Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1- Site N°01 : Daya d'El Amied (Guerrara)

IV.1.1- Caractérisation morphologique, micromorphologique, analytique et minéralogique de la coupe AZ

Les résultats de la description morphologique et d'analyses chimiques : dosage du calcaire total et de la matière organique (tableau IV) sont inspirés du travail de Djili (2004). Nous avons surtout appuyé sur l'aspect micromorphologique et minéralogique dans le but de mieux caractériser cette coupe qui est en cours d'étude par une équipe pluridisciplinaire.

IV.1.1.1- Description morphologique

Descripteur : Djili Brahim**.**
Localisation : Dans le Nord-Est de Daya d'El-Amied près du chenal d'étiage.
Végétation : végétation naturelle, principalement.
Temps : Ensoleillé.
Etat de surface : Croûte de battance et voiles sableuse.
Topographie : Plane avec une très légère pente.
Date : 12/05/2003.

AZ S1 (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 régu lière;
AZ L1 (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, tâches de réduction du fer, transition distincte et limite régulière;
AZ S2 (100 – 125 cm) :
Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sableux, particulaire, friable, pas d'effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière;
AZ L2 (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;
AZ S3 (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 millimètres d'épaisseur, effervescence à l'HCl localisée dans ces niveaux, transition distincte et limite régulière;

AZ L3 (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;

AZ S4 (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;

AZL4 (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, tâches 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;

AZ S5 (> 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.

IV.1.1.2- Données analytiques et minéralogiques

Les résultats des analyses physico-chimiques et minéralogiques sont présentés au niveau des tableaux IV et V.

Tableau IV : Données analytiques de la coupe AZ.

Couche	Profond.(cm)	Granulométrie					Calcaire total% (Djili,2004)	M.O % (Djili,2004)
		A %	Lf %	Lg %	Sf %	Sg %		
AZ S1	0-38	4,12	0,4	0,88	73,42	17,26	2,05	0,69
AZ L1	38-100	12,6	12,55	2,7	55,30	5,13	8,25	1,10
AZ S2	100-125	4,4	0,28	0,52	80,38	10,67	1,90	0,58
AZ L2	125-142	6,5	3,28	1,8	73,76	7,51	5,42	0,34
AZ S3	142-235	3,9	0,42	0,17	70,98	22,73	1,17	0,78
AZ L3	235-250	10,53	1,65	1,47	77,5	6,81	3,77	0,52
AZ S4	250-272	6,12	0,15	1,13	83,26	5,60	2,05	0,20
AZL4	272-292	7,95	3,4	0,95	72,92	9,90	3,29	0,26
AZ S5	> 292	4,22	1,6	0,07	82,28	9,69	3,39	0,32

Tableau V : Données de la minéralogie totale de la coupe AZ.

	Quartz	Calcite	Halloysite	Xanthophyllite	Yakhontovite
AZ S1	*****	*	***	-	-
AZ L1	*****	*	*	*	-
AZ S2	*****	*	**	*	-
AZ L2	*****	**	**	*	-
AZ S3	*****	*	*	*	-
AZ L3	*****	*	***	*	-
AZ S4	*****	*	**	*	-
AZL4	*****	**	-	*	*
AZ S5	*****	*	**	*	-

Quartz: SiO_2; ***Calcite*** : $CaCO_3$; ***Halloysite*** **:** $Al_2Si_2O_5$ (OH) $_4$; ***Xanthophyllite (valuevite):*** Ca (Mg_2 Al) ($Al_2$8$Si1_2$)O_{10}(O H)$_2$; ***Yakhontovite*** **:** CaO_3(Cu1.2 Fe1.0) Si_4O_{10} (OH)$_2$!3 H_2O.
***** très abondant, *** abondant, ** peu abondant, * très peu abondant.

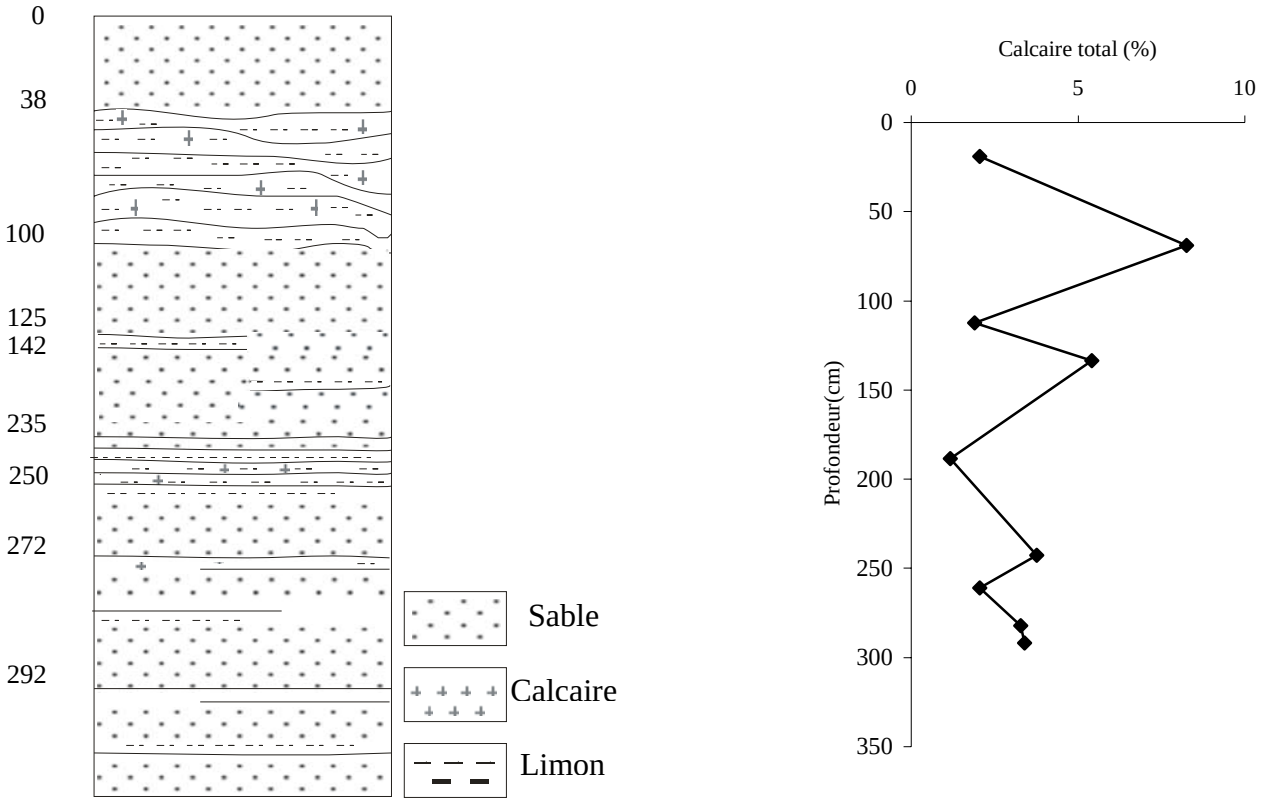


Figure 09 : Profil calcaire de la coupe AZ.

IV.1.1.3- Caractérisation micromorphologique

Les principaux caractères micromorphologiques de chaque horizon sont résumé dans le tableau VI.

IV.1.2- Interprétation

IV.1.2.1- Analyses physico-chimique

L'examen des résultats d'analyses (tableau IV), montre une stratification entre des horizons sableux et sablo-limoneux, avec une dominance du sable fin dans tous les horizons. Ce qui présente la même constatation de Djili (2004).

A travers les résultats de ce dernier, on remarque que le taux de calcaire est faible dans tous les horizons et il ne dépasse pas 8,25 % (tableau IV et figure 09). La même chose pour la matière organique qui présente des valeurs très faibles; entre 0,2 et 1,1 %.

IV.1.2.2- Minéralogie totale

Les résultats obtenus pour la minéralogie totale (tableau V et Figures 02 et 03, annexe) sur poudre montrent une dominance du quartz en premier lieu, puis apparaît l'Halloysite avec une moindre importance. Quant à la calcite, les spectres montrent sa part faible dans la minéralogie de cette coupe. La Xanthophylitte parait aussi mais avec une très faible importance.

Cependant, ces résultats doivent être complétés par une étude de la minéralogie de la fraction argileuse.

IV.1.2.3 - Micromorphologie

a)- Microscope polarisant

a.1- Microstructure et porosité

Le type de la microstructure varie surtout de structure a grains revêtus à structure en cavités. On remarque qu'il est lié au rapport fraction grossière / fraction fine (rapport G/F), c'est-à-dire à l'occurrence ou non des fractions fines et grossières; donc, il varie de structure a grains revêtus quand le G/F est important c'est-à-dire la dominance de la fraction grossière, à structure en cavité lorsque le G/F diminue (dominance de la fraction fine).

Le type de vides est lié au type de la microstructure, il varie entre cavité et fente quand la microstructure est en cavités et vides d'entassements simples lorsque la microstructure est à grains revêtus.

Tableau VI : Les principaux caractères micromorphologiques des horizons de la coupe AZ.

Horizon		Microstructure			Masse basale				Traits pédologiques			
		Type de vide	*% de chaque type*	*Type de microstructure*	*G/F*	*Fraction grossière*		*Fraction fine*	*Traits texturaux*		*Traits cristallins*	
						type	*%*	*type*	*type*	*%*	*type*	*%*
AZ L2	L2 Sup.	Vides d'entassement complexe	10	Str. à grains revêtus	70/30	Q	50	L/A	**1- R**evêtements argileux autour des grains de quartz. **2- I**ntercalations argileuses. **3- I**ntercalations limono-argileuses. **4- C**roûte sédimentaire limono-argileuse à argileuse	10 5 5 10	**N**odules calcitiques arrondies.	5
	L2 Mil.	1-cavité 2-fente 3-vésicule	30 10 5	Str. En cavités	40/60	Q	40	L/A	**1- R**evêtements argileux de grain de quartz. **2- C**roûte sédimentaire. **3- C**oncentration de fraction sableuse dans un vide.	10 10 5	**C**alcite s/f de revêtements ou remplissage de vides.	10
	L2 Inf.	1-cavité. 2-fente.	30 20	Str. En cavités	20/80	Q	10	L à L/A	**1-C**oncentration de sable dans les vides. **2-R**evêtements argileux discontinue autour des grains de quartz. **3- I**ntercalations d'argile.	20 5 10	**R**evêtements calcitiques de vides	5
AZS3	S3 Sup.	Vides d'entassement simples	20	Str. à grains revêtus	80/20	Q	50	L	**1- R**evêtements argileux autour des grains de quartz. **2- C**roûte sédimentaire **3- I**ntercalations d'argile. **4- I**ntercalations limono-argileuse.	>20 2-5 <2 5-10	**N**odules calcitiques arrondies.	5
	S3 Mil.	Vides d'entassement simple	20	Str. à grains revêtus	90/10	Q	50	L/A	**1- R**evêtements argileux discontinue sur les grains de quartz. **2- I**ntercalations limono-argileuse	10 2	**N**odules Calcitiques arrondies ou calcite s/f de masse autour des grains de Quartz.	5
	S3 Inf.	Vides d'entassement simple	10	Str. à grains revêtus	70/30	Q	60	L	**1- R**evêtements argileux autour des grains de quartz. **2- I**ntercalation de limon **3- C**roûte sédimentaire.	20 5 5	**N**odules calcitiques arrondies.	10

(Suite du tableau VI)

Horizon	Microstructure			Masse basale				Traits pédologiques			
	Type de vide	*% de chaque type*	*Type de microstructure*	*G/F*	*Fraction grossière*		*Fraction fine*	*Traits texturaux*		*Traits cristallins*	
					type	*%*	*type*	*type*	*%*	*type*	*%*
AZL3	1-cavité. 2-chennaux.	20 10	Str. en cavités	40/60	Q	40	L/A	**1- R**evêtements argileux discontinue sur les grains de quartz. **2- I**ntercalations d'argile.	5 5	**C**alcite s/f de cristaux dispersés dans la masse fine ou de nodules arrondies.	10
AZS4	Vides d'entassement simple	20	Str. à grains revêtus	80/20	Q	60	L/A	**1- R**evêtementsargileux autour des grains de quartz. **2- I**ntercalations limono-argileuses.	20 20	**N**odules Calcitiques arrondie entourée de pellicule limoneuse jaunâtre.	5
AZL4 L4 Sup.	1-cavités. 2-fente.	20 5	Str. en cavités	20/80	Q	15	L/A	**1- R**evêtements argileux autour des grains de Quartz. **2- I**ntercalations argileuses.	5 10	/	/
AZL4 L4 Inf.	1-cavité. 2-fente.	10 5	Str. en cavités	20/80	Q	15	L/A	**1- C**oncentration des grains de sable. **2- R**evêtements argileux autour des grains de quartz.	5 10	/	/
AZS5	Vides d'entassement simple	20	Str. à grains revêtus	90/10	Q	50	L	**1- R**evêtements argileux discontinue sur les grains de quartz. **2- I**ntercalations limono-argileuse.	30 5	**N**odules Calcitiques arrondies et grains de calcite dispersés dans la masse basale.	5

L : limon, A : argile, Q : quartz, Str. : structure, Sup.: supérieur, Mil.: milieu, Inf.: inférieur.

a.2- La masse basale

Le rapport G/F présente des valeurs plus importantes dans les horizons sableux que les horizons sablo-limoneux.

La fraction grossière est constituée essentiellement de grains de quartz, ayant une forme arrondie à subarrondie, mais vers les horizons profonds, on remarque qu'elle devient beaucoup plus subarrondie.

La fraction fine est limoneuse à limono-argileuse de couleur brune jaunâtre dans la plupart des cas. Elle est poussiéreuse (non limpide) ; où on remarque l'existence de petits grains de calcite et d'argile granulaire dispersés au sein de cette masse basale.

a.3- Traits texturaux

Revêtements argileux : De première vue, on remarque l'existence de revêtements argileux sur les grains de quartz dans tous les horizons de ce profil, ils sont plus ou moins abondants (10 à 30 %), et caractérisés par une discontinuité de distribution sur les faces du grain. Ils consistent à une argile rouge limpide entourée d'une seconde couche d'argile jaune (Photo II.1).

Traits sableux : C'est une concentration de grains de sable à l'intérieur des fissures elle parait en position de remplissage dans certains horizons surtout lorsque la fraction fine est plus abondante (Photo II.2).

Les intercalations : Les intercalations d'argile apparaissent beaucoup plus avec une dominance de la fraction fine, par contre les intercalations limoneuses à limono-argileuses sont liées beaucoup plus à la dominance de la fraction grossière. Leur abondance ne dépasse pas les 5 % dans la plupart des cas (Photo II.3).

Les croûtes sédimentaire : elle consistent à une stratification de lits limono-argileux, argileux, limoneux et sableux (Photo II.2 et II.4).

a.4- Traits cristallins

Ils sont soit sous forme de nodules calcitiques arrondies (Photo II.5), des revêtements (Photo II.6) ou des remplissages de vides, ainsi que dans certains cas des cristaux de calcite dispersés dans la masse basale. Leurs abondance, ne dépasse pas les 5 % dans la plupart des cas, et elle diminue avec la profondeur, jusqu'à disparaître dans les horizons les plus profonds.

b)- Microscopie Electronique à Balayage

Au MEB, les grains de quartz ont une forme arrondie à subarrondie avec une pellicule argileuse (Photos IV.1 et IV.2) plus importante dans les horizons sablo-limoneux que les horizons sableux.

Le couplage du MEB à une microsonde, nous a permet de révéler à partir des spectres obtenus, des pics importants de Si et O et en deuxième lieu d'Al (Figure 01, Annexe).

IV.1.3 - Discussion

Cette coupe présente selon Djili (2004), une stratification entre des horizons sableux et sablo-limoneux; 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 touchées une partie ou la totalité du bassin versant de l'oued Zegrir. Alors que les horizons ayant une texture beaucoup plus sableuse (surtout en sable fin), une structure particulaire, 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 (Djili, 2004).

Durant les saisons sèches, les matériaux en surface du sol pourraient avoir été balayés loin par le vent. Les fractions fines sont transportées loin et les parties les plus hautes des sols deviennent graduellement plus sableuses (Fedoroff et Courty, 1985). Ce qui est le cas du solum AZ.

Pour l'instant, on peut dire simplement que la sédimentation, d'abords assez fine, est devenue de plus en plus grossière avec l'aridité (Dutil, 1971).

IV.1.3.1 - Relation entre le calcaire total, le limon et l'argile

La relation entre le calcaire total d'une part, le limon, l'argile et le sable est présentée dans les figures (10, 11 et 12), qui indiquent une très forte corrélation du calcaire avec le limon (r= 0,9429) et l'argile (r= 0,7961). Tandis qu'ils montrent une corrélation négative avec le sable (r= -0,4475). Ce qui est expliqué par Djili (2004), par l'origine différente du limon et du sable, il s'agit d'un limon d'origine allochtone transporté par les crues d'Oued Zegrir et qui reflètent les caractéristiques des formations géologiques des régions traversées (Crétacé supérieur). De ce fait, le calcaire contenu dans les horizons limoneux est dus probablement à un héritage et non à une lixiviation verticale ou latérale.

IV.1.3.2- Les revêtements argileux

Selon (Fitzpatrick, 1993; McCarthy, 1998), il apparaît actuellement que les revêtements argileux peuvent être formé par différents modes. Leur présence, a été utilisée en même temps comme évidence de translocations verticales et d'accumulation d'argile.

L'absence de ponts argileux entre les grains de quartz dans le cas de la coupe AZ peut résultée selon Fedoroff et Courty (1987b), d'une porosité importante du sable combinée à des flux d'eaux rapides résultants de pluies fortes occasionnelles.

La discontinuité de ces revêtements peut révéler une certaine dissolution qui est selon Cremaschi et Trombino (1998), indicatrice d'un sol ancien, de même que leur abondance suppose l'ancienneté de leur genèse (Hamdi-Aissa, 1995). D'autre part, la grande adhérence de particules d'argiles aux grains de sable explique la persistance d'argile lorsque les grains ont été légèrement transportés par le vent (Fedoroff et Courty, 1985).

La morphologie non microlité des enduits argileux autour des grains de quartz de cette coupe est un indicateur d'une origine sédimentaire et non pédologique (Hamdi-Aissa, 1995).

Les revêtements argileux rouges noirâtres sont communément attribués à une formation sous conditions chaudes avec un bon drainage où l'argile et le fer peuvent migrer ensemble (Fedoroff, 1997), tandis que les revêtements jaunes pales ou argilo-limoneux nécessitent une illuviation sous conditions de mauvais drainage en croissance, et possiblement plus humides (Fedoroff, 1997).

Cette argile rouge autours des grains de quartz, étudiée déjà par Hamdi-Aïssa (2001) dans le matériau gréseux du Mio-Pliocène de la région de Ouargla, paraît, au MEB sous forme fibreuse.

Les revêtements argileux dans ce cas ont une origine sédimentaire ancienne, et reflètent la fluctuation des conditions climatiques.

IV.1.3.3 - Les traits calcitiques

Ces traits sont fréquemment abondants dans les sols des régions arides et semi-arides (Fedoroff et Courty, 1985).

Dans le cas de la Daya d'El Amied, les traits calcitiques observés se présentent sous forme de nodules calcaires, de remplissages et revêtements de vides ou aussi de cristaux dispersés dans la masse fine, dans un profil qui présente de faibles taux de calcaire. Ce qui pose la question de l'origine de ces traits.

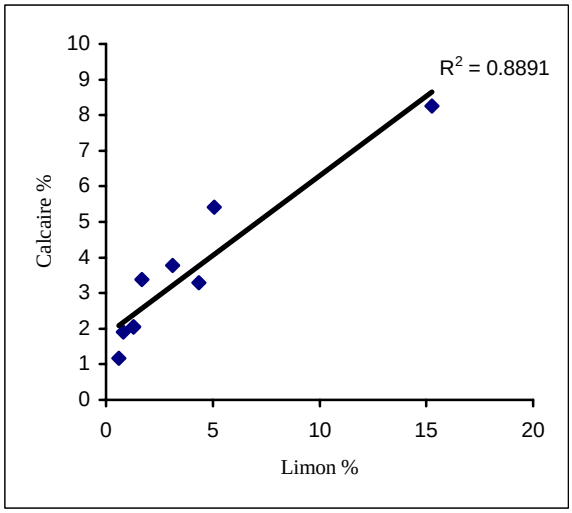


Figure 10 : Relation entre le calcaire total et le limon pour la coupe AZ.

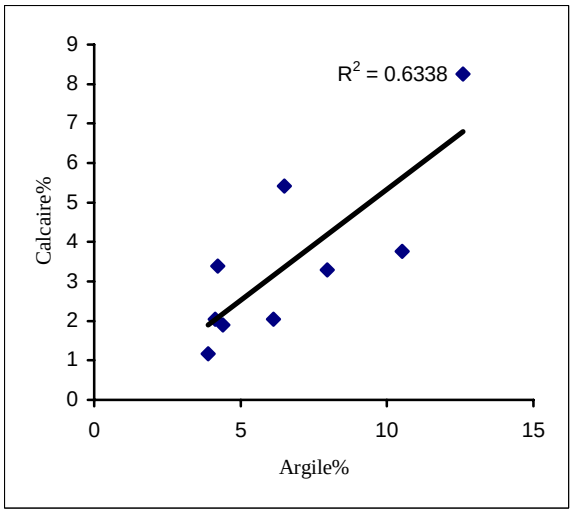


Figure 11 : Relation entre le calcaire total et l'argile pour la coupe AZ.

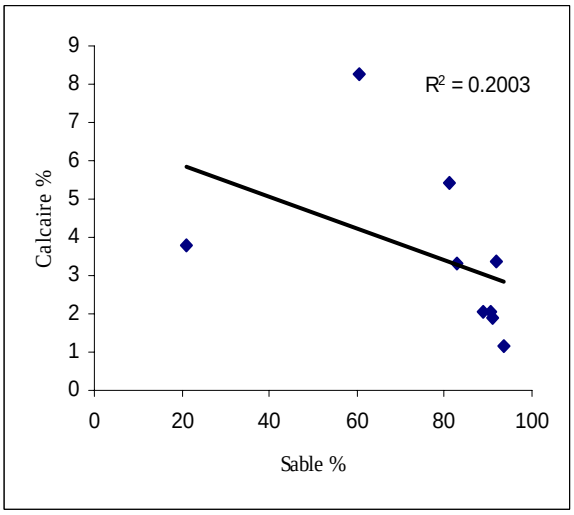


Figure 12 : Relation entre le calcaire total et le sable pour la coupe AZ.

Les fluctuations climatiques durant le Quaternaire, se sont traduites par des phases de dissolutions-précipitations (Dutil, 1971; Fedoroff et Courty, 1994; Hamdi-Aissa, 2001). Donc, les carbonates se sont déposés sous forme de poussières, reprise ensuite par les eaux d'infiltration. Dans les poussières actuelles, les carbonates sont mélangés à d'autres constituants et leur pénétration dans les sols n'a été mise en évidence que dans des cas exceptionnels, ce qui fait penser que l'essentiel des carbonates éoliennes s'est déposé au cours de périodes où l'éolisation était beaucoup plus intense que durant l'Holocène (Fedoroff et Courty, 1994).

Concernant les formes nodulaires, Fedoroff et Courty (1994) admettent qu'ils indiquent une percolation du sol accompagnée de dissolution des carbonates pendant une saison humide et une aggradation pendant la saison déficitaire. L'existence de ces formes au Sahara a été déjà indiquée par Fedoroff et Courty (1999) dans des

formations alluviales ou sableuses interdunaires, mais seraient, d'après Dutil (1971), héritées de périodes plus humides.

Rognon et *al*., (1987), attribuent l'origine des nodules calcaires à l'évaporation des eaux météoriques après percolation du sol.

Les nodules calcaires dans le cas de l'Amied indiquent vraisemblablement une fluctuation entre des conditions semi-aride et aride; ils ont été d'abords transportés par les eaux de l'Oued Zegrir (forme nodulaire) permettant leur transport dans une région non calcaire, puis infiltration dans le sol pendant une période plus humide et aggradation pendant une période plus aride. Ce qui confirme aussi les travaux de Hamdi-Aïssa (2001) et Hamdi-Aïssa et *al*. (2004) qui a admis que l'alternance de phases d'érosion éolienne et hydrique provoque l'enfouissement de ces nodules calcaires dans le matériau sableux, et ce qui a été dit plus haut concernant l'origine allochtone du calcaire.

Les autres traits carbonatés, indiquent en plus de l'origine hydrique, une origine éolienne, puisque selon Gile et *al*. (1966), le calcaire dans les régions arides à une origine surtout éolienne. Puis ils ont été probablement enfouis dans le sol par les eaux d'infiltration. Ensuite après saturation de la solution du sol par les ions Ca^{2+} vient une période déficitaire qui a permis l'évaporation des eaux, et de ce fait la formation des traits calciques.

IV.1.3.4 - Les intercalations texturales

Les intercalations texturales (Photo II.3), correspondent a de mauvais conditions de drainage dans les sols (McCarthy et *al*., 1998). Elles se forment dans les zones saturées où les eaux possèdent une relative vélocité et entraînent des déplacements différentiels à l'état boueux (Fedoroff et Courty, 1994). De ce fait, dans le cas de la Daya de l'Amied ces intercalations texturales peuvent être formées sous conditions humides.

IV.1.3.5- Les croûtes sédimentaires

L'occurrence et la morphologie des croûtes superficielles sont étroitement liées à la composition texturale du matériau sur lequel ont été développées (Fedoroff et Courty, 1985).

Les croûtes superficielles constituent le processus de formation du sol le plus répandus sous les environnements arides (Fedoroff et Courty, 1999).

Dans les déserts, à l'exception des dunes vives et des dépressions salines, les sols sont recouverts par une croûte superficielle.

Dans le cas de la coupe AZ, les croûtes sont constituées d'une alternance de lits limono-argileux, argileux, limoneux et sableux.

Sur les formations meubles alluvionnaires, les croûtes superficielles, dites sédimentaires, sont constituées de lits débutant par un sédiment sableux passant à un limon argileux, et présentent en général des stratifications entrecroisées variables en nombre et en épaisseur. Ces croûtes procèdent d'une mobilisation des sables et des limons sur les micro-reliefs, de leur transport latéral et enfin de leur accumulation dans des microdépressions (Fedoroff et Courty, 1989).

IV.2- Site N°02 : Sebkha de Ouargla

IV.2.1- Caractérisation morphologique, micromorphologique, analytique et minéralogique de la coupe PLO

IV.2.1.1- Description morphologique

Descripteur : YOUCEF Fouzia
Localisation : en face de la station de pompage des eaux usées du Chott.
Temps : ensoleillé.
Végétation : absente.
Etat de surface : sableux.
Topographie : plane
Date : 21/03/2005.

PLO 1 : *(0-25 cm)*

Texture sableuse, avec beaucoup de tâches blanchâtres et de cristaux de gypse, de couleur à l'état sec : brun grisâtre sombre 2,5 Y 4/2, pas d'effervescence à l'HCl, limite distincte;

PLO 2 : *(25-39 cm)*

Texture sableuse, présence de beaucoup de tâches blanches non effervescentes et de quelques manchons de gypse, couleur (état sec) : noire 10 YR 2/1, Pas d'effervescence à l'HCl, limite nette ;

PLO 3 : *(39-55 cm)*

Horizon frais à texture Limono-argileuse, on observe des tâches noires à l'intérieur. Couleur (état sec) : grise brunâtre claire (2,5 Y 6/2), pas d'effervescence à l'HCl, limite nette ;

PLO 4 : *(55-85 cm)*

Texture Sablo-limoneuse. Existence de pores de diamètre de 0,1 à 0,4 cm. De couleur (état sec) : brune très pâle (10 YR 8/2), forte effervescence à l'HCl, limite distincte;

PLO 5 : *(85-113 cm)*

Texture Sablo-limoneuse, On remarque la présence de racines et de pores (diamètre de 0,1 à 0,2 cm.), forte effervescence à l'HCL, et de couleur (état sec): brun très pâle (10 YR 8/2), limite nette;

PLO 6 : *(113-118 cm)*

Texture Limono-argileuse, friable et poreuse (diamètre de 0,1 à 0,2 cm.), présence d'une forte effervescence à l'HCl, bien stratifiée composée de plusieurs

strates de 1 à 2 mm. De couleur (état sec) variant du brun très pâle (10 YR 8/2) au brun grisâtre (2,5Y 5/2), Limite nette;

PLO 7 : *(118-126 cm)*

Texture Limono-argileuse, friable, forte effervescence à l'HCl, plus ou moins poreuse, bien stratifiée avec des couleurs allant du jaune pâle (2,5 Y 8/2) au jaune (2,5 Y 7/6), limite nette;

PLO 8 : *(126-138 cm)*

sablo-limoneux, de couleur à l'état sec jaune (10 YR 7/8), friable, pas d'effervescence avec le test à l'HCl, couche stratifiée, existence de tâches de couleur: jaune rougeâtre (7,5 YR 7/8), limite graduelle;

PLO 9 : *>138 cm*

Limono-sableux, friable, pas d'effervescence à l'HCl, couleur à l'état sec jaune pâle (2,5 Y 8/4) existence d'une mosaïque de tâches contrastées de 2 à 20 cm. Souvent en amas plus au moins indurés de couleur jaune pâle (2,5 Y 8/2), à forte effervescence et à texture limono-argileuse. On remarque l'existence de tâches (de même couleur que celle existant à PLO 8) non effervescente.

IV.2.1.2- Données analytiques et minéralogiques

Les tableaux VII et VIII, présentent les résultats des analyses physico-chimiques et minéralogiques de la coupe PLO.

Tableau VII : Données analytiques de la coupe PLO.

Ech.	Prof. (cm)	Granulométrie					Calcaire total %	Gypse %	M.O %
		% A	% Lf	% Lg	% SF	% SG			
PLO1	0-25	50,59			24,34	25,08	0,78	25,51	1,28
PLO2	25-39	38,32			30,9	30,77	0,78	36,30	3
PLO3	39-55	12	6,48	10,27	53,93	1,22	1,18	45,60	0,77
PLO4	55-85	62,38			31,36	6,24	80,78	22,51	1,9
PLO5	85-113	49,16			29,65	21,16	67,84	17,73	1,18
PLO6	113-118	71,54			18,38	10,06	45,09	13,68	1.37
PLO7	118-126	55,19			25,76	19,03	52,16	15,73	1,03
PLO8	126-138	3,27	0,8	1,38	72,31	17,43	1,18	14,41	0,36
PLO9	>138	5,23	6,35	0.5	63,68	15,20	2,35	17,38	0,79

Tableau VIII : Résultats de la minéralogie totale de la coupe PLO.

	Quartz	Bassanite	Gypse	Halite	Microcline
PLO 1	*****	*****	*	-	*
PLO 2	*****	**	***	*	-

Quartz: SiO_2; ***Bassanite***: $CaSO_4 1/2H_2O$; ***Gypse***: $CaSo_4$; ***Halite***: NaCl; ***Microcline***: $KAlSi_3O_8$
***** très abondant, *** abondant, ** peu abondant, * très peu abondant.

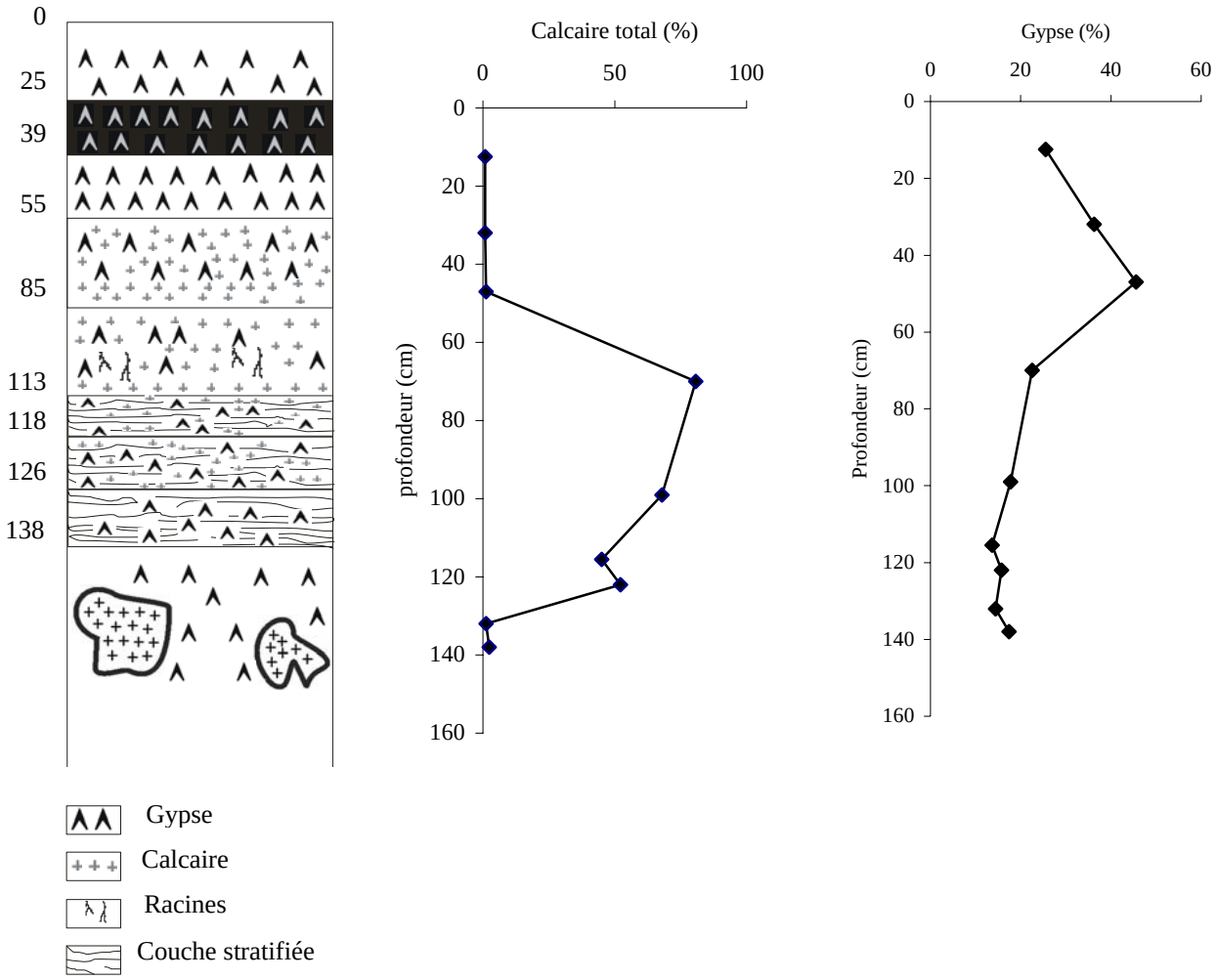


Figure 13 : Profils calcaire et gypseux de la coupe PLO à Ouargla.

IV.2.1.3- Description micromorphologique

Les principaux caractères micromorphologiques sont résumés dans le tableau IX.

IV.2.2- Interprétation
IV.2.2.1- Analyses physico-chimiques

Cette coupe (Photo I.2), est caractérisée par une stratification qui se traduit surtout avec une nette différence de couleur, notamment, l'existence de la couche noire, de texture et de teneur en calcaire.

D'une manière générale, l'analyse granulométrique, montre bien une dominance de la fraction sable fin par rapport à celle du sable grossier, surtout en allant vers la profondeur (Tableau VII).

Concernant le taux de calcaire, les résultats (Tableau VII et Figure 13), montrent que les horizons proches de la surface sont peu calcaires. Les autres horizons (PLO4 à PLO7) paraissent très calcaires avec un taux de 80,78 % pour PLO4. En allant vers la profondeur la teneur en calcaire diminue une deuxième fois à partir de PLO8, sauf dans les amas calcaires existants au niveau du dernier horizon où le dosage du calcaire total a donné un taux de 63,92 %.

Pour le gypse (Tableau VII et Figure 13), les valeurs paraissent élevées dans les premiers horizons, puis on remarque une certaine baisse du taux vers les horizons les plus profonds. D'une manière générale le taux de gypse diminue avec la profondeur.

La matière organique, montre des valeurs faibles (Tableau VII) ne dépassant pas dans la plupart des cas 1,9 %, sauf pour la couche noire (PLO2), qui montre une valeur plus élevée par rapport aux autres avec 3 %.

IV.2.2.2- Minéralogie totale

Les résultats de la minéralogie totale sur poudre (Tableau VIII et figure 4 annexe) de la fraction < 2 mm, des deux horizons (PLO1 et PLO2) font apparaître en premier lieu le quartz et le gypse et avec une moindre importance la Bassanite, la microcline et l'halite.

Tableau IX : Les principaux caractères micromrphologiques de la coupe PLO

Horizon	**Microstructure**			**Masse basale**				**Traits pédologiques**			
	Type de vide	*% de chaque type*	*Type de microstructure*	*G/F*	*Fraction grossière*		*Fraction fine*	*Traits texturaux*		*Traits cristallins*	
					type	*%*	*type*	*type*	*%*	*type*	*%*
PLO1	1- Vides d'entasement simple. 2-chennaux.	20 5	Complexe : -St. particulaire à entassement de grain. - St. en éponge. -St. à grains revêtus.	70/30	Q	40	L	**1- R**evêtements argileux rouges sur les grains de quartz. **2- R**evêtements argileux jaunes sur les grains de quartz. **3- R**evêtements argileux rouges et jaunes sur les grains de quartz.	5 5 5	**C**ristaux de gypse lenticulaires	30
PLO2	1- Chenaux 2- Cavité	10 30	Str. en éponge	60/40	Q	40	A	**R**evêtement argileux des grains de quartz	5	-	-
PLO3	1- Cavité 2- Chenaux	20 10	Str. en cavités	60/40	Q	50	A	**1- C**oncentration de sable a l'intérieur d'un vide. **2- R**evêtements argileux rouges sur les grains de quartz.	2 5	**1- R**evêtements calciques a l'intérieur d'un vide. **2-R**evêtements calcitiques sur les grains de quartz. **3- R**emplissage de vides par la calcite. **4- P**seudomorphose de gypse lenticulaire en calcite.	20 20 30 5
PLO4	Vides d'entassement complexe	20	Str. en éponge	80/20	Q	70	L/A	**1- R**evêtement argileux rouge sur les grains de quartz. **2- R**evêtement argileux jaune sur les grains de quartz.	5 5	-	-
PLO5	1- Cavité. 2- Chenaux.	15 5	Str. en cavités	40/60	Q	40	L/A	-	-	-	-
PLO6	1- Cavité. 2-chenaux.	15 10	Str. en cavités	20/80	Q	10	L/A	-		**R**evêtements calcitiques de vides.	10
PLO7	Cavité	10	Str. en cavités	60/40	Q	50	L/A	-	-	**1- R**evêtements calcitiques de vides. **2- C**ristaux de calcite dispersés dans la masse basale.	10 30

IV.2.2.3- Micromorphologie
a)- Microscope polarisant
a.1- Microstructure et porosité

La microstructure varie surtout entre structure en éponge et structure en cavités. Les vides sont principalement des cavités ou des chenaux.

a.2- Masse basale

La fraction grossière est constituée principalement de grains de quartz de forme arrondie (surtout les plus grands) à subarrondie (Photo III.1), la forme arrondie augmente avec la profondeur.

Nous avons remarqué l'existence de fragments de coquilles de fossiles plus ou moins abondants dans la couche PLO6 (Photo III.2).

La fraction fine est limono-argileuse à argileuse ou limoneuse ; elle est de couleur gris verdâtre. Cette fraction fine n'est pas limpide; on observe des cristaux de calcite dispersés. Dans la couche PLO2, nous avons remarqué une couleur noire (déjà observée sur terrain) (Photo III.3).

Le rapport G/F diminue avec la profondeur, et il est en liaison avec le type de microstructure où l'on observe l'apparition de structure en cavités avec la diminution du rapport G/F (dominance de la fraction fine).

La distribution relative des fractions grossières et fines varie entre Géfurique et Géfuro-Chitonique.

a.3- Traits texturaux

Revêtements argileux : nous avons observé des revêtements argileux autour des grains de quartz, mais dans ce cas, ils consistent à des revêtements de couleur rouge (argile ferrugineuse), ou jaune ou bien les deux ensembles (comme dans le cas de la coupe AZ). Les revêtements sont moins épais et moins abondants que ceux observés autours des grains de quartz de la coupe AZ.

Traits sableux : Un autre trait est lié à la concentration du sable à l'intérieur d'un vide dans la couche PLO3.

Il faut signaler qu'avec la profondeur, il y a une certaine disparition des traits texturaux.

a.4- Traits cristallins

La calcite existe soit sous forme de revêtements de grains de quartz (Photo III.1) ou de vides (Photos III.1, III.4 et III.5) soit de remplissage de vides, avec une abondance variant de 10 à 20 %.

L'autre type de traits consiste à une pseudomorphose de gypse lenticulaire en calcite, dans la couche PLO3.

Le gypse existe sous forme de cristaux lenticulaires, subhedral mais cette forme n'existe que dans l'horizon de surface (Photo III.6).

b)- Microscopie Electronique à Balayage

L'observation à cette échelle d'un échantillon prélevé de la couche PLO3 nous montre surtout l'existence d'une argile fibreuse (palygorskite ?), en position de revêtement sur les grains de quartz qui ont une forme arrondie (Photo IV.3). Ces revêtements paraissent constitués de deux types d'argile, la première est fibreuse et l'autre un peu étalée sur la surface des grains (Photos IV.4 et IV.5).

On peut remarquer des fragments de formes allongées qui pourraient être des phytolites (Photo IV.6).

IV.2.3- Discussion

1. n4.2ljsr5c.s2ifyi81n E8o2

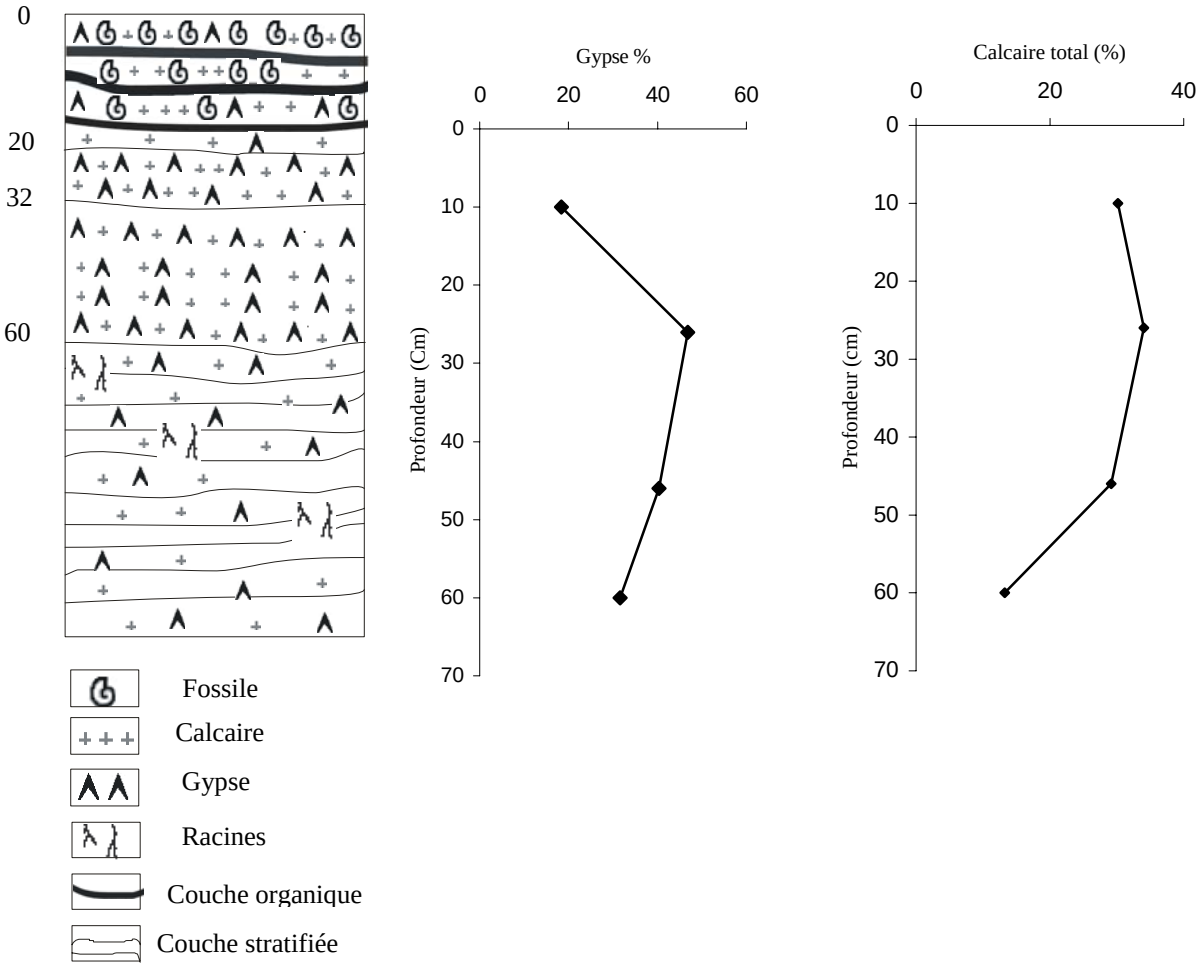


Figure 15 : profils calcaire et gypseux de la coupe SM.

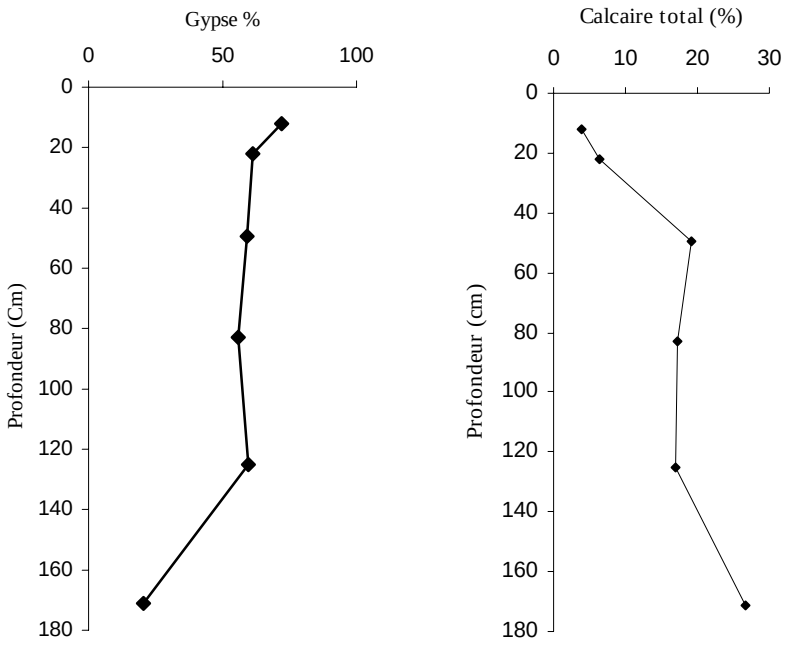


Figure 16 : profils calcaire et gypseux de la butte témoin BTM.

b- Butte témoin

Elle est située entre plusieurs autres buttes, et présente une hauteur plus importante que les autres.

Le taux de calcaire augmente en allant du sommet de la butte vers son bas. Avec des taux faibles pour les premières couches et des taux plus élevés pour les couches qui contiennent des fossiles.

Le taux de gypse est élevé, surtout dans les couches supérieures et décroît légèrement en allant vers le bas.

La matière organique est relativement faible, mais elle présente des valeurs plus élevées vers les couches plus profondes.

IV.3.2.4- Discussion

Nous avons remarqué l'existence au niveau de certaines strates de la butte témoin de deux espèces fossiles : *Cerastoderma glaucum* (Cardium) et *Mélania tuberculata* (Melania) ce qui correspond à des périodes d'activité biologique. Et représente le même fait observé par Boyé et *al*. (1978). Cependant, Gibert (1989), n'avait pas signalé l'existence de Melania dans le site, ce qui l'a poussé à dire que l'interprétation d'eaux douces à peu salées est erronée. Donc, nos constatations confirment celles de Boyé et *al.* (1978).

La diminution du nombre de fossiles au niveau des horizons inférieurs peut être expliqué par le fait qu'elles proviennent de l'érosion de la butte témoin.

a- Signification des couches grises

Les couches grises existantes au niveau de l'horizon SM2, peuvent avoir une origine semblable à celle décrite par Gibert (1989), dans ce même site au niveau d'une butte témoin (30 cm du sommet de la butte). L'auteur suggère la formation de la couche sous des conditions marécageuses qui correspondent à une brève pulsation humide.

Ces couches organiques peuvent être formées en même temps que la couche organique (PLO2) à Ouargla. Mais les questions qui se posent tournent autour de l'épaisseur plus importante de la couche PLO2 par rapport à celles-ci, qui ont une épaisseur plus mince avec 0,5 cm, ainsi, que sur leurs couleurs moins sombres. Et pour quoi elles sont séparées les unes des autres ?. Pour le moment les données acquises ne nous ont pas permis de répondre à ces questions. Il sera plus utile de faire des datations plus précises pour pouvoir les situées dans le temps, et d'étudier la nature de ces dépôts, par exemple la palynologie et l'étude des acides humiques.