

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de **Magister**

Spécialité : **Sciences du sol**

Thème

**Caractérisation morphologique, micromorphologique,
minéralogique et analytique des sols rouges de la région
de TIARET**

Présentée par: **Souhila Naïmi**

Le jury :

Président: Mr Dridi B. MC

Promoteur: Mr Djili K. PR

Examineurs: Mr Dellal A. PR

Mr Gaouas A. MA « A »

Année universitaire 2011- 2012

Dédicaces

À mes chers parents,

À mon mari,

À mes enfants

Remerciements

A l'issue de cet humble travail, je tiens à remercier mon professeur et promoteur Monsieur Djili Kaddour Professeur au département de sciences du sol de l'ENSA ; pour m'avoir appris, aider, diriger et encourager tout au long de ces longues années pour enfin concrétiser mon souhait de voir aboutir ce mémoire de Magister.

Je remercie Mr Dridi B, maître de conférence à l'ENSA qui a bien voulu présider le Jury. Tous mes remerciements également à Messieurs Dellal Professeur à la faculté d'agronomie de Tiaret et Monsieur Gaouas A ; maitre assistant à l'ENSA de bien vouloir apporter leurs remarques et faire partie du jury de la soutenance.

Mes remerciements également à mes collègues de l'INSID pour leur aide et soutien, le personnel de la station régionale de l'INSID à Ksar chellala, ceux de la faculté d'agronomie de Tiaret sans oublier tous les enseignants et personnel administratif et technique du département de sciences du sol de l'ENSA, Alger pour leur appui durant la période de réalisation de cette thèse.

Des remerciements particuliers et toute ma gratitude à mon mari Mr Ounes Mohamed, maitre assistant à la faculté d'agronomie de Tiaret, qui grâce à son perpétuel encouragement et son insistance à ne pas céder, cette thèse a pu voir le jour.

Enfin, je remercie mes parents, mes sœurs, mon frère Tarik et son épouse, mon frère Khaled et toutes mes amies surtout Assia O., Salima T et Naïma O. qui m'ont aidé et encouragé.

Que toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail, trouve ici l'expression de toute ma gratitude.

Liste des tableaux

- Tableau 1: Résultats des analyses physico-chimiques du profil P1
- Tableau 2 : Résultats des analyses du fer dans le profil P1
- Tableau 3: Résultats des analyses physico-chimiques du profil P2
- Tableau 4 Résultats des analyses du fer dans le profil P2
- Tableau 5: Résultats des analyses physico-chimiques du profil P3
- Tableau 6 Résultats des analyses du fer dans le profil P3
- Tableau 7: Résultats des analyses physico-chimiques du profil P4
- Tableau 8 Résultats des analyses du fer dans le profil P4
- Tableau 9: Résultats des analyses physico-chimiques du profil P5
- Tableau 10: Résultats des analyses du fer dans le profil P5
- Tableau 11: Résultats des analyses du fer total et du fer libre dans les échantillons et dans les fractions

Liste des photos

- Photo 1: Profil P1
- Photo 2 a, b, c: Vues détaillées d'une lame mince de P1H2, a.Echelle réelle b. échelle 1/10 c. échelle 1/40
- Photo 3: Profil P2
- Photo 4a, b, c : Vues détaillées d'une lame mince de P2H2.a.Echelle réelle b. échelle 1/10 c.échelle 1/40
- -Photo 5: Profil P3
- -Photos 6 et 7: Détails de la roche mère du profil P3
- -Photo 8a, b, c: Vues détaillées d'une lame mince de P3H2, a.Echelle réelle b . échelle 1/10 c. échelle 1/40
- -Photo 9: Profil P4
- -Photo 10 a, b,c: Vues détaillées d'une lame mince de P4H2, a.Echelle réelle b . échelle 1/10 c. échelle 1/40
- -Photo 11: Profil P5
- -Photo 12 a, b, c: Vues détaillées d'une lame mince de P5H2, a.Echelle réelle b . échelle 1/10 c.échelle 1/40

Liste des figures

- Figure 1 : représentation schématique d'un sol rouge méditerranéen
- Figure 2 : carte de situation de la région de Tiaret
- Figure 3 : carte de situation géographique des profils
- Figure 4 : diffractogramme de la fraction d'argile de P1H1
- Figure 5 : schéma du profil P1
- Figure 6 ,7,8 : diffractogrammes de la fraction argile de P2H1 ,P2H2 ,P2H3,
- Figure 9 : représentation schématique du profil P2
- Figure 10 ,11 : diffractogrammes de la fraction argile de P3H1 et P3H2
- Figure 12 : représentation schématique du profil P3
- Figure 13 ,14 : diffractogrammes de la fraction argile de P4H1, P4H2
- Figure 15 : représentation schématique du profil P4
- Figure 16,17 : diffractogrammes de la fraction argileuse P5H1, P5H2
- Figure 18 : représentation schématique du profil P5
- Figure 19 : représentation schématique des profils de collines et des profils du plateau
- Figure 20 : distribution du fer total dans les échantillons
- Figure 21 : variation du Fer total/ argile %
- Figure 22 : relation entre le Fer total et le taux d'argile
- Figure 23 : relation entre le Fer total et le taux de limons
- Figure 24 : relation entre le Fer total et le taux de sable fins

- Figure 25 : relation entre le Fer total et le taux de sable grossier
- Figure 26 : distribution du fer libre dans les échantillons
- Figure 27 : Variation du fer libre /argile %
- Figure 28 : Relation entre le fer libre et le taux d'argile
- Figure 29 : Relation entre le fer libre et le taux de limons
- Figure 30 : Relation entre le fer libre et le taux de sable fin
- Figure 31 : Relation entre le fer libre et le taux de sable grossier
- Figure 32 : Relation entre le fer libre et le fer total
- Figure 33 : Distribution du fer libre et du fer total dans les échantillons
- Figure 34 : Variation du FeL/FeT dans les échantillons
- Figure 35: Distribution du fer libre et du fer total dans la fraction argileuse
- Figure 36 : Variation du FeL/FeT dans les argiles
- Figure 37 : Relation entre le fer libre et le fer total des argiles
- Figure 38 a, b : Relation entre le fer libre et le fer total des argiles et le taux d'argile
- Figure 39 : Distribution du fer total et du fer libre dans les limons
- Figure 40 : Relation entre le fer libre et le fer total des limons
- Figure 41 : Variation du FeL/FeT des limons
- Figure 42 a, b : Relation entre le fer libre et le fer total des limons et le taux de limons
- Figure 43 : Distribution du fer total et du fer libre dans les sables fins
- Figure 44 : Relation entre le fer libre et le fer total des sables fins
- Figure 45 : Variation du FeL/FeT des sables fins

- Figure 46 a, b : Relation entre le fer libre et le fer total des SF et le taux de SF
- Figure 47 : Distribution du fer total et du fer libre dans les sables grossiers
- Figure 48 : Relation entre le fer libre et le fer total des SG
- Figure 49 : Variation du FeL/FeT des sables grossiers
- Figure 50 : Relation entre le fer libre et le fer total des SG et le taux de SG

Liste des abréviations

- A% : Taux d'argile
- CEC : Capacité d'échange cationique
- CPCS : Commission de pédologie et de cartographie du sol
- DSA : Direction des services agricoles
- DSH : Direction des services hydrauliques
- ENSA : Ecole national supérieure d'agronomie
- FeLech : fer libre dans l'échantillon
- FeL(A) : fer libre dans la fraction argileuse
- FeL(SF) : fer libre dans les sables fins
- FeL/A : fer libre de l'échantillon sur le taux d'argile
- FeL(L) : fer libre dans la fraction limoneuse
- FeL (SG) : fer libre dans les sables grossiers
- FeL(L) : fer libre dans la fraction limoneuse
- FeL (SG) : fer libre dans les sables grossiers
- FeT/A : fer total de l'échantillon sur le taux d'argile
- FeT(L) : fer total dans la fraction limoneuse
- FeT(A) : fer total dans la fraction argileuse
- FeT(SF) : fer total dans les sables fins
- FeT(SG) : fer total dans les sables grossiers
- FeT/A : fer total de l'échantillon sur le taux d'argile
- FeT(L) : fer total dans la fraction limoneuse
- FeT(SG) : fer total dans les sables grossiers
- FeTech: fer total dans l'échantillon
- HCl : Acide chlorhydrique
- IDT : Indice de différenciation texturale
- IFeL : Indice d'entraînement du fer libre
- IFeT : Indice d'entraînement du fer total
- IUSS : Union international des sciences du sol
- ISAT : Institut supérieur d'agronomie de Tiaret

- L% : Taux de limons
- SAU : Surface agricole utile
- SF% : Taux de sable fins
- SG% : Taux de sable grossiers
- USA : Etats unis d'Amérique
- USDA : Département d'agriculture des états unis
- WRB : Base mondiale de référence pour les ressources en sols

SOMMAIRE

Avant propos	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Introduction générale.....	01
Chapitre 01 : Synthèse bibliographique.....	03
1.1- les sols rouges méditerranéens.....	04
1.1.1- Conditions de formation et profil type	05
1.1.2-Lessivage des argiles	06
1.1.3-Entraînement du fer et rubéfaction.....	07
1.2-Répartition et classification des sols rouges méditerranéens.....	09
Chapitre 02: Matériels et méthodes.....	11
2.1- Présentation de la zone d'étude (Région de TIARET).....	12
2.2- Choix des sites d'étude.....	15
2.3- Méthodes d'études	16
2.3.1-La description morphologique.....	16
2.3.2-Les analyses physiques et chimiques.....	17
2.3.3- Micromorphologie.....	18
2.3.4- Minéralogie des argiles.....	19
Chapitre 03 : Résultats et discussions.....	21
3.1- Le profil P1.....	22
3.1.1-Description morphologique	22

3.1.2-Caractéristiques physiques et chimiques (P1).....	23
3.1.3- Micromorphologie (P1).....	24
3.1.4-Minéralogie des argiles (P1).....	26
3.1.5-Le fer dans le profil P1.....	26
3.1.6- Classification taxonomique (P1).....	27
3.2- Le profil P2.....	28
3.2.1-Description morphologique(P2).....	28
3.2.2- Caractéristiques physiques et chimiques (P2).....	29
3.2.3- Micromorphologie (P2).....	30
3.2.4-Minéralogie des argiles (P2).....	32
3.2.5-Le fer dans le profil P2.....	34
3.2.6- Classification taxonomique (P2).....	34
3.3- Le profil P3.....	35
3.3.1-Description morphologique (P3).....	35
3.3.2- Caractéristiques physiques et chimiques (P3).....	36
3.3.3- Micromorphologie (P3)	38
3.3.4-Minéralogie des argiles (P3).....	39
3.3.5-Le fer dans le profil P3.....	40
3.3.6- Classification taxonomique (P3).....	40
3.4-Le profil P4.....	41
3.4.1- Description morphologique (P4).....	41
3.4.2-Caractéristiques physiques et chimiques (P4).....	42
3.4.3- Micromorphologie (P4).....	43
3.4.4-Minéralogie des argiles (P4).....	45
3.4.5-Le fer dans le profil P4.....	46
3.4.6- Classification taxonomique (P4).....	46
3.1.5- Le profil P5.....	47
3.5.1- Description morphologique (P5).....	47
3.5.2-Caractéristiques physiques et chimiques (P5).....	48
3.5.3- Micromorphologie (P5).....	49

3.5.4-Minéralogie des argiles (P5).....	50
3.5.5-Le fer dans le profil P5.....	52
3.5.6- Classification taxonomique (P5).....	52
3.6- Synthèse des résultats et discussions.....	53
3.7- Le fer dans le sol.....	55
3.7.1- le fer total et Le fer libre dans les échantillons.....	57
3.7.2- Le fer dans les fractions granulométriques.....	65
3.8- Discussion générale des résultats.....	76
Conclusion	78
Références bibliographiques	
Annexe	

Introduction

Les sols rouges peuvent se former dans une large gamme de zones climatiques. En effet, ces sols ont été étudiés et décrits dans les zones à climat subhumide comme c'est le cas au sud de la France (Bresson, 1974; Baize, 1991), en Espagne (Ballesta et al, 1998 ; Martin-Garcia et al, 1998) ou encore au Liban (Lamouroux, 1971). Ils ont été également inventoriés dans les zones à climat tropical comme au Brésil , aux USA, en Inde ou en Iran (Bahmaniar, 2002). En Algérie, ils ont été décrits un peu partout sur la frange la plus septentrionale du pays (Durant, 1956, 1959; Boulaine, 1971 ; 1986 ; Mesrouk, 1984; Hammouche, 1986; Lahmar, 1988; Ayache, 2001; Bernou, 2001; Fares, 2006). Tous ces sols sont similaires par la couleur plus rouge que 5YR comme l'indique leur nom. Ils se caractérisent le plus souvent par la présence d'un horizon rouge d'accumulation d'argile Bt qui peut surmonter ou non un horizon d'accumulation calcaire (Bk ou Ck) en fonction des conditions locales de la pédogenèse. Selon les spécificités du climat et du matériel parental, les processus pédogénétiques donnent naissance à des sols rouges à caractéristiques différentes et classés différemment par les classifications des sols, CPCS, 1988; USDA, 2006 ; WRB (IUSS, 2006).

En Algérie, l'essentiel des études détaillées de ces sols a été effectué dans la région subhumide et le Sahel Algérois en particulier où de nombreuses études pédologiques et minéralogiques des sols rouges ont été effectuées (Guessoum, 1983; Lahmar, 1988; Ayache, 2001; Bernou, 2001; Fares, 2006). Ailleurs et en zone semi-aride, comme c'est le cas de la région de Tiaret, très peu d'études spécifiques leurs ont été consacrées malgré leur large extension (Durant, 1956, 1959). Les rares recherches dans lesquels ils ont été évoqués se sont limitées à l'étude de l'une ou deux de leurs caractéristiques pédologique (Yahia, 1989 ; Hassani, 1992; Moumène, 1993; IAO, 1997; Ould Bachir, 1997; Ouadah, 1999; Kabir, 2001 ; Raoui, 2006).

Aujourd'hui, il est important d'entreprendre des études approfondies pour montrer dans quelle mesure les sols rouges des régions semi-arides se distinguent de ceux des autres régions d'Algérie et de rechercher en quoi réside leur spécificité.

C'est dans ce sens que nous projetons d'étudier quelques sols rouges de la région de Tiaret. Il s'agit en fait de réaliser une étude assez détaillée pour faire ressortir leurs principales caractéristiques morphologiques, analytiques et minéralogiques.

Il s'agit aussi de déterminer leurs caractères diagnostiques et de mettre en évidence les profils références selon le système de classification WRB (IUSS, 2006).

Pour ce faire, cette étude s'appuie sur trois parties:

- Dans le premier chapitre, nous exposons brièvement les sols rouges Méditerranéens, leur définition, répartition et classification et nous synthétisons les recherches effectués à ce sujet, notamment sur le plan National que International.
- Dans le deuxième chapitre, nous présentons la région de Tiaret et la méthodologie adoptée pour l'étude de ces sols aussi bien sur le terrain (Choix des profils) qu'au laboratoire (Méthodes d'analyses).
- Le troisième chapitre comporte deux grands volets. Le premier volet est consacré à la présentation des résultats des analyses physiques et chimiques, de la micromorphologie et de la minéralogie que nous discutons profil par profil. Dans le deuxième volet, nous présentons tous les résultats relatifs au fer libre et au fer total et à leurs relations statistiques avec les différentes fractions granulométriques. Ce dernier volet est suivi d'une discussion générale de tous les résultats.
- Une conclusion générale qui résume les résultats obtenus et les perspectives de recherches futures clôture ce document.

Chapitre 01

Synthèse bibliographique

1-Synthèse bibliographique

Les sols fersiallitiques en général sont des sols à altération biochimique dominante basée sur le degré d'altération du fer et son entraînement avec les argiles à la base du profil. Tous les sols rouges peuvent être considérés comme étant des sols qui suivent trois étapes d'un même processus d'évolution du sol et qui correspondent à trois types d'altération. Plus les précipitations sont importantes et plus le lessivage l'emporte sur la remontée capillaire et plus nous rapprochons de l'acidité (sols rouges lessivés acides). Les sols rouges sont répartis dans la classe des sols bruns fersiallitiques, la classe des sols rouges fersiallitiques et la classe des sols fersiallitiques acides (CPCS, 1988).

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons aux *sols rouges fersiallitiques ou Méditerranéens sous climat semi-aride* des hauts plateaux de la région de Tiaret.

Il existe une multitude de travaux sur les sols des régions semi arides et arides en général (Djili, 2000 ; Halitim, 1988) et sur les sols de Tiaret en particulier (Yahia ,1989; Moumène, 1993; IAO- ITGC,1997; Dellal, 1999; Ouadah, 1999; Kabir, 2001) mais aucune étude spécifique aux sols rouges dans cette région.

1.1- Les sols rouges méditerranéens

Le processus de fersiallisation caractérise la région méditerranéenne ou tout au moins un climat de type méditerranéen marqué par la forte opposition entre une saison humide relativement froide et un été chaud et sec, qualifié de « subtropical » (Duchauffour, 1995). C'est pour cela, que l'on rencontre ce type de sols dans notre région d'étude sous climat semi aride.

La saison humide intervient pour assurer la libération du fer par altération, Les argiles de type 2/1 (Smectites, montmorillonite) se forment parallèlement ou non à de la kaolinite (bisiallisation) (Pedro, 1968 cité par Lamouroux ,1972). Sur substrat calcaire, la décarbonatation est une condition préalable à toute évolution de type fersiallitique (Duchauffour, 1995; Beauchamp, 2006).

En outre, le fer, intimement associé aux minéraux argileux sous forme d'oxydes et hydroxydes de fer donne aux sols une couleur rouge (Lamouroux, 1972, Robert, 1996) entraînant un lessivage des argiles fines et leur accumulation en profondeur formant ainsi un horizon argique ou Bt.

La saison sèche, assure la remontée capillaire, la majorité des éléments libérés par altération y compris les plus solubles, silice et bases et le complexe adsorbant reste souvent saturé par le calcium (Camuzard, 2001 ; Beauchamp, 2006).

1.1.1- Conditions de formation et profil type

Les sols rouges méditerranéens se retrouvent sur des matériaux variés, calcaires ou non. En saison humide, Ces sols rouges sont soumis à un lessivage plus ou moins intense.

Sous d'autres climats plus arrosés, sur roches non carbonatées, il se produit une acidification par dé-saturation progressive des feuillets d'argile où des ions H^+ se substituent aux cations (Camuzard, 2001).

En fonction de la roche mère, il existe des différenciations entre les sols fersiallitiques, depuis la terra rossa qui sont des sols formés sur calcaire dur aux sols fersiallitiques lessivés, désaturés et appauvris sur grès, schistes ou matériaux de terrasses alluviales anciennes. La richesse en carbonate du matériel lithologique joue un rôle complexe dans la dynamique géochimique du fer. Les sols riches en calcium mais pauvres en calcaire présentent une teinte rouge due aux oxydes de fer amorphes. Les sols pauvres en calcium semblent surtout contenir de la goethite cristalline jaunâtre (Lamouroux, 1972).

D'autre part, la rubéfaction ne s'effectue véritablement que dans les régions où le climat actuel est suffisamment chaud (Grèce, Italie, Espagne, Afrique du Nord). Dans les régions plus septentrionales de l'Europe, les sols rouges sont des héritages des climats tempérés plus chauds et plus humides remontant à l'âge géologique de l'holocène (Schwertmann et al, 1982). De la même façon, en Russie Européenne, des travaux ont montré l'existence de sols rouges (Albeluvisols) sur substrat rouge non calcaires hérités d'anciennes époques à climat chaud (Lessoavaïa et Gagarina, 2002 ; Targulian et Bronnikova, 2002).

- Le profil type du sol rouge méditerranéen

Ce profil est formé sur matériaux calcaires ou non calcaires, bien drainé et qui libère par altération du fer et du calcium. Quelle que soit la roche mère, le profil est généralement constant de type A, Bt, C ou C_{Ca} (Bonneau et Souchier, 1994 ; Camuzard, 2001).

A. Horizon grumeleux épais et sombre

Bt. De couleur rouge vif (2.5 YR parfois 10 YR), horizon argileux. C'est cet horizon qui permet de le différencier du sol marron. Les argiles dominantes sont de type 2/1.

C ou C_{ca} : Encroûtement calcaire tuffeux fréquent sur matériaux contenant du calcaire ou simplement libérant beaucoup d'ions Ca⁺⁺ par altération.

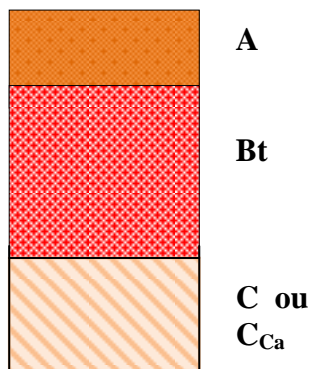


Figure 1. Représentation schématique d'un sol rouge Méditerranéen

Parfois, un horizon lessivé intermédiaire E se forme entre le A et le Bt, lorsque les conditions de lessivage sont très propices (fortes précipitations).

1.1.2-Lessivage des argiles

En général, Il existe plusieurs types d'argiles dans les sols (Robert, 1996; Beauchamp, 2005):

1. Argiles 1-1 feuillet à 7Å comme la kaolinite qui est très répandue notamment dans les zones tropicales, halloysite avec des molécules d'eau entre les feuillets

2. Argiles 2-1 Te-Oc-Te feuillet à 10 Å représentés par les micromicas (biotite, muscovite, phlogopite); les illites (le potassium saturant la charge), son équivalent ferrifère la glauconite.

3. Argiles 2-1 Te-Oc-Te feuillet à 10 Å plus une ou plusieurs couches d'eau (en fait feuillet à 14 Å ou plus) :

· les vermiculites dioctaédriques (il existe des vermiculites trioctaédriques) avec présence de cations interfoliaires Ca ou Mg;

· les smectites aux propriétés d'expansion importantes (17 Å), il existe une très grande variété de smectites en fonction de l'origine de la charge et de la nature de la substitution dans le feuillet.

On distingue ainsi parmi les smectites ; les montmorillonites, la bentonite, les beidellites, la nontronite avec du fer dans la couche octaédrique.

4. Argiles 2-1-1 type chlorites classées dans les argiles à feuillet 2-1 avec une couche octaédrique supplémentaire parfois appelée hydroxyde.

5. Les minéraux interstratifiés comme est l'exemple de l'illite-smectite très présents dans les sols, mais aussi illite-vermiculite et vermiculite-chlorite.

6. Les minéraux argileux fibreux ou pseudophyllites : palygorskites et sépiolites.

7. Les composés non phylliteux aluminosilicates hydratés qui n'ont pas d'organisation cristalline ou allophanes.

Dans les sols fersiallitiques rouges, ce sont des argiles micacées, héritées et très faiblement transformées et quelques argiles de néoformation ou d'aggradation également de type 2.1 qui prédominent. Le lessivage est d'ordre mécanique, il est constant sur les profils non perturbés, l'indice d'entraînement de l'argile est de 1/ 2. En fait, lorsque les conditions édaphoclimatiques le permettent (précipitation élevées), les particules de toutes les fractions granulométriques migrent vers le bas le long des différents pores et s'accumulent à différentes profondeurs mais les argiles sont ceux qui migrent le plus tôt (Targulian et Bronnikova, 2002).

En général, la teneur en argile dans l'horizon d'accumulation d'un sol rouge fersiallitique est plus forte que celle dans un sol brun tempéré sur le même matériau (Duchauffour, 1983). Ces argiles ont une capacité d'échange élevée d'une moyenne de 50meq/100g d'argile. Certains matériaux basiques pauvres en silice donnent naissance à de la kaolinite (Duchauffour, 1995).

1.1.3- Entraînement du fer et rubéfaction

D'après la nomenclature donnée par Robert (1996), les formes d'oxydes de fer qui existent dans le sol sont les sesquioxydes de fer représentés par l'hématite et les oxyhydroxydes de fer sous la forme la plus courante de goethite FeO_2H et la lépidocrocite αFeOOH (en milieu subhydromorphe). La microscopie à haute résolution, appliquée aux sols confirme l'existence d'une phase micro ou cryptocristalline intermédiaire avant l'individualisation nette. Il s'agit de la ferrhydrite ou protohématite (Lamouroux, 1971). Elle est caractéristique des sols fersiallitiques.

Le processus de rubéfaction induit une évolution particulière des oxydes de fer qui cristallisent en donnant l'hématite (α Fe₂O₃) de couleur rouge vive. Associé aux argiles, cet oxyde ferrique est facilement lessivé, entraîné vers les horizons inférieurs. Cette association se traduit par des formes de revêtements argilo-ferriques ou ferri-argillanes rouges caractéristiques dans l'horizon d'accumulation à structure prismatique ou polyédrique, Bt. Le fer peut également se concrétionner autour des racines sous l'action des acides organiques (Duchauffour, 1983 ; 1995). Lorsque les conditions édaphiques ne le permettent pas, le fer reste sous forme hydratée qui est la goethite (α . FeOOH). Ainsi, le couple hématite-Goethite constitue une association fréquente dans les sols rouges bien drainés des régions chaudes (Lamouroux, 1971).

Un pH neutre, un pédoclimat fortement contrasté et l'absence de matière organique favorisent et accélèrent la cristallisation du fer (Bonneau et Souchier, 1994) et même en petite quantité, l'hématite a un très grand pouvoir pigmentaire (Torrent et al, 1983; schernost et Schwertmann, 1999). Le passage de la goethite à l'hématite est possible après dissolution de la goethite et une nouvelle cristallisation (schwertmann et al, 1982). Plusieurs travaux dont Atkinson et al, (1968); Morphy et al, (1976); Nalovic (1977) cités par Bonneau et Souchier (1994) ont montré une étroite relation avec le pH ou plus par le rapport OH/fer. En milieu acide, se forme la goethite, en milieu plus alcalin, la disponibilité en OH favorise la cristallisation en hématite. Dans certaines conditions de station, la fersiallitisation est rapide, notamment en système de terrasses comme les sols rouges fersiallitique à horizon calcique (terrasse alluviale). L'entraînement du fer est parfois moins important que celui de l'argile (Bottner, 1972 cité par Duchauffour, 1983) mais le rapport fer libre /fer total excède les 60%. Dans les régions arides caractérisées par une saison estivale **très chaude** et **sèche** et une saison hivernale **froide et humide**, le fer a une formation ascendante, surtout sur substrat riche en hématite. Les sols ont une teinte rouge caractéristique. La présence d'hématite d'origine lithogénique influence la stabilité de la partie minérale du sol par rapport au processus d'elluviaion (Niroomand and Tedrow, 1990, cités par Lessovaia et Gagarina, 2002).

1.2- Répartition et classification des sols rouges méditerranéens

Les sols rouges méditerranéens sont répandus dans tous les pays du bassin méditerranéen et ont été étudiés depuis des décennies au Liban (Lamouroux, 1971), en France (Bottner, 1971 ; Bresson, 1974 ; Baize, 1991), en Espagne (Garcia-Gonzales et Recio, 1988; Delgado et al, 1990; Ballesta et al, 1998 ; Martin-Garcia et al, 1998), au Portugal (Duchary, 1975), en Grèce (MacLéod, 1980), en Italie (Moresi et Mongelli,1988), en Croatie (Durn et al, 1999), au Maroc (Michalet et al, 1993; Bronger et Bruhn-Lobin, 1997) et en Algérie (Guessoum, 1983; Hammouche, 1986 ; Lahmar, 1988; Ayache,2001; Bernou, 2001; Fares, 2006).

Sous climat subtropical, ces sols existent à travers le monde au Mexique, aux USA ou en Iran (Bahmaniar, 2002).

Sous climat plus frais, les sols rouges (albeluvisols) ont été l'objet de recherches en Allemagne (Schwertmann et Taylor, 1972; Schwertmann et al, 1982; Schernost et Scwertmann, 1999) et en Russie (Lessoavaïa et Gagarina, 2002 ; Targulian et Bronnikova, 2002).

En Algérie, ils ont été étudié dans le Sahel Algérois et les montagnes de Kabylie mais ils sont répandus dans d'autres zones où le climat est plus aride dans l'Ouest (région de Tiaret) et peuvent se localiser dans d'autres régions jusqu'à présents méconnues et non étudiées (Yahia, 1989; Hassani,1992 ; Mouméne, 1993; Ould Bachir, 1997; Ouadah, 1999; Kabir, 2001; DHWT, 2004; Raoui, 2006; Abderrabi, 2011).

En ce qui concerne la classification, les sols rouges méditerranéens appartiennent à la classe des sols que l'Ecole Française de Pédologie (CPCS, 1988) désigne comme sols fersiallitiques des régions subtropicales ou sols rouges fersiallitiques.

Dans la Soil Taxonomy de USDA , les sols rouges méditerranéens sont classés dans l'ordre des alfisols, tandis que la classification de la WRB les classent dans les luvisols (clayic, ferric), ferralic anthrosols, vertisols (ferric, chromic) et ferralsols (ferric, rhodic, clayic).

L'objectif d'une classification dans toutes les sciences naturelles est de mettre au point une sorte de « langage » pour pouvoir effectuer des comparaisons entre différentes régions.

Le système WRB (World Reference Base for Soil Resources) a été adopté par l'UISS (Union internationale de sciences du sol) à l'issue de la tenue du congrès internationale de sciences du sol, à Paris, en 1998. Cette classification promulguée par la FAO-Unesco ou WRB est basée sur les caractères du sol en système à trois dimensions. Elle prend en considération les propriétés des sols définies en termes d'horizons diagnostiques, propriétés diagnostiques et matériels diagnostiques mesurables et ou observables (Ruellan, 2002).

-La sélection des caractéristiques diagnostiques prend en compte leur relation avec les processus de formation du sol. A un haut niveau de généralisation, les caractères diagnostiques sont choisis à signification pour la gestion du sol (IUSS, 2006).

-Les paramètres climatiques sont utilisés dans l'interprétation, combinés avec les propriétés des sols mais n'entrent pas dans la définition de ces sols.

-La définition des groupes est basée sur la séparation des sols organiques des sols minéraux au niveau du groupe.

La classification WRB reconnaît *l'activité humaine* comme un facteur de formation qui explique la position des *Anthrosols* et *Technosols* après les *Histosols*.

Chapitre 02

Matériels et méthodes

2-Matériels et méthodes

2.1-Présentation de la zone d'étude (région de Tiaret)

La région de Tiaret est une zone potentiellement agro-pastorale. Les zones steppiques occupent une large surface certes (68,44% de la superficie totale de la Wilaya), mais la zone agricole occupe une part importante dans la SAU totale du pays (12 %) et contribue dans une large mesure dans le développement de l'agriculture Algérienne.

Tiaret se situe au centre Ouest de l'Algérie, entre l'Atlas tellien (l'Ouarsenis) et l'Atlas Saharien (Figure 2). Elle se trouve à 300 km à l'Ouest de la capitale et à 200 kilomètres au Sud Est d'Oran. Elle est délimitée:

- Au Nord, par les wilayates de Tissemsilet et Relizane ;
- A l'Est, par la wilaya de Djelfa ;
- Au Sud, par les wilayates de Laghouat et El Bayadh ;
- A l'Ouest, par les wilayates de Mascara et Saïda.

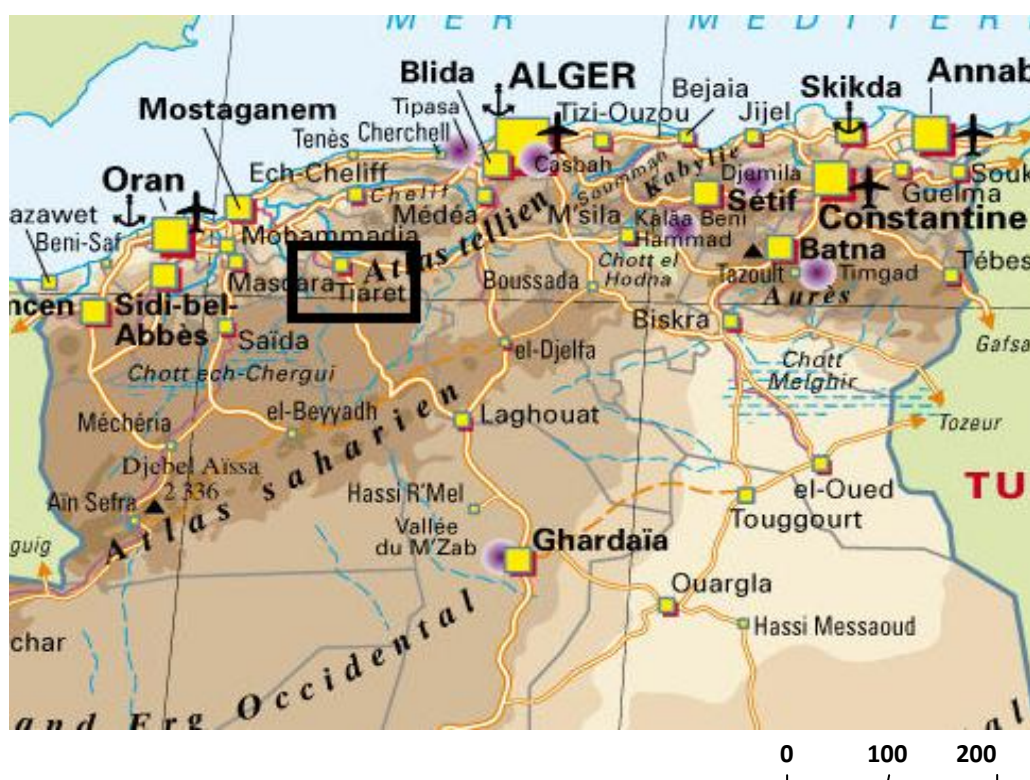


Figure 2. Carte de situation de la région de Tiaret
(Site google Earth)

2.1.1- Le climat

La région de Tiaret se caractérise par un climat continental à hiver froid et humide et un été chaud et sec. Les relevés climatiques de la station météorologique de Aïn Bouchekkif montrent une pluviométrie irrégulière (Tableaux 1 et 2; Figure 1 annexe) et des températures hivernales minimales très basses.

La température annuelle moyenne est de 15,3°C et la pluviométrie annuelle moyenne est de 360mm. Selon Bagnoul et Gausson (1953), la période de sécheresse correspond aux mois où $P \leq 2T$ (figure 2 annexe).

Sur la base des valeurs des précipitations et des températures mensuelles, la région de Tiaret est caractérisée par une période humide s'étalant du mois d'Octobre à Avril et une période sèche de Mai à Septembre.

L'ETP annuelle moyenne calculé selon la formule de Turc est de 1087mm (tableau 4 annexe). Nous constatons que le phénomène d'évaporation l'emporte nettement sur les apports des précipitations. Le quotient pluviométrique et climatique Q2 a été calculé selon la formule d'Emberger (1955), modifié et simplifié par Stewart (1969).

$$Q_2 = \frac{3,43 P}{M-m} = 35,10$$

P= Pluviométrie annuelle

M= moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K

m= moyenne des minimas °K

Selon le climagramme d'Emberger (figure 3 annexe), la région de Tiaret appartient actuellement à *l'étage bioclimatique semi aride à hiver froid* alors qu'elle appartenait à *l'étage subhumide* cela fait moins de 46ans (Abderrabi, 2011).

2.1.2- Aperçu sur la lithogéologie

D'après la carte géologique au 1/500 000ème (Cornet et al, 1952), les formations géologiques dominantes sur lesquelles se sont développées les sols de Tiaret sont les suivantes (figure 2 annexe):

***Quaternaire (Qt)**. Quaternaire Continental formé d'alluvions et dépôt de pente, limons et sables.

***Pliocène Continental(Pc)**. Limons sableux avec pierres, grès à gros éléments, conglomérats et du calcaire lacustre.

***Miocène Supérieur marin (mm)**. Calcaires blancs organogène, calcaire marneux, les marnes et les argiles avec de rares lames de grès micacé, se rencontrent entre le plateau de Sersou et le piedmont d'Ouarsenis.

***Miocène marin inférieur (mi)**. Ce sont des marnes grises foncées et grès micacé : vertisol de Rahouia, Oued Lilli et Sidi Hosni.

***Eocène moyen marin (em) et Eocène moyen et inférieur continental (ec)**. C'est un ensemble de formations lithologiques au sud et sud Ouest vers Mellakou et Souguer constitués de calcaires dolomitiques.

2.1.3- Aperçu sur la géomorphologie

Trois formes géomorphologiques dominant dans la région (Kabir, 2001):

*** Unité des bas piémonts de l'Ouarsenis**

Située au nord, elle est formée d'un ensemble rattaché aux piémonts de l'Ouarsenis occidental à relief très accidenté , l'altitude varie entre 850 à 950m.

*** Unité des collines de Tiaret**

Au sud de l'unité précédente, elle est caractérisée par un relief modéré et un aspect ondulé. L'altitude moyenne est de 900 à 1000m.

***Unité du plateau du Sersou et le plateau de Ain Dheb (Pc)**. Le relief est très doux (La pente varie de 0 à 3 % sans dépasser les 5 %), l'altitude est de 800 à 900m. Cette zone est traversée par le cours de l'oued Nahr Ouassel et son affluent oued Bou-Skif, qui drainent un important bassin versant.

2.1.4-Les ressources hydriques

La région de Tiaret est dotée d'importantes potentialités en matière de structures des ressources hydriques de surface, il s'agit de trois barrages (Bekhedda, Bouguerra, et Dahmouni), deux retenues colinéaires et trois bassins versants drainants ; Oued Mina, Nahr Ouassel, Tiguiguest, Oued Tlilate et son prolongement Oued Temda (DSH, 2008).

2.1.5 - Occupation des sols

La région de Tiaret est une zone agricole ou plutôt à vocation agropastorale si nous prenons en compte toute l'étendue de la wilaya. La plus grande superficie de la SAU est occupée par la céréaliculture essentiellement l'orge, le blé dur, le blé tendre et l'avoine (DSA, 2008).

2.2- Choix des sites d'études

L'objectif de cette étude étant l'étude des sols rouges fersiallitiques, nous avons réalisé, dans un premier temps, une étude préliminaire basée sur l'analyse des documents (cartes topographiques au 1/200 000, au 1/50 000 et au 1/25 000 ème (INC,1983), de la carte des sols de 1/500 000 ème (Durant, 1954) et de la carte géologique au 1/500 000 (Cornet et al, 1952)) et sur des travaux réalisés dans la région de Tiaret (Abderrabi, 2011 ; DHWT, 2004 ; Kabir, 2001; Hassani,1992 ; Mouméne, 1993; Ouadah, 1999 ; Ould Bachir, 1997 ; Raoui, 2006 ; Yahia, 1989). Ainsi, il s'est avéré que les sols rouges méditerranéens sont les plus répandus sur le plateau du Sersou et se prolongent dans la partie avale, là où la lithologie est dominé par le calcaire conglomératique, le grès ou les colluvions de grès et conglomérats (Pliocène continental, Pc).

Au terme de la prospection sur le terrain, nous avons retenu quatre sites d'études (Figure 3) : Les sites 1, 2 et 3 sur le plateau du Sersou et le site 4 sur les collines de Tiaret.

-Le site 1: Il se situe dans la région de Ain bouchekkif à quelques kilomètres à l'est de la ville de Tiaret, sur la rive ouest de Oued Skif , le terrain agricole fait partie du douar Essama. Le profil qui lui correspond est P1.

-Le site 2 : la parcelle se trouve à environ 2 km du village de Taslamt sur la rive gauche. A la sortie de la ville de Tiaret en prenant la route nationale n°15 vers Tissemsilet. Le profil représentatif est P4.

-Le site 3 : Sur la rive gauche de Nahr Ouassel en prenant la route secondaire vers Dahmouni, le profil P5 se trouve dans une parcelle limitrophe à la base de vie du barrage de Dahmouni.

-Le site 4 : Ce site se trouve à l'ouest de Tiaret, sur la route de Mechraa Esfaa, juste à la sortie du village de Tagdempt. Il s'agit d'un terrain en pente, sur la rive droite de la route, au commencement des collines de Tiaret. La zone choisie est à végétation naturelle de maquis à prédominance de Pistachier. Dans ce site, nous avons utilisé deux coupes naturelles pour décrire les profils pédologiques P2 et P3.

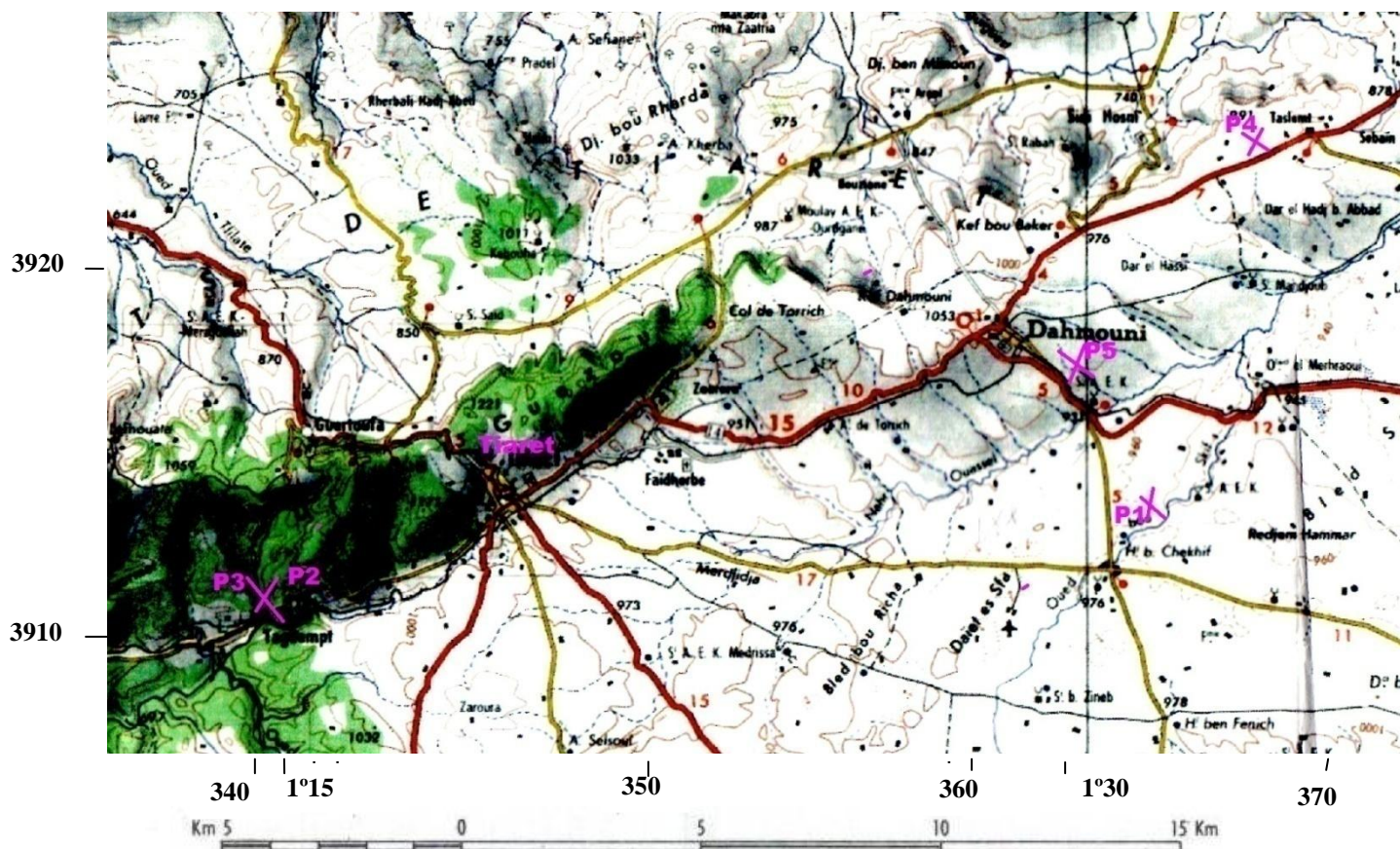


Figure 3. Carte de situation géographique des profils (extrait de la carte topographique, 1/200 000, NI,36 XX, INC,1983)

2.3.- Méthodes d'études

2.3.1- La description morphologique

Chaque site d'étude a été caractérisé par un profil pédologique que nous avons creusé jusqu'au niveau le plus limitant (croûte calcaire dans le cas des profils P1, P4 et P5). Les profils P2 et P3, sont des coupes naturelles que nous avons nettoyées et décrites.

Les coordonnées géographiques et l'altitude des profils ont été déterminées par un GPS (Magellan).

Lors de l'échantillonnage, le sol très sec et compact des horizons argileux nous a mis dans l'impossibilité de prélever les échantillons non remaniés dans des boîtes de Kubiena. Nous avons donc procédé à une collecte de mottes assez grandes de l'horizon Bt non perturbé que nous avons soigneusement enveloppé en indiquant le haut et le bas de la motte sur l'emballage. Ces échantillons ont servi plus tard à confectionner des lames minces pour les besoins de la micromorphologie.

2.3.2- Les analyses physiques et chimiques

Pour effectuer les analyses physiques et chimiques des échantillons, nous avons utilisé les méthodes communément utilisées aux laboratoires de sciences du sol basés sur des références telles que Aubert, 1978; Baize, 1988, 2000; Bonneau et Souchier, 1994; Mathieu et Pieltain, 1998 ; 2003.

-La granulométrie a été réalisée par la méthode Internationale (Pipette Robinson) après destruction de la matière organique. La texture a été déduite du triangle textural de USDA.

-Le Calcaire total ($\text{CaCO}_3\%$) dans le sol est déterminé par la méthode volumétrique au calcimètre de Bernard.

-Le pH eau a été mesuré par le pH-mètre sur une suspension eau/ terre fine de 1/5 à 25°C.

-La Conductivité électrique (CE en ds / m à 25°C) est mesurée par un conductivimètre électrique, dans une solution de terre fine (Rapport terre/ eau =1/5).

-L'azote total est déterminé par la méthode Kjeldhal modifiée.

-La teneur en matière organique dans le sol évaluée par le taux de carbone organique est déterminée par la méthode Anne modifiée. Le résultat est multiplié par 1,72 pour aboutir au taux de matière organique.

-La CEC a été déterminée par la méthode à l'acétate d'ammonium. Les bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) sont dosés dans les solutions d'extraction après passage au spectrophotomètre à flamme.

- Le dosage du fer

L'extraction du fer total s'est faite par l'attaque à chaud à l'HCl concentré (6N), sur des prises d'essai préalablement calcinées au four à moufle à 800°C (Aubert, 1978).

L'extraction du fer libre s'est faite par un réactif comprenant du citrate et du bicarbonate de Sodium en présence de dithionite de sodium à 80°C selon la méthode de Mehra et Jackson (1960) décrite par Bonneau et Souchier (1994). Cette méthode est peu agressive (PH neutre) et préserve les argiles les plus fines.

Enfin, le dosage des deux formes du fer est réalisé au moyen de la méthode spectrophotométrique d'absorption atomique.

Le fer total et le fer libre sont également extraits puis dosés dans les différentes fractions granulométriques de chaque échantillon du sol. Pour obtenir ces fractions, nous avons procédé préalablement à un fractionnement du sol selon la méthode décrite par Robert et Tessier (1974). La matière organique est détruite et les argiles sont dispersées par le pyrophosphate de sodium. Après agitation et décantation, le surnageant est récupéré par siphonages répétés pour la collecte de l'argile et du limon fin. Les sables et les limons grossiers sont récupérés par tamisage.

Remarque : Les fractions des deux calibres de limons ont été récupérées en très faibles quantités, ce qui nous a induit à joindre les limons fins aux limons grossiers.

Certains auteurs comme Baize (1988) font remarquer que certaines méthodes de dosage du fer peuvent sous estimer sa teneur dans le sol. Pour la mise en solution de tous les atomes de fer (dosage du fer total), il faut procéder à une attaque suffisamment brutale (utilisation de l'acide fluorhydrique à la place de l'HCl bouillant moins puissant). Quand à la quantification du fer libre, elle est discutée depuis des années, mais Baize (1988) confirme que la méthode de Mehra et Jackson (Citrates-Bicarbonate-Dithionite) est la plus préconisée pour le dosage du fer libre car elle n'affecte pas le réseau cristallin des argiles.

2.3.3- La micromorphologie :

La confection des lames minces a été réalisée au Centre de recherche et développement (CRD, SONATRACH, Boumerdes). Les échantillons sont des agrégats non remaniés prélevés de l'horizon d'accumulation d'argile Bt.

La préparation des lames minces s'est faite en plusieurs phases: une déshydratation, une imprégnation de l'échantillon sous vide à l'aide d'une résine (Epoxystyrène), le débitage, lissage, montage de l'échantillon sur une lame de support et enfin un polissage jusqu'à obtention de 20 μ m d'épaisseur.

Par la suite, l'observation des lames minces s'est faite au microscope oculaire et des prises de photographies ont été réalisées à différents grossissements (0, x10 (1mm) et x40 (0,25mm)).

Pour l'interprétation des résultats, nous nous sommes basés sur les travaux de Brewer (1964), Bullock et al (1985) et Fitzpatrick (1993).

Les résultats à interpréter sont la porosité et l'agrégation, le fond matriciel ou masse basale ou plasma, sa composition et son assemblage (microstructure). La masse basale est un arrangement partiel de matériaux fins et grossiers, exprimé par le rapport c/f, C : coarse, matière grossière essentiellement F : Fine , éléments fins.

Les traits pédologiques ou pédotraits sont également interprétés, ce sont des unités d'assemblage discrètes présentes dans le matériau pédologique reconnaissable du matériau adjacent par une différence de concentration. Il existe deux types de pédotraits : les traits texturaux qui résultent de la redistribution verticale ou latérale de particules micro érodées et transportées d'un horizon à un autre et les traits cristallins tels que les traits calcitiques, aluminaux, phosphatés, siliceux ou des argiles de néogène (Bullock et al 1985).

L'observation micromorphologique de l'horizon d'accumulation d'argile a pour objectif principal pour notre étude de mettre en évidence des indices de lessivage des argiles par la présence des pédotraits texturaux ou **argillanes**.

2.3.4- La minéralogie des argiles

Pour étudier la minéralogie des sols, nous avons utilisé la diffractométrie aux rayons X. Cette méthode est utilisée souvent pour l'identification et la caractérisation des minéraux argileux (fraction < 2 μm). Son principe est basé sur le fait que tout corps cristallisé peut être analysé par diffraction de rayons X, car ses atomes sont arrangés selon des plans cristallins spécifiques. Un faisceau de rayons X est diffracté sur un plan cristallin selon la loi de Bragg :

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

- λ : Longueur d'onde de la source
- d: Espacement entre 2 plans parallèles du cristal successifs du réseau cristallin
- θ : Angle entre le faisceau incident et le réseau de plans
- n=nombre entier

La lame orientée est obtenue après un dépôt de quelques gouttes d'une suspension de la fraction argileuse de l'horizon à analyser saturée en Mg^{++} , puis laissée à sécher lentement, les particules argileuses se déposent à plat selon leurs plans principaux.

Sur un diffractogramme, les pics correspondent aux différents rayons diffractés en fonction de l'incidence du faisceau de rayon X.

L'identification du minéral est donnée par la position d'un certain nombre de pics caractéristiques qui permettent de calculer la distance entre les plans de diffraction. La forme du pic renseigne sur l'état de cristallisation du minéral (cristallinité). Pour un mélange de plusieurs minéraux, la hauteur des pics est grossièrement proportionnelle à leur quantité (Baize, 1988). Pour des minéraux ayant des distances interfoliaires proches, on fait subir des traitements aux échantillons afin de les différencier. Un traitement classique consiste à imprégner l'échantillon de vapeurs d'éthylène-glycol. Cette molécule organique est adsorbée dans les espaces interfoliaires des smectites qui gonflent. D'autre part, le chauffage à 550 °C entraîne la disparition de la kaolinite (Robert, 1975).

Remarques: La matière organique a été préalablement détruite. La dispersion des particules d'argile doit être très bonne. Seuls les minéraux bien cristallisés peuvent être décelés.

Le montage des échantillons d'argile sur lame mince ainsi que la réalisation des diffractogrammes par la méthode des rayons X ont été réalisés dans le laboratoire du HCR (Haut Commissariat à la Recherche, Aïn Oussera, wilaya de Djelfa).

Chapitre 03

Résultats et discussions

3- Résultats et discussions

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des cinq aspects étudiés pour chaque sol. Il s'agit de la morphologie du profil et l'analyse physicochimique, l'analyse du fer, la minéralogie des argiles et la micromorphologie. Ces résultats sont commentés d'abord pour chaque profil suivis par la suite d'une discussion générale de l'ensemble des profils. En premier lieu nous présentons les caractéristiques du site (Coordonnées géographiques, situation, pente, lithologie, géomorphologie, végétation) avant la description morphologique du profil (couleur, structure, texture, éléments grossiers, matière organique, calcaire...).

3.1- Le profil P1

3.1.1- Description morphologique

Il s'agit d'un sol rouge sur le plateau de Sersou, dans une parcelle privée traditionnellement dédiée à la céréaliculture, actuellement mise en jachère et qui est en cours de préparation pour l'arboriculture (Photo 1).

Coordonnées UTM: x = 1° 28' 20''E y = 35 ° 22' 08'' N z= 970m

Situation : Douar Semma. Aïn Bouchekrif

Pente : 5 %

Géomorphologie : Plateau

Lithologie : Conglomérats calcaires

Végétation : Jachère travaillée

0-20cm : Ap, sec, caillouteux, couleur à l'état humide brun, 7,5YR4/4, friable, texture argilo-sableuse, structure grumeleuse, matière organique décelable, racines denses et fines, bonne activité biologique, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

20-60cm : Bt, frais, couleur à l'état humide rouge, 2,5YR3/4, compact, peu fragile, texture argileuse, structure polyédrique, présence de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

60-80cm : Bk1, croûte calcaire, assez frais, blanchâtre, structure feuilletée, très forte effervescence à l'HCl.

>80cm : Bk2, Dalle calcaire, blanchâtre, structure feuilletée, compact, très forte effervescence à l'HCl.

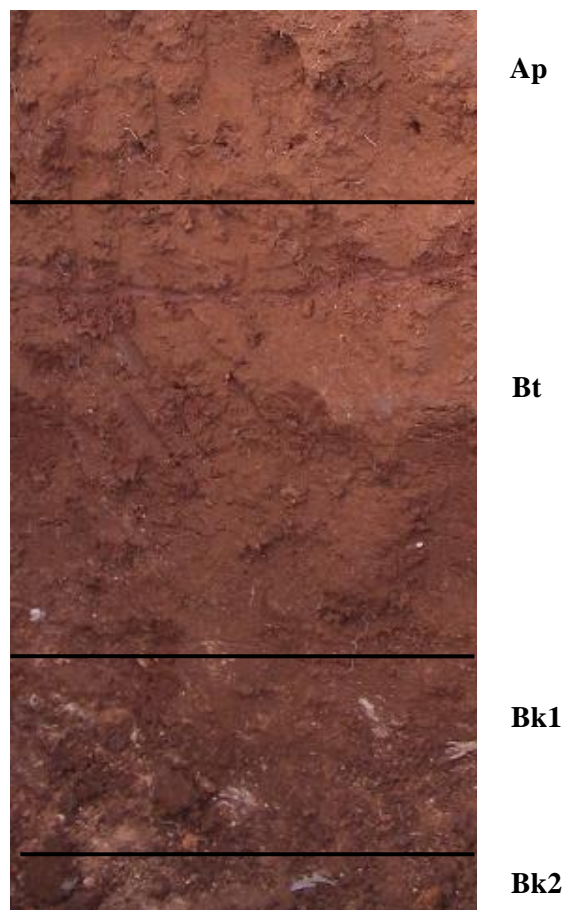


Photo 1. Profil P1

3.1.2- Caractéristiques physiques et chimiques

Les résultats des analyses physiques et chimiques du profil P1 sont présentés dans le tableau 1. La texture des sols a été déduite du triangle textural de l'USDA.

Le profil P1 est moyennement épais limité à 80cm par une accumulation de calcaire, il est de couleur rougeâtre. Cette couleur est plus vive dans le deuxième horizon (2,5YR) où on note également une forte accumulation d'argile (68%). Les deux horizons de surface ne présentent aucune trace de calcaire mais reposent sur un horizon très calcaire (>30%) de couleur claire. Le pH est alcalin (proche de 8). Le taux de matière organique est moyen (2,2 et 1,5%). La CEC est de 28 et 29 cmolekg⁻¹. Le complexe adsorbant est saturé en bases échangeables avec une dominance de calcium et de magnésium. Le taux de fer total est assez faible (1,6% dans Ap et 1,7% dans Bt).

Tableau 1. Résultats des analyses physicochimiques du profil P1

Profondeur(cm)	00-20	20- 60	60-80	>80
Horizons	Ap	Bt	Bk1	Bk2
Granulométrie				
A %	46,6	67,8		
LF %	15,5	5,2		
LG %	00	0,5		
SF %	26,4	18,9		
SG %	11,3	7,5		
Classe texturale	AS	A		
pH	8	8,1		
Calcaire total (%)	0	0	30	56
Azote total (%)	0,08	0,08		
Matière organique (%)	2,2	1,5		
CE (ds /m)	0,2	0,2		
CEC(cmole / Kg de terre)	29,6	28,2		
Bases(cmole / Kg de terre)				
Na ⁺	1,8	2,02		
K ⁺	3,7	3,3		
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	24,1	22,88		
S / T*100	100	100		
Fer total (%)	1,6	1,7		
Fer libre (%)	1	1,2		

3.1.3- micromorphologie

Les photos 2 a, b et c montre une lame mince de l'horizon P1H2 à différents grossissements, vues d'un microscope optique de laboratoire. Dans cet horizon la microstructure est moyennement développée, structuration incomplète, partiellement accommodée, moulée.

Les vides sont en forme de chambres interconnectés par des chenaux (20 % de la surface totale). La masse basale est dominée par la fraction fine (C/F=20/80). Les pédotraits argileux ne sont visibles que à un grand agrandissement (photo 2c), on note une accumulation d'un composé argileux ferrique probablement, de couleur foncé en concrétions dans la matrice qui est elle même imprégnée d'argile.

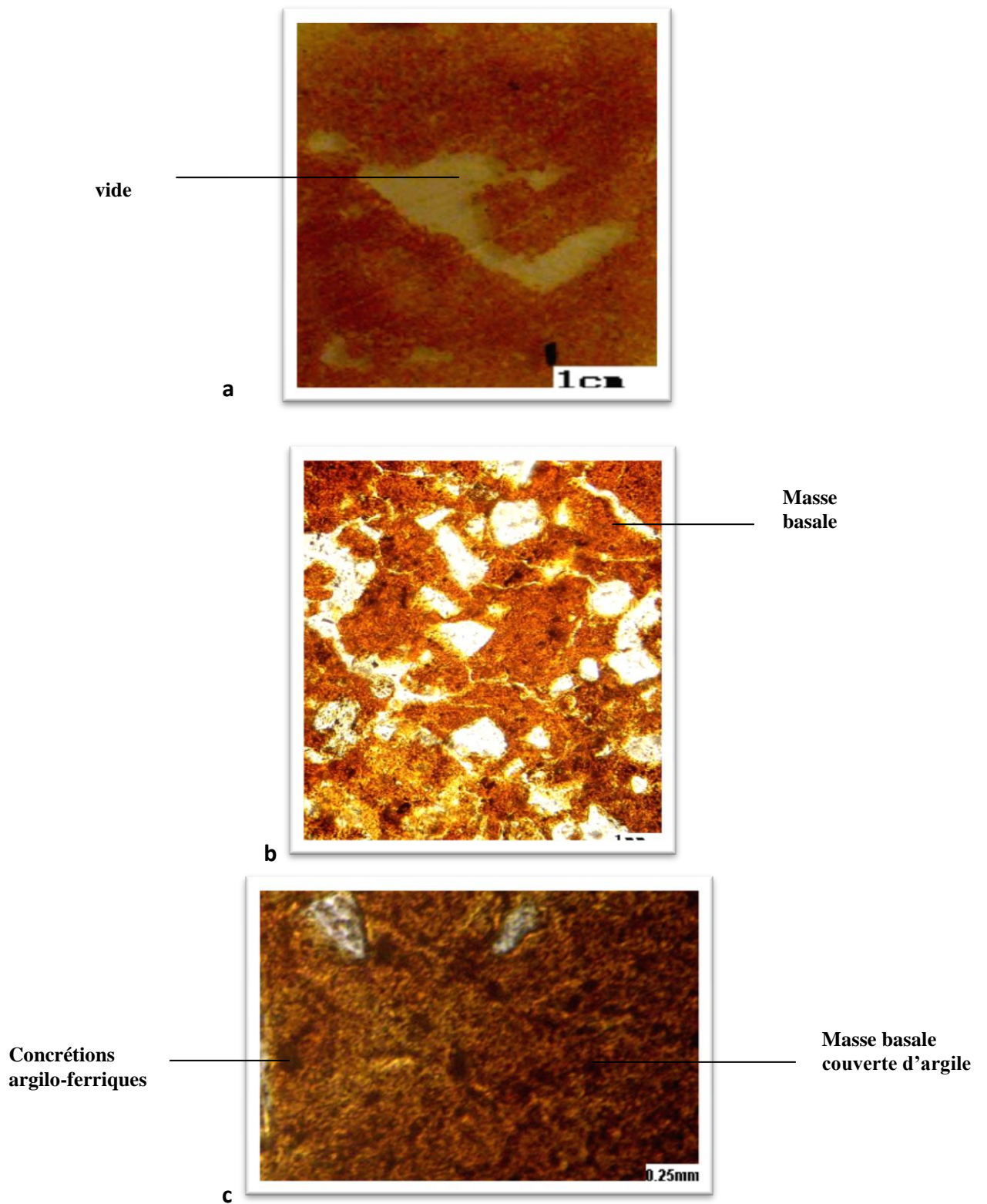


Photo 2 a, b, c. Vues détaillées d'une lame mince de P1H2

a.Echelle réelle b . échelle 1/10 c. échelle 1/40

3.1.4- Minéralogie des argiles (lame orientée) :

La détermination des principaux minéraux argileux est basée sur l'examen du diffractogramme X de l'échantillon, saturé en Magnésium et soumis à de différents tests de comportements tels que le chauffage, l'expansion au glycérol ou saturation par le potassium.

La nature minéralogique du complexe argileux de chaque horizon rend compte de l'évolution minéralogique du profil.

Le cortège minéralogique de l'argile de P1H1 est composé de la montmorillonite (15Å et 14Å) et la sauconite (figure 4).

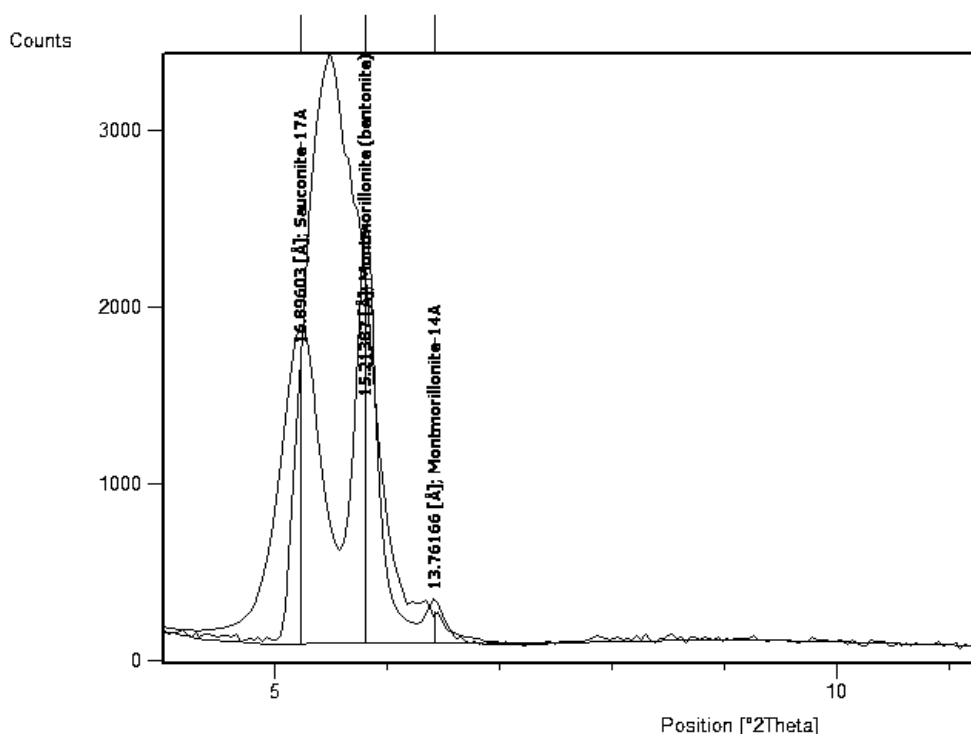


Figure 4. Diffractogramme de la fraction argile de P1H1

3.1.5- Le fer dans le profil P1

Les résultats des analyses du fer du profil P1 (tableau 2) indiquent que les taux de fer dans les deux horizons ne sont pas très élevés et l'entraînement du fer est peu perceptible (figure 6a annexe). L'indice de différenciation total du profil IDT= 1,45 et l'indice d'entraînement du fer est de 1 pour le fer total et 1,2 pour le fer libre (tableau 7 annexe). La plus grande proportion est associée à la fraction fine, argile et limons. Nous n'avons pas fait l'analyse du fer dans la fraction d'argile de P1H2 à cause de la perte de ces échantillons.

Le rapport fer libre / fer total >60% indique un bon développement du profil vis-à-vis de la fersiallisation.

Tableau 2. Résultats de l'analyse du fer dans P1

	Fer libre(%)	Fer total(%)	Fe libre/Fe tot*100	Fe tot /A*100	Fe libre/A*100
P1H1	1	1,6	62,5	3,4	2,14
A	0,25	0,9	27,8		
LF+LG	0,24	0,36	66,7		
SF	0,25	0,36	69,4		
SG	0,3	0,4	75		
P1H2	1,2	1,7	70	2,5	1,8
A	-	-	-		
LF+LG	0,22	0,45	49		
SF	0,22	0,34	64,7		
SG	0,23	0,3	76,7		

3.1.6- Classification

Une texture plus fine que limono-sableuse (argileuse) et un taux d'argile supérieur à 8 % en général avec un taux supplémentaire de 8 % au moins d'argile par rapport à l'horizon subjacent qui a plus de 40 % d'argile, montre que l'horizon de subsurface du profil P1 est un **horizon argique (Bt)**.

D'après la classification WRB (IUSS, 2006), les sols à différenciation pédogénétique d'argile (Migration d'argile) entre un horizon de surface le plus pauvre en argile et un subhorizon le plus riche en argile dont l'activité est élevée ($CEC > ou = 24 \text{ cmol Kg}^{-1}$) sont des **Luvisols** (Tableau 5 annexe).

A la base du profil, le taux de carbonate de calcium de la fraction fine est supérieur à 15 % avec une épaisseur de cet horizon >15cm indique que ce sont des horizons calciques (Bk1 et Bk2). Le profil P1 est classé comme **Calcic Luvisol (Anthric, clayic, ferric, chromic, endoduric)** selon la classification WRB. Ce qui correspond aux calcic haploxeralf dans la classification USDA et aux sols rouges peu lessivé à accumulation calcaire dans la classification CPCs.

En conclusion, le profil P1 comme schématisé dans la figure 5 est divisée en deux parties, les 60 premiers centimètres de couleur foncée riche en argile de type 2.1 (montmorillonite) qui s'accumule dans le Bt mais sans trace de calcaire. La deuxième partie de couleur très claire qui commence à 60cm de profondeur moins perméable où s'accumule le calcaire.

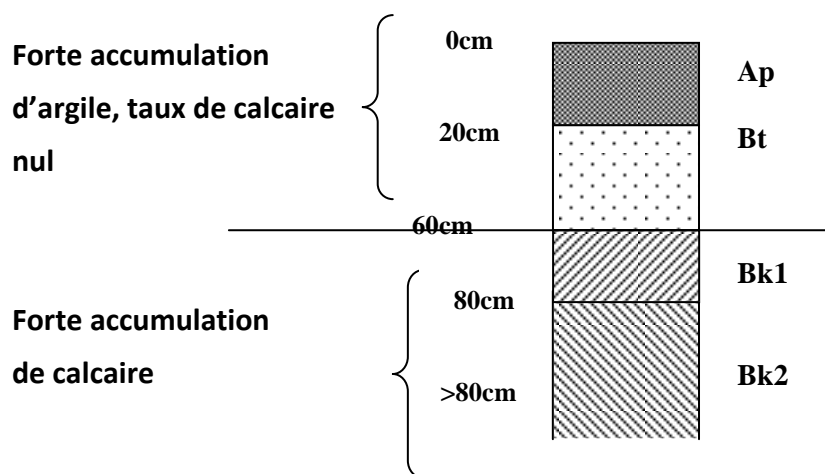


Figure 5. Schéma du Profil P1

3.2- Profil P2

3.2.1- Description morphologique

Il s'agit d'un sol rouge sur les collines de Tagdempt à l'ouest de Tiaret à végétation naturelle (Photo3).

Coordonnées UTM : x = 1° 15' 30'' E y= 35° 20' 57''N z= 912m

Situation : Tagdempt

Pente : 25%

Géomorphologie : Collines

Lithologie : Conglomérats non calcaires

Végétation : maquis

00- 20 cm : A, sec, couleur à l'état humide rouge sombre, 5YR 4/4, meuble, texture limono-sableuse, structure grumeleuse, matière organique visible, activité biologique élevée, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

20-40cm : Bt1, frais, couleur à l'état humide rouge, 2,5YR 3/4, compact, texture argilo-sableuse, structure polyédrique, matière organique visible, activité biologique élevée, racines nombreuses verticales, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

40-220cm : Bt2, frais, couleur à l'état humide rougeâtre, 5YR 4/4, compact, peu friable, texture argilo-sableuse, structure polyédrique, présence de cailloux et blocs (altération de la roche mère), pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et irrégulière.

>220cm: C, Roche mère altérée



A

Bt1

Bt2

Photo3. Profil P2

3.2.2- Résultats analytiques

Les résultats des analyses physiques et chimiques du profil P2 sont présentés dans le tableau 3. Le profil P2 est très épais (>2m). Il présente une couleur rouge très caractéristique, plus vive dans l'horizon de subsurface (2,5YR). La teneur en argile est supérieure à 15% pour ce profil et atteint son maximum de 36% dans le Bt1.

Le taux de calcaire est nul. Les pH varient de neutres à basiques (7,6 à 8,4). Le taux de matière organique est faible (0,2 à 1,1 %). La CEC est faible pour les horizons de surface et de profondeur (9 et 13 cmole / kg de sol) et plus élevé pour l'horizon intermédiaire où l'argile est plus active (21cmole / kg de sol). Le complexe adsorbant est saturé dans l'ensemble des horizons. Les bases échangeables sont à prédominance de Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺.

Le taux de fer total n'est pas très élevé (0,62 à 1,9 %) mais on note un entraînement du fer vers l'horizon Bt, IFeT=3 (Tableau 7 annexe).

Tableau 3. Résultats des analyses physicochimiques du profil P2

Profondeur (cm)	00-20	20-40	40-220	>220
Horizons	A	Bt1	Bt2	C
Granulométrie:				
A %	15,3	36,1	25,6	
LF %	15,3	5,1	5,1	
LG %	1	3,9	1,5	
SF %	38,7	27,8	32,2	
SG %	29,5	26,9	35,5	
Classe texturale	LS	AS	AS	
pH	8,4	7,7	7,6	
Calcaire total (%)	0	0	0	
Azote total (%)	0,06	0,16	0,11	
Matière organique (%)	1,1	0,5	0,2	
CE (ds / m)	0,12	0,24	0,37	
CEC (cmole / kg de terre)	8,9	21,4	12,8	
Bases (cmole / Kg de terre)				
Na ⁺	1,52	1,6	1,52	
K ⁺	0,27	0,72	0,55	
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	7,11	19,08	10,73	
S / T*100	100	100	100	
Fer total (%)	0,62	1,9	1,56	
Fer libre (%)	0,50	0,61	0,61	

3.2.3- Micromorphologie

Dans les photos 4 a,b et c, nous observons une vue au microscope optique à différents grossissements de l'horizon P2H2.

La structuration est incomplète, la structure est partiellement moulé et moyennement développée. Les vides sont en formes de chambres interconnectés par des chenaux (30% de la surface de la lame).

La distribution des fractions dans la masse basale est dominée par les éléments fins (C/F= 30/70). Quoique peu visibles, de fines pellicules d'argile de couleur foncée se retrouvent autour des vides (Photo 4c).

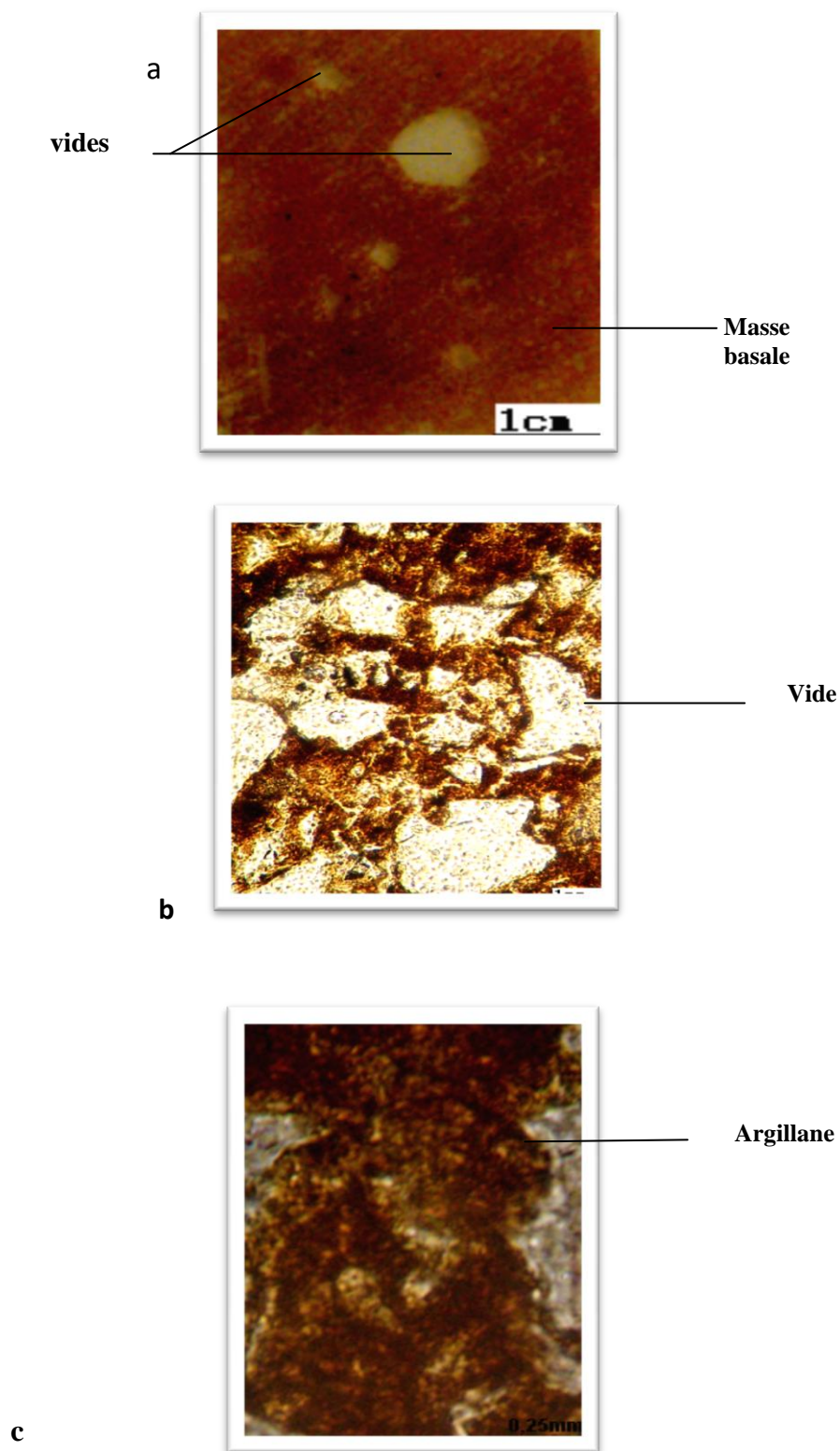


Photo 4 a, b, c. Vues détaillées d'une lame mince de P2H2
a. Echelle réelle b. échelle 1/10 c. échelle 1/40

3.2.4- Minéralogie des argiles

L'examen des diffractogrammes X de la fraction argile du profil P2 (figures 6, 7 et 8) montre que dans les trois horizons de ce profil, on note la présence de montmorillonite et de sauconite. Visiblement, on ne remarque aucune évolution minéralogique dans ce profil. La montmorillonite atteint une épaisseur de 18Å probablement suite à un traitement à l'alcool. Ce phénomène d'expansion de la montmorillonite à des épaisseurs supérieures à 17Å est expliqué par Robert, (1975) par la présence dans certaines couches interfoliaires de couches d'hydroxydes de fer et d'aluminium ou de couches de composés organiques.

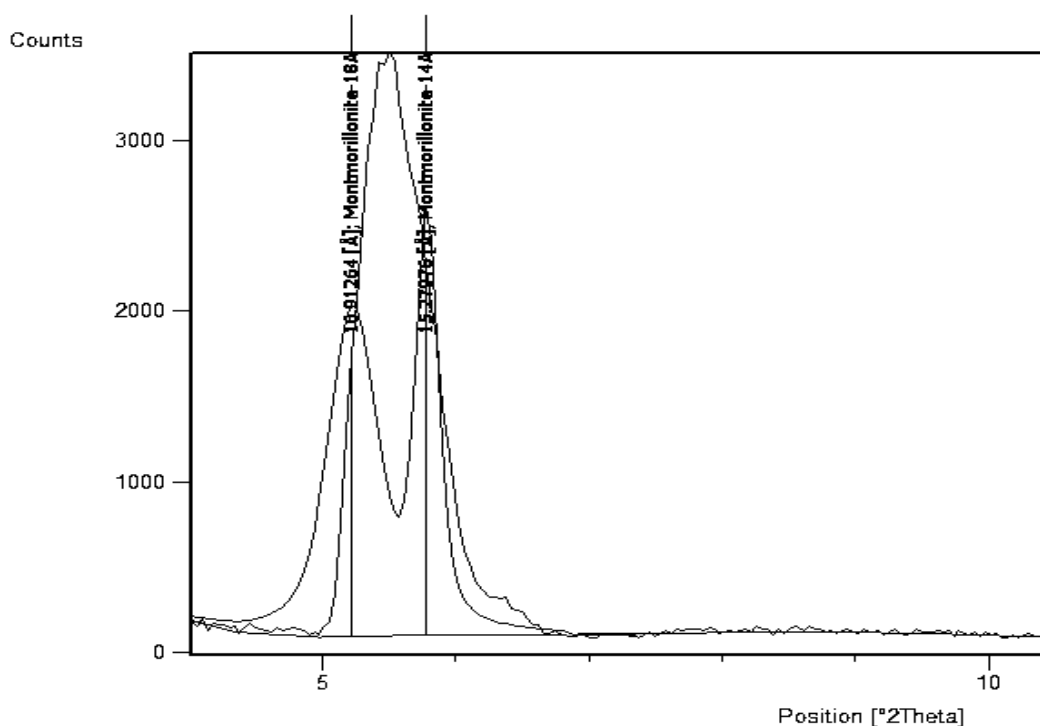


Figure 6. Diffractogramme de la fraction argile de P2H1

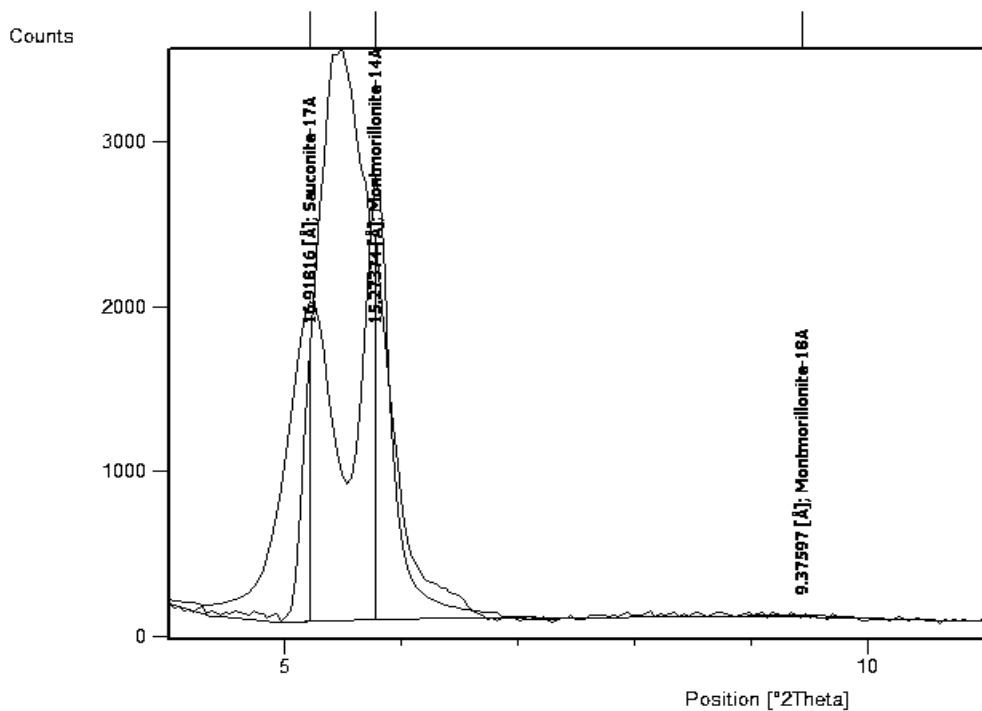


Figure 7. Diffractogramme de la fraction argile de P2H2

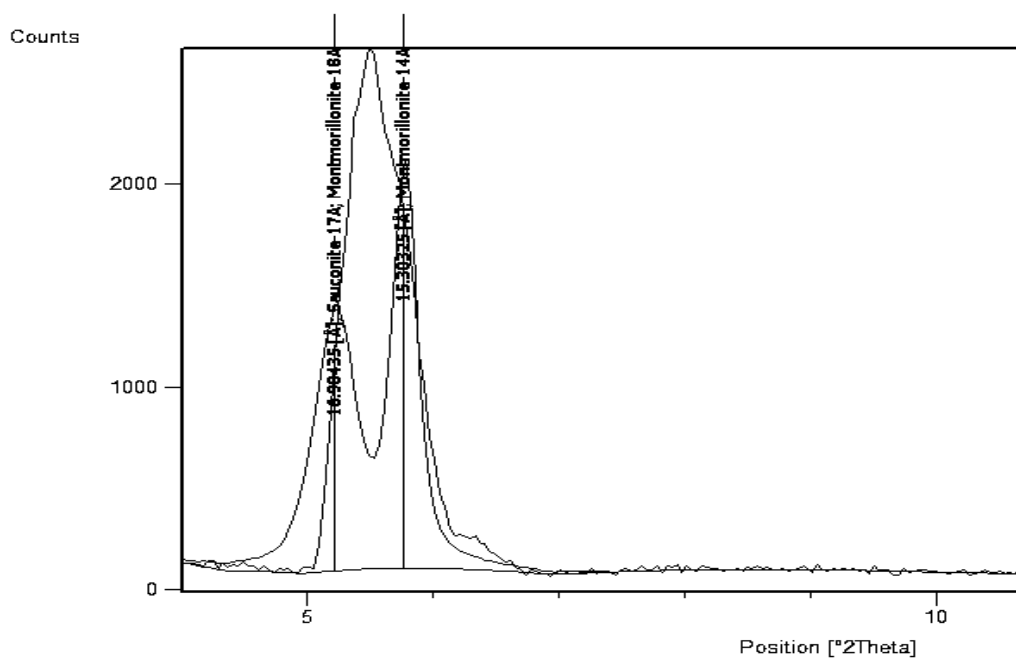


Figure 8. Diffractogramme de la fraction argile de P2H3

3.2.5- Le fer dans le profil P2

Les résultats des analyses du fer du profil P2 (tableau 4) montrent visiblement que le fer total est associé à toutes les fractions granulométriques et surtout à la fraction fine. On note un entraînement du fer vers l'horizon d'accumulation d'argile (figure 6b annexe). L'indice $I_{FeT} = 3$ et $IDT = 2,35$ (Tableau 7 annexe) montre qu'une proportion importante de fer total a migré conjointement à l'argile. Une cristallisation rapide des oxydes de fer en hématite pendant la saison sèche donne sa couleur rouge au sol. Le rapport FeL/FeT égale à 80 % au niveau du premier horizon indique une altération fersiallitique appréciable et libération du fer qui migre en association avec les argiles.

Tableau 4. Résultats de l'analyse du fer dans P2

	Fer libre(%)	Fer total(%)	Fe libre/Fe tot*100	Fe tot /A*100	Fe libre/A*100
P2H1	0,5	0,62	80,6	4	3,26
A	0,65	0,85	76,5		
LF+LG	0,03	0,2	15		
SF	0,35	0,35	100		
SG	0,1	0,24	41,7		
P2H2	0,61	1,9	32,1	5,2	1,7
A	0,27	0,8	33,8		
LF+LG	0,2	0,46	43,5		
SF	0,23	0,26	88,4		
SG	0,17	0,18	94,4		
P2H3	0,61	1,56	39,1	6,1	2,4
A	0,42	0,9	46,7		
LF+LG	0,2	0,4	50		
SF	0,2	0,3	66,7		
SG	0,12	0,4	30		

3.2.6- Classification

L' horizon de subsurface correspond a un horizon qui a une texture plus fine que limonosableuse (argilosableuse) et un taux d'argile supérieur à 8% en général avec un ratio d'argile de 1,2 au moins par rapport à l'horizon suçant qui a un taux d'argile compris entre 15 et 40%, montre que nous sommes en présence d'un **horizon argique (Bt)** selon la classification WRB.

Les sols qui ont un horizon argique avec une CEC d'argile supérieur ou égale à 24 cmol kg⁻¹ dans cet horizon même ou à 50cm à partir de sa limite supérieure (tableau 5 annexe) sont des **Luvisols**. Le profil P2 est classé comme **Haplic Luvisol (Ferric, rhodic, chromic, profondic)** dans la classification WRB.

Ce qui correspond aux typic Rhodoxeralf dans la classification USDA et aux sols rouges fersiallitiques moyennement lessivés type « modal » dans la classification CPCS.

En conclusion, le profil P2 sur conglomérats non calcaire (figure 9) est un sol rouge très profond non calcaire. L'horizon d'accumulation d'argile Bt1 est le plus rouge et le plus riche en argile (Montmorillonite) et en fer. Il est suivi par le Bt2 qui est plus épais et moins riche en argile et en fer. L'accumulation argiloferrique est visible autour des pores au microscope optique.

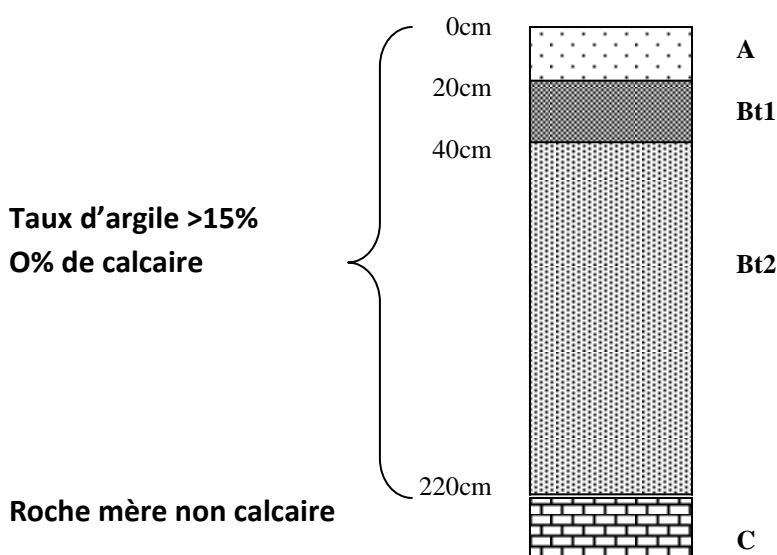


Figure 9. Représentation schématisée du profil P2

3.3- Profil P3

3.3.1- Description morphologique

C'est un sol rouge sur les collines de Tagdempt à végétation naturelle (Photo 5).

Coordonnées UTM : x = 1° 15' 20'' E y = 35° 20' 52'' N z=927 m

Situation : Tagdempt

Pente : 25%

Géomorphologie : collines

Lithologie : conglomérats non calcaires

Végétation : Maquis

00-20cm : A, sec , couleur humide brun rougeâtre, 5YR 4/4, texture argilo-limono-sableuse, structure grumeleuse, bonne activité biologique, beaucoup de matière organique, racines nombreuses, pas d'effervescence

à l'HCl, transition nette et irrégulière.

20- 100cm: Bt, frais, couleur humide rouge, 2,5YR, texture argilo-sableuse, compact, structure polyédrique, assez bonne activité biologique, racines fines, peu de charge caillouteuse, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et irrégulière.

>100cm: C, conglomérats non calcaire altérés.

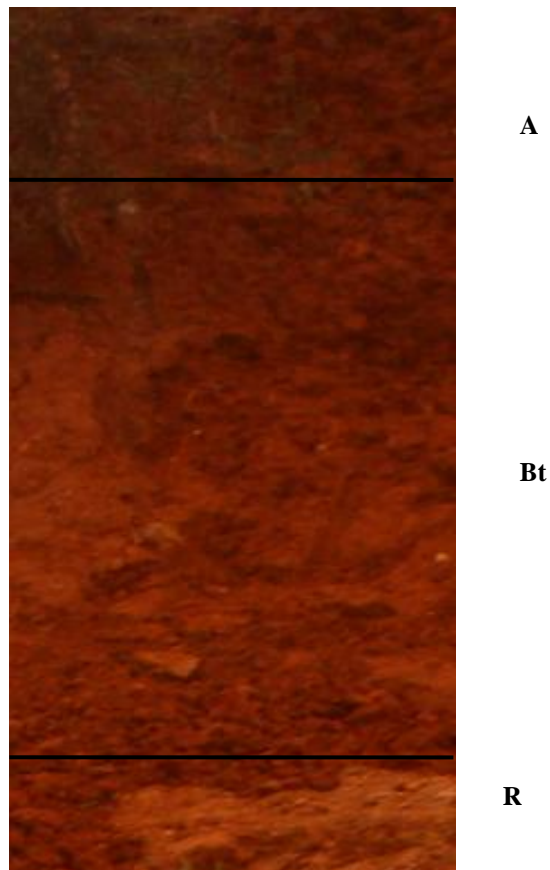


Photo 5. Profil P3

3.3.2- Caractéristiques physiques et chimiques

Les résultats des analyses physiques et chimiques du profil P3 sont présentés dans le tableau 5. Ce profil est très proche du profil précédent de part la couleur rouge vif (2,5 à 5,5YR) mais le profil P3 est moins épais (1m). Dans d'autres endroits avoisinant le profil P3, la roche mère affleure et présente quelques signes d'altération (Photos 6 et 7). De la même façon que pour P2, l'accumulation d'argile se fait dans l'horizon de subsurface où le taux d'argile atteint 46% et le taux de sable 42% . Le pH est alcalin (8,2 à 8,3). Le calcaire est absent. Le taux de matière organique est assez élevé en surface (3,4%), faible en profondeur (0,6%). La CEC du sol est de 18 et 26 cmole/kg. Le complexe adsorbant est saturé en bases échangeables qui sont dominées par Ca^{++} et Mg^{++} . Le taux de fer n'est pas élevé (1,8% et 2,3%) avec un entrainement important vers le Bt, IFeL= 2,8 (Tableau 7 annexe).



Photos 6 et 7. Détails de la roche mère

Tableau 5. Résultats des analyses physicochimiques du profil P3

Profondeur (cm)	00-20	20-100	>100
Horizons	A	Bt	C
Granulométrie			
A %	21,1	46,3	
LF %	10,5	5,1	
LG %	4,1	6,1	
SF %	33,5	16	
SG %	30,6	26,2	
Classe texturale	ALS	AS	
pH	8,3	8,2	
Calcaire total (%)	0	0	
Azote total (%)	0,13	0,05	
Matière organique (%)	3,45	0,63	
CE (ds /m)	0,18	0,17	
CEC(cmole / Kg de terre)	18,32	26,2	
Bases(cmole /kg de terre)			
Na ⁺	3	1,67	
K ⁺	2,47	0,5	
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	12,85	24,03	
S / T*100	100	100	
Fer total (%)	1,9	2,34	
Fer libre (%)	0,41	1,15	

3.3.3- Micromorphologie

Dans les Photo 8 a, b et c nous observons une lame mince dans l'horizon P3H2 à différents grossissements. L'horizon a une structure fortement développée, partiellement moulée, les vides sont en cavités et chambres (>30% de la surface de la lame). Dans la masse basale, la distribution relative de la terre fine est de 40/60.

Les pédotraits sont des accumulations argileuses rougeâtres qui sont visibles autour des vides et en remplissage entre les vides.

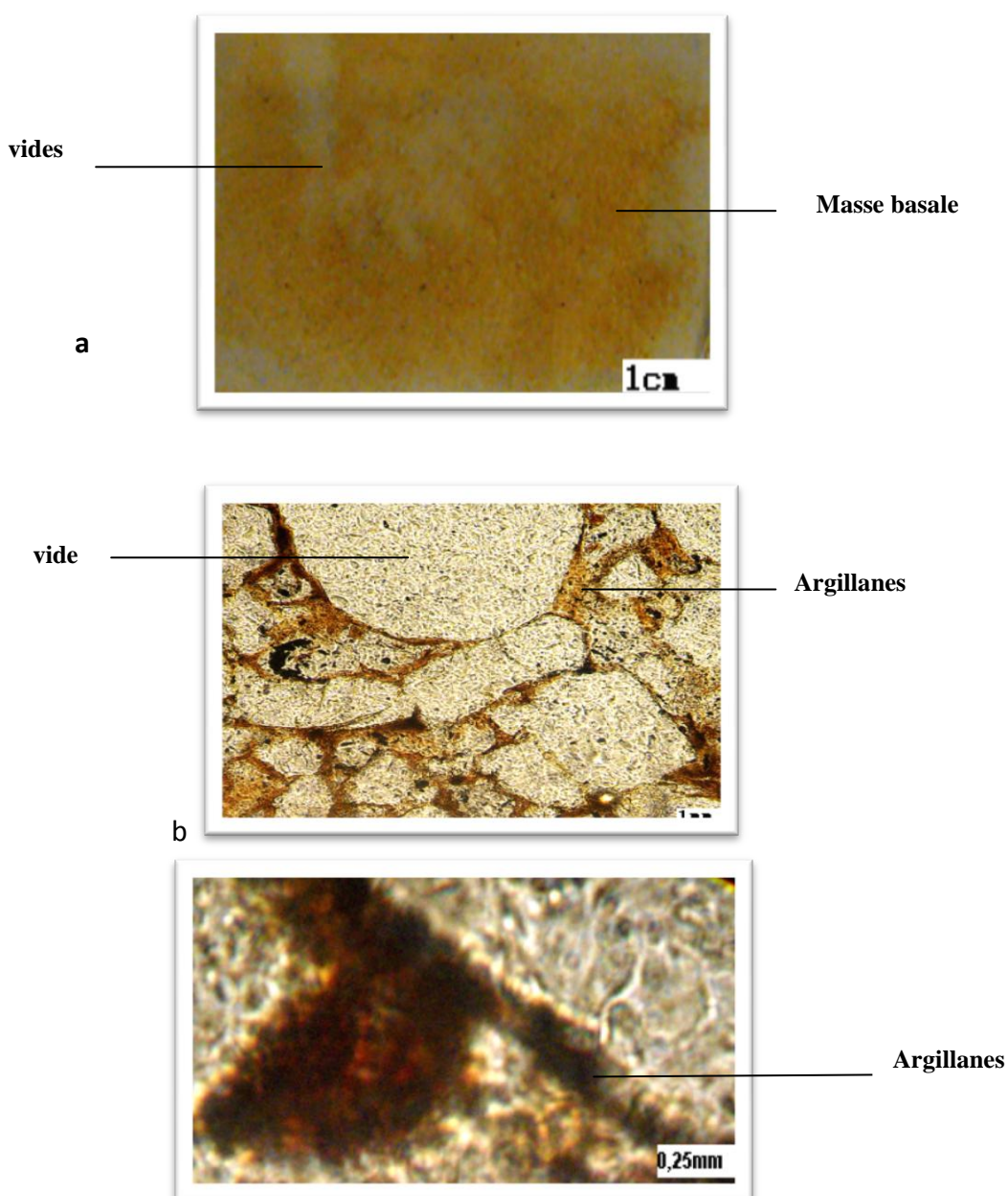


Photo 8 a, b , c. Vues détaillées d'une lame mince de P3H2

a.Echelle réelle b . échelle 1/10 c. échelle 1/40

3.3.4-Minéralogie des argiles (Profil P3)

Nous pouvons déduire des diffractogrammes X de la fraction argile du profil P3 (figures 10 et 11) que le cortège minéralogique des argiles de ce profil est composé de sauconite , montmorillonite, beidellite (seulement dans le premier horizon) et illite. L'évolution minéralogique est quasi nulle. Il s'agit d'argiles de type 2.1 dont la prédominance est aux smectites (montmorillonite et beidellite).

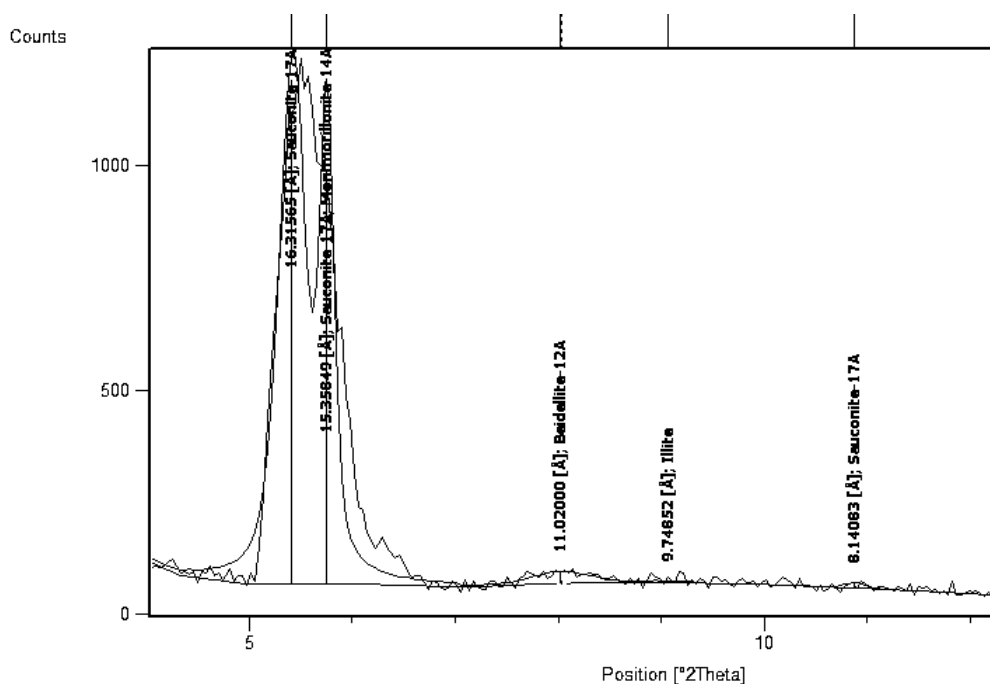


Figure 10. Diffractogramme de la fraction argile de P3H1

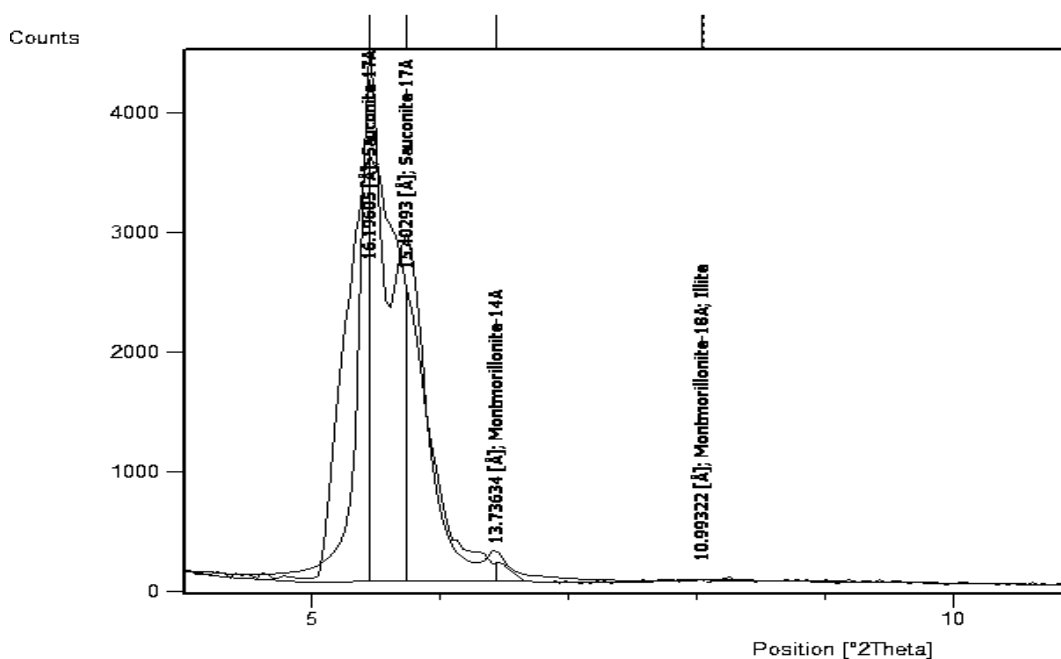


Figure 11. Diffractogramme de la fraction argile de P3H2

3.3.5- Le fer dans le profil P3

L'analyse du fer du profil P3 (Tableau 6) montre ce qui suit. Dans l'horizon P3H1, la représentation du fer total dans les fractions est assez significative, même dans les sables les plus grossiers qui ne sont pas négligeables dans cet horizon (texture argilo-limono-sableuse). La libération du fer est moyenne ($FeL/Fetot=21\%$).

Dans l'horizon P3H2, le fer total se retrouve dans les fractions fines et grossières. La libération du fer est importante ($FeL/Fetot =50\%$).

L'entraînement du fer est nettement visible dans ce profil avantage par une structure favorable (figure 6c annexe). $IDT= 2,1$ et $IfeL= 2,8$ (tableau 7 annexe). Le fer libre est d'autant plus entraîné que l'argile vers la profondeur.

Tableau 6. Résultats des analyses du fer dans le profil P3

	Fer libre(%)	Fer total(%)	Fe libre/Fe tot*100	Fe tot /A*100	Fe libre/A*100
P3H1	0,41	1,9	21,6	9	2
A	0,33	0,86	38,3		
LF+LG	0,4	0,45	89		
SF	0,2	0,27	74		
SG	0,12	0,19	63,1		
P3H2	1,15	2,34	49,1	5	2,4
A	0,12	0,9	13,33		
LF+LG	0,02	0,43	4,7		
SF	0,12	0,22	54,5		
SG	0,15	0,2	75		

3.3.6-Classification

Selon la classification WRB, une texture plus fine que limonosableuse (argilosableuse) et un taux d'argile supérieur à 8% en général avec un ratio d'argile de 1,2 au moins par rapport à l'horizon adjacent qui a un taux d'argile compris entre 15 et 40%, confirme que l'horizon de subsurface du profil P3 est un **horizon argique (Bt)**.

Les sols qui ont un horizon argique avec une CEC d'argile supérieur ou égale à 24 cmol kg⁻¹ dans cet horizon même ou à 50cm à partir de sa limite supérieure (tableau 5 annexe) sont des **Luvissols**. De ce fait, le profil P3 est classé comme **Haplic Luvisol (Humic, rhodic, ferric, chromic)** dans la classification WRB.

Ce sol correspond au typic rhodoxeralf dans la classification USDA et au *sol rouge* fersiallitique moyennement lessivés type modal dans la classification CPCS.

En conclusion : Le profil P3 schématisé par la figure 12 représente un sol de moyenne profondeur (1m) limité par la roche mère non calcaire en début d'altération. Le Bt d'une épaisseur appréciable (80 cm), sans trace de calcaire est de couleur rouge vive caractéristique riche en argile de type 2.1 (montmorillonite, sauconite, illite) qui s'accumule autour des pores.

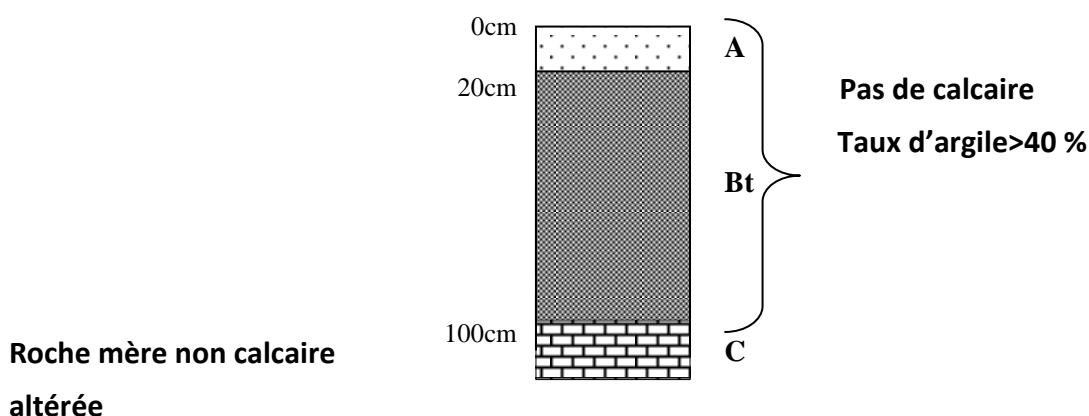


Figure 12. Représentation schématique du profil P3

3.4- Profil P4

3.4.1- Description morphologique

C'est un sol rouge situé sur le plateau du Sersou dans une parcelle de céréaliculture, actuellement mise en jachère (photo 9).

Coordonnées UTM : x = 1° 38' 32'' E y = 35° 30' 32'' N z = 942m

Situation : Hassi el mallah. Taslamt

Pente : < 5 %

Géomorphologie : Plateau

Lithologie : Conglomérats calcaires

Culture : Jachère travaillée

00-15cm : Ap, sec , couleur humide brun, 7,5YR 4/4, forte charge caillouteuse, texture argileuse, structure grumeleuse, matière organique visible, bonne activité biologique, fines racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

15-60 cm : Bt, horizon frais, couleur humide rougeâtre, 2,5YR 3/4, texture argileuse, structure polyédrique, pas d'effervescence à l'HCl, matière organique décelable, racines fines et verticales, horizon compact, peu friable, transition nette et irrégulière.

>60cm : Bk , encroûtement calcaire, sec, blanchâtre, structure feuilletée, compact, forte effervescence à l'HCl.

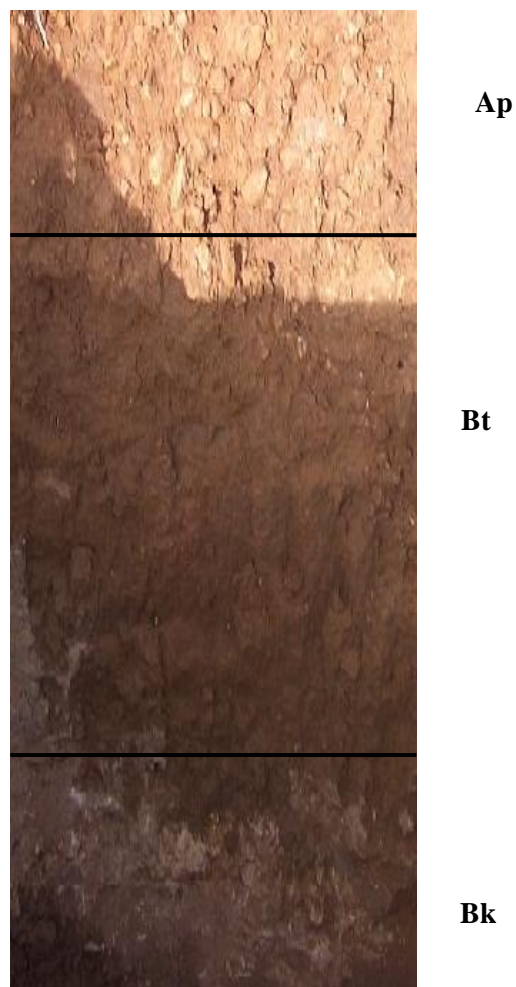


Photo 9. Profil P4

3.4.2- Caractéristiques physiques et chimiques:

Les résultats physiques et chimiques du profil P4 sont présentés dans le tableau 7. C'est un profil d'une épaisseur supérieure à 100cm mais il est limité par l'accumulation calcaire à 60cm. Sa couleur est rougeâtre (2,5YR dans l'horizon Bt). La texture est argileuse dès la surface mais l'argile s'accumule plus dans le Bt. Le pH est alcalin (8). Le taux de matière organique est important en surface (3,4 %) et diminue rapidement en profondeur (0,8 %). La CEC varie de 26 à 30 cmole / kg de terre. Le calcaire est absent dans les deux horizons de surface. Par contre, il se trouve en grande quantité en profondeur (45%) formant ainsi un horizon d'accumulation de calcaire ; le Bk. Le complexe adsorbant est saturé à 100 % en bases

échangeables, le calcium et magnésium dominant. Ce sol est peu pourvu en fer (1,5 % dans Ap et 2% dans Bt).

Tableau 7. Résultats des analyses physicochimiques du profil P4

Profondeur(cm)	00-15	15-60	100
Horizons	Ap	Bt	Bk
Granulométrie:			
A %	58,6	68,6	
LF %	08,3	10,5	
LG %	10,1	2	
SF %	14,5	9,7	
SG %	8,2	9	
Classe texturale	A	A	
pH	8	8	
Calcaire total (%)	0	0	45
Azote total (%)	0,11	0,07	
Matière organique (%)	3,40	0,82	
CE(ds / m)	0,15	0,18	
CEC(c mole / Kg de terre)	27,07	29,67	
Bases(cmole / Kg de terre)			
Na ⁺	1,82	1,75	
K ⁺	3,17	3,55	
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	22,08	24,37	
S /T*100	100	100	
Fer total (%)	1,56	2,06	
Fer libre (%)	1	1,3	

3.4.3- Micromorphologie

La photo 10 a, b et c représente des vues de lames minces dans l'horizon P4H2. La structure est incomplète, faiblement développée. Les vides sont en chenaux et chambres (10% de la surface de la lame). La masse basale est dominée par la fraction fine (c/f : 15/85). Les pédotraits sous forme d'accumulations autour des vides sont peu visibles mais la matrice est imprégnée d'argile avec quelques nodules foncés en certains endroits.

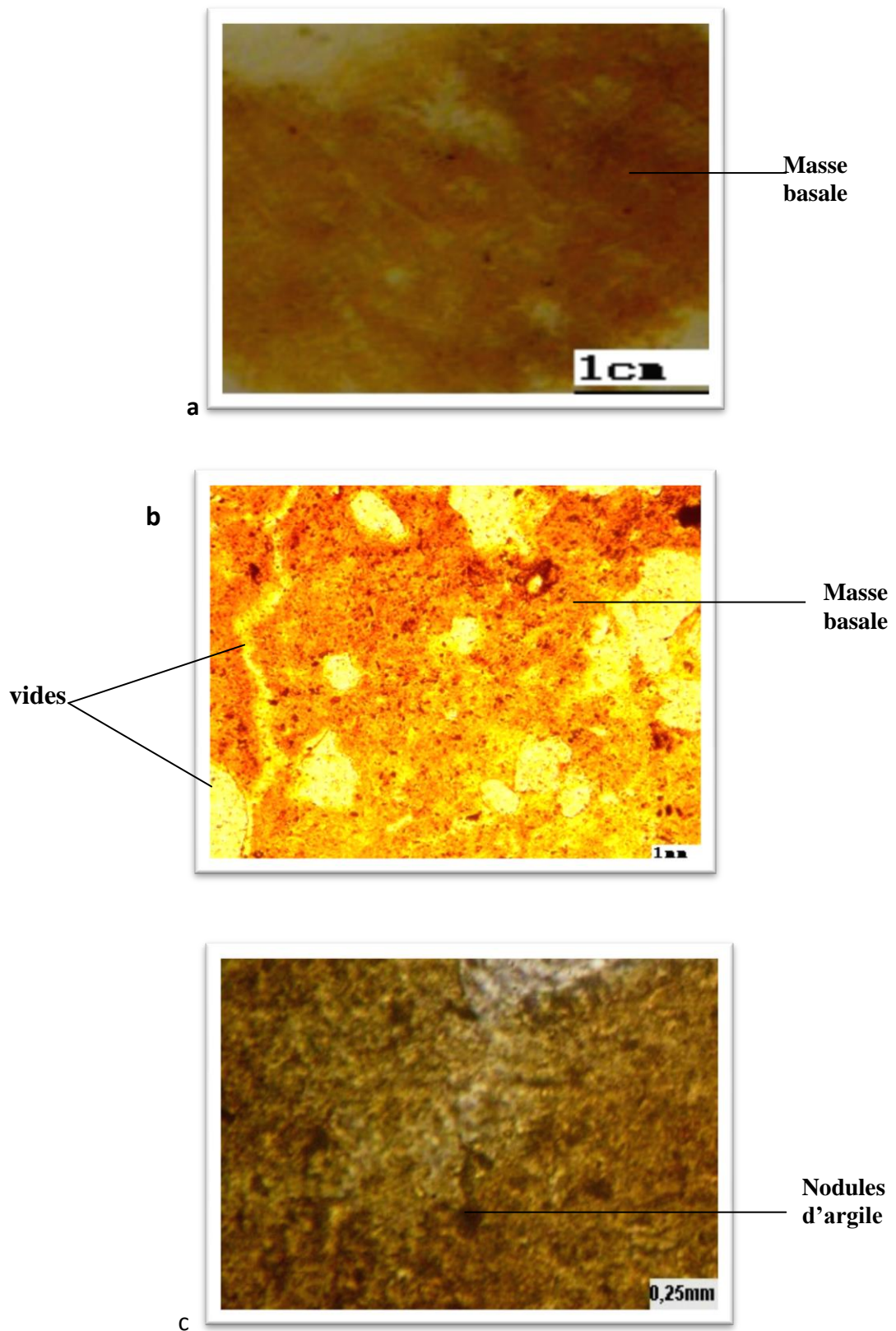


Photo 10 a , b , c. Vues détaillées d'une lame mince de P4H2

a.Echelle réelle b . échelle 1/10 c. échelle 1/40

3.4.4- Minéralogie des argiles (Profil P4)

Les figures 13 et 14 représentent les diffractogrammes X de la fraction argile du profil P4. Dans ce profil, le cortège minéralogique est représenté par la sauconite, la montmorillonite qui augmente de volume (18Å) dans l'horizon d'accumulation des argiles (P4H2). L'évolution minéralogique dans le profil est pratiquement nulle.

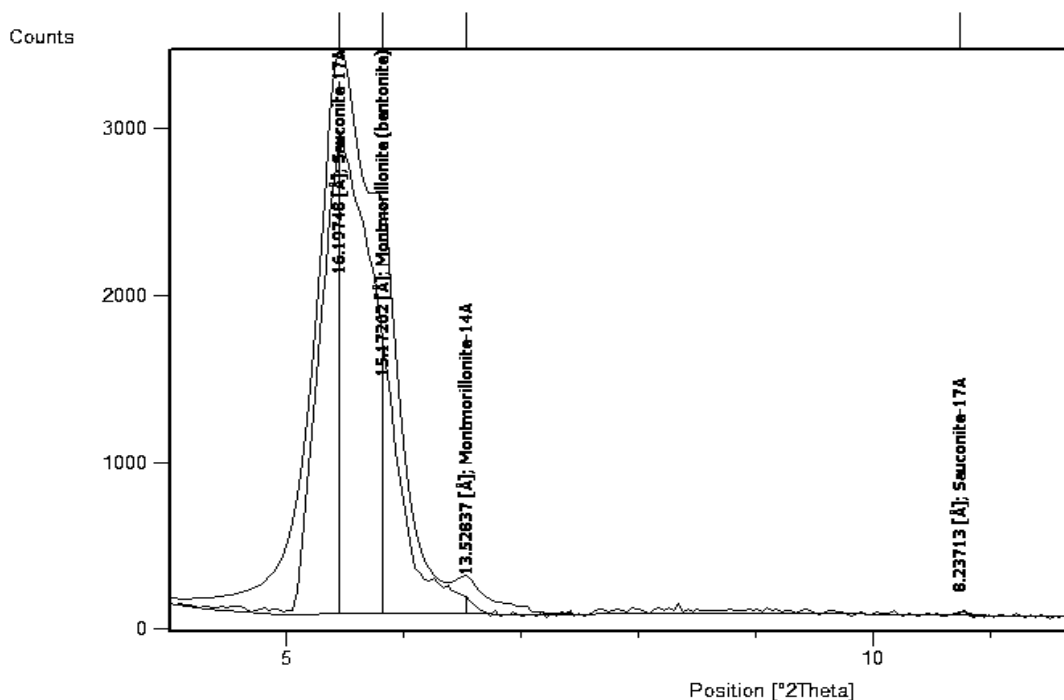


Figure 13. Diffractogramme de la fraction argile de P4H1

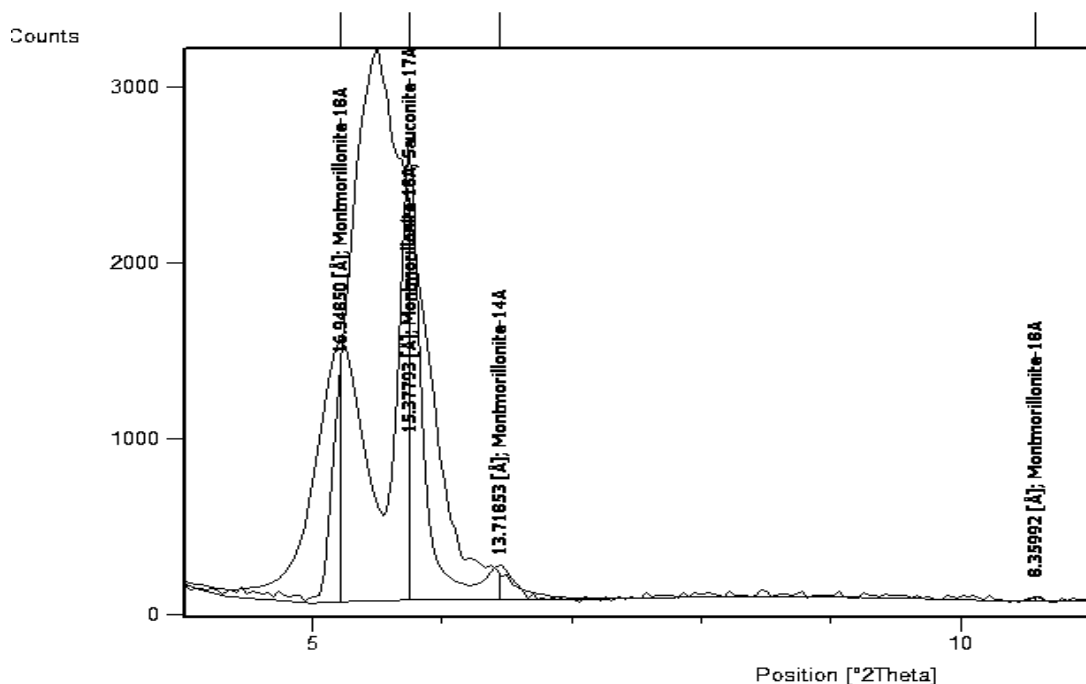


Figure 14. Diffractogramme de la fraction argile de P4H2

3.4.5- Le fer dans le profil P4

Les résultats des analyses du fer du profil P6 (Tableau 8) indiquent que dans les deux horizons P4H1 et P4H2, le fer total est lié aux argiles qui représentent la plus grande fraction granulométrique de ce profil. Le rapport Fe L/Fetot est constant pour les deux horizons (60%) et dénote d'une bonne libération du fer qui est entraîné avec l'argile (figure 6d annexe), l'entraînement du fer est un peu plus accentué que celui du fer ; IDT = 1,1 et lfe= 1,3 (tableau 7 annexe). Cet entraînement est un peu masqué par la forte proportion d'argile dès le premier horizon A. La matrice, paraît toute imprégnée d'argile sauf par endroits, des nodules argilo-ferriques apparaissent. Probablement à cause d'erreurs de manipulation , on note un taux de fer libre plus élevé que le fer total dans la fraction de sable fin de P4H1 ainsi que des taux de fer trop faible dans la fraction limoneuse de P4H2.

Tableau 8. Résultats des analyses du fer dans le profil P4

	Fer libre(%)	Fer total(%)	Fe libre/Fe tot*100	Fe tot /A*100	Fe libre/A*100
P4H1	1	1,56	64,1	2,7	1,7
A	0,2	0,88	22,7		
LF+LG	0,02	0,41	4,9		
SF	0,4	0,36	111		
SG	0,4	0,46	87		
P4H2	1,3	2,06	63,1	3	1,9
A	0,22	0,9	24,4		
LF+LG	0	0	0		
SF	0,22	0,41	53,6		
SG	0,22	0,46	48		

3.4.5- Classification

Dans la classification WRB, une texture plus fine que limonosableuse (A) et un taux d'argile supérieur à 8% en général avec un taux supplémentaire de 8% au moins d'argile par rapport à l'horizon subjacent qui a plus de 40% d'argile , montre que l'horizon de subsurface du profil P4 est un **horizon argique (Bt)**.

Les sols qui ont un horizon argique avec une CEC supérieur ou égale à 24 cmol kg⁻¹ dans cet horizon même ou à 50cm à partir de sa limite supérieure (tableau 5 annexe) sont des **Luvisols**.

De même, le taux de carbonate de calcium de la fraction fine supérieur à 15% avec une épaisseur de cet horizon >15cm confirme la présence de l'horizon calcique (Bk).

Le profil P4 est donc classé comme **Calcic Luvisol (Anthric, clayic, ferric, chromic, duric)** dans la classification WRB. Il correspond au *calcic haploxeralf* dans la classification USDA et au *sol rouge fersiallitique peu lessivé à accumulation calcaire* dans la classification CPCS.

En conclusion, Le profil P4 (Figure 15) est un sol à accumulation d'argile très importante (montmorillonite) décarbonaté, sur une forte accumulation de calcaire en profondeur.

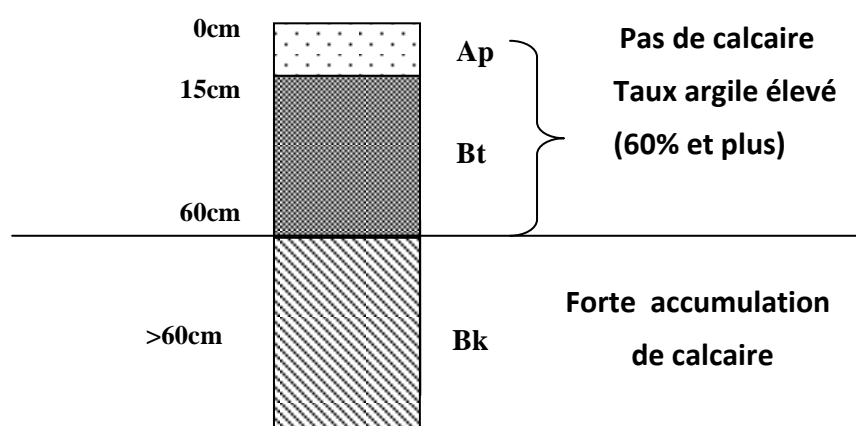


Figure 15. Représentation schématique du profil P4

3.5- Profil P5

3.5.1- Description morphologique

C'est un sol rouge situé sur une parcelle de céréales en jachère dans le plateau du Sersou (Photo 11).

Coordonnées UTM: x = 1° 24' 49" E y = 35° 24' 49" N z = 938 m

Situation : Barrage de Dahmouni

Pente : <5%

Géomorphologie : plateau

Lithologie : Conglomérats calcaires

Végétation : Jachère travaillée

00-20cm : Ap, sec, couleur humide brun, 5YR 4/4, forte charge caillouteuse, texture limono-argilo-sableuse, structure grumeleuse, meuble, friable, matière organique décelable, racines nombreuses, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

20-40cm : Bt, peu sec, couleur humide rougeâtre, 2,5YR 3/4, texture argileuse, structure polyédrique, chenaux, activité biologique appréciable, racines nombreuses et fines, compact, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

40-60cm:Bk1, **encroûtement calcaire**, clair, sec, structure feuilletée, peu compact, très forte effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

>60cm : Bk2, **dalle calcaire**, sec, blanchâtre, structure feuilletée, compact, très forte effervescence à l'HCl.

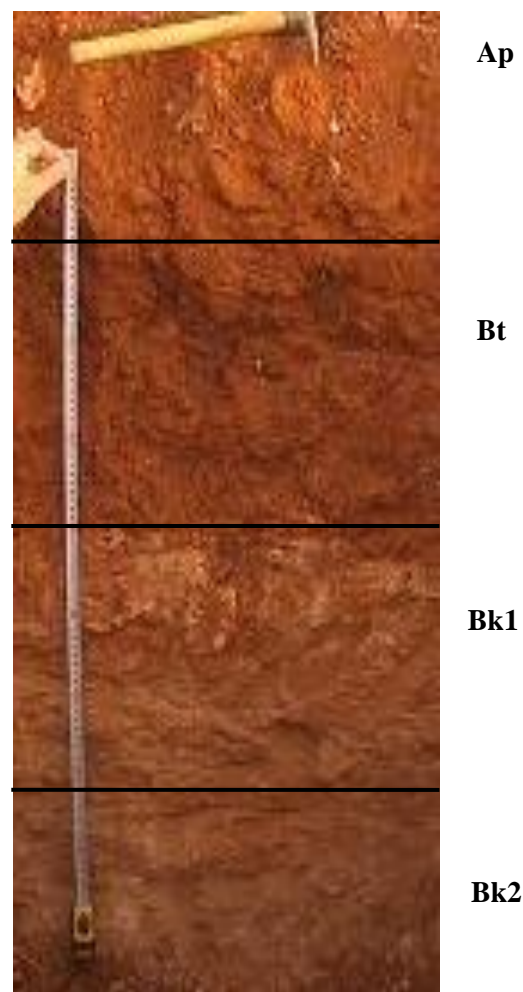


Photo 11. Profil P5

3.5.2- Caractéristiques physiques et chimiques

Les résultats des analyses physiques et chimiques du profil P5 (tableau 9) indiquent que ce profil brun rougeâtre (2,5YR dans le Bt) d'une épaisseur >120cm est limité à 40 cm par l'horizon d'accumulation de calcaire. Les horizons de surface sont décarbonatés avec une accumulation en profondeur (Bk). La texture assez équilibrée dans l'horizon agricole Ap devient argileuse dans le deuxième horizon ou horizon d'accumulation d'argile Bt. Les pH sont alcalins (8). Le taux de matière organique varie de 3,2 à 1,8 %. La CEC est de 19 et de 28 cmole/ Kg de sol. Le complexe adsorbant est saturé en bases échangeables (100%), leur distribution est à dominance de Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺. Le taux de fer total n'est pas élevé 1,6 et 2,2 % dans le Bt, il se situe au même niveau que celui du profil P4.

Tableau 9: Résultats des analyses physico chimiques du profil P5

Profondeur (cm)	00-20	20-40	40-60	120
Horizons	Ap	Bt	Bk1	Bk2
Granulométrie:				
A %	31,2	68,5		
LF %	10,4	5,2		
LG %	26,3	3,2		
SF %	20,4	14,4		
SG %	11,7	8,5		
Classe texturale	LAS	A		
pH	8,2	8		
Calcaire total (%)	0	0	45	50
Azote total	0,05	0,09		
Matière organique (%)	3,25	1,85		
CE(ds/m)	0,25	0,73		
CEC(cmole/Kg de terre)	19,32	28,12		
Bases (cmol/Kg terre)				
Na ⁺	1,72	4,4		
K ⁺	1,55	2,22		
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	16,05	21,5		
S/T*100	100	100		
Fer total (%)	1,63	2,24		
Fer libre(%)	1,25	1,3		

3.5.3- Micromorphologie

Sur la photo 12 a, b et c, nous pouvons observer des vues de lames minces au microscope optique de l'horizon P5H2. La structure est incomplète, moyennement développée. Les vides sont en chenaux et chambres (20%). La masse basale est dominée par la fraction fine (c/f : 25/75). Les pédotraits sont des accumulations claires d'argile autour des vides, foncés par endroits et sous formes de nodules ou en remplissage des vides dans certains endroits.

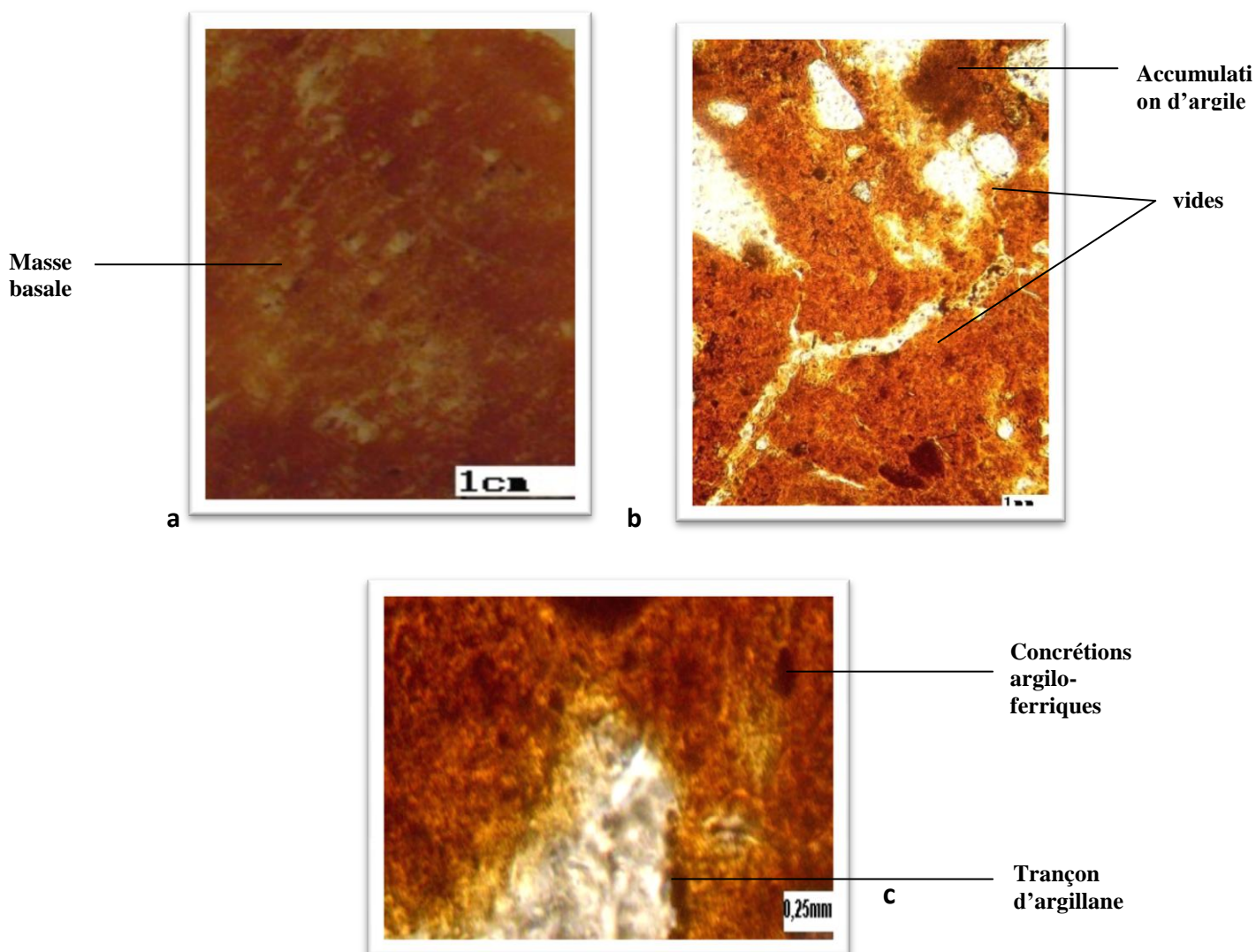


photo 12 a, b , c. Vues détaillées d'une lame mince de P5H2
a.échelle réelle b . échelle 1/10 c. échelle 1/40

3.5.4- Minéralogie des argiles (Profil P5)

Les diffractogrammes X de la fraction argile du profil P5 (figures 16 et 17) indiquent un cortège minéralogique composé de sauconite, montmorillonite et illite. La montmorillonite est expansible à 18Å dans le premier horizon.

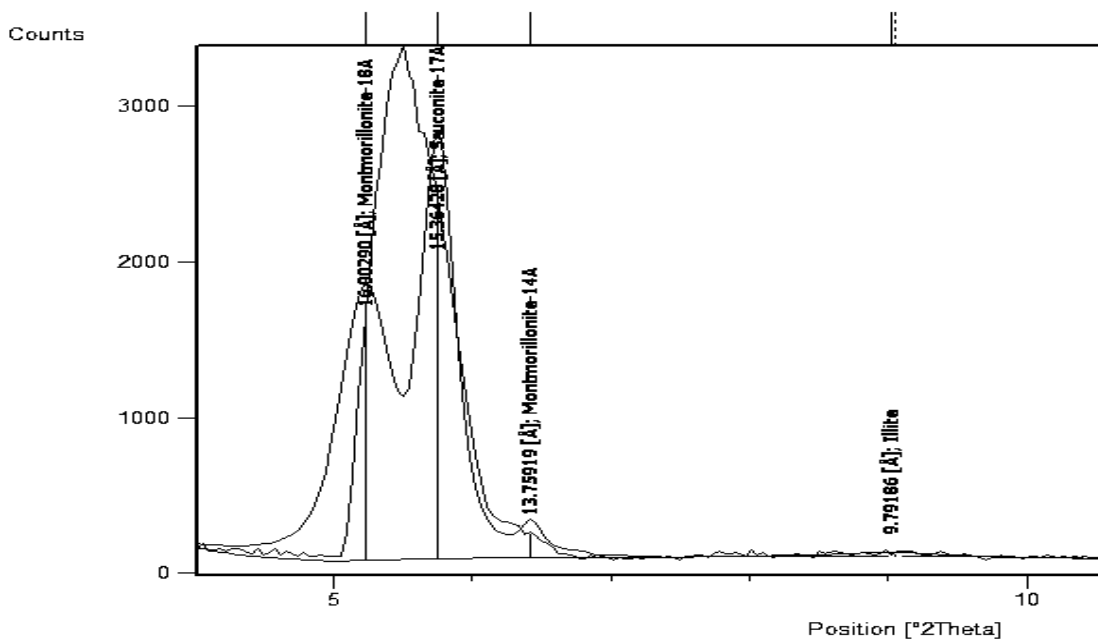


Figure 16. Diffractogramme de la fraction argile de P5 H1

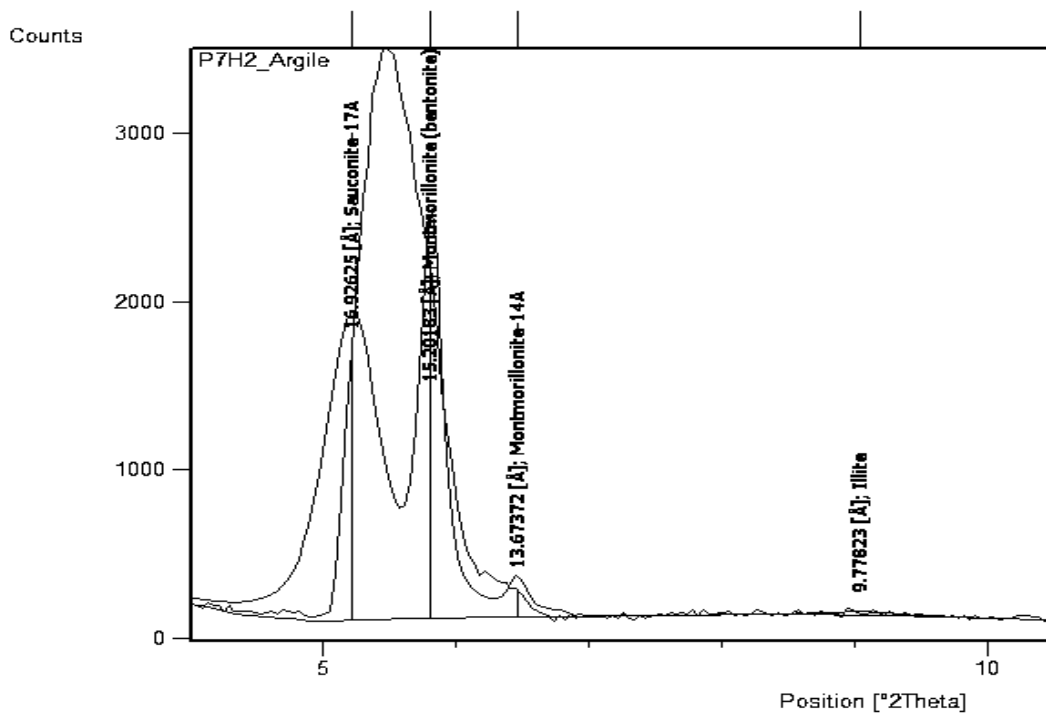


Figure 17. Diffractogramme de la fraction argileuse de P5H2

3.5.5- Le fer dans le profil P5

Les résultats des analyses du fer du profil P5 (Tableau 10) montre que le fer total se retrouve associé à l'argile, qui représente presque 70% de la fraction granulométrique. De cette manière, il est entraîné vers l'horizon sous jacent (figure 6 annexe). Le tableau 7 dans l'annexe indique un indice de différenciation total important (2,2) et un indice d'entraînement du fer total moyen (1,37). Ce qui confirme qu'une partie du fer est associée à la fraction sableuse. La structure relativement perméable de l'horizon de surface a favorisé le lessivage des particules les plus fines. D'autre part, ce profil paraît plus développé avec une bonne altération fersiallitique ($FeL/FeTot >60\%$).

Tableau 10. Résultats des analyses du fer dans le profil P5

	Fer libre(%)	Fer total(%)	Fe libre/Fe tot*100	Fe tot /A*100	Fe libre/A*100
P5H1	1,25	1,63	76,7	5,22	4
A	0,26	0,88	29,5		
LF+LG	0,02	0,44	4,5		
SF	0,31	0,34	91,1		
SG	0,3	0,65	46,1		
P5H2	1,3	2,24	58	3,27	1,9
A	0,16	0,9	17,8		
LF+LG	0,24	0,32	75		
SF	0,32	0,4	80		
SG	0,31	0,73	42,4		

3.5.6-Classification

Pour ce profil (P5), l'entraînement et l'accumulation de l'argile dans l'horizon de subsurface est bien visible. D'après la classification WRB, un horizon qui a une texture plus fine que limonosableuse (Argileuse) et un taux d'argile supérieur à 8% en général avec un taux supplémentaire de 8% au moins d'argile par rapport à l'horizon suçant qui a plus de 40% d'argile, montre que nous sommes en présence d'un **horizon argique (Bt)**.

Les sols qui ont un horizon argique avec une CEC d'argile supérieur ou égale à 24 cmol kg⁻¹ dans cet horizon même ou à 50cm à partir de sa limite supérieure (tableau 5 annexe) sont des **Luvisols**.

En profondeur, le taux de carbonate de calcium de la fraction fine supérieur à 15% avec une épaisseur de cet horizon >15cm indique la présence d'un **horizon calcique (Bk)**.

Le profil P5 est donc classé comme **Calcic Luvisols (Anthric, epiclayic, ferric, chromic, duric)** selon la classification WRB. Ce qui correspond à un Calcic haploxeralf dans la classification USDA et un sol rouge fersialitique peu lessivé à accumulation calcaire dans la classification CPCS.

On conclue que le profil P5 présente les mêmes caractéristiques générales que les deux profils du plateau de Sersou (P1 et P4). Une partie superficielle décarbonaté, rouge, dotée d'un horizon d'accumulation d'argile de type 2.1 et du fer (Figure 18) sur un horizon de couleur clair, relativement imperméable et riche en calcaire (Bk).

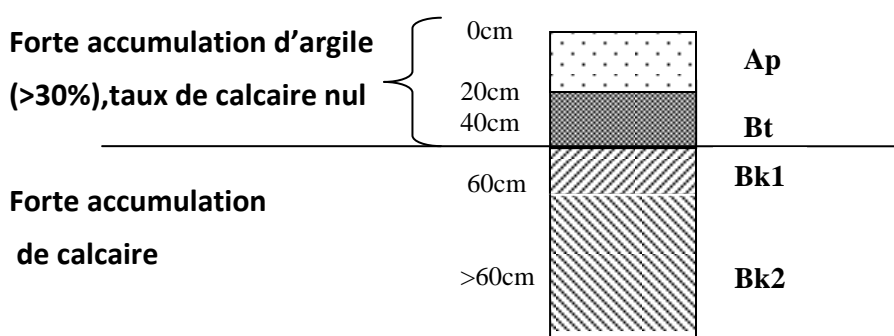


Figure 18. Représentation schématique du Profil P5

3.6- Synthèse des caractères morphopédologiques et analytiques des profils

Les caractéristiques morphopédologiques ont mis en évidence une nette différence entre les profils du plateau du sersou (P1, P4, P5) avec ceux des collines de Tagdempt (P2 et P3) (Figure 19). L'influence de la nature de la roche mère est particulièrement marquée dans ce milieu. Ainsi, sur substrat calcaire, les profils P1, P4 et P5 présentent un ou deux horizons d'accumulation de calcaire sous des horizons complètement décarbonatés. Ils sont de profondeur limitée, de couleur rougeâtre, l'horizon Bt est très argileux, avec un indice de différenciation texturale faible à moyen (tableau 7 annexe). Le complexe adsorbant est saturé

en bases et engendre ainsi, une alcalinité du milieu ($\text{pH} = 8$). Nous sommes en présence d'une décarbonatation, première condition à la rubéfaction et une accumulation de calcaire en profondeur. La microstructure au niveau du Bt n'est pas très développée, la matrice paraît imprégnée de la phase fine composée d'argile ferrique de couleur rougeâtre dans P5 et plus claire dans P1 et P4 ainsi qu'elle s'accumule autour des pores. La nature minéralogique de cette argile est de types 2/1: des smectites type montmorillonite expansible à 14 Å et 18 Å, la sauconite et l'illite. Ce type d'argile est d'ailleurs le plus abondant dans les sols des régions tempérées (Robert, 1975). Dans la classification WRB, les profils P1, P4 et P5 sont des **Calcic Luvisol (Anthric, clayic, ferric, chromic, duric)**.

Les profils P2 et P3, formés sur substrat non calcaire (grès conglomératique), sont parfois très profonds et parfois très superficiels. Ils ne sont pas calcaires et ils sont de couleur plus rouges mais moins riches en argile avec des indices de différenciation texturale plus élevés (tableau 7 annexe). Le complexe adsorbant est également saturé en bases avec prédominance de calcium et magnésium. La microstructure (microaggrégation des argiles) qui non seulement caractérise les sols rouges fersiallitiques mais aussi favorise la rubéfaction (Michalet et al, 1993) est représentée mais pas très accentuée dans les lames minces de l'horizon Bt des profils P2 et P3, ainsi que se notent les dépôts d'argile (cutanes) de couleur foncée autour des pores. D'après les travaux de Bottner, 1971, Robert et al, 1981 cités par Michalet et al, 1993 sur des sols rouges méditerranéens, l'argile et la ferrhydrite qui est le précurseur de l'hématite forment des microaggrégats qui se joignent pour former des micropores dans des microaggrégats plus grands.

Cette microstructure se constitue quand l'activité de l'eau diminue (déshydratation), la ferrhydrite présente dans la matrice des micropores cristallise en hématite. L'entraînement du fer conjointement aux particules d'argile (essentiellement de la montmorillonite) est favorisé par la bonne structure conditionnée par la forte proportion de la fraction sableuse. Lahmar, 1988 affirme que le maintien d'une couverture de sol épaisse et différenciée sur des pentes fortes sous climat méditerranéen est expliqué par la forte porosité engendrée par une excellente aggrégation qui facilite avec la végétation, la percolation des eaux. Les profils P2 et P3 sont des **Haplic Luvisol (Humic, rhodic, ferric, chromic, duric)** selon la classification WRB.

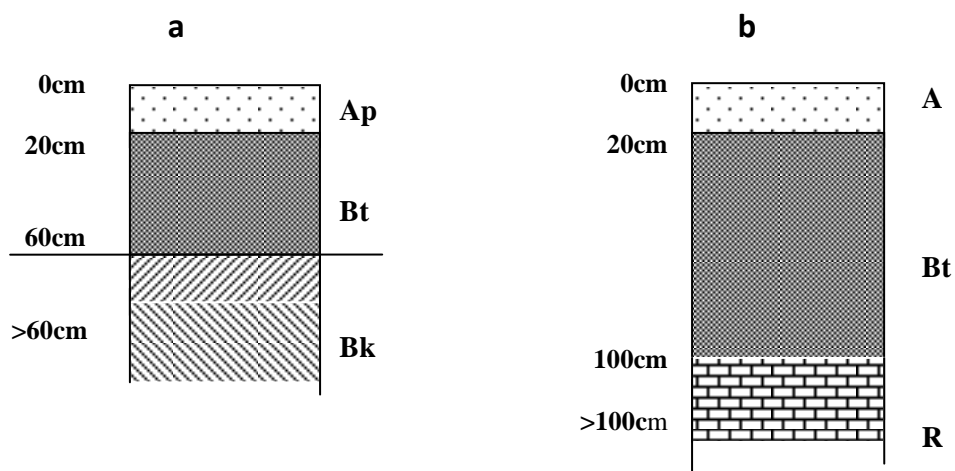


Figure 19. Représentation schématique des profils du plateau (a) et des profils de la colline (b)

3.7-Le fer dans le sol

Les résultats des analyses du fer total et du fer libre dans chaque échantillon et dans chaque fraction granulométrique (Argile, limons, sable fin, sable grossier) sont présentés dans le tableau 11. Ce dernier comporte également les rapports des taux de Fe_{libre}/Fe_T , Fe_T/A et le FeL/A calculés.

Tableau 11. Résultats de l'analyse du fer total et du fer libre (dans les échantillons et dans les fractions)

%	FeTech	FeLech	FeL/FeT	FeT/A	FeL/A	FeT (A)	FeL(A)	FeL/FeT (A)	FeT (L)	FeL(L)	FeL/FeT (L)	FeT (SF)	FeL (SF)	FeL/FeT (SF)	FeT (SG)	FeL (SG)	FeL/FeT (SG)
P1H1	1,6	1	62,5	3,4	2,14	0,9	0,25	27,8	0,36	0,24	66,7	0,36	0,25	69,4	0,4	0,3	75
P1H2	1,7	1,2	70	2,5	1,8	-	-	-	0,45	0,22	49	0,34	0,22	64,7	0,3	0,23	76,7
P2H1	0,62	0,5	80,6	4	3,26	0,85	0,65	76,5	0,2	0,03	15	0,35	0,35	100	0,24	0,1	41,7
P2H2	1,9	0,61	32,1	5,2	1,7	0,8	0,27	33,8	0,46	0,2	43,5	0,26	0,23	88,4	0,18	0,17	94,4
P2H3	1,56	0,61	39,1	6,1	2,4	0,9	0,42	46,7	0,4	0,2	50	0,3	0,2	66,7	0,4	0,12	30
P3H1	1,9	0,41	21,6	9	2	0,86	0,33	38,3	0,45	0,4	89	0,27	0,2	74	0,19	0,12	63,15
P3H2	2,34	1,15	49,1	5	2,4	0,9	0,12	13,3	0,43	0,02	4,7	0,22	0,12	54,5	0,2	0,15	75
P4H1	1,56	1	64,1	2,7	1,7	0,88	0,2	22,7	0,41	0,02	4,9	0,36	0,4	111	0,46	0,4	87
P4H2	2,06	1,3	63,1	3	1,9	0,9	0,22	24,4	-	-	-	0,41	0,22	53,6	0,46	0,22	48
P5H1	1,63	1,25	76,7	5,22	4	0,88	0,26	29,5	0,44	0,02	4,5	0,34	0,31	91,1	0,65	0,3	46,1
P5H2	2,24	1,3	58	3,27	1,9	0,9	0,16	17,8	0,32	0,24	75	0,4	0,32	80	0,73	0,31	42,4

3.7.1-Le fer dans les échantillons

Sur la base des résultats présentés dans le tableau 11, nous discuterons les taux du fer total, du fer libre, leur relation avec les fractions granulométriques et, enfin, la relation entre le fer libre et le fer total.

3.7.1.1- Le fer total

Les taux de fer total varient entre 0,6 et 2,3 % (tableau 11). Les taux les plus élevés sont observés dans les horizons Bt (figure 20) et en particulier dans les profils P3 et P5 (figure 6 annexe). L'indice d'entraînement du fer calculé pour les cinq profils varie d'un maximum de 3,06 (P2) à un minimum de 1,06 (P1) avec une moyenne de l'indice de 1,6 (tableau 7annexe). D'autre part, le rapport du fer total/taux d'argile est faible (figure 21). Il atteint un maximum de 9% dans l'échantillon P3H1, qui est un horizon relativement peu argileux (21%). Tout compte fait, le rapport du fer sur l'argile ne renseigne pas assez sur la relation du fer total avec cette fraction granulométrique. Pour mieux comprendre la dynamique du fer, nous avons établis des corrélations (relation linéaire) entre le fer et chaque fraction granulométrique grâce à un programme informatique (*Origine 5.0*) et nous avons déduits les conclusions suivantes en nous basant sur des travaux de statistiques (Aïvazian, 1970; Protassov, 2002).

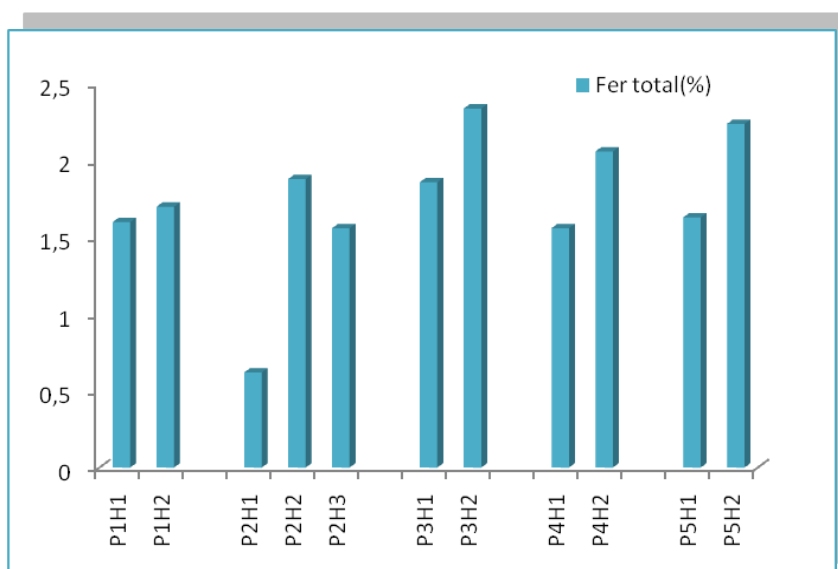


Figure 20. Distribution du fer total dans les échantillons

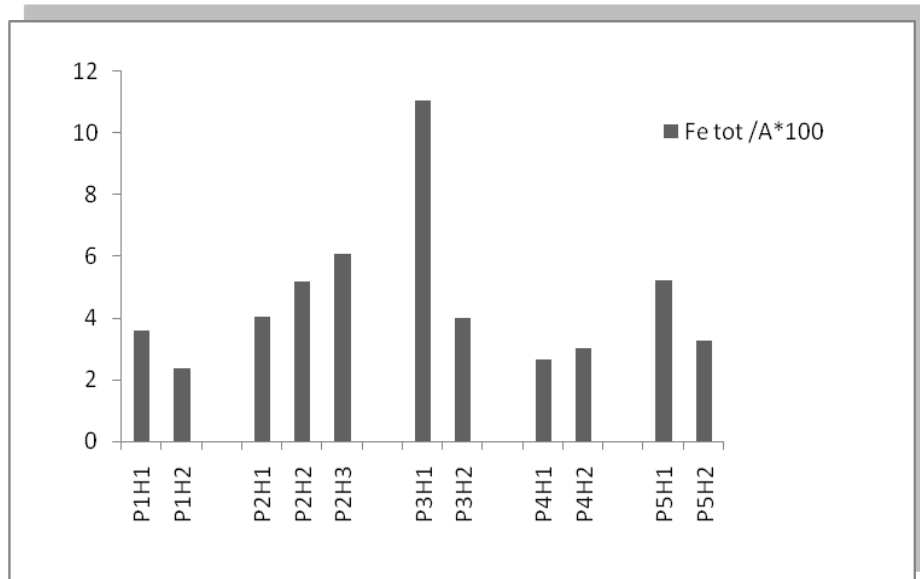


Figure 21. Variation du fer total/ argile%

-Relation du fer total avec les fractions granulométriques

La corrélation du fer total avec le taux d'argile n'est pas statistiquement significative (figure 22). Le coefficient de régression $r = 0,54$ et le degré de probabilité $P > 0,05$ (tableau 8 annexe). Malgré cela, le nuage de points reflète une tendance positive, plus le taux d'argile augmente plus le fer total augmente dans le sol.

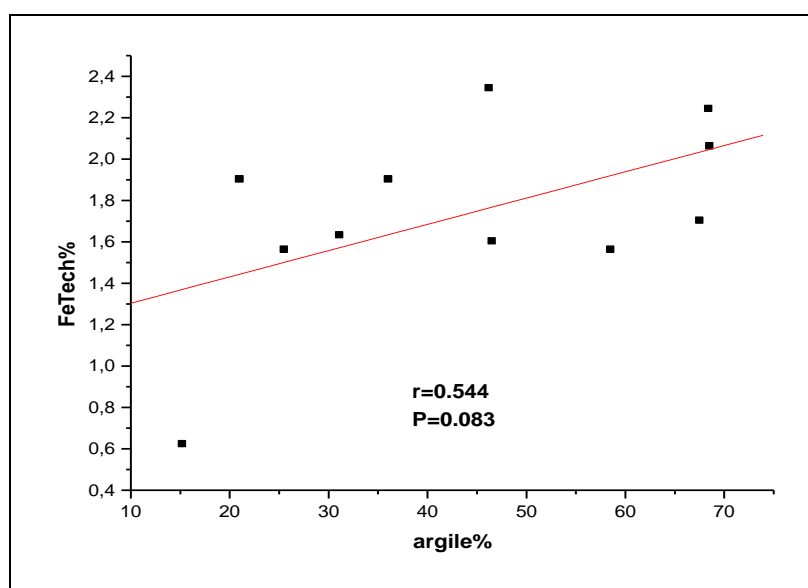


Figure 22. Relation entre le fer total et le taux d'argile

La relation entre le taux de fer total et le taux de limons n'est pas significative. Le coefficient $r = -0,255$ et $P = 0,44$ (tableau 8 annexe). La figure 23 montre une courbe de tendance négative qui signifie qu'une diminution du fer total suit dans une certaine mesure l'augmentation du taux de limons.

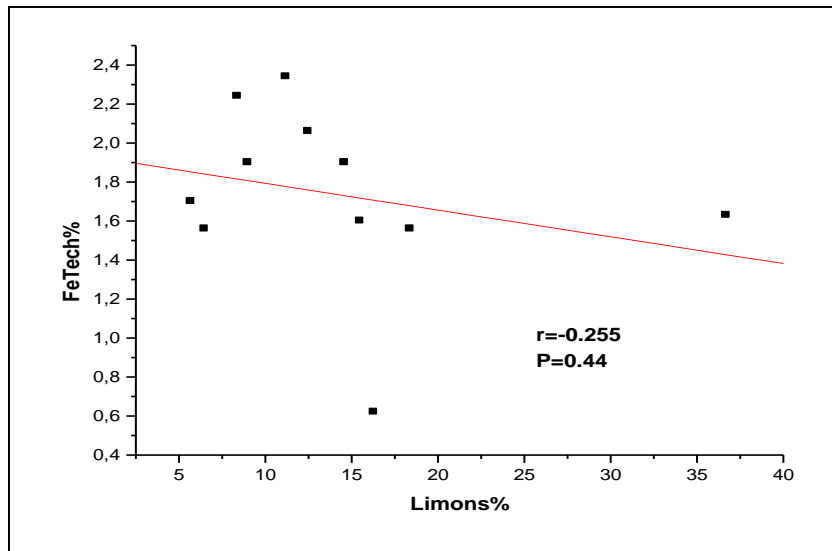


Figure 23. Relation entre le fer total et le taux de limons

La relation entre le fer total et le sable fin est significative, $r = -0.653$, $P = 0.02$ (tableau 8 annexe) mais la tendance est négative (figure 24). Le fer total a tendance à diminuer avec l'augmentation du sable fin. Ce résultat est plausible car le fer est généralement lié à la fraction fine (argile).

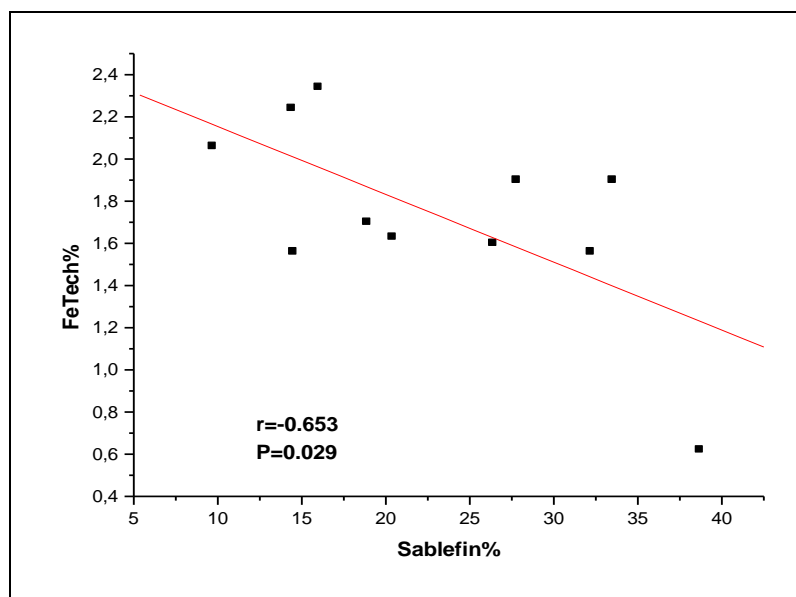


Figure 24. Relation entre le fer total et le taux de sables fins

Même si la corrélation du fer total avec le sable grossier n'est pas significative, $r=0,2$ et $P>0,05$ (Tableau 7 annexe), la figure 25 reflète une tendance légèrement négative. Ce qui signifie que le fer total diminue quand le sable grossier augmente.

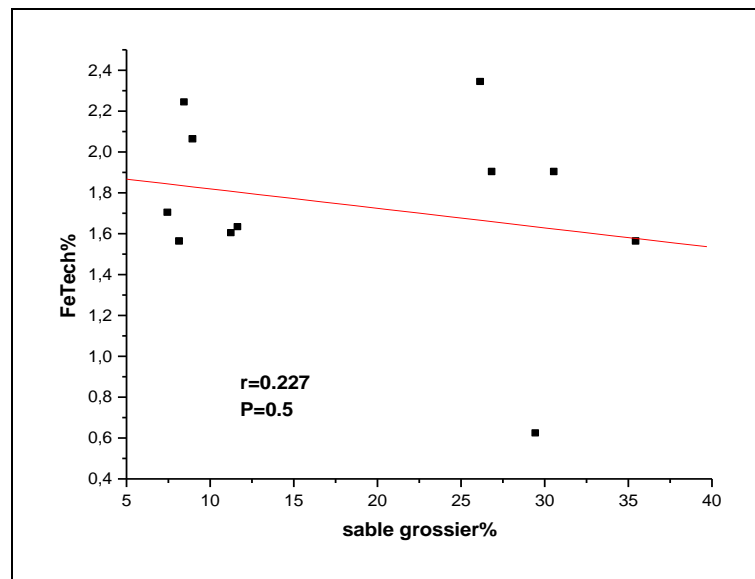


Figure 25. Relation entre le fer total et le taux de sables grossiers

3.7.1.2- Le fer libre

Les taux de fer libre varient entre 0,4 et 1,3 % (tableau 11). Dans les horizons d'accumulation d'argile Bt, le fer libre est relativement plus élevé (figure 26). L'entraînement du fer sous forme libre est visible clairement dans les profils P3 et P4. Le fer libre/ A est assez faible dans tous les échantillons, il atteint un maximum de 4% dans l'horizon P5H1 (figure 27).

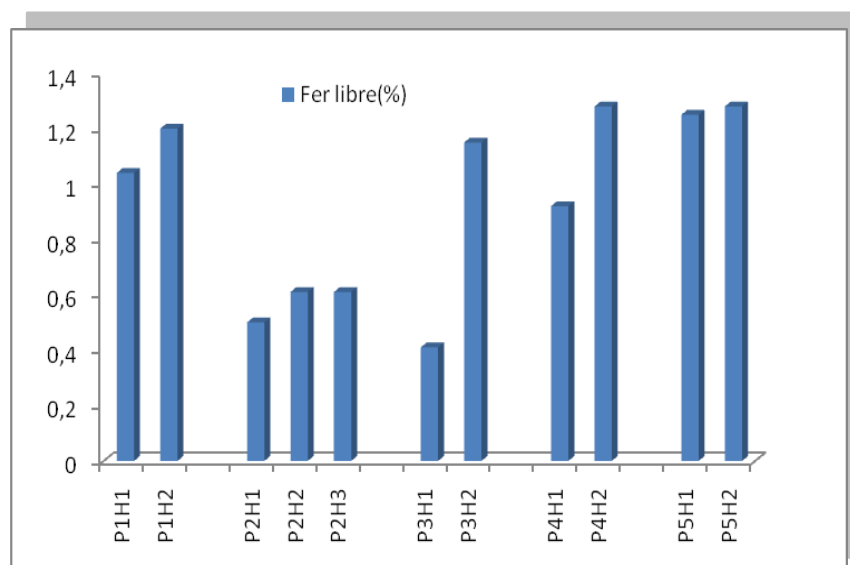


Figure 26. Distribution du fer libre dans les échantillons

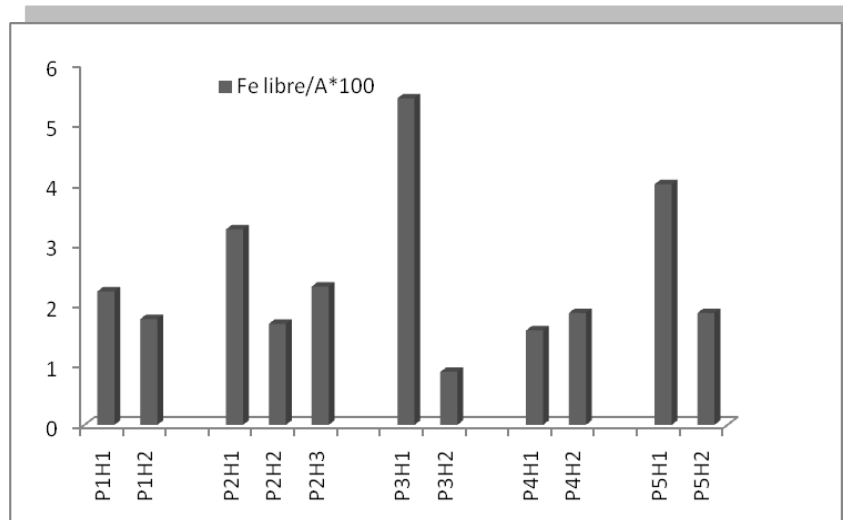


Figure 27. Variation du fer libre/ argile%

-Relation du fer libre avec les fractions granulométriques

La corrélation entre le taux de fer libre et le taux d'argile est hautement significative; $r=0,98$ et $P=0,002$ (tableau 7 annexe). En effet la figure 28 montre clairement que l'augmentation des taux d'argile s'accompagne de celle des taux de fer libre. Elle confirme la liaison du fer libre aux argiles qui favorisent son entraînement dans le profil.

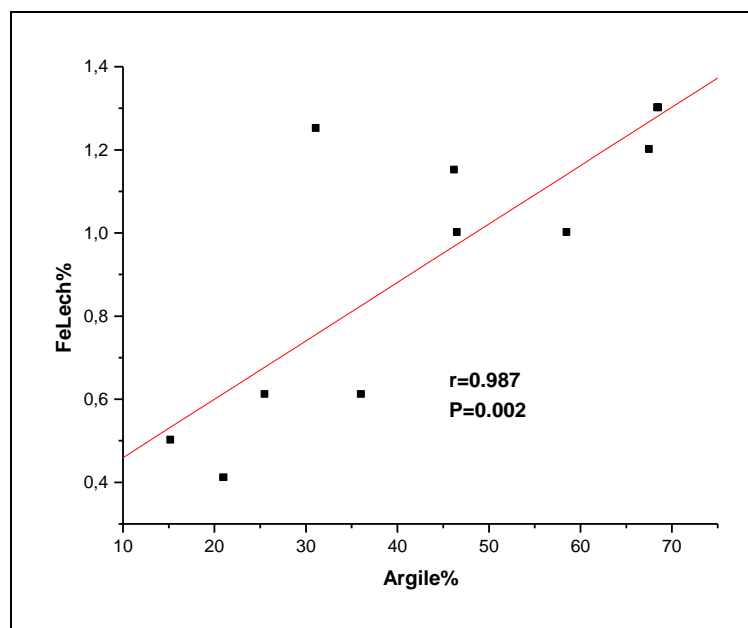


Figure 28. Relation entre le fer libre et le taux d'argiles

Cependant, le facteur limoneux ne semble pas avoir d'effet ($r=0,16$ et $P=0,6$) sur le fer libre comme le montre la figure 29.

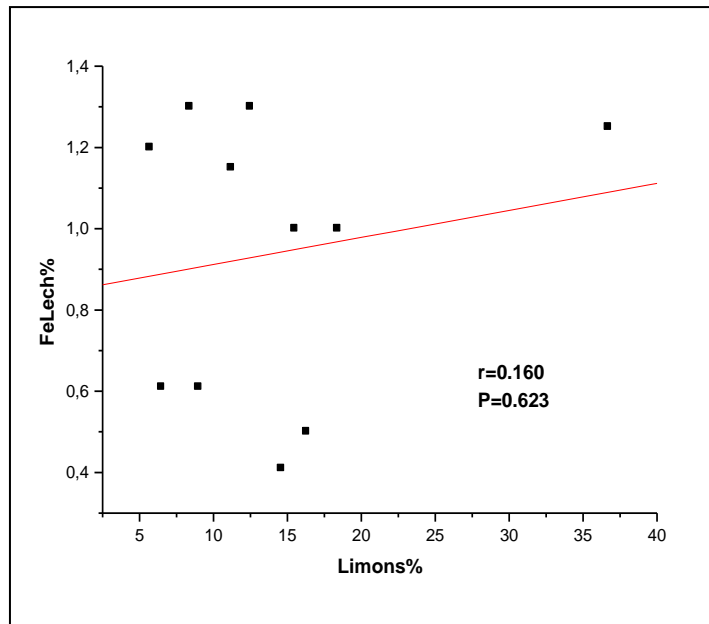


Figure 29. Relation entre le fer libre et le taux de limons

Par contre, le taux de fer libre est corrélé significativement ($r= - 0,89$; $P<0,001$) au taux de sables fins (figure 30) et également avec le taux de sables grossiers (figure 31) .La corrélation est significative ($r=- 0,82$; $P=0,001$). Cette relation signifie que plus les taux de sables augmentent et plus les taux de fer libre diminuent à l'inverse de la relation avec la fraction argileuse.

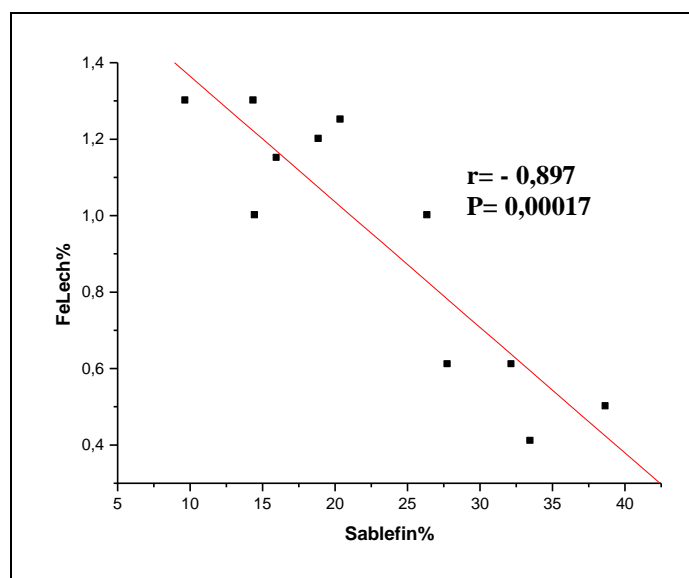


Figure 30. Relation entre le fer libre et le taux de sables fins

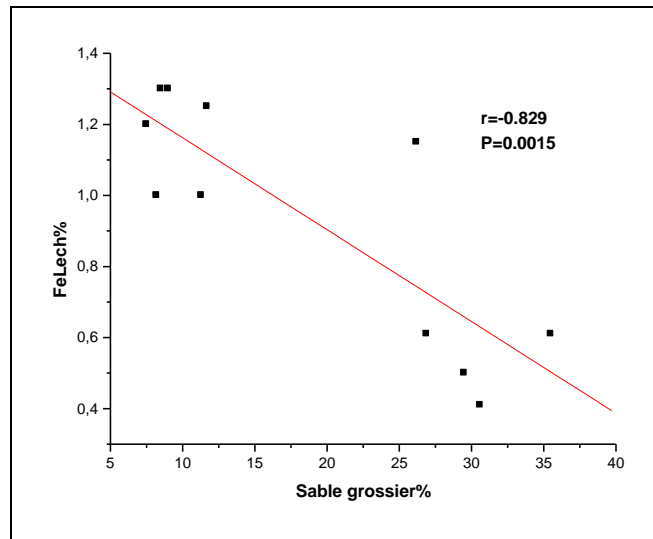


Figure 31. Relation entre le fer libre et le taux de sables grossiers

3.7.1.3- Relation entre le fer libre et le fer total

Le fer libre constitue une partie du fer total, mais la libération du fer dépend de plusieurs paramètres édapho-climatiques. Plus l'altération est intense plus le fer est libéré. La corrélation entre de ses deux formes de fer n'est pas significative, $r = 0,491$ et $P = 0,124$ (Tableau 7 annexe). Mais la courbe de tendance (figure 32) montre une légère augmentation du taux de fer libre en fonction de l'augmentation du taux de fer total. Probablement à cause d'erreurs de manipulation, on note un taux de fer libre plus élevé que le fer total dans la fraction de sable fin de P4H1.

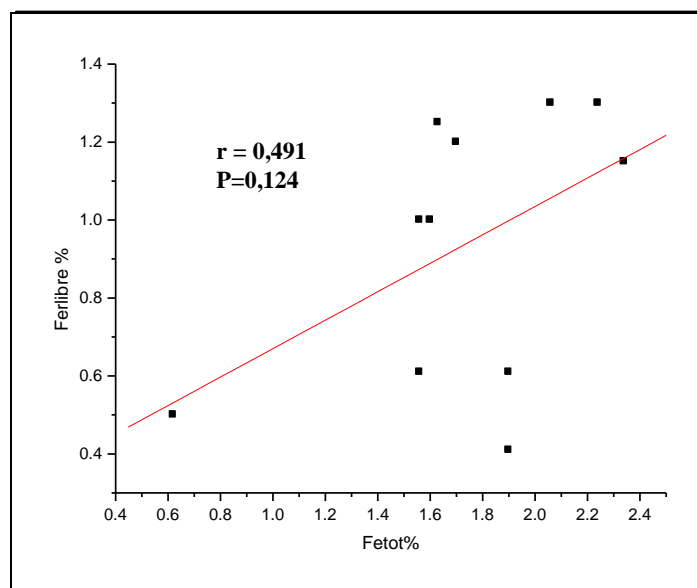


Figure 32. Relation entre le fer libre et le fer total

Les variations du fer libre suivent donc généralement les variations du fer total (figure 33). Les proportions du fer libéré est exprimé par le taux FeL/FeT. Ce rapport varie entre 21,6 et 80,6% avec une moyenne de 56,5% (figure 34).

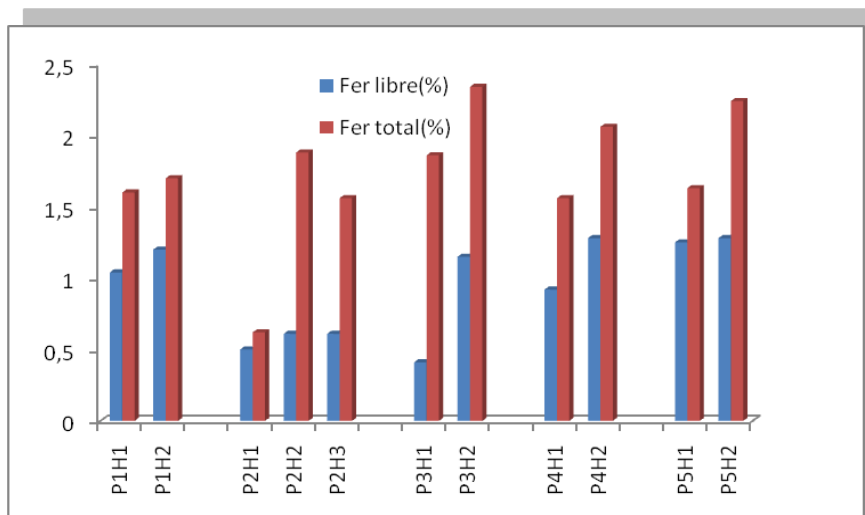


Figure 33. Distribution du fer total et du fer libre dans les échantillons

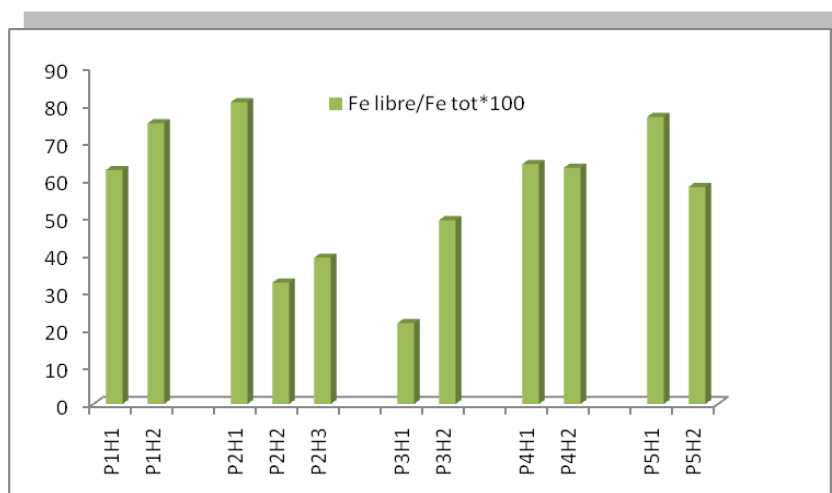


Figure 34. Variation de FeL/Fe T dans les échantillons

D'après ces résultats, il s'avère que le taux de fer total n'est pas élevé dans les sols étudiés (<2,5%), qu'il est entraîné vers l'horizon Bt en se liant à la fraction d'argile. Le taux de fer libre ne dépasse pas 1,2 % dans les échantillons de sol analysés. Il migre vers l'horizon de subsurface en s'associant aux fractions fines (argiles et limons). La libération du fer est

importante, elle atteint ou dépasse 60% dans la majorité échantillons analysés. Ce qui suppose un degré d'altération spécifique aux sols rouges fersiallitique.

3.7.2- Le fer dans les fractions granulométriques

3.7.2.1- Le fer dans la fraction argileuse

En nous référant aux résultats des analyses du fer (Tableau 11), le fer total dans la fraction argileuse est assez stable (0,8-0,9%) dans tous les échantillons d'argile (figure 35). Le fer libre est moins élevé, il constitue 25 à 30 % du fer total dans la majorité des horizons (Figure 36).

D'après la figure 37, la corrélation entre les deux formes de fer n'est pas statistiquement significative, $r = -0,348$ et $P = 0,323$ (tableau 7 annexe) et la courbe de tendance est négative.

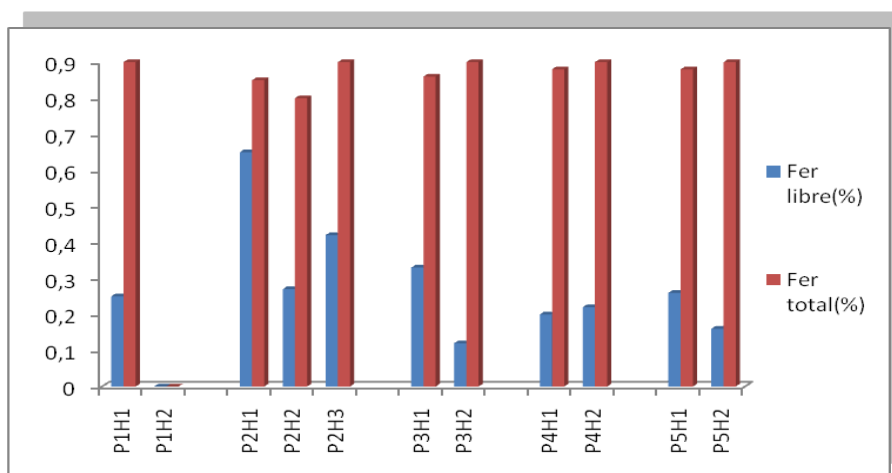


Figure 35. Distribution du fer total et du fer libre dans la fraction argileuse

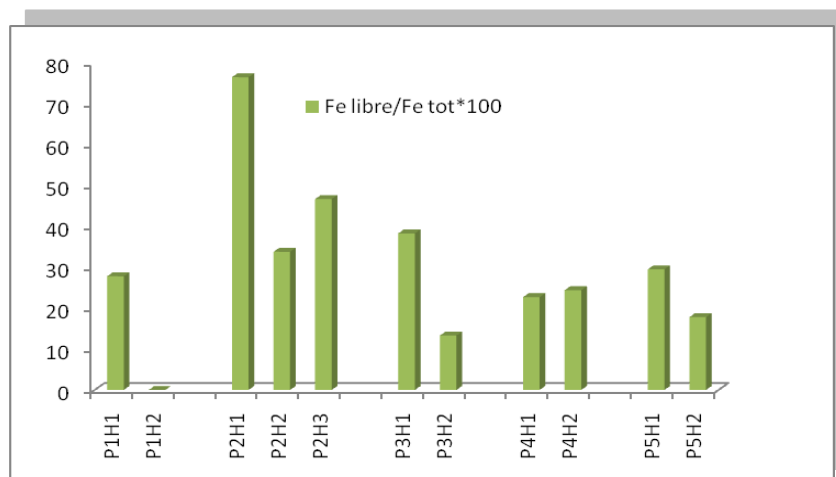


Figure 36. Variation de FeL/Fe T dans les argiles

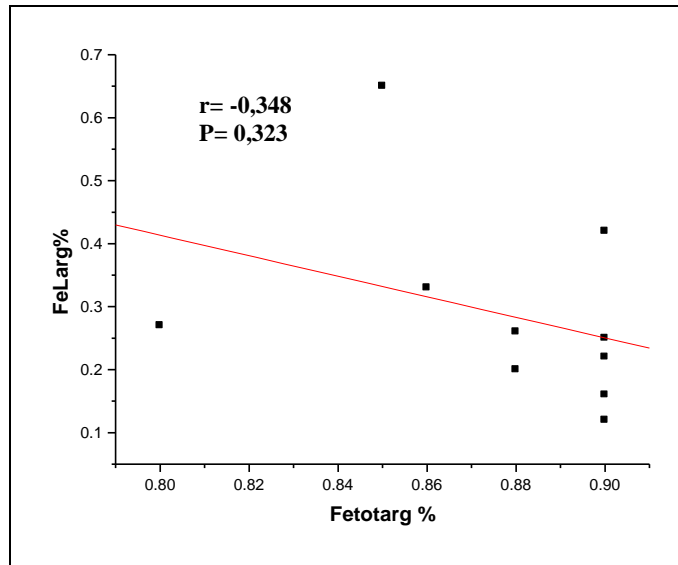
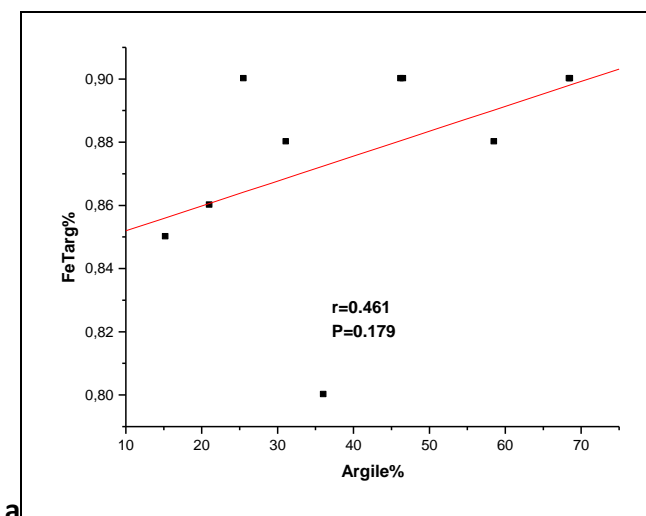


Figure 37. Relation entre le fer libre et le fer total des argiles

-Relation entre le fer total et le fer libre des argiles et le taux d'argile

La corrélation du fer total dans l'argile avec le taux d'argile (figure 38a) n'est pas significative ; $r=0,461$ et $P= 0,179$ (Tableau 7 annexe) mais la tendance est positive. Le fer augmente avec le taux d'argile. Plus l'horizon est riche en argile et plus celle ci retient du fer.

Quand au fer libre (figure 38b), il est bien corrélé avec le taux d'argile ; $r= - 0,755$ et $P= 0,01$ (Tableau 7 annexe) mais vu que le coefficient de régression r est négatif, la quantité de fer libéré par les argiles diminue avec l'augmentation du taux d'argile dans le sol.



a

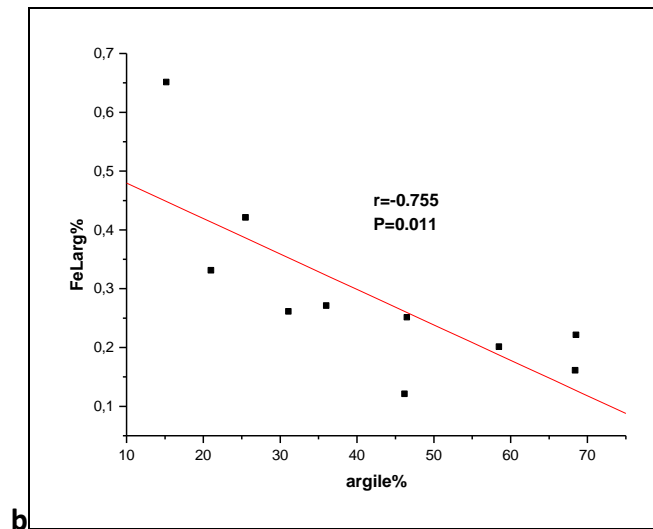


Figure 38 a, b: Relation entre le fer libre et le fer total des argiles et le taux d'argile

3.7.2.2- Le fer dans la fraction limoneuse

Le fer total lié aux limons est environ 50% moins important que celui des argiles, il varie de 0,2- 0,46% (tableau 11, figure 39). Le fer libre est en très faible quantité (<0,05% dans P2H1, P3H2, P4H1, P4H2 et P5H1). La corrélation entre fer libre et fer total est statistiquement non significative car P est supérieur à 0,05 (Tableau 7 annexe). Il reste que la tendance est positive et que les deux formes de fer varient dans le même sens (figure 40). Quand au rapport du fer libre / fer total (figure 41), il est très variable, il dépasse 60% dans P1H1, P3H1 et P5H2 et il est inférieur à 50% dans le reste des échantillons de limons.

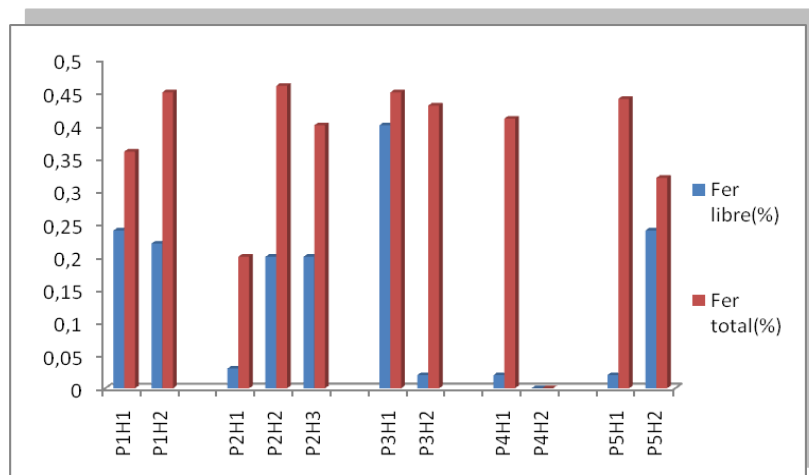


Figure 39. Distribution du fer total et du fer libre des limons

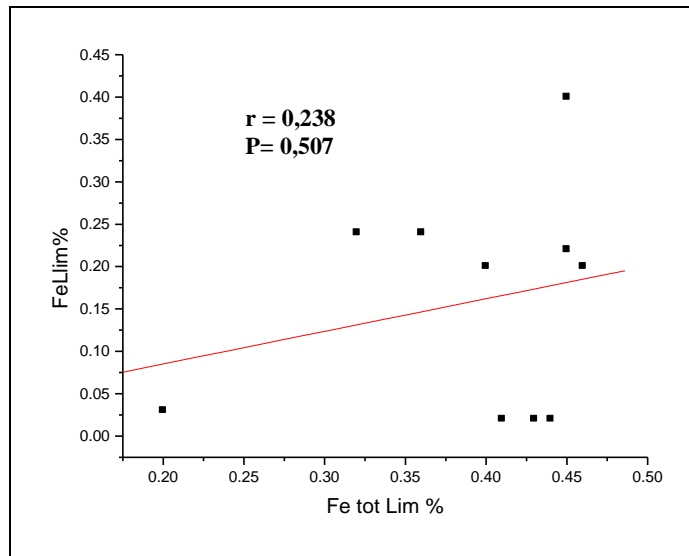


Figure 40. Relation entre le fer libre et le fer total des limons

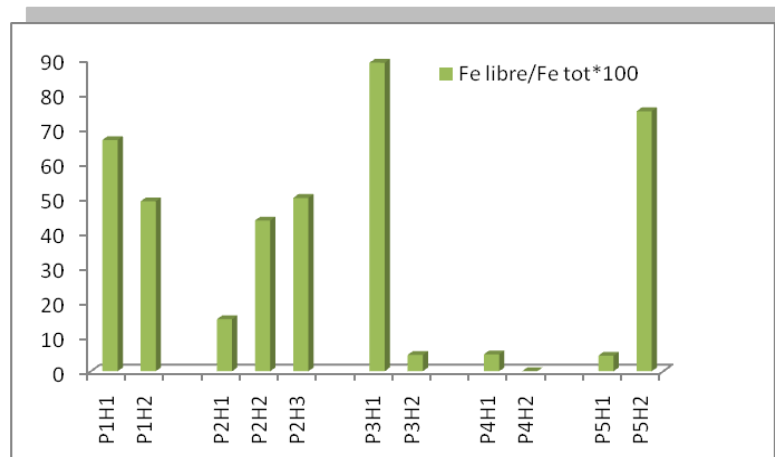


Figure 41. Variation de FeL/Fe T des limons

-Relation entre le fer total et le fer libre des limons et les taux de limons

La figure 42a montre que le fer total lié aux limons et le taux de limons dans l'horizon sont des paramètres indépendants car $r = 0,01$ et $P = 0,95$ (Tableau 7 annexe). Le fer libre dans la fraction limoneuse n'est pas lié statistiquement non plus au taux de limons ; $r = -0,46$ et $P = 0,17$ (Tableau 7 annexe). Mais la courbe de tendance (figure 42b) montre que plus le taux de limons augmente et moins le fer est libéré de cette fraction.

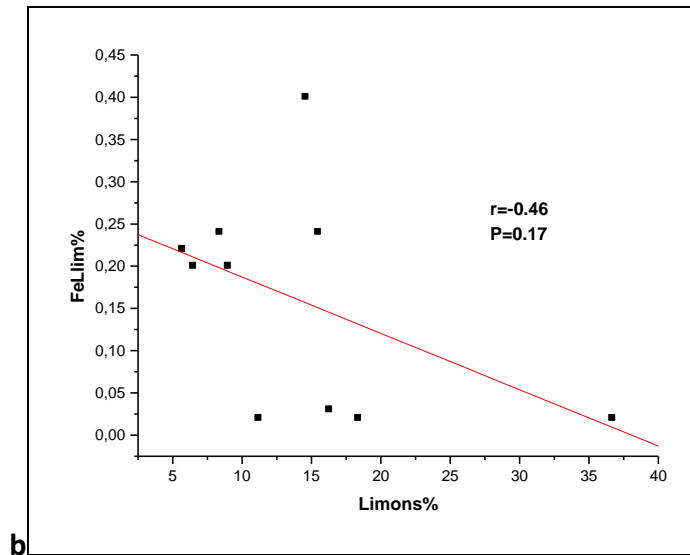
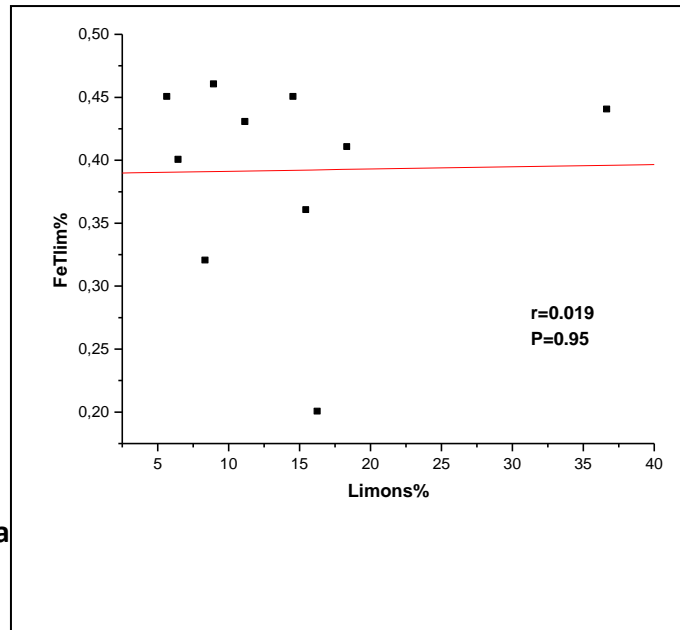


Figure 42 a, b. Relation du fer total et du fer libre des limons

3.7.2.3- Le fer dans les sables fins

Dans cette fraction granulométrique le taux de fer n'est pas élevé mais il n'est pas négligeable (figure 43). Le fer total y atteint 0,4 % et le fer libre varie entre 0,1 et 0,35% (tableau 11). Le fer libre est bien corrélé statistiquement avec le fer total (figure 44). En effet $r= 0,621$ et $P= 0,04$ (Tableau 7 annexe). Mais on note un taux de fer libre plus élevé que le fer total dans la fraction de sable fin de P4H1.

Le taux de libération du fer est assez élevé, il dépasse 60% dans presque tous les échantillons de sable fin (figure 45) et bien sûr le cas erroné de P4H1 donne un taux de $FeL/FeT > 100\%$.

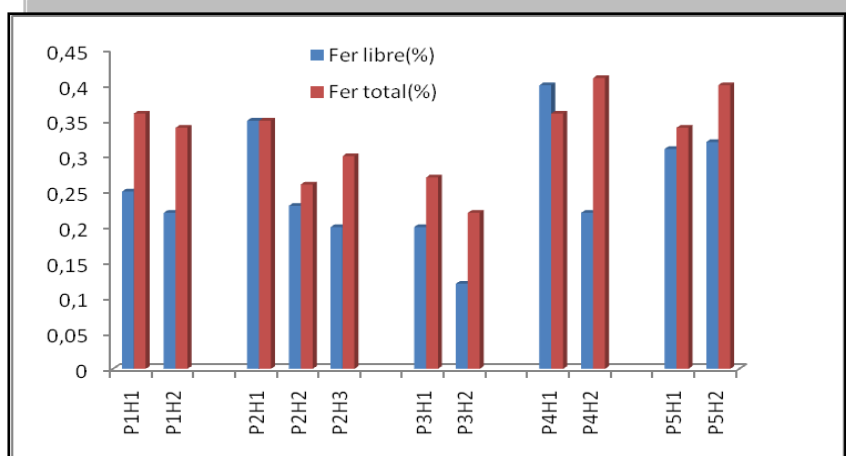


Figure 43. Distribution du fer total et du fer libre dans les sables fins

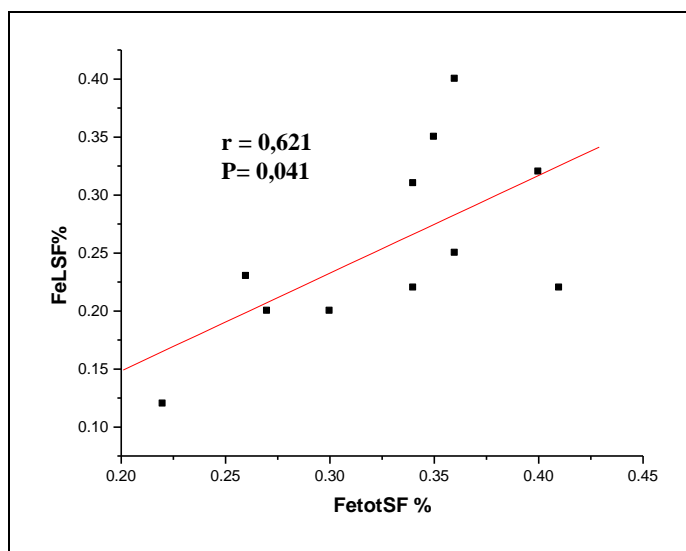


Figure 44. Relation entre le fer libre et le fer total dans les sables fins

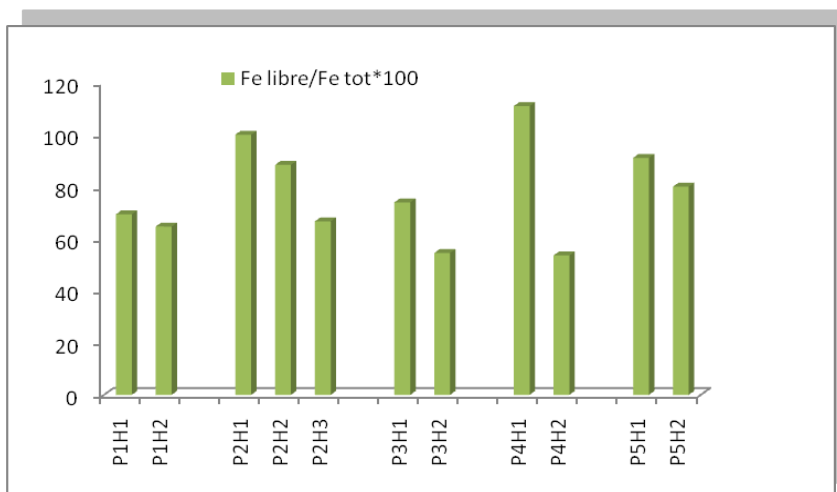


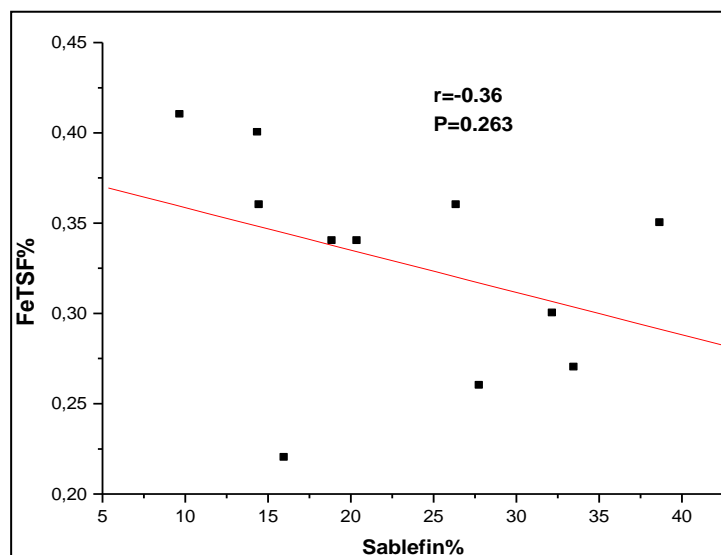
Figure 45. variation de FeL/Fe T dans les sables fins

-Effet des taux de sables fins sur les formes du fer liées à cette fraction

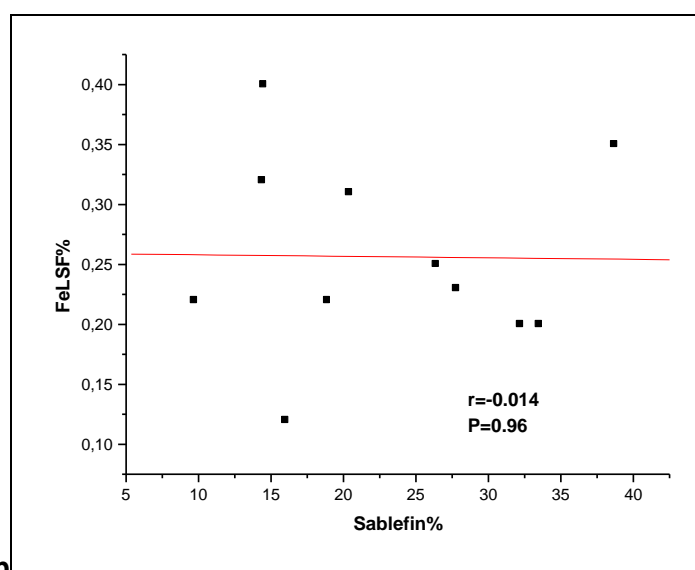
La figure 46a indique que la corrélation entre le fer total des sables fins et le taux de sables fins n'est pas statistiquement significative, $r = -0,36$ et $P > 0,05$ (Tableau 7 annexe). Néanmoins, la droite de regression indique que les taux de fer total des sables fins diminuent quand les taux de cette fraction augmentent.

En revanche, la figure 46b révèle que les taux de sables fins n'ont pratiquement aucun effet sur les taux de fer libre de cette fraction granulométrique.

En effet, $r = -0,01$ et $P = 0,96$ (Tableau 7 annexe) sont là pour confirmer que la libération du fer des sables fins ne dépend nullement de la proportion de cette fraction granulométrique dans le sol.



a



b

Figure 46 a, b. Relation entre le fer total et le fer libre des SF et le taux de SF

3.7.2.4-Le fer dans les sables grossiers

Les taux fer total des SG varient entre 0,18 et 0,73 % (tableau 11). Ils sont relativement stables sauf , dans le cas du profil P5 où ils atteignent le maximum de 0,6 et 0,7 % (figure 47). Le fer libre oscille entre 0,1 à 0,4 % (tableau 12). La figure 48 indique une corrélation entre les deux formes du fer hautement significative ; $r= 0,689$ et $P= 0,01$ (Tableau 7 annexe).

Le taux de libération du fer est supérieur à 60% ou se rapproche de ce taux dans la plus grande partie des échantillons analysés (figure 49). Ceci indique une forte libération du fer des sables grossiers.

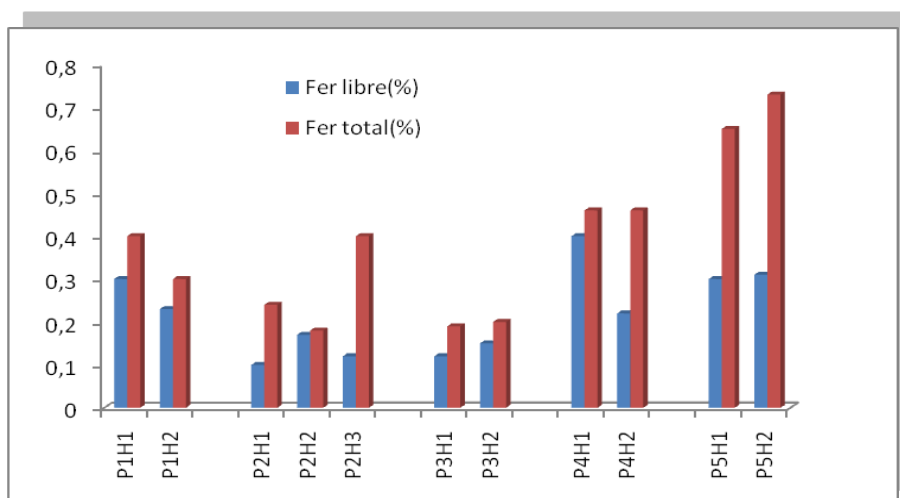


Figure 47. Distribution du fer total et du fer libre dans les sables grossiers

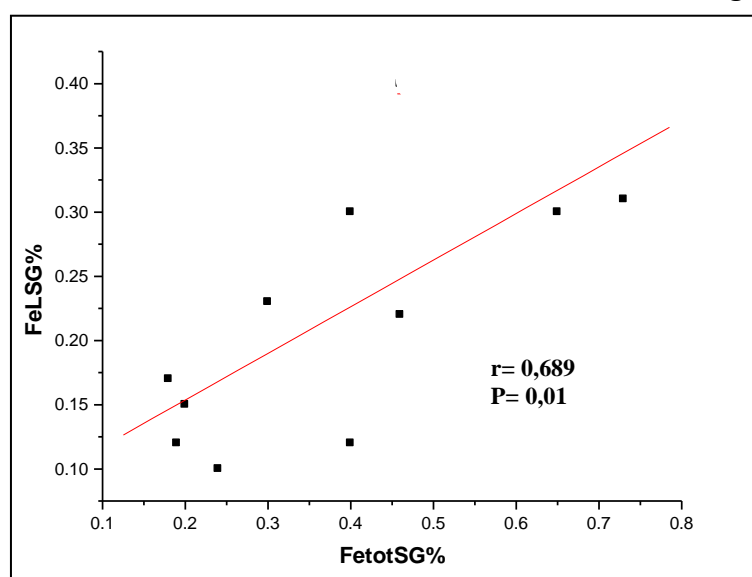


Figure 48. Relation entre le fer libre et le fer total des sables grossiers

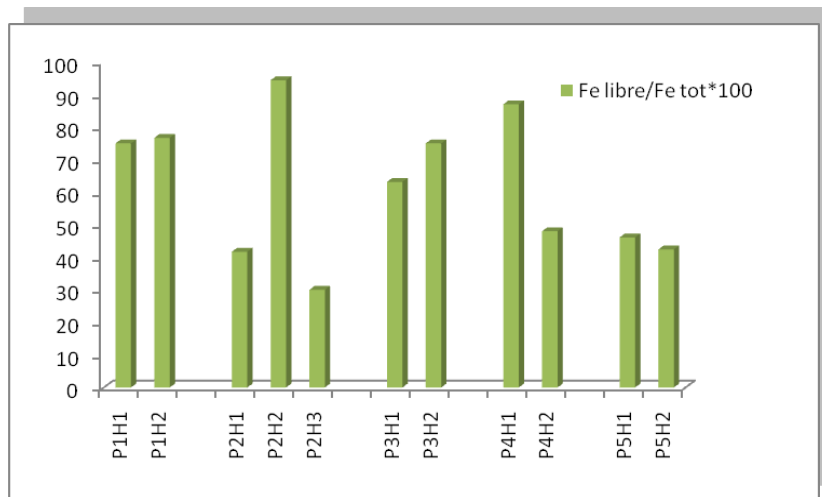


Figure 49. variation de FeL/Fe T dans les sables grossiers

-Effet des taux de sables grossiers sur les formes du fer liées à cette fraction

Le fer total et le fer libre dans les SG sont étroitement et inversement liés aux taux de SG dans le sol (figure 50 a, b). Cette relation est statistiquement significative pour le taux de fer total lié à cette fraction, $r = -0,627$ et $P = 0,03$ (Tableau 7 annexe). Ce qui signifie que plus le taux de SG augmente et plus diminue le taux de fer total. En effet, sa proportion au niveau de cette fraction diminue car la structure du sol devient plus filtrante et le fer migre plus facilement et se dépose avec les particules plus fines telles que les argiles et les limons fins. Comme le fer est facilement libéré de cette fraction (figure 49), la forme libre est la forme la plus adéquate pour la migration du fer le long du profil. De cette manière, plus le taux de sables grossier augmente, plus le taux de fer libre lié à cette fraction se raréfie. Donc, ceci explique la relation statistiquement très hautement significative de cette forme de fer avec le taux de sable grossier, $r = -0,857$ et $P = 0,0007$ (Tableau 7annexe).

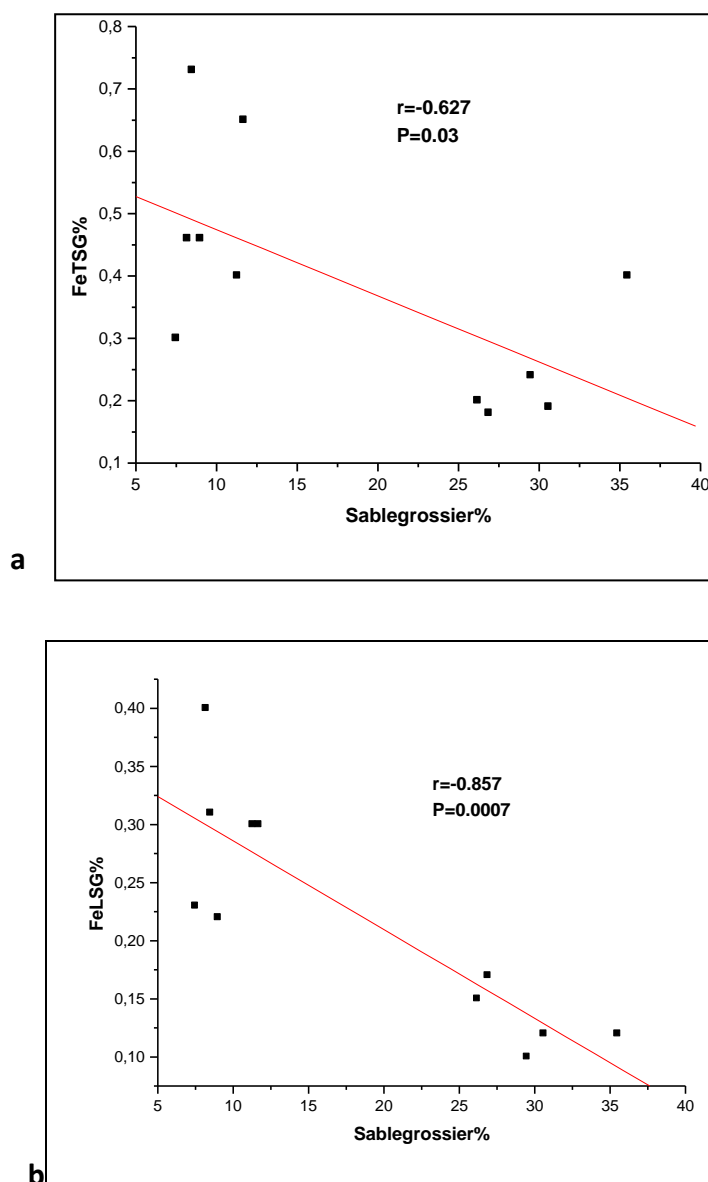


Figure 50 a, b. Relation entre le fer total et le fer libre des SG et les taux de SG

En conclusion du chapitre sur le fer , il s'avère que les sols étudiés sont peu riches en fer (<2.5%). Les études au Sahel Algérois et de la kabylie ont montrés des teneurs plus élevés qui dépassent 4% (Lahmar, 1988; Ayache, 2001; Bernou, 2001; Fares, 2006), de même que sur le plan International (Lamouroux, 1971; Delgado et al, 1990; Baize, 1991; Bronger et Bruhn-Lobin, 1997; Ballesta et al, 1998 ; Martin-Garcia et al, 1998). Par contre des teneurs en oxydes de fer très modérées ont été trouvés dans des sols bruns (Bech borras et al, 1983). Il reste que la teneur en fer des profils analysés est toujours plus élevée dans l'horizon de subsurface, Bt. Egalement, la teneur du fer libre extrait et dosé est inférieure à la teneur en fer total, dans tous les horizons (Tableau 11).

Néanmoins, le rapport Fe_L/F_{tot} indique une altération fersiallitique appréciable (>60%) dans P1, P4 et P5, donc libération du fer qui migre en s'associant aux argiles. Dans ces profils l'altération fersiallitique du fer est intense et son entraînement suit celui de l'argile (Tableau 7 annexe). Le fer libéré est lixivié vers la profondeur où il se cristallise pendant la période sèche.

Sur le terrain en pente de Tagdempt (P2 et P3), on note un entraînement important du fer lié à la fraction argileuse (Tableau 7 annexe) vers l'horizon d'accumulation ($IFe = 3$ dans P3), la cristallisation rapide des oxydes de fer en hématite pendant la saison sèche donne sa couleur rouge au sol (Lamouroux et al, 1977 ; Torrent et al, 1983 ; Schernost et Scwertman, 1999).

Martin Garcia et al, 1998 est arrivé à conclure que l'intensité de la couleur rouge était liée étroitement à la composition en hématite-Goethite de la fraction argileuse dans des sols rouges lessivés de Grenade, Espagne. De ce fait, la roche mère a un effet indirect sur le processus de rubéfaction (degré de cristallisation des oxydes de fer formés après leur altération) en influant les conditions édaphiques d'hydratation par la formation d'horizon calcique. Dans le sahel Algérois, la roche mère n'a pas d'influence sur la rubéfaction (Ayache, 2001; Fares, 2006). D'autre part l'étude statistique a révélé que la plus grande partie du fer (75% environ) se retrouve intimement lié aux fractions les plus fines. Le reste, est répartie entre les fractions les plus grossières.

La fraction argileuse est connue par détenir des surfaces spécifiques et un pouvoir d'adsorption énormes pour retenir le fer, surtout pour les smectites (tableau 6 annexe).

La relation statistique entre le taux des deux formes du fer et les taux de sables en général est inversement et hautement significative. Ce qui confirme que le fer se lie plus à la fraction fine.

3.8- Discussion générale des résultats

Il s'avère que Les caractères morphopédologiques des sols rouges de la région de Tiaret sont similaires à ceux étudiés dans la zone du Sahel Algérois du point de vue couleur (2,5YR), l'absence de calcaire dans le profil et l'accumulation d'argile dans l'horizon de subsurface quelle que soit le matériel parental (Ayache, 2001 ; Bernou, 2001 ; Fares, 2006 ; Guessoum, 1983). Cependant la particularité des sols rouges de Tiaret formés sur roche carbonatée est l'intensité de l'accumulation calcaire à la base du profil sous forme de croûte et d'encroûtement (profils P1, P4 et P5). Ce phénomène est très répandu sous climat semi-aride à saisons contrastées dans le bassin méditerranéen et même dans d'autres régions à travers le monde comme l'Inde ou l'Iran (Bahmaniar, 2002). Pour les pays méditerranéens, nous citons le cas des sols du Liban (Lamouroux, 1971), des sols développés sur dolomite (Terra Rossa) en Croatie (Durn et al, 1999), le cas de la Grèce (MacLéod, 1980), l'Italie (Moresi et Mongelli,1988), l'Espagne (Garcia-Gonzales et Recio,1988) et le Maroc (Bronger et Bruhn-Lobin, 1997).

En effet, le niveau de décarbonatation est maximal en haut des pentes tandis que dans les plateaux se produit la recarbonatation (Hernando Costa et al, 2001). Ce relief est le plus favorable pour la formation des croûtes et les encroûtements qui sont plus développés sur les sommets des reliefs quand ceux-ci sont en continuité pédologique avec les zones basses, dans les régions méditerranéennes subhumides (P de 300 à 600 mm) (Boulaine,1986). Nous avons aboutit à classer ces sols comme des Calcic Luvisols (Anthric, ferric, clayic, chromic, duric) selon le système de WRB.

De ce fait, les profils qui ne sont pas situés sur le plateau (P2 et P3) seraient légèrement similaires aux sols du karst couvert du Liban (Lamouroux, 1971) qui forment un manteau de sols souvent épais et dont les parties supérieures sont coupées de leur approvisionnement calcique et qui présentent un certain lessivage des argiles. Nous les avons classé comme des Haplic Luvisols (Ferric,chromic, rhodic).

Les minéraux argileux rencontrés essentiellement des illites et des montmorillonites sont issus d'un héritage ou de transformations très anciennes car les conditions édaphoclimatiques actuelles ne permettent plus le phénomène de néoformation. La montmorillonite peut être issue de la transformation de l'illite par aggradation et substitutions d'ions (Robert, 1975).

Ces processus nécessitent des alternances brutales de dessiccation et d'humectation qui favorisent des aggradations ou des néoformations très rapide des argiles (Lamouroux, 1971).

Le climat est semi aride et le phénomène d'évapotranspiration l'emporte sur le lessivage qui nécessite des précipitations supérieures à la moyenne actuelle de 360mm (tableau 1 annexe).

Aussi, la minéralogie des sols de la région de Tiaret est similaire à celle des sols rouges de la région méditerranéenne sous climat subtropical à saisons contrastés comme c'est le cas du Liban (Lamouroux, 1971), de l'Espagne (Delgado et al,1990; Garcia Gonzales et Recio, 1988) et de la Croatie (Durn et al, 1999) où les illites sont accompagnées de montmorillonites et de kaolinite. Les sols rouges d'Iran sur dolomite se caractérisent par une prépondérance de montmorillonite (Bahmaniar, 2002). Au Sahel Algérois, le cortège minéralogique des sols rouges est représenté par des illites et en plus de la kaolinite d'héritage que l'on n'a pas détecté dans nos sols (Ayache,2001 ; Bernou, 2001 ; Fares, 2006).

Le climat semi aride à aride de la région de Tiaret avec sa saison sèche et chaude favorise la déshydratation lente et progressive des sesxioxydes de fer qui conduit à des formes de plus en plus cristallines se rapprochant de l'hématite (Fe_2O_3) en milieu bien drainé. Egalement, le taux de matière organique faible et un pH alcalin sous ce type de pédoclimat (xérique) entraîne à la formation de l'hématite plutôt qu'à la Goethite (Schwertmann, 1985,1988 cité par Hernando Costa et al, 2001). La présence de particules d'hématite (α (Fe_2O_3)) est généralement associée à la couleur rouge du sol (Lamouroux et al, 1977 ; Torrent et al,1983 ; Schernost et Scwertman, 1999). Ceci suppose que les profils les plus rouges (P2 et P3) contiennent de l'hématite. Par contre dans les hauts plateaux, quoique on note un taux de libération du fer appréciable dans ces sols ($Fe_L/Fe_T > 60\%$), le processus de fersiallisation ou rubéfaction aboutit à des formes moins cristallines du fer à cause du manque de conditions de déshydratation dû à l'horizon d'accumulation de calcaire. Un milieu à drainage limité peut dans certains cas stopper la cristallisation du fer qui est maintenu sous forme de préhématite de couleur moins intense (Lamouroux , 1971).

L'entraînement du fer suit de la même façon l'entraînement de l'argile, des signes d'illuviation apparaissent sur certaines lames minces de l'horizon d'accumulation des profils étudiés. Néanmoins, ces sols constituent un plus grand réservoir du fer par leur richesse en argile qui détient la plus importante proportion de fer.

Conclusion

Cette étude qui a été menée selon une démarche basée sur la morphologie et l'analyse d'échantillons de sol, a permis d'identifier deux grandes références de **Luvisols** dans la région de Tiaret.

Ces deux références se caractérisent par la présence des horizons diagnostiques argique (Bt) et calcique (Bk) selon le concept de WRB (IUSS, 2006). L'horizon argique (Bt) de ces sols se situe en subsurface, il est particulièrement argileux, rouge (plus rouge que 5YR) et complètement décarbonaté. Le pH est légèrement alcalin et la CEC supérieure à 24 cmole/kg. L'horizon calcique (Bk) se situe généralement en profondeur sous l'horizon argique, il est très calcaire ($\text{CaCO}_3 > 45\%$) et de couleur très claire. En dehors de ces horizons diagnostiques, les sols étudiés se distinguent aussi par leurs propriétés diagnostiques (taux d'argile, couleur, le fer, et la profondeur de la croûte). Sur la base de ces critères, le premier Luvisol référence est un Haplic Luvisol (Ferric, rhodic, chromic et le deuxième est un Calcic Luvisol (Anthric, clayic, ferric, chromic, duric). La première référence est complètement décarbonatée, elle est représentative des sols des reliefs et des collines de la région de Tiaret. La deuxième référence se distingue par la présence d'un horizon calcique à faible profondeur, elle est représentative des sols développés sur substrat calcaire du plateau du Sersou.

Ces sols, en particulier leurs horizons argiques, se caractérisent par de fortes teneurs en argile illuviale de type smectitique ou illitiques et par une couleur rouge vif. La présence d'argilanes sur les lames minces et l'analyse du fer le confirment. Le fer de ces sols est intimement lié à la fraction argileuse et le rapport Fe_L/Fe_T qui est supérieur à 60% démontre le bon développement fersiallitique de ces sols.

Cette étude vient de mettre en évidence que les Luvisols peuvent se former dans les régions semi-arides d'Algérie. Dans la région de Tiaret, par exemple, les Luvisols peuvent être représentés par aux moins deux références selon le concept de la WRB (IUSS, 2006). Ces résultats ouvrent donc au moins deux voies de recherche pour ce type de sol.

Conclusion

En ce qui concerne la première, l'inventaire des Luvisols références ne doit pas se limiter à la seule frange la plus septentrionale de l'Algérie, mais il mérite d'être élargie à l'ensemble du territoire national, y compris dans les zones qui sont relativement sèches. La deuxième voie de recherche envisagée doit pouvoir fournir des réponses à des questions relatives au mode de formation de ces sols en milieu semi-aride. En effet, la formation d'horizons argiques en subsurface, la formation des smectites, la décarbonatation du profil et le phénomène de rubéfaction sont-ils possibles en milieu semi-aride, évaporant et calcimorphe comme c'est le cas du plateau du Sersou? Ces Luvisols sont-ils en fin de compte des sols formés sous d'autres conditions de pédogenèse ? Toutes ces questions méritent des réponses pour une meilleure connaissance des sols d'Algérie.

Références bibliographiques

- **Abderrabi K. (2011).** Etude du polymorphisme morpho-anatomique et génétique chez l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) dans une région à Tiaret. Mémoire de Magister. Ecole doctorale: Biodiversité Méditerranéenne de l'Algérie Occidentale. Option: Inventaire, valorisation et écologie de la r.estaurat.ion. Faculté des Sciences de la nature et de la vie. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. 88p.
- **Aïvazian S. (1970).** Etude statistique des dépendances. Moscou, édition Mir, 116p.
- **Aubert G. (1978).** Guide des analyses de sol. CNDP, CERDP Marseille. France.
- **Ayache N. (2001).** Différenciation pédologique des dunes pré littorales du Sahel ouest Algérois. Etude du processus de rubéfaction des sols. Thèse de Magister, INA, El Harrach, 97p.
- **Ballesta et al (1998).** Textural differentiation in red soil of central Spain.
16^{ème} Congrès de Sciences du sol, Montpellier, France.
- **Bagnoul F. et Gaussen G. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. soc. Hist. Nat. de Toulouse. pp 193-293.
- **Bahmaniar M.A. (2002).** Effect of parent material on clay mineralogy en some woodland areas of Northern Iran. Symposium n° 7, paper n° 358, 17th WCSS, 14-21 August, 2002, Thaïland.
- **Baize D. (1980).** Granulométrie et homogénéité des profils. Application aux planosols de Champagne humide. Sciences du sol, n°2, 83-112pp.
- **Baize D. (1988).** Guide des analyses courantes en pédologie.
- **Baize D.(2000).** Guide des analyses courantes en pédologie. 2^{ème} édition revue et augmentée , Edition INRA, Paris, ISBN, 257p.
- **Baize D.(1991).** Sols et formations superficielles sur calcaires durs dans le sud-est du Bassin Parisien . Sciences du sol, 29, 4. pp 265-287
- **Beauchamp J.(2005).** Pédologie, argiles. Université Jules Verne de Picardie. Page web.
- **Beauchamp J.(2006).** Les principaux types de sols. Université Jules Verne de Picardie. France. <http://www.u-picardie.fr/~beaucham/mst/typsol.htm>.
- **BechBorras J., Cardus J., Lasal M., Lamouroux M., Quantin P. et Segalen P. (1983).** Étude de sols bruns formés sur arènes granitiques de la bordure septentrionale de la Sierra de Prades, Tarragone, Espagne. Cahier de l'O.R.S.T.O.M. série Pédologie, volXX, no1, pp 63-71.

Références bibliographiques

- **Bernou (2001)**. Différenciation pédologique des dunes pré littorales du Sahel ouest Algérois. Evolution de la fraction minérale du sol. Thèse de Magister, INA, El Harrach, 106p.
- **Bonneau M. et Souchier B. (1994)**. Pédologie. Tome2 , constituants et propriétés du sol, 365p.
- **Bottner P. (1971)**. La pédogenèse sur roche mère calcaire dans une séquence bioclimatique Méditerranéo-Alpine dans le sud de la France. Thèse de Doctorat d'état, université de Montpellier, 271p.
- **Boulaine J. (1971)**. Hydropédologie. Ecole nationale de génie rural, des eaux et des forêts. Alger, 122p.
- **Boulaine J. (1986)**. La dispersion latérale dans les sols ou: de l'horizontalisme au verticalisme ; essai sur la loxostasie. Cahier de l' ORSTOM, série. Pédologie., vol. XXII, n° 3, 1986: 319-327pp.
- **Bresson LM. (1974)**. Rubéfaction récente des sols sous climat tempéré humide. Séquence évolutive sur fluvio-glaciaire calcaire dans le jura méridional (Etude au microscope intégré). Université de Paris 4. Doctorat de 3ème cycle de géodynamique externe, option. Pédologie.186p
- **Brewer R. (1964)**. Fabric and minerals analysis of soils. J Wiley and sons edition, New York, 470p.
- **Bronger A. and Bruhn-Lobin N. (1997)**. Paleopedology of Terrae rossae- Rhodoxerales from quaternary calcarenites in NW Morocco. Catena 28, pp 279-295.
- **Bullock P. , Fedoroff N. and al (1985)**. Handbook for soils , thin section description. Ed. Waine Research Publications.
- **Camuzard JP. (2001)**. La différenciation des sols : facteurs de la pédogenèse. ENGREF , Paris, 61- 83pp.
- **Cornet A., Dalloni M. et al (1952)**. Carte géologique d'Algérie. 2ème édition
- **CPCS (1967)**. Classification Française des sols
- **CPCS (1988)**. Révision de la classification Française des sols.
- **Delgado R., Parraga J., Delgado G., Huertas F. et Linares J. (1990)**. Genèse d'un sol fersillalitique de la formation Alahambra , Granada, Espagne. Sciences du sol, 1990, vol28, 1, pp 53-70.

Références bibliographiques

- **Dellal A. (1999)**. Contribution à l'étude du fonctionnement microbiologique des sols en conditions steppiques. Journées d'étude sur les zones arides et semi-arides. Institut d'hydraulique de Ksar chellala. C.U. Tiaret. 10-11 Mars 1999.
- **DHWT (2004)**. Etude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Dahmouni. Phase1: Etude de base. Dossier1.B: Analyse des ressources en sols. 102p+ cartes.
- **Djili K. (2000)**. Contribution à la connaissance des sols du nord de l'Algérie. Création d'une banque de données informatisée et utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la valorisation des données pédologiques. Thèse de doctorat d'état en sciences agronomiques. INA. El Harrach. 243p.
- **DSA (2008)**. Volet analyse et inventaire des ressources naturelles et de l'environnement. PAW de Tiaret. Phase diagnostique. T1. 102p.
- **Duchary M.C (1975)**. Genèse actuelle des sols rouges sur schistes de la région de Beja (Alentejo, Portugal). Sciences du sol,4, pp 231-248.
- **Duchaufour P. (1983)**.Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome1.
- **Duchaufour P.(1995)**. Abrégé de pédologie. Sol, végétatio, environnement, 4 édition Masson, Paris, 234p.
- **Durant JH.(1956)**. Sur quelques sols rouges dits méditerranéens. VI congrés international des sciences du sol, Paris, 244p.
- **Durant JH. (1959)**. Les sols rouges et les croûtes en Algérie. SES Birmandrais, Alger.
- **Durn G., Ottner F. and Slovenec D. (1999)**. Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia. Geoderma 91, pp 125-150.
- **Emberger L. (1955)**. Une classification biographique des climats. Trav. Lab. Bot. Zool. Faculté des sciences. Service Botanique. Montpellier. Pp3-34.
- **Fares L. (2006)**. Contribution à la connaissance de quelques sols rouges développés sur différentes roches mères du littoral Algérois. Thèse de Magister, INA, El Harrach, 94p.
- **Fitzpatrick E.A. (1993)**. Micromorphology. John Wileyand sons Ltd. 304p.
- **Garcia-Gonzales, M.T. and Recio, P. (1988)**. Geochemistry and mineralogy of the clay fraction from some Spanish terra rossa. Agrochimica 32, pp 161-170.
- **Guessoum A. (1983)**. Contribution à la connaissance des sols rouges méditerranéens en Algérie (région Ouest). Thèse Ingénieur, INA, El Harrach.
- **Halitim (1988)**. Les sols des régions arides. Edition OPU, 348p

Références bibliographiques

- **Hammouche (1986)**. Contribution à l'étude des sols du Sahel d'Alger. thèse de Magister, INA, 293p.
- **Hassani K. (1992)**. Contribution à l'étude de l'activité des microorganismes transformants l'azote dans un sol rouge céréalier (blé), Sébaïne. Thèse Ingénieur. CU Ibn Khaldoun, Tiaret.
- **Hernando Costa J. , De la cruz Caravaca MT. y Balaguer Siquier J. (2001)**. Suelos de áreas naturales al Este de Mallorca. Observatorio Medioambiental, nº 4, 93-112pp.
- **IAO- ITGC (1997)**. Projet de recherche appliquée lentille et blé dur dans la région de Tiaret. Rapport des résultats des analyses pédologiques.
- **IUSS Working Group WRB.(2006)**. World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- **Kabir F. (2001)**. Diagnostic agro-écologique et application d'une méthode de zonage pour l'aménagement agricole d'une région céréalière. Cas de la partie nord de la wilaya de Tiaret. Thèse de Magister , CUTiaret, Institut des Sciences Agronomiques. 90p.
- **Kubiens W.L. (1938)**. Micropedology. Collegiate Press.Inc, Ames, Iowa.
- **Lahmar K (1988)**. Les sols rouges lessivés sur micaschistes à chlorites ferrifères (Grande Kabylie, Algérie). Organisation de la couverture pédologique d'un bassin versant-Altération, pédogenèse, morphogenèse. Thèse de Docteur, Université de Paris VI, 216p.
- **Laïdani Y. (2006)**. Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de l'oued Mina. Caractérisation de son état de pollution et conception d'un modèle mathématique basé sur la méthode du bilan d'oxygène (modèle de Streeter et Phelps). Thèse de Magister en chimie. Université Ibn Khaldoun.Tiaret.
- **Lamouroux M(1971)**. Etude des sols formés sur roches carbonatées. Pédogenèse fersiallitique au Liban. Résumé de thèse, cahier de l'ORSTOM, série pédologie, Volume IX, nº3, 365-370pp.
- **Lamouroux M(1972)**. Essai de structuration pour une classification des sols et milieux de pédogenèse » Cahier ORSTOM, série Pédologie., vol. X, nº 3, 1972, 243-250pp.
- **Lessovaïa S. et Gagarina E. (2002)**. Behavior of inherited minerals and climate induced soil change red colored soils of European Russia. 17th WCSS, World congress of Soil sciences, 21 August 2002, Thailand.

Références bibliographiques

- **MacLéod D.A. (1980)**. The origin of red Mediterranean soils in Epirus, Greece. *Journal of soil science*, 31, pp125-136.
- **Martin Garcia JM., Delgado G., Parraga JF., Bech, J. and Delgado R. (1998)**. Mineral formation in micaceous Mediterranean red soils of Sierra Nevada, Granada, Spain. *European journal of soil science*, 49, pp 253- 268.
- **Mathieu C et Pieltain F (1998)**. *Analyse physique des sols*. Ed Tec et Doc Paris , Lavoisier. 375p
- **Mathieu C et Pieltain F (2003)**. *Analyse chimique des sols*. Ed Tec et Doc Paris , Lavoisier. 388p
- **Mehra OP. and Jackson MI. (1960)**. Iron oxide removal from soils and clay by a dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays, clay mineralogy*, 7, 317-327pp.
- **Mesrouk A. (1984)**. *Caractérisation et genèse des sols de la région de Tizi-Ouzzou, grande kabylie, Algérie*. 173p.
- **Michalet R, Guillet B. and Souchier B. (1993)**. Hematite identification in pseudo particles of Moroccan rubified soils. *Clay minerals*, 28, 233-242pp.
- **Morel M.(1996)**. *Les sols cultivés*. Ed Lavoisier.Paris.
- **Moresi M. and Mongelli G. (1988)**. The relation of terra rossa and the carbonate-free residue of the underlying limestones and dolostones in Apulia, Italy. *Clay minerals* 23, pp 439-446.
- **Moumene T.(1993)**. *Contribution à la connaissance des sols céréaliers de la région de Tiaret. Caractérisation de la matière organique. Etude minérale. Mémoire de Magistère, Centre Universitaire de Tiaret, Institut des Sciences Agronomiques*.
- **Ouadah S. (1999)**. *Contribution à l'étude de la matière organique des sols cultivés céréaliers de la région de Tiaret. Mémoire de Magistère, CU Tiaret, ISA*.
- **OuldBachir K (1997)**. *Contribution à l'étude microbiologique d'un sol rouge méditerranéen sous différents systèmes de cultures en condition semi-aride en Algérie. Mémoire de Magistère , CU Tiaret, ISA*.
- **Protassov Konstantin (2002)**. *Analyse statistique des données expérimentales*. EDP Sciences. France, 149p.
- **Raoui H. (2006)**. *Contribution à l'étude du fractionnement chimique de la matière organique dans quelques types de sols de la région de Tiaret » Thèse d'ingénieur, I S A de Tiaret*.

Références bibliographiques

- **Robert M. (1975).** Principes de détermination qualitative des minéraux argileux à l'aide des rayons X. Annales agronomiques 26 (4), 363-399 pp.
- **Robert M. (1996).** Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Éd. Dunod-Masson, Paris, 1996 ; 264 p.
- **Robert M. et Tessier D. (1974).** Méthode de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques, Annales agronomiques 25 (6), 859-882pp.
- **Ruellan A. (2002).** Classification of pedological systems: a challenge for the future of soil science. 17th WCSS, World congress of Soil sciences, 21 August 2002, Thaïland. Symposium n°21, paper n° 31.
- **Seltzer P. (1946).** le climat de l'Algérie. Inst. Météorol. Phys. Globe. Alger, 219p +1 carte.
- **Schernost A.C. and Scwertmann U. (1999).** Color identification of Iron oxides and hydroxysulfates use and limitations. Soil science society of America Journ. 63, pp1463-1471.
- **Schwertmann U. et Taylor R.M. (1972).** The influence of silicate on the transformation of lepidocrocite to goethite: Clays and clay mineral, V20, pp151-158.
- **Schwertmann U., murad E. and Schulze D.G. (1982).** Is there holocene reddening (hematite formation) in soils of axeric temperate areas? Geoderma, 27, pp 209-223.
- **Stewart P. (1969).** Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. Bull Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. 65. pp1-2.
- **Targulian V. and Bronnikova M. (2002).** Sequence of illuviation cutans formation in albeluvisol. 17th WCSS, World congress of Soil sciences, 21 August 2002, Thaïland. Symposium n°36, paper n°942.
- **Torrent J, Schwertmann U, Fechter H and Alfarez F (1983).** Quantitative relationships between soil color and hematite content. Soil science, 136, pp 354-358.
- **USDA, Soil Survey Staff (2006).** Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Tenth Edition, 2006, 333p.
- **Yahia M. (1989).** Caractéristiques chimiques des principaux types de sols du Sersou. Mémoire d'ingénieur, ISA, CU Tiaret, 83p.

Annexe

Tableau 1. Variation climatique dans la wilaya de Tiaret

(Données moyennes sur 20 ans ; station météorologique de Ain Bouchekkif, 1986- 2006)

	Janv	Fêvr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Pluviométrie moy (mm)	47,1	38,2	35,8	37,9	32,9	10,8	5,6	14,7	28,6	34,5	36	38,2	360,3
Température Moy (°C)	5,7	7	10,1	12,2	17,5	22,4	26,2	27,2	21,5	16,9	10	6,7	
Température mini (°C)	1,8	-1	3,4	5	9,4	13,9	18	18,3	14,4	10,6	5	2,3	
Température Maxi (°C)	11,3	13,3	17	19,4	25,5	31,8	36,2	35,7	30	24	16	12	
Vitesse du vent (m/s)	4,8	5,2	5,1	5	4,1	4,1	3,7	3,6	3,8	4	4,2	4,5	
Humidité (%)	82	79	73	70	63	49	40	42	57	65	76	80	
Gelée blanche (j)	12	9	4	3	1	0	0	0	0	0	2	8	39j

Tableau 2. Variation de la pluviométrie et de la température

(Données moyennes sur 30ans ; Seltzer, 1913-1938)

	Janv	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Pluviométrie Moy de Seltzer (mm)	77	68	67	48	54	24	2	9	39	47	63	75	573
Température Moy de Seltzer (°C)	6,05	6,95	9,5	12,5	16,1	21	26	26	21,7	15,9	10	6,6	

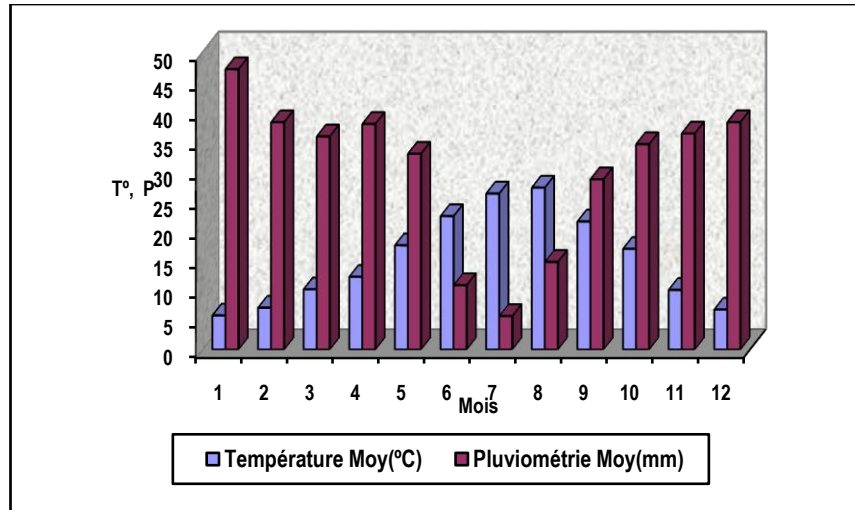


Figure 1. Variation annuelle de la température et de la pluviométrie

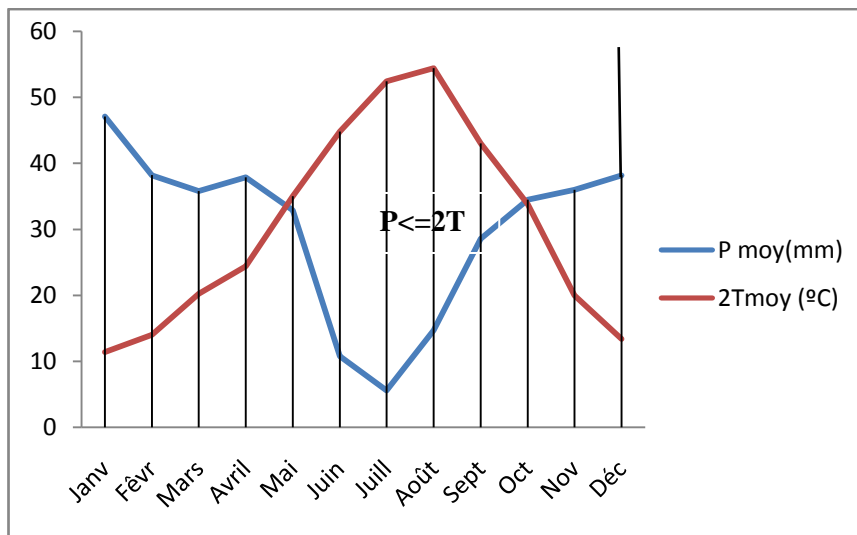


Figure 2. Diagramme ombrothermique

Tableau 3. Valeurs de la radiation solaire globale I_g selon Seltzer (Laïdani, 2006)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
I_g+50	492,2	345,29	269,11	218,75	232,6	320,5	375,5	491,48	608,73	638	672,5	614,85

I_g : radiation solaire globale en $cal/cm^2/j$

Tableau 4. Calcul de l'ETP

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
P	28,6	34,5	36	38,2	47,1	38,2	35,8	37,9	32,9	10,8	5,6	14,7
T	21,5	16,9	10	6,7	5,7	7	10,1	12,2	17,5	22,4	26,2	27,2
ETP	115,9	73,17	43,05	27,01	25,69	40,7	60,44	88,17	131,1	152,84	171,06	158,5

ETP annuelle moyenne = 1087,3mm

ETP= $0,4(I_g+50) T/T+15$ (Formule de Turc)

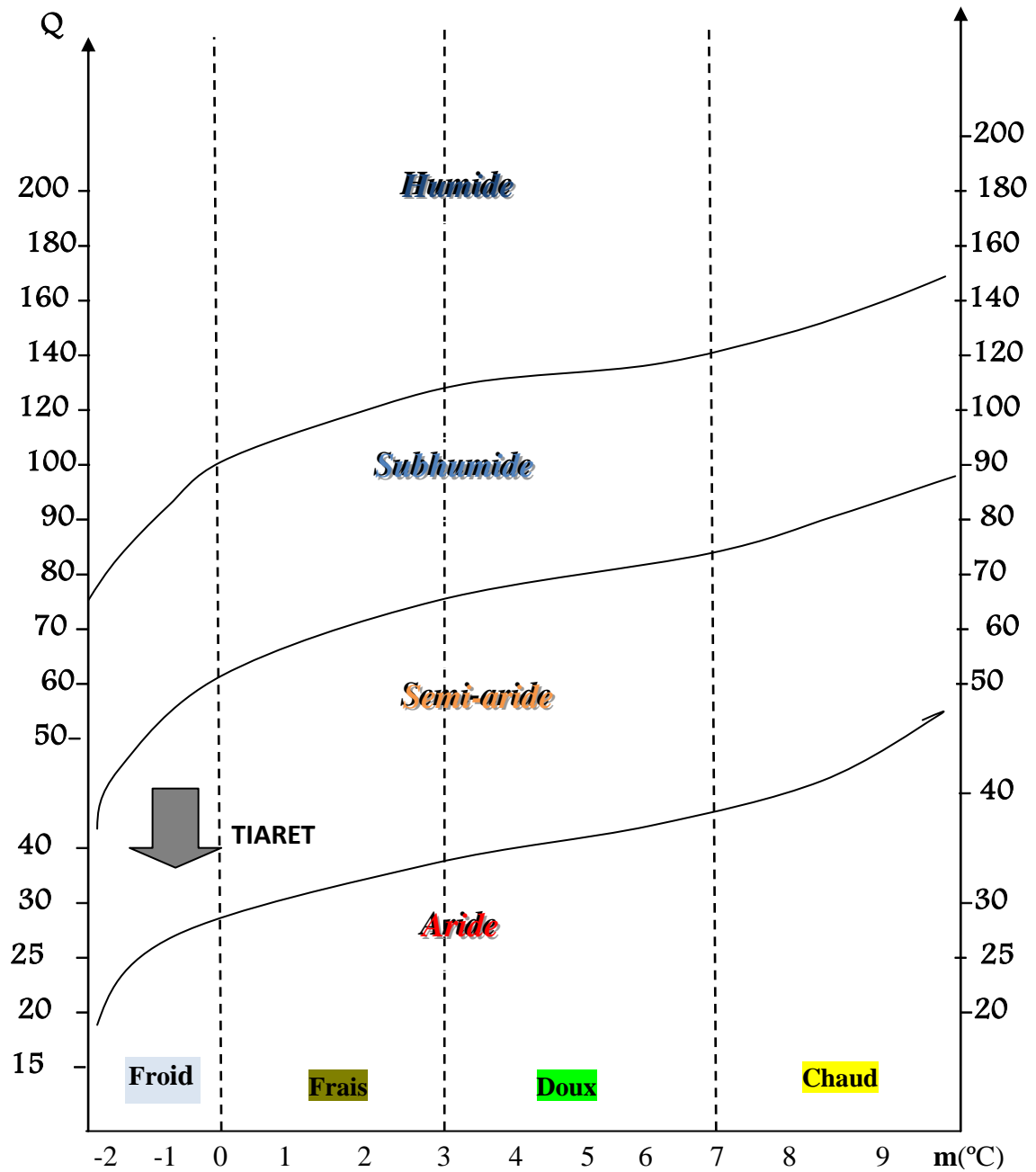


Figure 3. Climagramme d'Emberger (Stewart, 1969)

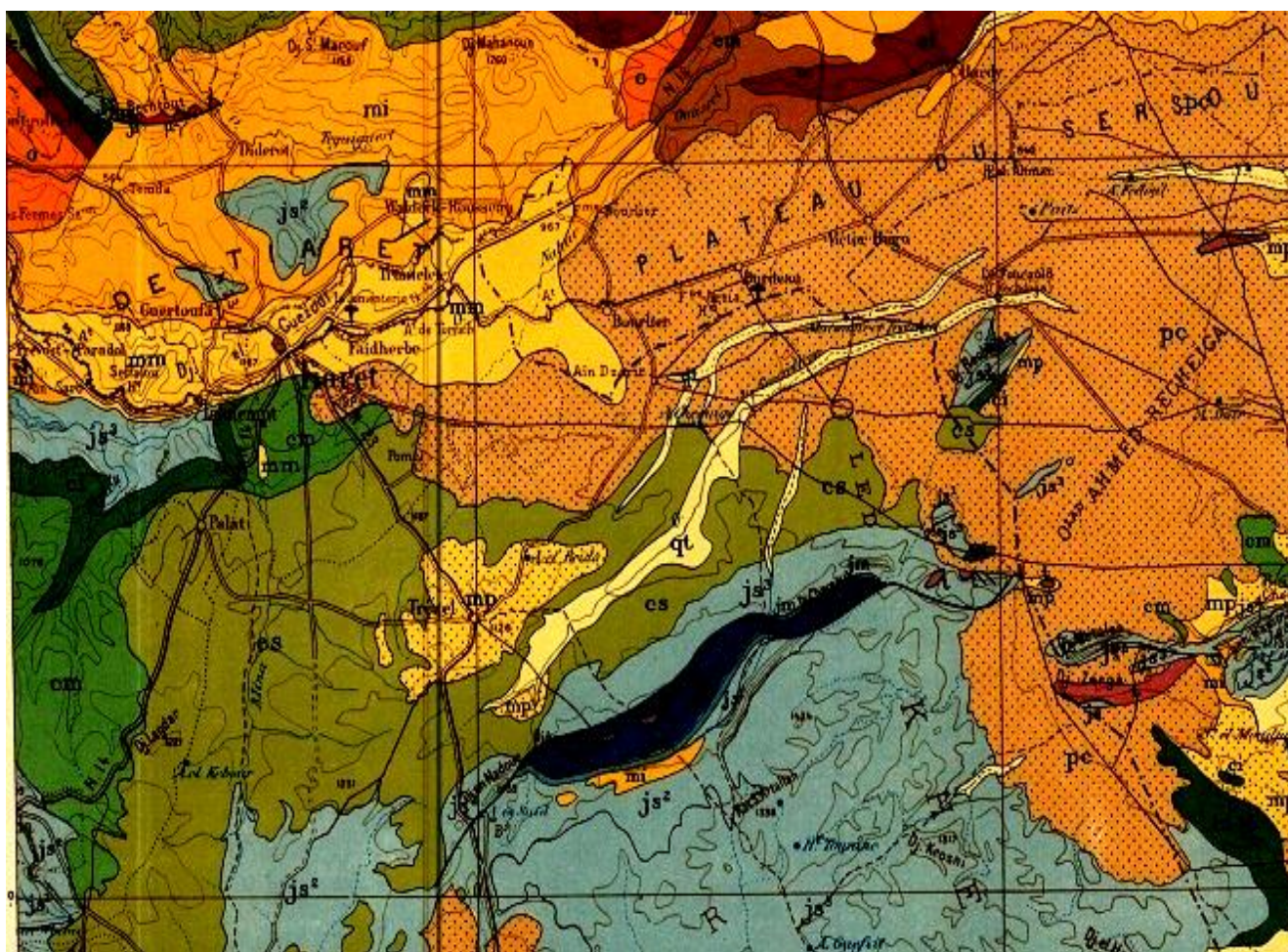


Figure 4. D'après la carte géologique de l'Algérie au 1/500000(Cornet et al, 1952)

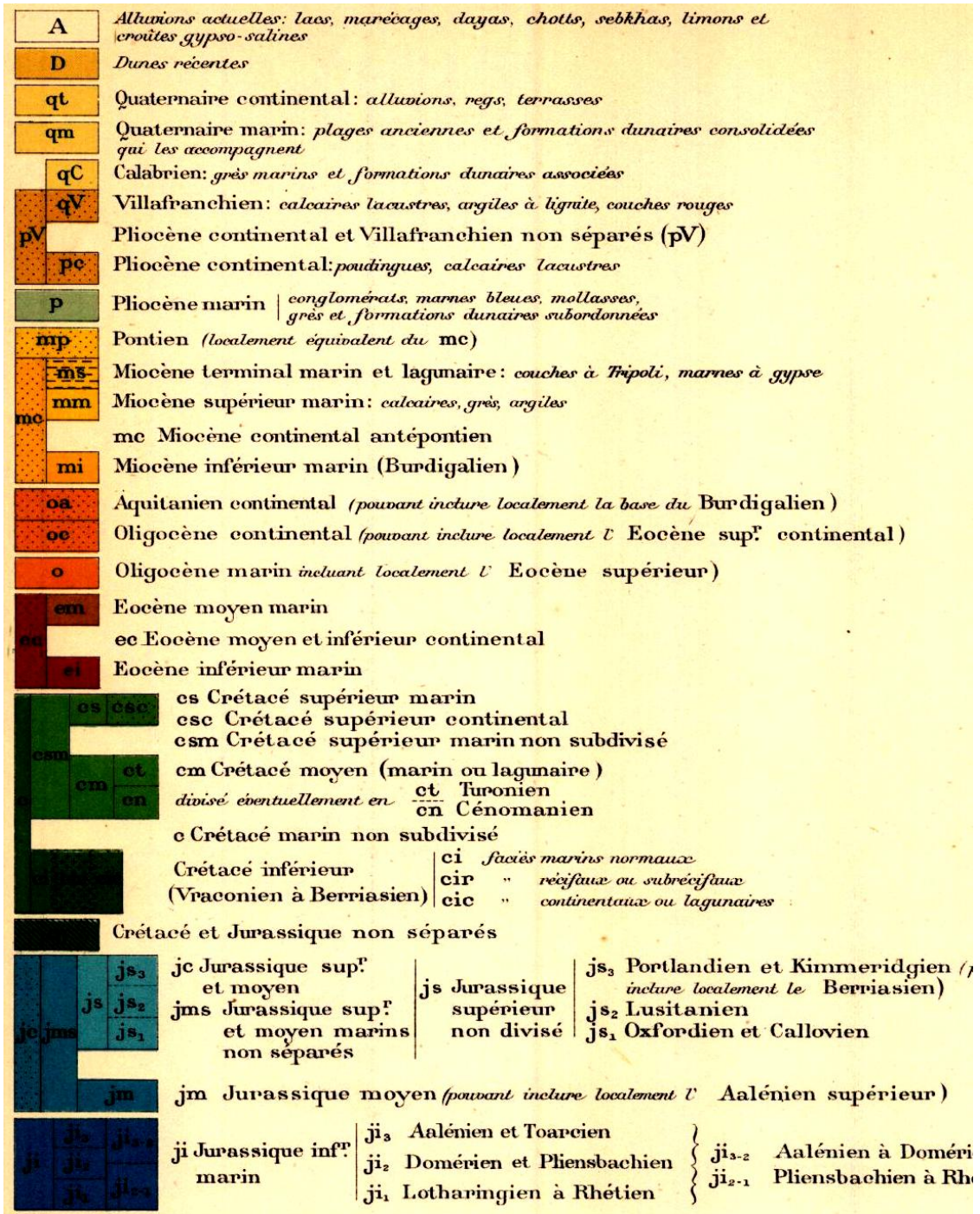
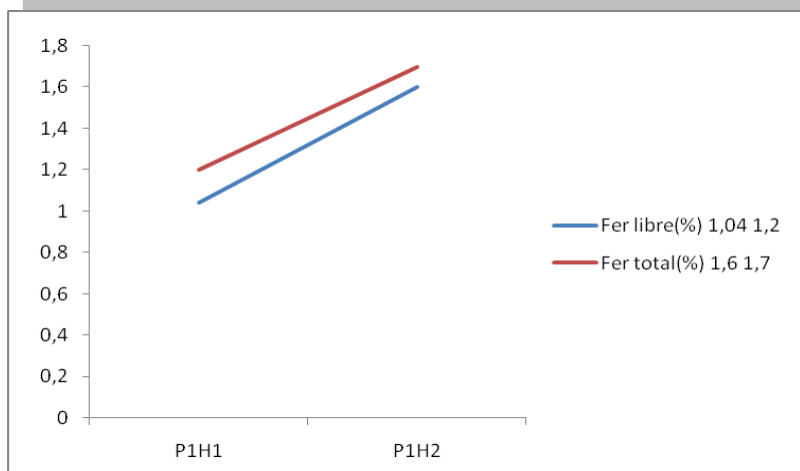
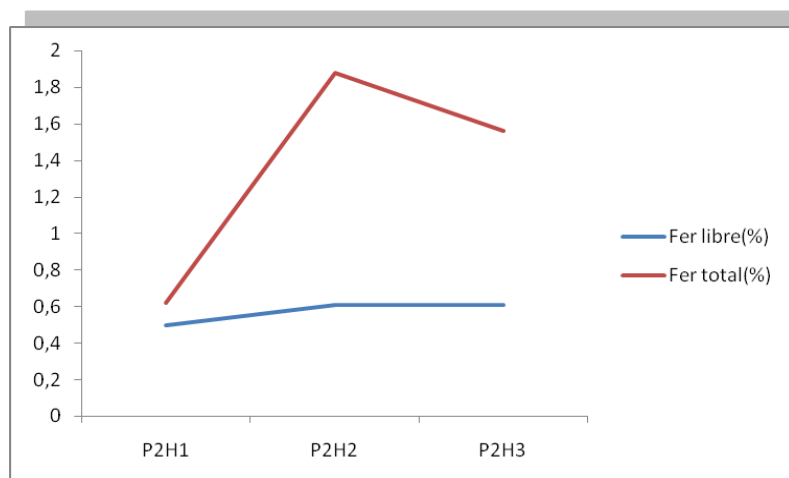


Figure 5. Légende de la carte géologique (Cornet et al,1952)

a :



b :



c.

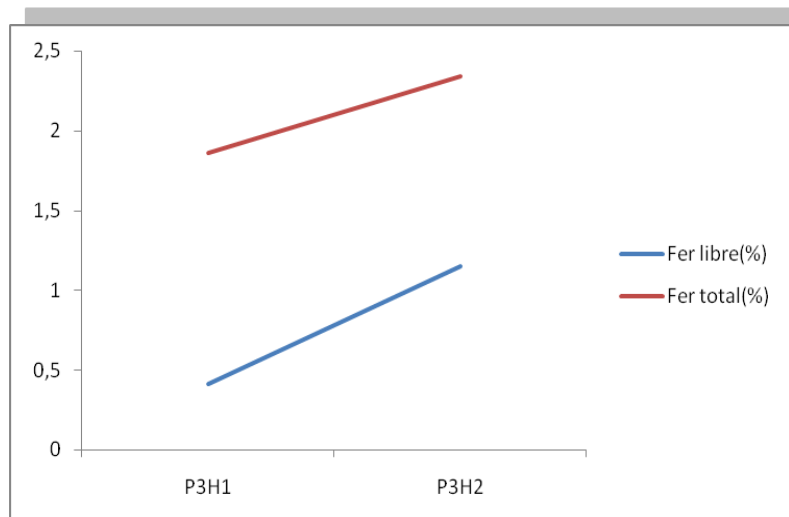


Figure 6 a,b,c. Evolution du fer libre et du fer total dans les profils (P1, P2 et P3)

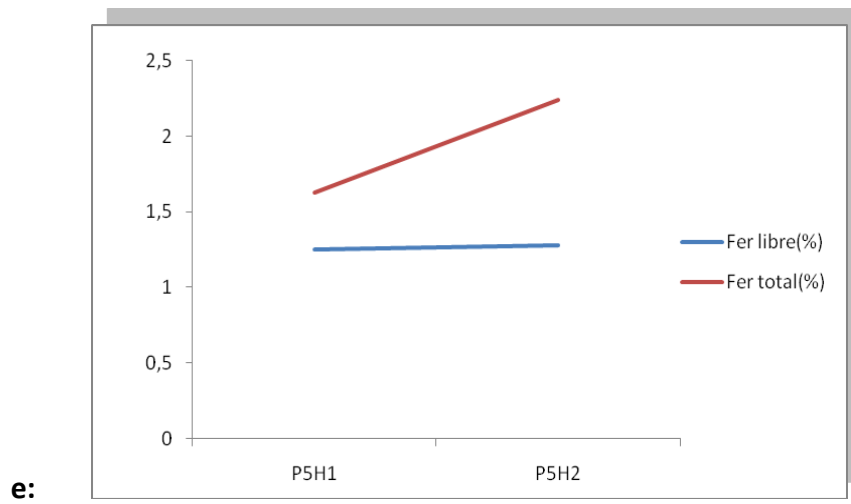
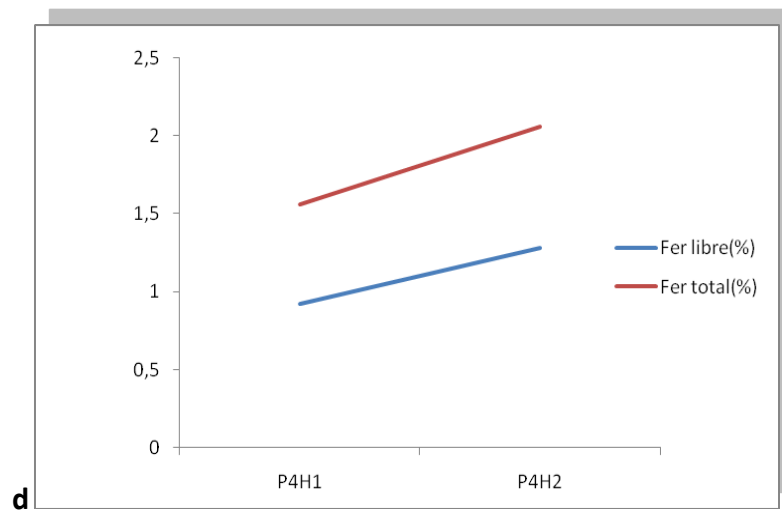


Figure 6 d,e.Evolution du fer libre et du fer total dans les profils (P4 et P5)

Tableau 5. Détermination de la CEC des argiles des différents horizons

Horizons	T(cmol/Kg)	MO(%)	A(%)	CECarg
P1H1	29,63	1,54	46,64	56,92
P1H2	28,23	2,23	67,84	35,03
P2H1	8,91	0,22	15,34	55,21
P2H2	21,45	1,1	36,11	53,3
P2H3	12,8	0,52	25,64	45,86
P3H1	18,32	3,45	21,14	54,02
P3H2	26,2	0,64	46,36	53,75
P4H1	27,07	0,82	58,67	34,55
P4H2	29,67	3,43	68,67	33,3
P5H1	19,32	1,85	31,19	50,08
P5H2	28,12	3,25	68,56	31,53

CEC arg = $\frac{T - (MO \cdot 2)}{A} \cdot 100$ (Baize, 1988)

A

A : Taux d'argile

MO : Taux de matière organique

CEC arg : CEC moyenne de la fraction argile

CECmo : CEC moyenne des matières organiques

**Tableau 6. Surface spécifique et C.E.C. de quelques minéraux argileux
(MOREL, 1996)**

Minéral	Surface interne (m ² /g)	Surface externe (m ² /g)	Surface totale (m ² /g)	C.E.C. (meqv/100g)
kaolinite	0	10-30	10-30	5-15
Illite	20-55	80-120	100-175	10-40
smectites	600-700	80	700-800	80-150
vermiculite	700	40-70	760	100-150
Chlorite	-	100-175	100-175	10-40

Tableau 7. Indice d'entraînement de l'argile et du fer des différents profils

Profil	IDT	IFeT	IFeL
P1	1,45	1,06	1,2
P2	2,35	3,06	1,22
P3	2,19	1,23	2,8
P4	1,17	1,32	1,3
P5	2,2	1,37	1,04

IDT : Indice de différenciation total du profil (Baize, 1988).

IDTprofil = $\frac{\text{pourcentage d'argile de l'horizon le plus riche en argile}}{\text{Pourcentage d'argile de l'horizon le plus pauvre en argile}}$

IfeT : Indice d'entraînement du fer total

IFeL : Indice d'entraînement du fer libre

Tableau 8: Coefficient de corrélation et probabilité (signification)

	Argile	limons	SableF	SableG	FeLech	FeLarg	FeLlim	FeLSF	FeLSG
FeTech	r= 0,544	r=-0,255	r=-0,653	r=0,227	r=0,491				
	P=0,083	P=0,44	P=0,029*	P=0,5	P=0,124				
	n=11	n=11	n=11	n=11	n=11				
FeLech	r=0,987	r=0,160	r=-0,897	r=-0,829					
	P=0,002*	P=0,623	P=0,0001*	P=0,001*					
	n=11	n=11	n= 11	n=11					
FeTarg	r=0,461					r=-0,348			
	P=0,119					P=0,323			
	n=10					n=10			
FeLarg	r=-0,755								
	P=0,011*								
	n=10								
FeTlim		r=0,019					r=0,238		
		P=0,95					P=0,507		
		n=10					n=10		
FeLlim		r=-0,46							
		P=0,17							
		n=10							
FeTSF			r=-0,36					r=0,621	
			P=0,236					P=0,041*	
			n=11					n=11	
FeLSF			r=-0,014						
			P=0,96						
			n=11						
FeTSG				r=-0,627					r=0,689
				P=0,03*					P=0,01*
				n=11					n=11
FeLSg				r=-0,857					
				P=0,0007					
				n=11					

*Probabilité<0,05 : Corrélation significative

Résumé

Cette recherche a porté sur l'étude de quelques sols rouges fersiallitiques de la région de Tiaret selon une démarche basée sur une approche morphologique, micromorphologique, minéralogique et analytique. Les résultats ont mis en évidence la présence des horizons diagnostiques argique (Bt) et calcique (Bk) selon le concept de WRB (IUSS, 2006). Le solum supérieur de ces sols, surtout l'horizon de subsurface (Bt), est particulièrement argileux, rouge (plus rouge que 5YR) et complètement décarbonaté. Le pH est légèrement alcalin et la CEC supérieure à 24cmole/kg. Ces résultats ont permis de classer ces sols en deux Luvisols références selon le référentiel de la WRB (IUSS, 2006), les Calcic Luvisols (Anthric, clayic, ferric, chromic, duric) et les Haplic Luvisols (Humic, rhodic, ferric, chromic, duric). Les Calcic Luvisols comportent un horizon calcique et représentent les sols développés sur un substrat calcaire du plateau du Sersou. Les Haplic Luvisols sont complètement décarbonatés et représentent les sols des reliefs et des collines. Les résultats ont montré aussi que ces sols ne sont pas particulièrement riches en fer (fer total < 2,5 %) et que ce dernier est étroitement lié à la fraction argileuse et qu'il suit son entraînement dans le profil. L'altération fersiallitique est cependant assez intense ($FeL/Fetot > 60\%$) d'où une coloration rouge vif dans les horizon Bt.

Mots clés: Luvisols, profils références, horizon calcique, fer, WRB, Tiaret

Summary

This research focused on the study of some red soils of the region fersiallitic Tiaret as an approach based on morphological, micromorphological, mineralogical and analytical. The results showed the presence of diagnostic horizons argic (Bt) and calcic (Bk) under the concept of WRB (IUSS, 2006). The upper solum of these soils, especially in the subsurface horizon (Bt), is particularly clay, red (redder than 5YR) and completely decarbonated. The pH is slightly alkaline and CEC than 24cmole/kg. These results were used to classify the soils into two Luvisols references according to the reference of the WRB (IUSS,2006), the Calcic Luvisols (Anthric, clayic, ferric, chromic, Duric) and Haplic Luvisols (Humic, rhodic, ferric, chromic, Duric). The Calcic Luvisols have a calcic horizon and represent the soils developed on a calcareous substratum of the plateau of Sersou. The Haplic Luvisols are completely decarbonated soils and are reliefs and hills. The results showed that these soils are not particularly rich in iron (total iron <2.5%) and that it is closely related to the

clay fraction and following their training in the profile. The alteration, however, is intense enough fersiallitic (FEL / Fetot > 60%) resulting in a bright red color in the Bt horizon.

Keywords: Luvisols, profiles references, calcic horizon, iron, WRB, Tiaret

ملخص

يتركز هذا البحث على دراسة لبعض التربة الحمراء في منطقة تيارت على نحو النهج العام على أساس التشخيص المورفولوجي، الميكرومورفولوجي، المعدني والتحليلي. وأظهرت النتائج وجود في هذه التربة على أفاق تشخيصية طينية (Bt) و كلسي (Bk) تحت مفهوم WRB, 2006. القعر العلوي من هذه التربة وبخاصة في الأفق تحت سطح الأرض (Bt) ، غنية بالطين، شديدة الاحمرار (> 5 YR) وخالية تماما من الكلس . درجة الحموضة قلوية قليلا و CEC > 24 kg/cmole. استخدمت نتائج الأطروحة لتصنيف التربة في مرجعين وفقا لمرجع WRB, 2006 . يحتوي على أفق CalcicLuvisols (Anthric, clayic, ferric, chromic, duric) كلسي وتمثل التربة المتوضعة على تحتية جيرية لهضبة سرسو. (uvisolsLaplicH(duric,chromic,ferric,rhodic,Humic) خالية تماما من الكلس وتمثل تربة التلال والنقوش. وأظهرت نتائج الأطروحة أن التربة ليست غنية بللحديد (الحديد الكلي اصغر من 2.5%) الذي يرتبط ارتباطا وثيقا مع الطين ويتبع حركتها في المقطع. ، ومع ذلك فعملية الانحلال Fersiallitique متطورة مما أدى إلى اللون الأحمر الساطع في الأفق Bt. الكلمات الرئيسية/

Luvisols, مقاطع مرجعية ، أفق كلسي ، الحديد ، WRB ، تيارت