.26	47.18	13.60	0.87	20.26	7.97	1.32
75	28.71	1.41	50.70	15.42	1.45	22.27	8.09	1.36
C.V %	38	17	15	12	72	18	2.2	5

#### **a) L'argile**

La moyenne du taux d'argile est de **22.98%**. Le taux minimal est de **9.25 %** et le taux maximal est de **39.67 %**. Le tableau indique que 75 % des échantillons ont des taux supérieurs **17.97%**., alors que 25 % des échantillons ont des taux supérieurs à **28.71**. Sur la base de ces résultats, on remarque que les taux d'argile sont moyens. Ces résultat expliquent la grande variabilité spatiale de ce paramètre dans (CV % = 38), malgré que l'argile se considère comme un paramètre permanent ( Walter 2002 ) c'est-à-dire qu'il varie peu dans le temps .cela s'expliquer par une sous estimation de la fraction argileuse à cause de sa floculation avec le calcaire .

#### **b) Le calcaire total :**

Le taux moyen en calcaire total est de **49.69%**. Le taux minimal est de **40.08%** alors que le maximum est de **60.29%**., On note que 75 % des échantillons ont des taux de calcaire supérieurs à **46.17%** alors que 25 % des échantillons ont des taux supérieurs à **50.70**. D'après les résultats, on peut qualifier ces taux élevés.

**c) La capacité d'échange cationique :**

En moyenne, celle-ci est de **20.42** alors que 75 % des échantillons ont une CEC inférieure à **22.27**. Ces valeurs sont globalement moyennes mais en regard des taux d'argile (22.98 % en moyenne), la CEC aurait pu être plus élevée. Les valeurs minimales et maximales sont respectivement de **14.84** et **29.71** un CV de 18 %. Ceci signifie que la CEC est assez variable dans la zone.

**e) La matière organique :**

La teneur moyenne en matière organique est de **1.34%**. Le taux minimal est de **0.81%**, le taux maximal est de **1.54**. Le tableau montre que 75 % des échantillons ont des taux inférieurs à **1.56%** et que 25 % des échantillons ont des taux inférieurs à **1.08%**.

S'agissant de sols cultivés, on estime que ces taux sont relativement faibles et que les sols étudiés sont globalement pauvres en matière organique et d'une manière générale ces sols sont soumis à des dessiccations estivales très importantes donc très néfastes à la conservation de l'humus (Nkundikiji.V.Dessaux .A.Halitim .A.Galben et Ygnatov.M.1976)

**f) le pH :**

Le pH moyen est de **7.95**, il varie entre **7.57** et **8.20**. Les résultats montrent que 75 % des échantillons ont des pH supérieurs à **7.84** et 25 % ont des pH supérieurs à **8.09**

Le coefficient de variation est de **2.2%**.

Ces valeurs indiquent que les sols de cette zone sont alcalins. Cette alcalinité peut être expliquée par la présence du calcaire.

**g) la conductivité électrique :**

Le taux moyen est de **0.98** dS/m. Les résultats indiquent que 75% des échantillons ont des conductivités électriques inférieures à **1.45**.le CV est 72%.

La CE est très variable d'une façon générale, les sols étudiés ne sont pas salins.

**h) la densité apparente (Da) :**

La densité moyenne des sols étudiés est de **1.31**. Les quartiles indiquent que 75 % des échantillons ont des valeurs inférieures à **1.36** et que 25 % ont des valeurs inférieures à **1.28**. On remarque que la densité apparente est inférieure à 1.5. Ce résultat signifie que les sols étudiés ont une bonne porosité.

Le coefficient de variation est de 5% ce qui explique la faible variation de la densité

#### **5-3-1-1- Variabilité des paramètres étudiés :**

D'une manière générale on distingue trois classes de variabilités en fonction du coefficient de variation d'après (**Wilding et Drees, (1978) cités par Walter, (1990)**).

La première classe est caractérisée par une faible variabilité dont le coefficient de variation est inférieur à 15 %. Dans le cas des sols étudiés, seuls le pH et la densité apparente entrent dans cette classe, leur CV % respectifs sont égaux à 2.2 et 5 %. Ce résultat concorde avec celui de **Laslett et al (1987)** cités par **Arrouway et al (1997)** qui notent que le pH est l'un des paramètres les moins variables à l'échelle parcellaire.

La deuxième classe est qualifiée de variabilité moyenne. Le coefficient de variation est compris entre 15 et 30 %. Dans la zone d'étude, cette classe est représentée par  $\text{caco}_3$  ; MO et par la CEC. Leurs coefficients de variation sont respectivement 15% 17% 18%.

La troisième classe dont le coefficient de variation est supérieur à 30 % est qualifiée de forte variabilité. On distingue l'argile et la C.E dont les coefficients de variation respectifs sont 38 %, 72 %.

Globalement, (**Wilding cité par walter (1990)**) précise que les propriétés statiques sont moins variables par rapport aux propriétés dynamiques ; par exemple, la texture et la minéralogie par rapport à la conductivité hydraulique, l'humidité du sol, la salinité, les microorganismes, les cations échangeables et le potentiel redox.

Nous avons caractérisé les principaux paramètres pédologique sur l'ensemble des profils sans distinction des horizons, nous allons, dans ce qui suit, caractériser la variation verticale (structure par horizon) de ces paramètres.

### **5-3-2-Variabilité selon les horizons :**

#### **a) L'argile**

Le tableau présente les résultats des paramètres statistiques concernant l'argile.

**Tableau n°10 : Structure du taux d'argile suivant les horizons (H)**

		<b>H.Surface %</b>	<b>H.Sub-surface %</b>	<b>H.Profondeur %</b>
QUARTILES	<b>25</b>	<b>14.06</b>	<b>10.55</b>	<b>12.50</b>
	<b>75</b>	<b>38.86</b>	<b>32.9</b>	<b>28.17</b>
	<b>50</b>	<b>29.93</b>	<b>18</b>	<b>14.19</b>
<b>moyenne</b>		<b>28.12</b>	<b>22.29</b>	<b>21.73</b>
<b>écart type</b>		<b>13.70</b>	<b>14.04</b>	<b>14.22</b>
<b>CV%</b>		<b>51</b>	<b>63</b>	<b>65</b>

Les taux moyens sont respectivement **28,12%** ; **22.29%** et **21.73%** de pour l'horizon de surface, de sub-surface et de profondeur. En outre, 75% des échantillons ont des taux supérieurs à **14.06%**, **10.55%** et **12.50 %** respectivement dans les horizons de surface, de subsurface et de profondeur. Ces résultats indiquent que le sol est moyennement argileux La distribution verticale indique que les horizons de surface sont plus argileux que les horizons de sub-surface et de profondeur. Le coefficient de variation est élevé, il est de l'ordre de **51 %** en surface, **63 %** en sub-surface et **65 %** en profonde

## b) Le calcaire total

Les résultats des paramètres statistiques pour le calcaire total sont résumés dans le tableau 11.

**Tableau n°11 : Structure du taux de calcaire total suivant les horizons (H)**

		<b>H.Surface</b>	<b>H.Sub-surface %</b>	<b>H. profondeur</b>
<b>quartiles</b>	25	24.15	27.93	36.48
	50	34.96	33.40	41.80
	75	39.90	45.60	52.82
MOYENNE		33.40	38.86	48.16
TYPECARTE		12.20	15.71	14.96
CV		<b>36.5</b>	<b>40.4</b>	<b>31</b>

Le tableau indique que 75 % des horizons de surface (H1) ont des taux de calcaire inférieurs à 39.90%, 50 % ont des taux inférieurs à 34.96 et 25 % ont des taux inférieurs à 24.15 %. Ces résultats sont respectivement de 45.60, 33.40 et 27.93 % pour l'horizon de sub-surface (H2) et de 52.82, 41.80 et 36.48 % pour les horizons de profondeur (Hp). Les teneurs moyennes sont de l'ordre de respectivement 33.40, 38.86 et 48.16 en H1, H2 et H3. Les sols étudiés sont fortement pourvus en calcaire et les horizons de profondeur sont plus calcaires que les horizons de surface et sub-surface. Le coefficient de variation est élevé. Il est de 36.5 %, 40.4 % et 31 % respectivement en surface, en sub-surface et en profondeur.

### c) La CEC

Les paramètres statistiques pour la CEC sont reportés dans le tableau 12.

**Tableau n° 12 : Structure de la C.E.C suivant les horizons :**

		<b>H.Surface %</b>	<b>H.Sub-surface %</b>	<b>H. profondeur %</b>
quartiles	25	14.57	15.58	17.63
	50	18.09	21.24	20.6
	75	21.91	25.05	24.91
MOYENNE		18.27	21.10	21.99
TYPECARTE		5.50	6.25	8.45
CV		29	31	38

La CEC moyenne varie entre **18.27** et **21.99** de terre environ pour tous les horizons. La structure des données montre que les sols ont une CEC moyenne.

### d) La matière organique :

L'analyse des données pour cette étude montre que Les taux de matière organique sont globalement faibles ; l'horizon de sub-surface avec (**1.86**) est relativement plus riche que l'horizon de surface (**1.80**) et de profondeur **1.32**. Les résultats du tableau indiquent que 75 % des échantillons ont des taux inférieurs à **2.03 %** et à **1,5 %** en sub-surface ,**0.96%** en profondeur (HP).

Le coefficient de variation est moyen (**18%**) en surface, **14.5 %** en sub-surface et **26%** en profondeur.

**Tableau n°13 : Structure de la matière organique (%) suivant les horizons**

		H. surface	H. sub surface	H. profondeur
QUARTILE	25	1.55	1.1	0.72
	50	1.85	1.34	0.81
	75	2.03	1.5	0.96
MOYENNE		1.80	1.86	1.32
ECART TYPE		0.31	0.27	0.20
C.V		18	14.5	26

**e) Le pH :**

Le pH moyen est de 8.02, 8.04, 7.97 respectivement dans l'horizon H1, H2 et H3. Le tableau indique que 75% des échantillons sont caractérisés par un pH supérieur à 8.0 en H1, à 8.0 en H2 et à 7.7.8 en profondeur.

Le CV du pH est faible, il varie entre 2.4 ; 2.3 ; et 3.4 respectivement pour l'horizon de surface, sub-surface et du profondeur.

**Tableau n°14 : Structure du pH suivant les horizons :**

		H. surface	H. sub surface	H. profondeur
QUARTILE	25	8.00	8.00	7.8
	50	8.1	8.1	8.00
	75	8.1	8.18	8.1
MOYENNE		8.02	8.04	7.97
ECART TYPE		0.16	0.17	0.22
C.V		1.9	2.1	2.8

#### f) La conductivité électrique :

La conductivité électrique est en moyenne de 0.51, 0.70 et 1.09 dS/m respectivement dans l'horizon de surface, sub surface et de profondeur. Les résultats indiquent que 75% des échantillons ont une CE inférieure à 0.5 dS/m dans l'horizon de surface, inférieur à 0.8 dS/m dans l'horizon de sub surface, et inférieur à 1.50 dS/m dans l'horizon de profondeur. Ces valeurs indiquent que globalement, les sols ne sont pas salinisés. On remarque que les valeurs de la CE sont légèrement plus élevées dans les horizons de profondeur comparées à celles de surface et sub surface.

Les CV de la CE est très élevé, il varie entre 86 et 96.

**Tableau n °15 : Structure de la Conductivité électrique (dS/m) suivant les horizons**

		H. surface	H. sub surface	H. profondeur
QUARTILE	25	0.2	0.2	0.2
	50	0.3	0.3	0.60
	75	0.5	0.8	1.50
MOYENNE		0.51	0.81	1.22
ECART TYPE		0.49	0.70	1.09
C.V		96	86	89

#### g) La densité apparente

La densité apparente varie faiblement et prend la valeur de **1,31** en surface puis diminue en profondeur pour atteindre **1,29** en sub surface et en profondeur.

On remarque que malgré que ces sols sont des sols cultivés ; la densité apparente en surface est plus grande qu'en profondeur. Cela s'explique probablement par le fait que ces sols ont subis un tassement au niveau de l'horizon supérieur.

D'après le tableau **28**, **75 %** des échantillons ont des valeurs inférieures à **1.24**, **1.22**, **1.19** respectivement en surface, sub surface et en profondeur. Ces valeurs sont moyennes et donnent une idée sur la porosité qui est assez bonne. Ce paramètre est peu

variable à travers les différents niveaux de profondeur, ceci est illustré par un faible coefficient de variation respectivement **8, 7 et 9** en surface, sub-surface et en profondeur.

**Tableau n°16: Structure de la densité apparente suivant les horizons :**

		<b>H. surface</b>	<b>H. sub surface</b>	<b>H. profondeur</b>
QUARTILE	25	1.24	1.22	1.19
	50	1.3	1.28	1.3
	75	1.36	1.28	1.3
MOYENNE		1.31	1.29	1.29
ECART TYPE		0.10	0.09	0.12
C.V		8	7	9

La synthèse des résultats précédents fait ressortir que les sols sont moyennement riches en argile. Les taux moyens en argile sont de l'ordre de 28.12%, 22.29 % et 21.73 % respectivement en surface, sub-surface et en profondeur. Les taux de calcaire total sont relativement forts en surface et en sub-surface et en profondeur ( $\text{CaCO}_3 > 31.08 \%$ ). La matière organique présente des taux très faibles. Le pH est légèrement alcalin et se situe entre 7.97 et 8.04.

Les résultats obtenus précédemment ont montré que lorsqu'on considère l'ensemble des données, l'argile, la matière organique, et la conductivité électrique varient fortement. Par contre, la CEC présente une variabilité moyenne, alors que le pH et la densité apparente sont faiblement variables. En structurant les données suivant les horizons, le coefficient de variation a montré la même tendance que pour l'ensemble des données. Dans ce qui suit, nous montrons la variation des paramètres précédemment étudiés à l'intérieur d'une même unité cartographique.

### **5-3-3-Variation des donnés dans les unités cartographiques :**

Dans cette partie, nous présentons les résultats concernant la variabilité spatiale des propriétés du sol retenues au sein des unités cartographiques.

#### **5-3-3-1- Vertisol**

La structure des données dans les Vertisols est présentée dans le tableau.

**Tableau n° 17 : Structure des données dans les Vertisol**

	Argile %	MO %	CaCO <sub>3</sub> actt %	CE (dS/m)	CEC	pH	Da
Moyenne	31.55	1.17	13.09	1.57	21.17	7.87	1.28
Médiane	33.25	1.10	13.07	1.50	19.58	7.87	1.28
Min	21.73	0.98	12.8	1.4	15.85	7.80	1.23
Max	39.67	1.42	13.4	1.8	29.71	7.93	1.33
Ecart type	9.09	0.23	0.30	0.21	7.17	0.07	0.05
Quartiles 25	27.49	1.04	12.93	1.45	17.71	7.83	1.25
50	33.25	1.10	13.07	1.50	19.58	7.87	1.28
75	36.46	1.26	13.23	1.65	24.64	7.9	1.30
C.V %	29	19	2	13	33	0.8	0.2

#### **a) L'argile**

La moyenne des taux d'argile est de **31.55 %** et, l'écart type est de **9.09**. **D'après** le tableau, 75 % des échantillons ont des taux d'argile supérieurs à **27.94 %**. La médiane est de **33.25 %**. Ces taux indiquent que cette unité est moyennement à fortement argileuse. Le coefficient de variation est de **29 %**. Ce coefficient correspond à une variabilité spatiale moyenne.

#### **b) Le calcaire :**

La valeur moyenne du calcaire est de **13.09**, l'écart type est de **0.30**. Ce paramètre est très peu variable dans l'espace (**CV % = 2**).

### **c) La capacité d'échange cationique (C.E.C)**

D'après le tableau il ressort que cette unité se caractérise par une C.E.C moyenne (21.17 meq/100gr) .les valeurs minimales et maximales sont respectivement **15.85%** et **29.71%**. Les résultats indiquent 75 % des échantillons ont une CEC supérieure à 17.71 meq/100gr et que 25 % ont une CEC supérieure à **24.64** meq/100gr. Le coefficient de variation est de **33 %**. Ces résultats indiquent que la CEC est relativement moyenne et que sa variation dans l'unité cartographique est moyenne.

### **d) La matière organique**

Le taux moyen de MO est de **1.17 %**, l'écart type est de **0.23**. Le tableau montre des taux en MO relativement faibles puisque 75% des échantillons possèdent des taux inférieurs à **1.26 %** et **50%** d'entre eux ont des taux inférieurs à **1,10 %**. Ce paramètre est moyennement variable avec un C.V égal à **19 %**.

### **e) Le pH**

La valeur moyenne du pH est de **7.87**, l'écart type est de **0.07**. Les calculs indiquent que 50 % des échantillons de cette unité ont un pH supérieur à **7.87**, et que 75% d'entre eux échantillons ont un pH supérieur à **7.83**. Ce paramètre est très peu variable dans l'espace (**CV % = 0.8**). Ces valeurs indiquent que cette unité est caractérisée dans son ensemble par un pH alcalin.

### **f) La conductivité électrique**

La conductivité électrique moyenne est de **1.57 dS/m**. L'écart type est de **0.21**. On remarque que 75% des échantillons ont une CE inférieure à **1.65** dS/m. Ces valeurs indiquent que les échantillons de cette unité présentent une faible salinité. Cependant, le coefficient de variation est faible 13 % . .

### **g) La densité apparente**

La moyenne pour cette unité est de **1.28** et la médiane est de **1.28**, l'écart type est de **0.05**. Les statistiques indiquent que 75 % des échantillons ont une densité apparente (da) inférieure à **1.30**. Ce résultat indique que le sol est caractérisé par une bonne structure et une porosité. Le coefficient de variation est faible (**CV % = 0.2 %**).

Dans l'ensemble, cette unité se caractérise par des taux moyens à forts en argile (31.55 %), faibles en matière organique (1,17 %). Les sols de cette unité sont légèrement alcalins (pH = 7.87), non salés (CE = 1.57 dS/m) et sont pourvus d'une CEC relativement

moyenne (CEC = 21.17). Les valeurs de la densité apparente laissent penser que le sol est caractérisé par une bonne porosité. Le coefficient de variation montre une forte variabilité de l'argile, la CEC, avec des C.V. respectifs de 29 %, 33 % . A un degré moindre, la matière organique, la densité apparente et le pH sont moyennement à faiblement variables avec des coefficients respectifs de 19 %, 0.2 %, et 0.8 %.

### **5-3-3-2-Sol Calcimagnésique brun calcaire**

Cette unité représente les sols bruns calcaires, les données sont résumées dans le tableau.

**Tableau n°18 : Structure des données dans les sols bruns calcaires**

	Argile %	MO %	CaCO <sub>3</sub> tot %	CaCO <sub>3</sub> act %	CE (dS/m)	CEC (meq/100gr)	pH	Da
<b>Moyenne</b>	<b>23.49</b>	<b>1.23</b>	-	<b>14.34</b>	<b>0.47</b>	<b>21.39</b>	<b>8.04</b>	<b>1.32</b>
<b>Médiane</b>	<b>20.78</b>	<b>1.27</b>	-	<b>14.87</b>	<b>0.33</b>	<b>21.93</b>	<b>8.08</b>	<b>1.32</b>
<b>Min</b>	<b>17.66</b>	<b>0.81</b>	-	<b>11.40</b>	<b>0.20</b>	<b>17.52</b>	<b>7.67</b>	<b>1.13</b>
<b>Max</b>	<b>37</b>	<b>1.54</b>	-	<b>15.97</b>	<b>1.23</b>	<b>27.01</b>	<b>8.20</b>	<b>1.44</b>
<b>Ecart type</b>	<b>8.54</b>	<b>0.22</b>	-	<b>1.50</b>	<b>0.34</b>	<b>2.95</b>	<b>0.14</b>	<b>0.08</b>
<b>Quartiles 25</b>	<b>17.66</b>	<b>1.10</b>	-	<b>13.33</b>	<b>0.28</b>	<b>18.80</b>	<b>8.07</b>	<b>1.30</b>
<b>50</b>	<b>20.78</b>	<b>1.27</b>	-	<b>14.87</b>	<b>0.33</b>	<b>21.93</b>	<b>8.08</b>	<b>1.32</b>
<b>75</b>	<b>28.96</b>	<b>1.36</b>	-	<b>15.58</b>	<b>0.34</b>	<b>23.30</b>	<b>8.10</b>	<b>1.37</b>
<b>C.V %</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	-	<b>10</b>	<b>71</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

Les résultats obtenus ont montré ce qui suit :

#### **a) L'argile**

Le taux d'argile moyen est de **23.49 %** et l'écart type est de **8.54**. Les calculs indiquent que 75 % des échantillons ont des taux d'argile supérieurs **17.66 %**. Ces taux montrent que cette unité est moyennement argileuse. Le coefficient de variation est de 36 %, il signifie que ce paramètre est fortement variable.

**b) Le calcaire total**

Le calcaire total n'est pas calculé (il n'est pas mesuré pour un nombre suffisant d'échantillons).

**c) La capacité d'échange cationique (C.E.C)**

Le tableau indique que les sols de cette unité ont une CEC relativement moyenne. En effet, La valeur moyenne est de **21.39** meq/100gr et 75 % des échantillons ont une C.E.C inférieure à 23.30 meq/100 gr. La variabilité de ce paramètre est moyenne (CV = **14 %**).

**d) La matière organique (MO)**

Dans cette unité, le taux moyen en M.O est de 1.32 % pour l'étude 2004. Le premier quartile montre que 25 % des échantillons ont des taux en MO inférieurs à 1,10 %, alors que le troisième quartile indique que 75 % des échantillons ont des taux inférieurs à 1,36 %. Le coefficient de variation de ce paramètre est de 18 % Ces résultats indiquent que cette unité est pauvre en matière organique et que la variabilité spatiale de ce paramètre est moyenne.

**e) Le pH**

En moyenne, le pH est de 8.04, l'écart type est de 0.14. Les résultats indiquent que 75 % des échantillons ont des pH supérieurs à 8.07. Ces échantillons sont alcalins. Le coefficient de variation est très faible (CV = 2 %), il suggère une faible variabilité spatiale.

**f) La conductivité électrique**

La CE moyenne est de 0.47 dS/m. L'écart type est de 0.34. Les valeurs se situent entre 0,2 et 1.23 dS/m. La salinité des sols de cette unité est également faible. Le coefficient de variation est de 71 % et témoigne d'une forte variabilité spatiale de ce paramètre.

**g) La densité apparente**

Les sols de cette unité cartographique sont pourvus d'une densité apparente moyenne ( $d_a = 1,32$ ). L'écart type est de 0.08. Les quartiles indiquent que 75 % des échantillons ont une densité apparente inférieure 1.37 et que 50 % des échantillons ont une densité apparente inférieure à 1.32. Le coefficient de variation est de 6 %. Ces valeurs montrent que la densité apparente est globalement inférieure à 1.5, le sol est donc caractérisé par une bonne structure et une porosité totale importante. Ce paramètre varie peu dans l'espace.

Cette unité est caractérisée aussi par des taux moyens d'argile (23.49 %). Le taux de matière organique est faible (MO = 1,23 %), la conductivité électrique faible (CE = 0.74 dS/m), une CEC relativement moyenne (CEC = 21.39 meq/100 gr, le pH est alcalin (pH = 8,04). Les valeurs de la densité apparente indiquent une bonne porosité et une bonne structure du sol.

### **5-3-3-3- Sol peu évolué :**

Cette unité regroupe les sols appartenant à la classe des sols peu évolués. Les données concernant les paramètres étudiés sont illustrés dans le tableau.

**Tableau n°19 : Structure des données dans les sols peu évolués**

	Argile %	MO %	CaCO3 T %	CaCO3act %	CE (dS/m)	CEC (meq/100gr)	pH	Da
<b>Moyenne</b>	<b>20.52</b>	<b>1.26</b>	<b>50.62</b>	<b>14.61</b>	<b>1.41</b>	<b>19.41</b>	<b>7.87</b>	<b>1.31</b>
<b>Médiane</b>	<b>18.93</b>	<b>1.26</b>	<b>47.50</b>	<b>14.40</b>	<b>1.40</b>	<b>20.20</b>	<b>7.70</b>	<b>1.31</b>
<b>Min</b>	<b>6.30</b>	<b>0.85</b>	<b>44.08</b>	<b>12.7</b>	<b>0.47</b>	<b>15.17</b>	<b>7.57</b>	<b>1.18</b>
<b>Max</b>	<b>39.85</b>	<b>1.52</b>	<b>60.29</b>	<b>17.8</b>	<b>2.63</b>	<b>22.33</b>	<b>8.10</b>	<b>1.40</b>
<b>Ecart type</b>	<b>12.93</b>	<b>0.22</b>	<b>8.55</b>	<b>1.57</b>	<b>0.76</b>	<b>2.37</b>	<b>0.18</b>	<b>0.07</b>
<b>Quartiles 25</b>	<b>11.10</b>	<b>1.12</b>	<b>45.79</b>	<b>13.57</b>	<b>0.87</b>	<b>18.20</b>	<b>7.77</b>	<b>1.28</b>
<b>50</b>	<b>16</b>	<b>1.26</b>	<b>47.50</b>	<b>14.40</b>	<b>1.40</b>	<b>20.20</b>	<b>7.90</b>	<b>1.31</b>
<b>75</b>	<b>31.65</b>	<b>1.47</b>	<b>53.90</b>	<b>15.43</b>	<b>1.97</b>	<b>20.39</b>	<b>7.97</b>	<b>1.36</b>
<b>C.V %</b>	<b>39</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>54</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

L'analyse de ce tableau indique ce qui suit :

#### **a) L'argile**

Le taux moyen en argile de ce cette unité est de **20.52 %** et l'écart type de ce paramètre est de **12.93**. Les résultats montrent que 75 % des échantillons ont des taux supérieurs à **11.10 %** d'argile et que 50 % ont en des taux supérieurs à **16 %**. Le coefficient de variation est de **39 %** et qualifie la variabilité spatiale de ce paramètre élevé.

#### **b) Le calcaire total**

Le taux moyen en calcaire total est de **50.62 %**. D'après le tableau, 75 % des échantillons ont des taux de calcaire supérieurs à **45.79 %** et que 50 % ont en des taux

supérieurs à **47.50 %**. Ces valeurs signifient que le calcaire est élevé dans les sols de cette unité. Le coefficient de variation est de **17 %** et suggère que la variabilité spatiale de ce paramètre est moyenne dans cette unité.

#### **c) La C.E.C**

La valeur moyenne de la CEC est de **19,4**. D'après les résultats 75 % des échantillons ont des valeurs relativement moyennes qui sont inférieures à **20,39** La variabilité de cet élément est faible à moyenne (**CV = 12 %**).

#### **d) La Matière organique**

Le taux moyen en matière organique est de **1,26 %**. On remarque que 75 % des échantillons ont un taux inférieur à **1,74**. La variabilité spatiale de ce paramètre est moyenne dans cette unité (**CV = 13%**).

#### **e) Le pH**

Le pH moyen est de **7.84**. D'après le tableau 75 % des échantillons ont un pH supérieur à **7.77** et 50 % ont un pH supérieur à **7.90**. Le pH de cette unité est donc alcalin. La variabilité de ce paramètre est faible (**CV = 2 %**).

#### **f) La conductivité électrique**

La valeur moyenne de la conductivité électrique est de **1.41**, l'écart type est de **0.76**. Les résultats (tableau 31) indiquent que 75 % des échantillons ont une CE inférieure à **1.97** dS/m et que 50 % d'entre eux ont une CE inférieure à **1.40** dS/m. Les sols de cette unité présentent un niveau de salinité faible avec un CV élevé (**CV =54**).

#### **g) La densité apparente**

La densité apparente moyenne des sols peu évolués est de **1.31**. Les résultats montrent que 75 % des échantillons ont une Da inférieure à **1,36** et que 50 % des échantillons ont une densité inférieure à **1,31**. Ces valeurs restent inférieures à **1,5** et suggèrent que les sols de cette unité sont dotés d'une bonne structure et d'une porosité totale importante. Ce paramètre varie peu dans l'espace, son CV est de **5 %**.

Les sols peu évolués se caractérisent donc par un taux d'argile moyen (20.52 %), un fort taux de calcaire total (50.62 %), un taux de matière organique faible (1,26 %), une conductivité électrique faible (CE = 1.41 dS/m), une CEC moyenne (CEC = 19,41 meq/100gr) et un pH légèrement alcalin (7.87). La densité apparente indique une bonne porosité du sol.

L'argile, et la conductivité électrique varient fortement dans l'espace (CV > 39 %), en revanche, Le calcaire total, la densité apparente, la MO et le pH varient moyennement à faiblement dans l'espace (2 % < C.V < 17 %).

### 5-3-4-Comparaison entre les unités cartographiques :

La comparaison entre les unités cartographiques est basée sur les moyennes et les médianes des propriétés retenues. Les résultats sont indiqués dans le tableau.

**Tableau n °20 : Paramètres statistiques des unités cartographiques**

<b>Variable</b>	<b>Médiane</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Coef. de variation</b>
<b>Argile %</b>				
SPE	18.93	20.52	8.03	39
SCM	20.78	23.49	8.54	36
VERTISOL	33.25	31.55	9.05	29
<b>MO %</b>				
SPE	1.26	1.26	0.22	18
SCM	1.27	1.23	0.22	18
VERTISOL	1.10	1.17	0.23	19
<b>CACO3 act</b>				
SPE	14.40	14.61	1.57	11
SCM	14.87	14.34	1.50	10
VERTISOL	13.07	13.09	0.60	2
<b>CEC</b>				
SPE	20.20	19.41	2.37	12
SCM	21.93	21.39	2.95	14
VERTISOL	19.58	21.71	7.17	33

En considérant le coefficient de variation des propriétés étudiées, on remarque que l'argile est moyennement à fortement variable ( $29\% < C.V < 39\%$ ) et que le calcaire actif est faiblement variable ( $C.V < 2\%$ ) dans les vertisols et faiblement à moyennement variable 10% et 11% respectivement pour SCM et SPE.

La variabilité spatiale de la matière organique est moyenne dans les SPE, les SCM les vertisols.

La CEC est moyennement variable dans les SPE et SCM (CV = 12 % et 14%) et fortement variable dans l'unité vertisol (CV = 33 %)

### **5-3-5-Relation entre les descripteurs pédologiques :**

Les paramètres pédologiques étant souvent interdépendants, nous étudierons dans ce qui suit les différentes relations entre les descripteurs pédologiques étudiés jusque là. Le tableau synthétise les différents coefficients de corrélation entre les descripteurs pédologiques quand ils sont pris deux à deux pour l'ensemble des données.

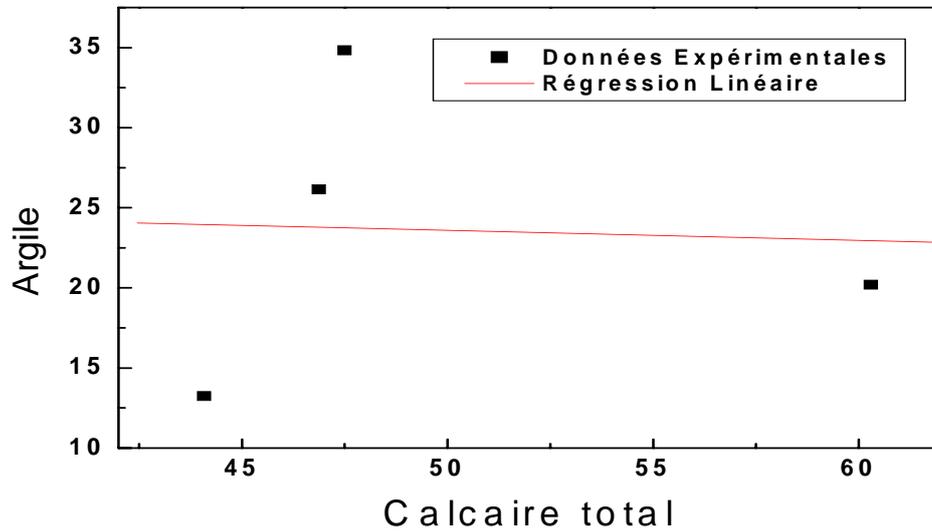
**Tableau n°21 : Coefficients de corrélation entre les descripteurs pédologiques**

	<b>argile</b>	<b>Calcaire total</b>	<b>Calcaire actif</b>	<b>CEC</b>	<b>MO</b>	<b>pH</b>
<b>Argile</b>	-					
<b>Calcaire total</b>	<b>-0.049</b>	-				
<b>Calcaire actif</b>	<b>-0.26</b>	<b>0.37</b>	-			
<b>CEC</b>	<b>0.12</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,27</b>	-		
<b>MO</b>	<b>-0.19</b>	<b>-0.65</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,02</b>	-	
<b>pH</b>	<b>0.36</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0,12</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,26</b>	-

D'après le tableau il ressort que pour l'ensemble des échantillons il n'existe pas des corrélations hautement significatives. Il y'a que quelques corrélations moyennement significatives exemple : pour la CEC et le calcaire total  $r=0.44$ .

### **5-3-5-1-Relation entre l'argile et le calcaire total :**

Les résultats que nous avons essayé de tirer d'après les résultats d'analyses (caco3 2004) est sujet à critique car pour l'ensemble des profils quatre profils sont pas suffisants pour établir des corrélations valables .



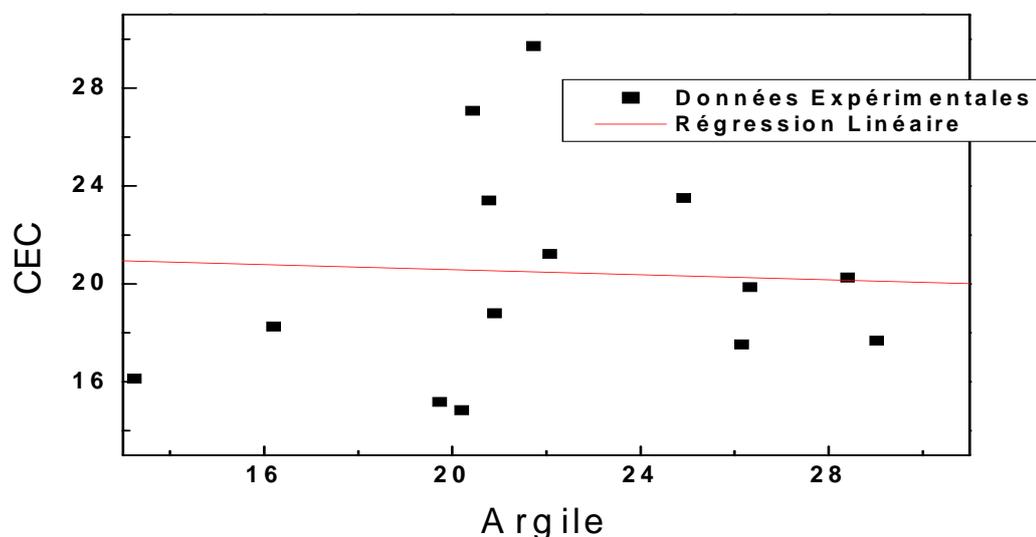
**Figure 12 : Relation entre l'argile et le caco3 total**

D'après la figure il ressort que les points sont dispersés, donc il n'y a pas une proportionnalité entre les deux paramètres.

La corrélation reste toujours négative et elle n'est pas statistiquement significative.

### 5-3-5-2-Relation entre la CEC et les taux d'argile et de matière organique :

Halitim A et Gheyi H.R en 1976 lorsqu'ils ont travaillé sur la contribution de l'argile et de la matière organique dans la capacité d'échange de quelques sols du nord de l'Algérie ont estimés que la CEC est sous la dépendance principalement de l'argile puis, elle est à peu près 5 fois plus forte que celle de la matière organique.



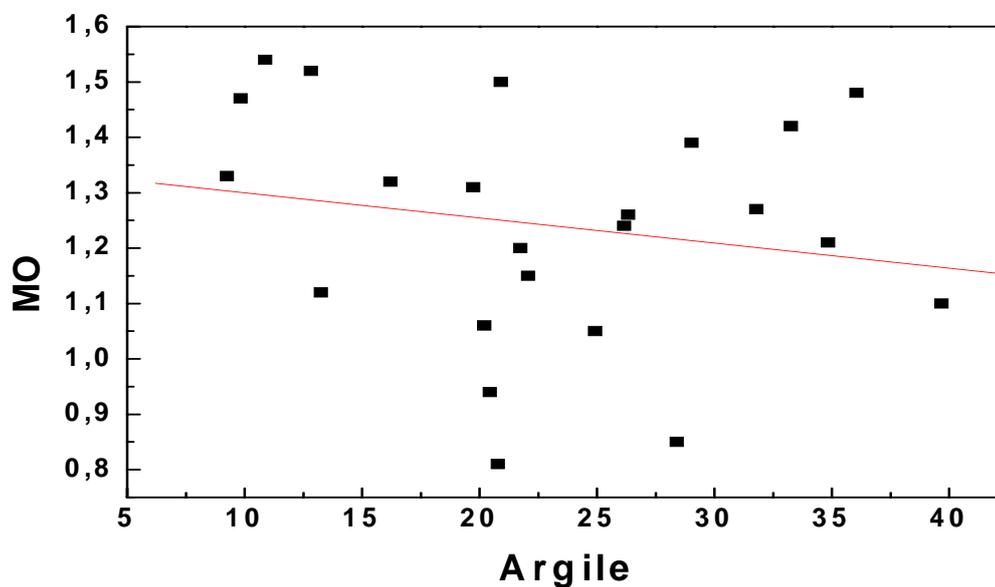
**Figure 13 : Relation entre la CEC et l'argile**

Contrairement à ce qui était déjà démontrés par nombreux auteurs, la corrélation entre les deux paramètres est faiblement significative

La relation entre la CEC et le taux d'argile d'une part et entre la CEC et la matière organique a fait l'objet de nombreux travaux. Pour notre cas la relation entre la CEC et le taux d'argile est statistiquement faiblement significative  $r=0.12$ , elle est négative pour la relation CEC – MO. Les figures montrent d'après les nuages de points que l'augmentation du taux d'argile n'induit pas l'augmentation de la CEC

### 5-3-5-3-Relation entre le taux matière organique et le taux d'argile :

Plusieurs travaux ont conclu que la matière organique est fortement corrélée avec la fraction fine du sol.



**Figure 14 : Relation entre le taux matière organique et le taux d'argile**

Dans notre cas et contrairement à ce qui déjà démontré ; il ressort que la relation entre les deux paramètres est non significative ( $r=0-19$ ). La figure montre d'après les nuages de points que l'augmentation du taux d'argile n'induit pas l'augmentation de la MO.

#### 5-3-5-4-Relation entre le pH et les taux de calcaire :

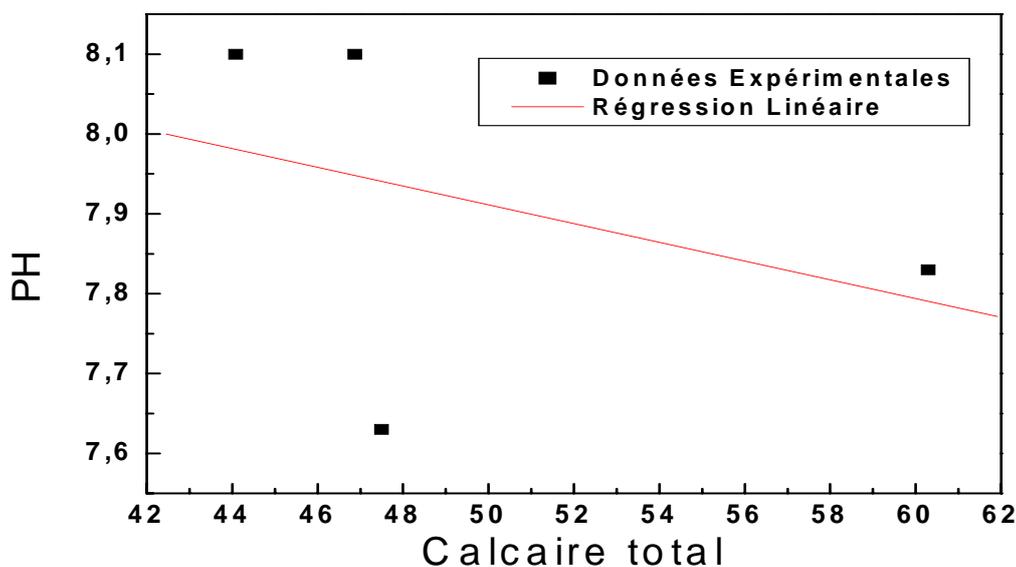


Figure 15 : Relation entre le pH et le taux de calcaire total

d'une manière générale les teneurs en carbonate de calcium des sols influence le pH dans un domaine de variation qui serait compris entre 0% et 2,5% correspondant à une valeur maximale de 7,82. Au-delà de ce seuil, les particules de carbonate de calcium auront uniquement un effet stérique sur les propriétés du sol.

Dans notre cas les deux paramètres sont moyennement corrélés ( $r = -0,37$ ) est. D'autre part, le taux de calcaire est nettement supérieur à 2,5% pour tous les échantillons analysés, ce qui explique le fait que l'influence directe du calcaire total sur le pH ne soit pas établie. Cependant, on remarquera que le pH est alcalin pour tous les échantillons

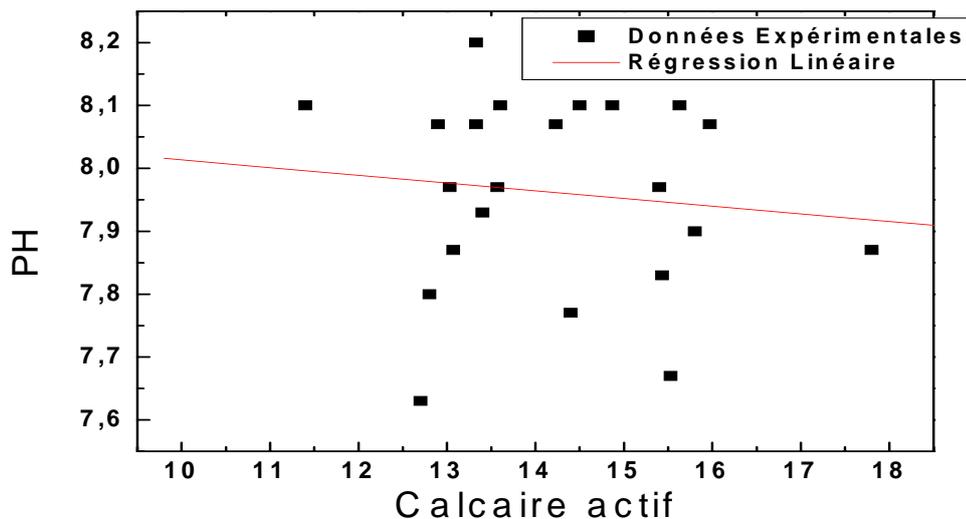


Figure 16: Relation entre le pH et le calcaire actif

**5-3-5-5-Relation entre le calcaire total et le calcaire actif :**

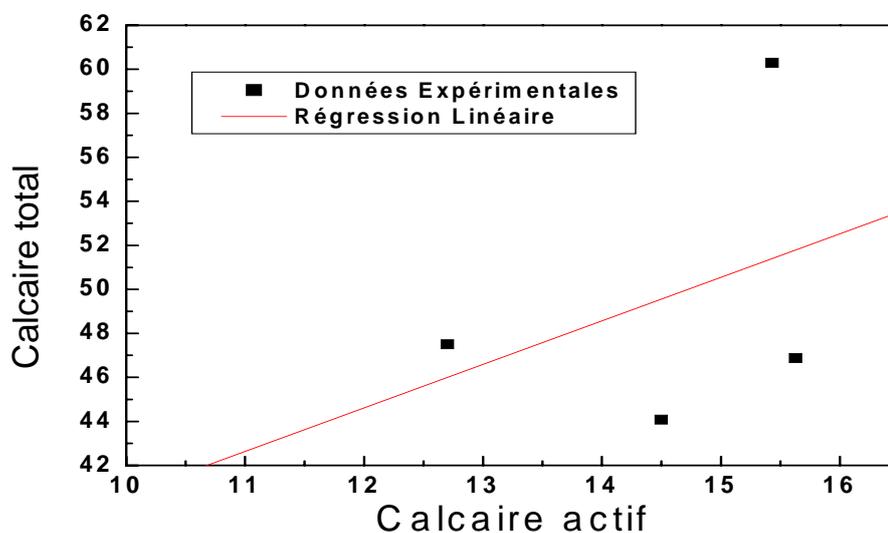
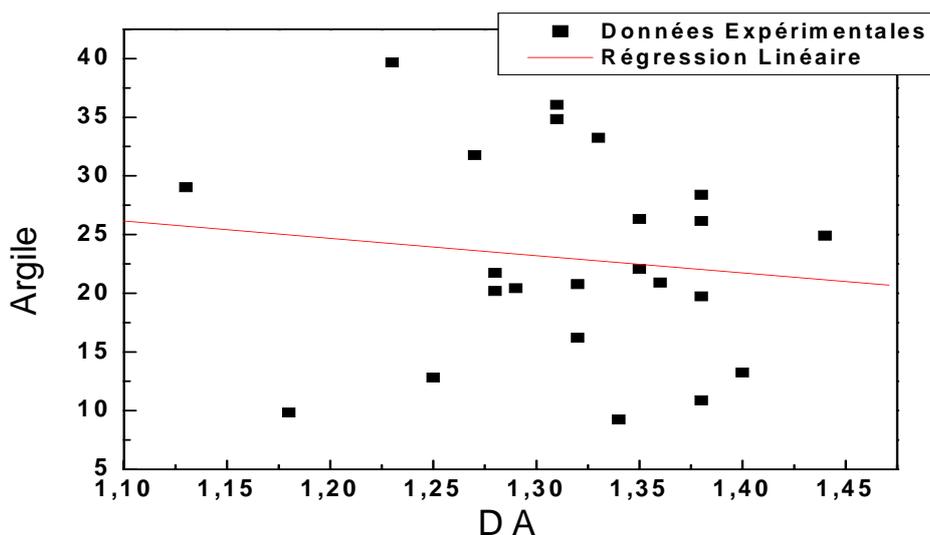


Figure 17 : Relation entre le calcaire total et le calcaire actif

L'analyse des données des deux paramètres montre que celles-ci sont cohérentes pour tous les échantillons. En effet, le taux de calcaire total est supérieur à celui du calcaire actif. Ceci s'explique par le fait que le calcaire actif représente la partie fine du calcaire total. On remarquera par ailleurs que la corrélation entre les deux paramètres est

moyennement significative  $r=0,37$  pour. La droite de tendance indique qu'au fort taux de calcaire total correspondent de fort taux de calcaire actif. Cependant, le nuage de points montre qu'aux forts taux de calcaire total peuvent correspondre de faible taux de calcaire actif.

**5-3-5-6-Relation entre l'argile et la densité apparente :**



**Figure 18 : Relation entre l'argile et la densité apparente**

La relation entre les deux paramètres est négative ( $r=-0.12$ ). L'allure générale de la droite de régression avec la valeur négative de coefficient de corrélation montre qu'aux faibles taux de l'argile peuvent correspondre des valeurs élevées de la  $D_a$ .

## Chapitre VI

### **Importance des facteurs de formation du sol dans l'élaboration de la carte pédologique**

La formation des sols et leur distribution spatiale dépendent des facteurs environnementaux tel que le sol, le climat, la lithologie, le relief et l'anthropisation (Jenny 1941 in Colline –Bellier 2006).

Bornand 1984 affirme que : «Avant d'étudier le sol à travers un profil, il est indispensable de le situer dans son environnement géologique, morphologique, topographique, écologique et humain». Néanmoins, Bornand reconnaît que les lois par lesquelles le pédologue élabore son modèle, lors la démarche de cartographie classique, ne sont jamais mentionnées sauf exception, elles sont au mieux orales ou plus souvent restant dans la tête du pédologue qui a cartographié la zone.

Pour réaliser des cartes pédologiques, on utilise le plus souvent les documents cartographiques suivants :

- Cartes géologiques, Cartes topographiques et/ou modèles numériques de terrain (MNT), Cartes de végétation, Photographies aériennes et/ou images satellitaires.

C'est ensuite au pédologue cartographe de tirer le maximum d'informations de ces données, en privilégiant selon les cas particuliers des paramètres par rapport à d'autres. Dokuchaev (1900) précise qu'on ne sait pas chiffrer l'importance relative de chacun des facteurs de la pédogenèse. Mais, depuis, beaucoup d'auteurs reconnaissent une plus grande importance de la géologie et de la morphologie sur la genèse et la distribution spatiale des sols.

La lithologie et la morphologie constituent une solide base de départ pour toute cartographie pédologique, enrichie par la connaissance de l'occupation du sol. Ces

informations ne sont pas forcément suffisantes : c'est ainsi par exemple que dans une zone de forts dénivelés, il convient d'associer les composantes climatiques et altitudinales, qui deviennent dans ce cas prépondérantes en termes de facteurs de pédogenèse (Pochon, 1978 ; Bornand et Icole, 1984 ; Barthes et Bornand, 1986).

### **6-1-Importance de la pente dans la formation des sols :**

Le relief est reconnu par plusieurs auteurs comme étant le facteur prédominant de plusieurs processus pédogénétiques (Aandahl, 1948 ; Moore et al., 1991 ; Baize et Jabiol, 1995). Les variables les plus fréquemment utilisées sont le gradient de la pente (Furley, 1970 ; Moore et al. 1993) l'orientation de la pente (Aandahl, 1948 ; Van Ranst et al., 1990 ; Carter et Ciolkosz, 1991), les courbures (Pennock et al. 1987 ; Hall et Olson, 1991) et la distance au talweg (Furley, 1970 ; Giordano et Rodolfi, 1990). Gedymin (1993) indique que l'école de pédologie russe s'est intéressée depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle à l'effet de la topographie, particulièrement de la pente, sur la distribution et le développement des sols. Ceci est reflété dans les travaux, entre autres de Dokuchaev, (1870, 1881) ; Neustruyev, (1915,1931) ; Sibirtsev, (1951) ; Glazovskaya, (1973) ; Gerrard, (1984). Polynov affirmait en 1956 que la topographie conduit à la formation de «paysages élémentaires ».

Le MNT, qui indique pour chaque cellule élémentaire ou pixel, l'altitude moyenne, est utilisé dans les logiciels de SIG pour dériver les autres attributs morphologiques (pente, exposition), l'ensemble exprime le relief de la zone, qui constitue un facteur important pour le développement et la distribution des sols dans le paysage (Moore et al., 1993).

Les MNT permettent ainsi de dégager les attributs du relief sur de grandes surfaces (Speight, 1974 ; Evans, 1980 ; Zevenbergen et Thorne, 1987 ; Jenson et Domingue, 1988 ; Moore et al. 1991). Ceci donne la possibilité de développer des approches numériques rigoureuses pour l'étude des relations entre les variables du sol et des attributs de terrain (Leslie, 1980 ; Bell et al. 1994 ; Webb et Burgham, 1994, 1997 ; Knotters et al. 1995 ; Isambert et al., 1997 ; Irvin et al., 1997 ; De Bruin et Stein, 1998 ; King D. et al., 1999 ; McKenzie et Ryan, 1999 ; De Jong et al., 1999).

Dans notre zone il n'existe pas vraiment une grande variabilité du relief; on ne distingue pas une variabilité importante dans la distribution de la pente ; notre périmètre se situe dans une plaine.

Par ailleurs l'existence d'un réseau hydrographique bien distingué qui se situe au niveau le plus bas peut influencer la classification du sol, soit lors de la fluctuation du niveau hydrométrique des oueds pendant l'hiver ou les sols limitrophes des oueds peuvent être inondés et dans ce cas le phénomène de l'hydromorphie peut s'installer, soit par le mode d'apport dans les sols peu évolués, et dans ce cas les sols limitrophes sont d'une manière générale d'apport alluvial.

Donc ; à travers l'information qui peut nous servir le réseau hydrographique, nous pouvons apporter certaines modifications sur la nature de l'apport au niveau des groupes des sols peu évolués.

La carte suivante montre ces changements (apport sur un fond blanc) qu'on propose pour améliorer la carte pédologique de la plaine de Tleghma.

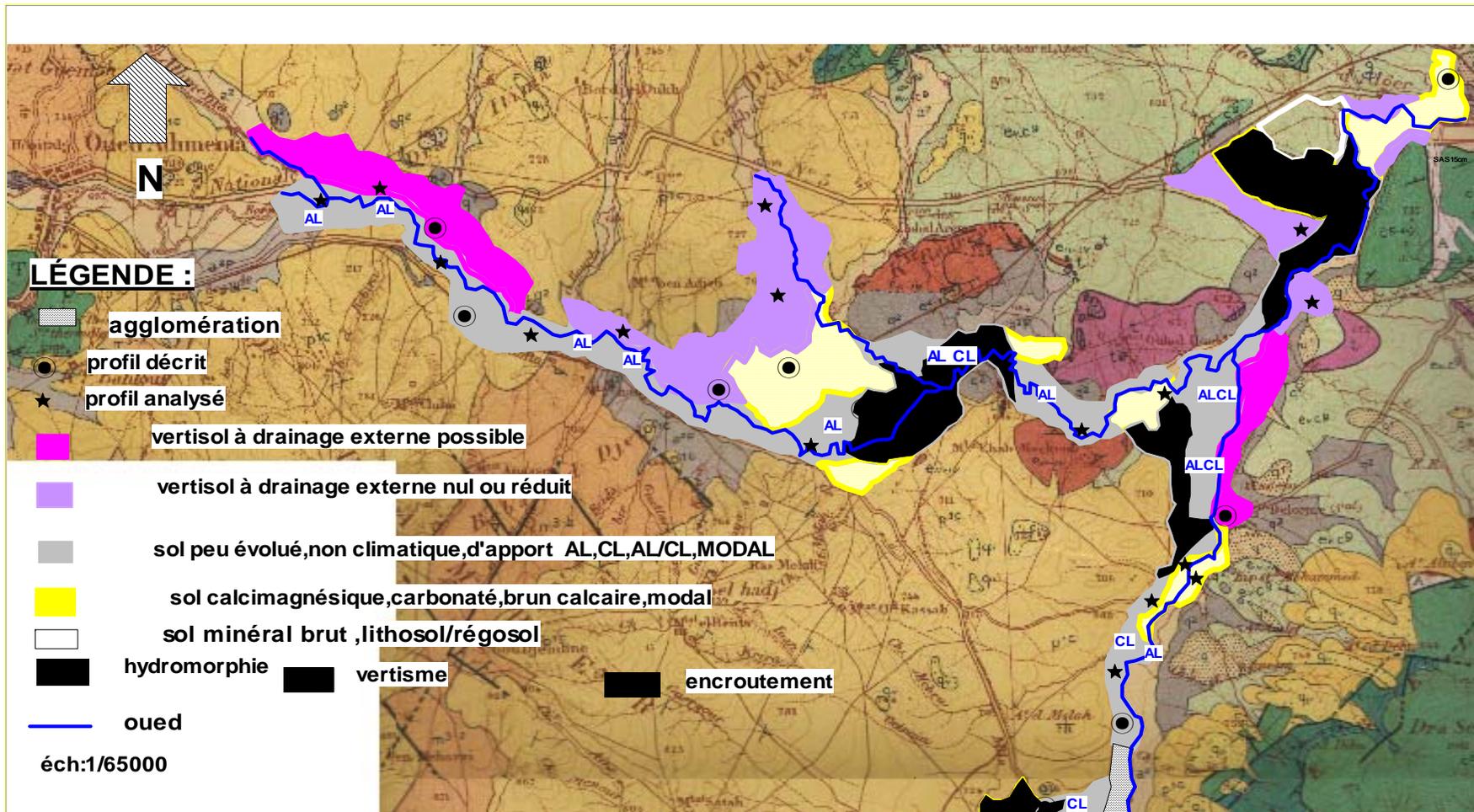


Figure 19 a : importance du réseau hydrographique dans la classification des sols (partie nord)

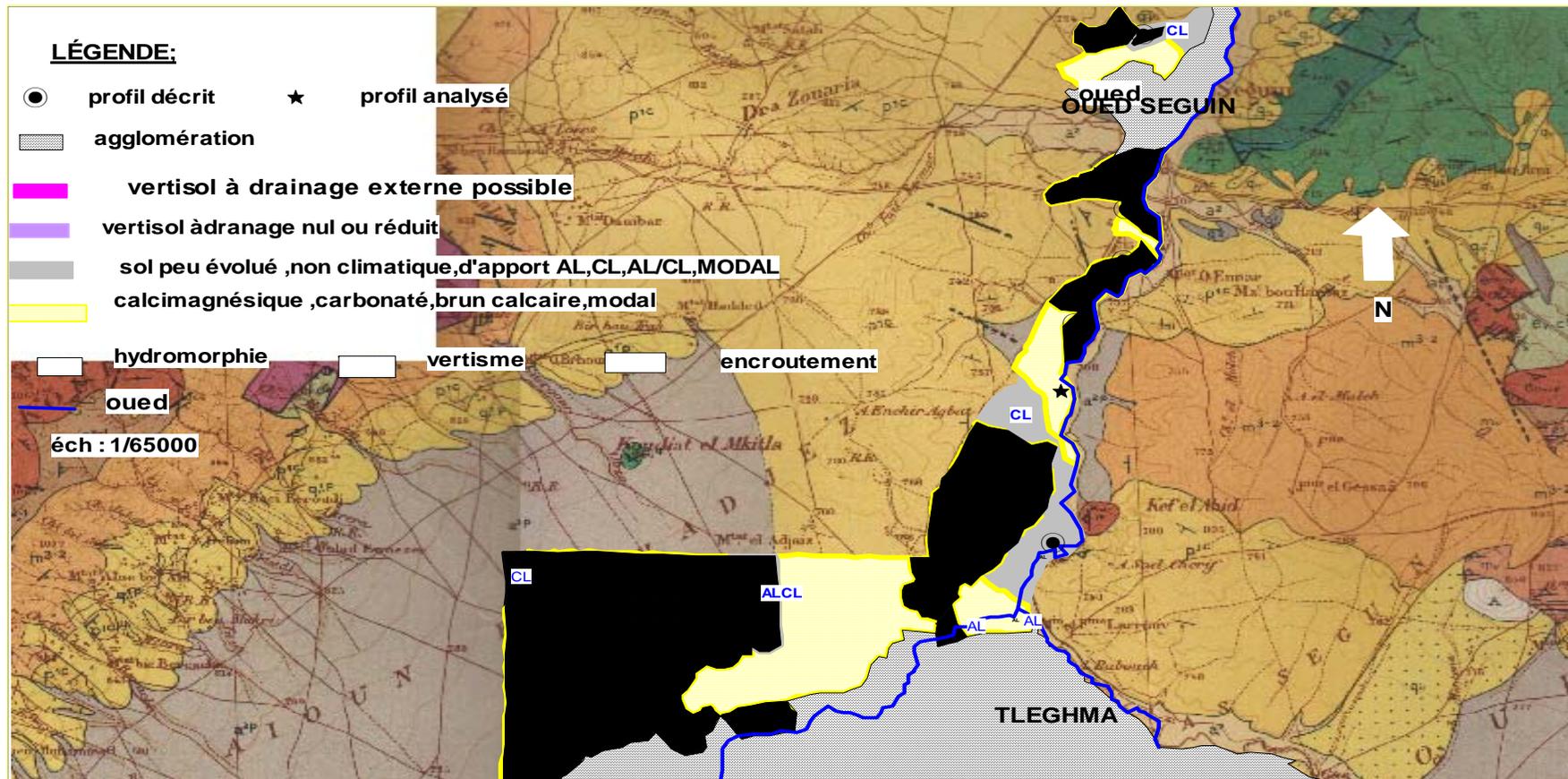


Figure 19b : importance du réseau hydrographique dans la classification des sols (partie sud)

## **6-2-Importance de l'occupation du sol**

L'agriculture est certainement un facteur supplémentaire à prendre en compte mais nous ne disposons ni d'un secteur suffisamment grand pour croiser les différents modes d'occupation des sols, ni d'une connaissance détaillée de l'historique de cette occupation.

dans notre étude nous privilégions, à cette échelle, la géologie et le relief comme facteurs principaux contrôlant la formation des sols de plus nous constatons un lien fort entre les modes d'occupation et les autres facteurs qui sont la géologie et le relief.

## **6-3-Importance de la géologie dans la formation des sols :**

Duchaufour (1991) insiste sur le rôle de la géologie du Quaternaire dans l'établissement des cartes de sols. Il confirme que la dureté et la composition granulométrique et minéralogique de la roche influencent considérablement la rapidité de l'altération : «la pédogenèse est lente sur les roches dures ou au contraire, sur les roches tendres, peu perméables et sujettes à l'érosion. Elle progresse rapidement sur les matériaux perméables et riches en minéraux altérables », il indique que la granulométrie du sol est souvent en relation étroite avec celle du matériau d'origine.

C'est ainsi que les critères du substrat, incluant la roche et son altération, ainsi que la profondeur de la couverture pédologique, sont apparus les plus pertinents pour résumer la diversité des sols de la région de Beauce à l'échelle du 1 : 250 000 (Bourennane, 1997 ; Bourennane et al. 2000).

Finke et al., (1998) qui ont élaboré la base géo référencée des sols d'Europe constatent que les conditions géologiques, et en particulier la nature des matériaux parentaux, sont des facteurs très importants dans la distribution des sols en Europe. Ils ont établi une liste des associations de matériaux parentaux en utilisant «la carte du Quaternaire de l'Europe au 1 : 2 500 000 », et d'autres cartes géologiques de différents types.

Plusieurs études de cartographie pédologique menées par des chercheurs de l'unité de science des sols de l'INRA – ENSA de Montpellier, ont utilisé des cartes géologiques transformées en une couche d'information numérique sous SIG :

Lagacherie, (1992) ; Robbez-Masson, (1994) ; Nguyen-The, (1997) et Cazemier, (1999) ont travaillé sur plusieurs cartes géologiques au 1 : 50 000, après les avoir numérisées et avoir synthétisé une légende commune.

Pour établir une carte géologique sur une région, il faut constituer une synthèse des différentes feuilles existantes couvrant la zone d'étude, et fournir une légende commune. Une telle démarche se heurte aux différences de dates de parution des cartes et aux évolutions des concepts géologiques au cours du temps : il est donc souvent difficile de raccorder 2 feuilles contiguës sans problème (Rossi, 1999).

#### **6-4-Etude de la carte géologique de la plaine de Tleghma :**

Dans notre cas la zone d'étude est intégralement couverte par la carte géologique 1/50000 de la plaine Tleghma Oued Athmania feuille n° 96 (département de Constantine), on n'a pas trouvé des difficultés d'assemblage.

Notons bien que les méthodes d'acquisition des données et l'échelle de travail employées par les géologues sont différentes de celles utilisées par les pédologues et entraînent des difficultés de cartage.

La carte géologique concerne cette étude constitue une couche d'information numérisée introduite à la base de données sous SIG. On a essayé de ressortir les différentes Unités Cartographiques des Matériaux (UCM). On a compté 06 classes et 29 unités.

##### **6-4-1-Descripton des UCM**

On récupère sur les notices des cartes, des informations sur l'origine, la composition des matériaux géologiques et les caractéristiques générales des sols se développant sur les différentes UCM. Il est important de signaler que les termes pour décrire les UCM sont

empruntés directement aux notices de la carte géologique. Les informations géographiques, sur les superficies des UCM, le nombre des plages, la distribution et le voisinage sont déduites des traitements effectués sur SIG.

On présente successivement les trois grands ensemble lithologiques :

### **6-4-1-1-pliocène villafranchien :**

**q1c** : plio-villa : pliocène villafranchien ; calcaire et marne lacustre, brèches conglomérats, grès grossiers, grès et sables continentaux. Il y'a 08 UCM dans cette unité géologique.

### **6-4-1-2-pléistocène**

**q<sup>1</sup>** : pleist rec : pléistocène récent ;terrasse de 30-50 mètres Alluvions anciennes des vallées. Petites terrasses de dépôts caillouteux et sableux, qui témoignent de l'extension des vallées, et en même temps du faible résultat du creusement des cours d'eau. on compte une seule unité cartographique de matériaux dans cette unité géologique.

**q''** : pleist anc : pléistocène ancien alluvions caillouteuses des plateaux. On distingue 02 UCM ces unités sont agglomérées

**q2** : ter 15-25m : terrasse de 15-25 mètres. on compte 10 UCM

### **6-4-1-3-alluvions argilo sableuses**

**a2** : AL R F V : alluvions actuelles et récentes du fond des vallées a2. Terrains argilo sableux qui bordent sur une faible largeur en général les petites vallées des affluents des oueds, et qui occupent les fonds des cuvettes .on compte 02 UCM dans cette unité géologique.

**a2p** : AL R PLAT alluvions actuelles et récentes des plateaux. On compte 06UCM dans cette unité géologique.

### **6-4-2-Remarques générales sur la concordance entre carte pédologique et carte des matériaux :**

Dans cette partie on cherche à trouver une corrélation entre unités pédologique et unités géologiques puis on compare les limites pédologiques aux limites géologiques, après la superposition des deux cartes et traitements par SIG on a constaté que :

- Les profils qui se trouvent sur les UCM Q2 sont vertiques 7 sur 7.

- Les profils existants sur des A2P sont presque tous verticaux 6/7.
- Les profils qui se trouvent sur des a2 et p1c sont de tous types d'unité.
- Une seule classe minérale brute sur une seule UCM Q1. notons bien que cette classe n'a fait pas l'objet d'un échantillonnage ou description, elle est déduite directement de l'ancienne étude.
- Il existe deux unités de sol calcimagnésique à encroûtement trouvés sur des p1c.
- Il existe une certaine différence entre les limites des unités géologiques et unités pédologiques, ceci reste cohérent avec la différence d'échelle. En effet la carte géologique est à 1/50000 ce qui implique 1cm sur la carte représente 50 m sur le terrain, mais ceci n'empêche pas et après avoir vérifié et analysé la répartition des profils de ressortir certaines anomalies dans la mise en évidence des limites des unités pédologiques.
- Il existe une généralisation (extrapolation) de certaines classes des sols sans référant aux données analytiques ou descriptives ou aux classes des matériaux dont la logique et on se basant sur la tendance générale de la classification peut les mettre dans d'autres classes.

La répartition des profils en fonction des UCM et des unités pédologiques est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau n°22** : Répartition des profils sur les UCM et les unités  
pédologiques :

N profil	UCM	Classe	S/Classe	Groupe	S/Groupe
39	A2p	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
40	A2p	SCM	CARB	BC	HYDROMORPH
41	A2p	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
45	A2p	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
46	A2p	SPE	NC	CL	VERTIQUE
47	P1c	SPE	NC	AA	HYDROMORPHE
48	A2	SPE	NC	CL	MODAL
49	P1c	SCM	CARB	BC	A ENCROUTEMENT
50	A2	SCM	CARB	BC	MODAL
51	A2p	SPE	NC		VERTIQUE
52	P1c	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
53	P1c	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
54	Q2	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
55	A2	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
56	P1c	SPE	NC	CL	HYDROMORPHE
57	P1c	SPE	NC	CL	MODAL
58	P1c	SPE	NC	CL	MODAL
59	P1c	SPE	NC	CL	MODAL
60	A2	SCM	CARB	BC	MODAL
61	Q2	VERTSOL	DEP	SAS15cm	CVPA
62	A2	SCM	CARB	BC	MODAL
63	Q2	VERTSOL	DENR	SAS15cm	CVPA
64	Q2	SPE	NC	CL	VERTIQUE
65	Q2	SPE	NC	CL	VERTIQUE
66	Q2	SPE	NC	CL	VERTIQUE
67	A2	VERTSOL	DENR	SAS15cm	CVPA
68	A2	SPE	NC	AL	VERTIQUE

69	Q2	SCM	CARB	BC	VERTIQUE
70	Q1	SCM	CARB	BC	MODAL
71	A2	SPE	NC	CL	MODAL
72	A2	SCM	CARB	BC	MODAL
73	P1c	SPE	NC	AL	MODAL
74	A2	SPE	NC	AL	MODAL
75	A2	SPE	NC	AL	HYDROMORPHE
76	A2	SPE	NC	AL	HYDROMORPHE
77	A2	VERTSOL	DENR	SAS15cm	CVPA
78	A2	VERTSOL	DENR	SAS15cm	CVPA
79	P1c	SPE	NC	CL	MODAL
80	A2	SPE	NC	AL	MODAL
81	A2	VERTSOL	DEP	SAS15cm	CVPA
82	A2	VERTSOL	DEP	SAS15cm	CVPA
83	A2	SPE	NC	CL	MODAL
84	A2	VERTSOL	DENR	SAS15cm	CVPA
85	A2p	VERTSOL	DENR	SAS15cm	CVPA
86	A2	SCM	CARB	BC	MODAL

**6-5-Correction de la carte pédologique en s'appuyant sur la carte des matériaux :**

Donc après une étude détaillée du contenu des deux cartes et la vérification de la mise en place des unités pédologiques on a ressorti 28 unités cartographiques qu'on a estimé qu'elles peuvent être classées dans d'autres unités

Ces unités sont ressorties sur la base qu'elles n'ont pas soumises à des descriptions ou analyses lors de l'étude de contrôle et :

- sont classées sur la base d'une généralisation qu'on estime non raisonnable
- sont trouvées sur des UCM présentant des profils décrits ou analysés de l'ancienne étude.

- Ou sont trouvées sur deux UCM différentes.
- Ont subir des modifications de classifications qui apparaissent non convaincante lors de l'étude de contrôle.

Dans le cas ou il n'existe pas un profil décrit ou analysé, on a utilisé le principe de voisinage dans la classification. C'est-à-dire qu'on a affecté l'unité cartographique a celle avec laquelle elle partage la plus longue frontière et le principe de généralisation c'est à dire qu'on a affecté l'unité cartographique a celle qui a la même UCM.

Par ailleurs nous avons utilisé la classification des profils de l'étude 1973.

Les unités qui peuvent subir des changements de classifications sont numérotées de 1 à 28 et sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau n°23** : Les unités proposées pour être modifiées :

N UCM	UCM	CLASSE	S/CLASSE	GROUPE	S/GROUPE
1	A2p	SPE	NC	CL	MODAL
2	A2p	SPE	NC	CL	MODAL
3	P1c	VERTISOL	DENR	SAS15CM	CVPA
4	P1c	VERTISOL	DENR	SAS15CM	CVPA
5	P1c	VERTISOL	DENR	SAS15CM	CVPA
6	Q2	SPE	NC	CL	VERTIQUE
7	A2	SPE	NC	AL	HYDROMORPHE
8	Q2	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
9	A2	VERTISOL	DENR	SAS15CM	CVPA
10	Q2	SCM	BC	CARB	A ENCR
11	Q2	SCM	BC	CARB	A ENCR
12	Q2	SPE	NC	CL	MODAL
13	P2a	SCM	BC	CARB	MODAL
14	P2a	SPE	NC	CL	VERTIQUE
15	A2	SCM	BC	CARB	MODAL
16	P1c	SPE	NC	CL	MODAL
17	A2	SPE	NC		
18	A2	SCM	BC	CARB	MODAL
19	P1c	SCM	BC	CARB	MODAL
20	P1c	SPE	NC	AL	MODAL
21	Q2	VERTISO	DENR	SAS15CM	CVPA
22	Q2	VERTISO	DENR	SAS15CM	CVPA
23	A2	SPE	NC	CL	MODAL

24	A2	SPE	NC	CL	MODAL
25	A2	SPE	NC	CL	MODAL
26	A2	SPE	NC	CL	MODAL
27	A2p	SPE	NC	CL	VERTIQUE
28	A2	SPE	NC	AL	MODAL

La carte suivante présente la répartition de ces unités :

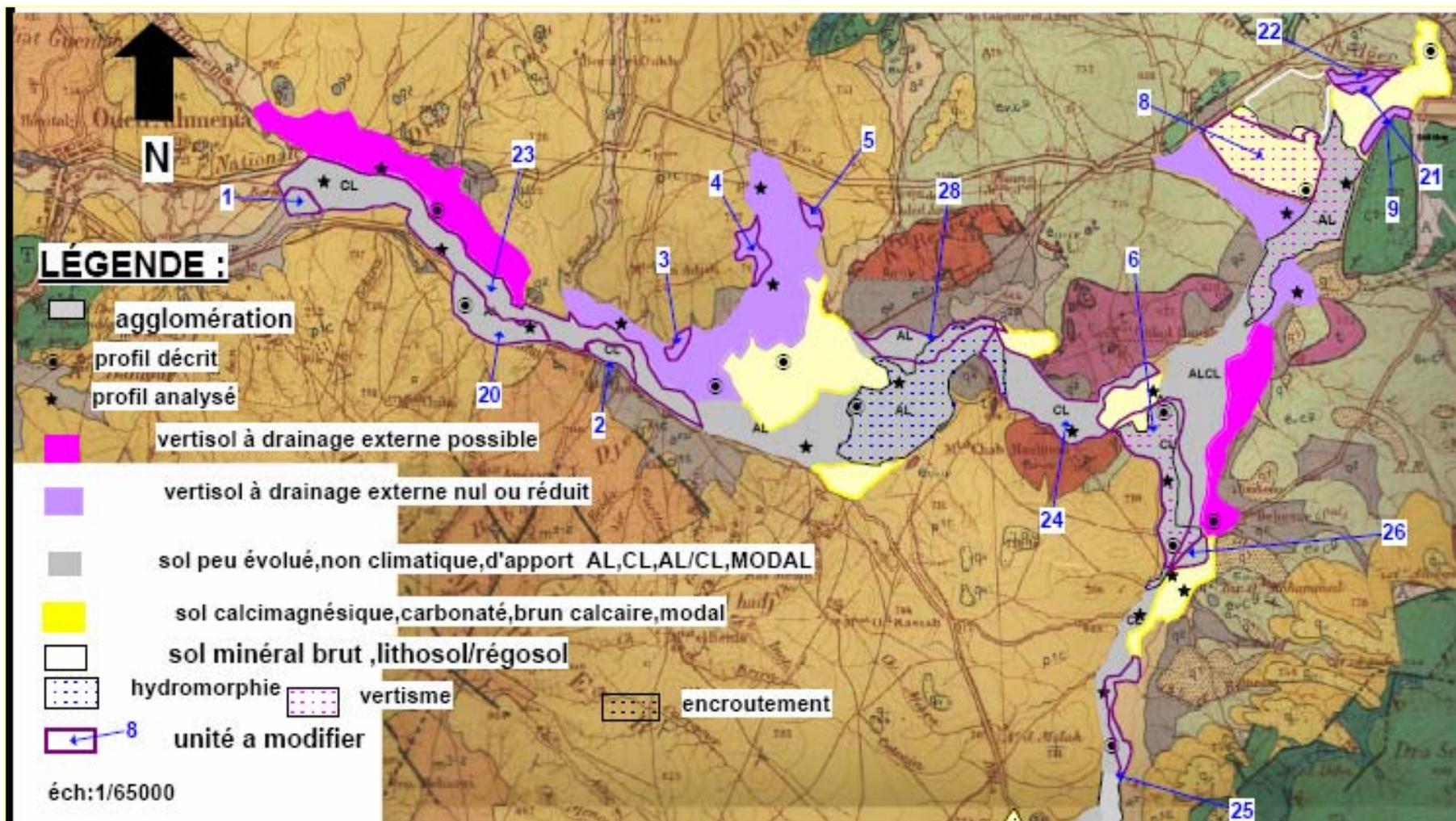


Figure 20a : Répartition des unités à modifier (partie nord)

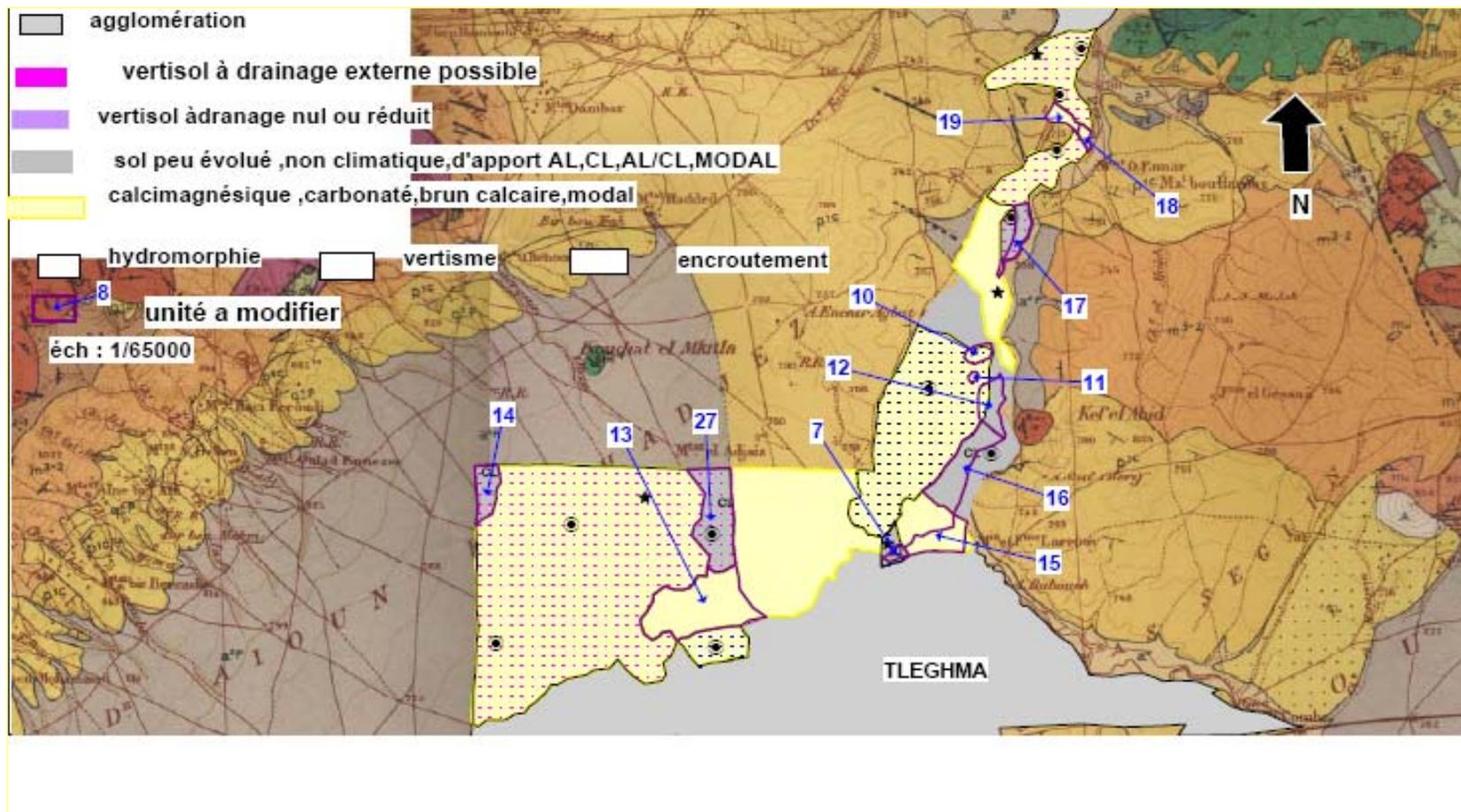


Figure 20b : Répartition des unités a modifier (partie sud)

Nous avons proposé la nouvelle classification suivante de ces unités:

**Tableau n°24** : la nouvelle classification des unités.

N UCM	UCM	CLASSE	S/CLASSE	GROUPE	S/GROUPE
1	A2p	SPE	NC	AL	MODAL
2	A2p	SPE	NC	AL	MODAL
3	P1c	SCM	BC	CARB	MODAL
4	P1c	SCM	BC	CARB	MODAL
5	P1c	SCM	BC	CARB	MODAL
6	Q2	SPE	NC	ALCL	VERTIQUE
7	A2	SPE	NC	AL	MODAL
8	Q2	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
9	A2	SCM	BC	CARB	MODAL
10	Q2	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
11	Q2	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
12	Q2	SCM	NC	CL	VERTIQUE
13	A2p	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
14	A2p	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
15	A2	SPE	NC	AL	MODAL
16	P1c	SCM	BC	CARB	MODAL
17	A2	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
18	A2	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
19	P1c	SCM	BC	CARB	VERTIQUE
20	P1c	SPE	NC	CL	MODAL
21	a2	SCM	BC	CARB	MODAL
22	q1	SMB	NC	D'EROSION	REGOSOL
23	a2	SPE	NC	AL	MODAL
24	a2	SPE	NC	AL	MODAL
25	a2	SPE	NC	AL	MODAL
26	a2	SPE	NC	AL	MODAL
27	a2	SPE	NC	ALCL	VERTIQUE
28	Q2	SPE	NC	ALCL	VERTIQUE

D'une manière générale nous pouvons constater que les modifications portées à la carte pédologique sont localisés prépondamment dans les groupes des sols peu évolués, dont il ressort que la nature des unités cartographiques des matériaux à savoir les alluvions dans a2 et a2p (apport alluvial) et les colluvions p1c (apport colluvial) constitue un élément déterminant dans la classification.

Nous avons attribué aux unités pédologiques trouvées sur des q2 le caractère vertical dans une tendance de généralisation des résultats trouvés à travers les études précédentes. Les q2 sont donc déterminants dans la classification au niveau des s/groupes.

Nous avons essayé de confronter les limites des unités pédologique aux limites des unités géologiques.

La nouvelle carte proposée sur la base de ces nouvelles modification est représentée comme suit :

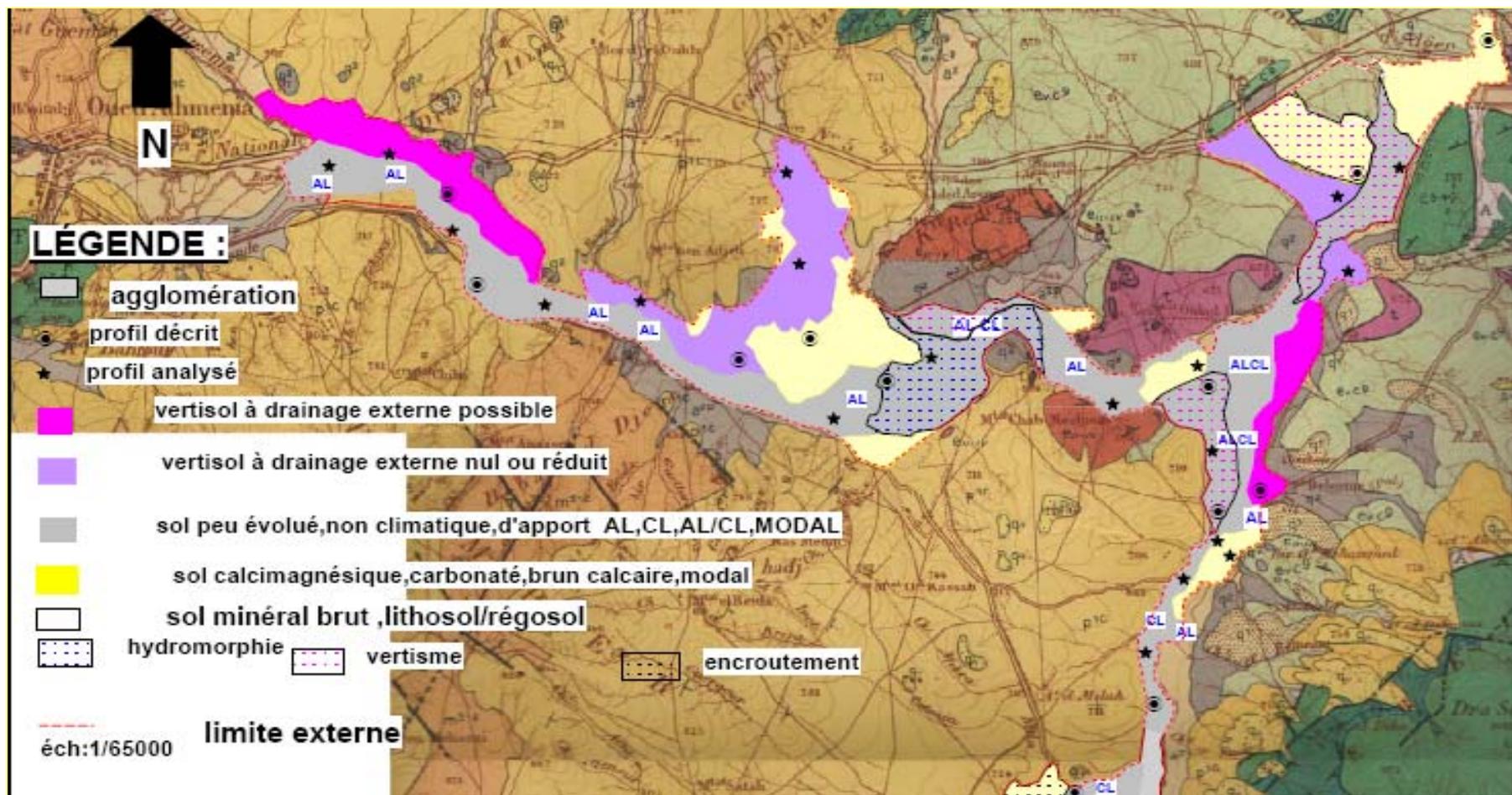


Figure 21a : carte pédologique modifiée (partie nord)

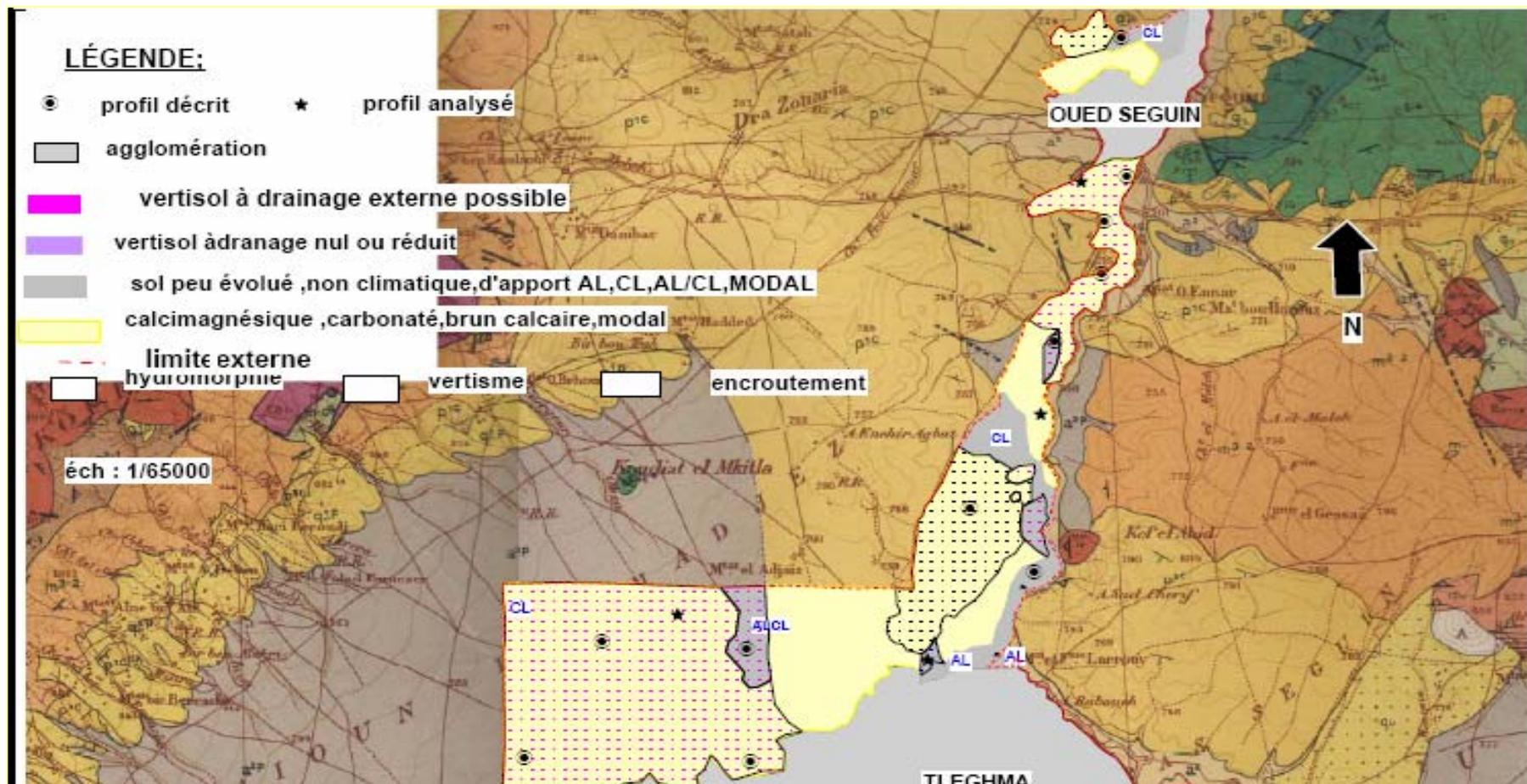


Figure 21b : carte pédologique modifiée (partie sud)

## Chapitre VII

### **Importance des caractéristiques physico chimiques dans l'élaboration de la carte pédologique**

Après avoir étudié la carte pédologique à travers les facteurs pédopaysagiques ou environnementale. Nous trouvons qu'il est indispensable d'étudier notre carte à travers les profils ou d'une manière plus précise ses facteurs intrinsèques.

#### **7-1-La texture :**

La notion de texture, pourtant centrale en pédologie, est fort complexe et complètement différente de celle employée en pétrographie .très souvent la texture est un héritage direct de la roche mère (alluvions, matériaux de décarbonatation, etc) (Baize D. 1995).

En science du sol, elle est directement liée à celle de composition granulométrique.

Les différenciations texturales au sein des solons présentent un intérêt majeur dans le diagnostic de fonctionnement hydrique ou de fertilité, ainsi pour le diagnostic pédogénétique.

Dans ce qui suit nous avons utilisé les classes texturales pour ressortir des unités texturales des trois horizons , ces unités nous donnent une idée sur la variabilité spatiale de la texture ainsi la relation étroite qu'on peut ressortir lorsqu'on associe ces classes thématiques aux classes taxonomiques (unités pédologiques).

#### **Textures :**

**A : argileuse**

**B : argilo limoneuse**

**C : limono argileuse**

**T : sablo limoneuse**

**L : limoneuse**

**M : équilibré**

**U : limono sableuse**

**R : sablo argileuse**

### **7-1-1-La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H1 :**

Le tableau suivant montre la répartition de la texture en classes, unités et profils dans les unités cartographiques de la carte pédologique de Tleghma.

**Tableau n°25: La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H1**

texture	signification	Nombre d'unités	Nombre de profil par classe	Classe et s/classe	Groupe et s/groupe
A	argileuse	5	6	3vertisol (1DENR+02DEP) 03 SCM	SAS 15 cm BC vertique
B	Argilo limoneuse	03	03	01 SCM 01 SPE 01 VERTISOL	BC hydromorphe Al hydromorphe SAS 15 cm
C	Limono argileuse	09	16	08 SPE  05 SCM 03 VERTISOL	CL02 CL01+VER AL01+HYDR AL 01+HYDR AL02+MODAL CL01+VERT MODAL 01 a encr+2 BC MODAL +2 BC VERT 03 DENR
R	Sablo argileuse	01	01	SPE	CL Vertique
M	équilibré	02	03	02 VERTISOL 01 SCM	DENR SAS 15 cm modal
L	limoneuse	06	07	04 SPE  03 SCM	CL modal02+01 AL modal+01CL Vertique 02 BC vertique BC modal
U	Limono sableuse	05	06	04 SPE  02 SCM	AL hydromorphe AL modal 02 CL modal  BC modal BC vertique
T	Sablo limoneuse	03	03	02 SPE 01 SCM	02 CL modal BC modal

L'observation des figures indique que huit classes de texture (A argileuse, L limoneuse B argilo-limoneuse, M équilibré, U limono sableuse, R sablo argileuse, T sablo limoneuse et C limono-argileuse) concernent l'horizon de surface. On a ressorti 34 unités cartographiques.

Nous remarquons que la classe limono argileuse est très abondante en nombre de profils 16 et d'unités 09 réparties sur les trois unités cartographiques (SPE, SCM et VERTSOL).

Nous observons aussi l'abondance et la dominance de la fraction limon dans l'horizon supérieur de la plaine de Tleghma 29 profils parmi 45 profils (plus de 60% des profils sont de texture a dominance de limons). Cette dominance est accompagnée d'une dominance des sols peu évolués.

Dans cet horizon la classe argileuse est partagée entre la classe des vertisols et les calcimagnésiques vertiques (03 profils pour chaque classe).

Les autres unités de la classe des vertisols sont de texture limono argileuse ou équilibrée

Nous remarquons aussi au niveau de cet horizon dans la partie sud, que la classe argilo limoneuse constitue un critère discriminant pour les sols a caractère hydromorphes.

Nous pouvons constater qu'au niveau de cet horizon, le caractère vertique et à l'exception de deux profils (l'un au nord est, l'autre au sud ouest) n'est pas vraiment reflété par la nature de la classe texturale a caractère argilique. Les unités a caractère vertique sont soit, limoneuse, limono argileuse, limono sableuse ou sablo argileuse.

Les classes des sols de type modal sont de tous type de texture sauf la texture argileuse.

Donc d'une manière générale nous pouvons déduire que la nature de la classe texturale de type argileuse est bien discriminante dans la classification de quelques unités de vertisols et calcimagnésiques vertiques et non pour d'autres.

La carte suivante montre la répartition des classes de la texture de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma :

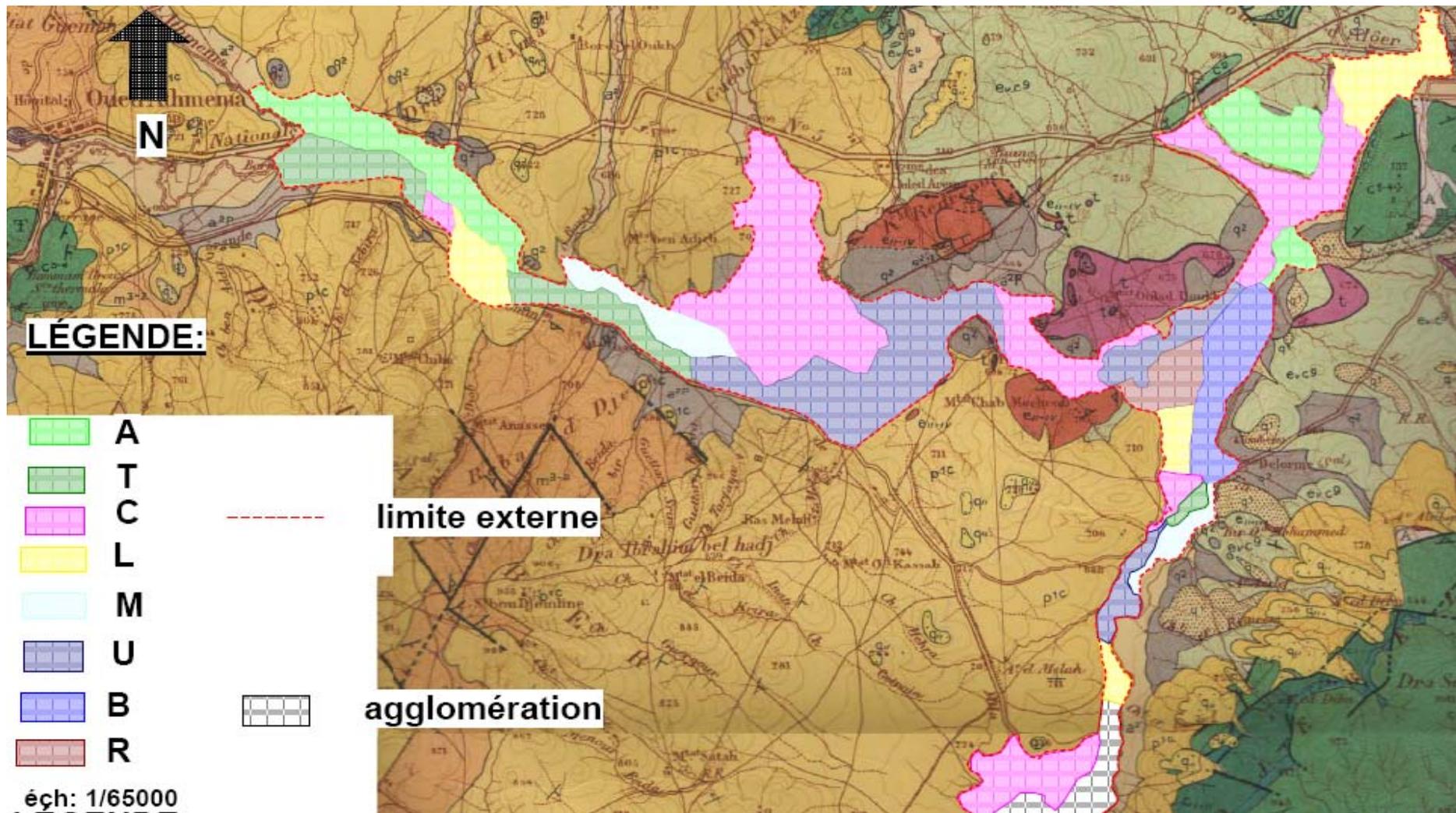


Figure 22a : Répartition de la texture de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma partie nord

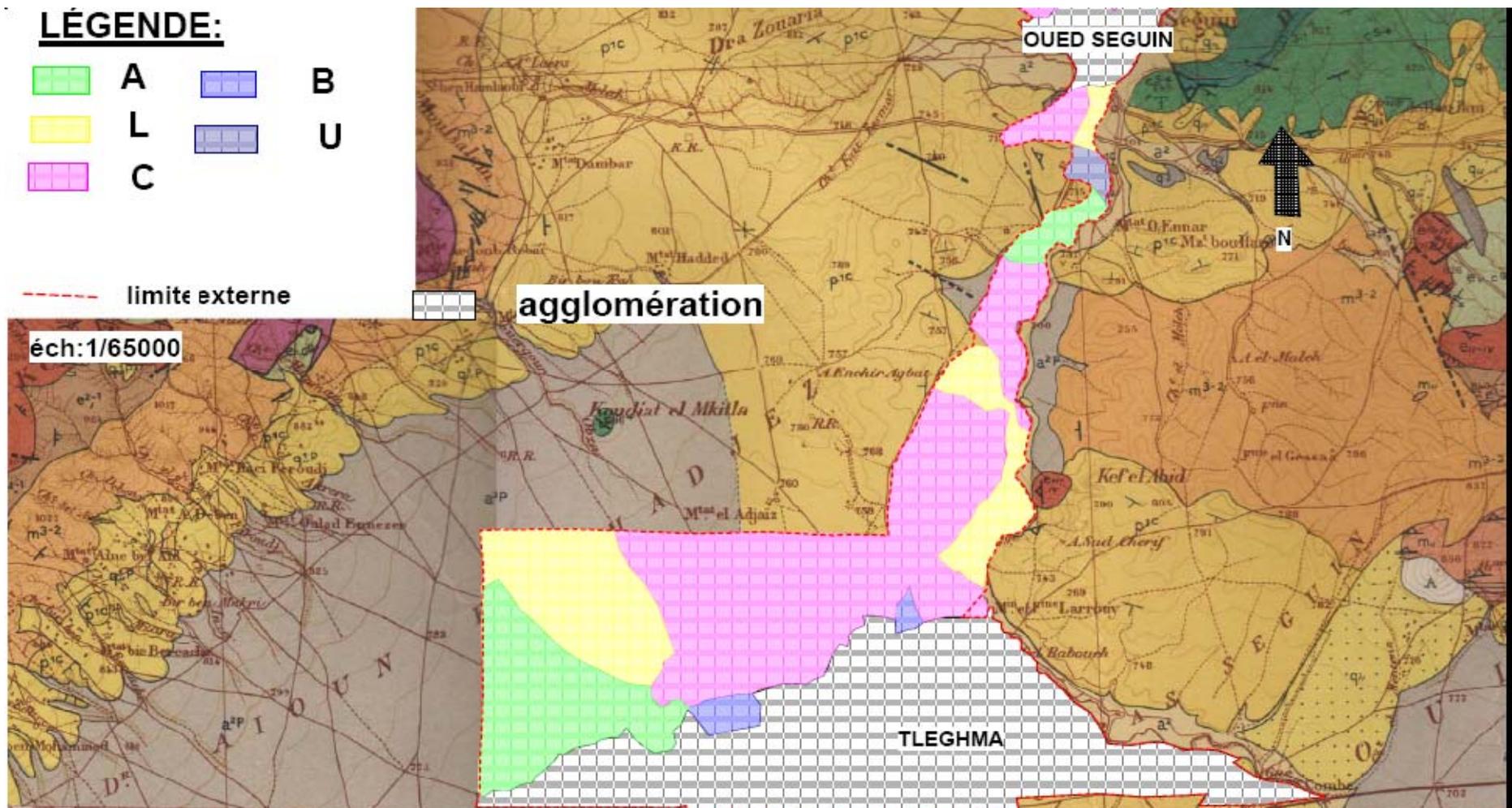


Figure 22b : Répartition de la texture de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma partie sud

### **7-1-2-La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H2 :**

Le tableau (26) indique les types de classe texturales et leurs répartitions en unités et profils sur les unités cartographiques :

Tableau n°26 : La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H2

texture	signification	nombre unité'd	nombre de classe	classe et classe/s	groupe/groupe et s
A	argileuse	4	5	VERTISOL04 +DEP 02 DENR02 SCM 01	cm15SAS  BC MODAL
B	argilolimoneuse	2	3	VERTISOL01 DEP  SPE01	cm 15SAS  HYDROMORPHE
C	limonoargileuse	10	17	SCM 07 VERTISOL02 DENR 02 SPE 08	CL MODAL 04 AL VERTIQUE AL HYDROMORPHE
L	limoneuse	9	12	SCM 05 SPE07	BC VERTI 04 CL2+CL HYDR 1 AL1+MODAL CL2+MODAL AL1+VERT VERTIQUE
M	équilibré	2	2	02 VERTISOL	DENR
R	sabloargileuse	1	1	SPE 01	CL VERT
U	limonosableuse	3	4	SCM02	BC BCMODA+VERT

				SPE 02	L AL1+1AL HYDRO MODAL
T	sablolimoneuse	1	1	SPE01	CL MODAL

Les figures indiquent la présence de 08 classes texturales et 32 unités cartographiques ; dont la classe texturale limono argileuse occupe approximativement le tiers du nombre d'unités avec 10 unités et 17 profils répartis presque entre les SPE et les SCM. De même, il ressort que la classe de texture argileuse est dominée par les Vertisols, sauf pour les unités caractérisées par les profils (84 .85) de texture limono argileuse et les profils (77 ,78) de texture équilibrée, la texture des horizons de sub surface de ces profils est identique a celle de l'horizons de surface.

Il ressort aussi que les SPE sont caractérisés par 06 classes et sont absents dans 02 classes texturales qui sont la classe argileuse et la classe équilibrée. De même pour les SCM qui sont caractérisées par 05 classes parmi les 08 classes existantes ; ils sont absents dans les classes a dominance de sable et dans la classe argilo limoneuse et équilibrée. Nous signalons aussi l'existence d'une unité de sol calcimagnésique à texture argileuse.

Nous pouvons constater que les classes texturales a dominance d'argile sont absentes dans toutes les unités présentent un caractère verticale dans la classification et sur la carte pédologique.

Donc nous pouvons conclure que la texture de l'horizon de sub surface est discriminante dans la classification des vertisols (04 parmi 05 unités).

La nature de la texture de l'horizon de sub surface n'est pas décisive dans la caractérisation des unités verticales.

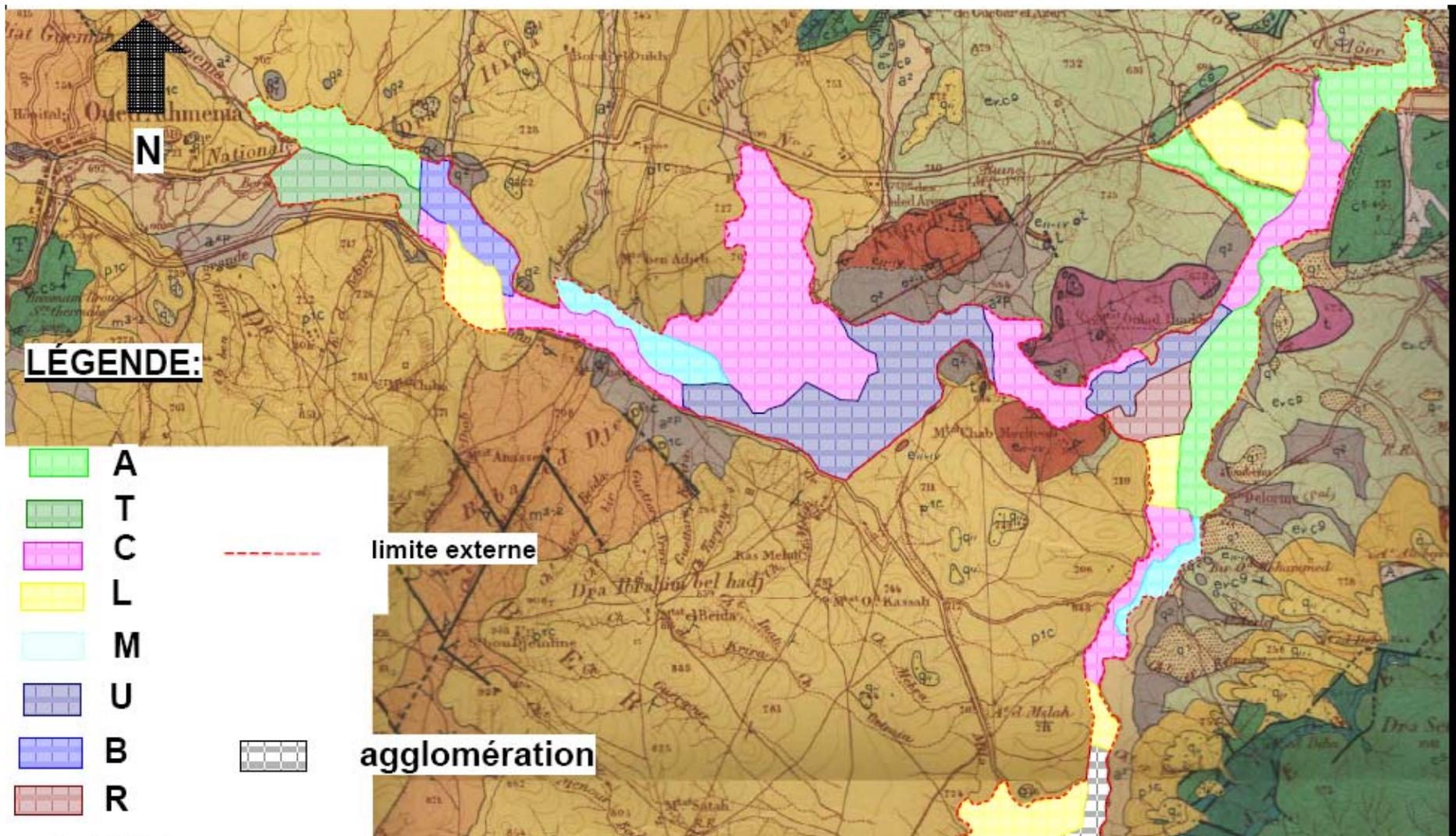


Figure 23a: Répartition de la texture de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie nord)

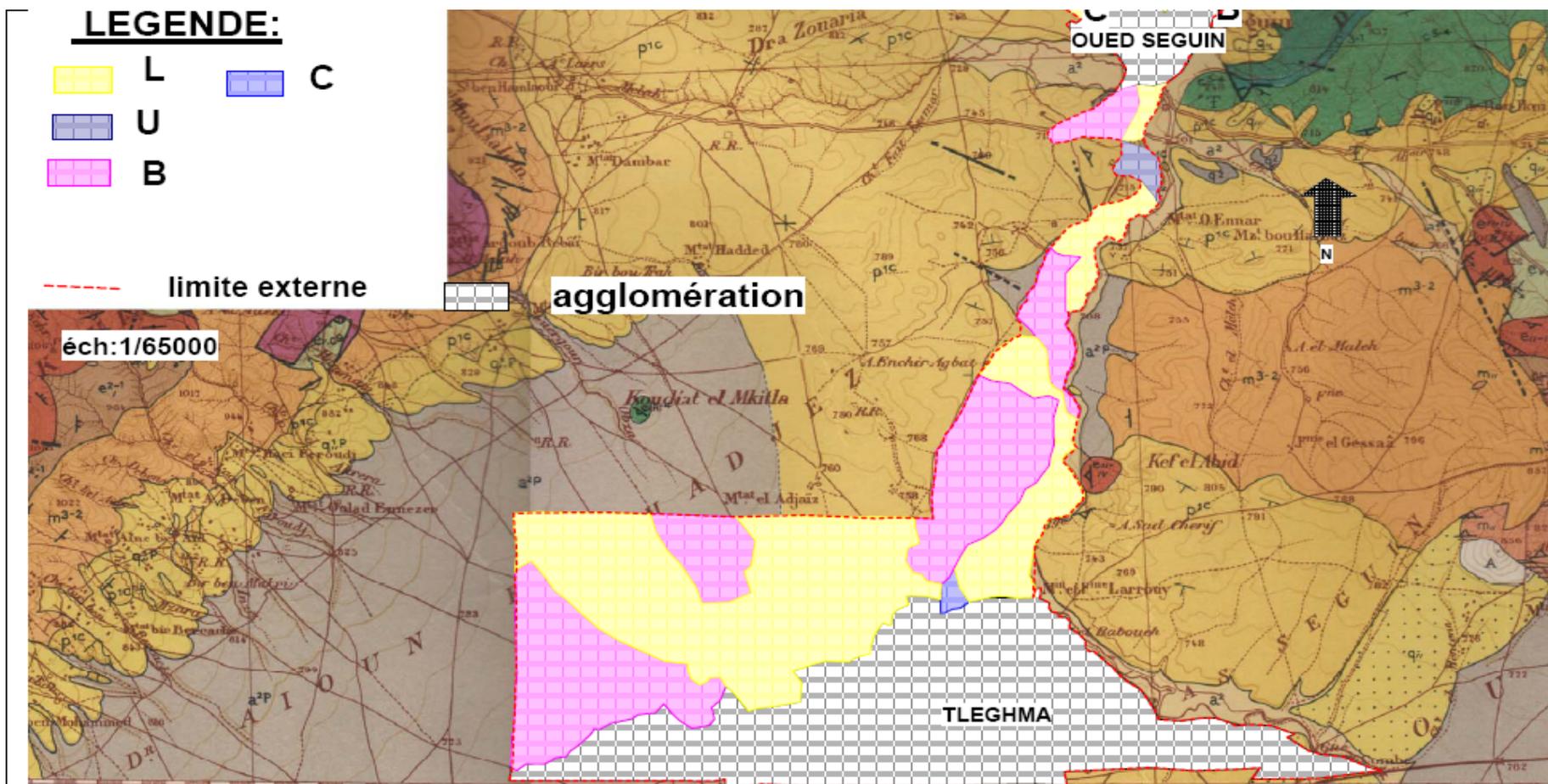


Figure 23b : Répartition de la texture de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie sud)

### **6-1-3-La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H03 :**

Nous représentons dans le tableau suivant les classes et le nombre d'unités et leurs répartitions en fonction des unités cartographiques.

Tableau n°27 : La répartition spatiale de la texture dans l'horizon H3

texture	signification		nombre de classe	classe et classe/s	groupe et groupe/s
A	argileuse	6	11	VERTSOL08 SCM01 SPE02	MODAL MODAL
B	argilo limoneuse	2	2	SCM 02	BC BC+MODAL VERT
C	limono argileuse	8	17	SPE10      SCM 06   SCM01	AL1+CL VERT2 CL1+HYDROM CL4+HYDROM AL1+MODAL AL1+VERT MODAL BC 4 BC2+VERT MODAL DEP
L	limoneuse	9	15	SCM 07      SPE 08	01+BC VERT 04 01+BC HYDRO 01+BC ENCR MODAL AL CL+1MODAL AL+02MODAL CL+01HYDR CL02+01HYDR

					AL 01+VERT VERTY
--	--	--	--	--	---------------------

Dans cet horizon on remarque un nombre inférieur d'unités (25 unités) et de classes 04 (classes) (A argileuse, L limoneuse B argilo-limoneuse, C limono-argileuse).

Nous remarquons aussi la forte dominance de la classe limono argileuse, ce qui reflète la forte présence de la fraction limoneuse.

Les figures présentent une légère augmentation en nombre d'unités et en profils de la classe argileuse, qui est dominée par des Vertisols. On note 08 profils parmi 09 profils classés comme vertisols.

On marque aussi qu'il existe un niveau argileux à l'est d'Oued el Athmania ce qui donne une texture argileuse aux sols peu évolués de cette région.

Le profil 70 au nord est du périmètre est caractérisé au niveau de son troisième horizon par une texture argileuse identique a celle du deuxième horizon (argileuse), ce profil est classé initialement comme sol calcimagnésique modal.

Les sols à caractère vertique ne possèdent aucune texture à dominance d'argile, sauf pour le profil 39 qui a une texture argilo limoneuse et qui présente une texture argileuse au niveau de son premier horizon.

Donc sur la base de ces observations nous pouvons conclure que la texture argileuse est fort discriminante dans la classification des vertisols, et faiblement discriminante dans la classification des sols à caractère vertique .les sols à caractère modal sont de tous type de texture sauf l'argileuse.

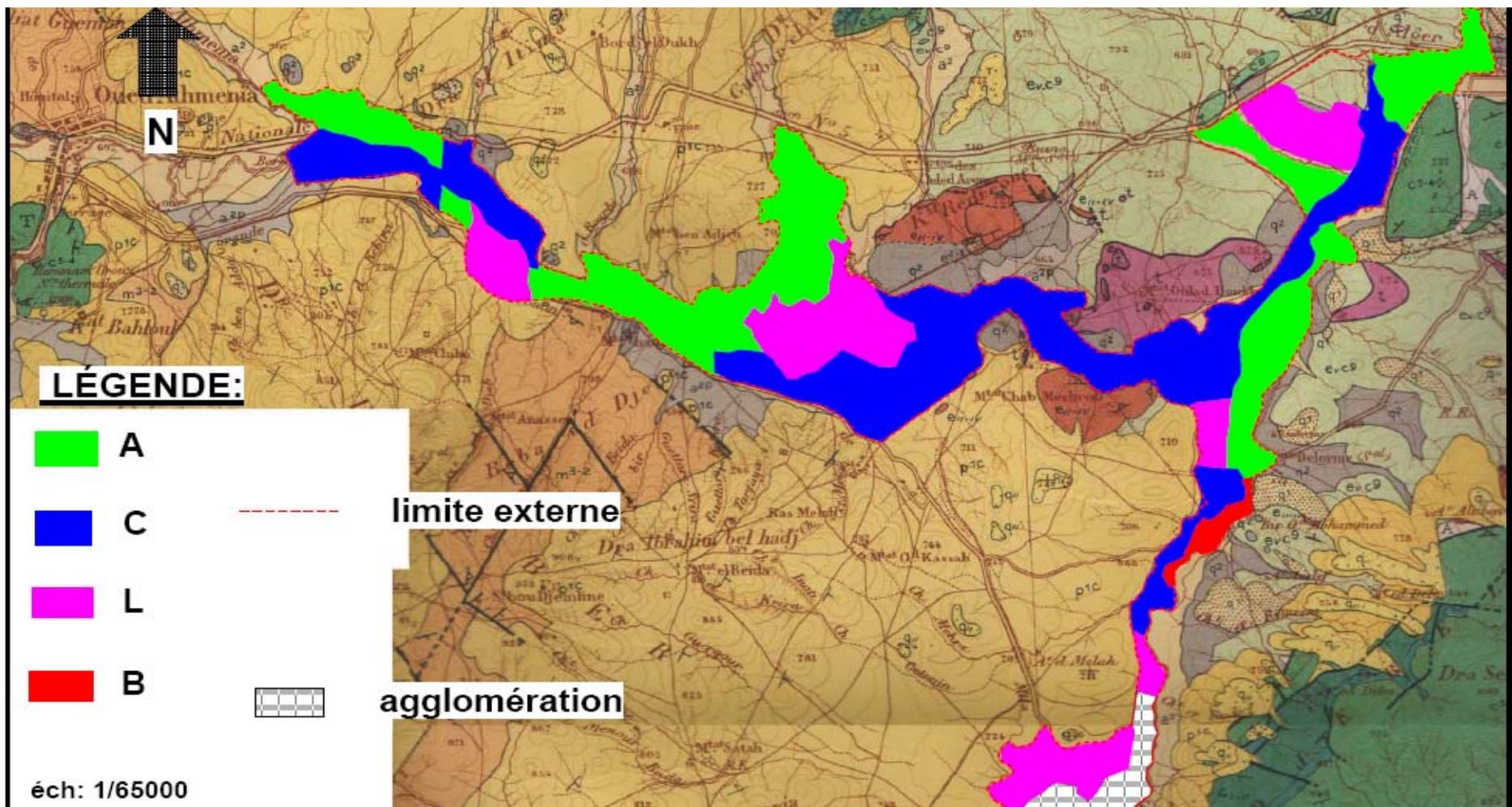


Figure 24a : Répartition de la texture de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie nord)

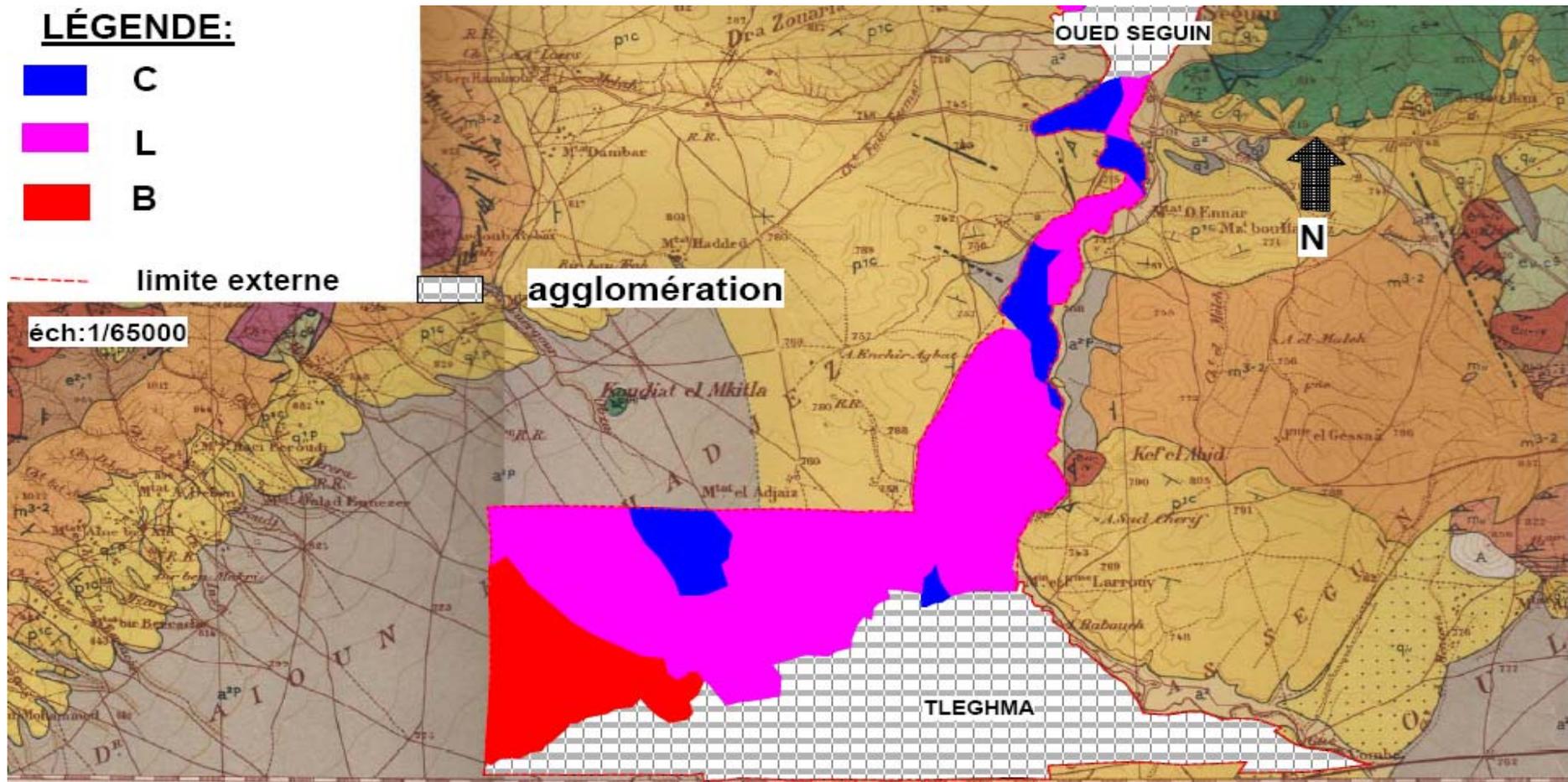


Figure 24b : Répartition de la texture de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie sud)

## **7-2- La couleur :**

Les couleurs sont des caractères très importants et très significatifs lors de la description des solums. Comme elles sont immédiatement perceptibles, elles nous guident pour distinguer les différents horizons avant de commencer la description systématique qui s'opère horizon par horizon.

La couleur du sol est un critère fort de la cartographie pédologique. Elle occupe une place privilégiée dans les différents systèmes de classification des sols (USDA, 1994 ; CPCS, 1967 ; WRB, 2006). La couleur est déterminée sur le terrain par la charte des couleurs ou code Munsell (Revised Standard soil color charts, 1991). Dans la thématisation qui suit, nous avons effectué des regroupements des couleurs en se basant uniquement sur les classes de couleurs vernaculaire proposées par le code des couleurs Munsell, l'objectif étant de mettre en évidence le maximum de variabilité spatiale des paramètres pédologiques décrits sur le terrain

### **7-2-1-La répartition spatiale des couleurs dans l'horizon H1 :**

Tableau n°28 : La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H1

couleur	nombre d'unité	nombre de classe	S classe/classe/	groupe et s groupe/
2/4yr10	4	8	VERTISOL5 SPE3	DEP2+DENR3 AL+AL HYDR CL+VERT VERT
3/4yr10	5	8	SCM6 2SPE	01+VERT 05 HYDR CL+AL HYD VERTIQUE
4/4yr10	2	3	SPE1 SCM2	CL VERTQUE1 BC MODAL
5/4yr10	1	1	SPE1	AL VERTIQUE
2/5yr10	1	1	SPE1	CL VERTIQUE
3/5yr10	4	7	SCM4 SPE3	+C MODAL2 ENCR 1+VERT1 CL MODAL3

4/5yr10	7	8	VERTISOL3 SPE3 SCM 2	DENR 3 L MODALC3 BC1+BC VERT1 MOD
1/6yr10	1	1	SPE1	AL HYDR
2/6y10	1	1	VERTISOL1	DEP
3/6yr10	2	2	SCM2	BC+BC VERT MODAL
3/7yr10	1	1	SPE	SPE HYD
2/3yr2.5	1	1	SPE	AL MODAL
2/5yr2.5	1	1	SPE	AL MODAL
2/6yr2.5	1	2	SPE2	AL+CLMODAL MODAL

L'analyse de la figure indique que le nombre de classe est important 14 classes ; mais on peut les regroupées en 05 classes (1 : 10yr 4/2-10yr 4/5) (2 : 10yr5/2-10yr5/4) (10yr6/1-10yr6/3) (4 : 10yr 7/3) (2.5yr 3/2-2.5yr6/2).

D'une manière générale on ne marque pas une grande différence entre les couleurs des quatre premières classes (couleur brune).

Les couleurs de types 2.5yr appartiennent à la classe des SPE. Les autres classes de sol sont réparties sur les classes de couleurs.

Donc nous pouvons déduire que la couleur de l'horizon de surface n'est pas un critère décisif pour la classification des sols de la plaine .ces couleurs peuvent appartient à n'importe qu'elle classe des sols.

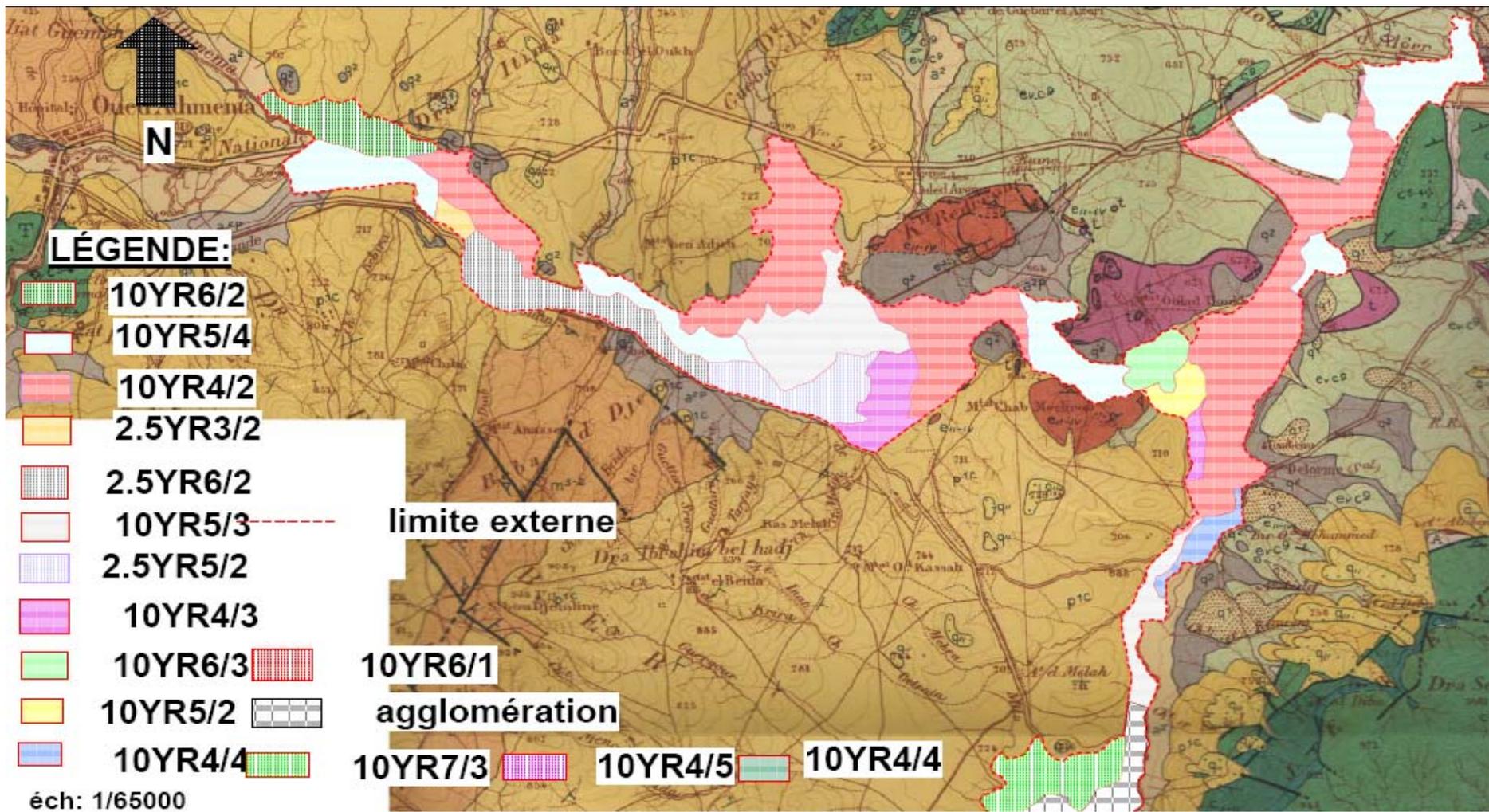


Figure25a : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma (partie nord)

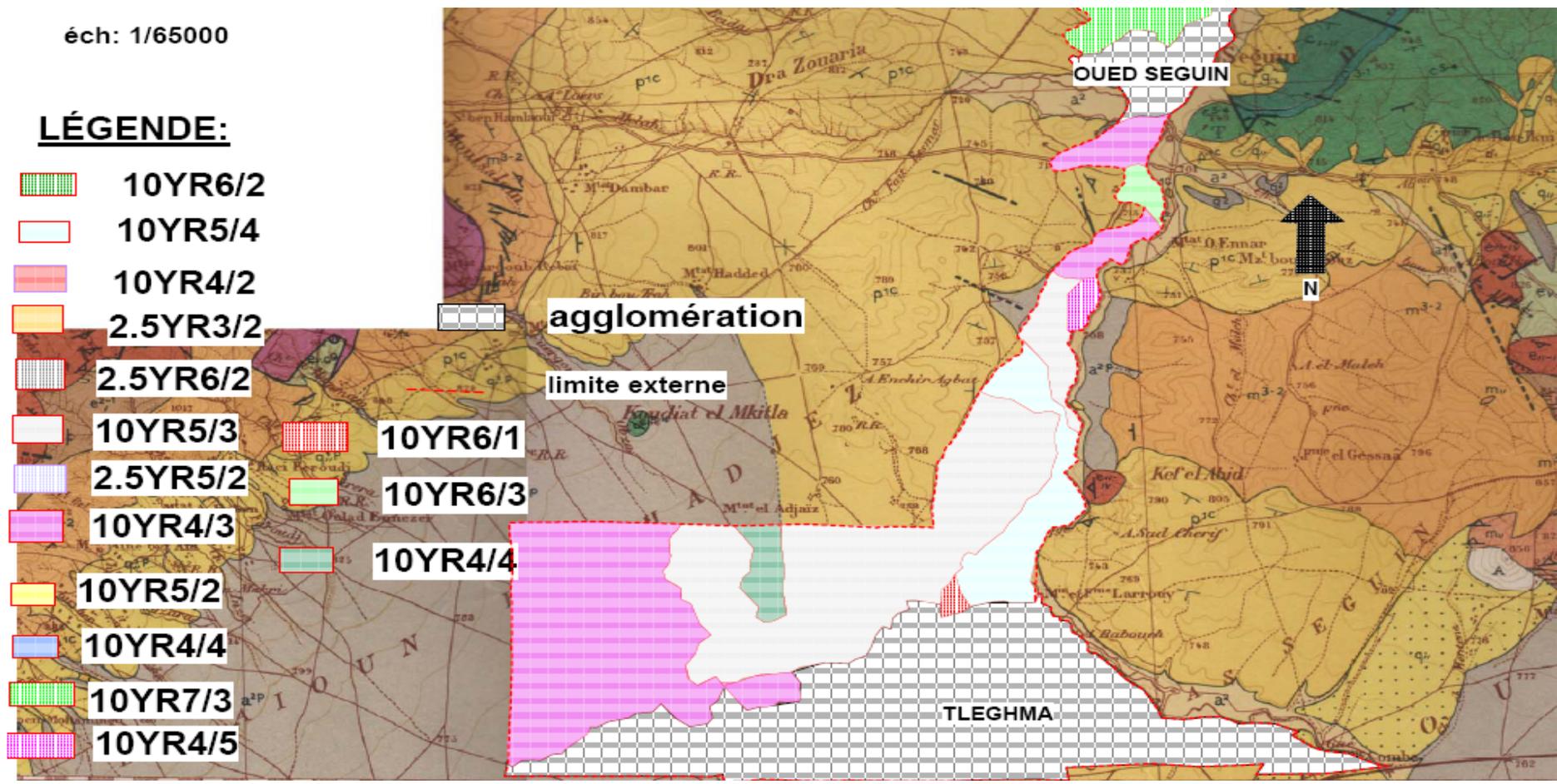


Figure25b : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H1 dans la plaine de Tleghma (partie sud)

### **7-2-2-La répartition spatiale des couleurs dans l'horizon H2**

Le tableau suivant montre la distribution des couleurs en unités et en classes dans la plaine de Tleghma:

Tableau n°29 : La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H2

couleur	nombre unité'd	nombre de classe	classeet classe/s	groupe/groupe et s
1/3YR10	1	1	VERTISOL	DEP
2/3YR10	1	1	SCM	BC VERTIQUE
4/3YR10	1	1	SCM	BC VERTIQUE
2/4YR10	2	2	SCM2	BC VERTIQUE
3/4YR10	3	10	VERTISOL4 SCM2 SPE4	02+02 VERTIQUE VERTIQUE
4/4YR10	3	3	VERTSOL2 SPE1	DENR VERTIQUECL
2/5YR10	1	1	VERTISOL1	DENR
3/5YR10	3	3	SPE2 SCM1	ALHYDROMORPHE CL VERTIQUE+ BC MODAL
4/5YR10	2	2	VERTISOL1 SCM1	DENR BC MODAL
3/6YR10	4	4	SCM2 SPE2	BC+BC VERTIQR MODAL ALHYDROMORPHE CL HYDROMORPHE+
4/6YR10	4	4	SPE2 SCM2	CL MODAL 02 BC BC+HYDROMORPHE MODAL
1/7YR10	1	1	SPE	AL HYDROMORPHE

2/7YR10	2	2	SCM2	BC+BC MODAL ENCR
3/7YR10	2	2	SCM2	BC+TIQUEBC VER MODAL
2/5Y2.5	1	1	SPE2	
3/4YR2.5	1	1	SPE1	AL MODAL
2/5YR2.5	1	2	SPE2	CL+AL MODAL MODAL
2/6YR2.5	1	1	SPE	AL MODAL
4/5YR7.5	1	3	SPE3	CL MODAL

Dans cet horizon, nous pouvons regroupés les 11 classes issues de la carte des couleurs en 06 classes 10yr 3/1-10yr3/4 avec un profil pour chaque ,10yr 4/2-10yr4/4,10yr5/2-10yr5/4, 10yr6/3-10yr6/4, 10yr7/1-10yr7/3,2.5yr4/3-2.5yr6/2, 7.5yr5/4.

Les 2.5yr et les 7.5YR yr sont des SPE.

Comme le premier horizon, l'horizon de sub surface ne donne pas l'aspect d'un critère efficient pour la classification des sols de la plaine, cet horizon est caractérisé d'une façon générale par la couleur brune qui peut appartient à n'importe quelle classe.

La répartition spatiale est représentée dans les figures suivantes :

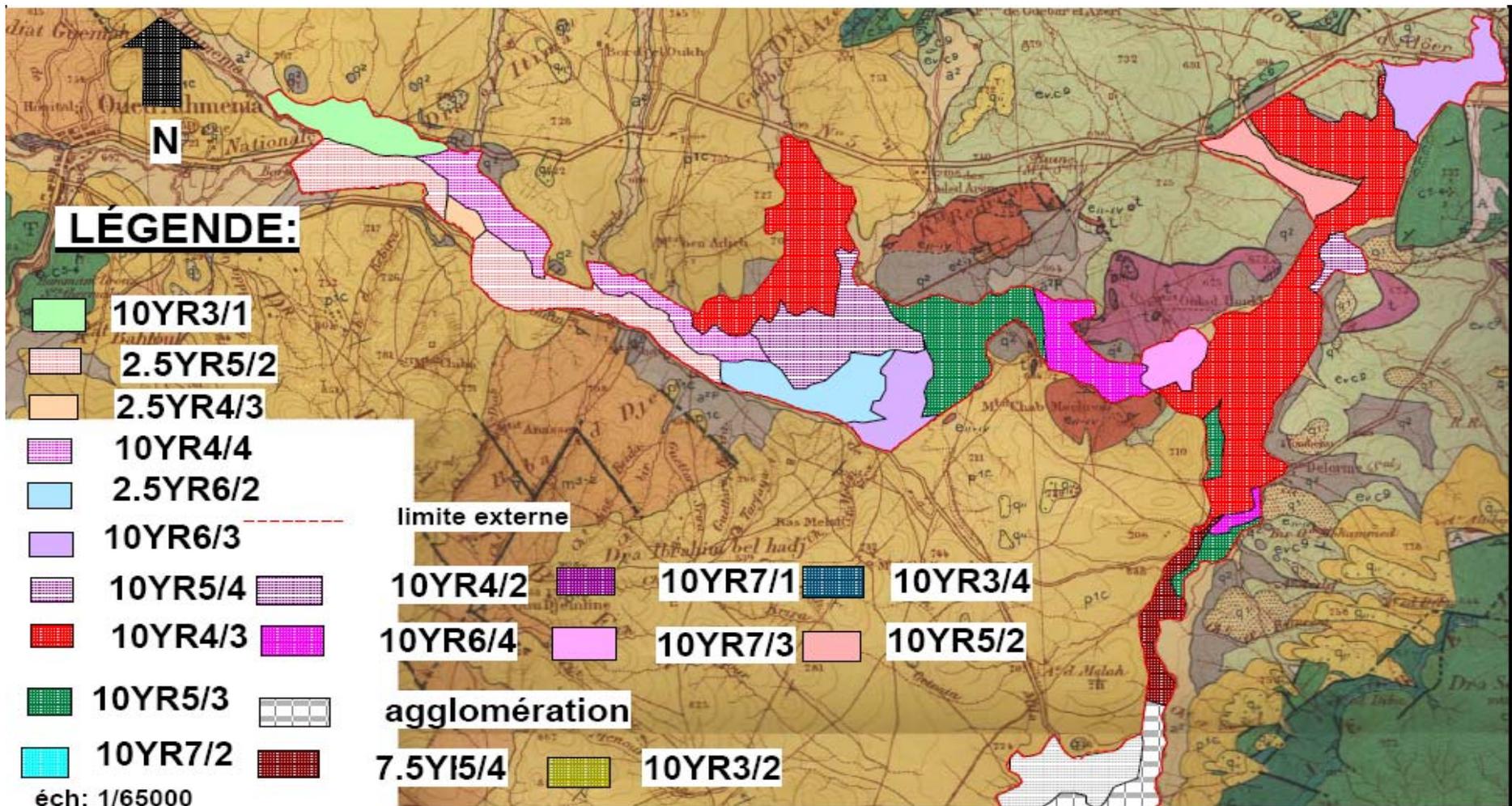


Figure 26a : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie nord)

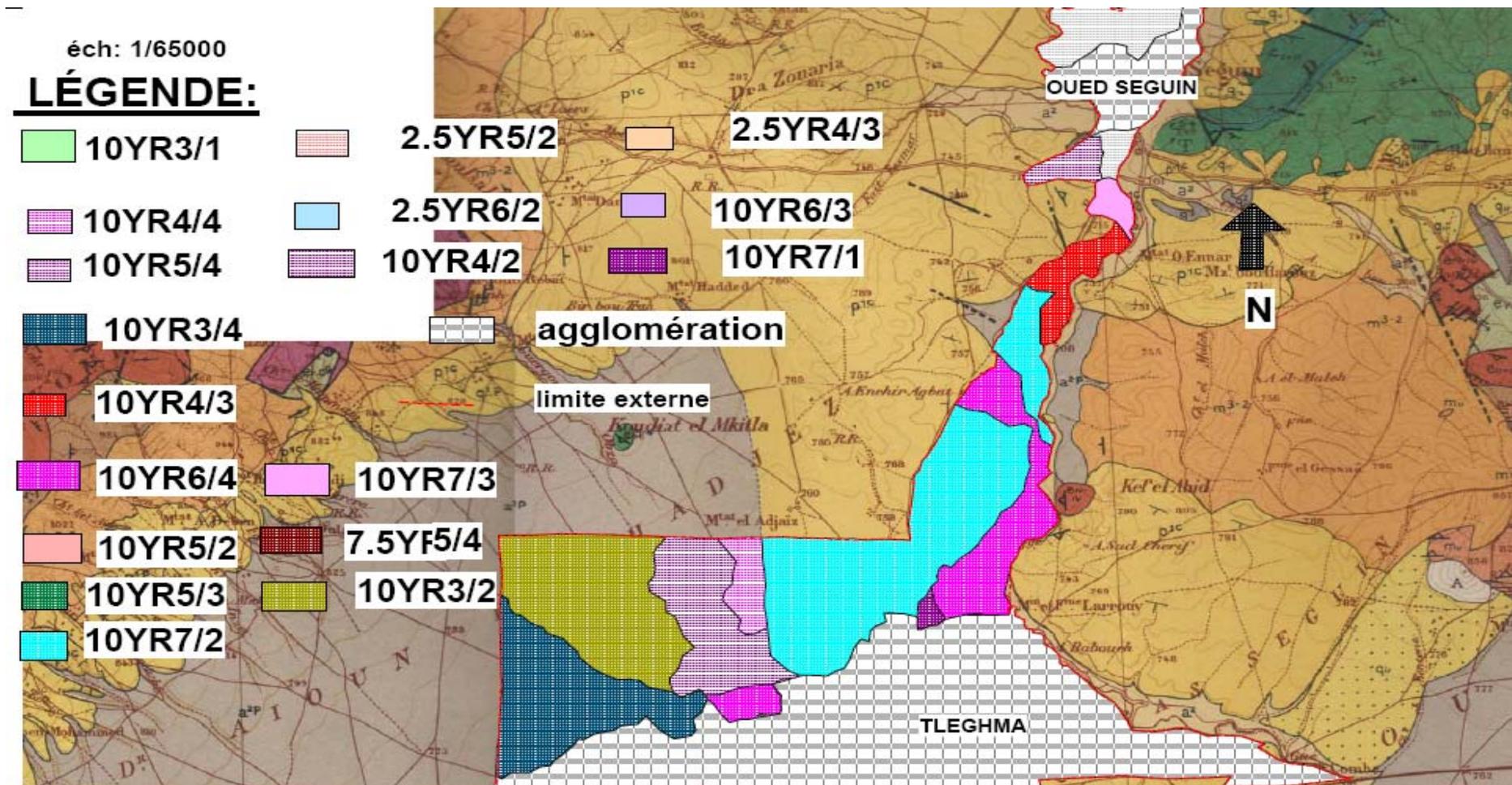


Figure 26b : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H2 dans la plaine de Tleghma (partie sud)

### **7-2-3-La répartition spatiale des couleurs dans l'horizon H3 :**

Tableau n°30 : La répartition spatiale de la couleur dans l'horizon H3

couleur	nombre unité'd	nombre de classe	classe et s classe	groupe et groupe/s
1/3YR10	1	1	VERTISOL	DEP
2/3YR10	2	2	SPE02	CL MODAL 2
3/3RY10	1	1	SPE	CL VERTIQUE
2/4YR10	2	2	SPE02	AL CL+MODAL VERT
3/4YR10	2	4	VERTISOL02 SPE01 SCM01	DENR CL VERT BC VERTI
4/4YR10	6	7	VERTISOL04 SPE03	02+02 CL MODAL02 VERT 01+
2/5YR10	1	1	VERTISOL	DENR
3/5YR10	1	1	SCM	BC MODAL
4/5YR10	2	4	SPE02 SCM02	AL HYDR 02 BC MOD 02
6/5YR10	1	1	VERTISOL01	DENR
1/6YR10	1	1	SPE01	CL HYDR
3/6YR10	3	3	SCM02  SPE01	BC BC+MODAL VERT AL MODAL
4/6YR10	2	2	SCM01 SPE01	BC VERT CL MODAL
3/8YR10	1	1	SCM01	BC MODAL
2/7YR2.5	1	1	SPE	AL MODAL
4/5YR7.5	2	2	SCM01	CRBC EN

			SPE01	CL MODAL
6/5YR7.5	2	3	SCM03	BC VERT3
4/6YR7.5	3	3	SCM02 SPE01	BC+BC VERT MOD CL VERT
2/8YR7.5	2	2	SCM01 SPE01	BC HYD CL VERT
4/8RY7.5	1	1	SCM01	BC VERT
ROUGEATRE	1	1	SPE01	CL MODAL
-	1	1	SPE	AL HYDRO

L'analyse de la figure n 27: montre que l'horizon de profondeur est caractérisé par un nombre important de classe (20 classes) et une classe n'est pas identifiée par la charte (code Munsel).

Nous remarquons aussi que le nombre de classe des 7.5yr a ce niveau est plus remarquable par rapport aux deux autres horizons, dont plus de 70% sont des SCM. Une seule classe 2.5yr (rougeâtre) appartient à la classe des SPE.

La figure suivante indique la répartition de la couleur du H3:

Figure 27a : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie nord)

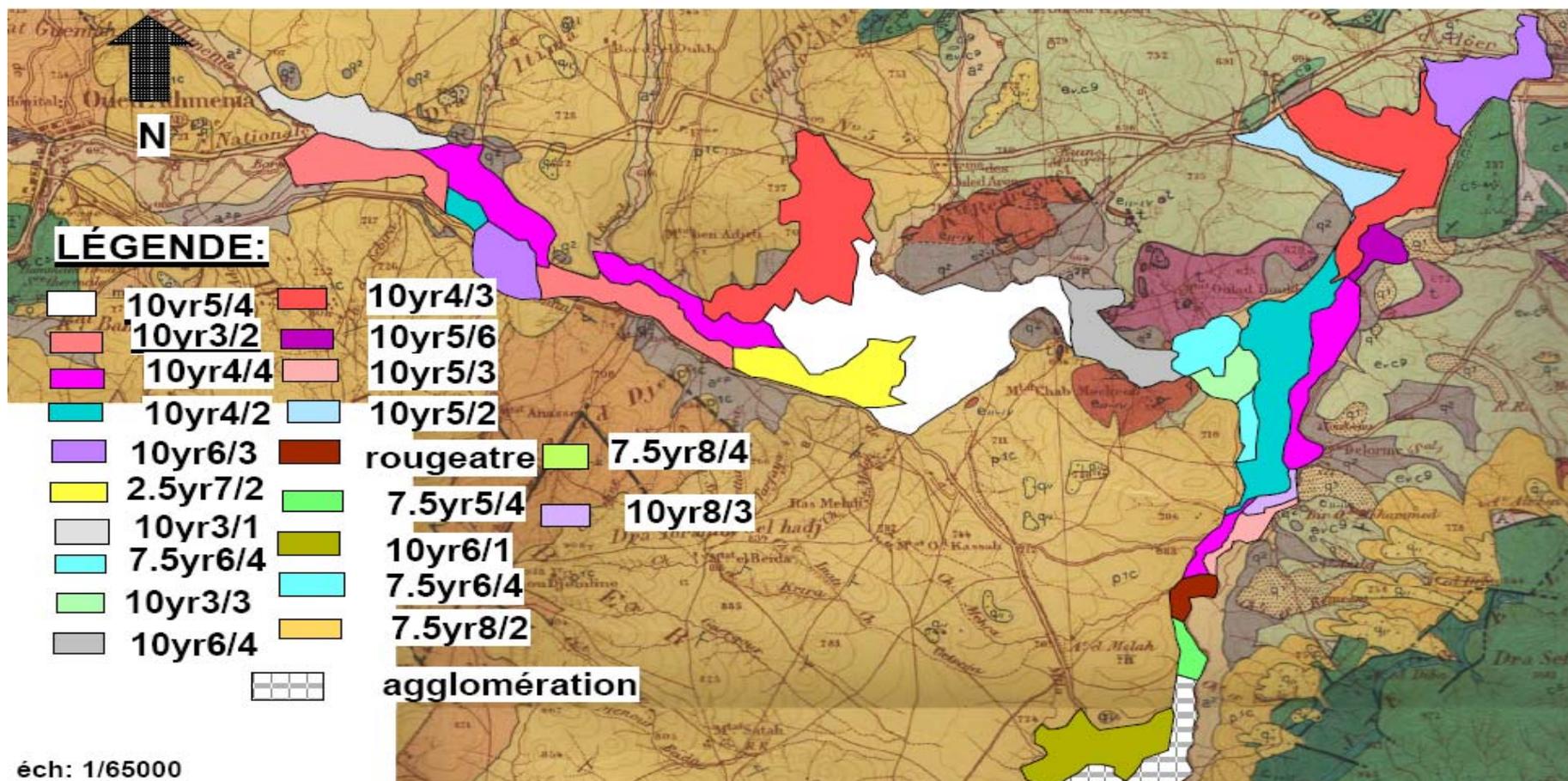
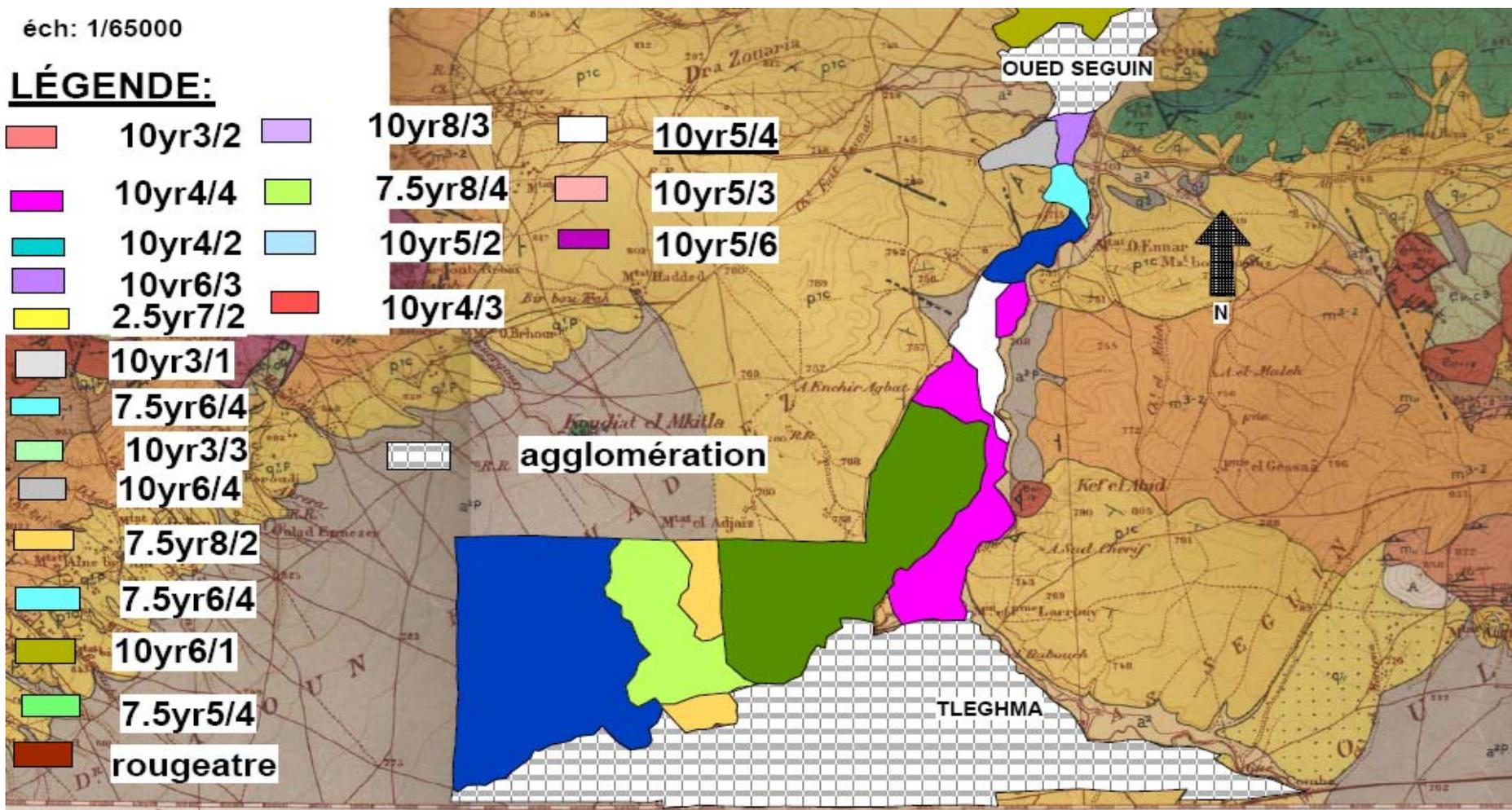


Figure 27b : la répartition spatiale de la couleur de l'horizon H3 dans la plaine de Tleghma (partie sud)



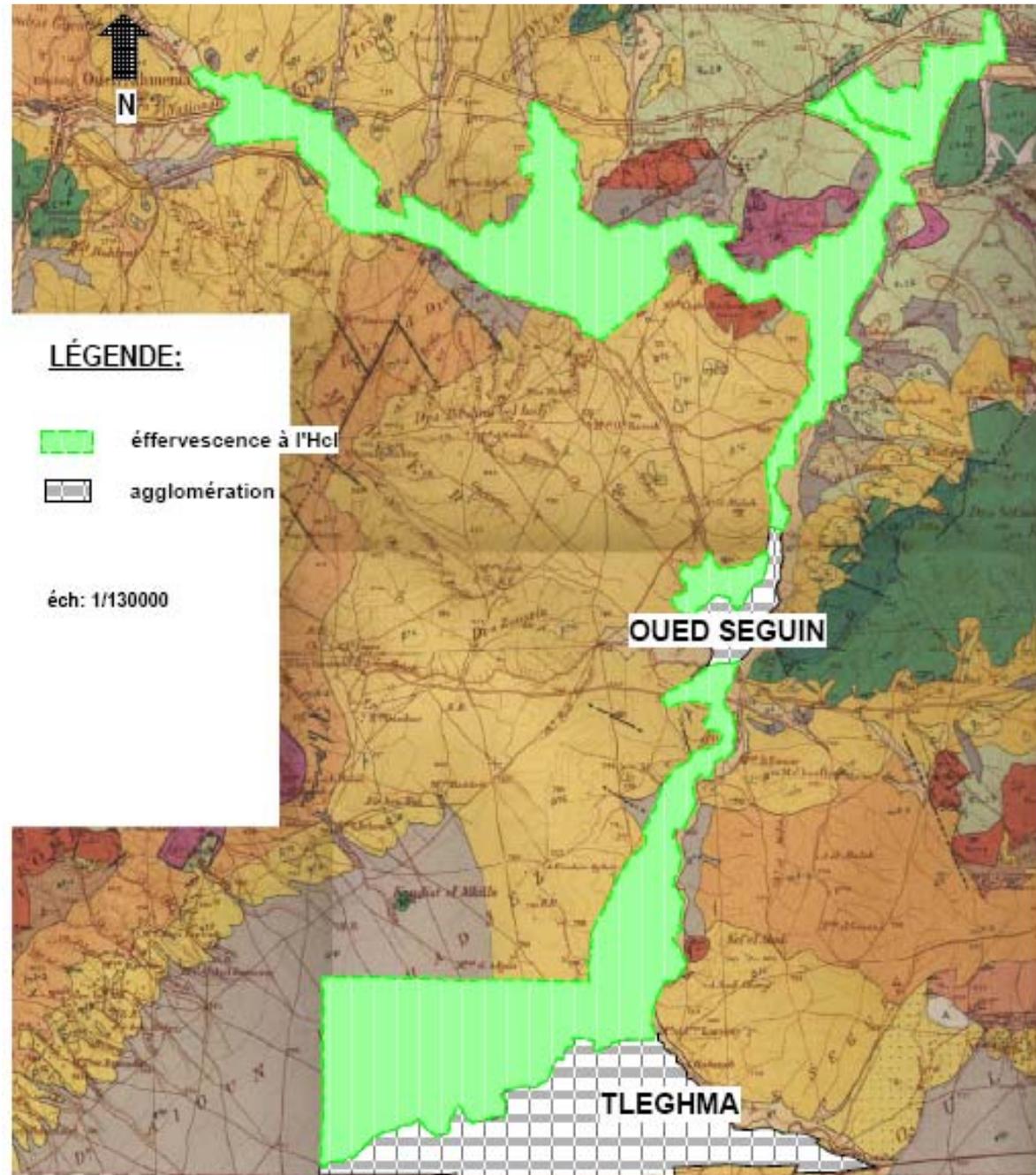
### **7-3-L'intensité de l'effervescence à l'hcl :**

Le test à l'hcl permet de détecter la présence ou l'absence du calcaire dans le sol, son utilisation lors de la prospection pédologique est donc nécessaire, le test n'est qu'indicatif et devra être systématiquement vérifié par un véritable dosage sur prélèvement. Naturellement, la réaction d'effervescence est grossièrement proportionnelle à la teneur en calcaire de l'échantillon testé.

La notice SIPA 1982 et le glossaire de la pédologie reconnaissent 04 modalités :  
-aucune effervescence – effervescence faible –effervescence moyenne – forte effervescence.  
Dans notre zone d'étude on a distingué une seule classe d'effervescence « effervescence forte » .cette distinction a été confirmée par les teneurs très élevé du calcaire dans le périmètre.

La carte d'effervescence du périmètre est identique pour les trois horizons .elle comporte une seule classe répartie en trois unités et confirme la classification attribuée aux sols de la plaine « sols calcimagnésiques » caractérisés par des fortes teneurs en calcaire.

Figure 28 : carte de l'effervescence à l'hcl



#### **7-4-La profondeur :**

L'analyse de la carte de la profondeur de la plaine de Tleghma est identique à celle de l'effervescence, elle comporte une seule classe « sols profonds », en effet tous les profils sont d'une profondeur supérieure à 80 cm.

On ne marque pas l'existence des contraintes naturelles tel que les dalles calcaire qui peuvent minimiser la profondeur des sols et ceci malgré la forte teneur en calcaire dans ces sols.

Notons bien aussi que le profil n° 49 classé comme sol calcimagnésique à encroûtement est doté d'une profondeur  $P > 120$  cm.

D'une manière générale nous pouvons constater que la profondeur reflète nettement la nature des substrats et des matériaux de la plaine.

Figure 29 : carte de la profondeur



## **Chapitre VIII**

### **Confrontation des résultats :**

#### **Synthèse d'une carte finale corrigée**

##### **8-1-Le croisement des cartes thématiques des caractéristiques physico chimiques du sol:**

D'après l'étude des facteurs physico chimiques des sols de la plaine de Tleghma, il ressort que la texture vient en premier lieu en matière de sa discrimination et son influence sur la classification des sols. La profondeur, l'effervescence à l'hcl et la couleur donnent une idée globale sur la nature de notre sol (sol profond, calcaire et brun) et n'ont pas un grand effet sur la distinction entre les différentes classes de la plaine.

Le croisement des cartes thématiques, à savoir l'horizon de surface, l'horizon de subsurface et l'horizon de profondeur (figure 33) nous donne une idée globale sur le degré d'efficacité de la texture de chaque horizon dans la classification du sol, en effet, il ressort que la texture du deuxième horizon est le facteur le plus efficace.

Dans une étude cartographique similaire menée dans la région de Staouali, Berbachi (1999) a conclu que les critères les plus importants sont le type d'horizon de subsurface (Bt, C, R), la texture de l'horizon de surface et subsurface (Sableuse, argileuse, argilo limoneuse, argilo sableuse).

La figure suivante montre la répartition de la texture sur les trois horizons :

Figure 30a : Cartogramme des textures sur fond géologique partie nord

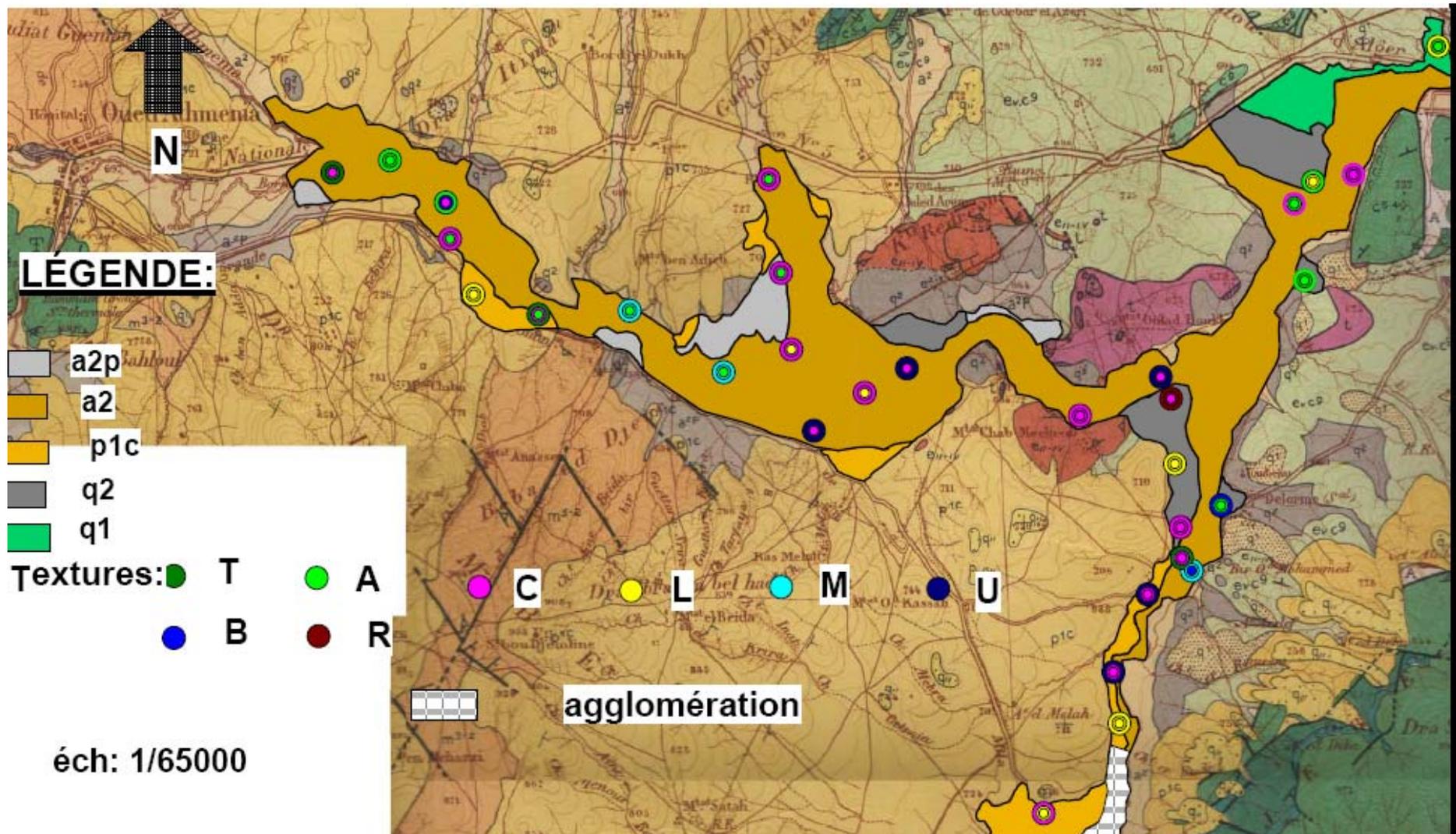
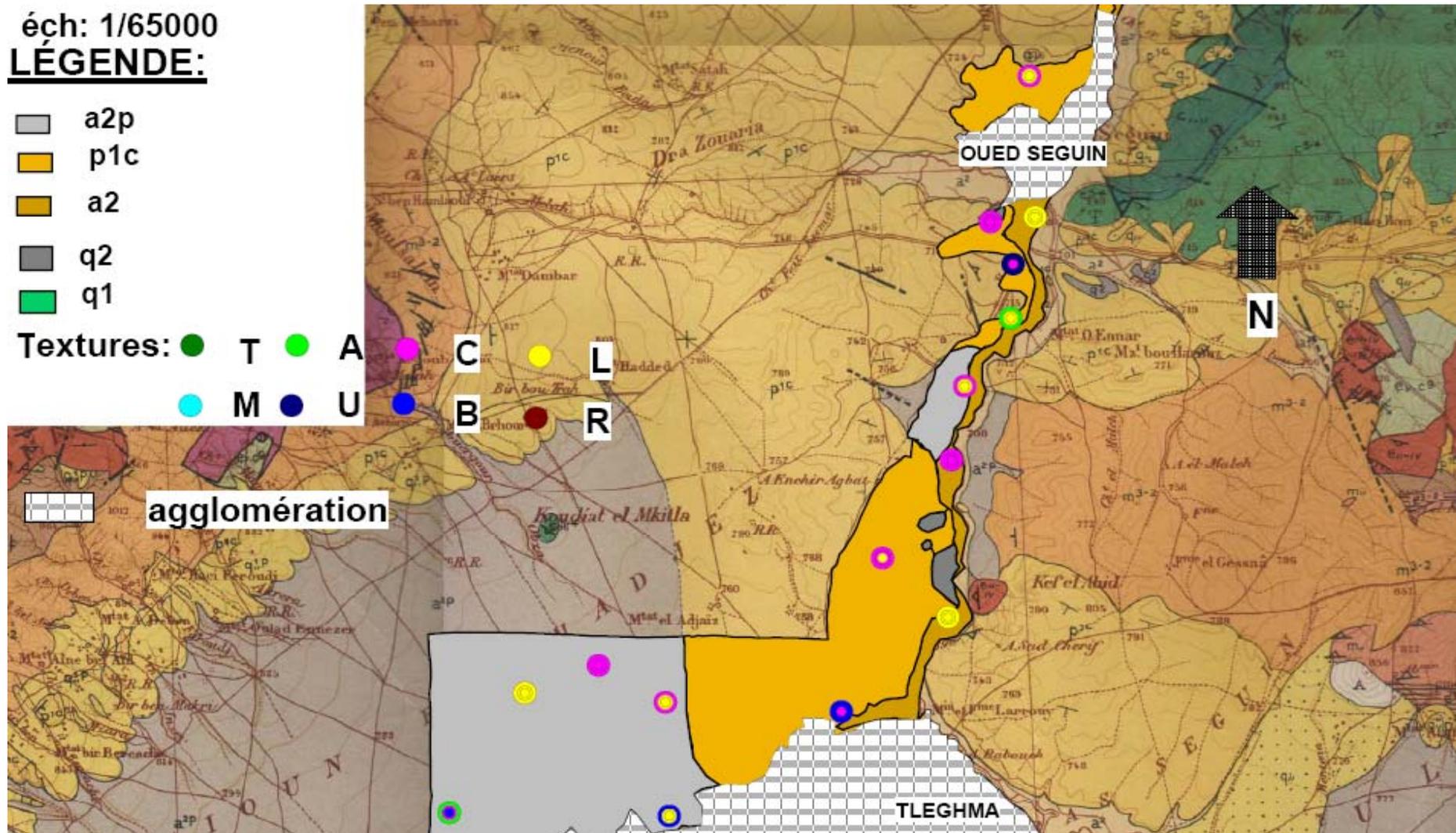


Figure 30b : Cartogramme des textures sur fond géologique partie sud



Si on prend en considération ces résultats , nous pouvons conclure que la classification des profils 70 classé initialement comme calcimagnésique modal et les profils 84,85 classés comme vertisol sera changée.

Donc pratiquement le profil 70 devient un calcimagnésique vertique (profil argileux dans le deuxième et le troisième horizon), les profils 84 et 85 passent de la classe des vertisols à la classe des sols calcimagnésiques vertiques.

La synthèse de ces résultats va nous permettre et à un degré plus élevé celle de la texture, d'apporter quelques modifications à notre carte.

Ces modifications touchent essentiellement la présentation du caractère vertique et son influence sur la classification,

La nouvelle carte élaborée sur la base de l'étude des facteurs intrinsèques du sol est représentée comme suit :

Figure 31a : Carte pédologique modifiée à base des critères intrinsèques (partie nord)

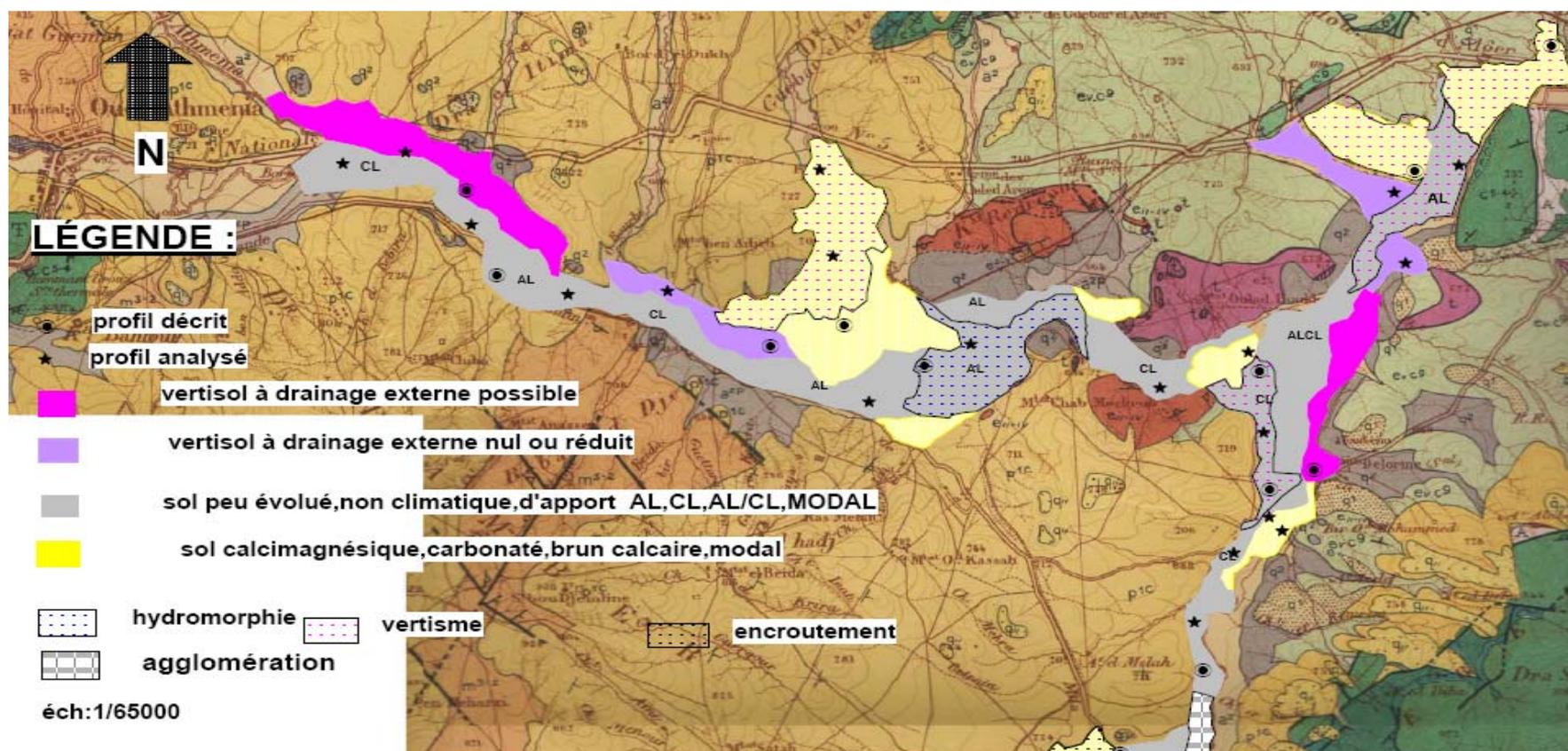
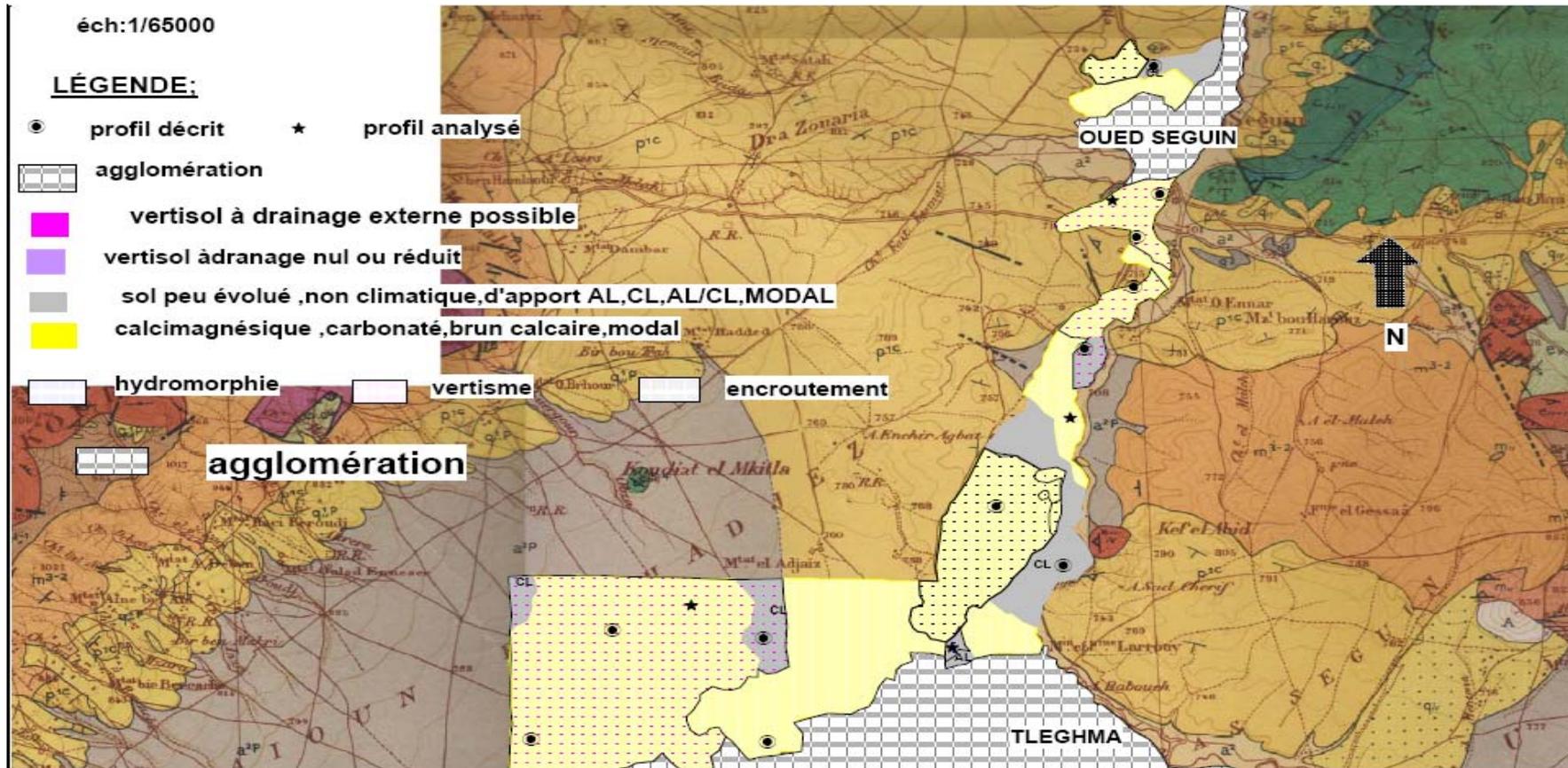


Figure 31b : Carte pédologique modifiée à base des critères intrinsèques (partie sud)



## **8-2-Carte pédologique finale :**

Le croisement des cartes pédologiques modifiées à base de l'étude des facteurs de formation de sol et des facteurs physico chimiques nous a permis d'élaborer la carte pédologique finale de la plaine de Tleghma.

Comme on a déjà démontré ; les changements apportés à la carte ont touchés essentiellement :

- \*l'unité qui englobe les profils 84 et 85 a passé de la classe des vertisols à la classe des calcimagnésique vertique

- \*le caractère vertique des sous groupes en s'appuyant sur la texture pour le (profil 70), et sur la nature du matériau Q2 pour certaines unités.

- \*le mode d'apport alluvial (sur les a2 et les a2p) ou colluvial (sur les p1c) des sous groupes de la classe des sols peu évolués

- \* les limites des unités pédologiques, ou nous avons confronté ces limites aux limites des unités géologiques

Figure 32a : carte pédologique finale (partie nord)

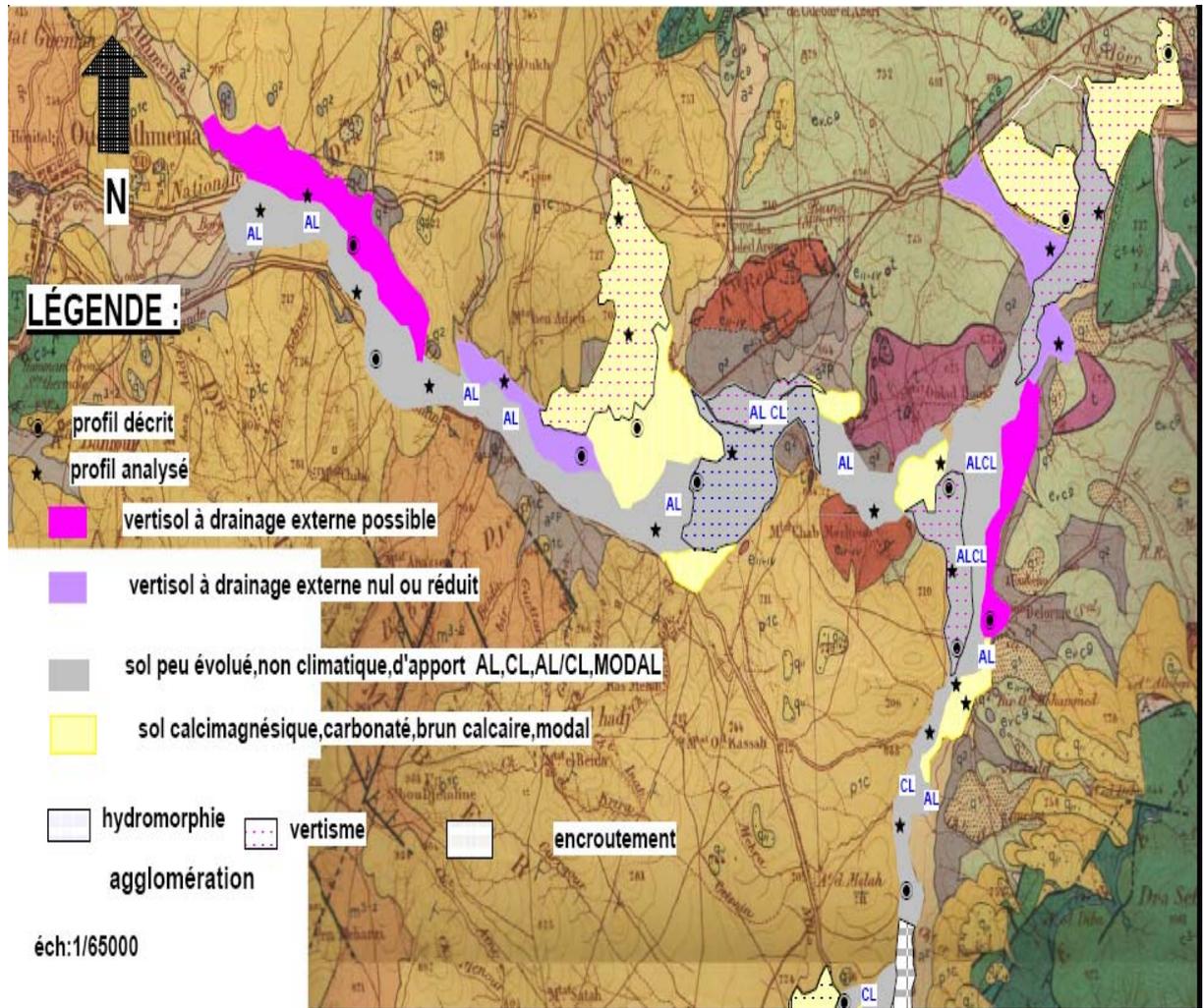
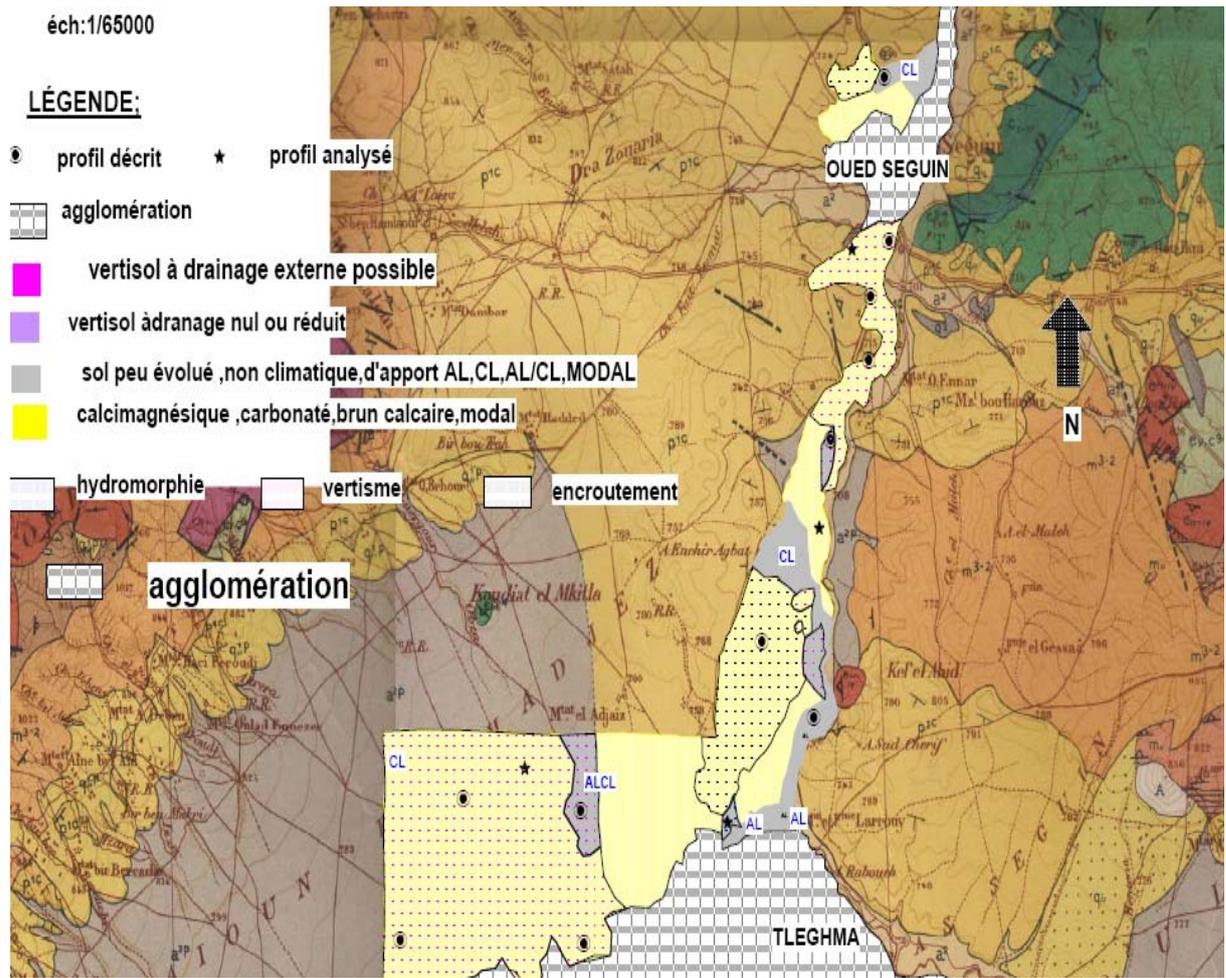


Figure 32b : carte pédologique finale (partie sud)



## **Conclusion générale :**

A travers cette étude nous avons essayé d'apporter quelques améliorations à une carte pédologique à l'échelle de 1/20000 qu'on a réalisé selon des prescriptions du cahier de charge élaboré par l'AGID.

Notre démarche a été basée sur l'étude, l'analyse et l'association entre facteurs intrinsèques et extrinsèques du sol sous un SIG .

Nous avons choisi la partie nord du périmètre de Tleghma qui s'étale sur 1800ha.

La démarche cartographique adoptée sur le terrain était basée sur une prospection systématique qui a permis de décrire 45 profils pédologiques et d'échantillonner 23 profils (plus de 50% des échantillons sont analysés)

Les sols de la zone d'étude sont répartis dans quatre (04) classes de sols .Ce sont les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols calcimagnésiques et les vertisols.

Les sols minéraux bruts occupent une très petite surface dans le Nord Est de la zone d'étude .Ce sont des sols minéraux bruts, d'origine non climatique, d'érosion sous forme de mélange régosols/lithosols

Les sols peu évolués sont très bien présentés et occupent de grandes superficies dans la zone de Oued Séguin –Oued Athmania .Ce sont des sols peu évolués vertiques , modaux avec quelques parcelles, près de l'oued , qui sont hydromorphes.

Les sols calcimagnésiques sont répandus dans la zone d'étude surtout au sud de Oued Seguin. Ces sols calcimagnésiques carbonatés, bruns calcaires peuvent être modaux, vertiques, à encroûtement ou hydromorphes.

Dans la région nord de la zone d'étude quelques lambeaux des vertisols occupent les terrasses les plus élevées par rapport à l'oued.

Les données de la carte pédologique de la plaine de Tleghma font l'objet d'une étude analytique et critique en utilisant les statistiques classiques.

Cette étude a concerné essentiellement la variabilité spatiale des facteurs intrinsèques du sol à travers le profil, l'horizon et l'unité pédologique.

Pour une étude d'actualisation nous constatons que le nombre de profils réalisés ainsi que le nombre d'échantillons prélevés sont suffisants pour l'établissement de la carte pédologique.

Autrement, le nombre d'échantillons prélevés pour le calcaire total aurait du être plus important pour mieux cerner sa variation spatiale.

La synthèse des résultats fait ressortir que les sols sont moyennement riches en argile. Les taux moyens en argile sont de l'ordre de 28.12%, 22.29 % et 21.73 % respectivement en surface, sub-surface et en profondeur. Les taux de calcaire total sont relativement forts en surface et en sub-surface et en profondeur ( $\text{CaCO}_3 > 31.08 \%$ ). La matière organique présente des taux très faibles. Le pH est légèrement alcalin et se situe entre 7.97 et 8.04.

Les résultats obtenus précédemment ont montré que lorsqu'on considère l'ensemble des données, l'argile la matière organique, et la conductivité électrique varient fortement. Par contre, la CEC présente une variabilité moyenne, alors que le pH et la densité apparente sont faiblement variables. En structurant les données suivant les horizons, le coefficient de variation a montré la même tendance que pour l'ensemble des données.

En exploitant ces données en utilisant le logiciel, nous avons essayé d'établir des cartes thématiques qui ont été croisé entre elles et confronter avec la carte pédologique de la plaine de Tleghma .Cette confrontation nous a permis d'évaluer la carte pédologique .

Il ressort que la texture du deuxième horizon vient en premier lieu en matière de sa discrimination et son influence sur la classification des sols, la profondeur, l'effervescence à l'hcl et la couleur donnent une idée globale sur la nature de notre sol (sol profond, calcaire et brun) et n'influencent pas la taxonomie de ces sols.

La couleur à travers ces trois horizons ne donne pas l'aspect d'un critère efficient pour la classification des sols de la plaine, les sols de la plaine sont caractérisés d'une façon générale par la couleur brune.

La carte d'effervescence du périmètre est identique pour les trois horizons .elle comporte une seule classe répartie en trois unités et confirme la classification attribuée aux sols de la plaine « sols calcimagnésiques » caractérisés par des fortes teneurs en calcaire.

L'analyse de la carte de la profondeur de la plaine de Tleghma est identique à celle de l'effervescence .Elle comporte une seule classe « sols profonds », en effet tous les profils sont d'une profondeur supérieure à 120 cm

La synthèse de ces résultats et à un degré plus élevé celle de la texture, nous a permis d'apporter quelques modifications à notre carte.

Ces modifications ont touché essentiellement la présentation du caractère vertique et son influence sur la classification. Ainsi on a noté le passage d'une unité classée initialement calcimagnésique modal au calcimagnésique vertique, une autre de la classe des vertisol à la classe des sols calcimagnésiques vertiques.

Dans un autre temps la carte géologique de la plaine de Tleghma avec toutes ses données était un outil très utile pour l'amélioration et l'élaboration d'une carte pédologique plus actualisée.

D'une manière générale nous avons constaté que les modifications portées à la carte pédologique sont localisées primordialement dans les groupes des sols peu évolués, dont il ressort que la nature des unités cartographiques des matériaux à savoir les alluvions dans a2 et a2p (apport alluvial) et les colluvions p1c (apport colluvial) constituent un élément déterminant dans la classification.

Nous avons attribué à toutes les unités pédologiques trouvées sur des matériaux q2 le caractère vertique, les matériaux q2 sont donc déterminants dans la classification au niveau des s/groupes.

Le croisement des cartes thématiques des facteurs intrinsèques et facteurs extrinsèques génère une carte pédologique plus actualisée et plus améliorée, c'est la carte pédologique finale de la plaine de Tleghma.

A l'issue de ce travail il ressort que l'incorporation des données de différents facteurs du sol que ce soit les facteurs intrinsèques ou extrinsèque dans un SIG est très essentiel dans la cartographie des sols car elle nous facilite la manipulation des données et leurs gestion dans un domaine spatiale.

Nous signalons aussi, qu'il serait souhaitable de poursuivre cette recherche par une analyse critique des études pédologiques pour mieux valoriser nos documents cartographiques et mieux gérer notre ressource lentement renouvelable « le sol ».

## **BIBLIOGRAPHIE**

### **Bibliographie :**

Anonyme, 2000, bois et forêts des tropiques n265(3), agridoc article n : 68 section 1,8-20.

Arrouays D., 1987- Cartographie des sols et comportements agronomiques. Comparaison de données de cartographie et d'enquêtes agronomiques en vue de la thématisation d'une carte des sols. Science du sol. Vol 25/1 : 43-58

Arrouays D., Isabelle Vion, Jolivet Cl., Dominique Guyon, Couturier A., Wilbert J., 1997- Variabilité intraparcellaire de quelques propriétés des sols sableux des Landes de Gascogne (France). Conséquence sur la stratégie d'échantillonnage agronomique. Etude et gestion des sols 4, 1, 5-16p

Baize D, Jabiol B., 1995. *Guide pour la description des sols*, INRA Éditions, 375 pp

Bastet G., Bruand A., Quétin P., Cousin I., 1998- Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à de fonctions de pédotransfert (FPT) : Une analyse bibliographique. Etude et gestion des sols 5, 1, 1-23p

Brabant P., 1993- Pédologie et système d'information géographique. Comment introduire les cartes de sols et les autres données sur les sols dans les SIG ?. Cah.Orstom, sér.Pédol., vol. XXVIII, n°1, 1993 : 107-135.

Berbachi K., 1999- Contribution à la connaissance des sols de la région de Staouali (Azur plage). Analyse thématique des critères de cartographie des sols. Thèse. Ing. INA, El harrach, 86 p.

Bornant M., Legros J. P., Rouzet C., 1994 – Les banques de données-sols. Exemple du Languedoc-Roussillon. Etude et gestion des sols n°1, 67-82.

Bornand M., Robbez-Masson J-M., 1998- Cartographie des sols et informatique

Bourennane H., King D. & Couturier A., 2000. Comparison of kriging with external drift and simple linear regression for predicting soil horizon thickness with different sample densities. *Geoderma*, 97 : 255-271.

Bourennane H., King D., Chéry P. & Bruand A., 1996 a. Amélioration du Krigeage d'une variable du sol par utilisation de l'intensité de la pente comme dérive externe. In «*Actes des 5<sup>èmes</sup> journées Nationales de l'étude des sols* », AFES, Rennes, 22-25 avril 1996. pp. 51-52.

Bourennane H., King D., Chéry P. & Bruand A., 1996 b. Improving the Kriging of a soil variable using slope gradient as external drift. *European Journal of Soil Science*, 47 : 473-483.

Carré F., Girard M.C., McBratney A.B., 2002- Cartogénèse numérique des types de sols et de leurs incertitudes par la combinaison de corrélations sur les facteurs environnementaux et des géostatistiques. Application aux sols des environs de la Rochelle. Journées Nationales de l'Etude des Sols, 22-24 octobre, Orléans.

Chéry P., Dabas M., Julliot M., Saby E., Grenier G., 2002- Variabilité de la teneur en éléments grossiers sur une parcelle viticole de l'appellation des Graves : relation avec des données géophysiques. Journées Nationales de l'Etude des Sols, 22-24 octobre, Orléans.

Chrétien J., King D., Hardy R., Meunier D., 1993 – Essai de modélisation spatiale des sols d'une région. Application aux plateaux calcaires bourguignons. *Science du sol*, Vol. 31, 3, 171- 191

Collin C Bellier 2006 analyse et reorésentation de la couverture pédologique « application à la caractérisation des unités cartographiques de sols pour le programme I.GCS d'un sécteur du Baugeois.

C.P.C.S., 1967 : Classification des sols. Ed. I.N.R.A Paris. 96p

Djili, K., 1983- cartographie des sols en milieu steppique calcaire. Thèse magister, I.N.A. El harrach, 100 p.

Faure P., 1989- cartographie pédologique thématique assisté par ordinateur : le logiciel FORBAN. *Science du sol*. 27 (1): 81-84.

Favrot J.C., 1989- une stratégie d'inventaire cartographique à grande échelle : la méthode des secteurs de référence. *Science du sol*. 27 (4): 351-368.

Favrot J. C., Lagacherie P., 1993, La cartographie automatisée des sols : une aide à la gestion écologique des paysages ruraux ; *C.R. Acad. Agric. Fr.*, Séance du 9 juin 1993, 79(5) : 61-76 .

Flasse S., Felten V. & Frankart R., 1991. Croisement des données multi-sources pour la détermination de l'aptitude des terres. *Science du Sol*, 29 (1) : 55-69.

Fournier B., 1989- Une méthode cartographique adaptée à certaines problématiques d'aménagement la cartographie « emboîtée ». *Science du sol*. 27 (1): 105-108

Duchaufour Ph., 1991. *Pédologie : Sol, végétation, environnement*. 3<sup>ème</sup> édition. Masson

Gaddas F., 2001- Proposition d'une méthodologie de cartographie des pédopaysages. Application à " la Moyenne vallée du Rhone". Thèse de doctorat. I.N.A.Paris-Grignon. 202 p.

Gascuel-Oudoux C., 1987- Variabilité spatiale des propriétés hydriques du sol, méthodes et résultats ; cas d'une variable : revue bibliographique. *Agronomie*, 7 (1), 61-71.

Girard M. C., 1984. Analyse de la couverture pédologique : Cartographie - Cartogénèse. *Livre jubilaire du cinquantenaire, AFES*, 1984, pp. 153-166.

Girard M.C., Aurousseau P., King D., Legros J.P., 1989- Apport de l'informatique à l'analyse spatiale de la couverture pédologique et à l'exploitation des cartes. *Science du sol*, Vol. 27, 4, 335-350.

Girard M-C., 1989- la cartographie en horizons. *Science du sol*, Vol. 27 (1), 41- 44.

Girard M. C., 1993. Place de la télédétection dans les méthodes de modélisation de la répartition et/ou du fonctionnement des sols. *École d'été* 15-24 septembre 1993 : Observation spatiale des phénomènes de surface pour les recherches en environnement, 20 p.

Girard M. C., 1995. Bilan et réflexions sur l'utilisation des SIG en agriculture ; un exemple : le programme national IGCS. In «*Rencontres Internationales : La Cartographie pour la Gestion des Espaces Naturels* », Saint-Étienne. 13-17/11/1995, pp. 73-77.

Haddouche I., Benhamouda F., Djili K., 2001- Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection « images Landsat TM ». Cas de la région de Ghassoul (El Bayadh). 3<sup>ème</sup> Colloque GEOFCAN, 25-26 septembre à Orléans.

Halitim A . Gheyi H.R 1976.contributon de l'argile ,de la matière organique dans la capacité d'échange des sols du nord de l'Algérie .*Annales de l'institut national agronomique (El harrach)* pp 27-32.

Jamagne M., 1967. *Bases et techniques d'une cartographie des sols. Annales Agronomiques*, INRA, No. hors série 18, 142 p.

Jamagne M., 1993. Évolution dans les conceptions de la cartographie des sols. Société Belge de Pédologie, *Pédologie*, Vol XLIII-1 : 59-115.

Jamagne M., King D., Daroussin J. & Le Bas C., 1993. Évolution et état actuel des programmes européens de connaissance et de la gestion des sols. *Bull. Rech. Agron.*, Gembloux, 28(2-3) : 135- 163.

Jamagne M., King D., Girard M.C., Hardy R., 1993- Quelques conceptions actuelles sur l'analyse spatiale en pédologie. *Science du sol*. Vol. 31. 30. 141-169.

Jamagne M., Hardy R., King D. & Bornand M., 1995. Les bases de données géographiques des sols de France. *Étude et Gestion des Sols*, 2(3) : 153-172.

King D., 1984 – Analyse de quelques concepts en cartographie des sols basée sur une automatisation des cartes thématiques dérivées. *Agronomie*, 4 (5), 461- 472.

King D., Daroussin J., Arrouays D., 1989- Analyse cartographique et système d'information géographique en pédologie. *Science du sol*. Vol. 27. (1). 89-92.

King D., Duval O., 1989- Traitement informatique des données pédologiques. *La bibliothèque Logos. Science du sol*. Vol. 27. (1). 77-80.

Lagacherie P., 1992, Formalisation des lois de distribution des sols pour automatiser la cartographie pédologique à partir d'un secteur pris comme référence. *Thèse de doctorat*. Université de Montpellier 2. INRA, science du sol, 175 p.

Lagacherie P., Ledreux C., Legros J.P., 1993- Modélisation de la connaissance d'un pédologue cartographe. Application à l'automatisation de cartographie pédologique à partir d'un secteur de référence. *Mappemonde* 4/93.

Lagacherie P. et Obballos J., 2001- Utilisation d'un secteur de référence pour désagréger les unités cartographiques complexes d'un référentiel pédologique régional. Un premier essai en plaine viticole Héraultaise. *Journées Nationales de l'Etude des Sols*, 22-24 octobre, Orléans.

Lagacherie P., 2002- Cartographie des sols et de leurs propriétés à un niveau sub-régional. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'habilitation à la recherche des recherches. Université Montpellier 2.

Lahmar R., Arousseau P., Bresson L.M., 1989- Analyse de contenu d'une carte pédologique en horizon : les formules de sol. Science du sol. 27. (1). 45 – 48

Legros J.P., 1978- Recherche et contrôle numérique de la précision en cartographie pédologique. I.- Précision dans la délimitation des sols. Ann. Agron., 29 (5), 499-519.

Legros J.P., 1978 – Recherche et contrôle numérique de la précision en cartographie pédologique. II.- Précision dans la caractérisation des unités de sols. Ann. Agron., 29 (6), 583-601.

Legros et J. P., Bornand M., 1992- SIG et gestion des sols. Potentialités et limites d'application. Journées d'étude à l'EPFL, Lausanne, 6-7 Juillet 1992.

Legros J. P., Falipou P., Dunand-Divol F., 1992- Vérification de la qualité de l'information dans les bases de données de sol. Science du sol, Vol. 30, 2, 117-131.

Legros, J. P., 1996- Cartographie des sols. De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Coll. Gérer l'environnement, Presses Polytec. Et univ. Romandes, 370 p.

Ruellan A., Dossé M., Fritsch E., 1989- L'analyse structurale de la couverture pédologique. Science du sol, Vol. 27, 4, 319-334.

Robbez-Masson J. M., Doledec A. F. & Billy F., 1991. Relations entre facteurs du milieu naturel et pédopaysages : variables pertinentes pour une délimitation assistée. *Coll. INRA «Gestion de l'espace rural et SIG »*, Florac, pp. 5-15.

Shwartz Ch., Walter Ch., Claudot B., Bouédo Th., Arousseau P., 1997- Synthèse nationale des analyses de terre réalisées entre 1990 et 1994. I. Constitution d'une banque de données cantonales.

Souissi A. 1976 : les différents systèmes de cartographie et leurs adaptations aux objectifs en Tunisie. *Annales de l'institut national agronomique (el Harrach)* pp 163-168.

Tessier D., Bruand A., Le Bissonnais Y., Dambrine E., 1996- Qualité chimique et physique des sols. Variabilité spatiale et évolution. *Etude et Gestion des sols*, 3, 4, 229-244p.

Timelelt. F. 2007 : Valorisation des données pédologiques en Algérie. Analyse critique et thématique de la carte pédologique du plateau de Hennaya (w.Tlemcen ) 110p.

Trouche G., Morlon P., 1999- Comparaison de différentes méthodes d'estimation de la réserve en eau utile des sols (R.U) dans le périmètre de l'O.G.A.F. Environnement de la zone de Migennes (Yonne). Etude et Gestion des sols, 6, 1, 41 – 54.

Voltz M., 1986- Variabilité spatiale des propriétés physiques du sol en milieu alluvial. Thèse Doc. Ing. 162 p

Walter C., 1990- Estimation des propriétés du sol et quantification de leur variabilité à moyenne échelle : Cartographie pédologique et géostatistique dans le sud de l'Ille et Vilaine (France). Thèse Doctorat, Université de Paris 6, France, 172 p.

Walter C., 2002- Analyse spatiale des sols en vue de leur gestion précise et de leur surveillance. Mém. Scient. Université Henri Poincaré de Nancy. 93p.

## **Annexe**

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil :61 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-90	90-200		
-----------------	------	-------	--------	--	--

**GRANULOMETRIE\*\***

Argile %	50,4	51,65	47,1		
Limon fin % :	30,2	21,9	39,9		
Limon grossier % :	10,7	17,15	2,95		
Sable fin % :	7,5	8,9	8,7		
Sable grossier % :	1,2	0,35	1,35		

**MATIERES ORGANIQUES\***

Matières organiques % :	1,93	1,53	0,81		
Carbone (C) ‰ :	11,2	8,9	4,7		
Azote (N) ‰ :	1,1	0,87	0,45		
Rapport C/N :	10	10	10		

**RESERVES MINERALES**

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	44	30	15		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	12,1	14,3	13,8		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					

**BASES ECHANGEABLES\*\***

Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	21,95	17,7	13,15		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	5,7	6,8	7,6		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,81	0,55	0,74		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,06	0,09	0,13		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	27,65	25,14	21,62		

**SOLUTION DU SOL\***

% Saturation :		68			
pH :	8	7,8	8		
CE (millimohs/cm) :	0,5	2,5	1,5		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :		0,3			
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :		18,5			
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :		4,9			
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :		8,6			
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :		9,4			
Na <sup>+</sup> (meq/l) :		1,8			
K <sup>+</sup> (meq/l) :		0,9			

**CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**

Densité réelle :***	2,44	2,4	2,43		
Densité apparente :**	1,3	1,33	1,34		
pF4,2***	25,05	24,5	22,62		
pF3,0***	27,97	27,71	25		
pF2,5***	33	34,19	30,87		

\* : ANRH-Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 81 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-50	50-140		
------------------------	------	-------	--------	--	--

**GRANULOMETRIE\*\***

Argile %	38,53	47,55	32,95		
Limon fin % :	36,52	28,16	52,6		
Limon grossier % :	10,35	14	6,95		
Sable fin % :	13,5	10	7,45		
Sable grossier % :	1,1	0,3	0,5		

**MATIERES ORGANIQUES\***

Matières organiques % :	1,53	1,01	0,77		
Carbone (C) % :	8,9	5,9	4,5		
Azote (N) % :	0,92	0,6	0,42		
Rapport C/N :	10	10	11		

**RESERVES MINERALES**

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total % :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	64	47	30		
CaCO <sub>3</sub> total % :	12,2	13	14		
CaCO <sub>3</sub> actif % :*					
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					

**BASES ECHANGEABLES\*\***

Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	9,1	18,8	10		
2,32	1,5	0,96	4,3		
13,5	8,7	5,6	0,56		
1,4	0,85	0,55	0,2		
10	10	10			
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	11,07	21,41	15,06		

**SOLUTION DU SOL\***

% Saturation :			70		
pH :	8	7,9	7,7		
CE (millimohs/cm) :	0,5	0,7	3		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :			0,3		

SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :			28,4		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :			5,6		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :			13,8		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :			15,6		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :			4,2		
K <sup>+</sup> (meq/l) :			0,1		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,56	2,47	2,48		
Densité apparente :**	1,32	1,2	1,17		
pF4,2***	17,23	19,89	20,73		
pF3,0***	20,39	22,38	24,58		
pF2,5***	26,14	27,54	31,1		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil :77- Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-50	50-90	90-170		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	44,1	8,45	12,65		
Limon fin % :	28,34	80	70,85		
Limon grossier % :	21,01	6,5	15		
Sable fin % :	6	5	1,5		
Sable grossier % :	0,56	0,05	0		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,2	0,95	0,79		
Carbone (C) ‰ :	7	5,5	4,6		
Azote (N) ‰ :	0,69	0,52	0,44		
Rapport C/N :	10	11	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	55	38	23		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	12,8	12,6	13		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	11,6	17,3	35,25		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	6,61	7,19	10,25		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,74	0,92	0,44		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,11	0,39	0,32		

T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	19,06	23,8	46,26		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :			74		
pH :	8	7,8	7,6		
CE (millimohs/cm) :	0,5	1	3,9		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :			0,2		
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :			35,5		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :			4,8		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :			15,6		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :			19,6		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :			3,2		
K <sup>+</sup> (meq/l) :			0,1		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,46	2,45	2,42		
Densité apparente :**	1,29	1,44	1,1		
pF4,2***	22,76	23,66	25,1		
pF3,0***	24,7	26,29	28,21		
pF2,5***	26,28	31,61	33,57		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 73 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-75	75-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	13,5	16	2,5		
Limon fin % :	28,5	49,25	62,5		
Limon grossier % :	7	12,15	7,5		
Sable fin % :	34,5	22,15	17,5		
Sable grossier % :	16,5	0,45	0		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,51	1,24	1,17		
Carbone (C) ‰ :	8,8	7,2	6,8		
Azote (N) ‰ :	0,91	0,69	0,66		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	46	32	25		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	16,5	18,9	18		
K <sub>2</sub> O total % :					

Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	12,1	5,6	6,3		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	4	2	2,7		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,55	1,55	0,97		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,16	0,11	0,1		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	16,81	9,26	10,07		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :		70	70		
pH :	7,5	7,6	7,6		
CE (millimohs/cm) :	1,6	2,2	2,1		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :		0,1	0,3		
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :		32,6	18,2		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :		5,9	4,8		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :		15,3	9,8		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :		18,9	10,4		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :		1,6	2,2		
K <sup>+</sup> (meq/l) :		0,1	0,1		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,5	2,5	2,45		
Densité apparente :**	1,51	1,27	1,14		
pF <sub>4,2</sub> ***	18,8	22,36	22,76		
pF <sub>3,0</sub> ***	21,29	26,45	27,92		
pF <sub>2,5</sub> ***	24,81	33,73	34,37		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil :48 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-45	45-105	105-140		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	11,1	15	22,85		
Limon fin % :	25,5	73	63,24		
Limon grossier % :	34,8	6,6	6,61		
Sable fin % :	28,4	5,35	7,25		
Sable grossier % :	0,2	0,05	0,05		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,48	1,01	0,7		
Carbone (C) ‰ :	8,6	5,9	4,1		
Azote (N) ‰ :	0,88	0,6	0,42		
Rapport C/N :	10	10	10		

<b>RESERVES MINERALES</b>				
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total % :</b>	0,98	0,75	0,37	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :</b>	64	31	26	
<b>CaCO<sub>3</sub> total % :</b>	55,48	68,4	57	
<b>CaCO<sub>3</sub> actif % :* :</b>	14	17	15,3	
<b>K<sub>2</sub>O total % :</b>	1,15	0,62	0,46	
<b>Gypse total % :</b>				
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>				
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	10,5	12,9	5,6	
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	2,8	6,1	3,36	
<b>K<sup>+</sup> (meq/100g)</b>	1,68	0,59	0,51	
<b>Na<sup>+</sup> (meq/100g)</b>	0,16	0,18	0,13	
<b>T (NH<sub>4</sub>) (meq/100g)</b>				
<b>Na/T %</b>				
<b>CEC (meq/100g) :</b>	15,14	19,77	9,6	
<b>SOLUTION DU SOL*</b>				
<b>% Saturation :</b>				
<b>pH :</b>	7,9	7,9	7,7	
<b>CE (millimohs/cm) :</b>	0,6	0,8	1,7	
<b>CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> (meq/l) :</b>				
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (meq/l) :</b>				
<b>Cl<sup>-</sup> (meq/l) :</b>				
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/l) :</b>				
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/l) :</b>				
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l) :</b>				
<b>K<sup>+</sup> (meq/l) :</b>				
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>				
<b>Densité réelle :***</b>	2,54	2,65	2,62	
<b>Densité apparente :**</b>	1,32	1,17	1,36	
<b>pF4,2***</b>	12,09	15,47	13,68	
<b>pF3,0***</b>	17,7	20,71	12,6	
<b>pF2,5***</b>	21,94	25,86	25,49	

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 51 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-100	100-160	
<b>GRANULOMETRIE**</b>				
<b>Argile %</b>	38,2	10,05	12,8	

<b>Limon fin % :</b>	31,2	68,3	74,55		
<b>Limon grossier % :</b>	8,65	20,35	5,45		
<b>Sable fin % :</b>	21,15	1,25	6,75		
<b>Sable grossier % :</b>	0,8	0,05	0,45		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
<b>Matières organiques % :</b>	2,27	1,53	0,7		
<b>Carbone (C) ‰ :</b>	13,2	8,9	4,1		
<b>Azote (N) ‰ :</b>	1,3	0,9	0,4		
<b>Rapport C/N :</b>	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total ‰ :</b>					
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :</b>	48	34	28		
<b>CaCO<sub>3</sub> total % :</b>					
<b>CaCO<sub>3</sub> actif % :* :</b>	14,3	15,1	13,3		
<b>K<sub>2</sub>O total % :</b>					
<b>Gypse total % :</b>					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	9,4	11	16,1		
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	4,1	6,1	7,6		
<b>K<sup>+</sup> (meq/100g)</b>	0,58	0,62	0,44		
<b>Na<sup>+</sup> (meq/100g)</b>	0,08	0,11	0,26		
<b>T (NH<sub>4</sub>) (meq/100g)</b>					
<b>Na/T %</b>					
<b>CEC (meq/100g) :</b>	14,16	17,83	24,4		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
<b>% Saturation :</b>					
<b>pH :</b>	7,8	8,1	8,3		
<b>CE (millimohs/cm) :</b>	0,5	0,2	0,7		
<b>CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> (meq/l) :</b>					
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Cl<sup>-</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l) :</b>					
<b>K<sup>+</sup> (meq/l) :</b>					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
<b>Densité réelle :***</b>	2,51	2,5	2,46		
<b>Densité apparente :**</b>	1,29	1,35	1,45		
<b>pF4,2***</b>	13,73	18,91	20,96		
<b>pF3,0***</b>	18,44	21,73	27,78		
<b>pF2,5***</b>	21,43	25,67	30,96		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 46 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-90	90-140		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	37,54	26,55	14,9		
Limon fin % :	40,45	25,06	69,9		
Limon grossier % :	15,5	26,48	3,75		
Sable fin % :	5	18,92	4,95		
Sable grossier % :	1,5	3	6,5		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,68	1,39	72		
Carbone (C) ‰ :	9,8	8,1	4,2		
Azote (N) ‰ :	1	0,83	0,44		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	90	38	20		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	14,1	16,6	16,7		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	5,6	18,6	16,6		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	4,8	5,6	5,8		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,57	0,74	0,88		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,09	0,11	0,2		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	11,06	25,05	23,48		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8	7,9	7,8		
CE (millimohs/cm) :	0,3	0,8	1,5		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,48	2,53	2,52		

Densité apparente : **	1,28	1,27	1,49		
pF4,2***	16,54	7,08	13,14		
pF3,0***	22,87	24,69	19,92		
pF2,5***	28,06	28,97	23,9		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 64 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-75	75-150		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	9,91	16,3	12,25		
Limon fin % :	63,61	66,95	60		
Limon grossier % :	9,91	13,6	20,6		
Sable fin % :	15,1	3	6,5		
Sable grossier % :	6,5	0	0,65		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	2,03	1,58	0,95		
Carbone (C) % :	11,8	9,2	5,5		
Azote (N) % :	1,2	0,89	0,52		
Rapport C/N :	10	10	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total % :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	45	28	25		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	12,5	14,2	14		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	5	10,2	31,2		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	1,8	3,8	3,3		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1,09	0,49	0,39		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,24	0,28	0,22		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	8,53	14,77	35,11		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8	8	7,9		
CE (millimohs/cm) :	1,3	1,3	1,6		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					

SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,46	2,44	2,42		
Densité apparente :**	1,34	1,38	1,1		
pF <sub>4,2</sub> ***	24,64	23,47	22,82		
pF <sub>3,0</sub> ***	27,67	25,03	25,99		
pF <sub>2,5</sub> ***	33,19	28,79	30,26		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil :66 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-90	90-160		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	6,3	39,5	10		
Limon fin % :	52,85	40	73,95		
Limon grossier % :	52,85	10	7		
Sable fin % :	29,85	10	9		
Sable grossier % :	0	0,5	0,05		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,94	0,34	1,12		
Carbone (C) % :	11,3	7,8	6,5		
Azote (N) % :	1,1	0,76	0,63		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total % :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	47	30	24		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	12	13,2	13,9		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)					
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)					
K <sup>+</sup> (meq/100g)					
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,13	0,24	0,015		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					

CEC (meq/100g) :					
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :				72	
pH :	8,2	8,1		7,6	
CE (millimohs/cm) :	0,3	0,7		4,9	
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :				0,2	
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :				34,2	
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :				8,4	
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :				17,6	
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :				18,9	
Na <sup>+</sup> (meq/l) :				2,6	
K <sup>+</sup> (meq/l) :				1,2	
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,55	2,55		2,47	
Densité apparente :**	1,11	1,22		1,22	
pF <sub>4,2</sub> ***	17,18	19,8		23,81	
pF <sub>3,0</sub> ***	19,78	22,42		26,82	
pF <sub>2,5</sub> ***	24,87	27,94		33,24	

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 57 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-40	40-100	100-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	16	10,76	50,4		
Limon fin % :	59,55	54,735	52,5		
Limon grossier % :	12,5	13,59	18		
Sable fin % :	9,75	12,66	11,15		
Sable grossier % :	2,2	8,255	5,4		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,6	0,95	0,81		
Carbone (C) ‰ :	9,3	5,5	4,7		
Azote (N) ‰ :	0,9	0,52	0,45		
Rapport C/N :	10	11	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :	0,75	0,49	0,22		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	47	32	18		
CaCO <sub>3</sub> total % :	41,8	41,8	48,64		
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	14,4	14,4	15,1		
K <sub>2</sub> O total % :	1,26	0,77	0,6		
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					

Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	14,3	21,95	17,7		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	1,9	5,7	6,8		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1,38	0,81	0,55		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,21	0,11	0,13		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	17,71	27,65	25,14		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8,1	8,1	8,1		
CE (millimohs/cm) :	0,5	0,3	0,6		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2,51	2,44	2,42		
Densité apparente :**	1,44	1,34	1,42		
pF4,2***	15,97	18,82	19,63		
pF3,0***	21,99	25,57	26,35		
pF2,5***	24,98	31,09	32,78		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 41 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-90	90-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	17	10	13.2		
Limon fin % :	66.05	77.75	55.55		
Limon grossier % :	14.2	9.2	15.35		
Sable fin % :	2.75	3	15.75		
Sable grossier % :	0	0.05	00.15		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	2.15	1.34	1.12		
Carbone (C) % :	12.5	7.8	6.5		
Azote (N) % :	1.3	0.8	0.63		
Rapport C/N :	10	10	10		

<b>RESERVES MINERALES</b>				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	87	48	30	
CaCO <sub>3</sub> total % :				
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	13.8	15.3	15.5	
K <sub>2</sub> O total % :				
Gypse total % :				
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>				
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	19.85	15.7	13.75	
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	6.3	4.6	3.25	
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.36	0.75	0.76	
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.16	0.19	0.13	
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)				
Na/T %				
CEC (meq/100g) :	26.67	21.24	17.89	
<b>SOLUTION DU SOL*</b>				
% Saturation :				
pH :	8.1	8.2	8	
CE (millimohs/cm) :	0.2	0.2	0.2	
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :				
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :				
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :				
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :				
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :				
Na <sup>+</sup> (meq/l) :				
K <sup>+</sup> (meq/l) :				
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>				
Densité réelle :***	2.57	2.45	2.49	
Densité apparente :**	1.38	1.44	1.33	
pF <sub>4,2</sub> ***	18.34	24.14	19.65	
pF <sub>3,0</sub> ***	25.19	29.68	23.32	
pF <sub>2,5</sub> ***	27.84	33.81	26.88	

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 52 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-85	85-140		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	41.70	8.15	7.50		
Limon fin % :	35.40	72.10	63.50		
Limon grossier % :	10.90	7.05	12.50		

Sable fin % :	11.00	12.50	16.50		
Sable grossier % :	1.00	0.20	00.00		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1.68	1.07	0.69		
Carbone (C) % :	9.80	6.20	4.00		
Azote (N) % :	1.02	0.58	0.42		
Rapport C/N :	10	11	9		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total % :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :* :	50	24	18		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :* :	11.70	12.50	10		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	17.60	13.00	16.50		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	8.40	0.85	3.95		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1.48	0.59	0.71		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.51	0.19	0.23		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	27.63	14.63	21.39		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8.1	8.2	8		
CE (millimohs/cm) :	0.3	0.3	0.8		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.45	2.50	2.50		
Densité apparente :**	1.39	1.28	1.37		
pF <sub>4,2</sub> ***	16.27	21.64	14.25		
pF <sub>3,0</sub> ***	20.88	24.38	19.67		
pF <sub>2,5</sub> ***	24.49	28.12	24.49		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....

N° Profil : 55 - Nbr Horizon : 03  
 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-90	90-180		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	13.05	12.00	12.50		
Limon fin % :	71.65	64.00	62.25		
Limon grossier % :	8.60	11.50	20.00		
Sable fin % :	6.50	12.50	5.00		
Sable grossier % :	0.20	0.00	0.25		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	2.05	1.58	0.55		
Carbone (C) ‰ :	11.90	9.20	3.20		
Azote (N) ‰ :	1.20	0.90	0.33		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	46	28	20		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	13.3	12.3	13.1		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	14.90	18.50	23.45		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	7.00	8.00	6.00		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.69	0.61	0.58		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.31	0.17	0.21		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	22.90	27.28	30.24		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8.1	8.2	7.9		
CE (millimohs/cm) :	0.3	0.2	1.1		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.42	2.44	-		
Densité apparente :**	1.10	1.24	1.43		
pF4,2***	18.51	22.21	-		
pF3,0***	23.52	25.70	-		
pF2,5***	28.02	29.70	-		

\* : ANRH-  
Constantine  
\*\* : FERPHOS-Tebessa  
\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 69 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-30	30-90	90-160		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	10.90	10.50	63.50		
Limon fin % :	63.75	73.99	30.30		
Limon grossier % :	10.40	9	3.10		
Sable fin % :	14.45	6.50	3.10		
Sable grossier % :	0.50	0.01	0.00		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1.87	1.22	0.89		
Carbone (C) ‰ :	10.9	7.10	5.20		
Azote (N) ‰ :	1.10	0.72	0.50		
Rapport C/N :	10	10	10		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	45	36	18		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	13.6	13.3	13.1		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	13.20	12.70	12.60		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	2.20	5.70	5.90		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.75	0.65	0.83		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.08	0.17	0.08		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	16.23	19.22	19.41		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8	8.1	8.1		
CE (millimohs/cm) :	1.5	0.8	0.7		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					

K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.48	2.46	2.45		
Densité apparente :**	1.32	1.29	1.33		
pF4,2***	20.76	22.13	23.49		
pF3,0***	23.02	24.14	27.02		
pF2,5***	28.49	28.98	31.89		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 47 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-50	50-110			
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	45.55	18.00			
Limon fin % :	13.60	58.85			
Limon grossier % :	30.30	16.55			
Sable fin % :	9.30	6.50			
Sable grossier % :	1.25	0.1			
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1.82	0.72			
Carbone (C) ‰ :	10.6	4.2			
Azote (N) ‰ :	1.02	0.40			
Rapport C/N :	10	10			
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	52	19			
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	15.8	15.8			
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	14.63	11.30			
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	4.90	6.20			
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.73	0.64			
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.05	0.24			
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	20.31	18.38			
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	8.1	8.2			

CE (millimohs/cm) :	0.2	0.5			
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.46	2.60			
Densité apparente :**	1.42	1.12			
pF <sub>4,2</sub> ***	15.67	19.15			
pF <sub>3,0</sub> ***	20.33	26.38			
pF <sub>2,5</sub> ***	24.51	30.91			

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 56 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-35	35-90	90-180		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	31.65	12.90	40.65		
Limon fin % :	25.96	51.12	39.90		
Limon grossier % :	15.75	8.15	10.85		
Sable fin % :	23.70	22.20	8.55		
Sable grossier % :	2.95	5.63	0.05		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1.29	0.70	0.57		
Carbone (C) ‰ :	4.50	4.10	3.30		
Azote (N) ‰ :	0.76	0.43	0.30		
Rapport C/N :	10	9	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	58	36	25		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	15.1	14.2	13.9		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	15.40	17.20	15.10		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	1.90	4.01	4.90		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.44	1.07	0.50		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.07	0.07	0.10		

T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	17.81	22.37	20.60		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :			70		
pH :	7.9	7.8	7.7		
CE (millimohs/cm) :	0.8	1.8	3.1		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :			0.2		
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :			28		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :			3.2		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :			14.2		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :			16.2		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :			2.2		
K <sup>+</sup> (meq/l) :			0.8		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.56	2.54	2.45		
Densité apparente :**	1.33	1.27	1.29		
pF <sub>4,2</sub> ***	13.31	14.53	15.51		
pF <sub>3,0</sub> ***	19.65	20.47	25.18		
pF <sub>2,5</sub> ***	24.98	24.50	30.37		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 75 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-45	45-100	100-160		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	29.07	32.90	41.52		
Limon fin % :	30.43	28.17	33.78		
Limon grossier % :	11.20	18.93	17.41		
Sable fin % :	24.50	16.50	7.00		
Sable grossier % :	4.80	3.50	0.30		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1.51	1.17	0.95		
Carbone (C) ‰ :	8.80	6.80	5.50		
Azote (N) ‰ :	0.84	0.69	0.52		
Rapport C/N :	10	10	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :	1.36	0.65	0.32		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	54	34	22		
CaCO <sub>3</sub> total % :	49.40	49.40	43.70		
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	12.2	12.9	13.0		

K <sub>2</sub> O total % :	1.08	0.60	0.42		
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	13.60	24.30	14.80		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	4.00	6.17	2.40		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0.39	0.71	0.36		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0.10	0.10	0.07		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	18.09	31.28	17.63		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :	70	72	73		
pH :	7.7	7.7	7.5		
CE (millimohs/cm) :	2.1	2.0	3.8		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :	0.3	0.3	0.3		
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :	17.6	16.9	34.2		
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :	4.8	7.0	5.8		
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :	9.6	7.6	16.8		
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :	10	9.2	18.8		
Na <sup>+</sup> (meq/l) :	2.2	2.3	1.6		
K <sup>+</sup> (meq/l) :	0.1	0.5	0.1		
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***	2.51	2.60	2.47		
Densité apparente :**	1.20	1.31	1.34		
pF <sub>4,2</sub> ***	14.14	13.89	19.65		
pF <sub>3,0</sub> ***	17.21	17.05	23.50		
pF <sub>2,5</sub> ***	21.91	21.83	29.65		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 53- Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-40	40-110	110-200		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	23,79	12,86	25,7		
Limon fin % :	38,92	55,56	37,26		
Limon grossier % :	2,34	13,5	16,8		
Sable fin % :	23,7	12,23	19,15		
Sable grossier % :	11,25	5,85	1,1		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,29	0,74	0,41		

<b>Carbone (C) % :</b>	7,5	4,3	2,4		
<b>Azote (N) % :</b>	0,77	0,42	0,2		
<b>Rapport C/N :</b>	10	10	12		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total % :</b>					
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (ppm) :*</b>	53	31	20		
<b>CaCO<sub>3</sub> total % :</b>					
<b>CaCO<sub>3</sub> actif % :*</b>	13,8	14,2	12		
<b>K<sub>2</sub>O total % :</b>					
<b>Gypse total % :</b>					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	6,3	19,2	26,7		
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/100g)</b>	2,06	4	9,8		
<b>K<sup>+</sup> (meq/100g)</b>	0,4	0,68	0,77		
<b>Na<sup>+</sup> (meq/100g)</b>	0,15	0,07	0,07		
<b>T (NH<sub>4</sub>) (meq/100g)</b>					
<b>Na/T %</b>					
<b>CEC (meq/100g) :</b>	8,91	23,95	37,34		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
<b>% Saturation :</b>					
<b>pH :</b>	8,2	8,2	8,2		
<b>CE (millimohs/cm) :</b>	0,2	0,2	0,2		
<b>CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> (meq/l) :</b>					
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Cl<sup>-</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Ca<sup>++</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Mg<sup>++</sup> (meq/l) :</b>					
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l) :</b>					
<b>K<sup>+</sup> (meq/l) :</b>					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
<b>Densité réelle :***</b>	2,62	2,56	2,61		
<b>Densité apparente :**</b>	1,27	0,39	1,29		
<b>pF4,2***</b>	11,26	13,12	11,92		
<b>pF3,0***</b>	15,56	20,33	18,72		
<b>pF2,5***</b>	20	25,08	23,54		

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 70 - Nbr Horizon : 03 .....

<b>Profondeur (cm)</b>	0-35	35-95	>95		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					

Argile %	10,05	51,8	10		
Limon fin % :	68,9	26,95	72,2		
Limon grossier % :	15,8	15,3	12,2		
Sable fin % :	5	5	5		
Sable grossier % :	0,25	0,95	0,6		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,5	0,86	0,79		
Carbone (C) % :	8,7	5	4,6		
Azote (N) % :	0,84	0,49	0,42		
Rapport C/N :	10	10	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	57	27	20		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	15,5	15,2	15,9		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	13,75	10,2	26,7		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	3,25	3,8	9,8		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1,04	0,82	0,72		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,1	1,19	0,15		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %	18,14	15,01	37,37		
CEC (meq/100g) :					
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :	7,6	7,7	7,7		
CE (millimohs/cm) :	0,2	0,6	0,2		
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Densité réelle :***					
Densité apparente :**	1,41	1,41	1,49		
pF4,2***					
pF3,0***					
pF2,5***					

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger

**Demandeur : HPE.**

N° de l'étude .....
N° du laboratoire .....
N° Profil : 86 - Nbr Horizon : 03 .....

Profondeur (cm)	0-40	40-90	90-120		
<b>GRANULOMETRIE**</b>					
Argile %	35,1	8,5	17,7		
Limon fin % :	34,35	44,6	63,65		
Limon grossier % :	10,55	29,4	11,55		
Sable fin % :	12	16,5	7		
Sable grossier % :	8	1	0,1		
<b>MATIERES ORGANIQUES*</b>					
Matières organiques % :	1,1	0,95	0,76		
Carbone (C) ‰ :	6,4	5,5	4,4		
Azote (N) ‰ :	0,62	0,56	0,4		
Rapport C/N :	10	10	11		
<b>RESERVES MINERALES</b>					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰ :					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (ppm) :*	51	38	24		
CaCO <sub>3</sub> total % :					
CaCO <sub>3</sub> actif % :*	15	16	15,2		
K <sub>2</sub> O total % :					
Gypse total % :					
<b>BASES ECHANGEABLES**</b>					
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	14,4	26,9	14,2		
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	9,6	3,4	6,7		
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,54	0,79	0,51		
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,04	0,25	0,11		
T (NH <sub>4</sub> ) (meq/100g)					
Na/T %					
CEC (meq/100g) :	24,58	31,34	25,11		
<b>SOLUTION DU SOL*</b>					
% Saturation :					
pH :					
CE (millimohs/cm) :					
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (meq/l) :					
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l) :					
Cl <sup>-</sup> (meq/l) :					
Ca <sup>++</sup> (meq/l) :					
Mg <sup>++</sup> (meq/l) :					
Na <sup>+</sup> (meq/l) :					
K <sup>+</sup> (meq/l) :					
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					

Densité réelle :***					
Densité apparente :**	1,54	1,21		1,12	
pF4,2***					
pF3,0***					
pF2,5***					

\* : ANRH-

Constantine

\*\* : FERPHOS-Tebessa

\*\*\* : ANRH-Alger