

Origine et distribution des argiles des formations superficielles du moyen Sebou (Maroc)

Abdallah DRIDRI¹ & Bouaza FEDAN²

1. Université Sidi Mohammed Ben Abdallah, Faculté des Sciences, Département de Géologie, B.P. 1796, Atlas, Fès, Maroc.

2. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Géologie, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc.

Résumé. L'analyse de la composition des cortèges argileux des alluvions, récents et anciens, du moyen Sebou a permis de mettre en évidence des taux élevés des smectites et de l'illite. Ceci reflète la proportionnalité entre les taux des argiles et les aires d'affleurement des roches sources (influence de la lithologie). L'homogénéité qualitative des cortèges montre que les fluctuations climatiques du Quaternaire n'ont pas eu d'effet marquant sur la nature des argiles. La distribution de ces cortèges est tributaire du comportement hydrodynamique différentiel des minéraux argileux. L'origine détritique de ces argiles est très manifeste. Les transformations ultérieures ont été bloquées par les encroûtements qui affectent les alluvions.

Mots-clés : Maroc, Quaternaire, vallée du Sebou, alluvions, argiles, smectites, illite, encroûtement.

Origin and distribution of clays in the surface formations of the middle Sebou (Morocco)

Abstract. Analysis of clay mineral assemblages of recent and ancient alluviums of the middle Sebou, showed high rates of smectites and illite, which reflect the proportionality between the clay amounts and the areas of rocks source outcrops (lithological influence). The qualitative homogeneity of these assemblages evidence that the Quaternary climatic fluctuations have no significant effect on the clay nature. The distribution of these assemblages is tributary of streamlined differential behaviour of the clay minerals. The detrital origin of these clays is very clear. The subsequent transformations were blocked by calcretes in alluviums.

Key-words : Morocco, Quaternary, Sebou valley, alluviums, clays, smectites, illite, calcretes.

INTRODUCTION

Bien que le substratum de la vallée du moyen Sebou soit marneux, la fraction fine des alluvions récentes est, quantitativement, très peu représentée. Les alluvions du fond de cette vallée et celles des terrasses sont très grossières. Leur nature pétrographique montre que la signature lithologique du Moyen-Atlas, qui constitue la partie amont du bassin versant, est très évidente. Comment se manifeste alors l'influence des apports latéraux dans les alluvions ? Du point de vue quantitatif, l'impact paraît très mineur, donc seule l'étude de la composition qualitative pourrait déterminer l'effet de chaque domaine.

Le présent travail traite de l'évolution spatio-temporelle de la fraction argileuse des alluvions récentes et anciennes le long du moyen Sebou. Le but est de mettre en évidence la dualité lithologique dans les alluvions entre un bassin versant essentiellement carbonaté et un bassin alluvial façonné dans des terrains marneux. La comparaison des minéraux argileux d'ensembles alluviaux distincts par leur âge ou leur situation, va permettre d'appréhender l'influence des apports (longitudinaux ou latéraux), leur distribution dans la vallée et leur évolution (quantitative ou qualitative) durant le Quaternaire.

CADRE GEOGRAPHIQUE ET METHODOLOGIE

La région d'étude est située entre Aïn el Ouali au sud et Hamria au nord localisées respectivement au sud-est et au nord de Fès (Fig. 1, B). Elle est parcourue par l'oued Sebou qui a entaillé son lit dans les dépôts marneux du Miocène. La partie amont du bassin versant (Fig. 1, A), à savoir le

haut Sebou, est dominée par les carbonates liasiques (Fedan 1988, Charrière 1990, Laadila 1996), percés par de rares boutonnières paléozoïques et recouverts par des épanchements ponctuels de basaltes plio-quaternaires.

L'oued Sebou prend naissance dans la chaîne moyen-atlasique que caractérise un climat méditerranéen tempéré et un substratum essentiellement calcaréo-dolomitique. Les propriétés karstiques des terrains de son bassin versant amont permettent de régulariser le débit de ce cours d'eau ($19.5 \text{ m}^3/\text{s}$; Haida *et al.* 1999).

Le moyen Sebou est réceptacle des apports drainés par l'oued Sebou depuis le Moyen-Atlas. Quatre formations alluviales y sont identifiées (Passebard 1921, Laouina 1973, Dridri 1987); elles diffèrent en fonction de leur position, de leur extension et du degré de leur évolution. En absence de tout critère de datation fiable, les âges relatifs proposés, qui vont du Quaternaire ancien à l'Holocène, tiennent compte du cadre chronologique du Quaternaire (Texier *et al.* 1985).

La composition de la fraction argileuse a été déterminée par diffractométrie des rayons X. Les échantillons analysés ont été d'abord soumis à une dispersion dans l'hexamétophosphate de sodium, puis saturés en Ca^{2+} dans une solution de CaCl_2 . La suspension des particules, prélevée après rinçage et sédimentation partielle, a été déposée sur une lame de verre. Les préparations en agrégats orientés ont été analysées telles quelles, puis traitées à l'éthylène-glycol et par chauffage à 550°C pendant deux heures. L'approche semi-quantitative a été réalisée par la mesure de la surface du pic de diffraction le plus intense pour chaque minéral; elle est exprimée en % de la somme des surfaces mesurées.

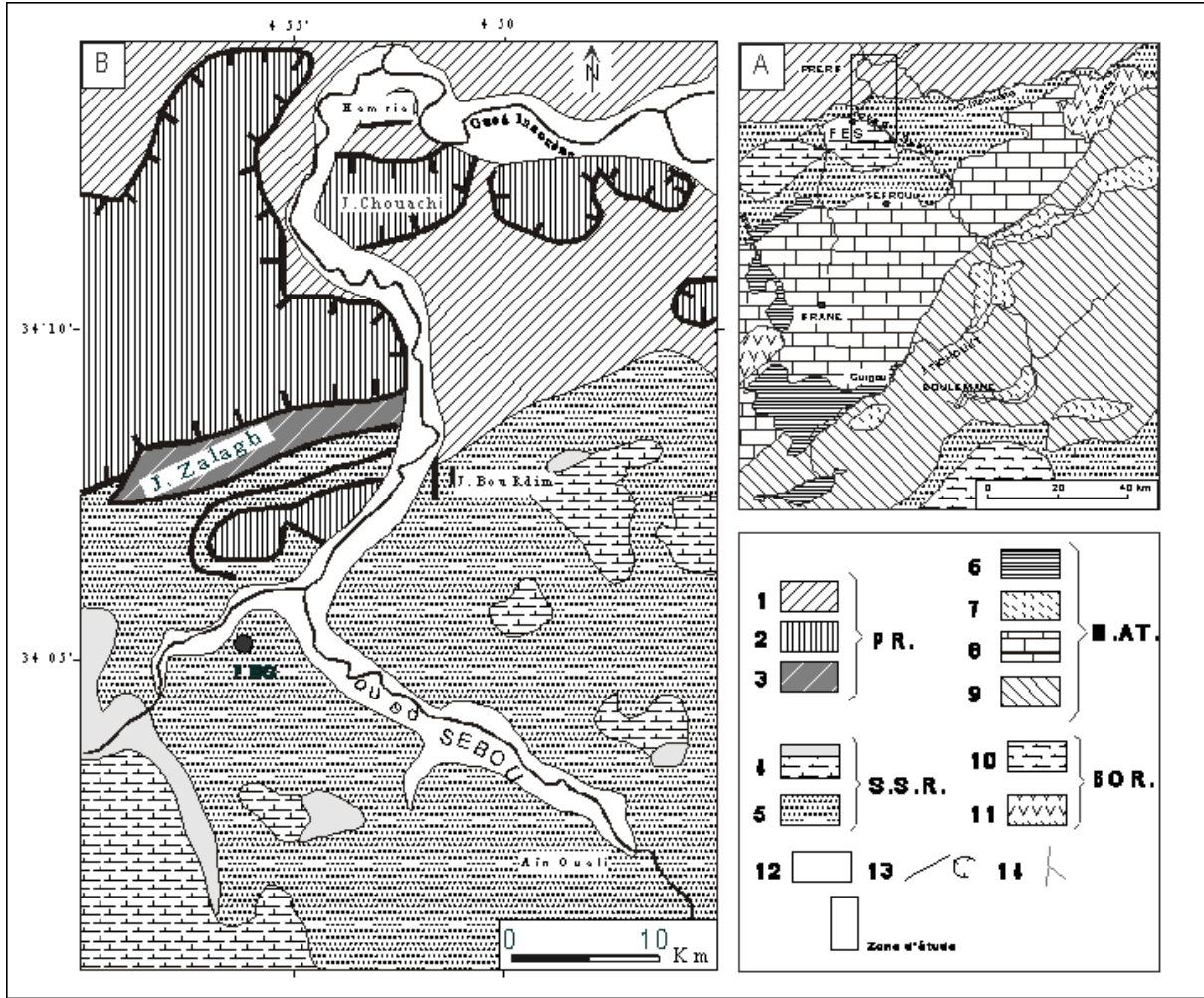


Figure 1. Localisation (A) et esquisse géologique (B) de la zone étudiée. A, d’après Martin *et al.* (in Fedan 1988) ; B, d’après la carte structurale de la chaîne rifaune au 1/50.000. PR, Prérif ; 1, Complexe marneux pré-rifain ; 2, Nappe d’Ouezzane ; 3, Ride de jbel Zalagh ; SSR, sillon sud-rifain ; 4, Plio-quadernaire ; MAT, Moyen Atlas ; 6, volcanisme quaternaire ; 7, bassins en roches tendres ; 8, Causse moyen-atlasique ; 9, Moyen Atlas plissé ; BOR, Bordure ; 10, plateaux calcaires ; 11, socle primaire ; 12, vallée actuelle ; 13, contacts anormaux ; 14, réseau hydrographique..

Vu l’importance des smectites et de l’illite dans les différents cortèges minéralogiques, l’évolution spatiale du rapport smectite/illite (Rsi) a été étudiée.

COMPOSITION DES CORTÈGES DE MINÉRAUX ARGILEUX

Argiles des alluvions actuelles

Le moyen Sebou débute à Ain el Ouali, après la sortie de l’oued des gorges creusées dans les carbonates liasiques du Moyen-Atlas. Il coule dans une large vallée, entaillée dans un substratum marneux. Dans cette région, sa pente oscille autour de 0,8%.

Les alluvions actuelles qui recouvrent la vallée du moyen Sebou sont généralement grossières : la fraction > 2 mm dépasse 80%. Quant à la fraction < 2 mm, elle est piégée entre les galets et ne devient dominante qu’à l’approche de la confluence avec l’oued Inaouène. Sa principale caractéristique est la dominance des carbonates (70 %). Les

argiles n’y sont représentées qu’à des proportions minimales (5 %).

Cette étude est basée sur un échantillonnage régulier (Fig. 2), qui tient compte de la configuration du réseau hydrographique, afin de mettre en évidence l’influence des versants latéraux.

Les dépôts récents du moyen Sebou montrent les mêmes cortèges de minéraux argileux, dont les proportions sont variables. Les smectites (15 à 70 %) et l’illite (20 à 45%) sont les phases prépondérantes ; en plus des interstratifiés de type smectite-illite (10 à 20 %), de la chlorite et de la kaolinite.

Les valeurs du rapport smectites/illite varient de 0,66 à 3,5. Les valeurs élevées caractérisent les cortèges de la partie aval du moyen Sebou, donc l’éloignement de l’amont s’accompagne d’une augmentation de la proportion des smectites.

La répartition spatiale des cortèges argileux (Fig. 2) montre une évolution graduelle, qui se traduit, en allant de l’amont

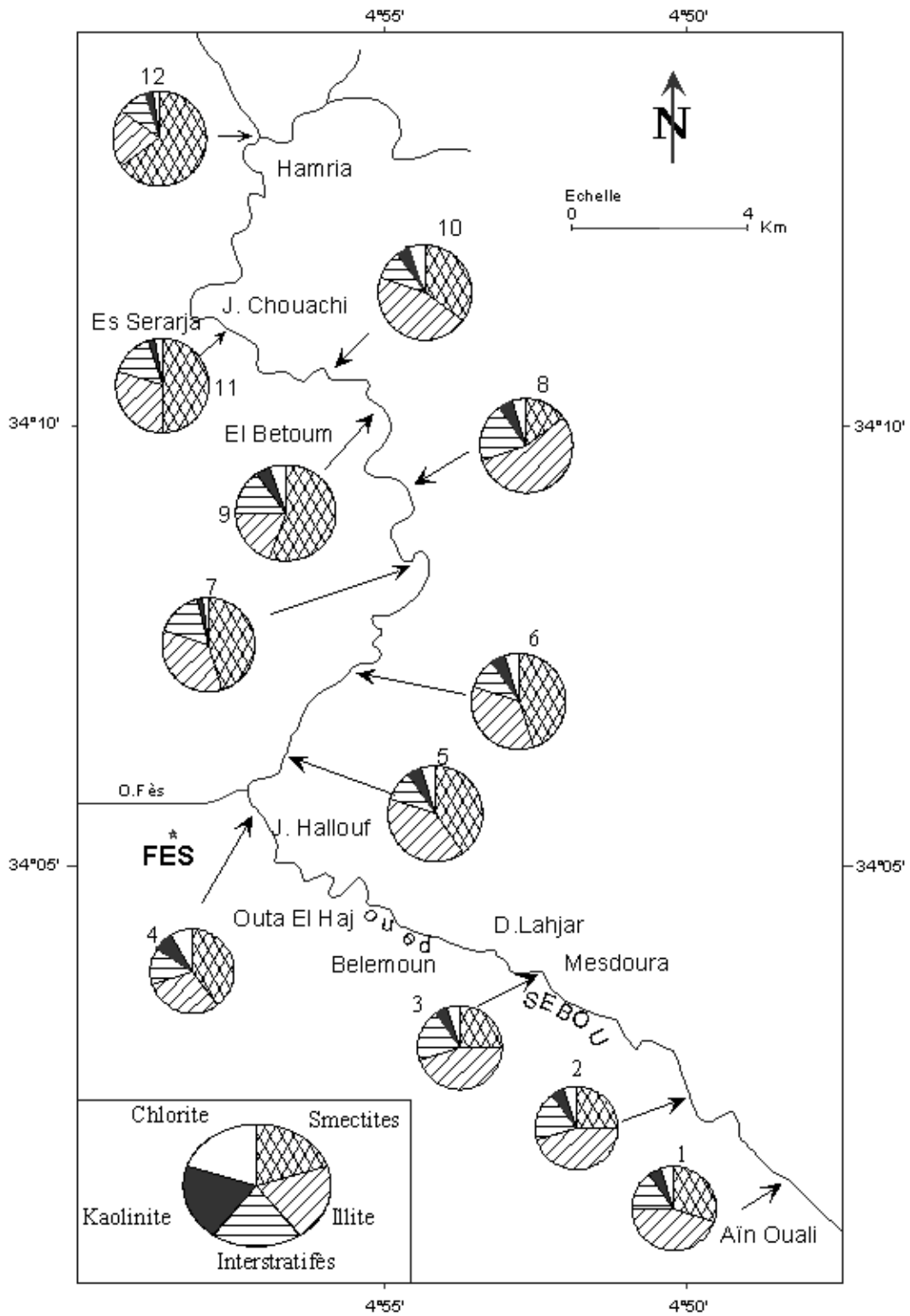


Figure 2. Répartition des cortèges argileux des alluvions actuelles

vers l'aval, par une augmentation des taux des smectites et une diminution de ceux de l'illite. Toutefois, dans le détail, cette répartition permet de distinguer trois zones :

- la première s'étend depuis Aïn Ouali jusqu'à la confluence avec oued Fès, elle montre la dominance de l'illite (45 %) et des smectites (25 % à 30 %) ;
- la seconde zone, comprise entre oued Fès et jbel Chouachi, est caractérisée par des écarts peu accentués entre les pourcentages des minéraux argileux, bien que la répartition de ces argiles soit dominée par les smectites ou l'illite ;
- la troisième zone est délimitée par jbel Chouachi et Hamria dans la zone de confluence Inaouène-Sebou ; elle est marquée, à l'inverse de la première zone, par la prépondérance des smectites sur l'illite.

L'évolution des interstratifiés suit celle de l'illite, qui est par conséquent inverse à celle des smectites, quant aux autres minéraux argileux, ils ne sont présents qu'à l'état de traces.

En conclusion, les cortèges argileux montrent une certaine homogénéité sur le plan qualitatif, en dépit de la prédominance des smectites et de l'illite dans tous les échantillons. Les écarts entre leur taux est parfois considérable comme en témoigne le rapport smectites/illite. De l'amont vers l'aval du moyen Sebou, on note une augmentation des smectites au profit de l'illite. Les interstratifiés montrent la même évolution que celle de l'illite : quant à la kaolinite et à la chlorite, elles sont à l'état de traces.

La terrasse holocène

La terrasse holocène (Dridri 1987) forme un niveau continu le long de la vallée du moyen Sebou. Elle est plus développée en aval de la région étudiée (Fig. 3) où elle surmonte le lit actuel de l'oued de 2 à 4 m. Cette terrasse débute par un lit caillouteux composé de galets carbonatés, de taille moyenne, dont la matrice sablo-argileuse est plus ou moins abondante. Elle se termine par un banc limono-argileux, qui s'épaissit en allant vers l'aval. Le terme basal matérialise un dépôt torrentiel et le terme sommital résulte d'une sédimentation de débordement.

Les minéraux argileux des coupes étudiées (Fig. 3), que ce soit dans les niveaux caillouteux ou dans le terme fin, sont identiques à ceux observés dans les alluvions actuelles. Leurs proportions respectives dans les différents cortèges sont variables et dominées par les smectites et l'illite. Quant aux interstratifiés, à la chlorite et à la kaolinite, ils sont peu ou pas représentés. L'évolution de ces cortèges peut être suivie le long d'une même coupe (de la base au sommet) ou d'une coupe à l'autre.

L'analyse de la composition des cortèges argileux et de leur distribution (Fig. 3) montre que :

- en amont, en particulier dans les lits caillouteux, les smectites sont plus importantes que l'illite ; en revanche, le taux de l'illite augmente dans les lits limoneux ; au-delà et jusqu'au voisinage de la zone aval, toute la terrasse est dominée par l'illite bien que le taux des smectites augmente

de la base vers le sommet des coupes, au profit de celui de l'illite ;

- en aval, les smectites deviennent de plus en plus abondantes, d'abord au sein du niveau limoneux, ensuite à l'échelle de la terrasse ;
- les interstratifiés présentent une évolution sublinéaire, ce qui traduit une diminution graduelle mais constante en allant de l'amont vers l'aval, aussi bien à la base qu'au sommet de la terrasse, quant à la kaolinite et à la chlorite, elles ne sont présentes qu'à l'état de traces.

Les valeurs du rapport smectites/illite sont, dans leur majorité, inférieures à 1, ce qui traduit une prépondérance plus ou moins importante de l'illite. Les courbes d'évolution de ce rapport au sommet et à la base des coupes (Fig. 4) suivent une tendance similaire. Elles montrent également de faibles écarts entre les rapports à la base et au sommet ; cependant, dans la partie médiane de la vallée du moyen Sebou, les valeurs de ce rapport à la base des coupes sont inférieures à celles du sommet.

En conclusion, la répartition longitudinale des cortèges minéralogiques a permis de dégager une zonation en fonction des taux des argiles, et surtout ceux des smectites et de l'illite. En amont, les cortèges sont dominés par les smectites ; ensuite, s'individualise une zone d'accumulation de l'illite, assez continue, dans laquelle son taux dépasse 60%, comme le montre la courbe du rapport smectites/illite. En aval, le taux de l'illite se stabilise et celui des smectites augmente.

La terrasse soltanienne

Les formations alluviales attribuées au Soltanien (Dridri 1987), dominant l'oued Sebou d'une dizaine de mètres. Leur répartition spatiale (Fig. 3), très discontinue, montre qu'elles ont été mal conservées. Les témoins les mieux préservés de cette terrasse sont situés surtout en amont. Cette terrasse, épaisse de 8 m, débute par un banc caillouteux, hétérométrique et sans structures internes. Vient ensuite un niveau caillouteux, à stratifications obliques, où se développent de nombreuses poches sableuses également à laminations obliques ou entrecroisées. Elle se termine par un lit limoneux plus ou moins épais, localement lacunaire. En aval, se développe, au-dessus du banc conglomératique, plus réduit, une importante couche limoneuse qui se raccorde à des dépôts de pente.

Dans les coupes de Mesdoura (Cs1) et de Chérifa (Cs2) (Fig. 3), les cortèges sont composés de cinq minéraux argileux : smectites et illite, les plus représentés, interstratifiés, kaolinite et chlorite, qui existent en faible quantité (Fig. 5).

Dans la coupe de Mesdoura (Fig. 5, A), on note une diminution du taux des smectites de la base vers le sommet, qui est corrélative d'une augmentation de celui de l'illite. Par contre, dans la coupe de Chérifa (Fig. 5, B), à la base, les smectites sont plus importantes que l'illite, alors qu'au sommet, les taux des deux argiles sont identiques ; cependant, les valeurs du rapport smectites/illite oscillent toujours autour de 1.

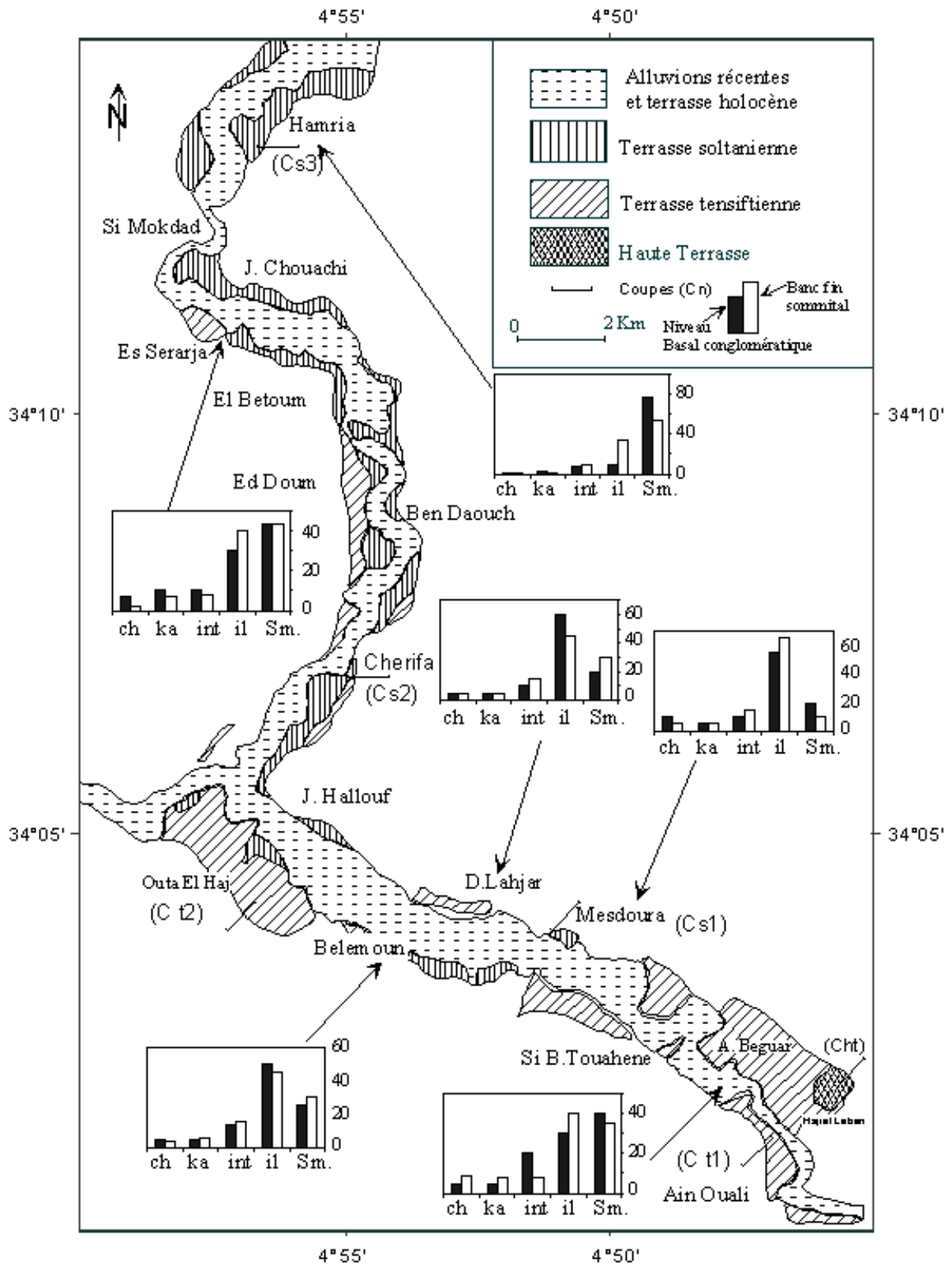


Figure 3. Carte de localisation des terrasses du moyen Sebou et répartition des cortèges argileux de la terrasse holocène

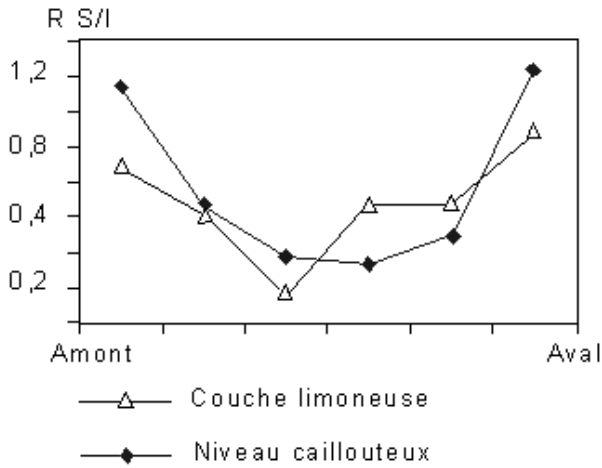


Figure 4. Courbes d’évolution des valeurs du rapport smectites/illite dans la terrasse holocène

La rareté des affleurements-témoins de cette terrasse dans la partie aval du moyen Sebou peut s’expliquer par une dynamique active des versants qui s’exprime par un important recouvrement colluvial. Les cortèges minéralogiques des alluvions de la coupe de Hamria, située plus en aval, montrent à la base la même composition et une distribution des argiles identique à celle de la coupe de Cherifa. Dans la couche limoneuse, les smectites forment l’essentiel de la fraction argileuse (80 %) ; quant aux autres argiles, ils sont peu représentés : 8 % pour l’illite, 8 % pour les interstratifiés, 2 % pour les chlorites, et 2 % pour la kaolinite.

En somme, dans les cortèges argileux de la fraction conglomératique de la terrasse soltanienne, aucune évolution longitudinale notable n’est constatée, néanmoins, il y a une certaine *équivalence* entre les smectites et l’illite. Dans la séquence fine, de la zone aval, le cortège est largement dominé par les smectites.

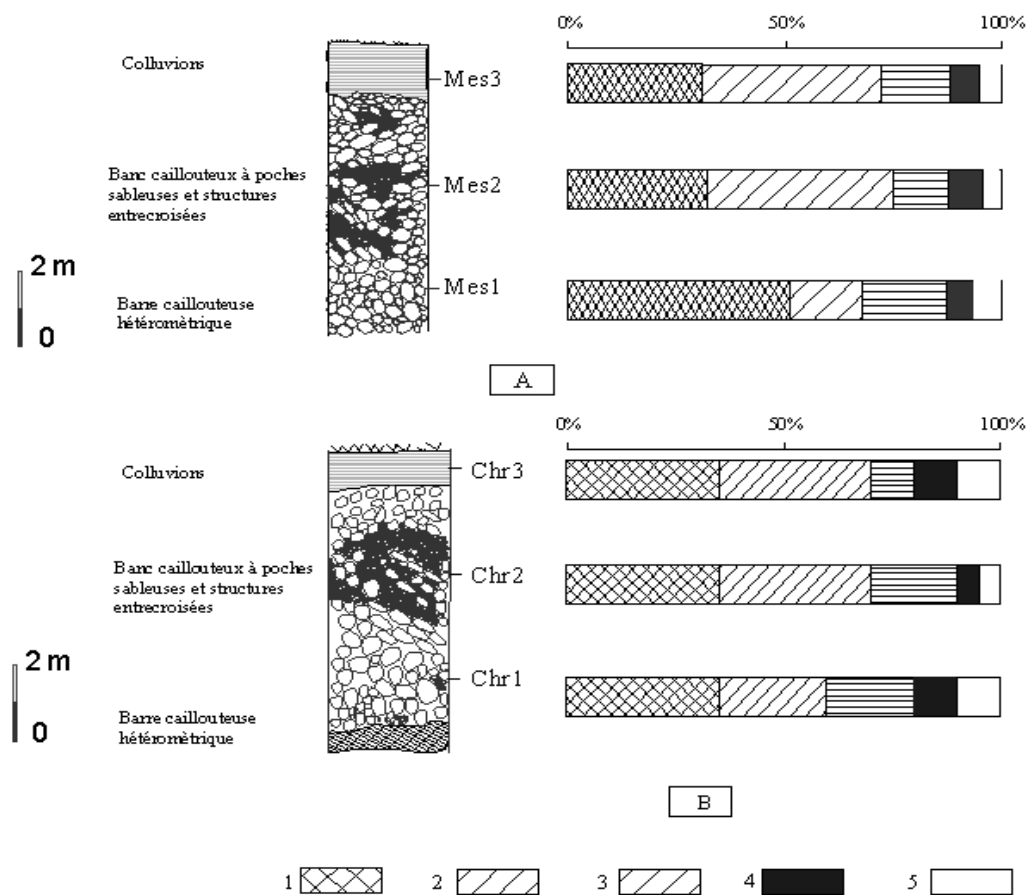


Figure 5. Composition des cortèges argileux dans les terrasses du Soltanien à Mesdoura (A) et à Cherifa (B). 1, smectites ; 2, illite ; 3, interstratifiés ; 4, kaolinite ; 5, chlorite.

La terrasse tensiftienne

Les terrasses et formations tensiftiennes dominent le lit de l’oued Sebou d’une trentaine de mètres (Dridri 1987). Leur distribution spatiale dans la vallée du moyen Sebou (Fig. 3) montre qu’ils sont bien conservés et plus étendus en amont de l’oued Fès. Ailleurs, elles se présentent sous la forme de nappes alluviales que recouvrent d’importantes masses colluviales.

Les alluvions, de texture grossière et épais de 15 m, sont composées de galets carbonatés bien roulés, auxquels sont associés, en aval, de rares galets provenant des jbel Zalagh et Bou Rdim. Dans ces alluvions grossières, à matrice sablo-argileuse, se développent des poches sableuses ainsi que des nappes limono-argileuses peu étalées. Cette terrasse est le plus souvent coiffée par un lit limono-argileux qui montre localement des lamines horizontales.

En amont de la confluence du moyen Sebou avec oued Fès, cette terrasse est illustrée à travers deux coupes (Fig. 3): à Aïn el Ouali (Ct1) en amont et à Outa el Haj (Ct2) juste avant la confluence avec l’oued Fès.

L’étude de la fraction argileuse de la coupe d’Aïn el Ouali montre une grande homogénéité des assemblages argileux (Fig. 6), avec toutefois la prédominance de l’illite et des smectites, suivies par les interstratifiés. Ces trois minéraux argileux constituent jusqu’à 90 % du volume du cortège. L’illite est toujours la plus représentée, sauf à la base de la coupe où ce sont les smectites qui prédominent. Le taux de l’illite tend à diminuer de la base vers le sommet de la coupe au profit des smectites. Cependant, le cortège de l’échantillon AeO4 (Fig. 6), prélevé dans une poche sableuse, montre l’enchaînement décroissant illite – interstratifiés – smectites. La coupe d’Outa el Haj (Fig. 7) montre le même cortège que celui défini dans la coupe d’Aïn el Ouali, avec la même homogénéité et la dominance des smectites et de l’illite. Cependant, on note que la répartition n’est pas la même : les smectites sont plus représentées que l’illite. Bien que dans les échantillons OeH3 et OeH5, prélevés respectivement dans une poche

sableuse et dans un niveau limoneux brunâtre, l’illite l’emporte sur les smectites.

Les valeurs du rapport smectites/illite tendent en général à augmenter de la base vers le sommet, avec toutefois des minima dans les poches sableuses. En comparant les coupes d’Aïn el Ouali et d’Outa el Haj, on remarque que l’écart entre les valeurs maximale et minimale de ce rapport sont respectivement 0,73 et 1,4. Ceci traduit un accroissement du taux relatif des smectites vers l’aval du moyen Sebou et au sommet des coupes.

En conclusion, du point de vue composition, les cortèges sont identiques, avec une nette dominance de l’illite et des smectites, suivis par les interstratifiés qui sont parfois importants, puis viennent la chlorite et la kaolinite. Cependant, leur répartition verticale varie d’une coupe à l’autre : le long de la coupe d’Aïn el Ouali, l’illite domine les smectites, sauf à la base, alors que dans la coupe d’Outa el Haj, ce sont les smectites qui sont les plus représentées par rapport à l’illite. Ainsi, les smectites sont plus importantes vers l’aval, à la base et au sommet des coupes, tandis que l’illite montre des taux élevés en amont, dans les parties médianes des coupes et dans les poches sableuses.

La haute terrasse

La haute terrasse est peu représentée dans la vallée du moyen Sebou. Elle n’affleure qu’à Hajret Leben en amont et à Sidi Mokdad en aval (Fig. 3).

A Hajret Leben, cette terrasse (Cht ; Fig. 3), attribuée au Quaternaire ancien (Dridri 1987), se situe au-dessus de la terrasse tensiftienne de Azib el Beguar, à une soixantaine de mètres d’altitude relative. Elle montre la succession des termes suivants (Fig. 8) :

- à la base, un dépôt alluvial de galets carbonatés bien roulés et disposés en vrac, noyés dans une matrice sableuse peu abondante ;

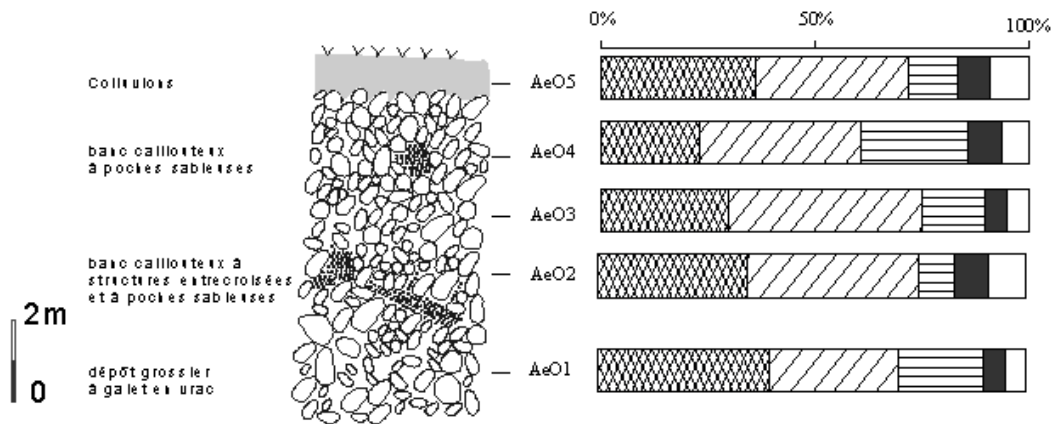


Figure 6. Composition des cortèges argileux de la terrasse du Tensiftien à Aïn el Ouali (cf. Fig. 5 pour la légende)

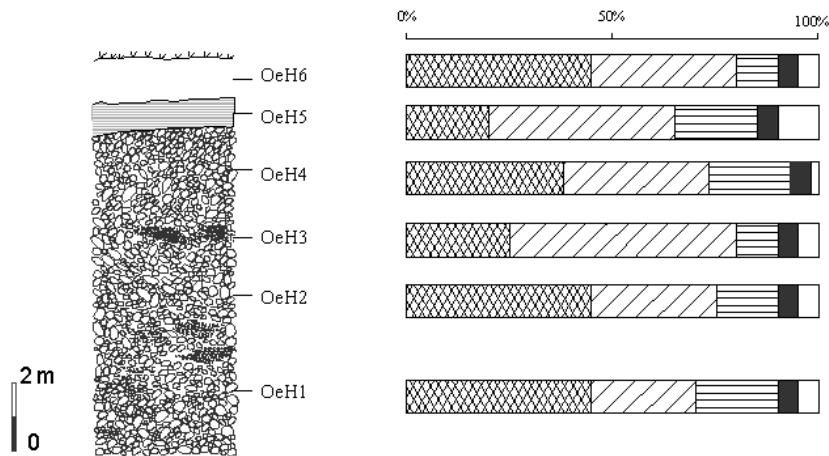


Figure 7. Composition des cortèges argileux de la terrasse du Tensiftien à Outa el Haj (cf. Fig. 5 pour la légende)

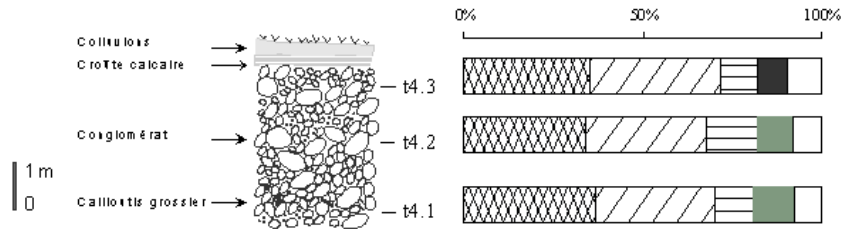


Figure 8. Composition des cortèges argileux de la haute terrasse (cf. Fig. 5 pour la légende)

– dans la partie médiane, un conglomérat consolidé que coiffe une croûte de tufs calcaires ainsi qu’une croûte zonaire ;

– au sommet des colluvions très épais.

En aval, le seul témoin de cette terrasse affleure à Sidi Mokdad, à une altitude de 200 m, dominant l’oued de près de 60 m d’altitude relative. Il est constitué par des alluvions, cimentées en une dalle conglomératique, où se développent des poches de sables indurés à stratifications obliques. De nombreux galets sont creux à cause d’une dissolution très poussée. Les dépôts de ce niveau sont érodés et fragmentés en gros blocs qui s’écroulent sur les versants. Par conséquent, la désorganisation de ces alluvions ne permet pas d’effectuer une comparaison avec le témoin amont.

Les cortèges minéralogiques étudiés proviennent du niveau situé en amont. Ils sont composés de cinq phases (Fig. 8) : smectites, illite, interstratifiés, kaolinite et chlorite. Les smectites et l’illite dominantes montrent des taux semblables. Les valeurs du rapport smectites/illite sont dans l’ensemble voisines de 1 ; cependant, on note une légère diminution des smectites de la base vers le sommet, au profit de l’illite. A ces deux minéraux sont associés les

interstratifiés, la kaolinite et la chlorite dont le pourcentage cumulé est inférieur au tiers du taux global du cortège.

A Sidi Mokdad, l’échantillon analysé montre une composition minéralogique et des taux identiques à ceux des échantillons prélevés en amont.

En résumé, la haute terrasse est située à une altitude élevée dans la vallée du moyen Sebou. Il s’agit là d’une terrasse ancienne que caractérisent la cimentation partielle du matériel conglomératique, les transformations chimiques des alluvions et le développement de croûtes sommitales. Ces processus diagénétiques auraient affecté également la fraction fine de ces dépôts et par conséquent la composition des cortèges argileux. Cette évolution tend donc vers un équilibrage entre les argiles principales.

ORIGINE ET REPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DES ARGILES.

Origine des argiles

La composition et le volume des alluvions sont influencés par les caractéristiques du bassin versant (lithologie, climat, relief, tectonique...) ; cependant, au cours du transit des alluvions, leur composition est le plus souvent modifiée par l’influence des apports latéraux ou sous l’effet d’un stockage temporaire ou permanent. C’est pour cela que la

connaissance de la lithologie du bassin versant et des argiles qui y sont produits sont nécessaires pour l’interprétation de la teneur et de la répartition de la fraction argileuse des alluvions.

Lithologie du bassin versant

Le Sebou, qui prend ses sources dans le Moyen Atlas, traverse des terrains dont la lithologie est dominée par les formations carbonatées du Lias (Fig. 1, A) (Fedan 1988, Charrière 1990, Laadila 1996). Seules de rares boutonnières paléozoïques et un recouvrement ponctuel par des épanchements de basaltes quaternaires interrompent cette monotonie. Dans le Causse la décarbonatation du calcaire et des dolomies ne libère principalement que de l’illite (Daoudi *et al.* 1995, Baali 1998). Cette illite pourrait provenir également des altérites basaltiques (Karrat 1999) ou des schistes paléozoïques (Rachid 1997). Du point de vue pédogénétique, les conditions climatiques sont propices à la formation de la vermiculite (Paquet 1969) ; cependant, la relative instabilité tectonique de cette région entraîne une érosion active et un enrichissement des apports en illite (Rachid 1997)

Dans la région étudiée, l’oued Sebou a entaillé une vallée dans un substrat marneux. La fraction argileuse de ce substrat est dominée par les smectites (Cirac 1985, Snoussi 1986, et Rachid 1997 ; Fig. 9). Localement, des faciès détritiques circonscrits montrent des proportions relatives importantes d’illite (Rachid 1997) ; de plus, les sols qui se développent sur les marnes sont le plus souvent riches en smectites (Snoussi 1986). Cette pédogenèse s’accomplit par des transformations qui génèrent les smectites par l’intermédiaire d’édifices interstratifiés gonflants (Paquet 1969). Les minéraux en équilibre dans ces sols sont représentés par les smectites et les autres minéraux susceptibles de se transformer en smectite (l’illite et les chlorites). L’instabilité des versants entraîne un décapement plus ou moins continu de ces sols.

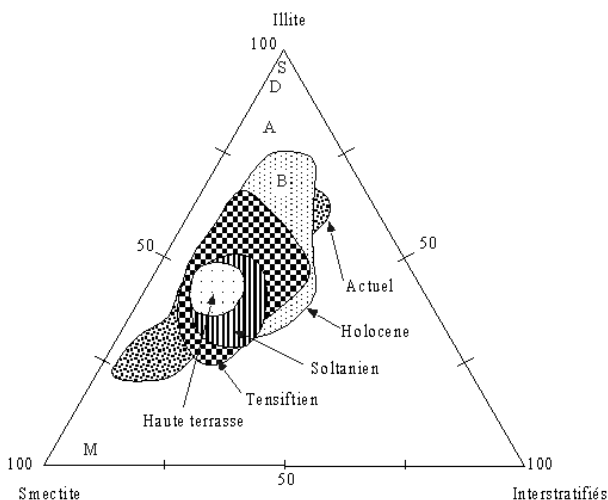


Figure 9. Diagramme des teneurs en smectites, illite et interstratifiés dans les cortèges des alluvions et des terrains du bassin versant. M, marnes ; S, schistes ; D, dolomies liasiques ; A, argiles triasiques ; B, basaltes quaternaires (cf. texte).

Les autres minéraux argileux sont présents dans les deux zones source. Leur faible taux dans les alluvions peut s’expliquer soit par la faible teneur des sources en ces minéraux, soit par la réduction des affleurements des roches qui en produisent en grande quantité. A titre d’exemple, le pourcentage de la kaolinite atteint 42 % dans les schistes paléozoïques (Gourari 2001) et 45 % dans les basaltes quaternaires (Karrat 1999), bien que ces dépôts affleurent peu dans le bassin versant.

L’instabilité tectonique du Moyen-Atlas et la faible extension du couvert végétal empêchent un aboutissement complet des processus pédologiques. Ainsi, les matériaux qui alimentent les alluvions ont une origine plutôt géologique.

Corrélation apports – composition des cortèges argileux

Les alluvions récentes ou anciennes du moyen Sebou sont caractérisées par des cortèges qui sont composés par les mêmes types de minéraux argileux. La composition minéralogique de ces cortèges montre une bonne correspondance entre la teneur en argiles des alluvions récentes et celle des formations du bassin versant qui sont soumises à l’érosion. Les smectites semblent provenir des dépôts marneux du substrat ; en revanche, les apports lointains, fournis par les carbonates du Moyen Atlas, sont dominés par l’illite.

L’origine des autres minéraux argileux (kaolinite, chlorite, interstratifiés), peu symptomatiques, est variée. Ils proviendraient des formations géologiques (locales ou lointaines) ou des sols formés à leurs dépens.

Les conditions climatiques auxquelles est soumise actuellement la région d’étude sont celles d’un climat méditerranéen à saisons contrastées. Ce type de climat est connu depuis le début du Quaternaire (Ruellan 1964) ; donc, la production des mêmes types d’argiles serait due aux mêmes conditions ayant perduré et que les variations climatiques qui se sont produites durant le Quaternaire n’ont pas influencé la nature de ces minéraux.

Répartition spatio-temporelle des cortèges

Répartition spatiale

La répartition des cortèges des minéraux argileux dans les alluvions actuelles et celles des terrasses holocènes montre une évolution longitudinale de l’amont à l’aval. Elle se traduit par une augmentation des smectites et une diminution de l’illite en aval. Les interstratifiés suivent la même évolution que celle de l’illite. Quant à la kaolinite et à la chlorite, elles sont toujours sous forme de traces.

Compte-tenu de l’âge des alluvions actuelles et de ceux de la terrasse Holocène et de leur faible degré d’évolution pédologique, les minéraux argileux de la phase fine pourraient avoir une origine détritique (Millot 1964). Leur composition est tributaire de celle de la fraction fine des apports qui est, à son tour, fonction de leur origine ainsi que de leur comportement durant le transport et pendant la sédimentation. C’est ce comportement différentiel qui conditionne la répartition et les taux relatifs des argiles dans les différents cortèges.

Le comportement des argiles lors du transport et pendant la phase de dépôt est variable (Chamley 1989). Les smectites, de faible densité et en forme d’écailles, supportent un long transport en suspension et sédimentent moins rapidement que les autres minéraux. Par contre, les illites, dont les floccules sont plus denses, se déposent plus facilement vis-à-vis des conditions hydrodynamiques. La variation longitudinale des argiles est donc fonction de leur comportement différentiel. La floculation de l’illite entraînerait une sédimentation précoce, alors que les smectites ne se déposeraient que tardivement. De plus, l’analyse des courbes de Vissler de la matrice de ces alluvions (Dridri 1987) montre une augmentation du taux de transport par suspension en aval et au sommet des alluvions, ce qui coïncide avec des taux élevés des minéraux susceptibles de supporter ce mode de transport.

Cette répartition des cortèges traduit bien le comportement différentiel des minéraux argileux au cours du transport et pendant les phases de sédimentation ; donc l’augmentation du taux des smectites vers l’aval est due en partie à l’importance des apports latéraux. Elle est favorisée également par leur prédisposition à un long transport par suspension.

De plus, le profil longitudinal du moyen Sebou est de pente faible (0,8 %), ce qui freine le transport et entraîne une homogénéisation des alluvions. La diversité lithologique des terrains traversés se marque par une variation dans les taux des argiles. Cette modification se traduit par la substitution de l’illite, caractérisant les apports lointains, par les smectites des dépôts marneux, pourvoyeurs des apports latéraux.

Le mode de transport reste valable pour les terrasses les plus anciennes. Notons que la rareté des témoins de ces alluvions ne permet pas de suivre, de façon précise, les modes d’évolution de leurs cortèges dans l’espace.

Evolution temporelle

La phase argileuse des alluvions anciennes a une origine plus complexe. Ces alluvions se forment par un enchaînement de processus : un apport latéral, lié au colluvionnement au pied des versants, est mobilisé longitudinalement par la dynamique fluviale avant son dépôt lors du déclin de cette dynamique. Les profils d’altération ainsi développés sont marqués par les tris hydrodynamiques antérieurs. Par la suite, aux apports initiaux s’ajoutent des minéraux argileux secondaires qui sont générés lors des phases d’altération. Deux phases d’altération sont distinguées : la première se déroule lors de la production des matériaux initiaux, et la deuxième affecte les alluvions après leur dépôt.

Lors de la première phase d’altération, les conditions climatiques locales, actuelles ou anciennes, sont propices à la transformation des argiles micacées en smectites (Paquet 1969). Or, dans le moyen Sebou, ce processus est bloqué par un équilibrage entre les argiles principales, comme en attestent les valeurs du rapport smectites / illite qui sont voisines de 1. L’établissement du diagramme triangulaire (Fig. 9) du taux des trois argiles cardinales (smectites, illite et interstratifiés) montre que les plages de répartition des

cortèges des alluvions récentes, plus étalées, se répartissent entre les deux pôles ; de plus, on note que plus les alluvions sont anciennes, plus les plages sont réduites et leurs valeurs concentrées dans la partie médiane.

Cette évolution pédologique, non conforme aux conditions locales, entraîne la cimentation des alluvions en dalles et le développement des croûtes. Cette évolution est de plus en plus marquée dans les alluvions les plus anciennes. Ce phénomène de calcitisation s’accompagne d’épigénie calcaire (Millot 1979) qui tend à remplacer les argiles par de la calcite. Dans une région soumise à une alternance de saisons sèches et humides et drainée par des solutions calcomagnésiennes, se forme, dans un stade intermédiaire, un silicate fibreux magnésien, la palygorskite (Halitim *et al.* 1983). L’absence de ce minéral dans le moyen Sebou et dans des formations plus anciennes des régions riveraines traduit une aridité peu sévère (Fassi 1986) ou un confinement partiel.

CONCLUSIONS GENERALES

L’étude comparative des minéraux argileux dans les alluvions du moyen Sebou a permis de mettre en évidence les origines, les modalités de répartition et l’évolution de la fraction fine. L’homogénéité qualitative des cortèges argileux traduit une continuité dans les sources d’alimentation depuis le début du Quaternaire jusqu’à l’Actuel. La filiation génétique des argiles avec les dépôts drainés par l’oued Sebou est la même pour tous les cortèges. La teneur en illite est directement liée à l’importance des apports lointains, issus des régions amont. Les smectites sont principalement liées aux apports locaux, nourris par les sédiments marneux du substratum. Les autres minéraux, moins abondants, sont hérités et d’origine ubiquiste. Les remaniements, à partir des alluvions anciennes, doivent être pris en considération.

L’héritage reste le processus essentiel dans la production des argiles, surtout pour les alluvions modernes et les basses terrasses. En effet, la vitesse de la dénudation mécanique l’emporte largement sur l’altération chimique, d’où le démantèlement des sols par érosion mécanique jusqu’à dénudation de la roche mère. Les matériaux ainsi transportés sont principalement d’origine géologique.

La répartition des différents cortèges dépend du comportement hydrodynamique des argiles. De plus, l’importance relative des argiles est fonction de la position des terrasses dans la vallée du moyen Sebou et de la côte des échantillons prélevés. Le développement des croûtes calcaires et les épigénies associées freinent l’évolution des profils vers un stade d’équilibre minéralogique.

Références

- Baali N. 1998. *Genèse et évolution au Plio-quaternaire de deux bassins intramontagneux en domaine carbonaté méditerranéen. Les bassins versants des dayets Afourgah et Agoulman (Moyen Atlas, Maroc)*. Thèse d’Etat, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 326 p.
- Chamley H. 1989. *Clay sedimentology*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 623 p.

- Charrière A. 1990. *Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaîne intracontinentale : Le Moyen Atlas au sud-est de Fès (Maroc)*. Thèse d'Etat, Université Paul Sabatier, Toulouse III, France, 589 p.
- Cirac P. 1985. *Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Evolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement*. Thèse ès-Sciences, Univ. Bordeaux I, France, 2t., 285 p.
- Daoudi L., Charroud M., Deconinck J.F. & Bouabdelli M. 1995. Distribution et origine des minéraux argileux des formations crétacé-éocène du Moyen-Atlas sud-occidental (Maroc) : signification paléogéographique. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T.4 (2^{ème} série), pp. 31-40.
- Dridri A. 1987. *Etude sédimentologique des terrasses quaternaires et des alluvions actuelles du Moyen Sebou (région de Fès)*. Thèse Troisième Cycle, E.N.S Fès, 180 p.
- Fassi D. 1986. L'encroûtement calcaire différencié : Approche analytique intégrée d'un profil du Saïs. *Rev. Géogr. Maroc*, 10, n.s., 1-2, 115-144.
- Fedan B. 1988. *Evolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochement : le Moyen Atlas (Maroc) durant le Méso-Cénozoïque*. Thèse d'Etat Univ. Mohammed V, Fac. Sci. Rabat, 338 p.
- Gourari L. 2001. *Etude hydrochimique, morphologique, lithostratigraphique, sédimentologique et pétrographique des dépôts travertino-détritiques actuels et plio-quaternaire du bassin karstique de l'oued Aggaj (Causse de Sefrou Moyen Atlas, Maroc)*. Thèse d'Etat, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 476 p.
- Halitim A., Robert M. & Pedro G. 1983. Etude expérimentale de l'épigénie calcaire des silicates en milieu confiné. Caractérisation des conditions de son développement et des modalités de mise en jeu. *Sci. Géol., Mém.*, Strasbourg, 71, 63-73.
- Haida M., Ait Fora A., Probst J.L. & Snoussi M. 1999. Hydrologie et fluctuations hydroclimatiques dans le bassin versant du Sebou entre 1940 et 1994. *Sécheresse*, 3, 10, 221-226.
- Karrat L. 1999. *Elaboration et évolution des particules basaltiques dans les bassins fluviaux du domaine tempéré. Exemples pris au Maroc (Moyen-Atlas) et en France (bassin de la Loire)*. Thèse d'Etat, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 282 p.
- Laadila M. 1996. *Stades de l'évolution de la plate-forme carbonatée du Moyen-Atlas (Maroc)*. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Rabat, 427 p.
- Laouina A. 1973. Observations géomorphologiques dans la région du Moyen Sebou, en amont de Fès. *Rev. Géogr. Maroc*, 23-24, 95-122.
- Millot G. 1964. *Géologie des argiles*. Masson et Cie éd., Paris, 499 p.
- Millot G. 1979. Les phénomènes de l'épigénie calcaire et leur rôle dans l'atération. *Sci. Sol*, n° sp. 259-261
- Paquet. H. 1969. *Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées*. Thèse Sci. Strasbourg, France, 348 p.
- Passemard E. 1921. Les terrasses alluviales du Sebou en amont de Fès. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 173, 13, 529-530.
- Rachid A. 1997. *Les bassins néogènes du Sillon sud-rifain et Rif nord-oriental (Maroc) : sédimentologie, paléogéographie et évolution dynamique*. Thèse d'Etat Univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 333 p.
- Ruellan A. 1964. Quelques réflexions sur le rôle des sols dans l'interprétation des variations bioclimatiques du Pléistocène marocain. *Rev. Géogr. Maroc*, 15, 129-140.
- Snoussi M. 1986. *Nature, estimation et comparaison des flux de matières issus des bassins versants de L'Adour (France), de Sebou, de l'Oum-Er-Rbia et du Souss (Maroc). Impact du climat sur les apports fluviaux à l'Océan*. Thèse Doct. Etat, Bordeaux I, France, 409 p.
- Texier J.P., Raynal J.P. & Levefre D. 1985. Nouvelles propositions pour un cadre chronologique raisonné du Quaternaire marocain. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 301, sér. II, 3, 183-188.

Manuscrit déposé le 20 décembre 2001.

