



UNIVERSITE DE OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES  
ET SCIENCES DE L'INGENIEUR

N° d'ordre : .....

N° de série : .....

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**Mémoire**

Présenté pour l'Obtention du Diplôme de

**MAGISTER**

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : Protection de l'environnement en zones arides

**Par : Brahim DJILI**

*Thème*

**Etude des sols alluviaux en zones arides.  
Cas de la Daya d'El-Amied (région de Guerrara),  
essai morphologique et analytique**

Soutenu publiquement le 30 juin 2004

Membres du jury :

M CHELLOUFI Hamid	Maître de Conférences, Université de Ouargla	Président
M HAMDI-AISSA Belhadj	Maître Assistant chargé de cours, Université de Ouargla	Rapporteur
M HALILAT Mohammed. Tahar	Maître de Conférences, Université de Ouargla	Examineur
M MESSEN Nacer	Maître de Recherches, CRNB, Ain Oussara	Examineur

**ANNEE UNIVERSITAIRE  
2003/2004**

*A ma mère en témoignage de ses sacrifices et ses soutiens.*

*A mon père pour tous ses soutiens.*

*A mes frères et mes sœurs : Abd-Elkader, Djamel, Amina et surtout Naïma.*

*A ma grande famille Djili.*

*A tous mes amis.*

*Je dédie ce modeste travail*

## *Avant propos*

Louange à Dieu tout puissant pour tout ce qu'il m'a donné afin que je puisse terminer ce travail.

Au terme de ce mémoire, qu'il me soit permis d'exprimer mes profonds remerciements à mon promoteur Monsieur **Belhadj HAMDI-AISSA** d'avoir proposé ce thème et accepté de m'encadrer et suivre pas à pas la progression de ce travail. Je le remercie infiniment pour son aide et ses conseils judicieux. Je remercie également chaleureusement tous les membres de sa famille.

Mes vifs remerciement s'adressent à Monsieur Hamid CHELLOUFI, Maître de Conférence à l'Université de Ouargla, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant la présidence de mon jury.

Je remercie Monsieur Mohammed Tahar HALILAT, Maître de Conférence à l'Université de Ouargla, qui a bien voulu examiner ce travail.

Je dois une mention particulière à Monsieur Nacer MESSEN, Maître de Recherche au C.R.N.B Ain Oussara, et chef de projet DAYACLIM, à qui je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance pour ses critiques scientifiques judicieuses et approfondies, ses conseils et orientations, ses encouragements et pour avoir bien voulu accepter de faire partie du Jury.

Que messieurs, M. HADJ-MAHAMMED, M. D. OULD ELAHADJ, M. DADI BOUHOUN, Y. TOUIL, A. DOUADI, L. SEKIRIFA, M. HACINI, D. IMATOUKENE et Melle K. DEHAK soient assurés de ma reconnaissance pour l'aide et l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Mes remerciements vont à toutes les équipes de bibliothèque et de service de laboratoire de deux départements de sciences agronomique et de biologie, particulièrement Mme M. IDDER, Mr.L. BEGARI, Mr. MESAITFA, Mme MAANE, Mme MANZER, Youcef et Farid.

Mes sincères remerciements vont également à tous ceux qui nous ont aidé au Guerrara, particulièrement : Mr. B. HAMDI-AISSA, Mr. I. BENAÏSSA, Mr. A. HAMID OUDJANA, Mr. M. HADJ MESSAOUD, Mr. H. CHERIFI, Mr. A. HAMDI, Mr. S. MENSSORI, Mr. N. HERIZ et Mr. B. BAYOUD.

Je remercie par la même occasion tous mes amis de la promotion 1 de Magister, surtout Mr. M. M. SAGGAI et Mr. A. BOUTMEDJET, qu'ils trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements.

Je n'oublierai pas mes amis A HASSINI et L. MECHRI et tous mes amis de l'Université de Ouargla pour leur aide et leur vive sympathie, qu'ils soient assurés de ma profonde reconnaissance.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

## *Résumé*

Le but de ce travail était de contribuer à l'étude des sols alluviaux en zones arides, en prenant l'exemple de la Daya d'El-Amied, située dans la région de Guerrara au Sahara septentrional. Elle se caractérise par sa position géomorphologique, permettant l'influence de deux types d'apports : alluvial alimenté par les crues d'oued Zegrir et éolien alimenté par les vents de sables.

L'étude morphologique et analytique de la couverture pédologique de la Daya montre que ces sols sont très jeunes, leur formation résulte de la sédimentation de deux types d'apport alluvionnaire et éolien sous forme d'une stratification d'horizons de texture différente sableuse ou sablo-limineuse à limoneuse. Ce sont des sols non salins, légèrement à fortement alcalins. La teneur en calcaire est faible à moyen, elle atteint son maximum dans le bas fond de la Daya. La concentration en sels solubles est faible, le faciès géochimique est sulfaté-calcaïque. La teneur en matière organique est faible. La CEC est faible à moyen et le gypse est très faible.

L'étude de l'organisation spatiale de la couverture pédologique de la Daya ainsi que celle d'autre partie du lit d'oued Zegrir, a permis de dégager six unités cartographiques rattachées à trois types de taxons de système WRB-FAO : Arénosol yermique, Fluvisol takyrique et Fluvisol calcari takyrique.

**Mots clés :** sols alluviaux, zones arides, Daya, Région de Guerrara, couverture pédologique, paléoclimat.

## **Summary**

The objective of this work was to study the alluvial soil in arid zones, example the Daya of El –Amied, located in the region of Guerrara in the northern Sahara. It is characterized by the geomorphologic position that allows the influence of two kinds of contributions: alluvial came out by the raw of Zegrir Oued and aeolian caused by the winds of sands.

The morphological and the analytical study of the pedagogical cover of the Daya shows that these soils are very young, their formation results the sedimentation of two sorts of contributions alluvial and aeolian shaped as a stratification of sandy and sandy-loam/silt-loam horizon. Soil material is not saline, slightly to greatly alkali. The content in limestone is weak to means. The maxim is observed in the bottom of the Daya. The concentration in soluble salts is weak, the geochemical facies is calcic sulfate. The content in organic matter is weak. The CEC is weak to means and gypsum is very weak.

The study of the spatial organization of the pedagogical covers of the Daya and wadi bed of Zegrir Oued has permitted to clear six sol map units connected to three types of WRB–FAO classification systems: Arénosol yermic, Fluvisol takyric and Fluvisol calcari-takyric

**Key words:** alluvial soil, arid areas, Daya, Region of Guerrara, Pedological cover, paleoclimate.

\_\_\_\_\_

.

:

.

.

:

.

Fluvisol calcari takyrique    Fluvisol takyrique    Arénosol yermique :

:

.

## Liste des figures

	<i>Page</i>
Figure 01. Diagramme de Hjulström, érosion-transport-sédimentation.....	03
Figure 02. Processus d'évolution du sol alluvial peu altéré et peu humifère.....	04
Figure 03. localisation de la région de Guerrara .....	09
Figure 04. Carte et coupe géologique de région de Guerrara.....	10
Figure 05. Schéma montrant quelques unités géomorphologique dans la région de Guerrara.	12
Figure 06. Réseau hydrographique de l'Oued Zegrir.....	16
Figure 07. Fréquence mensuelle des crues de oued Zegrir. ....	17
Figure 08. Diagramme Ombrothermique de la station de Ghardaïa.....	21
Figure 09. Climagramme d'EMBERGER pour la région de Ghardaïa.....	21
Figure 10. Carte de végétation de la région de Guerrara.....	23
Figure 11. Influence des deux apports alluvial et éolien sur la Daya d'El-Amied. ....	25
Figure 12. Localisation des solus et des toposéquences étudiées. ....	27
Figure 13. Profils calcaires, salins et de pH du solum CRR-6.....	33
Figure 14. Profil ionique du solum CRR-6. ....	33
Figure 15. Profils calcaires, salins et de pH du solum AA-10.....	37
Figure 16. Profil ionique du solum AA-10.....	37
Figure 17. Profils calcaires, salins et de pH du solum AA-09.....	40
Figure 18. Profil ionique du solum AA-09.....	40
Figure 19. Profils calcaires, salins et de pH du solum AD-19.....	43
Figure 20. Profil ionique du solum AD-19.....	43
Figure 21. Profils calcaires, salins et de pH du solum AI-17.....	46
Figure 22. Profil ionique du solum AI-17.....	46
Figure 23. Profils calcaires, salins et de pH du solum AN-12.....	48
Figure 24. Profil ionique du solum AN-12.....	48
Figure 25. Profils calcaires, salins et de pH du solum AZ-18.....	52
Figure 26. Profil ionique du solum AZ-18.....	52
Figure 27. Profils calcaires, salins et de pH du solum TFZ-03.....	54
Figure 28. Profil ionique du solum TFZ-03.....	54
Figure 29. Profils calcaires, salins et de pH du solum TFZ-05.....	57
Figure 30 . Profil ionique du solum TFZ-05.....	57
Figure 31: Profils calcaires, salins et de pH du solum AP-16.....	59
Figure 32. Profil ionique du solum AP-16.....	59
Figure 33. Profils calcaires, salins et de pH du solum AP-14.....	62
Figure 34. Profil ionique du solum Ap-14.....	62
Figure 35. Esquisse de carte des sols dans la région de Guerrara.....	65
Figure 36. Relation entre certaines propriétés physiques et physico-chimique des sols.....	67
Figure 37. Relation entre les ions constituant la solution du sol.....	68

## Liste des Tableaux

	<i>Page</i>
Tableau I : Données climatiques de la station de Ghardaïa, période 1994-2002.....	17
Tableau II : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum CRR-6.....	32
Tableau III : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AA-10.....	36
Tableau IV : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AA-09.....	39
Tableau V : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AD-19.....	42
Tableau VI : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AI-17.....	45
Tableau VII : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AN-12.....	47
Tableau VIII : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AZ-18.....	51
Tableau IX : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum TFZ-3.....	53
Tableau X : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum TFZ-5.....	56
Tableau XI : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum Ap-16.....	58
Tableau XII : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum Ap-14.....	61
Tableau XIII : Corrélation entre les différents ions des solutions de sols.....	66

## Liste des abréviations

A	: Argile
AA	: Ancien El-Amied
AD	: El-Amied Ouled Dada
AN	: Nouveau El-Amied
Ap	: Palmeraie traditionnelle
avec décar.	: Avec décarbonatation.
AZ	: El-Amied Djrif
Calc.T	: Calcaire total.
CRR	: Zone de carrière
Horz.	: Horizon.
Lf	: limon fin
Lg	: limon grossier
M.O	: Matière organique.
Prof.	: Profondeur.
Sans décar.	: Sans décarbonatation.
Sf	: sable fin
Sg	: sable grossier
TFZ	: Zone de Tafziouine

# TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>01</b>
<b><u>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</u></b>	
<b><i>CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES SOLS ALLUVIAUX</i></b>	
1.1 – Genèse et caractères généraux.....	02
1.2 – Evolution des sols alluviaux.....	04
1.3 – Classification des sols alluviaux.....	05
1.3.1 – Classification française.....	05
1.3.2 – Classification américaine.....	06
1.3.3 – Classification de l’FAO.....	06
1.4 – Les sols alluviaux dans le monde.....	06
1.5 – Les sols alluviaux en zones arides.....	06
<b><i>CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA REGION D’ETUDE</i></b>	
2.1 – Localisation géographique.....	08
2.2 – La géologie.....	08
2.2.1 – Le Crétacé supérieur.....	08
2.2.2 – Le Néogène.....	08
2.2.3 – Le Quaternaire continental.....	11
2.3 – La géomorphologie.....	11
2.3.1 – Le plateau.....	11
2.3.2 – Les Glacis.....	11
2.3.3 – Le réseau hydrographique.....	11
2.3.4 – Les Dayas.....	13
2.3.5 – Les Garas.....	13
2.3.6 – Les formations dunaires.....	13
2.4 – L’hydrogéologie.....	13
2.4.1 – Nappe du Mio-Pliocène et Eocène.....	13
2.4.2 – Nappe du Sénonien carbonaté.....	13
2.4.3 – Nappe du Turonien carbonaté.....	14
2.4.4 – Nappe de Continental intercalaire.....	14
2.4.5 – Nappe phréatique.....	14

2.5 – L’hydrologie superficielle.....	15
2.5.1 – Oued Zegrir.....	15
2.5.1.1 – Considération générale.....	15
2.5.1.2 – Etat de ruissellement.....	15
2.5.1.3 – Epanchage des eaux de crues d’oued Zegrir.....	15
2.5.1.4 – Les effets de l’oued.....	18
2.6 – Le climat.....	18
2.6.1 – Données brutes.....	18
2.6.1.1 – Les températures.....	19
2.6.1.2 – Les précipitations.....	19
2.6.1.3 – Les vents.....	19
2.6.1.4 – L’évaporation.....	19
2.6.1.5 – L’humidité relative de l’air.....	19
2.6.1.6 – L’insolation.....	19
2.6.2 – Synthèse climatique.....	20
2.6.2.1 – Diagramme Ombrothermique.....	20
2.6.2.2 – Classification bioclimatique.....	20
2.7 – La végétation.....	20
2.8 – Le sol.....	22

## **DEUXIEME PARTIE : CARACTERISATION DES SOLS**

### ***CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES***

3.1 – Introduction.....	24
3.2 – Choix de la zone d’étude.....	24
3.3 – Etude des documents de base.....	24
3.4 – Méthode d’approche de terrain.....	26
3.5 – Etude morphologique des solums.....	28
3.6 – Etude analytique.....	28

### ***CHAPITRE IV : RESULTATS***

4.1 – Caractérisation morphologique et analytique des solums.....	31
4.1.1 – Solum CRR-6.....	31
4.1.2 – Première toposéquence.....	34
4.1.2.1 – Solum AA-10.....	35
4.1.2.2 – Solum AA09.....	38
4.1.2.3 – Solum AA-07.....	39

4.1.3 – Deuxième toposéquence.....	41
4.1.3.1 – Solum AD-19.....	41
4.1.3.2 – Solum AA-07 et AA-01.....	44
4.1.3.3 – Solum AI-17 .....	44
4.1.4 – Troisième toposéquence.....	45
4.1.4.1 – Solum AA-12.....	47
4.1.4.2 – Solum AN-11 et AN-13.....	49
4.1.5 – Solum AZ-18.....	49
4.1.6 – Autres solums.....	53
4.1.6.1 – Solum TFZ-03.....	53
4.1.6.2 – Solum TFZ-05.....	55
4.1.6.3 – Les solums de la palmeraie traditionnelle.....	56
4.1.6.3.1 – Solums Ap-16 et Ap-15.....	56
4.1.6.3.2 – Solum Ap-14.....	60
4.2 – Organisation spatiale de la couverture pédologique.....	63
Planches photographiques.....	64
<b>CHAPITRE V : DISCUSSION</b>	
5.1 – Interaction entre les différents paramètres étudiés.....	68
5.1.1 – Relation entre certaines propriétés physiques et physico-chimiques.....	68
5.1.2 – Relation inter-éléments .....	68
5.2 – Dynamique de la couverture pédologique.....	71
5.3 – Approche paléo-environnementale.....	73
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>75</b>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	77
ANNEXES.....	82

## Introduction générale

La sécheresse est l'une des illustrations des crises climatiques qui se répètent de façon polycyclique (TARDY et PROBST, 1992).

De ce fait, la reconstitution de climat ancien est l'une des techniques qui permettent de comprendre les mécanismes et les causes de ces crises. Par conséquent elle nous permet de mieux planifier les stratégies de lutte contre la sécheresse.

Cependant, le manque des données climatiques est l'un des inconvénients qui empêche la réussite de ces techniques. Il s'avère donc indispensable d'utiliser toute sorte d'archive pour combler ces manques et atteindre les buts recherchés.

Le sol est un milieu dynamique dans lequel tout changement de climat déclenche un régime biochimique et géochimique nouveau. En zones arides, ces processus peuvent être enregistrés sous forme des modifications pédologiques difficilement effacés dans le temps. Ainsi les travaux de DREGNE (1987), FEDOROFF et COURTY (1989, 1999), ROGNON (1994) et autres ont montré que l'étude du sol dans le Sahara permet de dégager plusieurs indicateurs pédologiques d'aridification, sous forme d'accumulation de calcaire, de gypse, de sels solubles, formation des horizons argiliques...etc. Ce sont des critères précieux qui peuvent aider à identifier ou à reconstituer les changements climatiques anciens.

C'est dans ce but, et dans le cadre du projet de recherche *DAYACLIM* (N°17/03/01/02/MN. CRSTRA), que nous contribuons à réaliser une étude des sols de la Daya d'El-Amied (région de Guerrara). Les caractéristiques de cette zone saharienne choisie peuvent donner des explications non négligeables sur des phénomènes paléoclimatiques.

L'objectif de notre travail est de caractériser les sols de la Daya d'El-Amied morphologiquement et analytiquement, et d'essayer de comprendre la pédogenèse et l'organisation spatiale de la couverture pédologique, dans le but de combler le manque de données et des informations sur les sols de la région de Guerrara.

Ce mémoire s'articule en deux parties :

La première partie est réservée à une synthèse bibliographie, permettant dans un premier chapitre (I) de donner des généralités sur les sols alluviaux, et dans un deuxième chapitre (II) de présenter la région d'étude.

La deuxième partie traitera dans un chapitre (III) du matériel et des méthodes d'étude. Le chapitre (IV) sera consacré aux résultats obtenus, portant sur l'étude morphologique, analytique et l'organisation spatiale. Enfin un dernier chapitre (V) sera destiné à une discussion générale des résultats obtenus.

*Première partie*  
**Synthèse bibliographique**

## **Chapitre I : Généralités sur les sols alluviaux**

Selon LOZET et MATHIEU (2000) un sol alluvial est un sol azonal constitué de dépôts alluvionnaires relativement récents. Il s'agit d'un sol du type (A)C ou AC formé sur matériaux marins, fluviaux, ou lacustres, généralement humide, à horizon (A) faiblement développé ou même absent. Les matériaux grossiers, s'ils sont présents, sont roulés.

Ces sols se distinguent d'une part par leur position géomorphologique et leur origine, d'autre part par leur régime hydrique (DUCHAUFOR, 1983).

Le transport des alluvions, qui sont des formations déplacées et redéposées par l'eau, pouvant s'être effectué sur des distances très importantes. Le mode d'apport de ces sédiments implique généralement une hétérogénéité importante dans la nature des matériaux originale des sols (LOZET et MATHIEU, 2000).

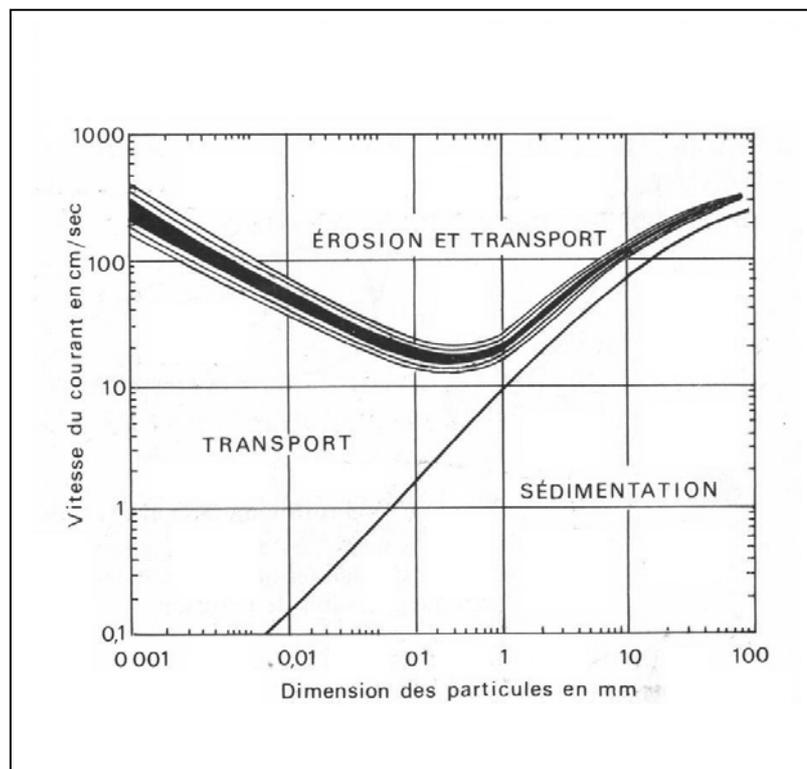
Il y a une grande ressemblance entre les sols alluviaux et les sols colluviaux, qui sont des sols en situation de piémont, bénéficiant d'apports de matériaux solubles ou insolubles, transportés le long des pentes, ils peuvent être constitués de matériaux grossiers (voire pierreux), au pied des pentes, ou de matériaux fins à une certaine distance des pentes (DUCHAUFOR, 1997).

### **1.1 – Genèse et caractères généraux**

Ces sols occupent toujours une position basse dans les paysages. Ils sont développés dans des matériaux récents, les alluvions fluviales, mis en place par transport puis sédimentation en milieu aqueux. Ces alluvions peuvent être relativement homogènes ou présenter une grande hétérogénéité minéralogique et granulométrique qui reflète d'une part la diversité des matériaux géologiques et pédologiques situés en amont du bassin versant, et d'autre part les circonstances de l'alluvionnement. C'est ainsi que les sols alluviaux peuvent être calcaires ou acides, ou sableux (voir caillouteux), limoneux ou argileux, peu altérés ou au contraire altérés et assez riche en fer (AFES, 1995).

La quantité des matériaux transportés dépend des caractères du fluide, vitesse et viscosité, et de ceux des matériaux eux-mêmes, taille, forme, densité. L'écoulement de l'eau produit sur le matériau une force verticale, dirigée de bas en haut, qui s'oppose à son poids apparent et tend à le soulever. Cette force est proportionnelle à la vitesse du courant. Les particules fines (argiles, limons et sables) sont arrachées du fond et suspendues dans l'eau. Toute diminution de vitesse produit leur chute. Le transport par suspension ne se fait que pour les particules de petite taille. Les éléments plus gros ne s'élèvent pas au-dessus du fond, sauf épisodiquement, à la suite d'une brusque élévation de la vitesse du courant qui provoque une saltation et roulement des particules.

Le diagramme de Hjulström (Figure 1) illustre le comportement des particules en fonction de leur taille et de la vitesse du courant. Pour des vitesses fortes, les particules sont arrachées du fond (érosion) et transportées. Pour des vitesses plus faibles, les petites particules déjà arrachées sont transportées, les plus grosses restent sur le fond. C'est à dire, pour un grain de sable de 0,1 mm est érodé et transporté par un courant de vitesse supérieure à 20 cm/s ; il est encore transporté tant que la vitesse se maintient au-dessus de 2 cm/s puis se dépose lorsque la vitesse devient plus faible. Un courant de 100 cm/s transporte les particules inférieures à 0,005 mm déjà en suspension, érode et transporte celles comprises entre 0,005 et 10 mm et laisse déposer celles supérieures à 10 mm. On remarque que les très fines particules (inférieur à 0,1 mm) nécessitent des vitesses croissantes pour être érodées, à cause de leur plus forte cohésion et qu'elles offrent à l'eau une surface plus lisse surtout dans le cas des argiles (BELLAIR et POMEROL, 1982)



**Figure 1. Diagramme de Hjulström, érosion-transport-sédimentation**  
(BELLAIR et POMEROL, 1982)

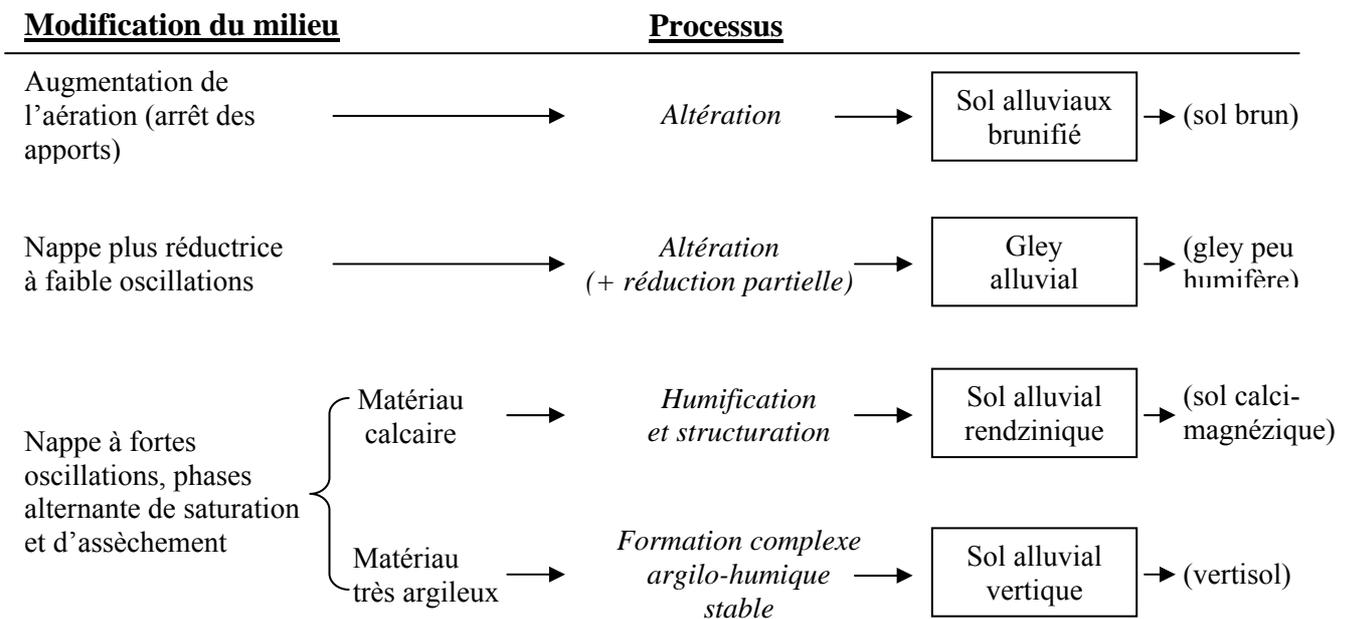
Selon DUCHAUFOR (1983) et AFES (1995), malgré leur hétérogénéité les sols alluviaux ont en commun certaines propriétés, liées surtout à leur régime hydrique :

- *Présence d'une nappe phréatique permanente à forte oscillation.* Cette nappe étant renouvelée constamment par les inondations.
- *Hétérogénéité fréquente de texture et de granulométrie,* se manifestant par des variations brutales, aussi bien latéralement que verticalement au sein du profil : en règle générale, un matériel fin (limon, ou limon argileux homogène) d'épaisseur très variable, repose sur un lit de sables ou graviers.

- *Humification généralement activée* par les conditions favorable de l'humidité du sol, sauf dans le cas où le milieu est trop sec.
- *Brunification des sols alluviaux en climat tempéré.* Ces sols sont relativement riches en argile et en fer libre.

## 1.2 – Evolution des sols alluviaux

Généralement le rajeunissement du profil des sols alluviaux, provoqué par les apports alluvionnaires plus ou moins fréquents freine l'évolution de ces sols. Cependant, beaucoup de sols alluviaux manifestent une évolution plus ou moins marquée vers d'autres types du sol, soit par l'interruption des apports, soit par abaissement de la nappe, ou modification de son potentiel d'oxydoréduction par des fortes oscillations. Cette évolution est résumée dans la figure 2.



**Figure 2 : Processus d'évolution du sol alluvial peu altéré et peu humifère (DUCHAUFOR, 1976)**

De ce fait, selon DUCHAUFOR (1997) nous trouvons les sols alluviaux suivants :

- **Les sols alluviaux brunifiés** : sont plus riches en argile et en fer, ces caractères étant souvent hérités, lorsque le matériau transporté et déposé, a subi lui-même une pédogenèse antérieure « brunifiante ».
- **Sols alluviaux hydromorphes** : les caractères hydromorphes s'accroissent, lorsque la nappe, circulant moins rapidement et subissant des oscillations plus faibles, devient plus réductrice.
- **Sols alluviaux humifères** : sols caractérisés par une incorporation profonde de matière organique, très humifiée et de couleur foncée liée à la présence d'une végétation hygrophile très développée. On distingue les types rendziniques, chemozémiques, et même vertiques.

### 1.3 – Classification des sols alluviaux

Les sols alluviaux occupent des places différentes dans les classifications pédologiques.

Parmi les classifications les plus utilisées nous pouvons citer :

- La classification française (CPCS, 1967) et référentiel pédologique (AFES, 1995).
- La classification américaine (USDA, 1998)
- La classification de l'FAO (WRB-FAO, 1998)

#### 1.3.1 – La classification française (CPCS) et référentiel pédologique (AFES).

Les sols alluviaux dans la l'ancienne classification française (CPCS, 1967) sont rattachés aux deux classes : sols minéraux brut et sols peu évolués. Ils sont placés dans le groupe des sols d'apport alluvial non climatique de ces deux classes.

Pour les sols peu évolués d'apport alluvial dans les zones arides et semis arides, nous pouvons cité les sous-groupes et les familles trouvées par POUGET (1980) dans son étude sur les zones steppiques de l'Algérie, comme suit :

1. *Les sols peu évolués d'apport alluvial modaux.*
  - Sur alluvions calcaire de texture variable.
  - Sur alluvions anciennes plus ou moins noircie.
2. *Les sols peu évolués vertiques :*
  - Sur alluvions calcaires de texture fine à très fine.
  - Sur alluvions et limons de décantation.
3. *Les sols peu évolués halomorphes :*
  - Sur alluvions calcaires de texture variable.
  - Sur alluvions anciennes plus ou moins noircies.
  - Sur alluvions et limons de décantation.

**Le référentiel pédologique** a été élaboré depuis 1986 pour remplacer le système français de classification des sols qui avait été élaboré en 1967. Il est basé sur les propriétés morpho-analytiques qui peuvent être mises en relation avec un processus de pédogenèse déterminé (AFES, 1995).

Les sols alluviaux dans le référentiel pédologique sont rattachés à la grande référence des Fluviosols, qui n'ont pas d'horizons de référence spécifiques. Il regroupe trois références : fluviosols bruts, fluviosols typique et fluviosols brunifiés.

Suivant leur degré d'évolution des sols développés à partir de matériaux alluviaux fluviatiles peuvent être rattachés à d'autres catégories de références à savoir : Arénosols, Vertisols, Pélosols, Brunisols, Plansols,...etc.

### **I.3.2 – La classification américaine (U.S.D.A)**

Dans cette classification, qui utilise les horizons de diagnostic pour définir les unités, rattache les sols alluviaux dans le sous ordre des Fluvents.

Sont des sols peu évolués sans horizons diagnostic (DUCHAUFOR, 1997), et qui n'ont pas de contact lithique ou paralithique dans les 25 premiers cm du sol et qui ont des pentes inférieures à 25 % et un taux de carbone organique qui décroît de façon irrégulière avec la profondeur ou reste au dessus d'une teneur de 0,2 % jusqu'à une profondeur de 1,25 m, et dont la température moyenne annuelle du sol est supérieure à 0 degré celsius (U.S.D.A, 1998).

D'après HALITIM (1988), en zone aride d'Algérie, les sols alluviaux sont rattachés aux grands groupes des Torrifluvents et Ustifluvents de la soil taxonomy.

### **I.3.2 – La classification de l'FAO**

C'est une classification génétique proche de la classification américaine dans la mesure où elle utilise la même notion d'horizon diagnostic fondamental. De ce fait, et suivant les caractéristiques des sols alluviaux, nous pouvons trouver certains d'entre eux sont rattachés à l'unité des Fluvisols, d'autre rattachés à l'unité des Vertisols (FAO, 1998).

Cette classification a été récemment remaniée et complétée par une commission internationale, sous la dénomination de **World Reference Base for soil Ressources (FAO-WRB)**. (FAO, 1998)

## **I.4 – Les sols alluviaux dans le monde**

Les sols alluviaux se rencontrent dans le monde là où ils se réunissent les facteurs de leur formation à savoir : dans réseaux hydrographiques des bassins versants, les zones d'épandage, les dépressions fermées, les cônes de déjection, les plaines alluvial ...etc.

Selon la F.A.O (1986), l'Afrique possède 101,4 millions d'hectares de sols alluviaux, notamment dans les vallées du Chari, de Niger, du Sénégal et du Nil. Ces sols sont les principaux supports de l'agriculture dans les écosystèmes secs du Moyen-Orient (MAINGUET, 1995).

En Algérie, les sols alluviaux sont étudiés par plusieurs chercheurs à savoir : les études de BOULAIN (1957) sur les sols des plaines de Chélif, DUTIL (1971) sur les sols et les paléosols du Sahara, POUGET (1980) sur les steppes sud algéroises, HALITIM (1988) sur les sols des régions arides...etc.

## **1.5 – Les sols alluviaux en zones arides**

Selon DUTIL (1971) et COOKE et al. (1993), ce sont surtout des sols des lits d'oued et des zones d'épandage Les apports sont très limités, tout d'abord dans le temps, par suite de la

rareté des pluies d'intensité suffisante, puis dans l'espace, les écoulements n'intéressant souvent que quelques tronçons de bassin ou bien le fond des Daya et, enfin, en quantité.

Les produits entraînés actuellement vers les points bas sont constitués principalement par des sables fins, une partie de limon et très peu d'argile.

Souvent, dans les oueds, il ne s'agit que d'un remaniement interne des dépôts du lit de l'oued, se traduisant par un transfert en un autre point aval du bassin. Les produits accumulés sont généralement des sables fins, sans cohésion.

On peut constater des remaniements superficiels de matériaux argileux, dans ce cas, les produits remaniés par l'eau donnant naissance à une organisation se traduisant par une forte polygonation. Ce phénomène est une conséquence de la dessiccation amorçant la formation d'un réseau de fentes de retrait.

Enfin, ces terres sont riches en éléments minéraux notamment en potassium, phosphore, et calcium (TOUTAIN, 1979)

## Chapitre II – Présentation de La région d'étude

### 2.1 – Localisation géographique

Notre zone d'étude est localisée dans la région de Guerrara. Situé à près de 120 Km au nord-est de Ghardaïa chef lieu de Wilaya (figure 3).

La commune de Guerrara couvre une superficie totale de 2600 Km<sup>2</sup> (C.D.A.R.S, 1999).

Elle est limitée :

- au nord : par la Wilaya de Djelfa.
- à l'est : par la Wilaya de Ouargla.
- à l'ouest : par les Daïras de Berrian et Bounora.
- au sud : par les Daïras de Zelfana et Al atteuf.

Ses coordonnées géographiques sont :

- Latitude : 32° 50' Nord
- Longitude : 4° 30' Est

Les palmeraies de Guerrara sont situées à une altitude moyenne de 303 m.

D'après VILLE (1872), l'oasis de Guerrara est fondée depuis les années quarante de Dix-septième siècle, au fond d'une grande dépression qui occupe le lit de l'oued Zegrir.

Le Mot Guerrara signifie en arabe : vaste dépression en forme de cuvette où pousse une végétation (DUBIEF, 1953).

### 2.2 – La géologie

Selon la carte géologique d'Algérie au 1/500 000 (SCG, 1952), nous pouvons trouver les formations géologiques suivantes :

#### 2.2.1 – Le Crétacé supérieur :

La lecture de la carte géologique d'Alger sud (figure 4a) et la coupe géologique Ouest-est (figure 4b), permettent de constater l'existence d'un affleurement secondaire représenté par le crétacé supérieur et occupe la zone de Bled Bouaicha au Nord-Ouest de Guerrara.

Cette formation, qui caractérise une grande partie de la région de la Chebka de Mzab, est constituée d'une double dalle claire, dure, de calcaires plus ou moins dolomitiques parfois pétrifiés de coquilles marines (FABRE, 1976).

#### 2.2.2 – Le Néogène

La dépression de Guerrara est creusée dans un dépôt de continental terminal daté de Pontien (mp) localement équivalent au Miocène continental antépontien (figure 4c). Le dépôt est connu au nom du Mio-Pliocène.

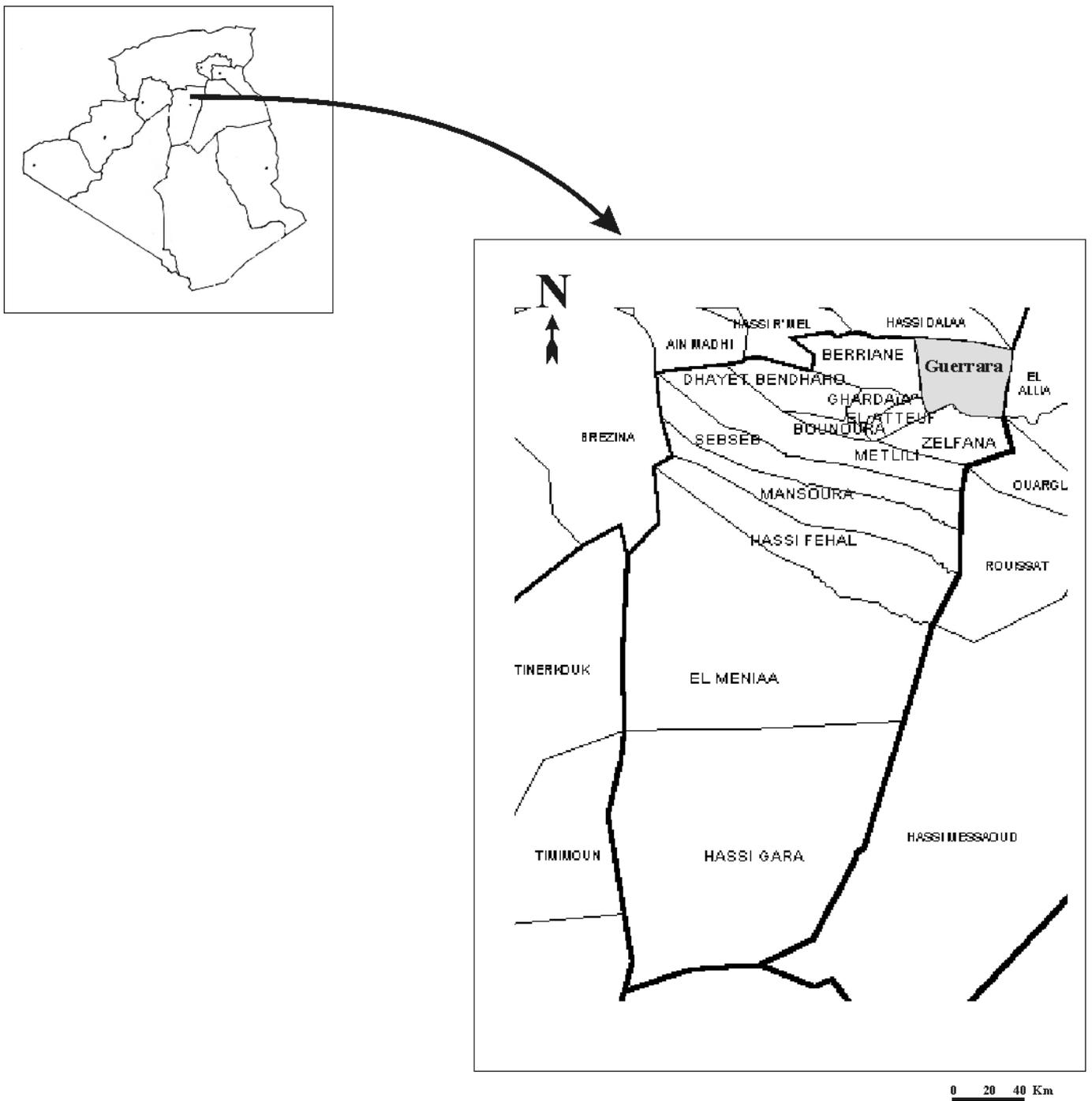
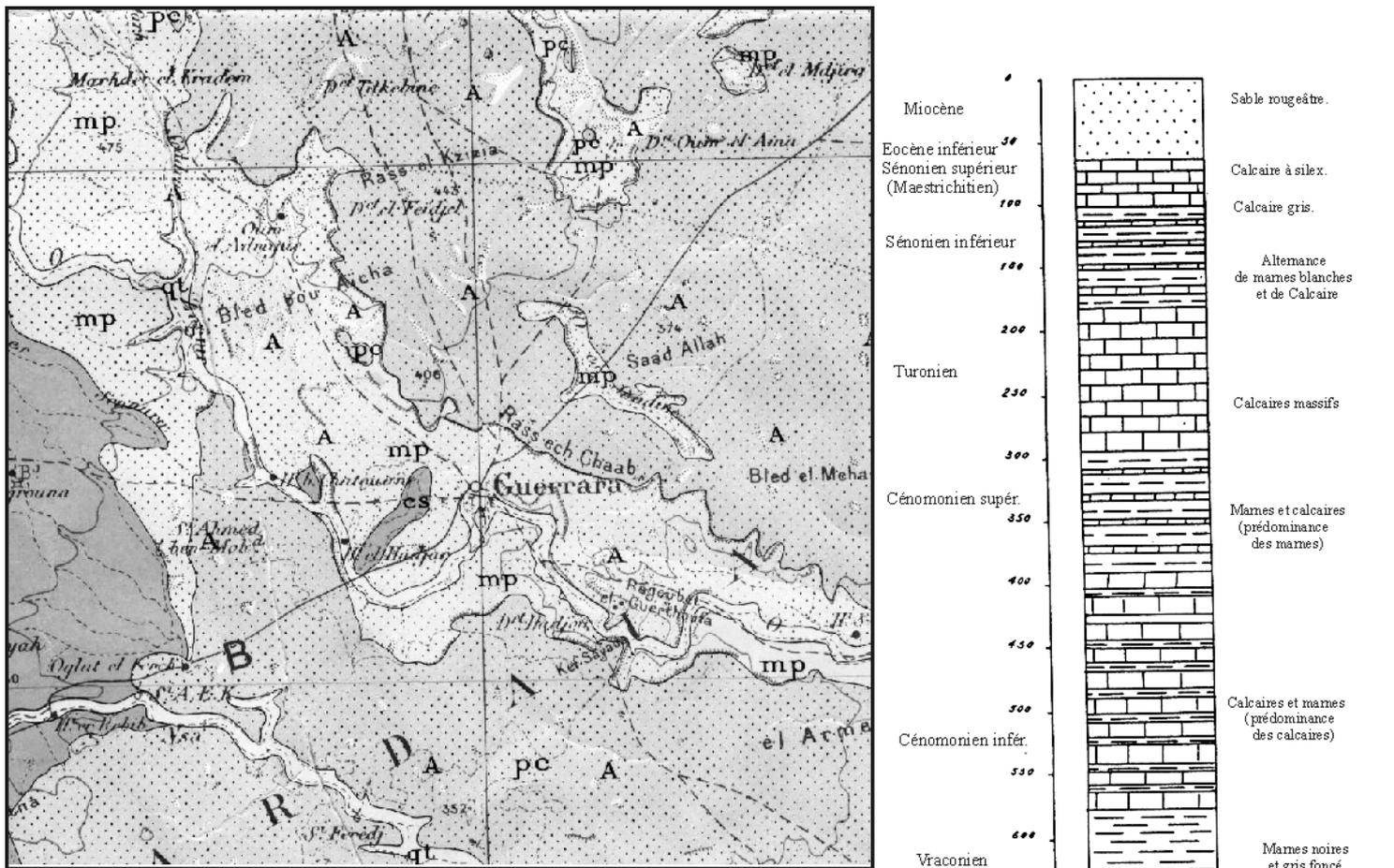
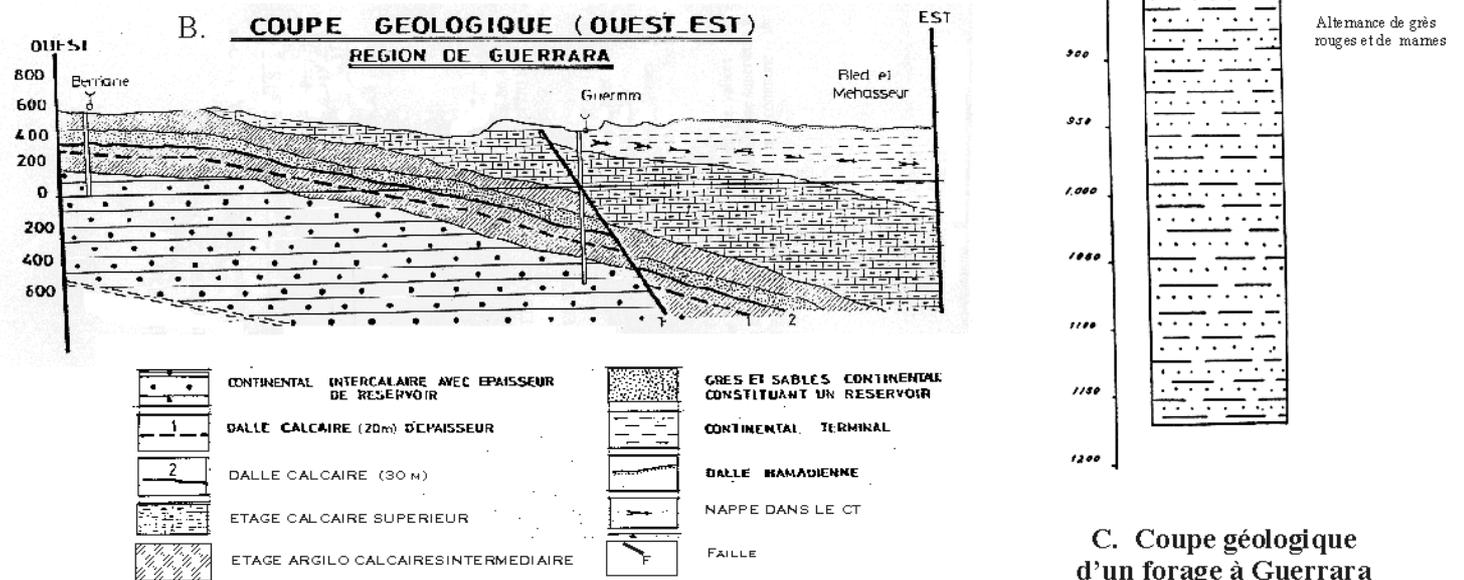


Figure 3. Localisation géographique de la région de Guerrara (C.D.A.R.S., 1999)



A. Carte géologique de la région de Guerrara (1/500 000)

- A Alluvions actuelles : dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-salines
- D Dunes récentes
- qt Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses
- pc Pliocène continental : poudingues, calcaires lacustres
- mp Pontien (localement équivalent de Miocène continental antépointien mc)
- cs Crétacé supérieur marin



C. Coupe géologique d'un forage à Guerrara

Figure 4. carte et coupe géologique de la région de Guerrara (d'après S.C.G., 1952 et GAUTIER et GOUSKOV, 1951 et P.D.A.U., 1994)

Ce sont des formations détritiques récentes qui occupent les dépressions de l'Atlas saharien, et qui s'étendent largement au Sud, sont rattachées au Miocène supérieur et au Pliocène, sans que l'on puisse établir une discrimination exacte. Ce sont, en majeure partie, des produits d'altérations superficielles, rubéfiés (argile et terre argilo-sableuses plus ou moins mêlées de fragments anguleux) que l'on ne saurait assimiler à des galets fluviaux.

Le pliocène continental (pc) constitue tout le reste des terrains tertiaire. Ce sont des dépôts lacustres à forts étendus, formé de calcaire blanchâtre qui correspond à une carapace hamadienne plus ou moins continus, plus ou moins épaisse.

D'une manière générale, cette formation calcaire, avec phénomènes superficiels de corrosion et de décalcification, s'étend principalement dans la région des Dayas (S.C.G, 1939).

### **2.2.3 – Le Quaternaire continental (qt)**

Ces formations sédimentaires, spécifiquement sahariennes, sont des alluvions quaternaires fluviaux qui ne se trouvent pas exclusivement dans les vallées de ruissellement. Mais elles remplissent aussi de grandes aires déprimées dans les chaînes plissées de l'Atlas saharien (S.C.G, 1939).

## **2.3 – La géomorphologie**

Les terrains autour de la région de Guerrara sont fortement dénudés (VILLE, 1872). Il résulte d'une forte érosion fluviale qui a entaillé les plateaux de Pliocène Continental et remodelé par la suite, par l'érosion éolienne. De ce fait nous trouvons plusieurs ensembles paysagiques (figure 5) à savoir :

### **2.3.1 – Le plateau**

C'est le plateau du Pliocène, de 380 à 450 m d'altitude. Il occupe quelques parties au nord et au sud de la région de Guerrara. Il s'abaisse légèrement d'ouest en est. Dans la partie nord les terrains s'étendent sur une région appelée communément « plateau des dayas ». Alors que, dans le sud le plateau est appelé localement « plateau des Gantras ».

### **2.3.2 – Les Glacis**

Le versant Nord de la grande dépression de Guerrara, présente deux niveaux d'étage de glacis (glacis de terrasse). Il se caractérise par l'affleurement du substrat gréseux de Mio-Pliocène. Ce dernier est souvent de sable et de gravier gréseux.

### **2.3.3 – Le réseau hydrographique**

Représenté principalement par Oued Zegrir et son prolongement Oued Zgag. L'écoulement des eaux de la crue dans le lit d'oued dépose des matériaux différents de point de vue texture et épaisseur.

La surface du sol peut être unie pour une grande partie du lit d'oued ou alternativement d'un côté à l'autre du lit en fonction des méandres (terrasse de méandre), ou bien, entaillée par de petites incisions linéaires lorsque le ruissellement se concentre avec une pente plus forte et des débits plus importants (POUGET, 1980).

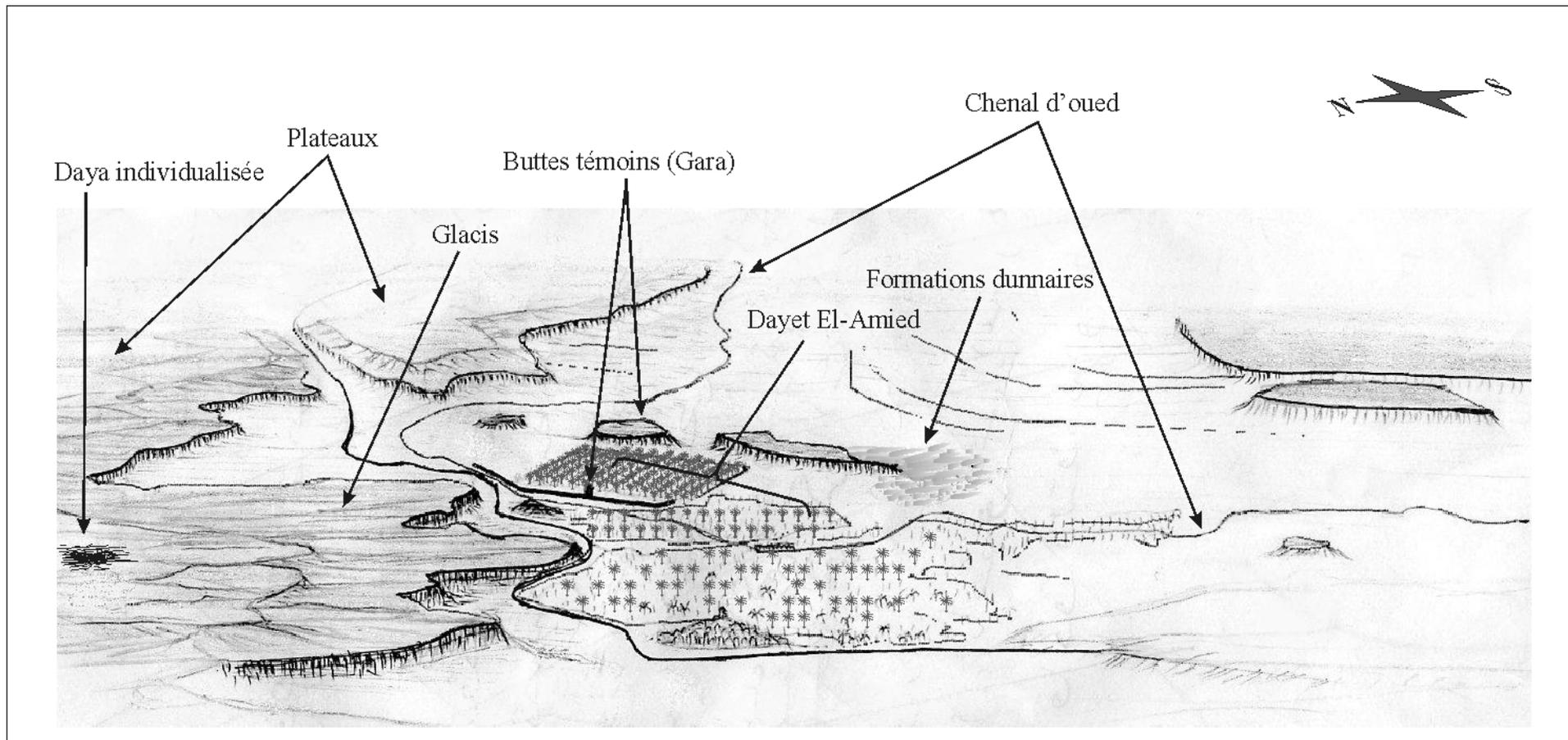


Figure 5 : Schéma montrant quelques unités géomorphologiques dans la région de Guerrara

### **2.3.4 – Les Dayas**

Les dayas sont des dépressions semi-circulaires de petite taille colonisées par une végétation dense. Elle présente une évolution morphologique particulière de petite taille au stade naissant, elles s'accroissent avec le temps, devenant de plus en plus irrégulières et encaissée (TAÏBI et al, 1999). Il y a deux types de Dayas à citer dans la région de Guerrara :

1. Des Dayas isolées sur le plateau et du Glacis (plateaux des dayas).
2. Des dayas liées au réseau d'oued Zegrir, comme zones d'épandage fermées (Dayet Ben feilah à l'Est du Guerrara), ou possédant un exutoire prolongeant ainsi le lit d'oued (Dayet El Ameid).

### **2.3.5 – Les Garas**

Les Garas sont des buttes témoins, c'est à dire, des plateaux tabulaires isolés par l'érosion et couronnés par une table de roche dure (CAPOT-REY et al, 1969). La plaine de la Daya d'El-Amied est limitée au sud et au sud-est par une série de Garas (figure 5) qui la sépare de la zone de Drin et de la Daya d'El-Guartoufa. Ces Garas sont façonnées par le fonctionnement passé du réseau hydrographique.

### **2.3.6 – Les formations dunaires**

C'est des dunes d'obstacle développées à l'abri d'une butte témoin (Gara) et des buissons de la végétation naturelle dans lit majeur de l'Oued Zegrir au sud de la région de Guerrara.

Les modelés dunaires existant sont : les rides, les voiles sableux, les Nebkas et massifs dunaires.

## **2.4 – L'hydrogéologie**

Mis à part la nappe phréatique, une étude réalisée par les services d'hydrologie de SONATRACH (1992), a montré que la région de Guerrara est située dans la province triasique où quatre (04) aquifères peuvent être exploités pour les besoins en eau domestiques et agro-industriels :

### **2.4.1 – Nappe du Mio-Pliocène et Eocène**

Cette aquifère peut être exploité dans la partie Est de la région de Guerrara, à partir de longitude 4°35' Est. Il est constitué d'une nappe de Mio-Pliocène sableux d'une épaisseur moyenne de 125 m et d'une nappe d'Eocène a calcaire blanc fin moyen avec une épaisseur de 100 m.

L'épaisseur totale de l'aquifère est de 225 mètres avec un niveau statique estimé à 123 mètres de sol.

### **2.4.2 – Nappe du Sénonien carbonaté**

Cet aquifère est en continuité hydraulique avec la nappe de Mio-Pliocène. Ainsi l'ensemble des formations aquifères (Mio-Pliocène, Eocène et Sénonien) peut être exploité jusqu'à une profondeur de 430 m environ.

Dans la partie Ouest de la région de Guerrara les dépôts du Mio-Pliocène sont réduits et reposent directement sur le Sénonien carbonaté.

De ce fait seul la nappe formée par les calcaire du sénonien peut être constituer un aquifère exploitable.

Le Sénonien carbonaté est formé de calcaire microcristallin au sommet et de dolomie beige à la base. Son épaisseur moyenne est de 205 m avec un niveau statique estimé à 150 m.

#### **2.4.3 – Nappe du Turonien carbonaté**

Avec une épaisseur de 74 m cette nappe peut être captée à une profondeur de 500 m environ dans la partie ouest de la région de Guerrara.

Cette nappe est constituée de dolomie beige cryptocristalline compacte, dure avec intercalation de calcaire tendre.

#### **2.4.4 – Nappe de Continental intercalaire**

La nappe de Continental intercalaire regroupe les formations de l'Albien jusqu'à la base du Barremien, dans le bassin triasique. Elle constitue la plus grande réserve d'eau souterraine vue son extension dans le Sahara algérien.

Cette nappe est constituée de formations détritiques (sable, grès, argile) avec un passage dolomitique attribué à l'Aptien. Et l'épaisseur moyenne de la nappe est de l'ordre de 650 m. le toit de la nappe est situé entre 500 et 900 m de profondeur dans le sens Ouest-Est dans la région de Guerrara.

#### **2.4.5 – Nappe phréatique**

Il s'agit d'une nappe d'oued, l'alimentation se fait suivant les cycles des crues d'oued Zegrir

Au début, avant 1951 (date de création de premier forage Albien), l'oasis de Guerrara vivait uniquement sur cette nappe, artificiellement gonflée par un petit barrage « garde-crue ». Dans les années de sécheresse elle pourrait être exploitée sur une période maximale de cinq ans avec un usage uniquement agricole, au delà de cette période les puits, sur une profondeur variant de 15 à 35 m suivant les endroits, seront secs (GAUTIER et GOUSKOV, 1951, BAIT et al, 1977a).

Actuellement, le niveau piézométrique est toujours élevé, car les agriculteurs exploitent peu cette nappe, en revanche, ils utilisent les eaux d'Albien, des fois avec des excès et pertes importantes, ajoutant à ceux-ci les crues d'oued Zegrir, que des fois elles ont un cycle biennal ou annuel.

## **2.5 – Hydrologie superficielle**

### **2.5.1 – Oued Zegrir**

#### **2.5.1.1 – Considération générale**

C'est l'un des grands Oueds qui traversent le Mzab. Limité à la hauteur de Guerrara, ce bassin couvre une superficie de 4100 Km<sup>2</sup>. Situé en majeure partie sur les affleurements du Miocène et du Pliocène continentaux, il est parsemé de nombreuses dayas parfois drainées par des oueds. Ces derniers, par suite des phénomènes karstiques qui se produisent en ces régions disparaissent souvent avant d'atteindre leurs confluent avec le Zegrir ou son prolongement le Zgag. Les limites nord et sud sont de ce fait peu précises. La longueur de l'artère maîtresse, en prenant pour origine la tête de l'Oued Ajerma (860 m d'altitude), atteint 270 Km à la daya ben Feïla (300 m d'altitude), limite normale des grandes crues (DUBIEF, 1953).

Le Réseau hydrographique est de type dendritique et d'après PEULVAST et VANNEY (2001) ce type de réseau est constitué des tributaires irrégulièrement ramifiés autour d'un tronç principal et raccordé selon des angles variés généralement très inférieur à 90°, il traduit les contrôles structuraux les moins contraignants (figure 6)

#### **2.5.1.2 – Etat de ruissellement**

D'après une étude réalisée par DUBIEF (1953) montre que, durant la période allant d'avril 1938 à mars 1951, il a noté 26 mois de crues, alors que pour la période allant de 1921 à 1950, il a trouvé 33 mois de crues. Il a expliqué ceci de fait que, les mois de crues pouvant se produire à des intervalles très variables, allant de quelques mois (parfois 5 mois de crues en un an) à quelques années (28 mois sans crue entre mai 1946 et août 1948). Les crues donc d'une manière générale sont observées en automne ou au printemps.

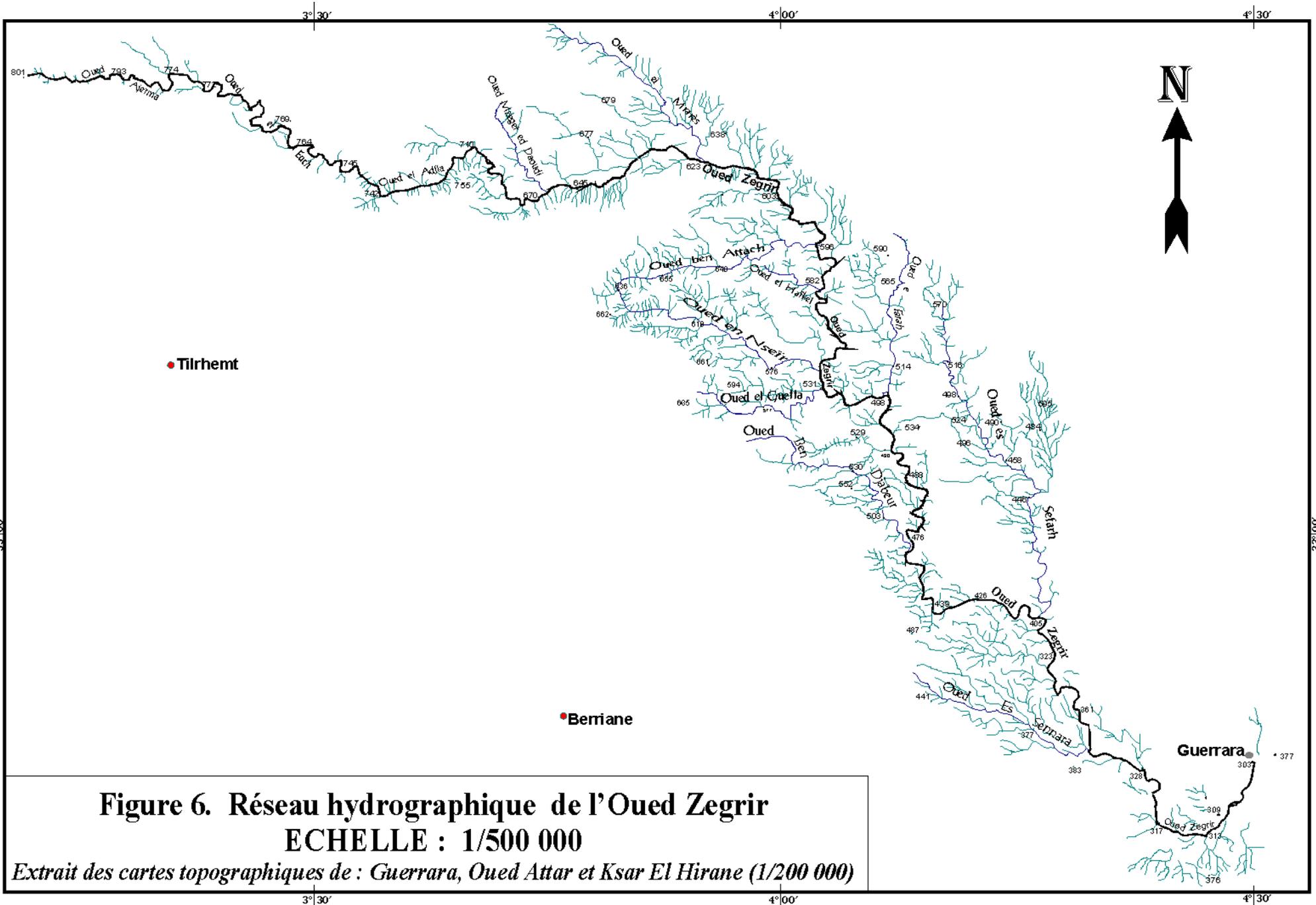
L'étude de la fréquence mensuelle des crues à la hauteur du Guerrara montre aussi que celles-ci sont, certaines années, très fréquentes en mois d'avril, mai, septembre et octobre, et en d'autre année sont moins fréquentes (Figure 7). D'où une forte irrégularité inter et intra-annuelle.

#### **2.5.1.3 – Epanchage des eaux de crue d'oued Zegrir**

Pour mieux bénéficier des eaux des crues d'oued Zegrir, les Guerrariens ont construit des ouvrages d'épanchage relativement simples et peu coûteux.

Le dispositif d'épanchage est commun pour tout le Mzab. Pour la région de Guerrara, il consiste :

- Une digue de dérivation des eaux de la crue (atteint 1000 m de long) vers un barrage de dérivation.
- Le barrage de dérivation qui s'ouvre soit vers l'ancienne palmeraie soit vers l'extérieur ou vers les deux. L'ouverture d'eau vers la palmeraie est contrôlée par des portes (buses).
- L'acheminement à l'intérieur de l'ancienne palmeraie est contrôlé par des canaux et diguettes.



MZAB  
OUED ZEGRIR

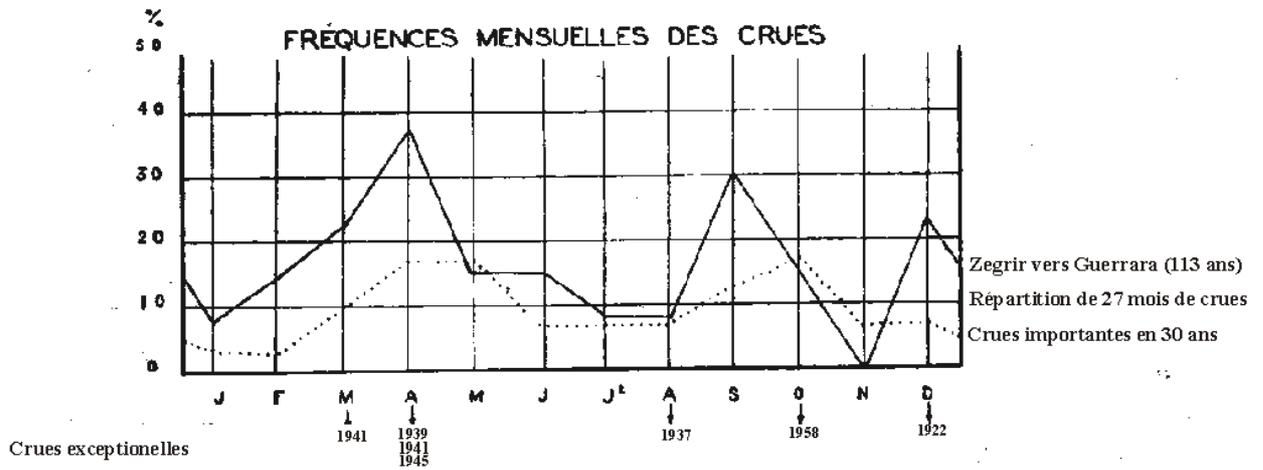


Figure 07. Fréquence mensuelles des crues de oued Zegrir (DUBIEF, 1953)

PLANCHE I



**Photo 1.** Inondation de la palmeraie traditionnelle de Guerrara



**Photo 2.** Inondation en amont de la Daya d'Elamied



**Photo 3.** Barrage de dérivation au Guerrara

Des diguettes sont placées horizontalement et suivent à peu près les courbes de niveau.

A l'intérieur des zones d'épandages limités par les diguettes, l'eau est acheminée par des canaux jointure de pierre non cimentée. A l'aide de ces diguettes et canaux, l'eau est étalée uniformément et cela sans importance pour les cultures.

L'évacuation de l'eau en excès se fait par un retour assez long vers le lit d'oued à l'aide des canaux de cheminements soit par une ouverture des portes vers la zone d'évacuation où le sol est très perméable (BAIT et al 1977b).

#### 2.5.1.4 – Les effets de l'oued

L'arrivée d'Oued Zegrir au Guerrara permet une irrigation à grande échelle par son évacuation, il permet un lessivage total des sols. L'effet positif le plus important est l'apport des éléments nutritifs aux sols, dépôt d'une couche importante d'environ de 1 cm très riche en matière nutritive. Les eaux d'oued contribuent aussi à l'alimentation de la nappe phréatique (BAIT et al 1977b).

## 2.6 – Le climat

Vu le manque de données climatiques sur la région de Guerrara, nous avons travaillé sur les données de la station de Ghardaïa, considéré comme la plus proche de la région d'étude.

L'étude du climat est basée sur les données de la période allant de 1994 à 2002 (O.N.M, 2003), et quelques données de la période 1926 à 1950 (DUBIEF, 1953).

### 2.6.1 – Données brutes

Tableau I : Données climatiques de la station de Ghardaïa, période 1994-2002

Paramètre Mois	Températures (°C)			Précipitation (mm)	Vitesse du vent (m/s)	Evaporation (mm)	Humidité (%)	Insolation (heure)
	Min.moy	Max.moy	Moyenne					
Janvier	5,7	16,9	11,3	7,1	3,5	120,1	58,8	255,8
Février	7,2	19,8	13,5	2,8	3,9	155,0	48,7	247,4
Mars	11,0	24,0	17,5	6,7	4,4	208,0	42,6	278,3
Avril	14,1	27,1	20,6	7,5	4,6	269,1	36,7	302,7
Mai	19,7	33,2	26,4	2,5	4,2	346,7	29,4	318,4
Juin	24,5	38,3	31,4	1,1	4,1	410,2	26,8	365,6
Juillet	26,4	40,7	33,6	0,9	3,8	463,9	23,7	333,7
Août	27,2	40,6	33,9	1,2	3,3	446,4	24,8	310,9
Septembre	22,7	34,8	28,8	9,1	3,6	314,8	38,1	277,2
Novembre	16,7	28,4	22,6	9,3	3,3	211,1	47,0	261,0
Octobre	10,8	22,0	16,4	7,1	3,3	168,7	52,0	244,7
Décembre	12,9	18,0	15,4	8,5	3,4	134,8	58,6	243,2
<b>Moyenne</b>	<b>16,6</b>	<b>28,7</b>	<b>22,6</b>	<b>63,7 *</b>	<b>3,8</b>	<b>3248,8 *</b>	<b>40,6</b>	<b>286,6</b>

\* Cumule annuel

(O.N.M. OUARGLA, 2003)

### **2.6.1.1 – Les températures**

La température moyenne annuelle est de 22,6 °C, avec 33,9 °C en août pour le moins le plus chaud, et 11,3 °C en janvier pour le mois le plus froid.

### **2.6.1.2 – Les précipitations**

Elles sont très faibles et irrégulières durant l'année et entre les années. La moyenne annuelle est de 63,7 mm pour la période 1994-2002. Alors que pour la période 1926-1950 elle a été de 56,7 mm. Les maxima des pluies sont en mois de novembre avec 9,3 mm.

La répartition des précipitations durant l'année est marquée par trois mois de sécheresse quasi-absolue (juin, juillet et août).

La quasi-absolue de pluie au Sahara est due à la présence des basses pressions sahariennes thermiques plus ou moins permanentes (entre 0 et 3000 m en générale) surmontées de hautes pressions synoptiques (Anticyclone) (TOUTAIN, 1979).

### **2.6.1.3 – Les vents**

Selon le tableau N°01, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de mars jusqu'au juin, avec un maximum de 4,6 m/s durant le mois d'avril. Notant que les vents dominants sont de NW (SELTZER, 1946).

### **2.6.1.4 – L'évaporation.**

L'évaporation est très importante, la moyenne annuelle est de 3248,8 mm. Le maximum est atteint en période de juin, juillet et août avec une moyenne de 440,2 mm. Les minima sont enregistrées durant le mois de janvier (120,1 mm).

L'intensité de l'évaporation au Sahara est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (TOUTAIN, 1979).

### **2.6.1.5 – L'humidité relative de l'air**

L'humidité de l'air est très faible. La moyenne annuelle est de 40,6 % (1994-2002). Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année.

En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 23,7 au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds ; alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 58,8 % au mois de janvier.

### **2.6.1.6 – L'insolation.**

Les radiations solaires sont importantes au Sahara car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année (TOUTAIN, 1979).

De ce fait, la durée d'insolation moyenne est de 286,6 heures. Les valeurs peuvent atteindre 365,6 heures durant le mois de juin.

## 2.6.2 – Synthèse climatique

### 2.6.2.1 – Diagramme Ombrothermique

D'après le diagramme illustré dans la figure 8, nous constatons que la période sèche s'étale sur toute l'année.

### 2.6.2.2 – Classification bioclimatique

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d'EMBERGER (1955) ( $Q_2$ ) spécifique au climat méditerranéen. Dont la formule est :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Et de fait que M et m, les températures maxima et minima exprimées en degrés absolus (°K), STEWART (1969) a montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule pouvait être simplifiée pour s'écrire (LE HOUEROU, 1995) :

$$Q_3 = 3,43 \cdot P / M - m$$

avec

$P$  : pluviosité moyenne annuelle en mm.

$M$  : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en °C.

$m$  : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid. en °C.

Pour la station de Ghardaïa et pour la période 1994-2002,  $Q_3 = 6,24$ . Donc le bioclimat est type hyper aride (saharien) à hivers doux (figure 9).

## 2.7 – La végétation

La végétation spontanée dans la région de Guerrara est soumise à deux contraintes majeures. D'une part la rareté et l'irrégularité des précipitations. D'autre par l'exploitation par l'homme (cueillette du bois, pâturages).

Les groupements végétaux existants sont liés aux différents supports édaphiques à savoir, terrains gypseux, sols salés, sables ou dunes, oueds ou dayas. Ils reflètent donc d'une part le modelé géomorphologique, d'autre part la variation topographique dans chaque modelé.

D'après les travaux de BARRY et FAUREL (1973), les principaux groupements végétaux observés dans la région de Guerrara (figure 10) sont les suivant :

1. **Steppes gypseuses** de faciès dégradé (anthropique) à *Euphorbia guyoniana* (Oum lebena) et *Oudneya africana* (Ghalga). Ces deux espèces sont ceux qui dominant autour de Guerrara. Ils présentent une densité un peu plus grande dans les lits d'oued.
2. **Groupements psammophiles** à *Aristida pungens* (drinn). Localisés au sud des oasis de Guerrara, liés à des formations dunaire d'obstacle (nebkas et dunes).

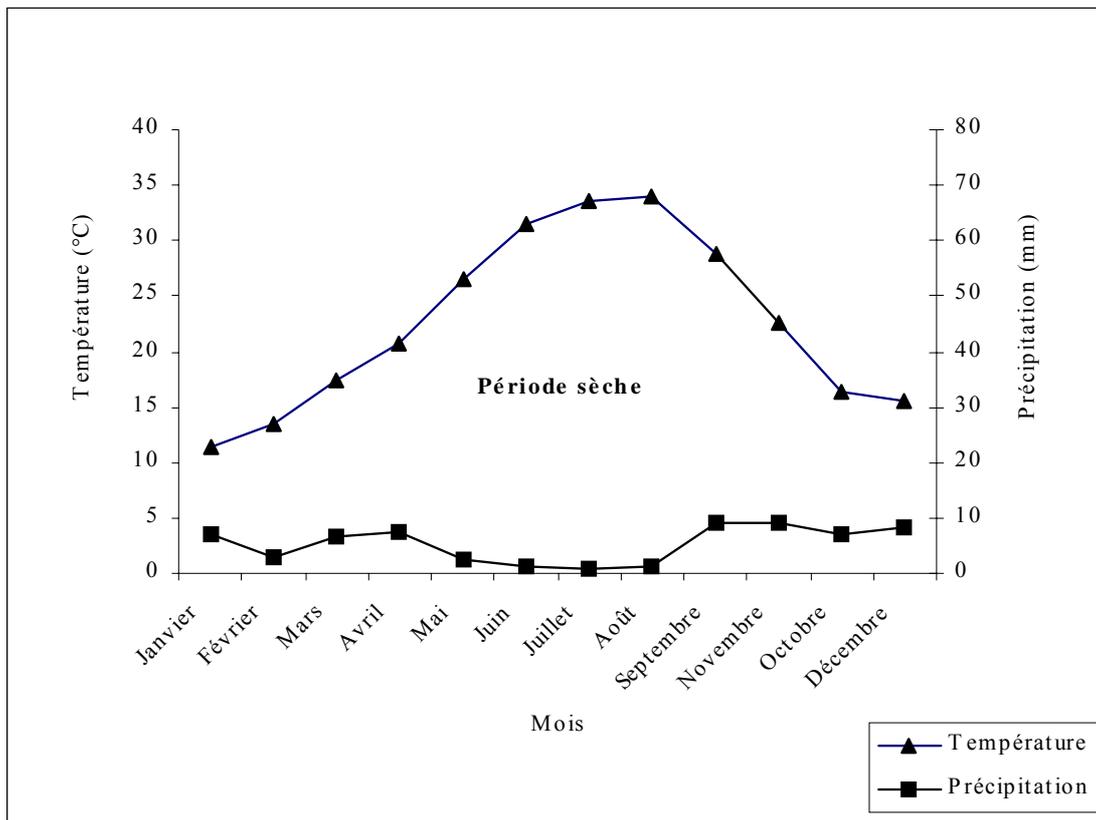


Figure 08 : Diagramme Ombrothermique de la station de Ghardaïa (période 1994-2002)

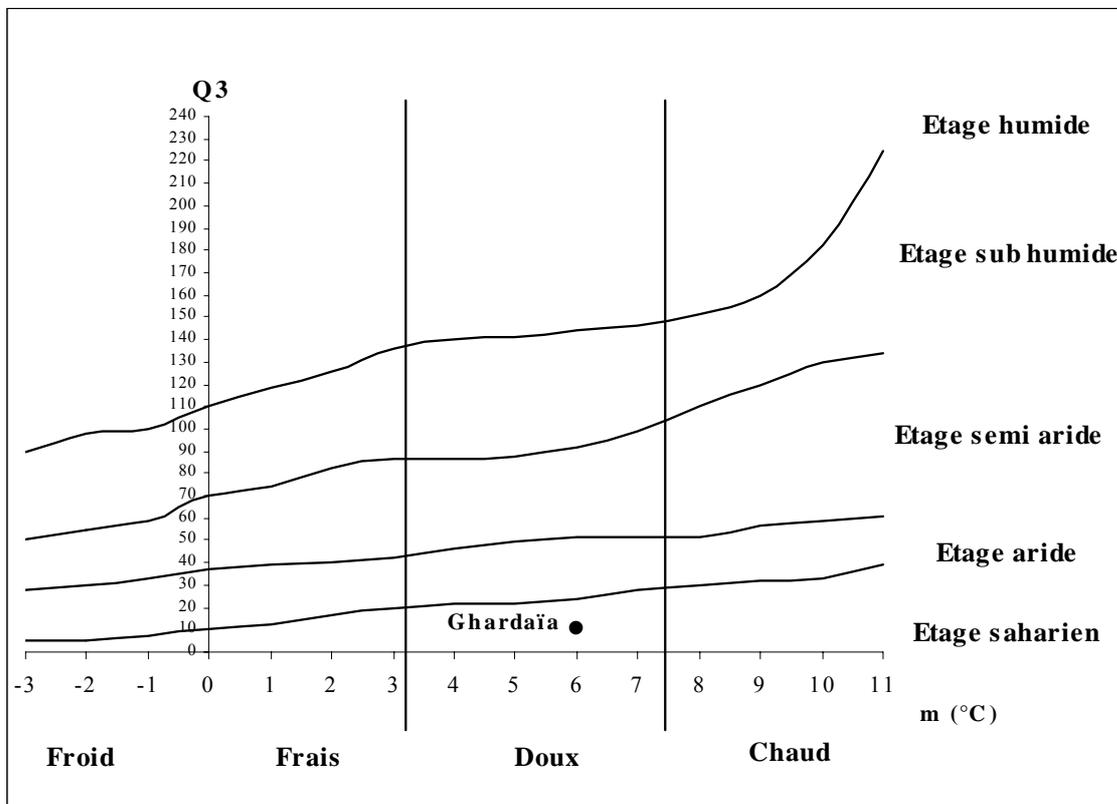
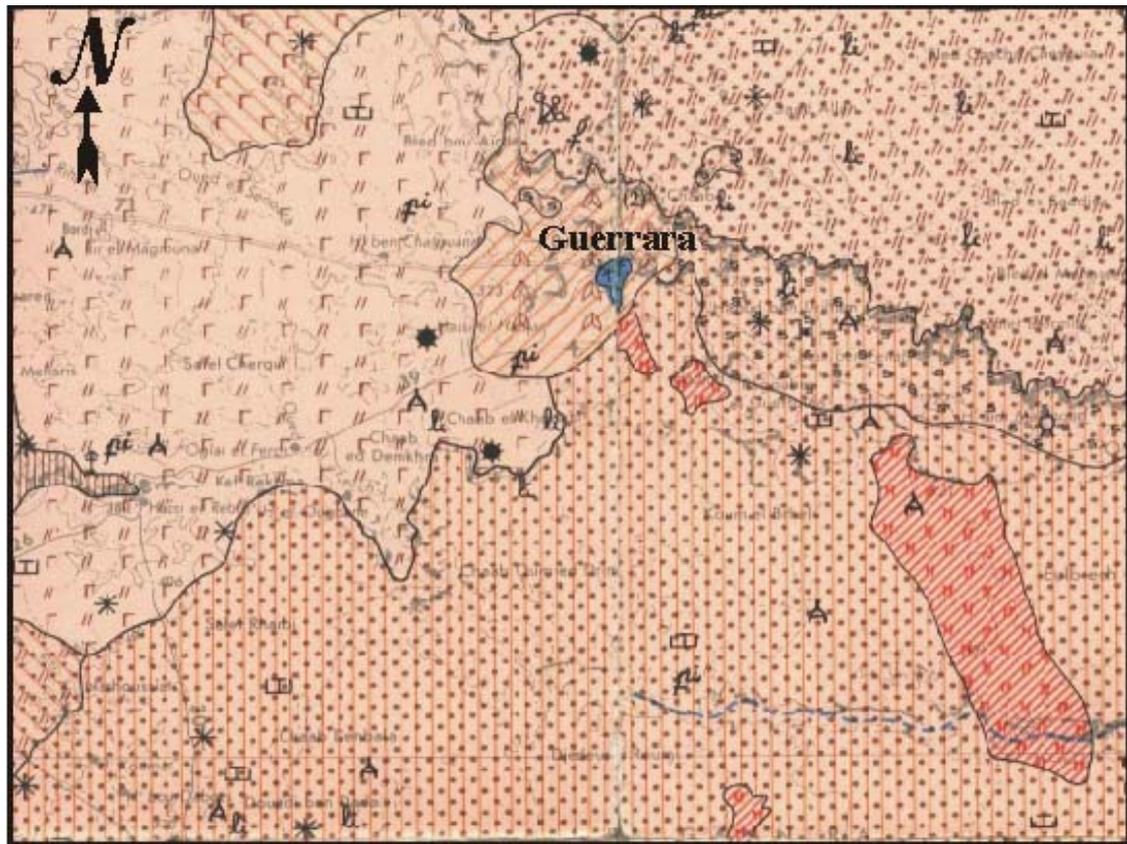


Figure 09 : Climagramme d'EMBERGER pour la région de Ghardaïa

3. Steppes buissonneuses claires à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium*. Comportent trois sous-groupes qui se succèdent du nord-est au sud-est à savoir :
  - Steppes à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium* et *Farsetia hamiltonii*
  - Steppes à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium* et *Aristida plumosa*. Faciès à *Scabiosa camelorum*.
  - Steppes à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium* et *Aristida plumosa*.
4. **Steppes buissonneuses** à *Arthrophytum scoparium* (remt) et *Farsetia hamiltonii*. Occupent la partie ouest de Guerrara.
5. **Palmeraie** à *Phœnix dactylifera*. C'est l'un des oasis isolées de la Pentapole mozabite, irriguées par les eaux de la nappe phréatique et de la nappe Albien ainsi que par les eaux des crues d'oued Zegrir retenues par un barrage.

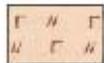
## 2.8 – Le sol

D'après les travaux réalisés par BAIT et al (1977) sur les sols de l'ancienne palmeraie, CDARS (1999) sur les sols de la Daya de Ben Feïlah et ceux de BNEDER (2000) sur les sols de périmètre de Drin, les sols de lit d'oued dans la région de Guerrara ont une texture limono-sableuse à sablo-limoneuse, leur salinité est faible, de même pour leur fertilité chimique, sauf pour des petites zones où la mauvaise gestion de l'eau et la texture argileuse permet d'avoir des sols salins.



Echelle : 1/500.000

0 10 20 km



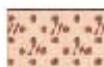
Steppe buissonneuse à *Arthrophytum scoparium* et *Farsetia hamiltonii*



Steppe buissonneuse claire à *Rhanterium suaveolens* ssp. *Intermedium* et *Farsetia hamiltonii*



Steppe buissonneuse claire à *Rhanterium suaveolens* ssp. *Intermedium* et *Aristida plumosa* Faciès à *Scabiosa camelorum*



Steppe buissonneuse claire à *Rhanterium suaveolens* ssp. *Intermedium* et *Aristida plumosa*



Steppes gypseuses, Faciès dégradé (anthropique) à : *Euphorbia guyoniana* et *Oudneya africana*



Groupements psammophiles à *Aristida pungens*



Palmeraie à *Phoenix dactylifera*

Figure 10. Carte de la végétation de la région de Guerrara (d'après BARRY et FAUREL, 1968)

*Deuxième partie*  
**Caractérisation des sols**

## Chapitre III : Matériels et méthodes d'étude

### 3.1 – Introduction

L'étude de la couverture pédologique commence par le choix d'une zone d'étude, qui répond aux exigences des grands axes de projet de recherche DAYCLIM (MESSEN et al 2004), suivie par des travaux préliminaires déterminant le plan d'échantillonnage, en suite l'étude morphologique et analytique ainsi que la classification des sols, et enfin la réalisation d'esquisse d'une carte des sols.

### 3.2 – Choix de la zone d'étude.

Il s'agit de Dayet El-Amied\* situé au sud est de l'ancienne palmeraie et de la ville de Guerrara. Elle s'étale sur les alluvions d'oued Zegrir, limité au nord par la voie routière (Guerrara-El Hdjira) et quelques collines, à l'est par l'ancienne palmeraie et une digue de 1000 m de longueur, au sud par des formations dunaires (voiles sableux Nebkas, dunes...) et des buttes témoins (Gara) et les sols de Mio-Pliocène (appelées localement « Tafza »), à l'ouest par les Glacis de Mio-Pliocène.

La localisation de Dayet El ameid d'une part, dans le lit d'oued Zegrir et d'autre par, à côté des buttes témoins et des formations dunaires, fait que cette zone est soumise à deux types d'apport : (Figure 11).

- Un apport alluvial d'oued Zegrir dépose des dépôts alluvionnaires lors de son passage.
- Un apport éolien, prend son origine les dunes d'obstacle située au sud de la Daya.

C'est sur ces deux critères d'apport que la zone d'étude a été choisie, pour réaliser le projet de recherche DAYACLIM.

### 3.3 – Etude des documents de base

La région de Guerrara connaît un manque en ce qui concerne les études documentaires de base notamment les documents cartographiques à grande échelle : topographiques, géomorphologiques, géologiques etc. Pour cela les documents que nous sommes contentés de consulter sont :

- Les photographies aériennes anciennes de Guerrara : 1/25000 (1959), 1/10000 (1980) et 1/60000 (1982).
- Carte topographique de Guerrara : 1/200 000 (1960).
- Carte géologique d'Alger sud : 1/500 000 (1952).

---

\* L'appellation d'El-Amied (mots d'origine arabe) est due à la présence d'une butte témoin dans cette daya qu'elle a une forme qui se rassemble à un petit pilier, "Amoude".

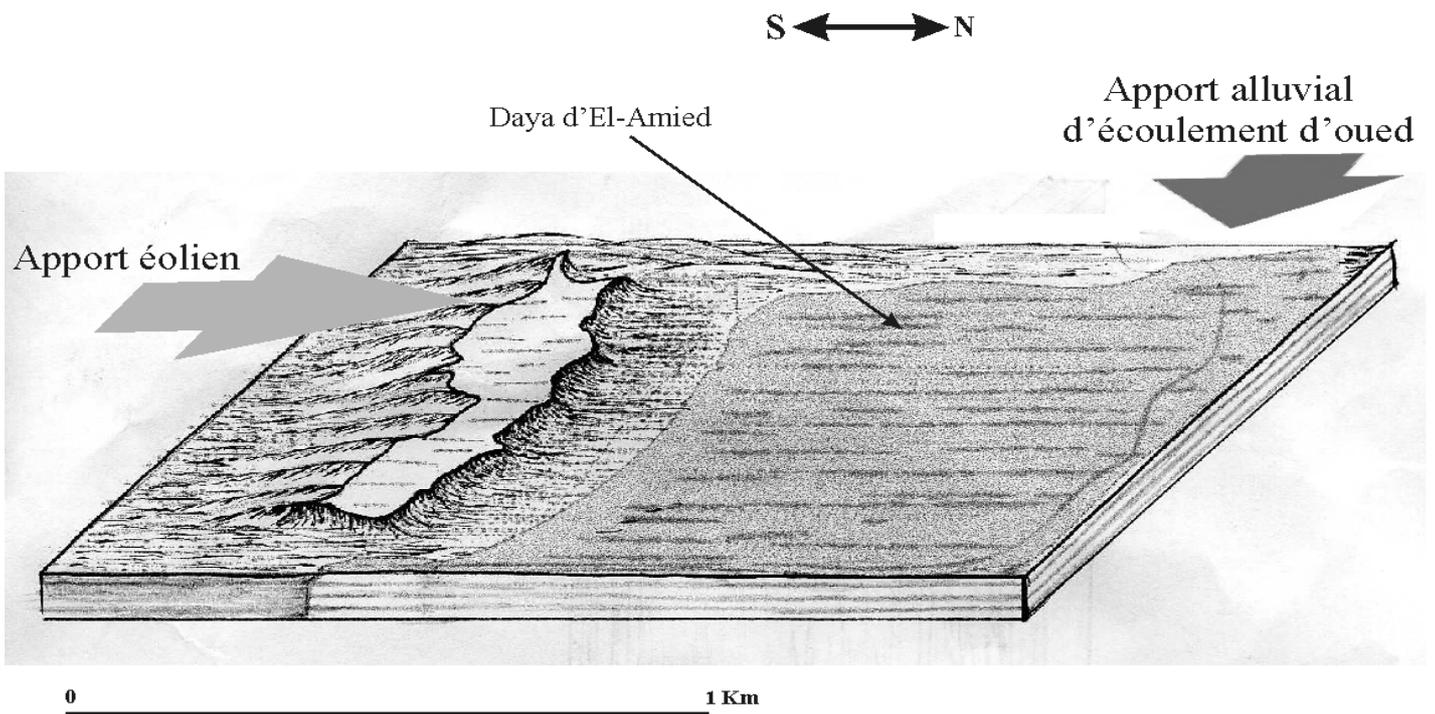


Figure 10 : Influence de la Daya d'El-Amied par les deux apport alluvial et éolien

La méthode d'étude repose sur une approche qui exploite les renseignements fournis par les photographies aériennes.

La lecture et l'examen stéréoscopique des photographies aériennes ont permis de dégager un ensemble de renseignements qui nous ont permis de tracer un plan d'échantillonnage, en suivant ainsi la méthode de la photo-interprétation (MAIGNIEN, 1969 ; BONNEAU et SOUCHIER, 1979 ; LEGROS et al, 1996).

La photographie qui date de 1959 représente une grande partie de Dayet El-ameid dans son état naturel, sans utilisation par l'homme. Celle-ci nous a permis de tracer quelques limites des zones considérées comme homogènes de point de vue état de surface (HAMDI-AISSA, et GIRARD, 2000) en tenant compte de l'influence des facteurs de milieu, principalement oued Zegrir.

Les autres photographies aériennes (1980 et 1982) nous ont permis de délimiter d'autres zones homogènes basant sur les différentes actions anthropiques sur le pédopaysage (occupation du sol) (LEGROS, 1996).

### **3.4 – Méthode d'approche de terrain**

L'analyse des documents de bases est suivie par un travail de terrain pour localiser des points d'observation et de prélèvement (solums et plusieurs sondages à la tarière).

Cette étape de reconnaissance sur terrain, nous a permis de vérifier la compatibilité des zones homogènes. La difficulté a eu lieu surtout dans les zones où il y avait une activité agricole (couvert végétal, zones irriguées...).

Nous avons choisi trois toposéquences en se basant sur le sens d'écoulement de l'oued, et deux autres points d'échantillonnage de façon à représenter la couverture pédologique de la zone d'étude (figure 12)

1. Une première toposéquence : composée de trois solums alignés suivant un axe est-ouest. Elle permet d'étudier la variation spatiale du sol, à partir de barrage de dérivation jusqu'au centre de la Daya au long de cour d'écoulement d'oued Zegrir.
2. Une deuxième toposéquence perpendiculaire à la première, composée de quatre solums alignés suivant un axe sud-nord
3. Une troisième toposéquence choisie selon un axe sud-est-nord-ouest, localisée dans le périmètre phœnicicol protégé par la digue.

En plus de ces trois toposéquences, nous avons choisi deux autres solums, l'un en amont et l'autre en aval, pour compléter la représentation de toutes les zones homogènes de la Daya.

Pour mieux comprendre la genèse et l'organisation de la couverture pédologique de la Daya, l'étude est complétée par d'autres solums choisis en dehors de la zone d'étude.

- Trois solums en amont de lit d'oued.

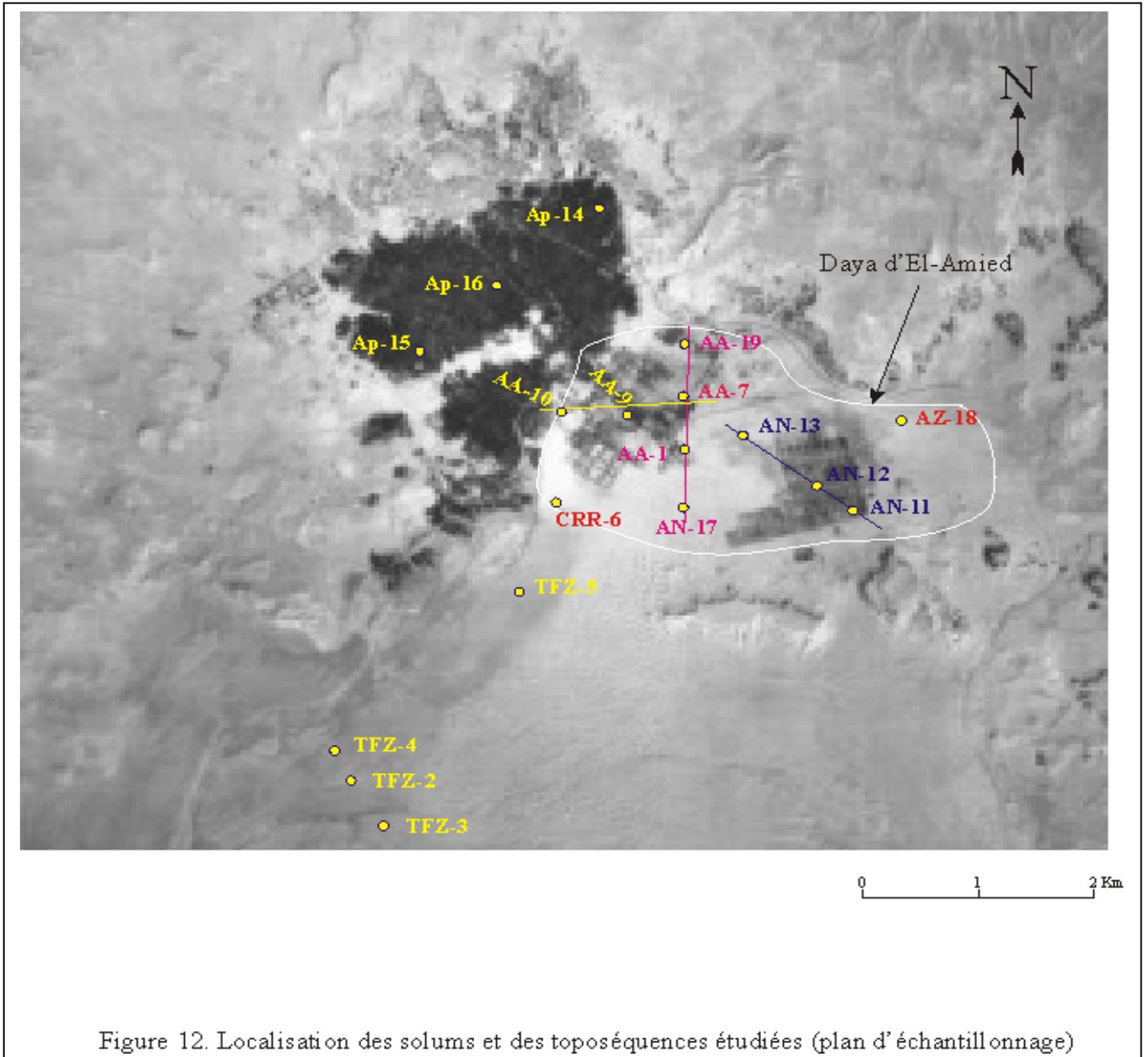


Figure 12. Localisation des solums et des toposéquences étudiées (plan d'échantillonnage)

- Un solum sur un méandre près de la zone d'étude
- Trois solum dans la palmeraie traditionnelle de Guerrara. L'un de ces solum est localisé dans les bordures de la palmeraie sur un Glacis de Mio-Pliocène.

### **3.5 – Etude morphologique des solums.**

La description des solums a été effectuée en suivant les recommandations de MAIGNIEN (1969) et de BAIZE et JABIOL (1995).

Pour présenter l'environnement de chaque solum nous avons retenu les caractères suivants :

- La localisation (repère ou coordonnées géographiques)
- La végétation
- Le temps
- L'état de surface
- La topographie
- La date

Quant à la description morphologique des horizons de chaque solum, nous avons retenu les critères suivant :

- Epaisseur des horizons (cm).
- La couleur (munsell Soil Color Charts).
- L'humidité.
- La texture.
- La structure.
- La réaction à l'HCl.
- Les racines : présence, taille, nature.
- Les taches : couleur, taille
- Troues : taille, origine.
- Eléments grossiers : dimension, forme, nature.
- Limite et transition entre les horizons.

### **3.6 – Etude analytique des solum**

L'ensemble des analyses physiques et chimiques ont été fait au laboratoires de la Faculté des Sciences et des Sciences d'Ingénieur, Université de Ouargla.

### 3.6.1 – Granulométrie

L'analyse granulométrique a été effectuée sur des échantillons de la terre fine (< 2 mm), séchés à l'air libre, en utilisant la méthode internationale à la pipette de Robinson. Dont la séparation des différentes classes de particule se fait par sédimentation (par gravité) et prélèvements à des temps échelonnés pour les fractions les plus fines ( $\leq 50 \mu\text{m}$ ) et par tamisage pour les fractions supérieures (AUBERT, 1978, AFNOR, 1999b).

Nous avons effectué seulement une granulométrie de sable (cinq classes) pour certains solums où la fraction sableuse est celle qui domine dans tous les horizons. Ceci, pour mieux caractériser ce sable et afin de discuter son origine.

La granulométrie a été effectuée sans décarbonatation pour la plupart des échantillons, et après décarbonatation pour ceux qui présentent des teneurs moyennes de calcaire totale.

### 3.6.2 – Calcaire total

Déterminé par la méthode du calcimètre de Bernard, (méthode gazométrique). Les sols contenant de la dolomie ont été d'abord broyés finement pour faciliter par la suite l'attaque par l'acide chlorhydrique (AUBERT, 1978).

### 3.6.3 – Gypse

Nous avons utilisé la méthode chimique, par le dosage des ions  $\text{SO}_4^{2-}$  libérés après une attaque aux carbonates d'ammonium et précipitation sous forme de chlorure de baryum (COUTINET, 1965, VIEILLEFON, 1979).

### 3.6.4 – Matière organique

Elle est estimée après le dosage de carbone organique existant dans les échantillons par la méthode de Anne. Dont le principe est basé sur l'oxydation sulfochromique et titration par le sel de Mohr (AUBERT, 1978 ; AFNOR, 1999).

Faut de manque des réactifs au laboratoire l'estimation de la matière organique n'a pas été faite pour tous les échantillons étudiés.

### 3.6.5 – Capacité d'échange cationique

La CEC est déterminée par la méthode à l'oxalate d'ammonium. Dont l'échange se fait entre les cations retenus par l'échantillon et les ions ammonium d'une solution aqueuse et neutre d'oxalate d'ammonium en présence de carbonate de calcium. Par mesure de la concentration dans le filtrat des ions ammonium libres, qui peut être effectué par dosage de l'azote ammoniacal. Nous déterminant ainsi la CEC (AFNOR, 1999a).

### 3.6.6 – Conductivité électrique

Mesurée par un conductimètre sur des extraits dont le rapport (terre/eau) est de 1/5. (USSL, 1954 ; AUBERT, 1978 ; AFNOR, 1999)

### 3.6.7 - pH

Mesuré sur des extraits du rapport (terre/eau) 1/5 (AFNOR, 1999a).

### 3.6.8 – Bilan ionique

Effectué sur des extraits du rapport (terre/eau) de 1/5. Il consiste à analyser les anions :  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$  et les cations :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  (COUTINET, 1965 ; AUBERT, 1978 ; GHARROCHA, 1995).

- Les anions  $\text{SO}_4^{2-}$  sont dosés par la méthode gravimétrique après précipitation sous forme de chlorure de baryum.
- Les anions  $\text{Cl}^-$  sont dosés par la méthode Argentométrique de Mohr.
- Les anions  $\text{HCO}_3^-$  sont dosés par titrimétrie au  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Les Cations  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$  sont analysées après dilution ( $D = 50$ ) par spectrophotométrie d'absorption atomique de flamme (SAAF) (PANSU et al 1997).
- Les cations de  $\text{Na}^+$  sont analysés après dilution ( $D = 50$ ) par spectrophotométrie à émission atomique de flamme (SEAF) (PANSU et al 1997).

### 3.6.9 – Classification des sols

Nous avons utilisé la classification de l'FAO-UNESCO (1998).

Cette classification a été récemment remaniée et complétée par une commission internationale, sous la dénomination de World Reference Base for Soil Resources FAO-WRB. Dont la plupart des groupements principaux sont caractérisés par un horizon (ou des propriétés) diagnostic particulier (FAO, 1998).

Chacun des solums étudiés a été rattaché aux taxons de WRB-FAO (FAO, 1998).

## Chapitre IV : Résultats

### 4.1 – Caractérisation morphologique et analytique des solums

La caractérisation des sols de Dayet El Ameid consiste à étudier l'organisation de la couverture pédologiques à l'aide d'un ensemble des observations à grandes échelles. Pour ce la, nous allons présenter l'étude des trois toposéquences (est-ouest, sud-nord et sud-est-nord-ouest) et de deux solums, l'un choisi en amont et l'autre en aval.

Dans le but de bien comprendre le fonctionnement et la variabilité spatiale et surtout la pédogenèse du sol, nous allons présenter l'étude des autres solums situe en dehors de la zone d'étude, dans le lit d'oued et sur un sol du Mio-Pliocène (sol non alluvial).

#### 4.1.1 – Solum CRR-6

Ce solum est localisé en amont de la première toposéquence, il représente toute une unité homogène qui occupe une partie de sud ouest de Dayet El ameid. Il s'agit d'un ancien cours d'écoulement d'oued Zegrir. Actuellement et en présence d'une digue et d'un dispositif de trop-plein, le passage des eaux des crues sur cette unité est très exceptionnel. Notant que cette unité est située à côté des formations dunaires (Nebka et dune).

##### 4.1.1.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : Dans une carrière, 300 m sud-est du trop-plein d'oued Zegrir (El-Ameid)

**Végétation** : plantes spontanées (*Oudneya africana*).

**Etat de surface** : gravier et sables fins liés aux touffes de végétation.

**Temps** : ensoleillé.

**Topographie** : plane avec une légère pente orientée vers l'est.

**Date** : 20/02/2003

**A (0 – 25 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable-graveleux, particulière, quelques cailloux (5 %), très friable, vive effervescence à l'HCl, les graviers (2 à 20 mm) et les cailloux (20 à 60 mm) ont une forme émoussée arrondie et ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure et enrobés par une pellicule limono-argileuse, transition distincte et limite régulière.

**C1 (25 – 65 cm)** : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable, friable, particulière, pas d'effervescence à l'HCl, quelque gravier et cailloux (7 %), transition distincte et limite régulière.

**C2 (65 – 75 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, gravelo-sableux, quelques cailloux, les graviers et les cailloux présentent les même caractéristiques que celles observées dans le premier horizon, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C3 (75 – 87 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, sable, friable, particulaire, pas d'effervescence à HCl, quelques graviers (5 %), transition distincte et limite régulière.

**C4 (87 – 94 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, sable graveleux, particulaire, quelques cailloux (1 %), les graviers présentent les mêmes caractéristiques que celles du premier horizon, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C5 (94 – 119 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable, friable, particulaire, pas d'effervescence à HCl, quelques graviers (1 %), transition graduelle et limite régulière.

**C6 (119 – 129 cm)** : idem à l'horizon 5.

**C7 (129 – 159 cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, sable, friable, particulaire, pas d'effervescence à HCl, transition distincte et limite régulière.

**C8 (159 – 169 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, sable graveleux, particulaire, les graviers sont arrondis et de nature différente (dolomite, limono-argileuse, grès, gypse...), faible effervescence à l'HCl, quelques manchons de calcite (Photo 1. Planche II), transition distincte et limite régulière.

**C9 (> 169 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable, friable, particulaire, vive effervescence à HCl.

#### 4.1.1.2 – Données analytiques

Tableau II : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum CRR-6

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)						Calc.T (%)	M.O (%)	Gypse (%)	C.E.C (cmol <sup>+</sup> /Kg)
		Fraction < 50 µm	Sable fin		Sable grossier						
			50-100 µm	100-200 µm	200-500 µm	500-1000 µm	1000-2000 µm				
A	0-25	11,62	6,72	14,7	51,89	14,13	0,94	10,68	0,56	2,61	1,5
C1	25-65	14,16	10,34	19,11	41,19	13,95	1,25	8,22	0,19	0,04	2,5
C2	65-75	8,92	4,47	11,6	42,38	25,59	7,04	10,27	0,44	-	1,5
C3	75-87	7,84	2,78	10,24	54,67	22,9	1,57	7,40	-	-	2,0
C4	87-94	8,20	3,46	18,79	62,51	6,845	0,2	7,81	-	-	-
C5	94-119	2,93	5,28	23,41	60,18	7,17	1,03	4,93	-	-	-
C6	119-129	2,06	6,71	23,14	47,83	17,13	3,13	6,47	-	-	-
C7	129-159	3,10	9,5	68,13	17,49	1,62	0,16	4,83	-	-	-
C8	159-169	8,46	8,41	36,39	41,49	4,86	0,395	7,5	-	-	-
C9	> 169	1,25	16,44	74,27	7,591	0,44	0,01	3,16	-	-	-

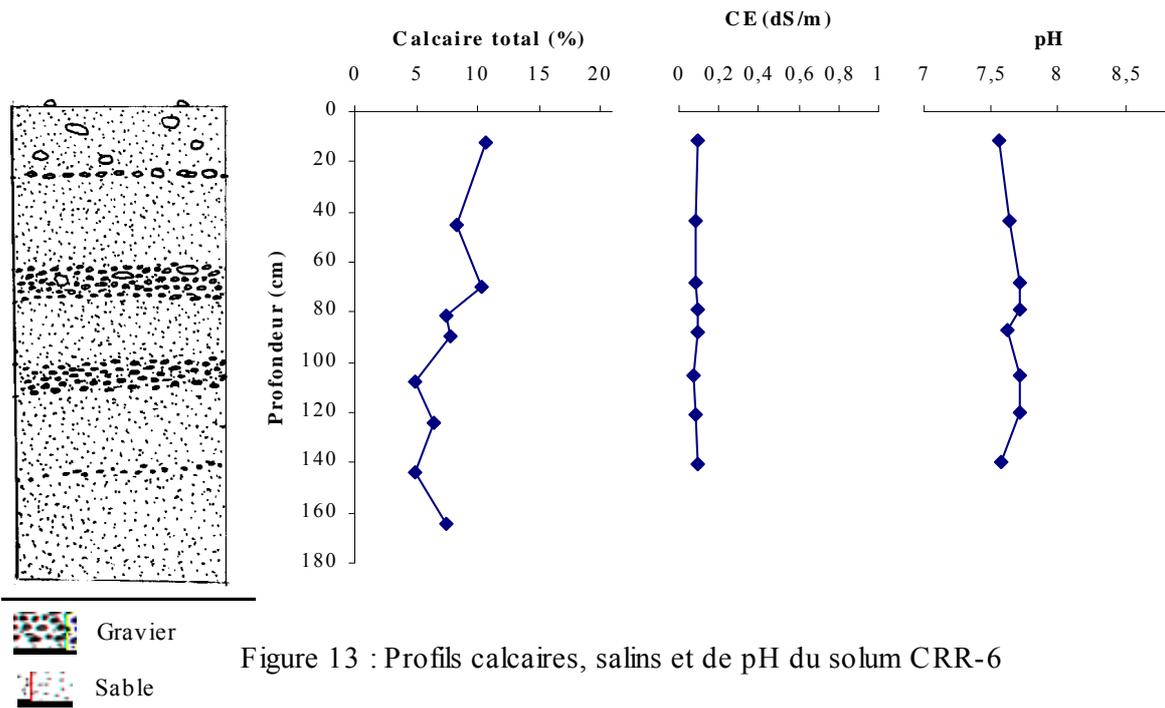


Figure 13 : Profils calcaires, salins et de pH du solum CRR-6

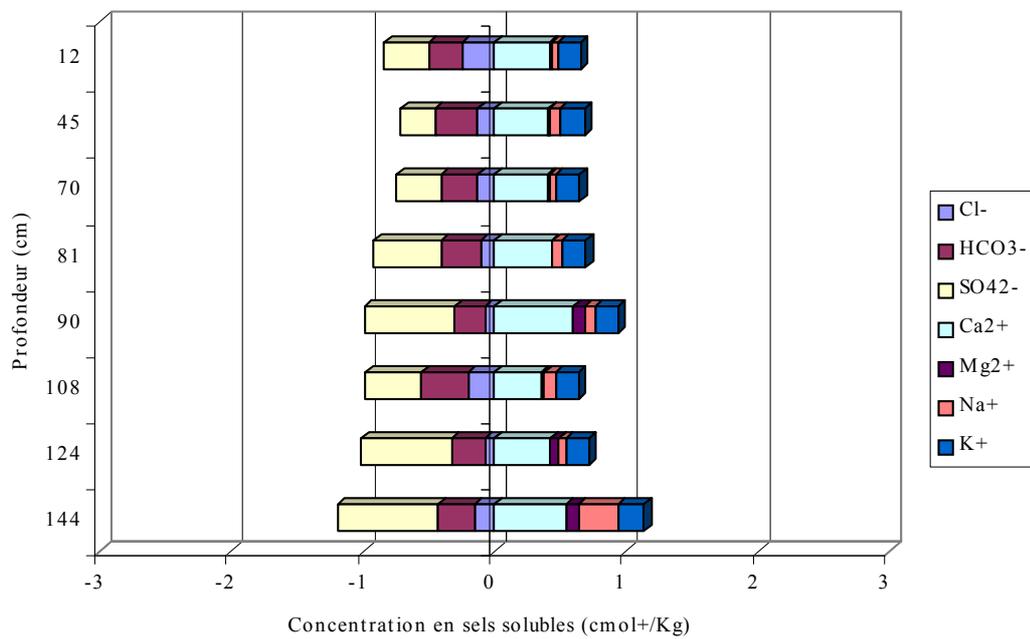


Figure 14 : Profil ionique du solum CRR-6

#### 4.1.1.3 – Interprétation

L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des graviers et du sable lié à la végétation. L'étude morphologique montre que le sol présente une stratigraphie bien visible. Il s'agit d'une alternance d'horizons sableux et sableux-graveleux, où les graviers ont une forme émoussée reflète leur origine fluviatile et la longue distance parcouru. Notant que l'épaisseur des horizons sableux est plus important que celle des horizons graveleux.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau II), montre que la texture de tous les horizons est de type sableuse, ce qui donne une structure particulière et un bon drainage interne. Notant que la fraction sableuse est dominée par les sables grossiers (surtout la fraction 200-500  $\mu\text{m}$ ) pour tous les horizons à l'exception de huitième et le dixième horizon où la fraction de sable fin (100-200  $\mu\text{m}$ ) qui domine.

Le taux de calcaire total dans le sol est faible à moyen (figure 13), car il ne dépasse pas 11 % (LAMBERT, 1975), il est relativement élevé dans les horizons graveleux par rapport aux horizons sableux, mais d'une manière générale la teneur de calcaire diminue avec la profondeur (tableau 1, Annexe 2)

Basant sur l'échelle de salure pour un extrait 1/5 (AUBERT, 1978), nous pouvons dire que le sol dans tous les horizons de ce solum est non salin, car la conductivité électrique ne dépasse pas 0,1 dS/cm (figure 13). Quant au pH, la comparaison des valeurs trouvées avec l'échelle d'alcalinité d'un extrait aqueux 1/5 (MORAND, 2001), montre que tous les horizons sont légèrement alcalins, le pH varie entre 7,56 et 7,72 (tableau 1, Annexe 2).

La concentration de la solution de l'extrait aqueux est très faible, elle varie d'un horizon à l'autre, avec un faciès géochimique sulfaté calcique pour la plupart des horizons (figure 14).

La matière organique est très faible pour les premiers horizons analysés ( $0,19\% \leq \text{M.O} \leq 0,56\%$ ) (MORAND, 2001), le taux de gypse est faible, ainsi que la CEC qui ne dépasse pas 2,5  $\text{cmol}^+/\text{Kg}$ .

#### 4.1.1.4 – Classification

WRB-FAO : Arénosol, yermique.

### 4.1.2 – Première toposéquence

Elle est orientée d'est en ouest, en suivant le sens d'écoulement d'oued Zegrir. Localisée dans l'ancien périmètre phœnicicol d'El-Amied, juste après le barrage de dérivation (figure 12)

Trois solum ont été étudiés au long de cette séquence. Il s'agit des solum (de l'est vers l'ouest) : AA-10, AA-9 et AA-7.

L'étude morphologique a été faite pour les trois profils, alors que l'étude analytique a été faite seulement sur les deux premiers solums, car le troisième solum AA-7 se rassemble plus ou moins au deuxième solum AA-9 (Annexe 1).

#### 4.1.2.1 – Solum AA-10

##### 4.1.2.1.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : Ancien périmètres phœnicicols d'El-Ameid, 500 m est de barrage principal d'oued Zegrir à Guerrara.

**Végétation** : palmier dattier et mauvaises herbes.

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : sol nu avec quelques mauvaises herbes

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 13/03/2003

- A (0 – 14 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 4/8 (brun rougeâtre), sec, sableux, friable, particulaire, stratifier, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite ondulée.
- C1 (14 – 28 cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 5/8 (brun clair), sableux, très friable, particulaire, stratifier, quelques gravier (2 à 20 mm) de nature différente (gypseuse, quartzuse...), pas effervescence à HCl, quelques racines fines et moyennes, matière organique peu décomposée, transition distincte et limite ondulée.
- C2 (28 – 35 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), graviers et cailloux de nature différents (gypseux, dolomite, quartz...) de taille différente (2 à 15 cm) dans une matrice de sable grossier, friable, particulaire, pas d'effervescence à l'HCl sauf sur les graviers dolomitiques, transition nette.
- C3 (35 – 60 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sableux, particulaire, quelques racines fines, pas effervescence à HCl, quelques taches brunes effervescentes à l'HCl, microlitage de dépôt limoneux, transition distincte.
- C4 (60 – 66 cm)** : Graviers et cailloux de différentes natures (grès, dolomite, gypse, quartz...) dans une matrice à sable grossier couleur à l'état Humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), forte effervescence à l'HCl, transition distincte.
- C5 (66 – 70 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sable, particulaire, quelques micro-horizon de gravier (2 mm) pas d'effervescence à HCl, transition distincte.
- C6 (70 – 80 cm)** : graviers, cailloux et pierres, dans une matrice de sable grossier couleur à l'état Humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), vive effervescence à l'HCl, quelques racines mortes, transition distincte.
- C7 (80 – 85 cm)** : idem à l'horizon six (6).
- C8 (85 – 96 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 4/8 (brun rougeâtre), sablo-limoneux, lamellaire sous structure polyédrique, vive effervescence à l'HCl, transition distincte.
- C9 (> 96 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sable, particulaire, quelques micro-horizon de gravier (2 mm) pas d'effervescence à HCl, transition distincte.

#### 4.1.2.1.2 – Données analytiques

Tableau III : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AA-10

Horiz.	Prof (cm)	Granulométrie (%) (sans decar.)					Texture (U.S.D.A)	Calc.T (%)	M.O (%)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
A	0-14	1,5	7,0	28,4	60,0	3,1	Loam sableux	10,07	0,29
C1	14-28	1,5	1,8	2,8	44,2	49,7	Sable	4,44	0,08
C2	28-35	2,0	4,8	0,3	31,0	62,0	Sable	9,11	0,13
C3	35-60	1,0	1,0	2,7	27,6	67,7	Sable	5,55	0,08
C4	60-66	2,3	7,5	1,8	24,6	63,9	Sable	7,95	-
C5	66-70	1,8	2,5	0,9	34,1	60,7	Sable	4,98	-
C6	70-80	31,8			19,6	48,6	-	9,45	-
C7	80-85	3,95			21,7	74,35	Sable	4,27	-
C8	85-96	32,25			23,7	44,05	=	7,71	-
C9	> 96	5,75			75,7	18,55	Sable	3,90	-

#### 4.1.2.1.3 – Interprétation

Le solum présente une stratigraphie des couches ou des horizons minces, encore bien visible, et cela se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie des différents horizons, il s'agit des accumulations alluvionnaires tantôt sableux-graveleuses et tantôt sableuses.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III), montre qu'à l'exception du premier horizon, qui a une texture loam sableux, le reste des horizons ont une texture sableuse. Ce qui signifie une perméabilité élevée et un bon drainage.

Le profil de calcaire suit la variation de type d'alluvions (figure 15), il est un peu élevé dans les horizons graveleux ( $7,95 \% \leq \text{Ca CO}_3 \leq 10,07 \%$ ) que dans les horizons sableux ( $4,4 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 5,55$ ). Notant que le premier horizon présente la valeur la plus élevée (10,07 %). Le pH du sol est légèrement à moyennement alcalin pour tous les horizons, il varie entre 7,66 et 8,28 (tableau 2, Annexe 2).

Selon l'échelle de salure (AUBERT, 1978), le sol de ce solum est non salin ( $\leq 0,6$  dS/m), le premier horizon présente la valeur la plus élevée de la CE avec 0,474 dS/m, pour le reste des horizons analysés, elle varie entre 0,213 et 0,299 dS/m (tableau 2, Annexe 2), donc elle présente une certaine tendance d'être ascendant (figure 15).

La concentration en sels soluble est très faible. Le bilan ionique varie d'un horizon à l'autre, le faciès géochimique est sulfaté-calcique (figure et 16).

#### 4.1.2.1.4 – Classification

WRB-FAO : Arénosol, yermique.

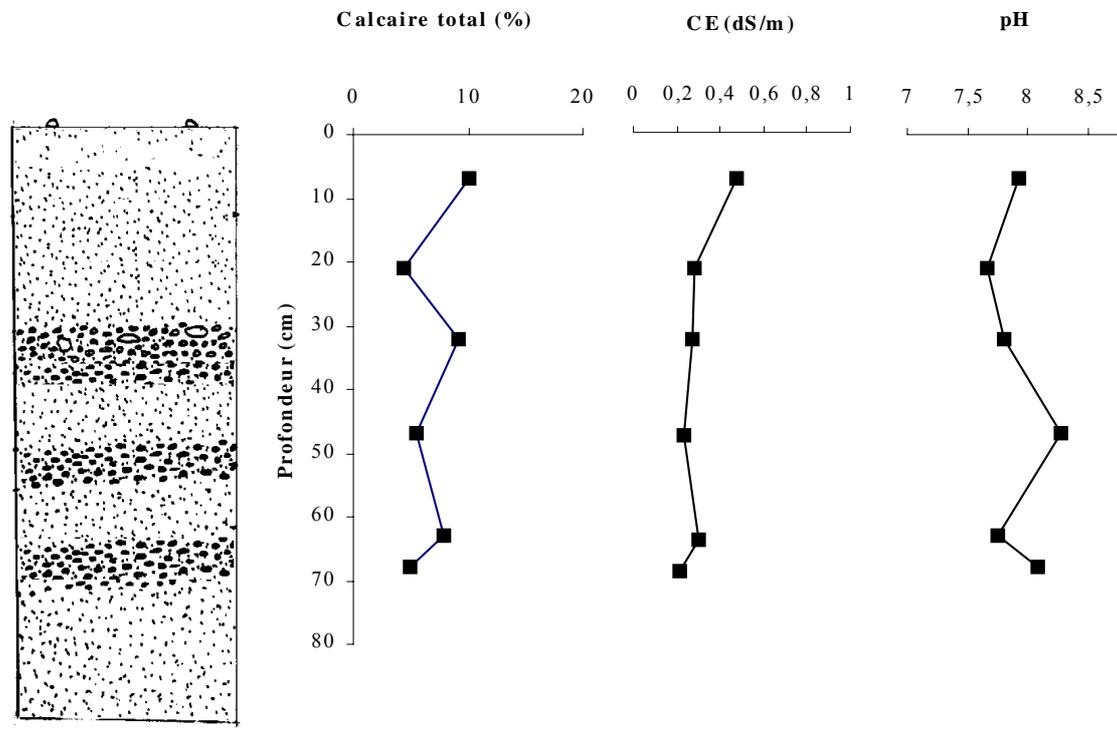
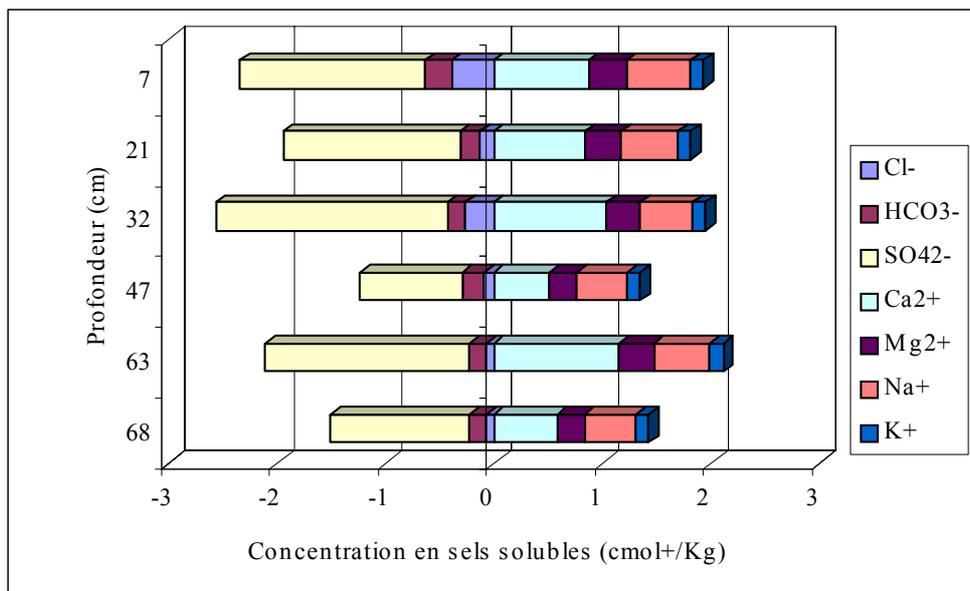


Figure 15 : Profils calcaires, salins et de pH du solum AA-10



#### 4.1.2.2 – Solum AA-09

##### 4.1.2.2.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : Ancien périmètre phœnicicol d'El-Amied. (N : 32° 46' 378'', E : 4° 30' 767'')

**Végétation** : palmier dattier, olivier et mauvaises herbes.

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : Parcelle irriguée, avec quelques mauvaises herbes

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 12/03/2003

**A (0 – 10/25 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun), frais, limon-sableux, polyédrique sur-structure lamellaire, vive effervescence à l'HCl, présence de quelques racines de taille moyenne d'olivier et d'autres fines de palmiers dattier et mauvaises herbes, débris végétaux décomposés, quelques gravier et cailloux émoussés de nature différente (grès, dolomite, quartz...) transition distincte et limite ondulée.

**C1 (10/25 – 40 cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sableux, friable, particulaire, très faible effervescence à l'HCl, quelques racines fines et moyennes déposées horizontalement, matière organique décomposée sous forme d'amas, transition distincte et limite nette.

**C2 (40 – 65/75 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 5/6 (brun clair), frais, limon-sableux, compact, structure continue dans les parties fraîches et lamellaires dans les parties sèches, forte effervescence à l'HCl, fort enracinement de taille fine et moyenne, transition distincte et limite ondulée.

**C3 (65/75– 93 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 5/8 (brun clair), frais, sableux, particulaire, microlitage de texture limoneuse, quelques racines fines et moyennes, faible effervescence à HCl, quelques dépôts limoneux sous forme d'amas, transition distincte.

**C4 (93 – 95 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 5/8 (brun clair), frais, sable limoneux, particulaire, quelques racines de taille moyenne, vive effervescence à l'HCl, transition distincte.

**C5 (95 – 120 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable, particulaire, pas d'effervescence à HCl, quelques dépôts limoneux sous forme d'amas.

#### 4.1.2.2.2 - Données analytiques

Tableau IV : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AA-09

Horz.	Prof. (cm)	Granulométrie (%) (avec decar.)					Texture (U.S.D.A)	Calc.T (%)	M.O (%)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
Ap	0-25	1,7	28,2	15,9	47,9	6,3	Loam-sableux	11,30	2,38
C1	25-40	0,8	12,0	4,8	78,2	4,3	Sable loameux	5,96	0,93
C2	40-73	11,2	43,7	22,9	20,6	1,5	Loam limoneux	19,93	0,42
C3	73-93	2,1	5,3	10,3	81,7	0,7	Sable loameux	5,34	1,27
C4	93-95	2,2	10,8	9,8	72,8	4,5	Sable loameux	7,50	0,26
C5	95-130	2,1	6,6	1,0	77,3	13,0	Sable	5,14	0,25

#### 4.1.2.2.3 – Interprétation

Les éléments grossiers dans ce solum sont très faiblement présents. Le sol présente aussi une stratification d'horizons bien visible, à texture tantôt sableuse et tantôt sablo-limoneuse, à l'exception du troisième horizon où la texture est limoneuse (tableau IV).

Le sol de ce solum est profond. Il présente un début de structuration dans l'horizon superficiel travaillé par l'homme (Ap).

La teneur en calcaire dans le sol est légèrement proportionnelle à la teneur du sol en limon. En effet, la valeur la plus élevée est de 19,93 % dans le troisième horizon à texture limoneuse. Alors que la plus faible (5,14 %) correspond au sixième horizon à texture sableuse (tableau IV, figure 14).

La matière organique dans le sol est faible et irrégulière, la valeur la plus élevée correspond à l'horizon superficiel avec 2,38 %.

D'après l'échelle de salure, ce sol est non salin, la valeur la plus élevée de la CE est mesurée dans l'horizon superficiel avec 0,53 dS/m (tableau 3, Annexe 2). Le profile salin suit la variation de texture et le taux du calcaire, il a une allure d'être ascendant. De même pour la concentration ionique, elle est faible et suit la variation de la CE (figure 17 et 18). Le faciès géochimique est de type chloruré-sodique à sulfaté-calcique. Le pH est légèrement à moyennement alcalin, il varie entre 7,68 et 7,93 (tableau 3, Annexe 2).

#### 4.1.2.2.4 – Classification

WRB-FAO : Fluvisol calcari-Takyrique.

#### 4.1.2.3 – Solum AA-07

Ce solum présente, d'une manière générale, les mêmes caractéristiques du solum précédant (AA-09). Il s'agit d'une stratification d'horizons à texture sableuse et d'horizons à texture sablo-limoneuse, dont la différence se manifeste aussi par un changement dans de la couleur des horizons. Une absence quasi totale d'éléments grossiers et une teneur en calcaire plus ou moins élevée dans les horizons limoneux en comparant avec les autres sableux. C'est un sol profond, il présente un début de structuration surtout dans les horizons superficiels (Annexe N°1).

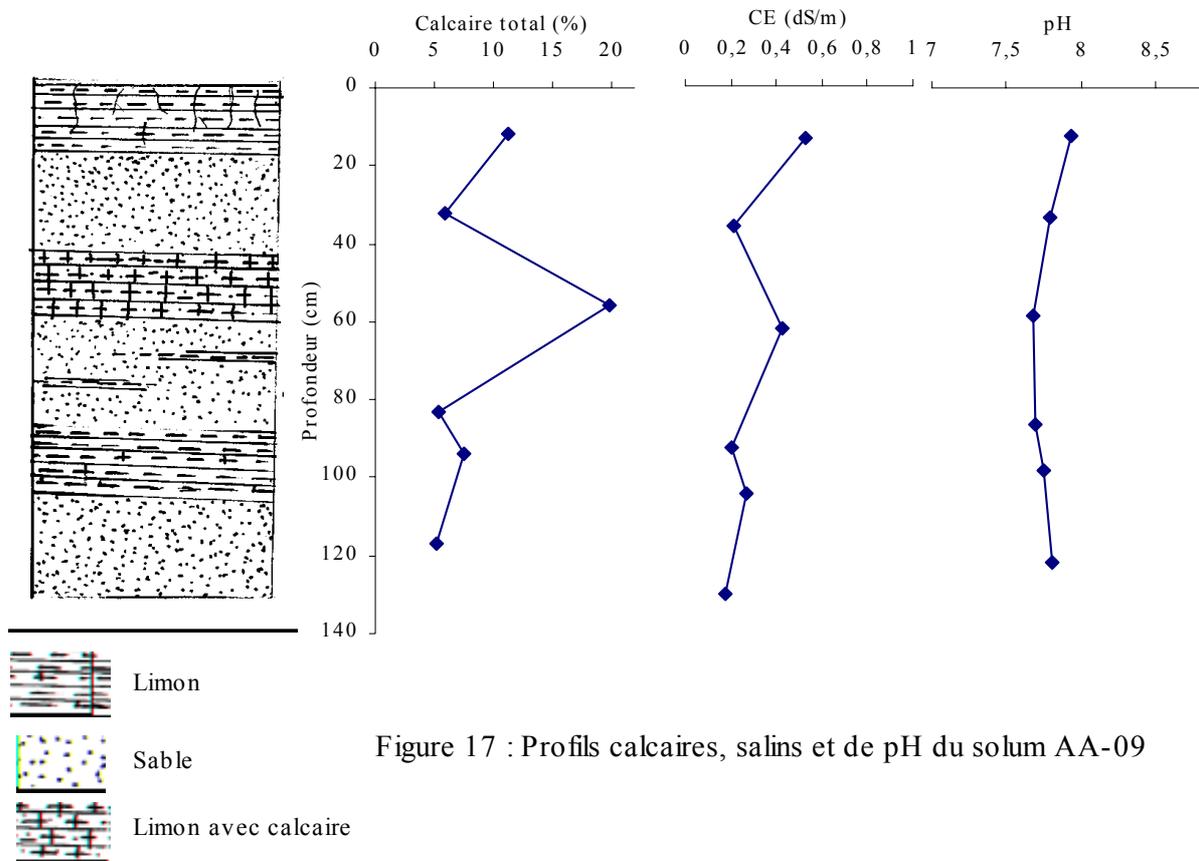


Figure 17 : Profils calcaires, salins et de pH du solum AA-09

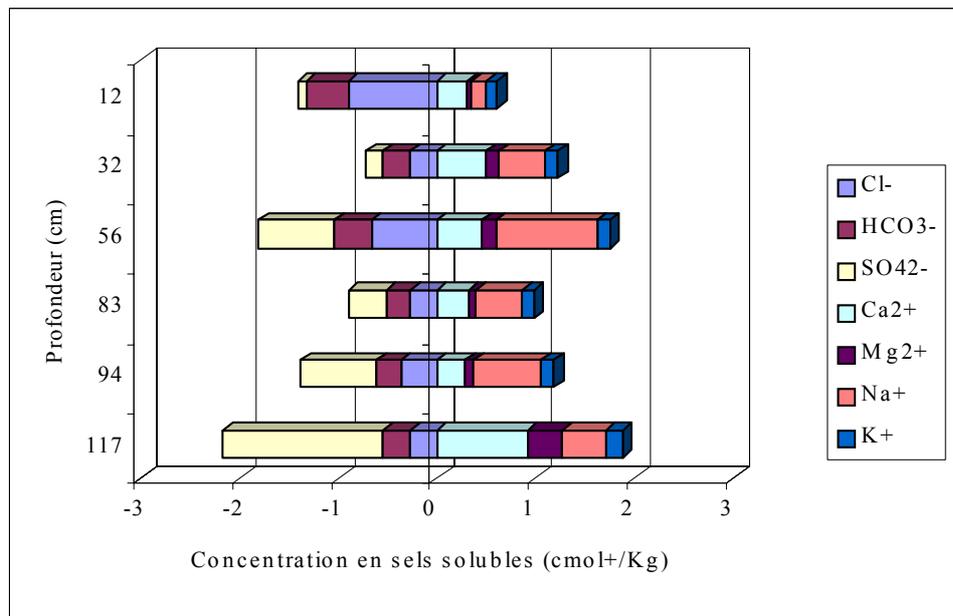


Figure 18 : Profil ionique du solum AA-09

### 4.1.3 – Deuxième toposéquence

Elle s'agit d'une séquence de profils pédologiques aligné qui travers la Daya d'El-Amied suivant un axe nord-sud. Elle est composée de quatre solum (du nord vers le sud) : AD-19, AA-7, AA-1 et AI-17.

L'étude morphologique a été faite pour les quatre profils, alors que l'étude analytique a été faite seulement sur les solums AD-19 et AI-17, car le solum AA-7 et AA-1 se rassemblent plus ou moins au solum AA-9 de la première toposéquence (Annexe 1).

#### 4.1.3.1 – Solum AD-19 (Amied Oulad Dada)

Ce solum est localisé dans des parcelles non irriguées depuis une longue période (moins d'une année), sous des palmiers dattiers adultes.

##### 4.1.3.1.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : dans l'ancien périmètre phœnicols d'El-Amied (Guerrara)

**Végétation** : palmier dattier, mauvaises herbes.

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : Parcelle non irriguée, avec quelques mauvaises herbes

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 12/05/2003

**Ap (0 – 30 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun rougeâtre), frais, limon-sableux, polyédrique, vive effervescence à l'HCl, riche en racines de taille moyenne de palmiers dattier et de mauvaises herbes, débris végétaux décomposés, poreux, transition distincte et limite régulière.

**C1 (30 – 95 cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun), frais, limoneux, compact, polygonale, très forte effervescence à HCl, transition distincte et limite régulière.

**C2 (95 – 145 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable, friable, texture particulière, pas d'effervescence à l'HCl, fort enracinement, niveau de microlitage, transition distincte et limite nette.

**C3 (145– 200 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (brun rougeâtre terne), frais, sable limoneux, polyédrique, pas de racines, moyennement effervescence à l'HCl, quelques nodules calcaires dispersés, calcaire en pseudomycelium, poreux, galerie d'insecte, transition distincte et limite régulière.

**C4 (200 – 330 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, sable fin, particulière, très peu de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C5 (> 330 cm)** : Frais, graveleux, 30 % de gravier (0,5 à 3 cm de diamètre) de forme arrondies et de nature siliceux, dolomitique et calcaire, dans une matrice de couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), texture sableuse, particulière, faible d'effervescence à l'HCl.

#### 4.1.3.1.2 - Données analytiques

Tableau V : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AD-19

Horz.	Prof. (cm)	Granulométrie (%) (avec decar.)					Texture (U.S.D.A)	E.G (%)	Calc.T (%)	M.O (%)	C.E.C (cmol <sup>+</sup> /Kg)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg					
Ap	0-30	10,4	34,7	3,3	40,4	11,2	Loam	-	13,56	1,52	16,3
C1	30-95	1,9	47,0	31,8	17,8	1,6	Loam limoneux	-	20,14	1,65	17,0
C2	95-145	0,8	5,0	0,3	78,5	15,5	Sable	-	3,78	0,26	3,0
C3	145-200	1,8	14,6	17,6	64,6	1,4	Loam sableux	-	14,52	0,29	9,0
C4	200-330	3,3	2,5	0,6	90,6	3,1	Sable	-	5,34	0,11	4,5
C5	>330	5,4			40,4	54,2	Sablo-graveleux	52,1	9,32	0,21	-

#### 4.1.3.1.3 – Interprétation

L'étude du sol a été faite sur une profondeur allant jusqu'à plus de 3 mètres. Elle nous a permis d'observer une stratification bien visible, avec des limites nettes. Il s'agit d'une succession d'horizons de texture tantôt sableuse et tantôt sablo-limoneuse avec un dernier horizon plus profond de type graveleux. Les horizons sableux (3 et 5) présentent une dominance de sable fin. L'horizon de surface présente le taux le plus élevé en argile (tableau V).

La teneur du calcaire dans le sol suit la variation de la texture, elle est très faible dans les horizons sableux (3,78 à 5,34 %), alors qu'elle est moyenne dans les horizons limoneux, la valeur la plus élevée est estimée à 20,14 % dans le deuxième horizon (figure 19). Le pH est légèrement à moyennement alcalin, il varie entre 7,77 et 8,25 (tableau 4, Annexe 2).

Les valeurs de la CE indiquent que le sol est non salin ( $0,08 \leq CE \leq 0,19$  dS/m) (tableau 4, Annexe 2). Le profil salin ne présente aucun signe de lessivage ou d'ascendance par capillarité (figure 19) et de même pour la concentration ionique. Le faciès géochimique est sulfaté calcique à chloruré sodique (figure 20).

La matière organique dans le sol est faible la teneur la plus élevée est estimée dans l'horizon superficiel avec 1,52 % (tableau V).

Comme pour le calcaire, la CEC suit la variation de la texture. Elle est très faible dans les horizons sableux ( $3 \leq CEC \leq 4,5$  cmol<sup>+</sup>/Kg), et moyenne dans les horizons sablo-limoneux à limoneux. En effet, la valeur la plus élevée est déterminée dans le deuxième horizon limoneux avec 17 cmol<sup>+</sup>/Kg.

#### 4.1.3.1.4 – Classification

WRB-FAO : Fluvisol, calcari-Takyrique.

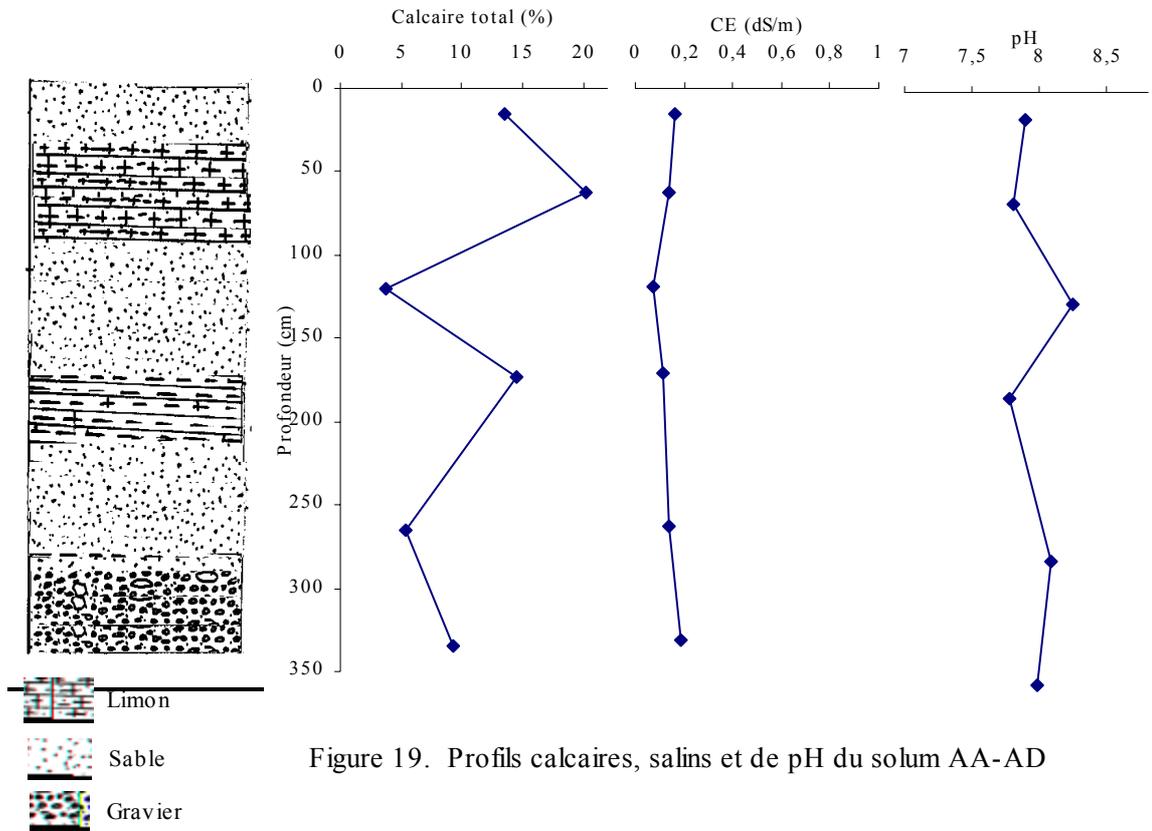


Figure 19. Profils calcaires, salins et de pH du solum AA-AD

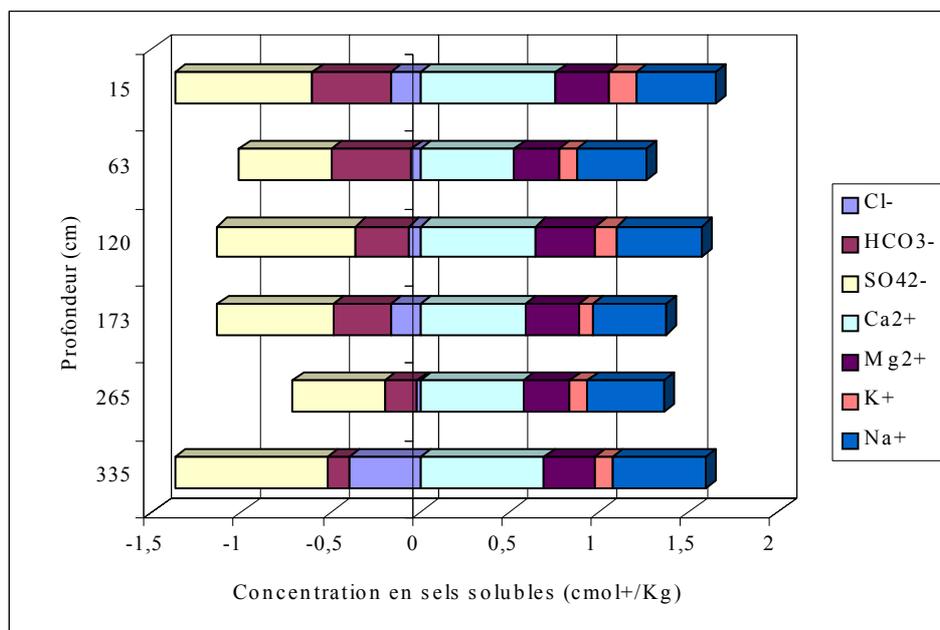


Figure 20. Profil ionique du solum AD-19

#### 4.1.3.2 – Solum AA-07 et AA-01

Le solum AA-7 a été déjà étudié dans la toposéquence précédente. Alors que le solum AA-1 il se rassemble aussi d'une manière générale au solum AA-9. Il s'agit d'un sol à stratification d'horizons de texture différente, sableuse ou sablo-limoneuse. Une teneur en calcaire plus ou moins élevée dans les horizons limoneux en comparant avec les autres sableux. C'est un sol profond, il présente un début de structuration surtout dans les horizons superficiels (structure polyédrique sur-structure lamellaire) (Annexe 1).

#### 4.1.3.3 – Solums AI-17

Ce solum est situé dans le sud de la Daya d'El-Amied, très proche des accumulations sableuses (voiles sableuses, Nebka et dunes)

##### 4.1.3.3.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : Sud-Ouest de nouveau périmètres phœnicicols d'El-Amied (Guerrara).

**Végétation** : Palmier dattier

**Temps** : Ensoleillé

**Etat de surface** : Croûte de battance (Photo 2, Planche II)

**Topographie** : Plane avec une très légère pente.

**Date** : 11/05/2003.

**Ap (0 – 30 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, sableux, friable, sub-angulaire localement lamellaire, quelques fines racines mortes, faible effervescence à l'HCl, quelques graviers, galerie d'insectes, transition distincte et limite régulière.

**C1 (30 – 95 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), sec, sable limoneux, particulaire, très friable, avec des taches blanches probablement de gypse, pas d'effervescence à l'HCl, pas de racines, transition distincte et limite régulière.

**C2 (95 – 115 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, limoneux sableux, sub-angulaire, quelques racines, stratifier avec des lits réguliers parfois endurés, faible effervescence à l'HCl, dans la limite supérieure on observe des graviers de 0,5 à 2 cm de diamètre et de forme arrondis (probablement d'origine hydrique) sur une couche de 2 à 9 cm d'épaisseur (cette couche est localisée), transition distincte et limite régulière.

**C3 (115 – 210 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), frais, sable limoneux, particulaire, très friable, microlité (2 à 3 couches), pas d'effervescence à l'HCl, pas de racines, transition distincte et limite régulière.

**C4 (210 – 230 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, Sable limoneux, continue, sub-angulaire, pas de matière organique, microlité (en trois couche), faible effervescence à l'HCl, (phase de sédimentation très lente, phase de pédogenèse légère), légère cutane, légèrement lité, transition distincte et limite régulière.

**C5 (> 230 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), frais, sableux, particulaire, friable, plusieurs niveaux microlités, pas d'effervescence à l'HCl, pas de racines.

#### 4.1.3.3.2 - Données analytiques

Tableau VI : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AI-17

Horz.	Prof (cm)	Granulométrie (%) (avec décar.)					Texture (U.S.D.A)	Calc.T (%)	M.O (%)	Gypse (%)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-30	0,4	6,6	1,0	82,0	10,0	Sable	4,11	0,75	3,50
C1	30-95	2,0	2,5	0,3	84,5	10,7	Sable	3,62	0,82	3,32
C2	95-115	2,1	7,9	54,4	19,4	16,1	Loam limoneux	5,07	0,64	2,89
C3	115-210	4,5	2,5	17,45	61,6	13,95	Sable loameux	3,02	0,14	2,79
C4	210-230	3,38	9,11	0,16	76,90	10,46	Sable loameux	3,9	1,81	-
C5	>230	4,50	1,25	0,65	71,85	21,75	Sable	3,08	0,16	-

#### 4.1.3.3.3 – Interprétation

L'état de surface du sol autour de ce profil est de type sableux avec quelques zones de croûte de battance ou polygonation d'origine alluviale (Photo 2. Planche II)

L'étude du solum montre qu'il s'agit ici aussi, d'une stratification d'horizons sableux et sablo-limoneux à limoneux (tableau VI). Cependant, les horizons sableux présentent une épaisseur plus grand par rapport aux autres horizons. Ce qui reflète l'influence d'apport éolien sur la formation de ce sol. Donnant ainsi, une texture beaucoup plus sableuse (sable, sable loameux).

La teneur en calcaire total est très faible pour l'ensemble des horizons (figure 21), elle varie entre 3,08 et 5,07 %. La matière organique est faible, la valeur la plus élevée est estimée dans le cinquième horizon avec 1,81 % (tableau VI). Le gypse est présent dans ce sol mais avec des teneurs très faibles pour les horizons analysés, il se diminue plus en allant vers la profondeur.

Le sol est non salin, la conductivité électrique est inférieure à 0,23 dS/m, cette dernière est mesurée dans le troisième horizon limoneux (figure 21 et tableau 5, Annexe 2). La concentration ionique est faible, elle suit la variation de la CE (figure 21 et 22), le faciès géochimique est sulfaté calcique. Le pH est légèrement à fortement alcalin ( $7,81 \leq \text{pH} \leq 8,51$ ) (tableau 5, Annexe 2).

#### 4.1.3.3.4 – Classification

WRB-FAO : Fluvisol, Takyrique.

### 4.1.4 – Troisième toposéquence

Orientée du sud-est au nord ouest, cette séquence est située dans le périmètre de mise en valeur d'El-Amied protégé par une digue dont son rôle est d'atténuer et de dévier le sens d'écoulement d'oued. Cependant, malgré sa présence les eaux des crues arrivent à inonder partiellement la zone protégée lors de leur passage.

Trois solums ont été étudiés au long de cette séquence. Il s'agit de solum (du sud-est vers le nord-est) : AN-11, AN-12 et AN-13.

L'étude morphologique a été faite pour les trois solum, alors que l'étude analytique a été faite seulement sur les échantillons de solum AA-12, considéré comme représentatif.

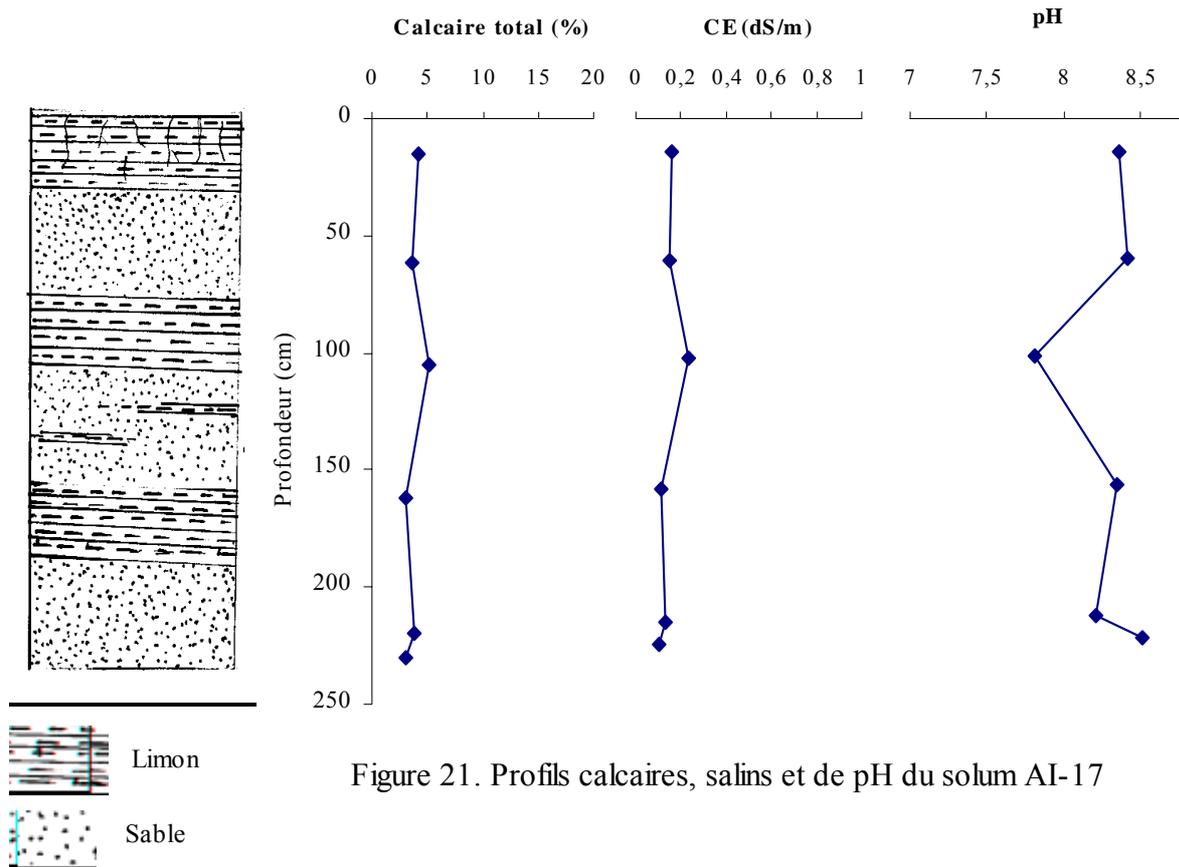


Figure 21. Profils calcaires, salins et de pH du solum AI-17

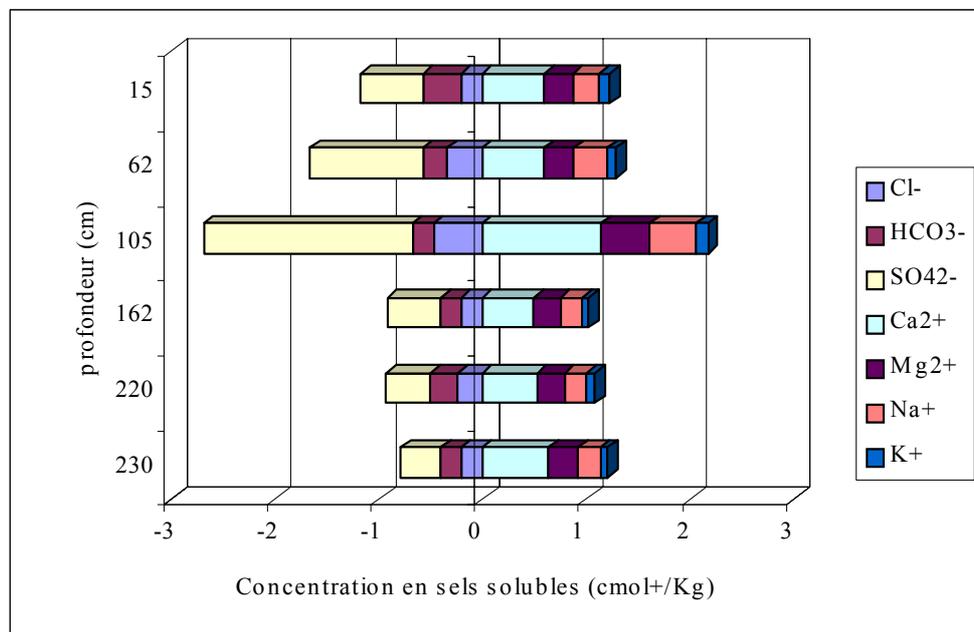


Figure 22. Profil ionique du solum AI-17

#### 4.1.4.1 – Solum AN-12

##### 4.1.4.1.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : périmètres phœnicicols d'El-Amied(Guerrara), 780 m sud de la digue.

(N : 32° 45' 992'', E : 4° 31' 687'')

**Végétation** : palmier dattier

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : sol nu.

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 13/03/2003

**Ap (0 – 20 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 4/8 (brun rougeâtre), sec, sable-limoneux, peu friable, polyédrique sous structure lamellaire, quelques racines de dimension grossière moyenne et fine, forte effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C1 (20 – 47 cm)** : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, limon-sableux, peu compact, continue, gravier (1 %), vive effervescence à l'HCl, quelques racines fines, transition distincte et limite régulière.

**C2 (47 – 87 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), frais, Sable, friable, particulière, pas d'effervescence à l'HCl, galeries de petits rongeurs et insectes, racines lignifiées fines et moyennes, tache de couleur gris verdâtre transition très nette et régulière.

**C3 (87 – 102 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, limon argileux, peu compact, présence de quelques racines fines mortes, faible effervescence à HCl, quelques débris organiques non reconnaissable, transition distincte.

**C4 (102 – 148 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 4/8 (brun rougeâtre), frais, limon argileux, compact, continu, très forte effervescence à l'HCl, quelques racines lignifiées mortes de taille moyenne transition distincte.

**C5 (148 – 157 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), frais, sable, friable, particulière, vive effervescence à l'HCl, racines lignifiées de palmier dattier vivant, et d'autres mortes non dégradées.

##### 4.1.4.1.2 – Données analytiques

Tableau VII : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AN-12

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%) (avec decar.)					Texture (U.S.D.A)	Calc.T (%)	M.O (%)	C.E.C (cmol+/Kg)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-20	4,5	25,3	16,8	52,2	1,2	Loam-sableux	11,23	0,73	6,8
C1	20-47	1,6	16,0	7,3	71,8	3,3	Sable loameux	6,37	1,15	4,5
C2	47-87	0,8	2,6	1,0	95,1	0,5	Sable	3,08	0,15	12,5
C3	87-102	3,6	9,6	13,4	72,8	0,6	Loam-sableux	8,84	-	4
C4	102-148	1,9	21,9	45,3	30,0	0,9	Loam limoneux	20,00	-	6
C5	148-157	3,5	12,0	0,5	81,9	2,1	Sable loameux	2,50	-	2,5

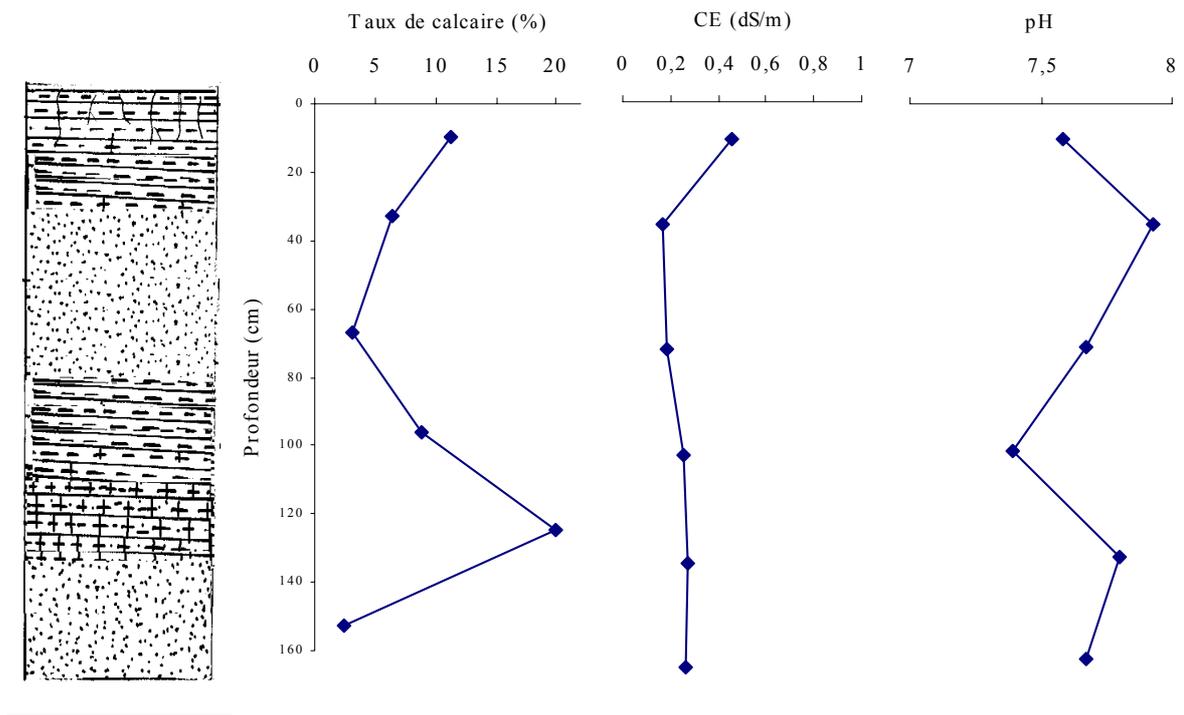


Figure 23. Profils calcaires, salins et de pH du solum AN-12

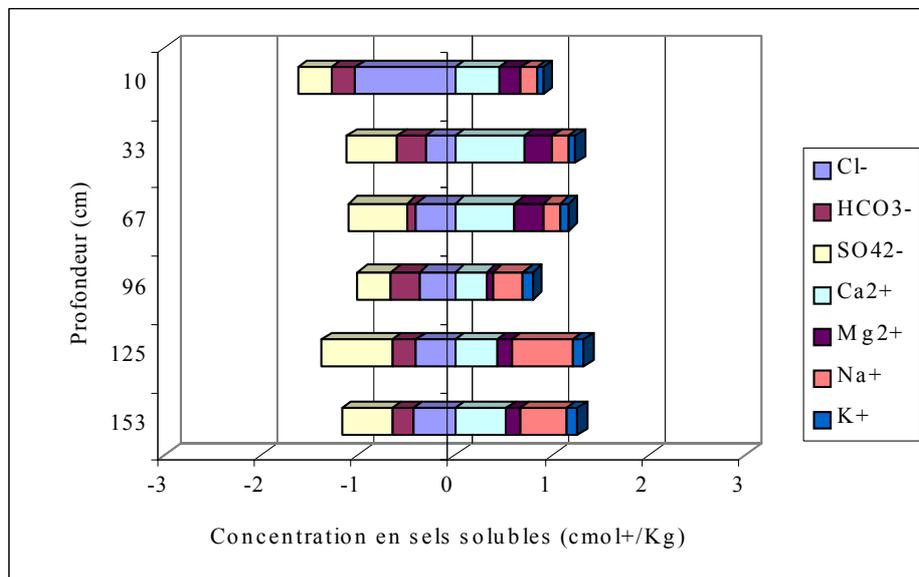


Figure 24. Profil ionique du solum AP-12

#### 4.1.4.1.3 – Interprétation

Comme pour les solums précédents, ce solum présente aussi une stratification d'horizons sableux et sablo-limons à limoneux bien visible avec des limites bien distinctes et une absence quasi totale d'éléments grossiers et un début de structuration dans l'horizon superficiel.

Les horizons sableux présentent une texture à dominance de sable fin (tableau VII), qui reflète probablement une origine éolienne remaniée ou non par les eaux de crues. Ils sont très friable et opportuniste à l'activité biologique végétale et animale (racines, insectes, rongeurs...). Alors que les horizons sablo-limoneux ou limoneux (loam limoneux), comme pour le cas de cinquième horizon, présente une structure continue ferme et dure à l'état sec mais avec seulement une activité racinaire.

La teneur en calcaire dans le sol suit la variation de la texture (figure 23), elle est très faible dans les horizons sableux ( $2,5 \% \leq \text{Ca CO}_3 \leq 6,37$ ) par contre, elle atteint les 20 % dans les horizons limoneux.

Le sol de ce solum est non salin pour tous les horizons (figure 23), la conductivité électrique varie entre 0,17 et 0,46 dS/m. Le pH est légèrement alcalin, varie entre 7,39 et 7,93 (tableau 6, Annexe 2). La concentration de la solution des sols est faible, le faciès géochimique est sulfaté calcique (figure 24).

#### 4.1.4.1.4 – Classification

WRB-FAO : Fluvisol, calcari-Takyrique.

#### 4.1.4.2 – Solum AN-11 et AN-13

Les deux solum présentent d'une manière générale les mêmes caractéristiques morphologiques des solums : AN-12, AN-9, AN-7 et AA-01 (Annexe 1). Il s'agit des sols avec stratification d'horizons sableux et d'horizons sablo-limoneux, avec des limites distinctes entre les horizons. Des teneurs en calcaire plus ou moins élevée dans horizons limoneux par rapport aux autres sableux et un début de structuration dans les horizons superficiels.

#### 4.1.5 – Solum AZ-18

Ce solum est situé en aval de la Daya dans un sol non cultivé, dans un état naturel comme, appelé localement « Djrif »\*.

##### 4.1.5.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : Dans le Nord-Est de Dayet El-Amied près du chenal d'étiage.

**Végétation** : végétation naturelle, principalement

---

\* Signifié une forte érosion hydrique lors des crues.

**Temps** : Ensoleillé

**Etat de surface** : Croûte de battance et voiles sableuse.

**Topographie** : Plane avec une très légère pente.

**Date** : 12/05/2003.

**A (0 – 38 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sableux, friable, particulaire, microlité, quelques racines fines, pas d'effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C1 (38 – 100 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, sable limoneux, agrégats polygonaux à sub-polygonaux, vive effervescence à l'HCl, accumulation calcaire en pseudomycelium, accumulation d'argile par infiltration, taches de réduction du fer, transition distincte et limite régulière.

**C2 (100 – 125 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sableux, particulaire, friable, pas effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C3 (125 – 142 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, limon sableux, lamellaire, microlité (2 à 3 couches), faible effervescence à l'HCl, accumulation d'argile, calcaire diffus et pseudomycelium, transition distincte et limite régulière.

**C4 (142 – 235 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, Sableux, particulaire, pas d'effervescence à l'HCl, manchons verticaux de calcaire, quatre niveaux microlités de quelques millimètre d'épaisseur, effervescence à l'HCl localisée dans ces niveaux, transition distincte et limite régulière.

**C5 (235 – 250 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, sable limoneux, agrégat sub-anguleux, faible effervescence à l'HCl, infiltration d'argile, transition distincte et limite régulière.

**C6 (250 – 272 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable, particulaire, très friable, pas d'effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C7 (272 – 292 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, Sable limoneux, lamellaire avec agrégats sub-polygonaux, microlitage alterné entre couche brunes terne et beige claire, très faible effervescence à l'HCl, taches liées probablement à l'oxydo-réduction du fer, bande marron, calcaire en pseudo-mycelium, point d'agrégats très claire due probablement à un appauvrissement d'argile localisé, cutanes d'argile dans les surfaces d'agrégats, transition distincte et limite régulière.

**C8 (> 292 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sableux (sable fin), particulaire, friable continu, avec des niveaux microlités, très faible effervescence à l'HCl, pas de racines.

#### 4.1.5.2 – Données analytiques

Tableau VIII : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum AZ-18

Horiz	Prof (cm)	Granulométrie (%) (avec decar.)					Texture (U.S.D.A)	Calc.T (%)	M.O (%)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
A	0-38	1,3	3,3	0,3	71,9	23,4	Sable	2,05	0,69
C1	38-100	1,6	8,2	27,2	56,6	6,4	Loam sable	8,25	1,10
C2	100-125	7,0	2,5	4,8	65,7	20,0	Sable loameux	1,90	0,58
C3	125-142	1,6	7,9	12,3	70,4	7,8	Sable loameux	5,42	0,34
C4	142-235	3,0	0,3	1,3	67,5	28,0	Sable	1,17	0,78
C5	235-250	4,7	10,4	1,1	76,1	7,8	Sable loameux	3,77	0,52
C6	250-272	2,0	6,3	1,2	80,5	10,0	Sable	2,05	0,20
C7	272-292	1,6	12,9	0,7	71,3	13,4	Sable loameux	3,29	0,26
C8	> 292	0,5	4,5	0,3	81,0	13,7	Sable	3,39	0,32

#### 4.1.5.3 – Interprétation

Le solum présente à peu près les mêmes caractéristiques morphologiques des solums précédents. La stratification des horizons est bien visible, se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie des différents horizons (sableux et sablo-limoneux). Il y a même en profondeur la présence des niveaux de microlitage (couches limoneuses) de quelques millimètres dans les horizons sableux et qui ne sont pas encore effacés. L'argile se présente dans les horizons sablo-limoneux sous forme d'accumulation très localisée.

Le sol présente une texture beaucoup plus sableuse et surtout de sable fin (tableau VIII), probablement d'origine éolienne et qu'il a subi un remaniement par les eaux des crues. Une teneur faible en calcaire dans les horizons sablo-limoneux et très faible dans les horizons sableux (figure 25), qui se présente sous forme de pseudomycelium. Une teneur très faible en matière organique, avec une légère accumulation dans le deuxième horizon (tableau VIII).

Le sol est non salin, la CE est inférieure à 0,154 dS/m (figure 25). Il a un pH moyennement à fortement alcalin ( $8,06 \leq \text{pH} \leq 8,52$ ) (tableau 7, Annexe 2). La concentration ionique est faible, le faciès géochimique est sulfaté calcique (figure 26).

#### 4.1.5.4 – Classification

WRB-FAO : Fluvisol, Takyrique.

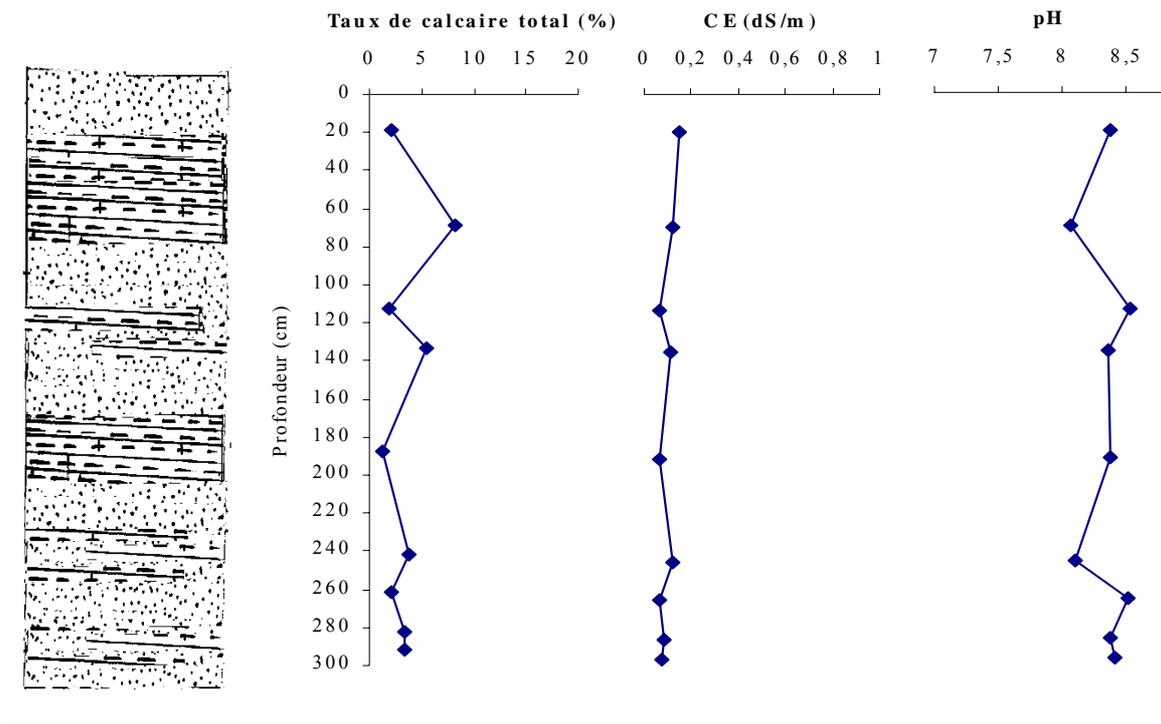


Figure 25. Profils calcaires, salins et de pH du solum AZ-18

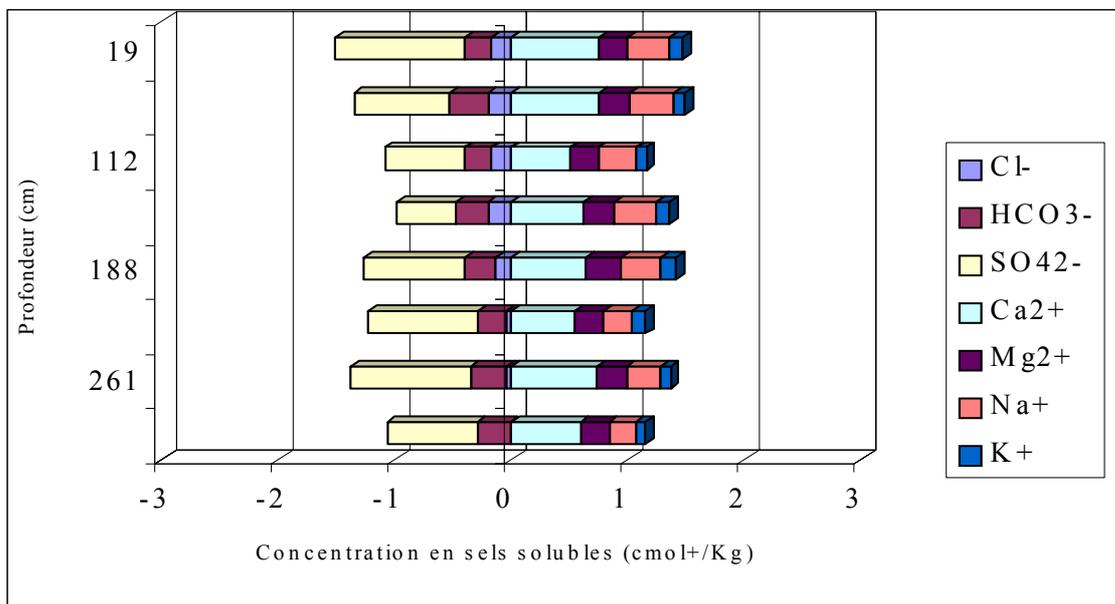


Figure 26. Profil ionique du solum AZ-18

## 4.1.6 – Autres solums.

### 4.1.6.1 – Solum TFZ-03

Ce solum, avec deux autres solums TFZ-02 et TFZ-04, représentent le type du sol en amont de lit d'oued Zegrir. Ils sont situés dans une zone appelée Tafzaouine, loin de la zone d'étude. Les trois solum présentent à peu près les mêmes caractéristiques morphologiques (Annexe 1).

#### 4.1.6.1.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : Tafzaouine, dans le lit d'oued Zégrir, environ 5 Km au sud-ouest de la palmeraie traditionnelle.

**Végétation** : quelques touffes de plantes spontanées, surtout l'*Oudneya africana*.

**Etat de surface** : cailloux, graviers et sable fin.

**Temps** : ensoleillé.

**Topographie** : surface très peu accidentée, à drainage superficiel rapide, avec une légère pente orientée vers le nord-est.

**Date** : 20/02/2003

**A (0 – 25 cm)** : Gravier (50 %) et quelques cailloux (3 %) enrobés par une pellicule limono-argileuse et d'une forme émoussée, arrondie ou allongée, de nature dolomitique, la matrice est de couleur 5 YR 6/6 (orange terne) à l'état sec, sableuse, friable, particulière, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C1 (25 – 36 cm)** : Couleur à l'état sec 5 YR 6/6 (orange terne), sec, sable, friable, particulière, faible effervescence à l'HCl, quelque gravier et cailloux (3 %), transition distincte et limite régulière.

**C2 (36 – 56 cm)** : Idem au premier horizon.

**C3 (> 56 cm)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8 (brun clair), sec, sable graveleux, friable, structure particulière, forte effervescence à HCl, graviers arrondis de nature gréseuse et dolomitique peu caillouteux (1 %), taches de couleur 7,5 YR 7/4.

#### 4.1.6.1.2 – Données analytiques

Malgré la charge élevée en éléments grossiers dans ce solum nous avons essayé de faire quelques analyses sur la fraction fine (< 2 mm) pour avoir une idée sur ses caractéristiques analytiques. Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IX : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum TFZ-3

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)						E.G (%) (graviers)	Calc. T. (%)	Gypse (%)
		Fraction < 50 µm	Sable fin		Sable grossier					
			50-100 µm	100-200 µm	200-500 µm	500-1000 µm	1000-2000 µm			
A	0-25	30,97	18,82	22,95	21,99	3,67	1,6	58,44	12,33	1,03
C1	25-36	14,24	11,96	24,45	35,54	8,66	5,15	63,17	13,97	-
C2	36-56	11,32	12,98	26,42	40,94	6,11	2,23	25,37	9,45	-
C3	> 56	26,95	12,38	41,84	15,49	2,74	0,60	51,49	16,44	-

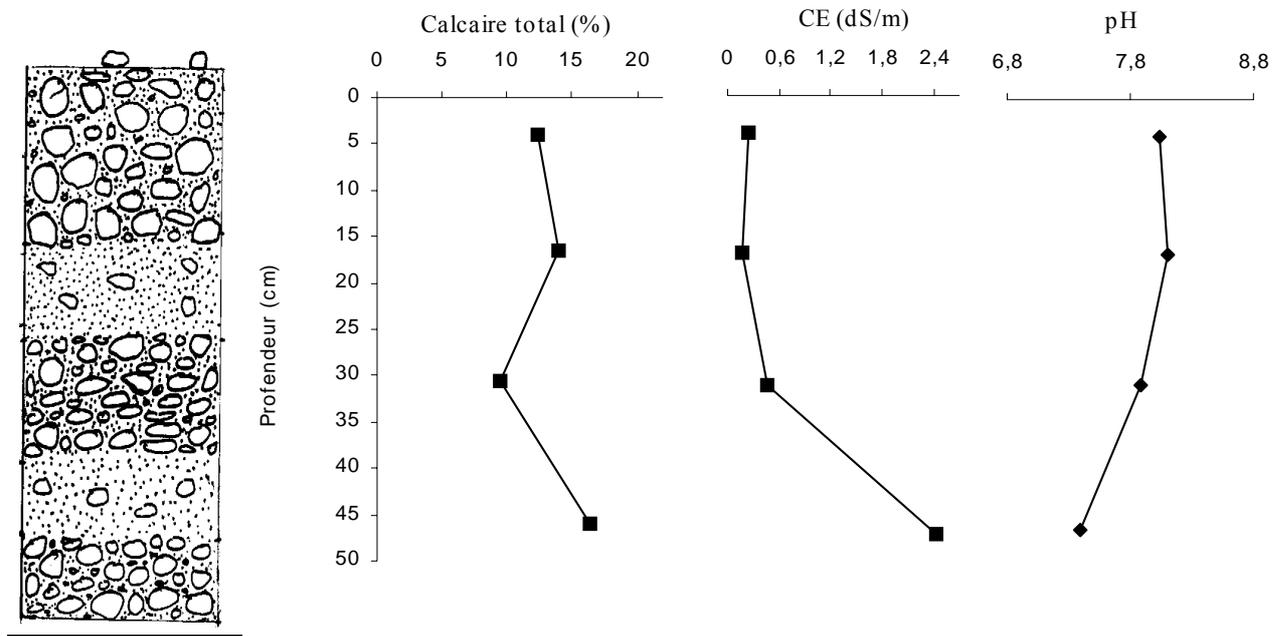


Figure 27 : Profils calcaires, salins et de pH du solum TFZ-03

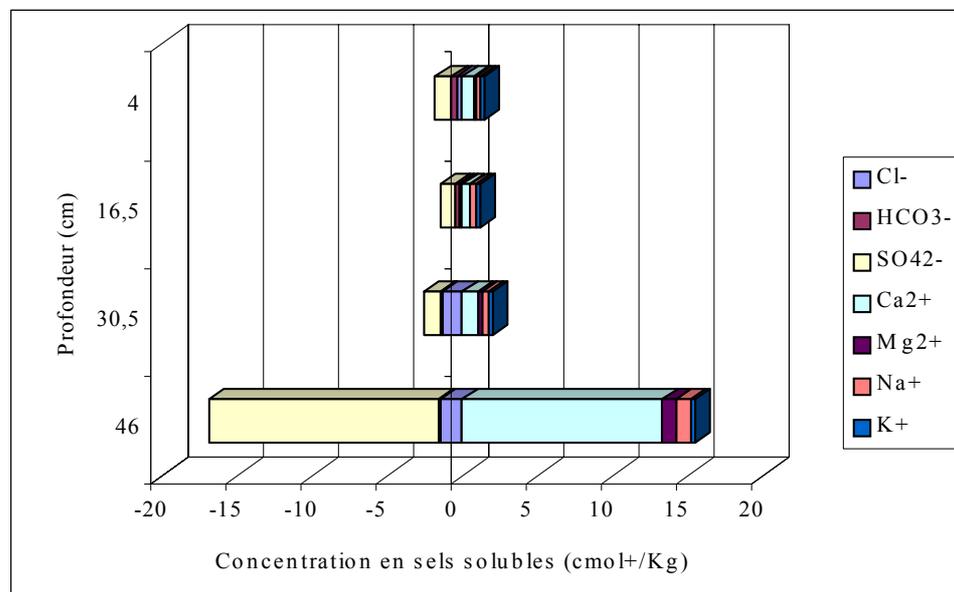


Figure 28 : Profil ionique du solum TFZ-03

#### 4.1.6.1.3 Interprétation

C'est un sol graveleux caillouteux dès la surface la charge en éléments grossiers est très élevée, elle reflète une érosion hydrique très intense, avec une vitesse d'écoulement très élevée. Les éléments grossiers ont une forme arrondie et émoussée reflète l'allochtonie et révèle un remaniement par roulement plus ou moins long, indique donc qu'ils viennent de loin.

Les résultats d'analyse de la terre fine montre que la fraction qui domine est celle de sable moyen (100 et 500  $\mu\text{m}$ ). La teneur en calcaire est faible à moyen ( $9,45 \% \leq \text{Ca CO}_3 \leq 16,4 \%$ ) (tableau IX). Le sol est non salin sauf pour le cas de quatrième horizon, avec une valeur de la CE de 2,44 dS/m, mais cette salinité est probablement due à une action anthropique (fuites de canalisation d'eau d'Albien). Le pH est légèrement à moyennement alcalin surtout dans les premiers horizons (tableau 8, Annexe 2). La concentration ionique suit la variation de la CE, elle est très faible dans les trois premiers horizons et un peu élevée dans le quatrième horizon (figure 27), le faciès géochimique est sulfaté calcique (figure 28).

#### 4.1.6.1.4 – Classification

WRB-FAO : Arénosol, yermique.

#### 4.1.6.2 – Solum TFZ-05

Ce solum est situé dans un méandre très proche de la zone d'étude.

##### 4.1.6.2.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : sur un méandre, 100 m sud du cours d'oued Zégrir à tafzaouine.  
(N :32° 45' 364'', E 4° 29' 923'')

**Végétation** : palmier dattier.

**Etat de surface** : cailloux et graviers.

**Temps** : ensoleillé.

**Topographie** : plane avec une légère pente orientée vers l'ouest.

**Date** : 20/02/2003

**A (0 – 80 cm)** : sec, cailloux et graviers plus de 70 % dont la forme est émoussée arrondie et ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure et enrobés par une pellicule limono-argileuse, avec une matrice de sable grossier de couleur à l'état sec 7,5 YR 6/6 (orange), vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite ondulée.

**C1 (80 – 100 cm)** : couleur à l'état sec 7,5 YR 6/6 (orange), sec, sable, friable, particulière, faible effervescence à l'HCl, quelque gravier et cailloux (3 %), transition distincte et limite ondulée.

**C2 (100 – 150 cm)** : idem au premier horizon.

**C3 (150 – 200 cm)** : couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8 (orange), sec, sable graveleux, friable, particulière, faible effervescence à l'HCl, peu caillouteux (5 à 7 %), transition graduelle et limite ondulée.

**C4 (200 – 230 cm)** : couleur à l'état sec 7,5 YR 7/6 (orange), sec, sable, particulière, friable, quelques cailloux et graviers (3 %), très faible effervescence à l'HCl, transition distincte et limite ondulée.

**C5 ( > 230 cm) :** sec, cailloux et gravier plus de 70 % et qui présente les mêmes caractéristiques que celles du premier horizon, vive effervescence à l'HCl.

#### 4.6.1.2.2 – Données analytiques

Malgré la charge en éléments grossiers dans cette zone, les agriculteurs ont pu cultiver le palmier dattier et certaines cultures sous-jacentes après avoir aménager et travailler le sol.

Pour caractériser la terre fine, nous avons essayé d'analyser la matrice du solum (tableau X).

Tableau X : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum TFZ-5

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)			Calc.T (%)
		Fraction < 50 µm	Sable fin	Sable grossier	
			50-200 µm	200-2000 µm	
A	0-80	9,8	19,7	70,5	7,71
C1	80-100	7,0	11,0	82,0	10,79
C2	100-150	9,91	4,8	85,29	11,30
C3	150-200	6,05	1,78	92,17	9,86
C4	200-230	1,69	7,11	91,2	4,52
C5	230-240	15,05	3,9	81,05	10,37

#### 4.1.6.2.3 – Interprétation

L'étude du solum indique que le sol a une charge très élevée en éléments grossiers (cailloux et graviers et pierres) de forme arrondie émoussée. D'après VANWEY (1960), Ceci est un indice d'une grande force d'écoulement pouvant entraîner les grandes masses de cailloux nappant les cours accidentés.

La terre fine a une teneur faible en calcaire total, elle varie de 4,52 à 11,3 % (tableau X et figure 29). Le sol est non salin ( $0,08 \text{ dS/m} \leq \text{CE} \leq 0,45 \text{ dS/m}$ ). Le pH est légèrement à fortement alcalin ( $7,86 \leq \text{pH} \leq 8,71$ ) (Tableau 9, Annexe 2). La concentration ionique est faible, elle suit la variation de la conductivité électrique, le faciès géochimique est sulfaté calcique (figure 30).

#### 4.1.6.2.4 – Classification du sol

WRB-FAO : Arénosol, yermique.

#### 4.1.6.3 – Les solums de la palmeraie traditionnelle

Trois solums ont été étudiés dans la palmeraie traditionnelle de Guerrara, deux entre eux (AA-15 et AA-16) sont situés au bas-fond de la palmeraie. Ils présentent presque les mêmes caractéristiques (Annexe 1). Un troisième solum (AA-14) est situé dans les bordures de la palmeraie en dehors du bas-fond, sur un sol de glaciaire de Mio-Pliocène.

##### 4.1.6.3.1 – Solum Ap-16 et Ap-15

L'étude morphologique a été effectuée pour les deux solums, alors que l'étude analytique est faite seulement sur les échantillons de solum Ap-16.

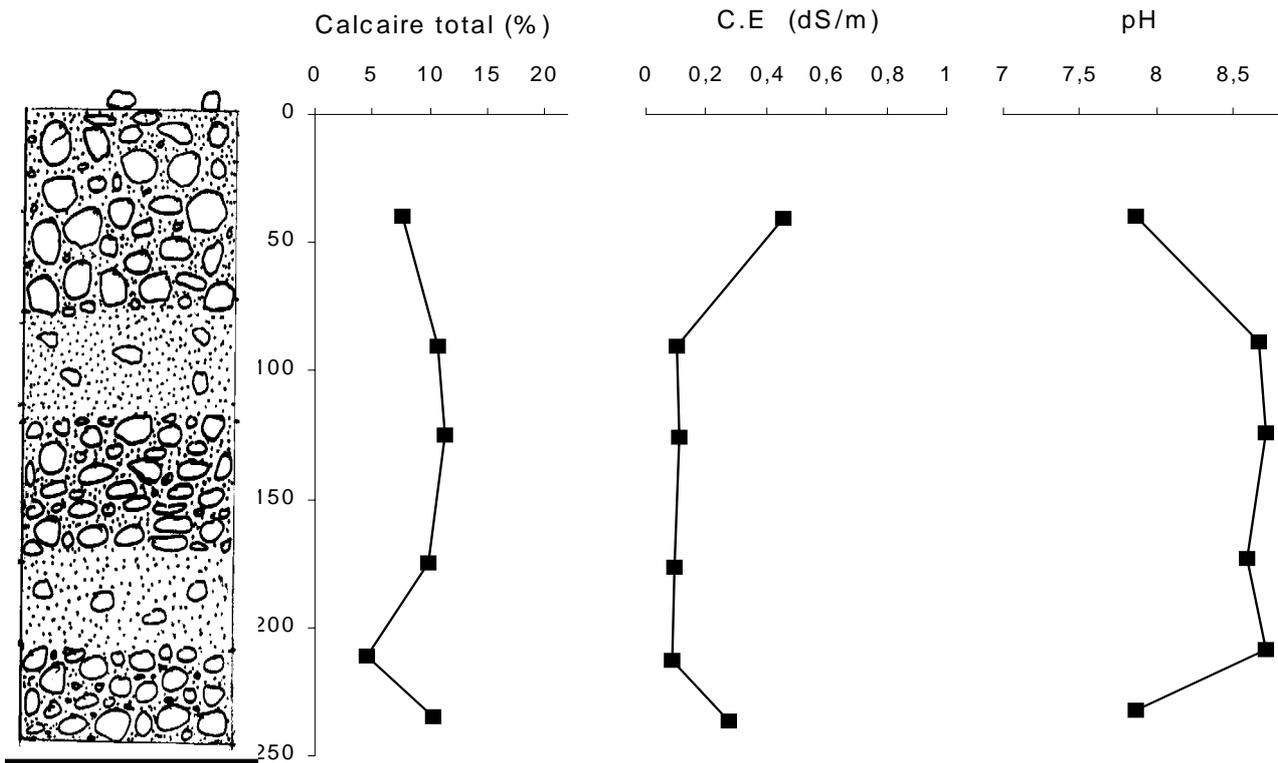


Figure 29: Profils calcaires, salins et de pH du solumTFZ-05

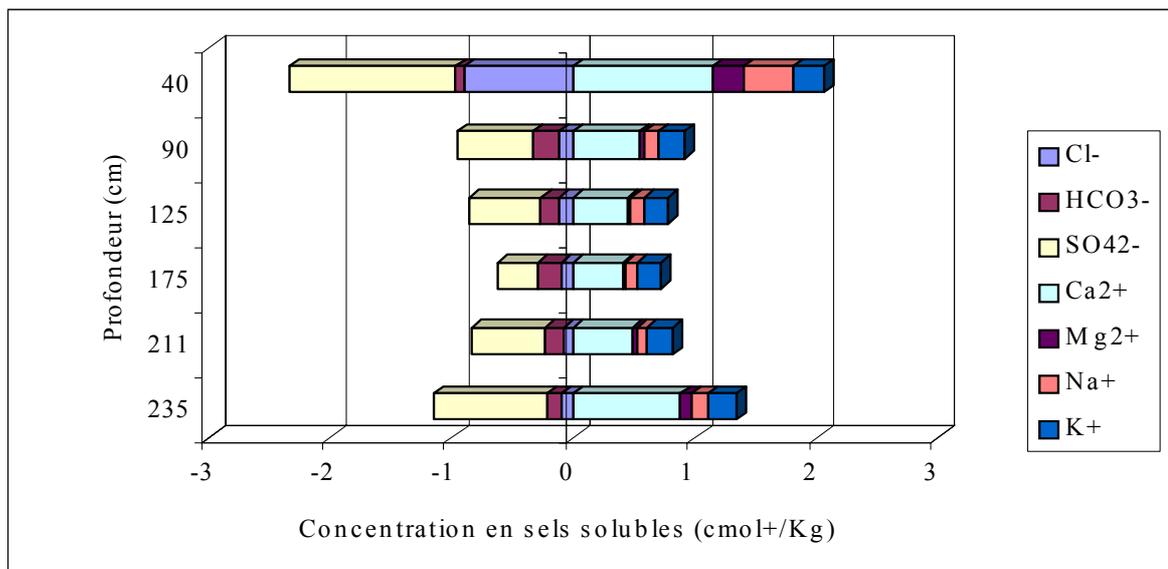


Figure 30. Profil ionique du solum TFZ-05

**4.1.6.3.1.1 – Etude morphologique du solum Ap-16**

**Localisation** : Au centre de la palmeraie traditionnelle. (N : 32° 46' 986'', E : 4° 30' 106'')

**Végétation** : palmier dattier, mauvaises herbes.

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : Parcelle irriguée, avec des mauvaises herbes

**Topographie** : plane.

**Date** : 01/05/2003

**Ap (0 – 17 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (brun rougeâtre terne), sec, limon-sableux, polyédrique, friable, vive effervescence à l'HCl, fort enracinement de taille fine et moyenne, quelques graviers (1%), quelques petites galeries, débris végétaux décomposés et matière organique peu décomposée, transition graduelle et limite ondulée.

**C1 (17 – 27 cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (brun rougeâtre terne), sec, limon sableux, ferme, polyédrique, vive effervescence à l'HCl, quelques racines vivantes et d'autres mortes en décomposition, débris végétaux non décomposés, quelques petites galeries, transition distinct, limite ondulée.

**C2 (27 – 40 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (brun rougeâtre terne), sec, sable limoneux, polyédrique, friable, vive effervescence à l'HCl, quelques lentilles de sable, quelques racines mortes, transition distincte et limite nette.

**C3 (40 – 63 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (brun rougeâtre terne), frais, limon sableux, continue, vive effervescence à l'HCl, fort enracinement de palmier dattier en bas de l'horizon de taille moyenne, transition distincte et limite régulière.

**C4 (63 – 79 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, sable limoneux, particulaire, stratifier, quelques racines de taille moyenne, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C5 (79 – 107 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (brun rougeâtre terne), frais, limoneux, compact, vive effervescence à l'HCl, surfaces luisantes des agrégats, quelques racines de palmier dattier.

**4.1.6.3.1.2 – Données analytiques**

Tableau XI : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum Ap-16

Horiz	Prof (cm)	Granulométrie (%) (avec decar.)					Texture (U.S.D.A)	Calc.T (%)	M,O (%)	Gypse (%)	C.E.C (cmol <sup>+</sup> /Kg)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg					
Ap	0-17	8,3	23,7	12,4	50,8	4,8	Loam sableux	9,25	1,65	0,15	15,0
C1	17-27	2,8	34,9	7,4	50,4	4,6	Loam sableux	9,66	0,79	0,28	17,0
C2	27-40	1,1	29,8	12,5	52,9	3,6	Loam sableux	9,45	-	-	13,0
C3	40-63	2,8	43,3	0,1	50,3	3,5	Loam sableux	11,1	-	-	-
C4	63-79	4,4	21,8	9,0	61,5	3,4	Loam sableux	8,22	-	-	-
C5	79-107	6,2	37,9	11,5	41,8	2,6	Loam limoneux	11,63	-	-	-

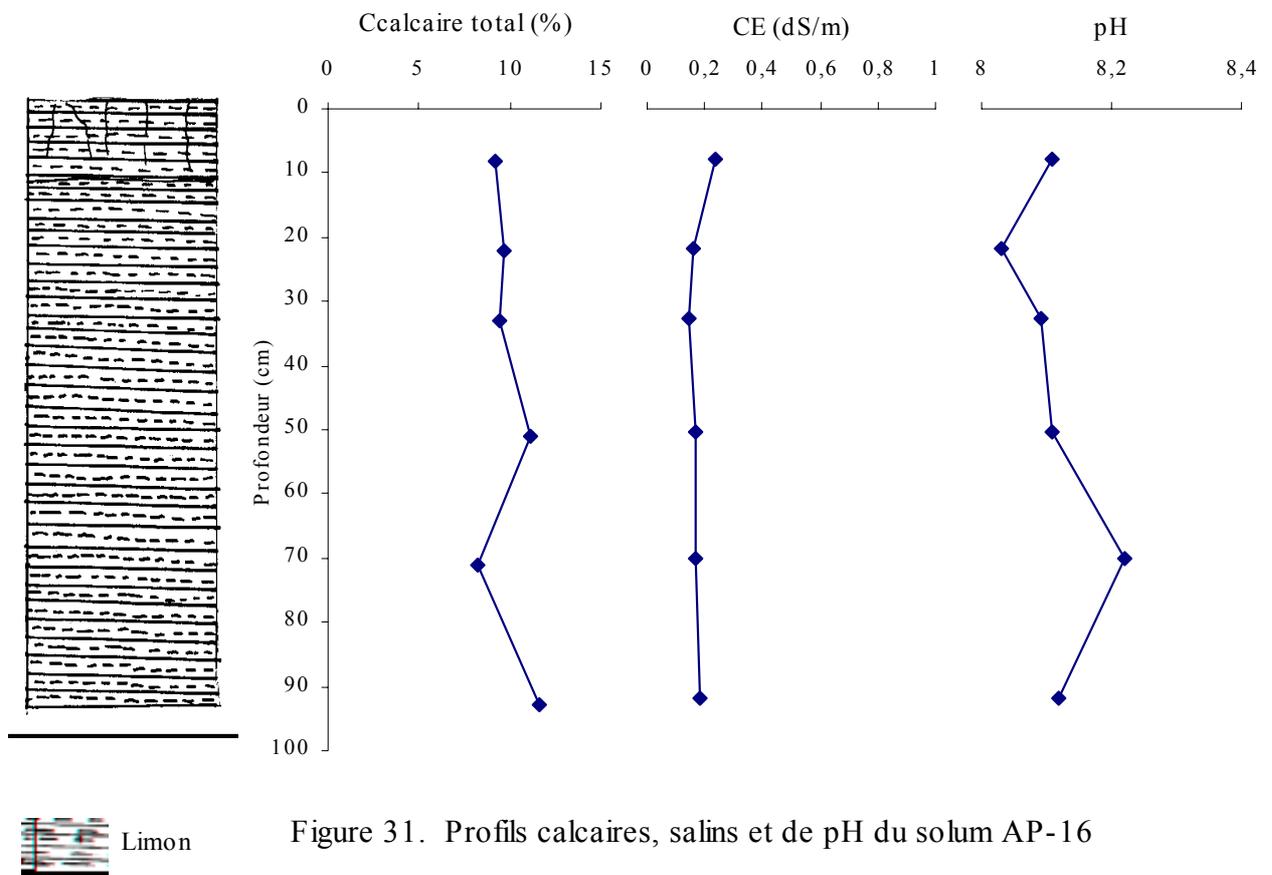


Figure 31. Profils calcaires, salins et de pH du solum AP-16

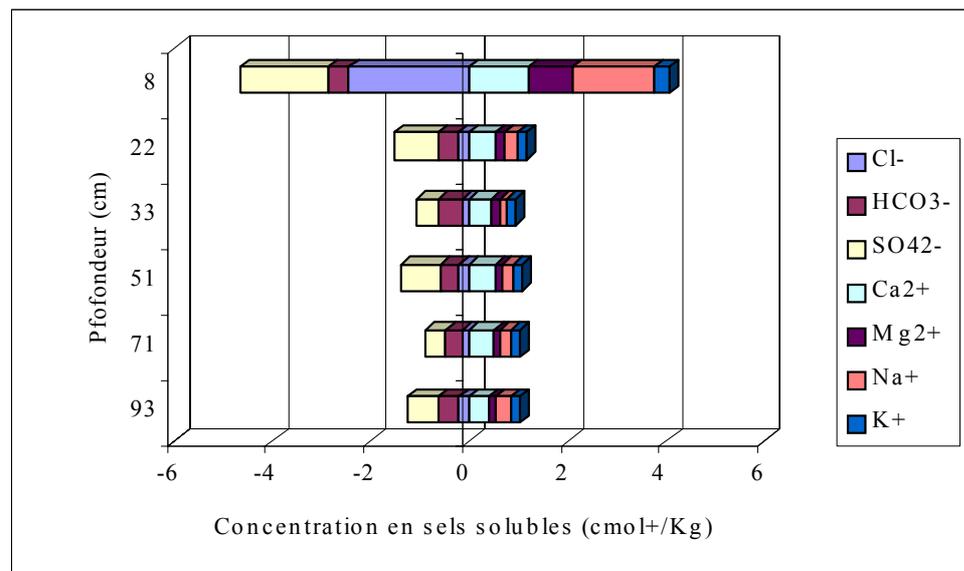


Figure 32. Profil ionique du solum AP-16

#### 4.1.6.3.1.3 – Interprétation

L'étude des deux solum Ap-15 et Ap-16, montre que le sol est riche en limon et surtout en limon fin, il a une structure continue à l'état humide et polyédrique consistante à l'état sec. Les limites entre les horizons sont peu distinctes, car la stratification des alluvions est largement effacée, ce qui indique probablement une pédogenèse pré-dépositionnelle.

La teneur en calcaire est faible à moyenne, elle varie de 8,25 et 11,63 %. Dans la figure 31, nous remarquons qu'il y a une tendance de lessivage de calcaire (figure 31).

Le sol est non salin, la CE varie de 0,15 et 0,24 dS/m. Le pH est moyennement alcalin ( $8,03 \leq \text{pH} \leq 8,22$ ) (Tableau 10, Annexe 2). La concentration ionique est faible, elle suit la variation de la conductivité électrique, le faciès géochimique est chloruré sodique pour l'horizon de surface et sulfaté calcique pour le reste des horizons (figure 32).

#### 4.1.6.3.1.4 – Classification

WRB-FAO : Fluvisol, Takyrique.

#### 4.1.6.3.2 – Solum Ap-14

Le solum représente les sols d'une partie de la palmeraie traditionnelle plantée sur les sables gréseux de Mio-Pliocène. Sa position topographique est relativement élevée par rapport au reste de la palmeraie. Donc le sol n'est pas atteint par les eaux des crues.

##### 4.1.6.3.2.1 – Etude morphologique du solum

**Localisation** : A l'Est de la palmeraie traditionnelle de Guerrara.

**Végétation** : Palmier dattier

**Temps** : Ensoleillé

**Etat de surface** : Parcelle avec mauvaise herbe.

**Topographie** : légère pente (5 %) orientée vers le sud.

**Date** : 30/04/2003.

**Ap (0 – 40 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 6/6 (orange terne), sec, sableux, très friable, structure particulière, quelques racines de taille moyenne, faible effervescence à l'HCl, quelques graviers et cailloux de natures différentes, quelques débris végétaux, quelques os et éléments de déchets plastiques, transition distincte et limite régulière.

**C1 (40 – 60 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), sec, sable graveleux, particulière, très friable, faible effervescence à l'HCl, les graviers (10 à 15 %) sont de nature gréseuse effervescent à l'HCl, quelques racines de palmier dattier de taille grosses, quelques galeries d'insecte (0,5 cm), transition distincte et limite régulière.

**C2 (60 – 77 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), sec, sableux, particulière, friable, quelques fines et grosses racines de palmier dattier concentrées surtout en bas de l'horizon, quelques graviers de nature gréseuse, faible effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C3 (77 – 110 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange terne), sec, sableux, particulière, très friable, très faible effervescence à l'HCl, fort enracinement de palmier dattier de

taille grosse, quelques racines mortes et décomposées, transition distincte et limite régulière.

**C4 (110 – 130 cm) :** Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange), frais, sable graveleux, les graviers (40 %) de nature gréseuse et gypseuse, faible effervescence à l'HCl, quelques racine de palmier dattier, quelques galeries d'insectes, transition distincte et limite régulière.

**C5 (130 – 150 cm) :** Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange), frais, sable, particulaire, faible effervescence à l'HCl, quelques racines de palmier dattier, très peu d'éléments grossiers, transition distincte et limite régulière.

**C6 (> 150 cm) :** Couleur à l'état humide 5 YR 6/8 (orange), frais, sableux graveleux (30 à 40 % de graviers), structure particulaire, friable, pas d'effervescence à l'HCl, pas de racines, quelques galeries d'insectes.

#### 4.1.6.3.2.2 – Données analytiques

Tableau XII : Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum Ap-14

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie (%)						E,G (%)	Calc.T (%)	C.E.C (cmol+/Kg)	Gypse (%)
		Fraction < 50 µm	Sable fin		Sable grossier						
			50-100 µm	100-200 µm	200-500 µm	500-1000 µm	1000-2000 µm				
Ap	0-40	10,2	16,78	46,28	24,84	1,58	0,32	31,85	5,62	2,5	0,06
C1	40-60	3,4	12,11	42,23	40,72	1,36	0,19	1,55	4,11	3,0	-
C2	60-77	4,9	10,77	36,89	43,46	3,43	0,5	18,78	4,62	2,0	-
C3	77-110	5,2	13,25	40,13	38,36	2,55	0,53	33,59	3,29	-	-
C4	110-130	4,0	15,23	52,33	27,77	0,65	0,04	0,86	4,62	-	-
C5	130-150	3,3	6,3	25,24	54,34	7,04	3,74	29,14	3,39	-	-

#### 4.1.6.3.2.3 – Interprétation

Ce solum est situé près d'un affluent de glaciaires de Mio-Pliocène, il représente les sols sableux bien drainés qui dominent les glaciaires de Mio-Pliocène. L'état de surface est sableux à sablo-graveleux.

Le sol se présente sous forme d'une succession d'horizons sableux et sablo-graveleux qui reflète des actions érosives locales des eaux des pluies. Selon cette variation dans la charge en éléments grossiers, la texture sableuse du sol est dominée soit par le sable fin soit par le sable grossier (tableau XII). Les éléments grossiers sont de nature gréseuse la teneur la plus élevée est estimée dans quatrième horizon avec 33,6 %, ces graviers indiquent leur origine locale.

C'est un sol très pauvre en argile, la teneur en calcaire est très faible ( $3,29 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 5,62 \%$ ) à l'exception du premier horizon qui est salé ( $\text{CE} = 1,73 \text{ dS/m}$ ) le reste des horizons étudiés sont non salin ( $0,19 \text{ dS/m} \leq \text{CE} \leq 0,4 \text{ dS/m}$ ) (tableau 11, Annexe), le profil salin est de type ascendant (figure 33). Le pH est légèrement à moyennement alcalin ( $7,79 \leq \text{pH} \leq 8,18$ ).

La concentration en éléments soluble des extraits dilués suit l'allure du profil salin, le faciès géochimique est chloruré sodique pour le premier horizon et sulfaté calcique pour le reste des horizons (figure 34).

4.1.6.3.2.4 – Classification

WRB-FAO (1998) : Arenosol yermique.

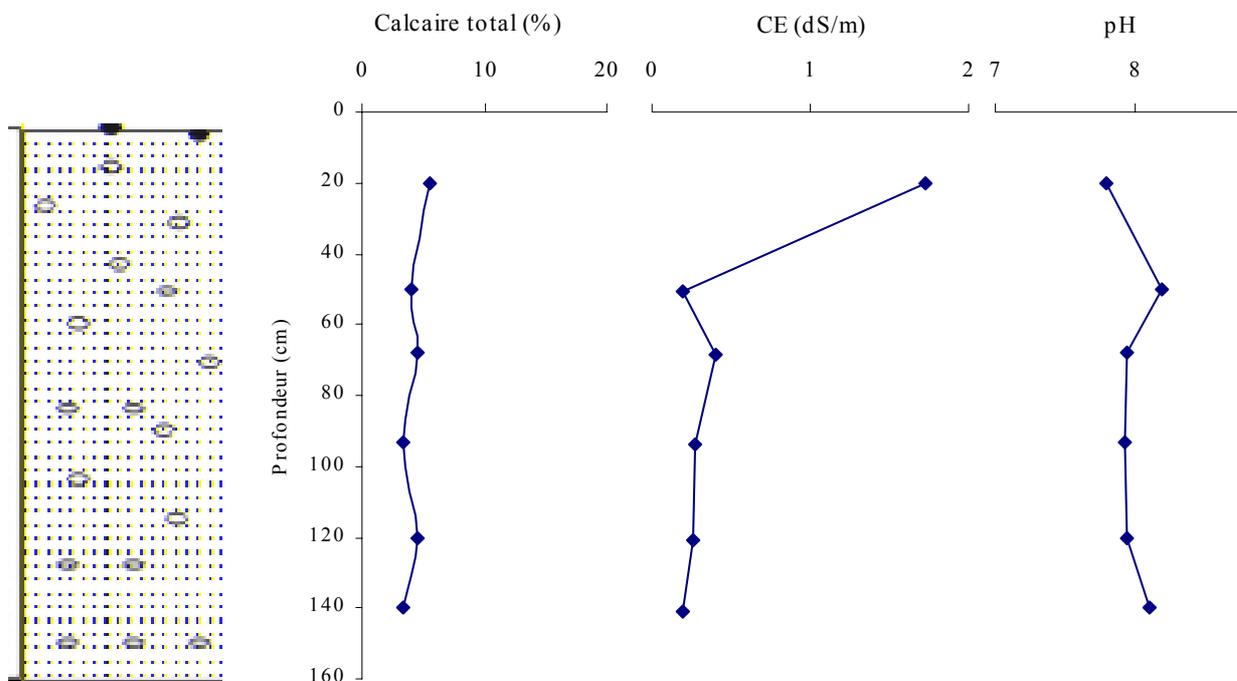


Figure 33. Profils calcaires, salins et de pH du solum AP-14

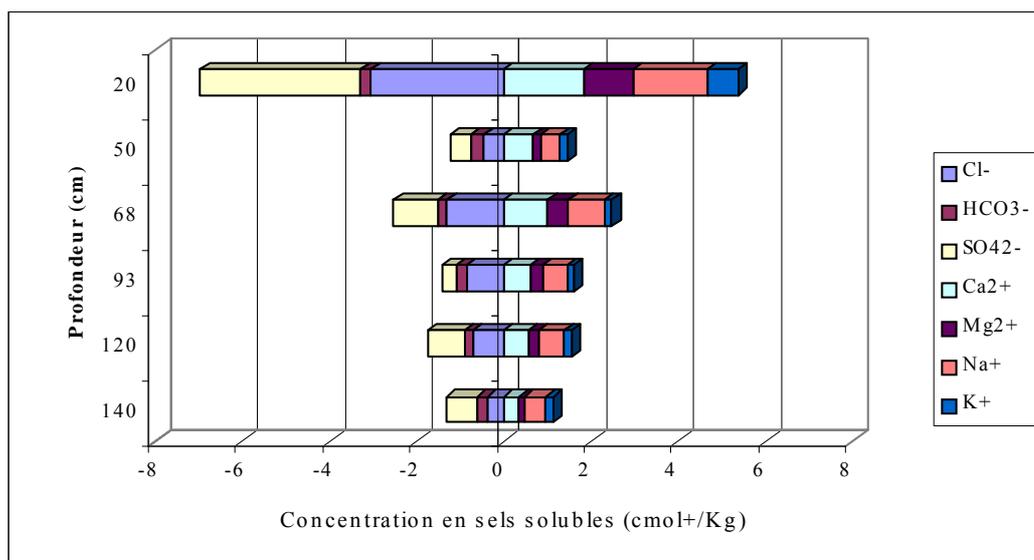


Figure 34. Profil ionique du solum AP-14

## 4.2 – Organisation spatiale de la couverture pédologique

La connaissance de l'organisation spatiale de la couverture pédologique est indispensable quant on envisage l'utilisation rationnelle des terres. C'est une opération qui nécessite une étude plus ou moins détaillée des propriétés des sols et de leur variation géographique, dont la finalité est de regrouper des ensembles de sols en unité relativement homogène.

Dans les régions sahariennes, elle existe une relation étroite entre l'état de surface des sols et les différents types de sols (ESCADAFAL, 1989 ; HAMDI-AISSA et GIRARD, 2000 ; HAMDI-AISSA, 2002). Par l'utilisation des photographies aériennes, la variation de l'état de surface peut être facilement décelé par la variation des teintes et de texture (GIRARD et GIRARD, 1975 ; DJILI et HAMDI-AISSA, 2004).

Basant sur ce critère, nous avons essayé d'exploiter les renseignements fournis par les photographies aériennes, utilisées préalablement dans l'élaboration de plan d'échantillonnage, pour réaliser l'esquisse d'une carte du sol de la zone d'étude.

L'examen stéréoscopique des photographies aériennes nous a permis de délimiter plusieurs unités de pédo-paysage dans la région d'étude (LEGROS, 1996). A travers l'étude de l'ensemble des profils nous avons remarqué qu'il est possible d'une part, de regrouper les caractéristiques de certains profils autour de valeurs dominantes ou moyennes et de les représenter par des profils types, et d'autre part, de corréliser chaque profil type à une unité cartographique figurée dans la photographie aérienne.

Un travail de vérification a été suivi sur terrain par la réalisation des sondages à la tarière, soulignant que le problème a été posé surtout dans les zones où il y avait une activité agricole très intense (un couvert végétal phœnicicol ainsi que les zones irriguées). Nous avons pu aussi identifier quelques zones appartenant à des types de sol différents que ne pouvons pas les dissocier à la base de photographie aérienne ou parce qu'elles sont trop petites par rapport à l'échelle choisie.

Six unités cartographiques ont été choisies et dégagées (figure 35) :

- Unité 01 : sol caillouteux dès la surface.
- Unité 02 : sol sablo-graveleux.
- Unité 03 : sol limoneux à limono-sableux.
- Unité 04 : sol sablo-limoneux sur sables.
- Unité 05 : sol sablo-limoneux calcaire sur sables.
- Unité 06 : sol sableux à graviers gréseux.
- **Sol caillouteux dès la surface (Unité 1) : *Arénosol, yermique (WRB-FAO)*.**

Représenté par les profils : TFZ-2, TFZ-3, TFZ-4 et TFZ-5. (Photo 1 et 2, Planche III)

Cette unité représente les sols en amont et au sud de lit majeur d'oued Zegrir dans la région de Guerrara. Elle se caractérise par une charge très élevée en éléments grossiers (cailloux et gravier). La teneur en calcaire total est faible à moyen, le pH est légèrement à moyennement alcalin, le sol est non salin avec une faible capacité d'échange. Elle a une bonne perméabilité et bon drainage interne, d'où les réserves en eau sont très faibles.

➤ **Sol sablo-graveleux (Unité 2) : Arénosol, yermique (WRB-FAO)**

Représenté par les profils : CRR-6 et AA-10 (Photo 3, Planche III)

Cette unité occupe une surface de quelques hectares dans le Sud-Ouest de la Daya d'El Ameid, l'état de surface est sableux (sable fin et gravier). Le sol est constitué d'une stratification d'horizons sableux et sableux graveleux, non salin, avec un teneur faible en calcaire et très faible en matière organique.

➤ **Sol limoneux à limono-sableux (Unité 3) : Fluvisol, Takyrique (WRB-FAO).**

Représenté par les profils : Ap-15 et Ap-16. (Photo 4, Planche III)

Elle représente les sols de la palmeraie traditionnelle, le sol est limoneux sableux à limoneux très compacte à l'état humide et très dur à l'état sec, non salin. Une teneur faible en calcaire, un pH alcalin, la matière organique est faible et la CEC est moyenne.

➤ **Sol sablo-limoneux sur sable (Unité 4) : Fluvisol, Takyrique (WRB-FAO).**

Représenté par les profils : AI-17 et AZ-18. (Photo 5, Planche III)

Cette unité occupe une grande partie de Dayet El Amied. Le sol est une stratification d'horizon sableux et sablo-limoneux, perméable, non salin. Il a une teneur faible en calcaire, surtout dans les horizons sableux, le pH est moyennement à fortement alcalin, la teneur en matière organique est faible.

➤ **Sol sablo-limoneux calcaire sur sable (Unité 5) : Fluvisol, Calcari-Takyrique (WRB-FAO).**

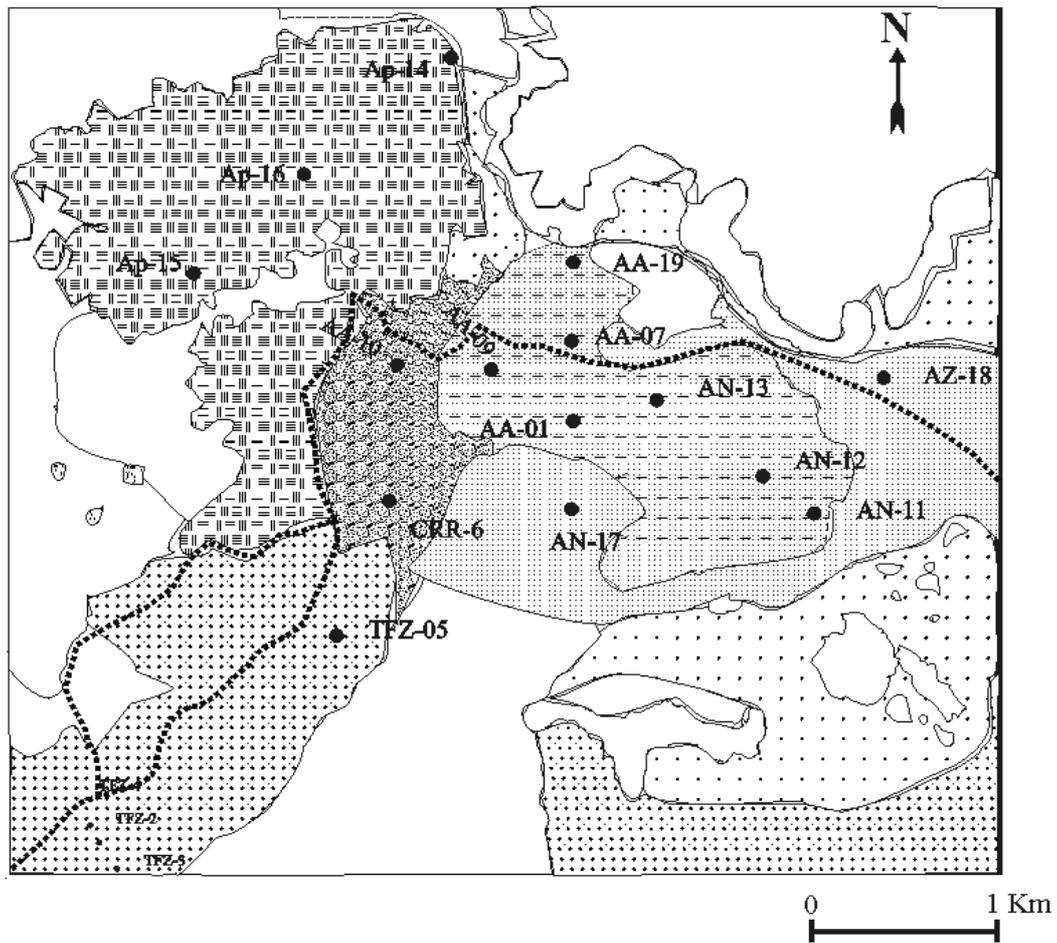
Représenté par les profils : AA-1, AA-7, AA-9, AN-11, AN-12, AN-13 et AD-19. (Photo 6, Planche III)

Cette unité occupe la partie centrale du bas fond de Dayet El Amied. Le sol est une stratification d'horizon sableux et d'horizons sableux limoneux. Il présente une teneur moyenne en calcaire total (20 %) dans les premiers horizons limoneux. Le pH est moyennement à fortement alcalin, non salin. La matière organique est très faible dans les horizons sableux et modérément élevée dans les horizons limoneux sableux, la CEC est moyenne surtout dans les horizons limoneux.

➤ **Sol sableux à graviers gréseux (Unité 6) : Arénosol, yermique (WRB-FAO).**

Représenté par le profil : Ap-14.

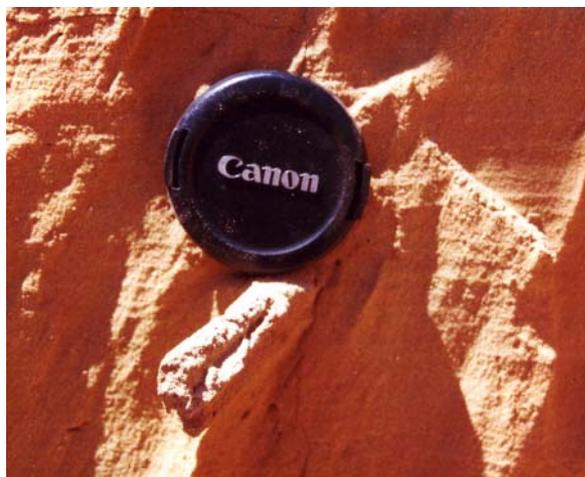
Cette unité représente les sols du glacis de Mio-Pliocène en dehors de lit d'oued Zegrir. Le sol est constitué de sable, avec quelques graviers en grès, non salin, un teneur très faible en calcaire.



- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | Unité 1 : Sol Caillouteux dès la surface |  | Unité 5 : sol sablo-limoneux calcaire sur sable |
|  | Unité 2 : Sol sablo-graveleux            |  | Unité 6 : sol sableux à graviers gréseux        |
|  | Unité 3: sol limoneux à limono-sableux   |  | Autres sols                                     |
|  | Unité 4 : sol sablo-limoneux sur sable   |  |   |

Figure 35. Esquisse de carte des sols dans la région de Guerrara

## PLANCHE II



**Photo 1.** Manchon de calcite  
Solum CRR-6.



**Photo 2.** En surface du sol, croûte de battance (type écailleux) résulte de la dessiccation d'une petite couche d'alluvions.

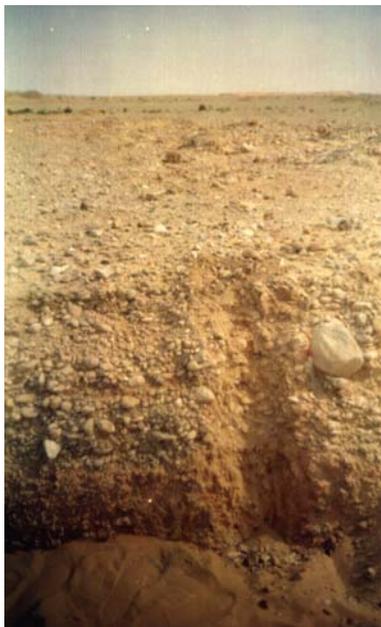


**Photo 3.** Vue d'ensemble de la Daya d'El-Amied inondée par les crues de l'oued Zegrir.



**Photo 4.** Ensablement au Sud-Ouest de la Daya d'El-Amied.

### PLANCHE III



**Photo 1.** Solum TFZ-3  
Sol caillouteu-graveleux.  
Lit de l'oued Zegrir (Unité 1)



**Photo 2.** Solum TFZ-5  
Sol d'un méandre caillouteu-  
graveleux (Unité 1)



**Photo 3.** Solum CRR-6  
Stratification d'horizon sablo-  
graveleux et d'horizon sableux  
Daya d'El-Amied (Unité 2)



**Photo 4.** Solum Ap-16  
Sol limono-sableux.  
Palmeraie traditionnelle  
(unité 3)



**Photo 5.** Solum AI-17  
Stratification d'horizon sablo-  
limoneux et d'horizon sableux  
Daya d'El-Amied  
(unité 4)



**Photo 6.** Solum AA-09  
Stratification d'horizon sablo-  
limoneux calcaire et d'horizon  
sableux. Daya d'El-Amied  
(unité 5)

## Chapitre V. Discussion

### 5.1 – Interaction entre les différents paramètres étudiés

#### 5.1.1 – Relation entre certaines propriétés physiques et physico-chimiques

Ces relations sont présentées par les courbes de régressions linéaires (figure 36).

Elles nous indiquent qu'il y a une très forte corrélation positive entre le taux de limon dans le sol et la teneur en calcaire total ( $r = 0,846$ ). Par contre la relation est très fortement négative entre le taux des sables et le la teneur en calcaire ( $r = -0,696$ ).

On peut en déduire de ces fortes corrélations que l'origine de limon est différente de celle des sables. Il s'agit d'un limon d'origine allochtone érodé et transporté par les crues d'oued Zegrir et qui reflète les caractéristiques des formations géologiques des régions traversées (Crétacé supérieur, figure 4). De ce fait, le calcaire contenant dans les horizons limoneux est dû probablement à un héritage et non à une lixiviation verticale ou latérale locale, car en zones arides les carbonatés de calcium sont moins mobilisés (DJILI et DAOUD, 2000).

De même, pour la corrélation de la matière organique avec le taux de limon et le sable. Celle-ci est plus ou moins corrélées positivement avec le limon ( $r = 0,446$ ) et négativement avec les sables ( $r = -0,466$ ).

L'origine de cette matière organique peut être expliquée par la richesse de lit d'oued Zegrir en végétation par rapport aux autres formes géomorphologiques voisines, car en zones arides les lits des oueds sont parmi les biotopes les plus favorables à l'installation de la végétation (VIAL, 1974 ; OZENDA, 1983).

La figure 35 montre que les teneurs en calcaire totales sont négativement corrélées avec les taux de gypse ( $r = -0,563$ ).

Cette corrélation est confirmée par plusieurs travaux entre autre ceux de HALITIM (1988), FAO (1990) et HAMDI-AISSA (2001).

#### 5.1.2 – Relations inter-éléments

Ces relations sont représentées graphiquement en annexe (figure 2. Annexe 3) résumés au tableau XIII Elle indique qu'à l'exception de  $\text{HCO}_3^-$ , il existe des corrélations positives hautement significatives à très hautement significatives entre les différents ions. Les anions et les cations les plus fortement corrélés sont le  $\text{SO}_4^{2-}$  et le  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r = 0,983$ ), le  $\text{Cl}^-$  et le  $\text{Na}^+$  ( $r = 0,791$ ).

Tableau XIII : Corrélation entre les différents ions des solutions de sols ( $n = 68$ ).

	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
$\text{HCO}_3^-$	-0,020					
$\text{SO}_4^{2-}$	0,398***	-0,156				
$\text{Ca}^{2+}$	0,351**	-0,129	0,983***			
$\text{Mg}^{2+}$	0,736***	-0,059	0,586***	0,512***		
$\text{Na}^+$	0,791***	0,007	0,434***	0,350**	0,800***	
$\text{K}^+$	0,670***	-0,035	0,380**	0,312**	0,434***	0,494***

\*\* hautement significatif

\*\*\* très hautement significatif

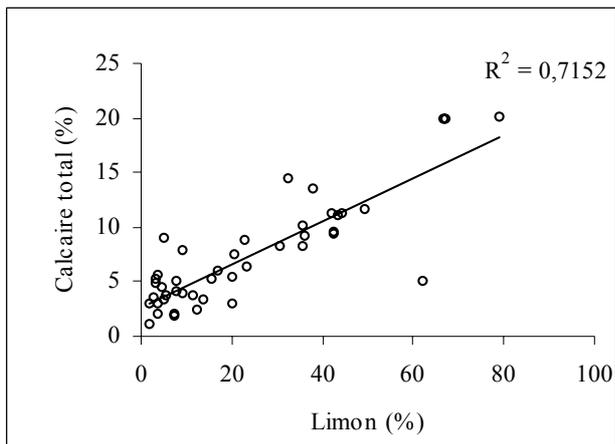


Figure 36-a. Relation entre le taux du limon et la teneur en calcaire total.

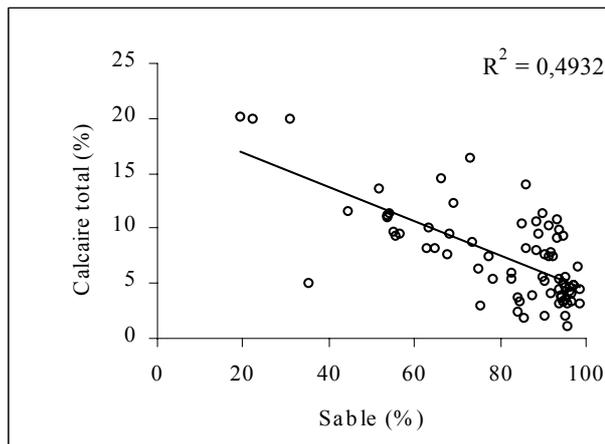


Figure 36-b. Relation entre le taux du sable et la teneur en calcaire total.

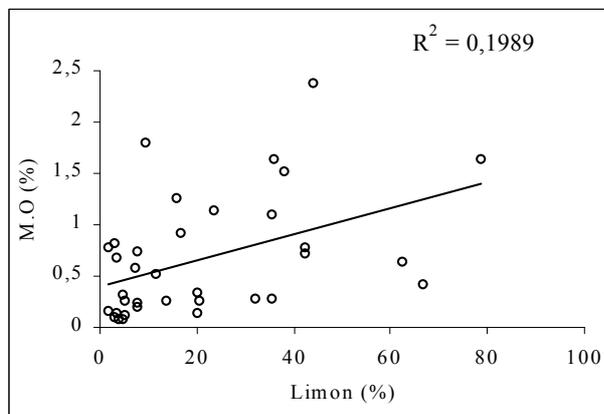


Figure 36-c. Relation entre le taux du limon et la teneur en matière organique.

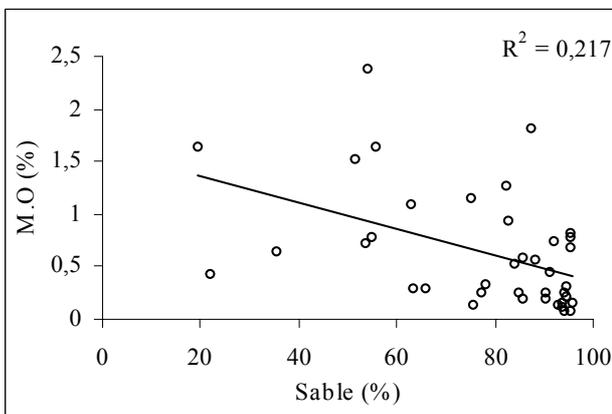


Figure 36-d. Relation entre le taux du sable et la teneur en matière organique.

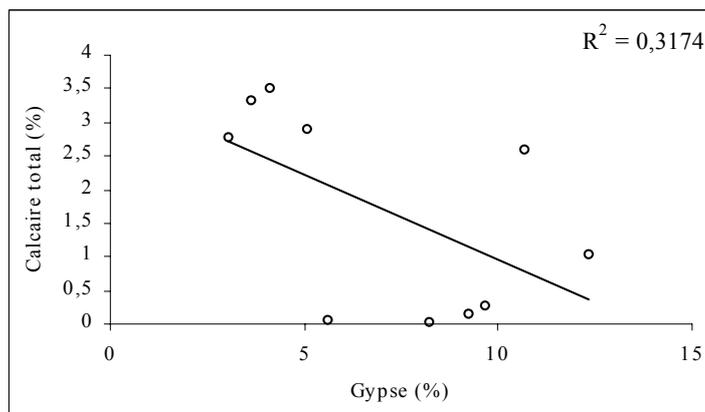


Figure 36-e. relation entre le taux de gypse et le taux de calcaire

Figure 36. Relation entre certaines propriétés physiques et physico-chimiques des sols

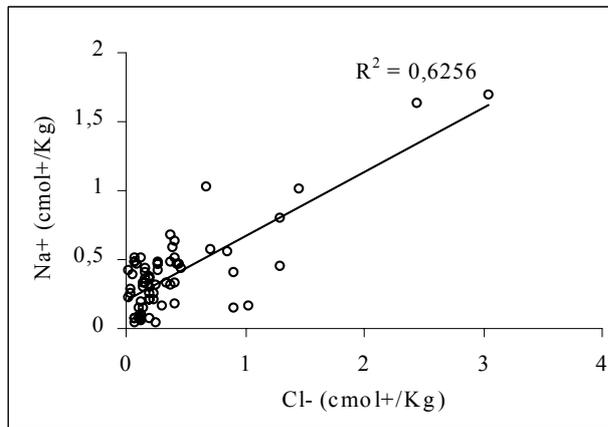


Figure 37-a. Relation entre la concentration en  $\text{Cl}^-$  et la concentration en  $\text{Na}^+$ .

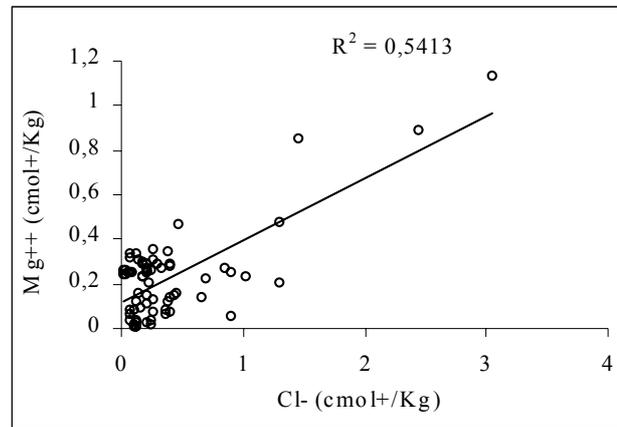


Figure 37-b. Relation entre la concentration en  $\text{Cl}^-$  et la concentration en  $\text{Mg}^{2+}$ .

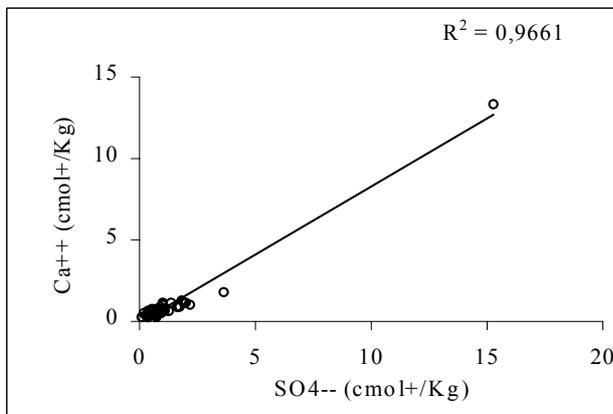


Figure 37-c. Relation entre la concentration en  $\text{SO}_4^{2-}$  et la concentration en  $\text{Ca}^{2+}$ .

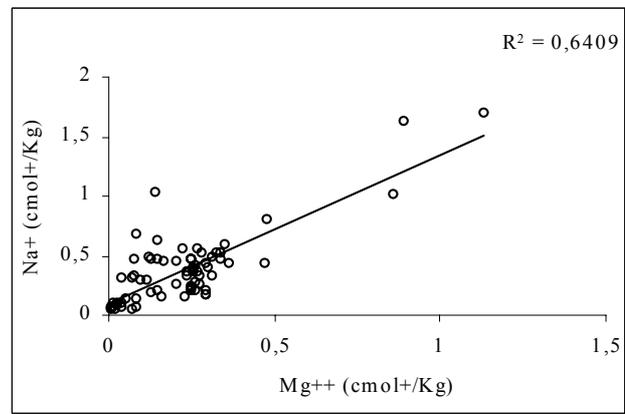


Figure 37-d. Relation entre la concentration en  $\text{Mg}^{2+}$  et la concentration en  $\text{Na}^+$ .

Figure 37. Relation entre les ions constituant la solution du sol

## 5.2 – Dynamique de la couverture pédologique

Dans la région de Guerrara, la distribution des sols dans le lit de l'oued Zegrir, y compris la Daya d'El-Ameid, se fait en relation avec plusieurs paramètres à savoir : les positions géomorphologiques (variation topographique), l'influence d'apports éoliens et les résultats de l'action de l'homme sur l'écoulement des eaux (endiguement et barrage de dérivation).

Lors des crues, il se fait un tri mécanique du matériel véhiculé de l'amont vers l'aval, donnant une distribution horizontale des sédiments qui se réalise, d'une manière générale, suivant un spectre granulométrique décroissant. On observe ainsi le passage progressif de formation grossière aux accumulations fines de limon. Cette répartition apparaît plus ou moins rigoureuse selon l'intensité d'écoulement (vitesse d'écoulement).

En effet, en amont du lit de l'oued (Solum TFZ-2, TFZ-3 et TFZ-4 et figure 34), le sol est constitué des alluvions caillouteuses, graveleuses et sableuses, dont les éléments grossiers ont une forme émoussée et arrondie de nature dolomitique et quartzreuse résultant d'une forte érosion hydrique et qui reflète une allochtonie et révèle un remaniement par roulement plus ou moins long (DUTIL, 1971).

La charge en éléments grossiers atteint son maximum dans un méandre, où le sol devient fortement caillouteux très perméable (solum TFZ-5). Cette accumulation est probablement due à une diminution dans la vitesse d'écoulement des eaux ou de la pente (TRICART et CAILLEUX, 1969 ; VIERS, 1984).

Progressivement par la suite, les matériaux transportés deviennent de plus en plus fins. Ils seront acheminés à travers un talweg contrôlé par une digue vers le bas-fond de la palmeraie traditionnelle (Solum Ap-15 et Ap-16) et vers la Daya d'El-Amied, passant par le barrage de dérivation.

Lors des fortes crues, et pour que les eaux d'écoulement ne débordent pas la digue, le surplus est évacué à travers un trop-plein, installé juste après le méandre, vers la partie sud de Dayet El-Amied. Suivant l'intensité des crues, les matériaux transportés peuvent acheminer même des graviers qui seront remaniés avec les sables d'origine éolienne existant dans cette zone, donnant ainsi, un sol sablo-graveleux stratifié avec une dominance de sable grossier (Solum CRR-6).

La couverture pédologique dans le bas-fond de la palmeraie traditionnelle est une accumulation de plusieurs couches d'alluvions très fines, donnant une texture limoneuse relativement homogène sur tout le profil sans une stratification visible, une structure continue à l'état humide ou polyédrique à l'état sec, ce qui résulte d'une perméabilité faible ralentissant la percolation des eaux, et provoquant ainsi une stagnation plus ou moins prolongée des eaux des crues.

Tandis que dans la Daya d'El-Amied la couverture pédologique se forme et s'organise autrement :

D'abord cette zone, en raison de sa position, d'une part dans le lit d'oued et d'autre part auprès d'une butte témoin, est soumise à deux types d'apports, d'origines alluviales liées à l'écoulement d'oued et d'origine éolienne (figure 10).

Au moment des crues, il se fait un remaniement local des dépôts éoliens avec les alluvions dans le lit d'oued. Selon l'intensité des crues et l'importance des dépôts éoliens, le sol se présente sous forme d'une stratification des horizons de textures différentes : sableuse et sablo-limoneux à limoneuse. Donc, contrairement à la palmeraie traditionnelle, ces sols sont beaucoup plus perméables et les eaux sont facilement infiltrées. Notant que l'épaisseur des alluvions dans la Daya d'El-Amied varie entre 4 et 12 m.

D'après les agriculteurs de la région : les sols d'El-Amied subissent lors des crues des engorgements par l'eau d'inondation sans que des conditions marécageuses se réalisent et sans qu'une nappe phréatique permanente se forme. Ils confirment ceci par les essais sans succès de trouver de l'eau dans des puits creusés dans cette zone.

L'ensemble de ces caractéristiques, en présence d'un substrat géologique gréseux très perméable qui favorise de plus l'infiltration des eaux, ont largement orienté la pédogenèse du sol dans la Daya d'El-Amied. Nous retiendrons de l'étude de la couverture pédologique les faits suivants :

- L'ensemble des solums étudiés présentent une stratification bien visible, qui se traduit par des différences très nettes dans les granulométries des différents horizons, ce qui indique que ce sont des sols encore très jeunes, où la pédogenèse est limitée.
- Le calcaire dans le sol, faiblement mobilisé, reste pratiquement toujours présent dans les horizons qui présentent une teneur plus ou moins élevée en limon et sans transfert vers les horizons sableux sous-jacents (figure 16, 18, 22). La teneur la plus élevée est de 20 % estimée dans les horizons limoneux occupant le bas-fond de la Daya. La non mobilisation du calcaire, indique que le climat est resté en aridité continue depuis la formation des horizons limoneux.
- Le pH est légèrement à fortement alcalin dans la majorité des sols étudiés, il varie de 7,56 à 8,51.
- Le sol est non salin pour la totalité des profils étudiés de la Daya, la conductivité électrique varie entre 0,06 dS/m et 0,53 dS/m. avec un profil salin qu'il a une tendance d'être ascendant.
- La concentration en éléments solubles des extraits dilués est faible, elle suit d'une manière générale la variation de la conductivité électrique. Le faciès géochimique est sulfaté-calcique pour la plupart des horizons et chloruré-sodique pour certains horizons (surtout dans les zones de mise en valeur).
- La matière organique est faible dans le sol, avec de légères accumulations dans quelques horizons limoneux. Globalement, elle varie entre 0,08 et 2,38 %.

- La détermination de la CEC pour quelques horizons montre qu'elle est moyenne à élevée pour certains horizons riches en limon (9 à 17  $\text{cmol}^+/\text{Kg}$ ) et faible à très faible pour les horizons beaucoup plus sableux (0,04 à 6  $\text{cmol}^+/\text{Kg}$ ).
- L'estimation de la teneur en gypse pour quelques horizons indique qu'elle est faible. Les valeurs les plus élevées sont obtenues dans les horizons sableux probablement d'origine éolienne remaniée ou non par les eaux des crues.

Notant à la fin que, le calcaire dans les couches alluviales peut avoir deux origines : l'une est allochtone transportée en suspension par les eaux de crues, et l'autre est autochtone (in-situ), se présente sous forme de pseudo-mycélium ou de manchon de calcite, résultant de la concentration de la solution des sols et de précipitation de la calcite. Ces formes de calcite ainsi que le revêtement d'argile sur les agrégats (cutané) sont des indicatrices d'une pédogenèse post-dépositionnelle des dépôts alluviaux.

### 5.3 – Approche paléo-environnementale

La localisation de la Daya d'El Amied ,dans le lit d'oued Zegrir et auprès des buttes témoins (Gara), fait que la formation du sol résulte, d'une manière générale, de deux apports alluvial et éolien dont l'influence de chaque type est liée à son intensité et à son cycle de dépôt. L'ensemble est illustré par une stratification d'horizons dont chaque dépôt reflète des conditions climatiques et hydrologiques bien spécifiques.

A travers l'étude morphologique et analytique des profils réalisés dans la Daya, nous avons pu remarquer que la différence entre les horizons stratifiés se traduit non seulement par un changement dans la couleur, la texture et la structure du sol, mais aussi par des variations sensibles dans la teneur des sols en calcaire total et dans d'autres paramètres tels que la CEC et le pH

La distinction des transitions et la netteté des limites entre les horizons permet de dire qu'il s'agit des apports bruts conservant des données très précieuses qui peuvent être exploitées largement pour reconstituer la succession des conditions climatiques ayant régné au passé, ainsi que de reconnaître l'historique de la désertification.

Pour l'instant, nous pouvons dire que les horizons ayant une texture sablo-limoneuse à limoneuse, une couleur plus ou moins sombre et des teneurs plus ou moins élevées en calcaire total, sont influencés beaucoup plus par les apports d'origine alluviaux liés à l'écoulement de l'oued et qui reflètent des périodes pluvieuses qui ont touché une partie ou la totalité du bassin versant de l'oued Zegrir, de fait que les crues sont la conséquence première et évidente de la pluie (CLAUDE, 1993). Alors que les horizons ayant une texture beaucoup plus sableuse (surtout en sable fin), une structure particulière, une couleur plus claire et des teneurs très faibles en calcaire total, sont influencés beaucoup plus par les apports d'origine éolienne qui reflètent des périodes très peu pluvieuses ou sèches.

Nous disposons dans la zone d'El-Amied d'un champ expérimental idéal pour reconstituer le paléoclimat et apporter des éléments d'explication aux changements climatiques ainsi qu'au phénomène de la sécheresse (HAMDI-AISSA et al., 2004 ; MESSEN et al., 2004). Mais pour atteindre ce but nous devons faire appel à des méthodes et des moyens aussi variés que possible pour comprendre et expliquer ces phénomènes dont l'objectif du projet de recherche DAYACLIM (MESSEN et al., 2004) va contribuer et essayer de répondre à ces préoccupations par l'application des méthodes de datation relative (micromorphologie, stratigraphie) et absolue ( $^{14}\text{C}$ , thermoluminescence, susceptibilité magnétique).

## Conclusion générale

L'étude des sols alluviaux de la Daya d'El-Amied contribue à la connaissance des sols sahariens, peu connus jusqu'à maintenant.

Les résultats obtenus à travers cette étude mettent en évidence les caractéristiques morphologiques et analytiques des sols alluviaux dans le lit d'oued Zegrir dans la région de Guerrara y compris la Daya d'El-Amied. Ils nous ont permis de comprendre et de connaître quelques facteurs qui interviennent dans la genèse et la distribution des sols.

En effet, les sols de la Daya d'El-Amied résultent de l'interaction de plusieurs paramètres : géomorphologiques, hydrologiques, climatiques et anthropiques.

L'étude morphologique des profils pédologiques montre que le sol est une succession des couches superposées sous forme d'une stratification, qui se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie, la couleur et la structure d'horizon, avec des limites très nettes entre les horizons, ce qui indique que ce sont des sols encore très jeunes, soumis à deux types d'apport alluvial et éolien.

Les résultats d'analyses physico-chimiques montrent que :

- La texture du sol est de type sablo-limoneuse à limon-sableuse. Alors qu'elle est beaucoup plus grossière dans la zone qui précède la Daya en amont de lit d'oued.
- Le calcaire dans le sol est faiblement mobilisé, reste pratiquement toujours présent dans les horizons qui présente une teneur plus ou moins élevée en limon. Il atteint un maximum de 20 % dans le bas fond de la Daya, il est sous forme de trace dans les horizons à dominance sableuse.
- Le pH est légèrement à fortement alcalin dans la majorité des sols étudiés. Il oscille entre 7,76 et 8,51.
- Le sol est non salin pour la totalité des profils étudiés de la Daya, avec un profil salin qu'il a une tendance d'être ascendant.
- La concentration en éléments solubles des extraits dilués est faible, elle suit d'une manière générale la variation de la conductivité électrique, le faciès géochimique est sulfaté-calcique pour la majorité des horizons et chloruré-sodique pour quelques horizons de surface.
- La matière organique est faible dans le sol, avec des légères accumulations dans quelques horizons limoneux.
- La détermination de la CEC pour quelques horizons montre qu'elle est d'une manière générale moyenne pour certains horizons riches en limon et très faible pour les horizons beaucoup plus sableux.

- L'estimation de la teneur en gypse pour quelques horizons indique qu'elle est faible, les valeurs les plus élevées sont obtenues dans les horizons sableux probablement d'origine éolienne remanié ou non par les eaux des crues.

Les sols de Daya ont été rattachés à trois taxons de systèmes WRB-FAO (1998) : Arénosol yermique, Fluvisol takyrique et Fluvisol calcari-takyrique

L'étude de l'organisation spatiale de la couverture pédologique de la zone d'étude et ceux des autres parties de lit d'oued a permis de dégager six unités cartographiques qui ont permis de réaliser une esquisse d'une carte des sols.

La stratification d'horizons qui résulte de succession des apports alluviaux et éoliens plus ou moins conservés reflète l'influence des conditions écologiques qui caractérise les zones arides sur l'évolution des sols. L'utilisation de ces critères dans le domaine de datation relative peut dégager des explications très précieuses pour comprendre les causes des changements ou des crises climatiques dont sont les objectifs de projet de recherche DAYACLIM.

En fin, les écosystèmes alluviaux en zones arides sont menacés de disparition à cause de l'érosion éolienne et en raison de fort degré d'anthropisation. Il s'avère donc indispensable de faire un recensement et des études de ces écosystèmes car ils possèdent une grande complexité et une importante diversité qui dépasse généralement celle des autres milieux sahariens (regs, ergs, hamada ...) de fait de leur dynamique rapide.

## Références bibliographiques

- AFEC-INRA., 1995. Référentiel pédologique. Ed. INRA. Paris, 332 p.
- AFNOR., 1999a. Qualité des sols. Vol. 1, Ed AFNOR, Paris, 565 p.
- AFNOR., 1999b. Qualité des sols. Vol. 2, Ed AFNOR, Paris, 408 p.
- AUBERT G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. Ed. C.R.D.P., Marseille, 191 p.
- B.N.E.D.R., 2000. Etude de périmètre de mise en valeur agricole (Drine II 60 ha) dans la commune de Guerrara. Programme de mise en valeur des terres par le biais de la concession. Rapport définitif DG/515. Alger, 49p.
- BAIT A., CHETTOUH C., GUESMIA S. 1977a. Possibilités de développement de la palmeraie de Guerrara. Tom.I Memoire Ing., I.T.A., Mostaganem, 82 p.
- BAIT A., CHETTOUH C.,GUESMIA S. 1977b. Analyse de la situation agricole. Commune de Guerrara. Tom.II. Memoire Ing., I.T.A., Mostaganem, 82 p.
- BAIZE D. JABIOL B., 1995. Guide de description des sols. AFES-INRA. Paris, 388 p.
- BARRY J.P. FAUREL L., 1973. Notice de la feuille de Ghardaïa : Carte de la végétation de l'Algérie à 1/500.000. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N. 11, 125 p.
- BARRY J.P. FAUREL L.,1968. Carte de la végétation de l'Algérie, Ghardaïa (1/500.000). Publiée par l'Inst. de Cart. de l'Univ. d'Alger.
- BELLAIR P. POMEROL C., 1982. Eléments de géologie. Ed. Armand Colin. Paris, 495 p.
- BONNEAU M. SOUCHIER B., 1979. Pédologie. Constituants et propriétés du sol. Tome II. Ed Masson. Paris. 459 p.
- BOULAIN J., 1957. Etude des sols des plaines du Chélif. Ed. S.E.S.T.S.A.P. Alger. 388 p.
- C.D.A.R.S., 1999. Etude du réseau d'irrigation du périmètre Daya Benfelah (commune de Guerrara, Wilaya de Ghardaïa). C.D.A.R.S Ouargla. 34 p.
- C.P.C.S., 1967. La classification des sols. Chaire de pédologie, ENSA Grignon, 96p.
- CAPOT-REY R. CORNET A. BLAUDIN DE THE B., 1963. Glossaire des termes géographiques et hydrogéologiques. Ed. I.R.S Univ. d'Alger. pp 44-45.
- CLAUDE J., 1993. Crues et sécheresse. Sécheresse Vol. 4 N° 3. pp 141-142.
- COOKE R.U., WARREN A. & GOUDIE S.A. 1993. Desert geomorphology. UCL ed., London. 526p.

- COUTINET S., 1965. Méthodes d'analyses utilisables pour les sols salés, calcaires et gypseux. Analyse d'eaux. Agronomie Tropicale. I.R.A.T.C.V. Paris, pp 1242.
- DJILI B. et HAMDIAISSA B., 2004. Les sols de Dayet El-Ameid (Région de Guerrara). pp 43-44. In. CRSTRA, EUR-OPA & Université de Ouargla ed. *Journée d'étude sur la datation des enregistrements climatiques en Afrique du nord et des événements hydrologiques et thermiques*, Ouargla.
- DJILI K. DAOUD Y., 2000. Influence des hauteurs des précipitations sur la répartition du calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du Nord de l'Algérie. Sécheresse. Vol. 11. N° 1. pp 37-43.
- DREGNE H. E., 1987. Ecological stability of desert soils. In : Eremology : desert sciences. Proceeding of a post-graduate course held in Ghent. (ed. De Boodt & Hartmann), pp. 73-82, Rijksuniversiteit, Gent.
- DUBIEF J., 1953. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Ed. Service des études scientifique, Alger, 457 p.
- DUCHAUFOR P., 1976. Atlas écologique des sols du monde. Ed. Masson Paris 178 p.
- DUCHAUFOR P., 1983. Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome I, Ed Masson Paris, 491 p.
- DUCHAUFOR P., 1997. Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement. Ed Masson. 294 p.
- DUTIL, P., 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse doc. D'état, faculté des sciences de l'université de Strasbourg. 346 p.
- ESCADAFAL R., 1989. Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et par télédétection. Application : exemple de la région de Tataouine (Tunisie). Ed. O.R.S.T.O.M. Paris, 317 p.
- FABRE J., 1976. Introduction à la géologie du Sahara Algérien et des régions voisines. I- La couverture phanérozoïque. Ed. S.N.E.D., Alger, 421 p.
- FAO., 1990. Management of gypsiferous soils FAO soils Bulletin N°62. Rome.
- FAO., 1998. World Reference Base for Soil Resource. World Soil Resource Report N° 84. ISSS, ISRIC and F.A.O., Rome, 88 p.
- FEDOROFF N. & COURTY M., 1989. Indicateurs pédologiques d'aridification: exemple du Sahara. Bul. Soc. Géol. Fr., 5: 43-53.
- FEDOROFF N. & COURTY M., 1999. Soil and soil forming processes under increasing aridity. In : Paleoenvironmental reconstruction in arid lands. (ed. Singhvi A.K. & Derbyshire E.), pp. 73-108. Oxford & IBH Publishing CO. PVT. LTD., New Delhi.

- GAUTIER M., GOUSKOV M. N., 1951. Le forage de Guerrara. Deuxième sondage d'étude et premier grand sondage d'exploitation de la nappe Albienne jaillissant dans le Bas-Sahara. Terre et Eaux. Alger, pp 38-42.
- GHARROCHA , 1995. Méthodes pratiques dans l'étude des sols. Ed. O.P.U. Alger p 88.
- GIRARD C. M, GIRARD M. C., 1975. Application de la télédétection à l'étude de la biosphère. Ed. Masson. Paris. 186 p.
- HALITIM A., 1988. Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384 p.
- HAMDI-AISSA B., 2001. Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla) Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doct., I.N.A-PG Paris. 310 p.
- HAMDI-AISSA B., 2002. Analysis and modelling of spatial organisation of pedo-landscape of desert endoreic basin in north African Sahara. pp. 407-408, In : *International Symposium on Sustainable Use and Management of Soils in Arid and Semiarid Regions, SUUMASS 2002*, Cartagena, Spain.
- HAMDI-AISSA B., DJILI B., MESSEN N., HACINI M. GAOUAR A., & YUCEF-ETTOUMI F. 2004. Application de l'approche paleopedologique pour la datation relative des événements paléoclimatiques. pp 40-42. In. CRSTRA, EUR-OPA & Université de Ouargla ed. *Journée d'étude sur la datation des enregistrements climatiques en Afrique du nord et des événements hydrologiques et thermiques*, Ouargla.
- HAMDI-AISSA B., GIRARD M. C. 2000. Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse. 3, paris, pp 179-188.
- I.N.C., 1960. Carte topographie d'Algérie. Feuille de Guerrara. (1/200.000). Alger.
- LAMBERT J., 1975. Analyse des sols et des végétaux. Laboratoire d'agriculture. Manuel d'information et des travaux pratiques. I.N.A. El Harrach, Alger, 114 p.
- LE HOUEROU H.N., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. OPTIONS méditerranéennes. Serie B : Etude et recherche N°10. ED. CIHEAM. Montpellier. 396 p.
- LEGROS J.-P. KOLBL O. FALIPOU P., 1996. Délimitation d'unité de paysage sur des photographies aériennes. Eléments de réflexion pour la définition d'une méthode de tracé. Vol III. N. 2. E.G.S., AFES-INRA. Ardon, pp 113-124.
- LOZET & MATHIEU 2000., Dictionnaire de science du sol.Ed. Tec.Doc. Lavoisur 384 p.

- MAIGNIEN D., 1969. Manuel de prospection pédologique. Ed. O.R.S.T.O.M. Paris. 132 p.
- MAINGUET M., 1995. L'homme et la sécheresse. coll. Géog. Ed. Masson. Paris. 335 p.
- MESSEN N. GAOUAR A. HAMDIAISSA B. HACINI M. YUCEF-ETTOUMI F., 2004. Etude du climat paléolithique dans un bassin sédimentaire du sud algérien. *Journal Algérien pour les Zones Arides*. (accepté, sous presse).
- MORAND D.T., 2001. Soil landscape of the woodburn 1:100000 sheet. Department of land and water conservation, Sydney. pp 271-273.
- O.N.M., 2003. Données climatiques de la station de Ghardaïa. O.N.M. Ouargla, 3 p.
- OZENDA P., 1983. Flore du Sahara. Ed C.N.R.S. paris. 622 p..
- P.D.A.U., 1994. Plan Directeur d'aménagement d'urbanisme. Wilaya de Ghardaïa.
- PANSU M. GAUTHEYROU J. LOYER J-Y., 1997. L'analyse du sol. Echantillonnage, instrumentation et contrôle. Ed. Masson. Paris, 497 p.
- PEULVAST J-P. VANNEY J-R., 2001. Géomorphologie structurale, terre, corps planétaires solides. Tome 1.Ed. BRGM. Collection géoscience. Paris. pp 435-437.
- POUGET M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Ed. O.R.S.T.O.M. Paris, 555 p.
- ROGNON P., 1994. Les conséquences de la sécheresse sur la pédogenèse. *Sécheresse*, 5, pp 173-184.
- S.C.G., 1939. Notice explicative des cartes géologiques au 1/500.000. Alger-Nord. Alger-Sud. Bult. du Serv. De Cart. Géo. de l'Algérie. Alger, pp 95-99.
- S.C.G., 1952. Carte géologique d'Algérie. Feuille d'Alger Sud. (1/500.000). S.C.G., Alger.
- S.O.N.A.T.R.A.C.H., 1992. Aperçu hydrogéologique. Région de Guerrara. Wilaya de Ghardaïa. Serv. Hydrogéologie. Ouargla, 6 p.
- SELTZER P., 1946. Le climat de l'Algérie. Trav. de l'Inst. de Météo. et de Phys. Du Globe (I.M.P.G.A) de l'Algérie. Alger. 220 p.
- TAÏBI A. N. KEMMOUCHE A. PARROT J-F., 1999. Détermination des dynamiques d'évolution morphologique et végétale combinées des "dayas" du piémont sud de l'Atlas saharien (Algérie) par télédétection. Vol. 10 N. 1 *Sécheresse*. pp 63-67.
- TARDY Y. PROBST J-L., 1992. Sécheresse, crises climatiques et oscillations téléconnectées du climat depuis cent ans. *Sécheresse*, Vol. 3. N° 1. pp 25-36.

- TOUTAIN G., 1979. Elément d'agronomie saharienne. De la recherche au développement. Marrakech, 276 p.
- TRICART J. CAILLEUX A., 1969. Traité de géomorphologie. VI. Le models des régions sèches, S.E.D.E.S., Paris 472 p
- U. S. Salinity Laboratory., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A., Handbook N°60, Washington, 160 p.
- U.S.D.A., 1998. Keys to Soil Taxonomy. U.S.D.A-N.R.C.S. Washington D.C, 326 p.
- VANNEY J.R., 1960. Pluie et crue dans le Sahara Nord-occidental. Ed. I.R.S. Université d'Alger. 118 p.
- VIAL Y. VIAL M., 1974. Sahara milieu vivant. Guide du voyageur-naturaliste. Ed. HATIER. Paris. 224 p
- VIEILLEFON., 1979. Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux. Cah. ORSTOM. Sér. Pédo., 17, Paris, 195-201.
- VIERS G., 1984. Elément de géomorphologie. Ed. AUBIN. Paris, 208 p.
- VILLE L., 1872. Exploration géologique du Béni-M'Zab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger. Ed. imprimerie Nationale. Paris, 540 p.

# ANNEXE 1

## Etude morphologique des solums

### 1 – Solum AN-01

**Localisation** : périmètres phœnicicols d'El-Ameid.

**Végétation** : nouvelles plantation de palmier dattier.

**Temps** : ensoleillé.

**Etat de surface** : quelques mauvaises herbes.

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 06/02/2003

**Ap (0 – 53 cm)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/6, frais, limono-sableux, structure polyédrique sur-structure lamellaire, racines de palmier dattier et mauvaises herbes, vive effervescence à l'HCl, limite régulière et transition distincte.

**C1 (53 – 94 cm)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8, sableux, particulière, pas d'effervescence à HCl, limite régulière et transition distincte.

**C2 (94 – 100 cm)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/6, frais, limono-sableux, polyédrique, vive effervescence à l'HCl, quelques éléments grossiers sous forme d'agrégats roulés (3 à 5 %), transition distincte et limite régulière.

**C3 (100 – 115 cm)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8, frais, sableux, particulière, pas d'effervescence à HCl, limite régulière et transition distincte

**C4 (115 – 128)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/6, frais, limono-sableux, polyédrique, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C5 (128 – 191 cm)** : Couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8, frais, sableux, particulière, pas d'effervescence à HCl.

### 2 – Solum TFZ-02

**Localisation** : Tafzaouine, sur un petit bombement dans le lit d'oued Zégrir, 5 Km au sud-ouest des anciennes palmeraies.

**Végétation** : quelques touffes de plantes spontanées.

**Etat de surface** : cailloux, graviers et sable fin.

**Temps** : ensoleillé.

**Topographie** : surface très peu accidentée, à drainage superficiel rapide, avec une légère pente orientée vers le nord-est

**Date** : 20/02/2003

**A (0 – 110 cm)** : sec, graviers et cailloux (plus de 70 %) enrobés par une pellicule limono-argileuse et d'une forme émoussée et arrondie et ou allongée très dure et d'une nature dolomitique ou gréseuse, quelques pierres de même caractéristiques, la matrice est sablo-limoneuse, de couleur à l'état sec 7,5 YR 7/6, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C1 (110 – 170 cm)** : couleur à l'état sec 7,5 YR 7/6, sec, sablo-limoneux, friable, particulière, taches d'une couleur 5 YR 7/4, pas effervescence à l'HCl sauf sur les taches, quelque gravier (2 %).

### 3 – Solum TFZ-04

**Localisation** : Tafzaouine, sur un petit bombement dans le lit d'oued Zégrir, 5 Km au sud-ouest des anciennes palmeraies.

**Végétation** : quelques touffes de plantes spontanées.

**Etat de surface** : cailloux, graviers et sable fin.

**Temps** : ensoleillé.

**Topographie** : surface très peu accidentée, à drainage superficiel rapide, avec une légère pente orientée vers le nord-est

**Date** : 20/02/2003

**A (0 – 50 cm)** : sec, cailloux et graviers plus de 70 % enrobés par une pellicule limono-argileuse et d'une forme émoussée et arrondie et ou allongée et d'une nature en majorité dolomitique très dure, avec une matrice sableuse de couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C1 (50 – 130 cm)** : couleur à l'état sec 7,5 YR 6/8, sec, sable, friable, particulière, pas d'effervescence à l'HCl, quelque gravier et cailloux (5 %).

#### **4 – Solum AA-07**

**Localisation** : Ancien périmètres phœnicicols d'El-Ameid (Guerrara), proche du cours d'oued.

**Végétation** : jachère, mauvaises herbes.

**Etat de surface** : Parcelles non irriguées avec des cailloux et quelques mauvaises herbes

**Temps** : ensoleillé

**Topographie** : plane avec une très légère pente orientée vers le nord.

**Date** : 12/03/2003

**Ap (0 – 40 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5YR 5/6 (brun clair), sec, limon-sableux, polyédrique sur-structure lamellaire, assez compact, très forte effervescence à l'HCl, présence de quelques racines de taille fine mortes, transition distincte et limite ondulée.

**C1 (40 – 53 cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rouge clair) , sec, sable, friable, particulière, faible effervescence à HCl, quelques racines fines et moyennes, matière organique décomposée sous forme d'amas de couleur gris noirâtre, transition distincte et limite ondulée.

**C2 (53 – 70 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre claire), sesc, limon-sableux, assez compact, polyédrique sur-structure lamellaire, vive effervescence à l'HCl, quelques racines de taille fine et moyenne, quelques graviers tendres de nature limon argileuse, transition distincte et limite régulière.

**C3 (70 – 86 cm)** : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable, friable, particulière, vive effervescence à HCl, transition distincte et limite régulière.

**C4 (86 – 94 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable, particulière, quelques lentilles limoneuses, faible effervescence à HCl, transition distincte.

**C5 (94 – 110 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable limoneux, particulière, pas d'effervescence à HCl.

**5 – Solum AN-11**

**Localisation** : périmètres phœnicicols d'El-Ameid protégé par la digue, 960 m sud-est de la digue.

**Végétation** : palmier dattier et cultures maraîchère et fruitière.

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : parcelles irriguées avec quelques mauvaises herbes.

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 06/02/2003

**Ap (0 – 30 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 5/8, sec, sable-limoneux, friable, particulière, quelques graviers (0,5 %), vive effervescence à l'HCl, présence des racines de taille moyenne, quelques éléments, en plastiques, Matière organiques peu décomposée, quelques galeries d'insectes, transition distincte et limite régulière.

**C1 (30 – 40 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 5/8, sable-limoneux, fermé, faible effervescence à l'HCl, quelques racines fines et moyennes, quelques troue et galeries moins importantes que ceux de l'horizon précédant, transition distincte et limite régulière.

**C2 (40 – 80 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8, Sableux, très friable et meuble, particulière, pas d'effervescence à l'HCl, galeries de petits rongeurs et insectes, présence des racines de taille moyennes, dépôt gypseux, transition nette et régulière.

**C3 (80 – 115 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6, limon sableux, très fermé, continue, frais, faible effervescence à HCl, quelques racines fines très peu nombreuses, transition distincte et limite régulière.

**C4 (115 – 135 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8, sable limoneux, très friable et meuble, particulière, pas d'effervescence à l'HCl, présence des racines lignifiées de palmier dattier vivantes de taille moyenne (2 à 5 cm).

**6 – Solum AN13**

**Localisation** : périmètres phœnicicols d'El-Ameid (Guerrara), 150 m sud de la digue.

**Végétation** : nouveaux plantation de palmier dattier.

**Temps** : ensoleillé.

**Etat de surface** : quelques mauvaises herbes.

**Topographie** : plane avec une très légère pente.

**Date** : 13/03/2003

**Ap (0 – 18 cm)** : Couleur à l'état humide 5YR 4/8, sec limono sableux, polyédrique, quelques racines de palmier dattier et mauvaises herbes, vive effervescence à l'HCl, quelque trous, graviers très peu abondants (0.5%), limite régulière et transition distincte.

**C1 (18 – 40 cm)** : couleur à l'état humide 5YR 4/8, sec, limon sableux, assez compact, gravier (0,5 %), vive effervescence à HCl, quelques racines de taille moyenne (2 à 5 mm), quelques trous, limite régulière et transition distincte.

**C2 (40 – 53 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 6/8, Sable limoneux, friable, particulière, quelques racines et débris végétaux, vive effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

**C3 (53 – 115 cm)** : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8, limon sableux, très compact, continu, vive effervescence à l'HCl, racines de taille moyenne peu nombreux, gros racines de palmier dattier en bas de l'horizon.

## **7 – Solum Ap-15**

**Localisation** : Au sud-ouest de la palmeraie traditionnelle de Guerrara.

**Végétation** : palmier dattier, mauvaises herbes.

**Temps** : ensoleillé

**Etat de surface** : Parcelle irriguée, avec des mauvaises herbes

**Topographie** : plane

**Date** : 01/05/2003

**Ap (0 – 27 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), frais, limono-sableux, polyédrique, friable, vive effervescence à l'HCl, fort enracinement de taille fine, taches blanche due à accumulation de calcaire, débris végétaux décomposés et matière organique peu décomposée, transition graduelle et limite peu nette.

**C1 (27 – 52 cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 5/4 (brun terne), frais, limon-sableux, ferme, polyédrique, vive effervescence à l'HCl, points d'agrégats très clairs due probablement à un appauvrissement d'argile localisé, quelques éléments grossiers de nature gréseuse, quelques racines vivantes de palmier dattier et d'autres mortes en décomposition, taches blanche due à une accumulation de calcaire d'une façon plus importance par rapport au premier horizon, transition distinct, limite ondulée.

**C2 (52 – 76 cm)** : Couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun), frais, sable limoneux, particulière, friable, vive effervescence à l'HCl, pas de tâches blanches, quelques racines de palmier dattier.

**ANNEXE 2****Données analytiques des solums**

Tableau 1. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum CRR-6

Horz	Prof (cm)	CE dS/m	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
A	0-25	0,090	7,56	0,250	0,25	0	0,338	0,415	0,016	0,046	0,183
C1	25-65	0,080	7,63	0,125	0,325	0	0,259	0,411	0,011	0,078	0,187
C2	65-75	0,081	7,71	0,125	0,275	0	0,342	0,407	0,007	0,054	0,179
C3	75-87	0,089	7,71	0,100	0,300	0	0,514	0,432	0,008	0,069	0,185
C4	87-94	0,090	7,62	0,075	0,225	0	0,685	0,601	0,084	0,076	0,180
C5	94-119	0,073	7,72	0,200	0,350	0	0,428	0,357	0,024	0,080	0,182
C6	119-129	0,085	7,72	0,075	0,250	0	0,685	0,424	0,068	0,050	0,179
C7	129-159	0,090	7,58	0,150	0,275	0	0,770	0,540	0,095	0,306	0,195

Tableau 2. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AA-10

Horizon	Prof (cm)	C,E (dS/m)	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-14	0,474	7,93	0,388	0,238	0	1,712	0,872	0,350	0,590	0,119
C1	14-28	0,284	7,66	0,125	0,188	0	1,626	0,841	0,336	0,518	0,127
C2	28-35	0,271	7,80	0,263	0,163	0	2,140	1,040	0,314	0,485	0,112
C3	35-60	0,231	8,28	0,088	0,200	0	0,942	0,517	0,250	0,468	0,113
C4	60-66	0,299	7,75	0,063	0,163	0	1,880	1,156	0,323	0,518	0,120
C5	66-70	0,213	8,08	0,063	0,163	0	1,284	0,584	0,249	0,480	0,120

Tableau 3. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AA-09

Horz	Prof (cm)	CE dS/m	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-25	0,53	7,93	0,900	0,425	0	0,085	0,305	0,054	0,146	0,106
C1	25-40	0,21	7,79	0,265	0,275	0	0,171	0,500	0,127	0,471	0,137
C2	40-73	0,43	7,68	0,665	0,375	0	0,770	0,457	0,138	1,028	0,133
C3	73-93	0,20	7,7	0,265	0,25	0	0,385	0,317	0,076	0,477	0,116
C4	93-95	0,27	7,75	0,365	0,25	0	0,770	0,294	0,083	0,683	0,129
C5	95-130	0,18	7,81	0,265	0,275	0	1,626	0,918	0,360	0,431	0,170

Tableau 4. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AD-19

Horz.	Prof (cm)	CE (dS/m)	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Ap	0-30	0,16	7,9	0,167	0,434	0	0,77	0,761	0,292	0,154	0,444
C1	30-95	0,139	7,8	0,050	0,450	0	0,514	0,526	0,252	0,097	0,389
C2	95-145	0,077	8,25	0,067	0,300	0	0,77	0,645	0,334	0,115	0,480
C3	145-200	0,113	7,77	0,167	0,317	0	0,652	0,590	0,298	0,079	0,406
C4	200-330	0,135	8,08	0,017	0,184	0	0,514	0,575	0,262	0,099	0,424
C5	>330	0,185	7,98	0,400	0,117	0	0,856	0,694	0,280	0,102	0,518

Tableau 5. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AI-17

Horz.	Prof (cm)	CE (dS/m)	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-30	0,158	8,36	0,200	0,367	0	0,599	0,600	0,275	0,258	0,097
C1	30-95	0,146	8,41	0,334	0,234	0	1,091	0,604	0,276	0,335	0,071
C2	95-115	0,231	7,81	0,467	0,200	0	2,012	1,149	0,470	0,446	0,105
C3	115-210	0,111	8,35	0,200	0,200	0	0,514	0,498	0,251	0,217	0,060
C4	210-230	0,128	8,21	0,234	0,267	0	0,428	0,532	0,260	0,218	0,072
C5	>230	0,102	8,51	0,200	0,200	0	0,385	0,634	0,290	0,214	0,076

Tableau 6. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AN-12

Horz	Prof (cm)	CE dS/m	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-20	0,46	7,58	1,030	0,250	0	0,342	0,453	0,231	0,160	0,070
C1	20-47	0,17	7,93	0,300	0,300	0	0,513	0,712	0,294	0,168	0,070
C2	47-87	0,18	7,67	0,400	0,100	0	0,599	0,617	0,291	0,179	0,083
C3	87-102	0,25	7,39	0,365	0,300	0	0,342	0,320	0,070	0,315	0,100
C4	102-148	0,27	7,80	0,400	0,250	0	0,728	0,438	0,144	0,629	0,120
C5	148-157	0,26	7,67	0,430	0,225	0	0,514	0,526	0,149	0,471	0,118

Tableau 7. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AZ-18

Horz.	Prof (cm)	C.E (dS/m)	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)			Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
A	0-38	0,154	8,37	0,167	0,234	1,109	0,757	0,238	0,360	0,111
C1	38-100	0,122	8,06	0,200	0,334	0,813	0,756	0,265	0,375	0,099
C2	100-125	0,068	8,52	0,167	0,234	0,684	0,508	0,236	0,338	0,079
C3	125-142	0,111	8,35	0,200	0,267	0,428	0,625	0,256	0,371	0,109
C4	142-235	0,068	8,37	0,134	0,267	0,856	0,637	0,312	0,339	0,128
C5	235-250	0,126	8,09	0,033	0,250	0,942	0,542	0,247	0,254	0,104
C6	250-272	0,062	8,51	0,033	0,317	1,027	0,731	0,260	0,287	0,089
C7	272-292	0,080	8,37	0,010	0,284	0,770	0,593	0,247	0,226	0,091

Tableau 8. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum TFZ-03

Horz	Prof (cm)	CE dS/m	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
A	0-25	0,252	8,04	0,400	0,300	0	1,113	0,822	0,074	0,339	0,265
C1	25-36	0,178	8,11	0,250	0,225	0	0,942	0,522	0,036	0,323	0,249
C2	36-56	0,456	7,89	1,300	0,200	0	1,027	1,092	0,204	0,455	0,215
C3	> 56	2,436	7,39	1,450	0,200	0	15,23	13,351	0,856	1,014	0,325

Tableau 9. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum TFZ-05

Horz.	Profond. (cm)	CE (dS/m)	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-80	0,454	7,86	0,900	0,063	0	1,370	1,141	0,255	0,409	0,260
C1	80-100	0,102	8,66	0,125	0,213	0	0,621	0,544	0,038	0,111	0,218
C2	100-150	0,112	8,71	0,125	0,138	0	0,599	0,449	0,028	0,104	0,204
C3	150-200	0,092	8,59	0,100	0,188	0	0,342	0,407	0,015	0,098	0,201
C4	200-230	0,084	8,71	0,075	0,163	0	0,599	0,483	0,037	0,075	0,230
C5	230-240	0,273	7,86	0,100	0,113	0	0,942	0,886	0,080	0,144	0,227

Tableau 10. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AP-16

Horz	Prof (cm)	CE dS/m	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-17	0,236	8,11	2,434	0,410	0	1,798	1,222	0,893	1,634	0,298
C1	17-27	0,158	8,03	0,225	0,390	0	0,898	0,525	0,203	0,258	0,192
C2	27-40	0,145	8,09	0,134	0,477	0	0,471	0,456	0,157	0,152	0,191
C3	40-63	0,169	8,11	0,200	0,378	0	0,813	0,530	0,147	0,216	0,193
C4	63-79	0,169	8,22	0,125	0,343	0	0,428	0,512	0,124	0,196	0,194
C5	79-107	0,182	8,12	0,200	0,413	0	0,642	0,412	0,117	0,301	0,207

Tableau 11. Caractérisation de la solution du sol (extrait 1/5) du solum AP-14

Horz	Prof (cm)	CE dS/m	pH	Anions (cmol <sup>+</sup> /Kg)				Cations (cmol <sup>+</sup> /Kg)			
				Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Ap	0-40	1,731	7,79	3,05	0,225	0	3,680	1,834	1,133	1,700	0,709
C1	40-60	0,2	8,18	0,45	0,3	0	0,471	0,678	0,163	0,463	0,157
C2	60-77	0,4	7,94	1,3	0,2	0	1,027	1,012	0,477	0,809	0,180
C3	77-110	0,276	7,92	0,85	0,225	0	0,342	0,620	0,269	0,561	0,161
C4	110-130	0,257	7,93	0,7	0,2	0	0,856	0,580	0,225	0,585	0,165
C5	130-150	0,193	8,1	0,375	0,25	0	0,685	0,358	0,120	0,489	0,160

### ANNEXE 3

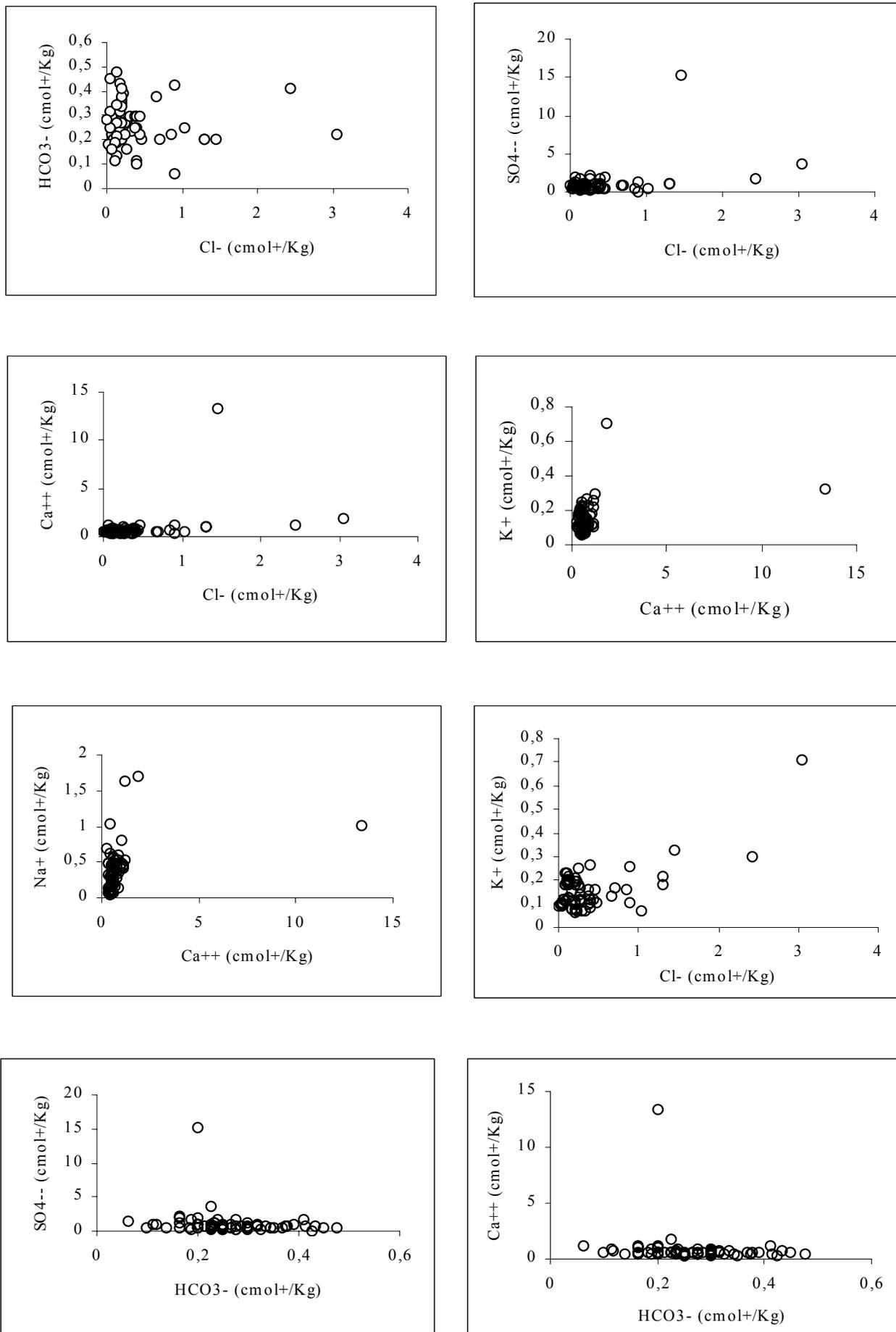


Figure 1a. Relation entre les ions constituant la solution du sol

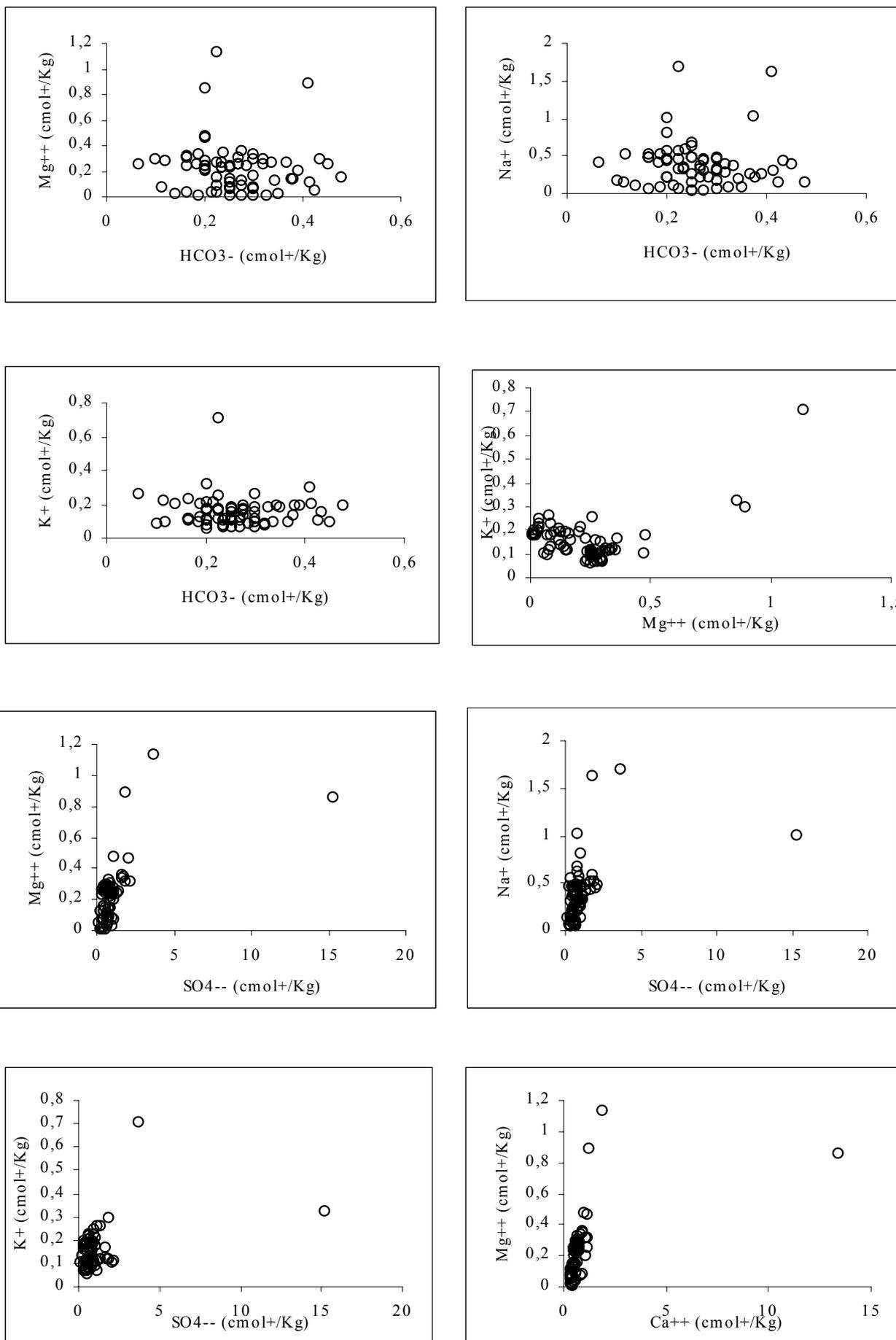


Figure 1b. Relation entre les ions constituant la solution du sol