

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI TEBESSA



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat sciences en Géologie

Option : Géologie sédimentaire

Cadre stratigraphique et évolution sédimentologique des  
Formations Quaternaire de la région de Constantine  
(Nord –Est d'Algérie)

Présenté et soutenue publiquement le: 06/12/2021

Par: RABAHI Noureddine

Devant le jury :

Mr. BAALI Ammar	Pr	U.L.T Tébessa	Président
Mr. DJAIZ Foued	M.C.A	U.M.B Batna2	Directeur de thèse
Mr. DEFAFLIA Nabil	M.C.A	U.L.T Tébessa	Co-directeur de thèse
Mr. BOUABSSA Lakhder	Pr	U.B.M Annaba	Examineur
Mr. HMIMED Messaoud	Pr	U.L.T Tébessa	Examineur
Mr. YAHIAOUI Abdelouahab	Pr	U.M.B Batna2	Examineur
Mr. LAMOURI Bachir	M.C.B	U.M.K Biskra	Invité

## RESUME

L'étude sédimentologique, géochimique et minéralogique réalisée sur les alluvions Quaternaires du système alluviale Rhumel-Boumerzoug, a pour but de faire un état des lieux sur les paléo-environnements du transport, les phases de dépôts, ainsi que les paléo-cycles climatiques qui ont existés dans la région de Constantine.

Les reconnaissances morpho-géologiques montrent une grande variété de terrains sédimentaires s'étalant du Crétacé au Quaternaire avec un Néogène assez répandue dans la région d'étude. Le réseau hydrographique, imprimé par le Rhumel-Boumerzoug, souligne des discontinuités géologiques et des anomalies géomorphologiques qui sont à l'origine des surélévations des terrasses alluviales classées du type terrasses étagées.

Les analyses sédimentologiques, géochimiques et minéralogiques des séries alluviales montrent la présence de deux phases de dépôts. La première phase inférieure constituée de dépôts argileux sableux à sableux surmontés par une seconde phase de dépôts grossiers constituées de graviers et galets. Cette sédimentation montre une répétition de séquences suite à la variation du comportement du régime fluvial et des cycles climatiques.

Le paléoclimat est caractérisé par la succession de deux cycles. Un premier cycle subhumide à humide affectant la partie inférieure des formations alluviales et un deuxième cycle semi-aride touchant la partie supérieure.

Mots clés – Constantine, Quaternaire, Oueds Boumerzoug-Rhumel, alluviales, géochimique, climatique

## **Abstract**

The sedimentological, geochemical and mineralogical study carried out on the quaternary alluvium of the Rhumel-Boumerzoug alluvial system, aims to provide an overview of the transport paleoenvironments, depositional phases and climatic paleocycles that existed in the Constantine region.

The morpho-geological surveys showed a wide variety of sedimentary terrains ranging from the Cretaceous to the Quaternary with a Neogene that is fairly widespread in the study area. The hydrographic network, marked by the Rhumel-Boumerzoug, underlines the geological discontinuities and the geomorphological anomalies which are at the origin of the elevations of the alluvial terraces classified as stepped terraces.

The sedimentological, geochemical and mineralogical analysis of the alluvial series show the presence of two phases of deposits, the first lower phase consisting of sandy to sandy clay deposits overlaid by a second phase of coarse deposits consisting of gravel and pebbles. This sedimentation shows a repetition of sequences as a result of varying river regime behavior and climatic cycles.

The paleoclimate is characterized by the succession of two cycles. A first sub-humid cycle affected the lower part of the alluvial formations and a second semi-arid cycle affected the upper part.

Keywords - Constantine, Quaternary, Boumerzoug-Rhumel wadis, alluvial, geochemical, climate

## ملخص:

تهدف الدراسة الرسوبية, الجيوكيميائية والمعدنية التي أجريت على طمي العصر الرابع للنظام النهري الرمال بومرزوق ، إلى إجراء جرد لبيئات النقل القديمة ، ومراحل الترسبات ، وكذلك الدورات المناخية القديمة التي كانت موجودة في منطقة قسنطينة. أظهرت المسحات المورفولوجية مجموعة واسعة من التضاريس الرسوبية تتراوح من العصر الطباشيري إلى العصر الرابع مع وجود نيوجين واسع الانتشار في منطقة الدراسة. تؤكد الشبكة الهيدروغرافية ، التي طبعها النظام النهري الرمال بومرزوق ، على الانقطاعات الجيولوجية والشذوذات الجيومورفولوجية التي هي أصل ارتفاعات الشرفات الغرينية المصنفة على أنها شرفات متدرجة.

تظهر التحليلات الرسوبية, الجيوكيميائية والمعدنية للسلسلة الغرينية وجود مرحلتين من الترسبات ، المرحلة الأولى تتكون من رواسب طينية رملية إلى رملية تعلوها مرحلة ثانية من الرواسب الخشنة المكونة من الحصى و حصباء. يُظهر هذا الترسيب تكرارًا للتسلسل التي نتجت عن الاختلاف في سلوك النظام الأنهار والدورات المناخية . يتميز المناخ القديم بتتابع دورتين. أول دورة شبه رطبة إلى رطبة تؤثر على الجزء السفلي من التكوينات الغرينية ودورة ثانية شبه قاحلة تؤثر على الجزء العلوي

الكلمات المفتاحية - قسنطينة ، العصر الرابع ، واد الرمال- بومرزوق ، رمل ، طمي ، جيوكيميائي ، مناخي

## AVANT PROPOS

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui, ont permis la réalisation et l'achèvement de ce travail.

**DJAIZ Fouad** mon directeur de thèse avait suivi la progression de ce travail et l'avait enrichi de ses critiques, il m'a prodigué de nombreux conseils et n'a jamais ménagé ses encouragements. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

**DEFAFLIA Nabil** mon Co-directeur de thèse, Maître de conférence à l'Université de Tébessa, je lui suis redevable a plus d'un titre d'avoir suivi et dirigé patiemment ce travail, ses justes critiques, ses conseils précieux et ses encouragements permanent à terminer ce travail

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à Monsieur le **Pr. BAALI Ammar** je lui suis reconnaissant de l'honneur qu'il me fait en assumant la présidence du jury.

Je remercie également Messieurs les **Pr. HMIMED Messaoud, Pr. BOUABSSA Lakhder et Pr. YAHIAOUI Abdelouahab**, qui m'ont honoré d'examiner ce travail.

**LAMOURI Bachir, Invité du jury**, Maître de conférences à l'Université de Biskra. Spécialiste des Argiles; ses conseils, ses remarques pertinentes et le temps qu'il m'a accordé au sein de son laboratoire pour mes travaux d'analyses, malgré ses nombreuses occupations

**CHELAT Smail** Maître de conférences à l'Université de Constantine<sup>1</sup>, grand connaisseur des formations superficiels; qui m'a fait profité de ses compétences de la géologie du Quaternaire et son aide pour la séparation densimétrique des minéraux lourds. Je lui suis très reconnaissant.

Monsieur **INAL Ahmed**, s'est montré très intéressé par ce travail. Très sympathique, ses aides, ses encouragement, et sa grande compétence en géologie de l'Algérie m'a été fort utile je le remercie.

Je voudrais ensuite évoquer ce que je dois à **BRINIS Naafa**, directeur du laboratoire MGRE de l'Université Mostafa ben Boulaid Batna 2 pour m'avoir facilité le travail au sien du laboratoire pour l'établissement de la granulométrie. Je lui suis très reconnaissant

Je voudrais également remercie monsieur **AMROUNE A** Maître de conférence a l'Université de M'sila pour ces encouragements, son aide, merci beaucoup.

J'adresse mes remerciements également au à **Pr. Enrico GUASTALDI** de l'Université of Siena Italie, pour ses corrections.

Mes remerciements vont également au **Pr. EL GOUTI Ahmed**, directeur du laboratoire GEOBASSMA de l'Université de Marrakech pour son accueil, son aide, ses conseils et ces connaissances des Paléo environnements sédimentaires.

Mes remerciements s'adressent aussi au **Pr. BENHAYA.A**, responsable du laboratoire de Microscope électronique à Balayage d'avoir accepté de m'établir les analyses exoscopique.

Mes remerciements vont également à **Mehdi** technicien de laboratoire du Génie civile de l'Université Batna 2 ainsi que le responsable du laboratoire des sciences agronomiques de l'Université Batna1 qui m'ont assurés les analyses sédimentologiques et géochimiques.

Dans l'Institut des Sciences de la Terre et de l'Univers de Batna 2, j'ai toujours bénéficié du soutien moral de certain de mes collègues enseignants, je tiens à leurs adresser mes remerciements, ainsi que mes collègues enseignements de l'FSTU Constantine1 et DSTU Tebessa.

Je tiens a remercie mes étudiants de l'ISTU Batna 2 pour leurs aides lors des durs journées de terrains.

Que ceux qui ne sont pas cités me pardonnent et qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Enfin, je ne saurai oublier dans mes remerciements ma mère, ma femme, et mes enfants a supporté mes préoccupations et mon stress, je leur dédie ce travail.

# SOMMAIRE

Résumé.....	I
Abstract .....	II
.ملخص.....	III
Avant Propos .....	IV
Sommaire .....	VI
Liste des figures.....	XII
Liste des tableaux.....	XV
Introduction générale .....	1
CHAPITRE I : CADRE GEOGRAPHIQUE ET APERCU GEOLOGIQUE .....	3
I.1 Cadre géographique .....	3
I.1.1.Introduction .....	3
I.1.2. Localisation géographique.....	3
I.1.3. Topographie et géomorphologie.....	5
I.1.4. Hydrographie.....	7
I.1.5 Climat de la région d'étude .....	8
I.1.6 Actions anthropiques.....	8
I.2. Aperçu géologique .....	10
I.2.1. Introduction .....	10
I.2.2 .cadre géologique régional.....	10
I.2.2.1 Les séries Alpines .....	10
A. Le domaine Interne.....	10
B. Le domaine des Flyschs .....	11
C. Le domaine Externe .....	11
C.1 Les séries telliennes .....	11
C.2 .Les séries de l'avant pays allochtone .....	12
C.2.1. l'organisation sétifienne .....	12
C.2.2. l'organisation Constantinoise .....	12
C.2.3. l'organisation Algéro-Tunisienne.....	13
D. L'Avant pays atlasique .....	13
I.2.3. Cadre stratigraphie et structural.....	14
I.2.3.1. Stratigraphie.....	14

A. Introduction .....	14
B. Trias exotique ou extrusif .....	14
C. Série néritique Constantinoise .....	14
D. Les séries telliennes .....	15
D.1 Priabonien.....	15
D.2 Unités Ultra tellienne .....	15
D.3 Les Unités telliennes sensu-stricto (S.S).....	16
D.4 Les Unités pénitelliennes.....	16
D.5. Nappe Numidienne : Argiles et grés.....	16
E. Les séries poste-nappes.....	16
I.2.3.2. Les phases Tectonique .....	19
A. Introduction .....	19
B. Les phases Tectoniques Mésozoïques.....	20
B.1 La phase Jurassique supérieur .....	20
B. 2 La phase anté-Sénonienne .....	21
B.3 Les phases Tectoniques Tertiaires .....	21
* La phase Fini-lutétienne .....	21
* La phase Miocène inférieur.....	22
* La Tectonique récente Post-nappes.....	22
I.2.3.3.Paléogéographie des Monts de Constantine .....	24
I.2.4. Conclusion.....	24
<b>CHAPITRE II METHODOLOGIE DE TRAVAIL .....</b>	<b>25</b>
II.1 Introduction .....	25
II.2. Méthodologie de travail sur terrain.....	25
II.3. Méthodologie de travail au laboratoire .....	25
II.3.1 Analyse Granulométrique.....	25
II.3.1.1 La fraction grossière .....	26
II.3.1.2 La fraction fine .....	26
II.3.1.3. les paramètres granulométriques.....	26
a. Le mode .....	26
b. Le mediane (Md).....	27
c. La moyenne .....	27
d. L'indice de classement de Trask (So – Sorting).....	27
e. Le coefficient d'asymétrie (Skewness).....	27



f. Le coefficient d'Acuité (angulalité), ou Kurtosis.....	29
II.3.1.4. La sédimentométrie.....	29
* Méthode à la pipette d'ANDREASEN.....	29
II.3.2 Morphoscopie des grains de quartz.....	30
II.3.2.1 Grains non-usés (NU).....	31
II.3.2.2 Grains émoussés.....	31
II.3.2.3 Grains luisants (EL).....	31
II.3.2.4 Grain ronds et mats (RM).....	31
II.3.2.5 Condition d'observation.....	31
II.3.3 Exoscopie des grains de quartz.....	31
II.3.3.1 Définition.....	31
II.3.3.2 Appareillage (Microscope Electronique à Balayage).....	31
II.3.4. Analyse géochimique.....	32
II.3.4.1 Dosage de PH .....	32
II.3.4.2. La Conductivité Électrique (CE).....	32
II.3.4.3. Dosage des carbonates (Caco3).....	32
II.3.4.4 Dosage de la matière organique (MO).....	33
II.3.5. Analyse minéralogique.....	33
II.3.5.1. La diffraction par Rayon x.....	33
II.3.5.2 La séparation densimétrique.....	34
II.3.5.3 La séparation par tri sous loupe binoculaire .....	35
II.3.5.4 Examens à la loupe binoculaire .....	35
II.4. Conclusion .....	36
<b>CHAPITRE III GEOMORPHOLOGIE ET DESCRIPTION DES DIFFERENTS TYPES DES</b>	
<b>TERRASSES ALLUVIONNAIRE.....</b>	<b>37</b>
III.1. Introduction .....	37
III.2. Particularités Géologique de la région de Constantine.....	37
III.2.1 Le Néogène.....	37
III.2.1.1 Le Pliocène.....	44
III.2.2. Le Quaternaire .....	44
III.2.2.1. Le Quaternaire ancien.....	44
III.2.2.2. Le Quaternaire moyen à récent.....	44
III.3. Particularités Géomorphologique de la région de Constantine.....	46
III.3.1 Orographie de la région de Constantine.....	46

III.3.2. Le réseau hydrographique de la région de Constantine.....	48
III.4. Les systèmes fluviaux de la région de Constantine.....	49
III.4.1. Le transport des sédiments.....	49
III.4.2. Le système fluvial.....	50
III.4.2.1. Torrents.....	50
III.4.2.2. Le cours d'eau en terrasses.....	51
III.4.2.3. Les types des terrasses .....	52
III.4.3. La morpho-géologie de système fluvial d'Oued Boumerzoug.....	53
III.4.3.1. Les caractéristiques morphologiques fluviales de la vallée du Boumerzoug .....	54
III.4.4. La morpho-géologie de système fluvial d'Oued Rhumel.....	56
III.4.5. Les caractéristiques morphologiques fluviales de la vallée du Rhumel .....	57
III.4.6. Les structures alluviales de système Rhumel –Boumerzoug.....	59
III.4.6.1 Les structure syndépôt.....	59
III.4.6.1.1 Les chenaux anastomosés.....	59
III.4.6.1.2 Les structures en litage.....	61
III.4.6.1.2.1 Litages oblique.....	61
III.4.6.1.2.2 Litages entrecroisés.....	61
III.4.6.2. Les structures post-dépôt.....	61
III.5. Conclusion .....	62
<b>CHAPITRE IV RESULTATS DES ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES,</b>	
<b>MINERALOGIQUES ET GEOCHIMIQUE.....</b>	<b>63</b>
IV.1. Introduction.....	63
IV.2. Résultat des analyses au laboratoire.....	64
IV.2.2. Le Vallée d'oued Boumerzoug .....	64
IV.2.2.1. Situation Géographique .....	64
IV.2.2.2. La coupe Boumerzoug 1 (CB1).....	64
A. Analyse lithologique .....	64
B. Analyse Granulométrique.....	65
* Etude de la fraction granulométrique grossière.....	65
* Etude de la fraction granulométrique fine.....	65
C. Analyse géochimique .....	69
D. Etude Morphoscopique des grains de quartz .....	70
IV.2.2.3. La coupe Boumerzoug 2 (CB2).....	71
A. Analyse lithologique.....	71

B. Analyse Granulométrique.....	73
*. Etude de la fraction granulométrique grossière.....	73
*. Etude de la fraction granulométrique fine.....	73
C. Analyse géochimique.....	78
D. Etude Morphoscopique des grains de quartz.....	79
IV.2.2.4 Exoscopie des grains de quartz dans la vallée de Boumerzoug.....	80
IV.2.2.5 Analyse minéralogique.....	80
A. Etude des argiles (R. X).....	80
B. Etude des minéraux lourds.....	85
IV.2.3. Le Vallée d'oued Rhumel .....	87
IV.2.3.1. Situation Géographique.....	87
IV.2.3.2. Analyse lithologique.....	87
IV.2.3.3 Analyse Granulométrique.....	89
a. Etude de la fraction granulométrique grossière.....	89
b. Etude de la fraction granulométrique fine.....	89
IV.2.3.4. Analyse géochimique .....	93
IV.2.3.5. Etude Morphoscopique des grains de quartz .....	94
IV.2.3.6. Exoscopie des grains de quartz.....	95
IV.2.3.7 Analyse minéralogique.....	97
A. Etude des argiles (R. X).....	97
B. Analyse des minéraux lourds.....	98
IV 3. Conclusion.....	100
<b>CHAPITRE V DISSCUSSION ET INTERPRETATION DES RESULTATS</b>	
V.1.Introduction.....	101
V.2 .Le vallée d'oued Boumerzoug.....	101
V.2.1.Interprétation lithologique et sédimentologique.....	101
2.2 Interprétation Morphoscopique et exoscopique.....	104
2.3. Interprétation Géochimique et Minéralogique .....	104
V.3. Le vallée d'oued Rummel.....	106
V.3.1. Interprétation lithologique et sédimentologique.....	106
V.3.2 Interprétation morphoscopique et exoscopique.....	107
V.3.3. Interprétation Géochimique et minéralogique.....	108
V4. Conclusion.....	109
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>111</b>

Référence bibliographique .....	113
Annexe.....	122

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure.1</b> Cartes de visualisation de la région de Constantine sur image satellitaire Alsat-2A.	<b>04</b>
<b>Figure.2</b> : bassin versant Kébir-Rhumel selon la délimitation d'ANBH.....	<b>05</b>
<b>Figure.3</b> : Carte Géomorphologique de Constantine 1/10000.....	<b>06</b>
<b>Figure.4</b> : Carte de réseau hydrographique de Constantinois 1/200 000.....	<b>07</b>
<b>Figure.5</b> : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien.....	<b>09</b>
<b>Figure.6</b> : Climagramme d'Emberger de la région de Constantine.....	<b>09</b>
<b>Figure.7</b> : Position des différentes unités géologiques des Maghrébides.....	<b>10</b>
<b>Figure.8</b> : Carte géologique de la région de Constantine .....	<b>13</b>
<b>Figure.9</b> . Schéma structural de l'Algérie Nord Orientale.....	<b>14</b>
<b>Figure.10</b> Corrélation litho-stratigraphique de la région de Constantine.....	<b>18</b>
<b>Figure.11</b> Colonne stratigraphique synthétique de la région de Constantine et ses alentours.	<b>20</b>
<b>Figure.12</b> . Schéma structural de la Constantine.....	<b>21</b>
<b>Figure.13</b> Chronologie des phases tectoniques définies dans le constantinois central.....	<b>23</b>
<b>Figure.14</b> . Différents représentation d'une granulométrie de distributions.....	<b>28</b>
<b>Figure.15</b> . La pipette d'ANDREASEN.....	<b>30</b>
<b>Figure.16</b> Les diffractomètres utilisées.....	<b>33</b>
<b>Figure.17</b> Les composantes d'un diffractomètre.....	<b>34</b>
<b>Figure.18</b> Séparation des minéraux par liqueur.....	<b>35</b>
<b>Figure.19</b> La loupe binoculaire utilisée.....	<b>35</b>
<b>Figure.20</b> Carte géologique de la région de Constantine 1/10000.....	<b>38</b>
<b>Figure.21</b> Photos des différents faciès Néogène de la région de Constantine.....	<b>39</b>
<b>Figure.22</b> Logs de quelques sondages carottiers dans la ville de Constantine.....	<b>39</b>
<b>Figure.23</b> Coupe A entre le bardo et l'Institut d'Architecture.....	<b>41</b>
<b>Figure.24</b> Coupe B entre Zouaghi et Oued Rhumel .....	<b>42</b>
<b>Figure.25</b> Coupe C entre bellvue et Chabet el Merdja.....	<b>43</b>
<b>Figure.26</b> Coupe D entre Djebel Hadj Baba et Oued El Malah.....	<b>43</b>
<b>Figure.27</b> Photos terrasses alluviales de l'oued Boumerzoug.....	<b>45</b>
<b>Figure.28</b> Carte hypsométrique avec les principaux djebels dans la région de Constantine..	<b>47</b>
<b>Figure.29</b> Modèle Numérique de terrain en 3D de la région de Constantine.....	<b>48</b>
<b>Figure.30</b> Carte de réseaux hydrographique de la région de Constantine.....	<b>49</b>
<b>Figure.31</b> Les différentes composantes d'un torrent.....	<b>51</b>
<b>Figure.32</b> Les types de lit fluvial.....	<b>52</b>

<b>Figure.33</b> Les types de terrasses Alluviales (A) terrasses étagées.....	<b>53</b>
<b>Figure.34</b> Morphologie de lit d'Oued Boumerzoug.....	<b>53</b>
<b>Figure.35</b> Carte des principales zones inondables des plaines alluviales dans système alluviales Rhumel-Boumerzoug.....	<b>55</b>
<b>Figure.36</b> Morphologie de la plaine alluviale de l'Oued Boumerzoug avec les différents lits	<b>55</b>
<b>Figure.37</b> Coupe morphologique de la vallée d'oued Rhumel dans la région d'Ain Smara...	<b>56</b>
<b>Figure.38</b> Carte montre l'orientation générale d'Oued Rhumel.....	<b>57</b>
<b>Figure.39</b> Coupe géomorphologique de la vallée d'oued Rhumel montre les différentes unités Alluviales.....	<b>58</b>
<b>Figure.40</b> Morphologie de la plaine alluviale de l'Oued Rhumel avec les différents lits.....	<b>58</b>
<b>Figure.41</b> Structures lenticulaires dans les terrasses d'Oued Rhumel.....	<b>59</b>
<b>Figure.42</b> Structures lenticulaires dans les terrasses de l'Oued Boumerzoug.....	<b>60</b>
<b>Figure.43</b> Structures en litage oblique dans les terrasses de l'Oued Rhumel.....	<b>61</b>
<b>Figure.44</b> Structures litages entrecroisés dans les terrasses de l'Oued Rhumel.....	<b>61</b>
<b>Figure.45</b> Structures syndépôt dans les terrasses d'Oued Rhumel.....	<b>61</b>
<b>Figure.46</b> Photo- carte de région d'étude.....	<b>63</b>
<b>Figure.47.</b> Profil sédimentaire et photographie de la coupe Boumerzoug B1.....	<b>65</b>
<b>Figure.48</b> Variation de la fraction fine en fonction de la profondeur dans la coupe B1.....	<b>67</b>
<b>Figure.49</b> Variation des indices granulométriques en fonction de la profondeur dans la coupe B1.....	<b>68</b>
<b>Figure.50</b> Répartition de la fraction fine de la coupe B1 sur le diagramme ternaire.....	<b>69</b>
<b>Figure.51</b> Variation des paramètres géochimiques en fonction de la profondeur dans la coupe B1.....	<b>70</b>
<b>Figure.52</b> Diagramme de variation Morphoscopique de Quartz en fonction de la profondeur dans la coupe B1.....	<b>71</b>
<b>Figure.53</b> Profil sédimentaire et photographie de la coupe Boumerzoug B2.....	<b>72</b>
<b>Figure.54</b> Photos montre les différentes lithologies de la coupe Boumerzoug 2 (B2).....	<b>73</b>
<b>Figure.55.</b> Variation de la fraction fine en fonction de la profondeur dans la coupe B2.....	<b>75</b>
<b>Figure.56</b> Répartition de la fraction fine de la coupe B2 sur le diagramme ternaire.....	<b>76</b>
<b>Figure.57.</b> Variation des indices granulométriques en fonction de la profondeur dans la coupe B2.....	<b>77</b>
<b>Figure.58</b> Variation des paramètres géochimiques de la profondeur dans la coupe B2.....	<b>78</b>
<b>Figure.59</b> Diagramme de variation Morphoscopique de Quartz en fonction de la profondeur dans la coupe B2.....	<b>79</b>

<b>Figure.60</b> Vue sous MEB des grains de Quartz prélevé des alluvions de Boumerzoug Coupe B.....	<b>81</b>
<b>Figure.61</b> Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions de Boumerzoug Coupe B1 et B2.....	<b>82</b>
<b>Figure. 62</b> Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions de Boumerzoug Coupe B2.....	<b>83</b>
<b>Figure. 63</b> Diffractogrammes de la coupe Boumerzoug B2.....	<b>84</b>
<b>Figure.64</b> Principaux minéraux lourds dans les sédiments Alluviaux d'Oued Boumerzoug.....	<b>86</b>
<b>Figure.65</b> Profil sédimentaire et photographie de la coupe Rhumel Rh.....	<b>88</b>
<b>Figure.66</b> Photos montre les différentes lithologies de la coupe Rh.....	<b>88</b>
<b>Figure.67</b> Variation de la fraction fine en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel.....	<b>90</b>
<b>Figure.68</b> Répartition de la fraction fine de la coupe Rhumel sur le diagramme ternaire.....	<b>91</b>
<b>Figure.69</b> Variation des indices granulométriques en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel.....	<b>92</b>
<b>Figure.70</b> Variation des paramètres géochimiques de la profondeur dans la coupe Rhumel.....	<b>93</b>
<b>Figure.71</b> Diagramme de variation Morphoscopique de Quartz en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel.....	<b>94</b>
<b>Figure.72</b> Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions d'Oued Rhumel.....	<b>95</b>
<b>Figure. 73</b> Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions Rhumel.....	<b>96</b>
<b>Figure.74</b> Diffractogrammes des Argile d'Oued Rhumel.....	<b>97</b>
<b>Figure.75</b> Principaux minéraux lourds dans les sédiments Alluviaux d'Oued Rhumel.....	<b>99</b>
<b>Figure.76</b> Milieu de dépôt selon diagramme de Friedman 1961 Coupe Boumerzoug B1.....	<b>103</b>
<b>Figure.77</b> Milieu de dépôt selon diagramme de Friedman 1961 Coupe Boumerzoug B2.....	<b>103</b>
<b>Figure.78</b> La relation entre l'évolution sédimentologique, géochimique et la tendance paléoclimatique dans les faciès Alluviales d'Oued Boumerzoug .....	<b>105</b>
<b>Figure.79</b> Milieu de dépôt selon diagramme de Friedman 1961 Coupe Rhumel Rh.....	<b>107</b>
<b>Figure.80</b> La relation entre l'évolution sédimentologique, géochimique et la tendance paléoclimatique dans les faciès Alluviales d'Oued Rhumel .....	<b>109</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tab.01.</b> Répartition granulométriques des constituants d'un sédiment.....	<b>26</b>
<b>Tab.02.</b> Classification des faciès sédimentaires en fonction du Sorting index selon la méthode Trask.....	<b>27</b>
<b>Tab.03</b> Répartition des faciès sédimentaire en fonction de l'indice d'asymétrie.....	<b>28</b>
<b>Tab.04 :</b> Relation entre le Kurtosis et la courbe fréquentielle (platykurtique).....	<b>29</b>
<b>Tab.05 :</b> Distribution de la fraction granulométrique globale de la Coupe B1 en %.....	<b>66</b>
<b>Tab.06 :</b> Distribution de la fraction granulométrique globale de la coupe B2 en %.....	<b>74</b>
<b>Tab. 07</b> Valeurs semi-quantitatives des minéraux présents dans la coupe Boumerzoug B2..	<b>85</b>
<b>Tab.08:</b> Distribution de la fraction granulométrique globale de la Coupe Rhumel (Rh) en %.	<b>89</b>
<b>Tab. 09.</b> Valeurs semi-quantitatives des minéraux présents dans la coupe Rhumel.....	<b>98</b>
<b>Tab 10 :</b> Faciès alluviaux dans la vallée d'Oued Boumerzoug .....	<b>102</b>
<b>Tab 11 :</b> Faciès alluviaux dans la vallée d'Oued Rhumel.....	<b>106</b>



# **Introduction générale**

### **Introduction générale**

Les dépôts alluviaux représentent des archives importants des changements environnementaux à travers les cycles hydro climatique. Ces sédiments peuvent enregistrer des modifications du débit de la paléo-eau, qui est une approximation des taux de précipitations et du climat (Sylvia et al 2006).

En Algérie, les études menés sur les sédiments récents sont basées généralement sur des méthodes lithologiques, sédimentologiques et magnétiques ayant pour but, la reconstitution paléo environnementale et paléoclimatique; ainsi sur des approches purement chimique permettent de faire la mise au point des effets de pollution sur les matériaux fluviatiles et alluviaux.

Les études menées dans la région de Constantine qui ont portés en premier lieu sur la reconnaissance géologique (Puillon-Boblaye.1838) et sur l'évolution des connaissances permettent de distinguer trois grands périodes :

1. Période des levers d'ensemble à petite échelle (Tissot 1881, Pomel 1890, et Ficheur 1900).
2. Période des grandes monographies (Joleaud 1912)
3. Période des monographies détaillées (Flandrin. J.F 1948, Van der Fliert .J.R, Bar B.E, 1957, Voute .C 1967, Durand-Delga 1969, Vila J.M 1980, Coiffait P.E 1992 Kazitani.N 1986, Aris Y 1994, Chadi M 2004). Entre autre, diverses approches et études ont également portés sur les formations Mio-Plio-Quartenaire (Amireche H 2001, Benabbas C 2006, Bougdal R 2007)

La région d'étude est située dans les hautes plaines orientales de l'Atlas tellien montagneux. Son altitude moyenne varie entre 500 et 800m. Elle est caractérisée par un relief contrasté où se côtoient gorges profondes, plateaux et collines. Le réseau hydrographique qui la draine, est représenté par les cours d'eau principaux du Rhummel et de Boumerzoug, à écoulement permanent, auxquels sont associés des affluents, à écoulement temporaire. En aval de la confluence Rhumel-Boumerzoug, la vallée est entaillée dans un relief surélevé, calcaire (formant des gorges de plus de 150m de hauteur), marne et formations alluviales aux deux rives des Oueds.

L'étude effectuée sur la région qui est basé sur des travaux de terrain et de laboratoire a pour but de constituer une vision détaillée sur la géomorphologie, la sédimentologie, la géochimie et la minéralogie des sédiments alluviaux des deux vallées d'Oueds Rhumel et Boumerzoug.

## Introduction générale

---

Cette combinaison d'approches a pour objectif essentiel, l'éclaircissement de l'importance que peut apporter l'étude des dépôts fluviatiles dans la mise en évidence du paléo-environnement de transport et les phases de dépôt, traduisant ainsi, les paléo-cycles climatiques qui ont existés dans la région d'étude.

Les sédiments alluviaux récoltés sont soumis à nombreux analyses au laboratoire : analyse granulométrique (fractions granulométriques fins), géochimique (Carbonates totale, Matière organique, Ph, Conductivité), minéralogiques (analyse par diffractométrie de rayon x), microscopique (loupe binoculaire, microscope électronique à balayage –MEB).

Tout le corpus de cette thèse s'articule autour de cinq axes essentiels :

- La présentation des données bibliographiques recueillies, concernant le cadre géographique et climatique, la géologie régionale et locale de la région d'étude.
- Nous présentons les conditions et les modalités d'échantonnage et les techniques d'analyses effectuées.
- L'analyse géomorphologique (étude morphologique des vallées d'oueds et la caractérisation de différentes composantes alluviales).
- Présentation et discussions des résultats (analyses sédimentologiques, géochimiques et minéralogiques).
- Enfin, Interprétation des résultats et la détermination des paléo-environnements de transport et les phases de dépôt ainsi que les paléo-cycles climatiques.

**Chapitre I**  
**Cadre Géographique**  
**et Aperçu Géologique**

## Chapitre I. Cadre Géographique et aperçu Géologique

### I.1. Cadre géographique

#### I.1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous proposons de présenter les principales données qui nous avons recueillies sur la région d'étude

#### I.1.2. Localisation géographique :

Le terrain étudié (**Fig. 01**), est localisé dans la partie centrale d'une entité géographique habituellement désignée sous le nom « hautes plaines Constantinoises ». Il s'agit d'un ensemble montagneux bien individualisé qui présente une morphologie morcelée avec des vastes plaines recouvertes de dépôts pliocène- quaternaires. (Benabbas .C 2006 ; Rabahi .N 2008).

Les tronçons fluviaux étudiés appartiennent aux sous-bassins versant Boumerzoug, Rhumel qui font partie du grand bassin versant du Kébir-Rhumel (8800 km<sup>2</sup>) selon les délimitations retenues par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ANRH (**Fig. 02**).

L'Oued Rhumel est originaire du nord-ouest de Bellaa à Sétif. Il traverse les hautes plaines Constantinoises, selon une orientation SW-NE jusqu'à la ville de Constantine. Ensuite, il change d'orientation vers le NW (Mébariki, 1984), son principal affluent est Oued Boumerzoug qui draine les zones industrielles et urbaines dans la ville de Constantine.

L'Oued Rhumel s'élève à environ 1160 m d'altitude dans les marges sud du Tell, et se jette dans le barrage de Beni-Haroun. Sa longueur est de 150 km.

Le bassin versant de l'Oued Boumerzoug, situé en amont et au sud de Constantine, se présente comme une cuvette d'effondrement, dominée par des reliefs en horst isolés et abrupts. Long de 50 km, il naît de la confluence d'Oued El Kleb et d'Oued Malah à environ 25 km au sud de Constantine; il traverse plusieurs agglomérations : Ain M'Lila, Ouled Rahmoune, El Guerrah, El Khroub avant d'atteindre le Rhumel à Constantine ville. Le Boumerzoug reçoit plusieurs affluents sur son parcours dont le plus important est l'Oued Hamimime. (ABH, 2004)

Le cours aval de l'Oued Boumerzoug se caractérise par le développement d'amples méandres juste à l'entrée de la ville de Constantine. L'élargissement de la vallée, où les terrasses et le lit majeur prennent une grande extension, rend plus spectaculaire l'étalement de la crue dans la plaine alluviale. (Bougdal.R 2007).

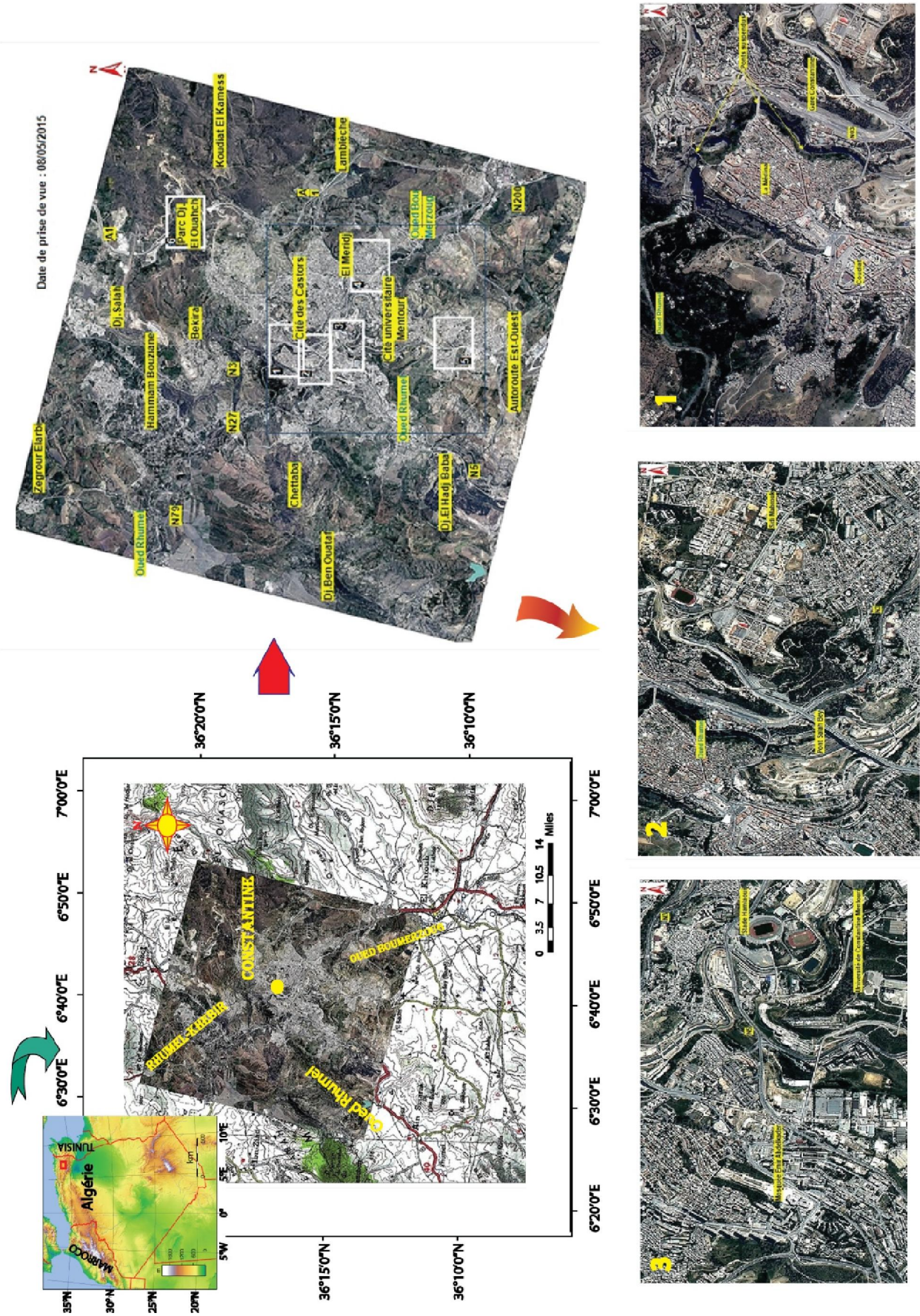


Fig. 01 Cartes de visualisation de la région de Constantine sur image satellitaire Alsat-2A

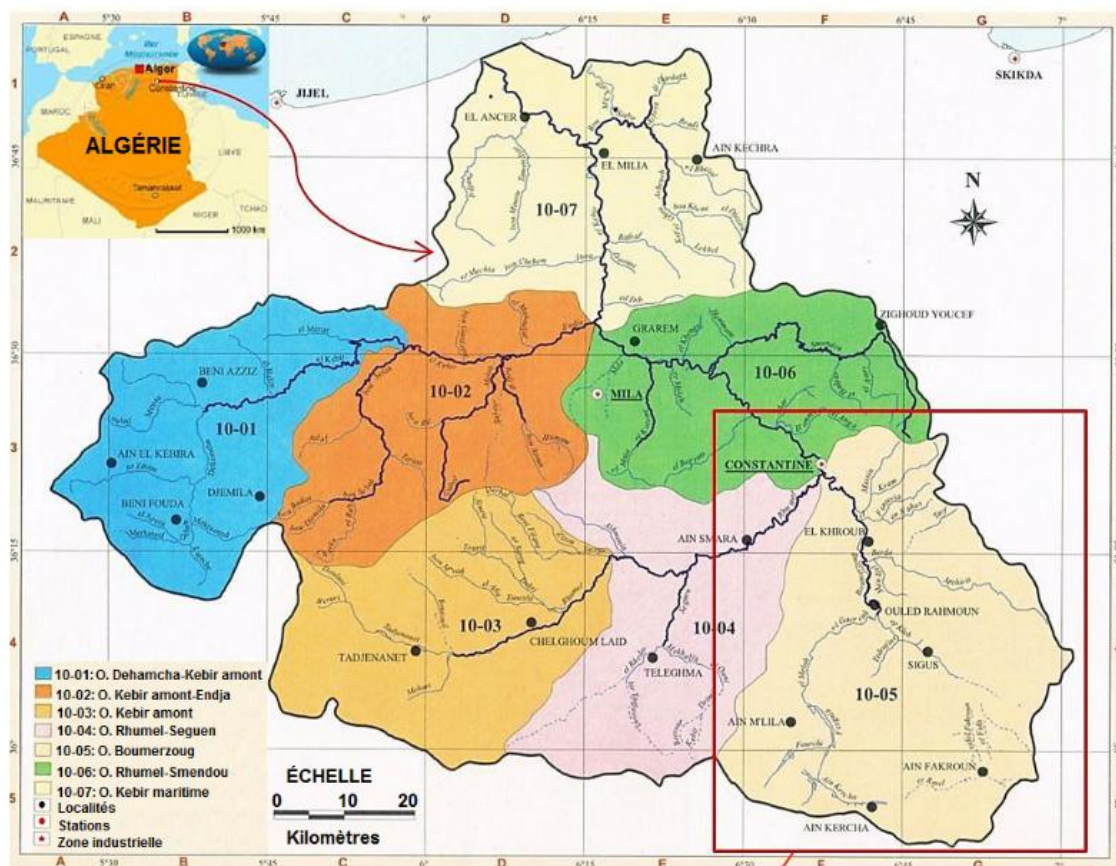


Fig. 02 : Bassin versant Kébir-Rhumel selon la délimitation d'ANBH

### I.1.3. Topographie et géomorphologie

La région de Constantine est située dans les hautes plaines orientales de l'Atlas tellien montagneux. Son altitude moyenne varie entre 500 et 800m. Elle est caractérisée par un relief contrasté où se côtoient gorges profondes, plateaux et collines.

En aval de la confluence Rhumel-Bumerzoug, la vallée est entaillée dans un relief surélevé, calcaire, formant des gorges de plus de 150m de hauteur.

La distribution des pentes, représentée sur la carte géomorphologique (Fig. 03), permet d'affirmer que la moitié de l'espace circonscrit par le périmètre étudié est caractérisé par des pentes variant de 10 à 30%,

Les pentes les plus élevées (supérieures à 30%) sont essentiellement distribuées à proximité des cours d'eau dont elles forment les berges.

Les falaises circonscrivent en particulier les calcaires néritiques (le Rocher) et résultent de la tectonique cassante. Ces falaises existent néanmoins, bien que de moindre hauteur, dans les conglomérats des quartiers de Kitouni et du Bardo, et ne correspondent pas nécessairement à des escarpements de failles.

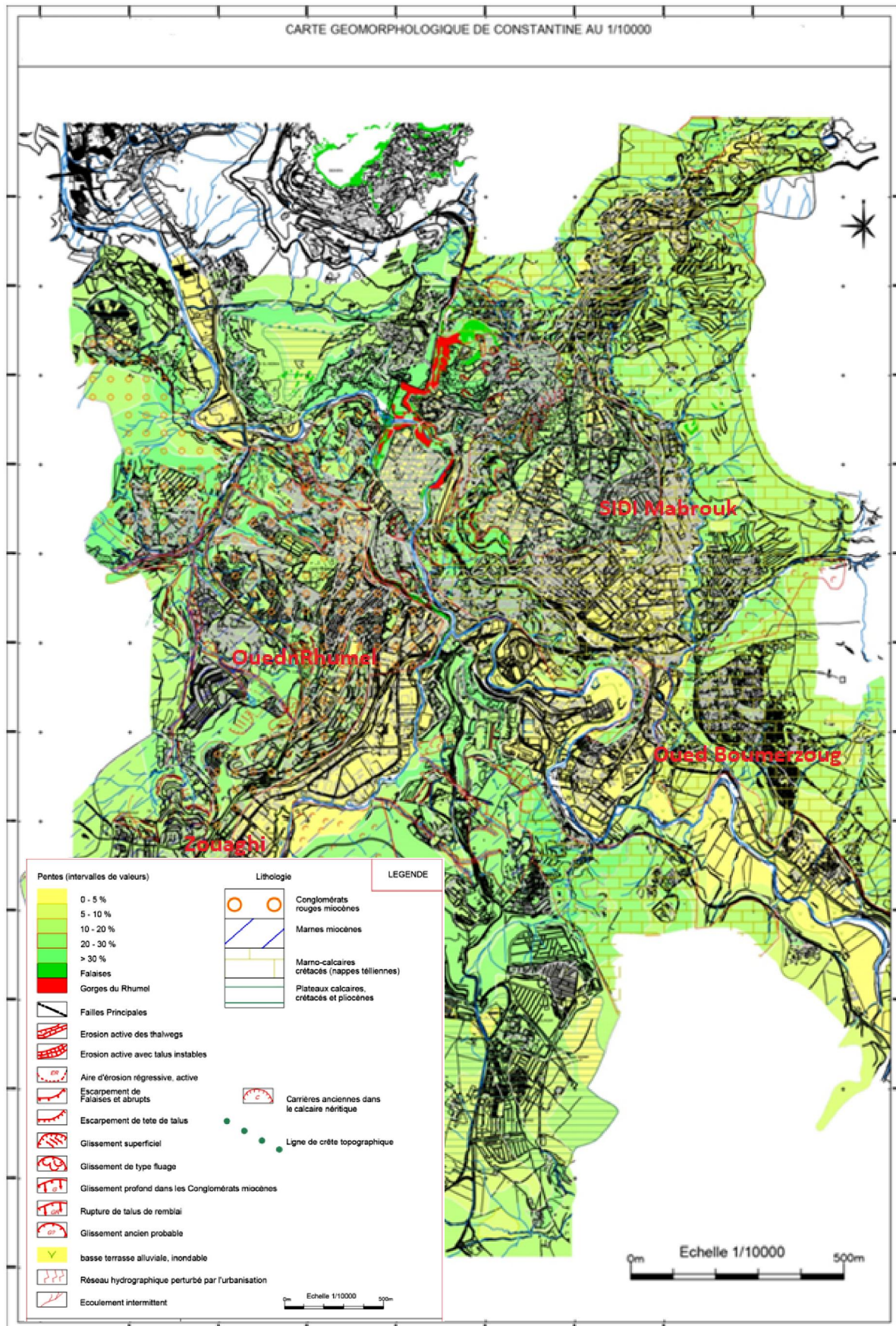


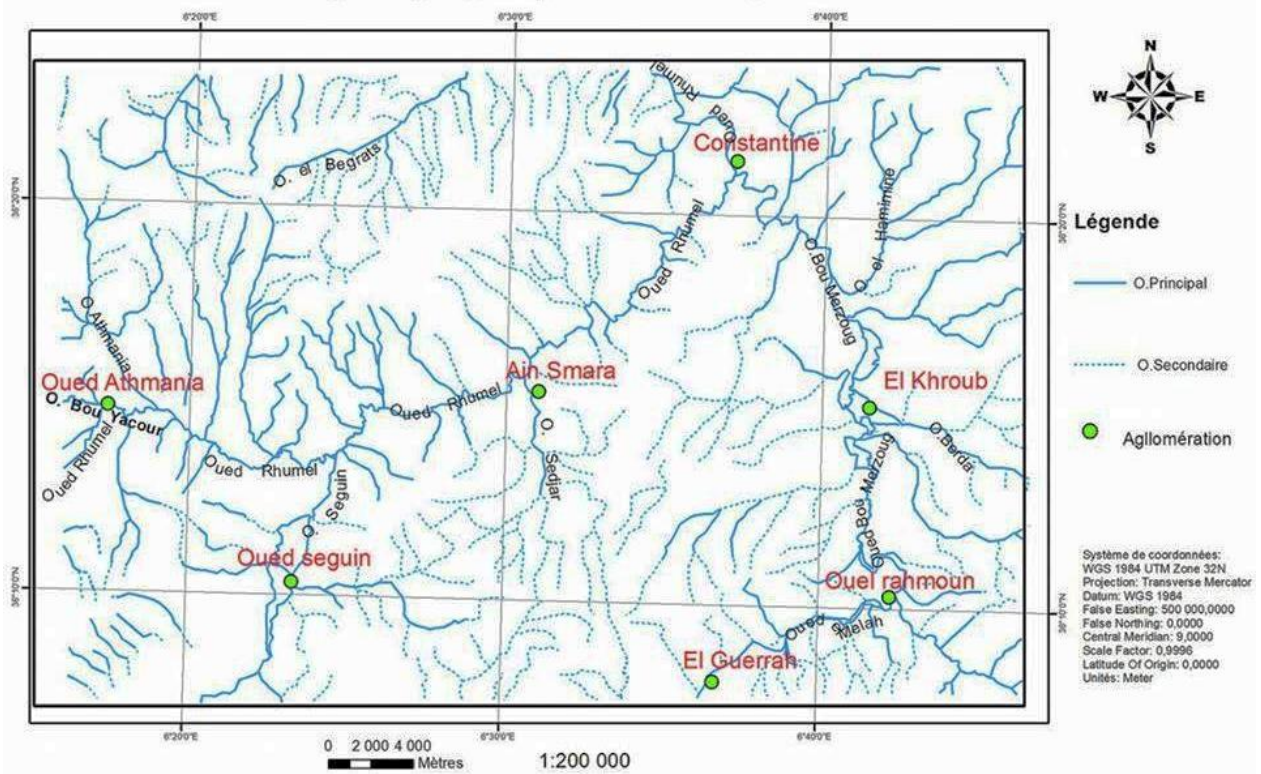
Fig. 03 : Carte Géomorphologique de Constantine 1/10000 (ARCADIS 2002)



Les pentes les plus faibles (0 à 10%), qui représentent une proportion notable de la morphologie de la région, correspondent d'une part, aux terrasses alluviales du Rhumel et du Bumerzoug, et d'autre part, aux plateaux du Rocher, de Mansourah, de la Koudiat et de Salah Bey plus au Nord-Ouest.

#### I.1.4. Hydrographie

Les plaines sont parsemées de nombreux Oueds (**Fig. 04**) qui convergent en majorité, vers l'élément hydrographique le plus important du Constantinois ; le Rhumel qui traverse les hautes plaines Constantinoises suivant une orientation NE-SW jusqu'à sa confluence avec le Bumerzoug et qui parcourt ensuite des gorges à travers le Rocher de Constantine.



**Fig. 04 :** Carte de réseau hydrographique de Constantinois 1/200 000

La configuration spatiale du réseau hydrographique est étroitement liée à la structure tectonique :

A l'Ouest, le Mellah et son affluent : Chabet el Merdja, coulent dans la zone axiale d'une structure synclinale faillée, orientée N10 à N20°

Au Sud, le Rhumel et le Bumerzoug s'écoulent suivant les directions respectives : N20 et N130°, à la faveur des grandes directions de failles bien visibles dans les terrains compétents situés plus au Nord (le Rocher).

Au Centre et en aval de la confluence de ces deux cours d'eau, le franchissement du Rocher en question, n'est rendu possible que par l'existence des accidents N130 et N10°, qui ont permis l'ouverture d'une brèche pour l'écoulement des eaux vers la région plus basse de

Hamma Bouziane. En admettant une ancienneté relative de ces cours d'eau, leur drainage reste assuré par surimposition compte tenu de la tectonique récente qui a tendance à maintenir le relief en surrection.

La terrasse alluviale surélevée sur plus de 20m, pour une raison vraisemblablement tectonique, témoigne de cette surimposition

Dans le Tell septentrional, le Rhumel change de direction et coule vers le Nord-Ouest avant de rejoindre Oued Endja. Tout au long de son parcours, le Rhumel recuit, de l'amont à l'aval, Oued Dekri, Seguin, Boumerzoug, Smendou et enfin El Ktone. (Farah A.S., 1991)

### **I.1.5 Climat de la région d'étude**

Deux principaux types de climats règnent dans la région (Côte.M 1974). Au NW s'étende la « poche » de Constantine-Mila, caractérisée par un climat subhumide à hiver doux, été sec et chaud, une partie SW caractérisée par un climat semi-aride à hiver froid, un été sec et chaud. **(Fig. 05).**

La combinaison des précipitations et des températures permet de définir des domaines bioclimatiques. C'est grâce à un tracé sur un climagramme combinant  $Q$  (quotient pluviothermique d'Emberger) en ordonnée et  $m$  (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) en abscisse, on trouve que le climat de la région d'étude est du type semi-aride ( $300-350 < P < 550-600$  mm) (Mebarki. A 2005).

Ce climat est caractérisé par une alternance de saisons sèches (juin à septembre) et de saisons humides (octobre à avril), avec une chaleur de 25-45° en été et un froid de 0-12° en hiver **(Fig. 06).**

### **I.1.6 Actions anthropiques**

L'occupation historique du site de Constantine, depuis l'époque numidique et romaine jusqu'à nos jours, a induit des modifications notables dans sa morphologie naturelle. L'extension progressive de la ville, hors du rocher, dans des terrains relativement meubles (conglomérats, argiles, marnes), ont entraîné les changements les plus remarquables de la topographie.

La crête initiale reliant Koudiat Touifez à la Koudiat Aty, dominant à l'Ouest, la vallée de Chabet el Merdja et à l'Est, celle du Rhumel, a été arasée et urbanisée durant l'époque coloniale.

Plus récemment, la construction de l'Université et son prolongement Nord, a fait l'objet de terrassement d'une même morphologie de crête initiale. Dans les deux cas, il s'en est suivi, l'imperméabilisation partielle des sites par les constructions et l'accumulation de grandes quantités de remblais sur les talus voisins.

Le calibrage d'oued Rhumel et oued boumerzoug à fait l'objet de plusieurs terrassements et modifications des talus au deux rives effaçant l'aspect et la morphologie des terrasses alluvionnaires existantes

A l'intérieur du tissu urbain, la réalisation du réseau routier a induit l'accentuation des pentes initialement fortes qui ont nécessité le recours systématique aux ouvrages de soutènement (murs en maçonnerie)

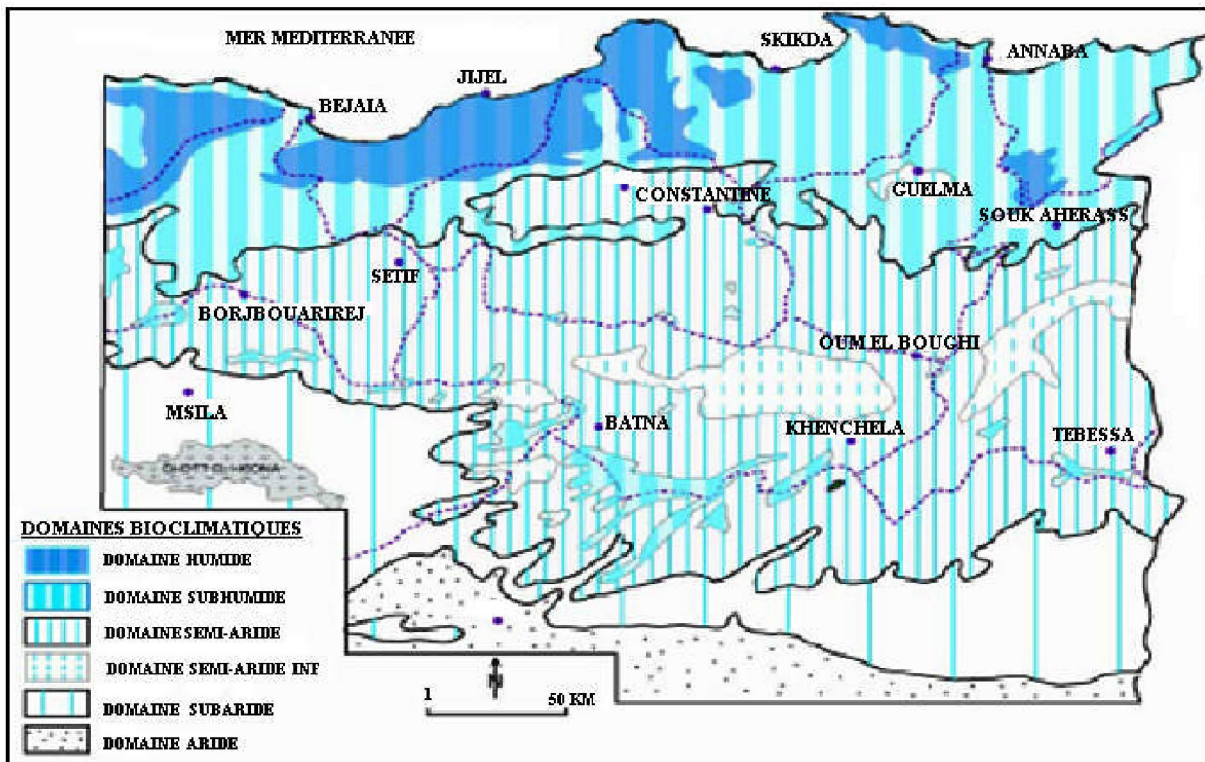
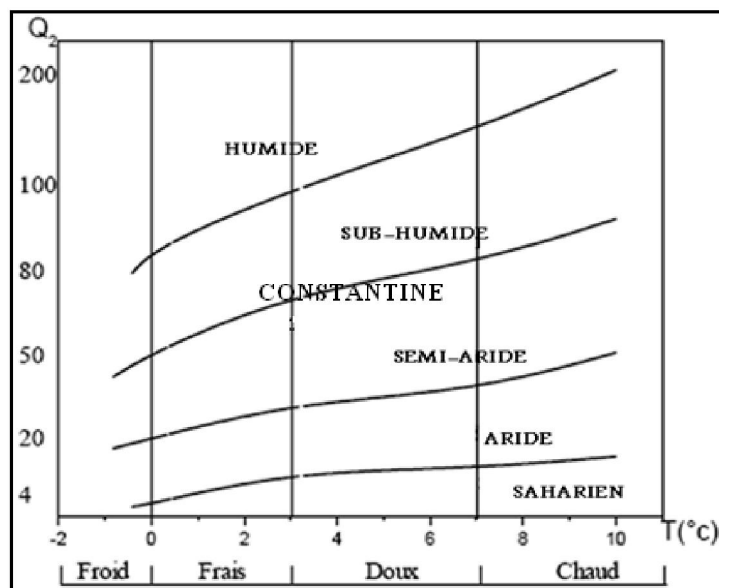


Fig. 05: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Mebarki, A 2005)

Fig. 06 : Climagramme d'Emberger  
De la région de Constantine



## I.2. Aperçu géologique

### I.2.1.. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie nord orientale, la stratigraphie et le cadre structural ; ainsi que la paléogéographie des monts de Constantine

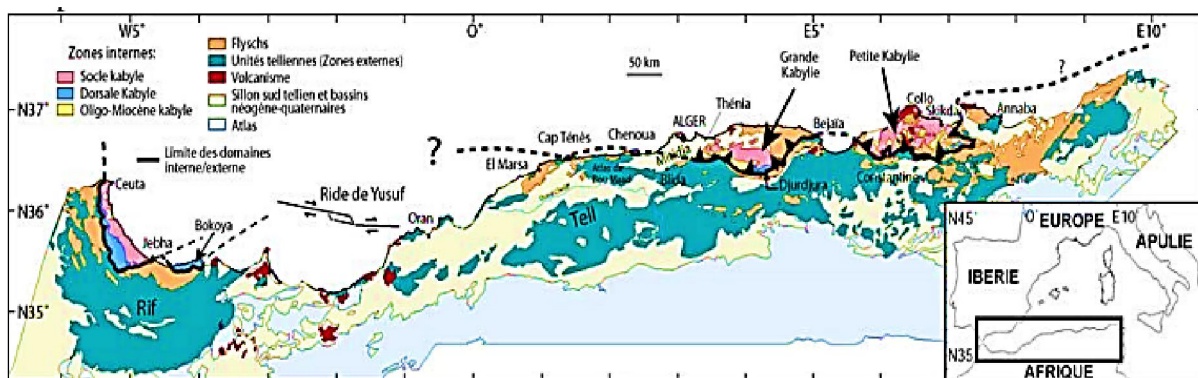
### I.2.2 .Cadre géologique régional

Pour mieux comprendre le contexte géologique de la région, il est indispensable de la situer dans le cadre de la chaîne alpine de l'Algérie Nord orientale.

L'édifice orogénique de cette chaîne (**Fig. 07**) résulte de la structuration du bassin maghrébin et de ses marges, bassin qui se situait entre les marges continentales Européennes et Africaines (Wildi .w, 1983 ; Dercourt et al, 1985)

La chaîne alpine d'Algérie orientale se caractérise par des structures en nappe à vergence Sud dominante et une unité orogénique remarquable (**Fig. 07**) avec du Nord vers le Sud.

- Les zones internes.
- Le sillon des flyschs.
- Les zones externes.



**Fig. 07:** Position des différentes unités géologiques des Maghrébides. (Modifiée d'après Domzig et al, 2006)

#### I.2.2.1 Les séries Alpines :

##### A. Le domaine Interne

Il correspond à un ensemble Kabyle septentrional qui regroupe des affleurements d'un socle métamorphique, caractérisé par des formations antécambriennes (granulite, gneiss, phyllade...) et des formations paléozoïques (ensemble sédimentaire) et d'une frange étroite de formations de l'ensemble et qui constitue la chaîne calcaire (L.Glangeaud, 1932) ou dorsale Kabyle (J.F.Raoult, 1974). (**Fig. 07**)

**B. Le domaine des Flyschs :**

Il se caractérise par des formations de plaines abyssales, mises en place par des courants de turbidités (J.P.Bouillin, 1986). Ces formations furent par la suite scindées en trois groupes (M.Durand-Dalga, 1969).

- Le Flysch de « Guerrouch »
- Le Flysch « Schisto-quartzeux » Albo-Aptien (L.Glangeaud, 1932)
- Le Flysch Numidien « La nappe numidienne »

**NB :** Ces trois flyschs ne sont pas synchrones

J.F.Raoult (1969) propose, pour le flysch « Schisto-quartzeux », le terme de « Flysch massylien », le terme de « flysch mauritanien » proposé par J.P.Gelard (1969) étant réservé aux flyschs de type Guerrouch qui comporte un Crétacé inférieur.

Les Flyschs reposent, avec des modalités structurales variées, sur les zones internes et occupent une position allochtone par rapport aux zones externes. La nappe numidienne correspond aux formations les moins tourmentées. Elle n'est que peu impliquée dans les accidents qui affectent le reste de l'édifice allochtone, sauf au Nord-est de Constantine et au Nord d'el Aria où elle se présente comme un ensemble écaillée.

**C. Le domaine Externe :**

Le domaine externe est représenté par les séries telliennes, les séries de l'avant pays allochtone et les séries de l'avant pays Atlasique autochtone.

Ces zones comportent plusieurs séries de grandes diversifications lithologiques et structurales qui ne permettent pas d'établir des corrélations stratigraphiques sur des grandes distances.

**C.1 Les séries telliennes :**

Il s'agit de séries épaisses à dominante marneuse qui seraient issues du sillon tellien (J.V.Vila 1980), après avoir mis en évidence des séries telliennes très méridionales, J.V.Vila les a subdivisées en trois grandes unités :

Les unités Ultra telliennes, les unités telliennes sensu stricto et les séries pénitelliennes et unités méridionales à Nummulites dont les limites suivent à peu près les lignes paléogéographiques du Crétacé, du Paléocène et de l'Eocène.

-Les Unités ultra-telliennes : Elles ont été définies au Kef sidi Driss (J.F.Raoult, 1969) et au Djebel Bousbaa (région de Guelma) (J.M.Vila 1968). Les formations typiques comportent un Crétacé inférieur, des formations marno-calcaires clairs à Ammonites (Valanginien à Vraconien), un Crétacé moyen à Rotalipores, un Sénonien marneux et micritique riche en microfaunes de Globotruncana et d'Hétérohélicidés et un Eocène à trois termes :

Marnes noires à boules jaunes Dano-paléocène, Yprésien-Lutétien inférieur formé de calcaires à silex noirs Lutétien supérieur marneux sombre.

-Les unités telliennes Sensu Stricto : Elles ont été définies par (J.M.Vila1980) et représentent l'équivalent de la série méso- tellienne dans la nomenclature de M. Durand Delga (1969).

Ces unités se caractérisent par un Crétacé inférieur riche en sédiments terrigènes ou les intercalations de faciès néritiques restent modérées du Crétacé supérieur à l'Oligocène.

-Les séries pénitelliennes et les unités méridionales à Nummulites : le terme pénitellien a été créé pour désigner une série localisée sur le versant Sud de Djebel Zouaoui dans le massif du Chattabah près de Constantine. Ces séries assureraient la transition entre les faciès néritiques Constantinois et les faciès septentrionaux plus profonds d'affinité Bibanique (N.Kazi-Tani 1986).

Les séries pénitelliennes se caractérisent par des faciès néritiques prépondérants du Crétacé supérieur à l'Oligocène et montrent une grande affinité avec leur avant pays méridionaux.

Les unités méridionales à Nummulites ne sont localisées que dans confins méridionaux du môle néritique Constantinois. Ces unités ne comportent que du Sénonien et des formations Eocènes riches en Nummulites.

## **C.2 .Les séries de l'avant pays allochtone :**

Les séries de l'avant pays allochtone, (J.M.Vila 1980) ont été regroupées en trois grandes familles :

- Une organisation sétifienne
- Une organisation Constantinoise
- Une organisation Algéro-Tunisienne

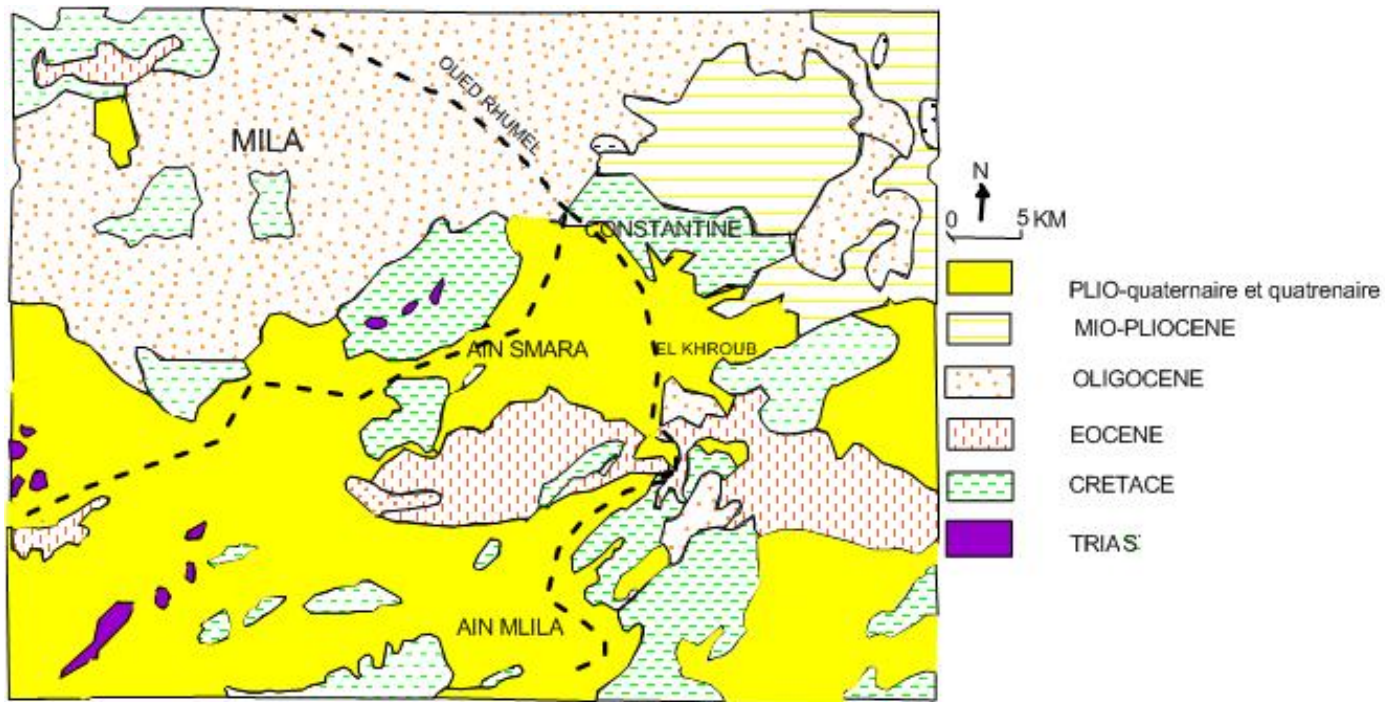
### **C.2.1 l'organisation sétifienne :**

Les séries sétifienne présentent uniformément un caractère de plate-forme subsidente, seule leur partie méridionale décèle des variations significatives qui annoncent l'autochtone hodnéen plus méridional à l'Ouest (Djebel Tafourer).

### **C.2.2 l'organisation Constantinoise :**

Elle englobe les séries néritiques Constantinoises au Nord et les séries des Sallaoua au Sud.

-**Les séries néritiques Constantinoises** : Elles représentent l'essentiel des massifs calcaires qui constituent le môle néritique Constantinois et sont caractérisées par d'épaisses formations carbonatées à caractère de plate-forme subsidente (**Fig. 08**). La série des massifs calcaires méridionaux ne dépasse pas le Turonien et se termine par un contact anormal. Aucune formation d'âge Èocène n'est liée stratigraphiquement à la série néritique Constantinoise (J.M.Vila 1980).



**Fig. 08:** Carte géologique de la région de Constantine (Tirée de la carte géologique de Constantine, (J.M Vila, 1977))

**-Les unités des Sallaoua :** Elles se caractérisent par une sédimentation argilo-marneuse durant tout le Crétacé. Le Djebel Djaffa offre une image des faciès de transition entre les séries néritiques constantinoises méridionales et les séries septentrionales des Sallaoua.

**C.2.3. l'organisation Algéro-Tunisienne :** Elle est propre aux confins Algéro-Tunisiens et à la Tunisie septentrionale. Elle montre une sédimentation analogue à celle des nappes telliennes ou à celle des séries septentrionales de type Sallaoua.

**D. L'Avant pays atlasique :** Les séries de l'avant pays atlasique sont représentées d'Ouest en Est par les monts du Hodna, les monts de Batna et le massif de l'Aurès. L'Avant pays atlasique se distingue par des séries mésozoïques très épaisses (**Fig. 09**).

La sédimentation y est restée très homogène et se caractérise par des faciès de plate-forme subsidente envahie par une sédimentation gréseuse qui débute au Berriasien et se termine à l'Albien (R.Guirand, 1973 ; J.Delfand, 1974 ; et J.M.Vila, 1980).

**-Le massif de l'Aurès :** Il forme le prolongement oriental de l'Atlas Saharien. La structure de ce massif, bien connue depuis les travaux de R.Lafitte (1939), est représentée par de vastes plis plus ou moins réguliers orientés Nord-est, Sud-ouest, esquissés lors d'une phase tectonique post-Lutétienne ayant abouti à l'émersion de ce massif.

**-Les Monts de Batna –Bellezma :** Prolongement oriental des Monts du Hodna, ils ont fait l'objet d'études géologiques entreprises par Y.Bellion 1972, D.Bureau 1973, et J.M.Vila,

1980. Ils sont structurés en de vastes anticlinaux dont les flancs Sud sont très redressés et les flancs Nord présentent des pentages plus faibles.

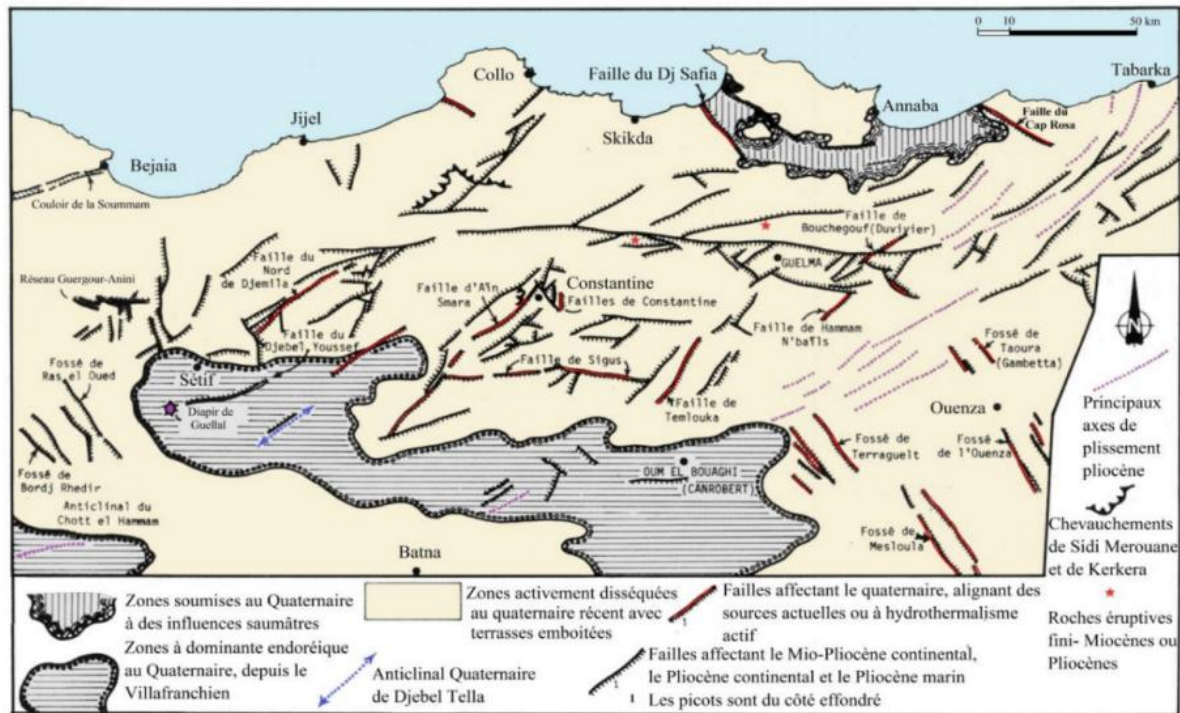


Fig. 09. Schéma structural de l'Algérie Nord Orientale (Vila. J M 1980)

### I.2.3. Cadre stratigraphie et structural

#### I.2.3.1. Stratigraphie

##### A. Introduction

Pour donner un aperçu litho stratigraphique des différents domaines paléogéographique ainsi que de préciser leur répartition spatiale. La description stratigraphique qui va suivre concerne uniquement les formations rencontrées dans le bassin du Rhumel. (Fig. 10, 11).

##### B. Trias exotique ou extrusif :

Il affleure en position anormale (Failles) au sein des massifs calcaires et se présente aussi sous forme de diapirs, au Sud-est du bassin du Rhumel, traversant la couverture Miocène - Pliocène. Il s'agit d'un complexe constitué de marnes bariolées, de grés, de cargneules, de lentilles de dolomites noires, de calcaires dolomitiques ainsi de dépôt gypso-salins.

##### C. Série néritique Constantinoise :

Elle est caractérisée principalement par des formations carbonatées de Jurassique supérieur au Sénonien Transgressif (J.M.Vila ,1980).

- **Jurassique supérieur** : Carbonatés, il s'agit de dolomies noires, largement cristallines, surmontées par de calcaires massifs.



- **Néocomien** : Carbonatés. Débutant par des calcaires fins et des marnes rossées à jaunâtres, il se poursuit par (150m) de calcaires à silex (sauf au Djebel Guerioum et Fortass). Plus à l'Ouest dans les monts de Ain M'lila, le Néocomien est uniquement carbonaté, avec des affleurements calcaro-dolomitiques.

-**Barrémien** : 250-300 m de calcaires dolomitiques.

-**Aptien** : Il débute par des calcaires massifs (50 m), suivi par des calcaires micritiques noirs (100-120m), très riches en miliolidés et en débris de rudistes et se termine par une corniche de 80 à 100m de calcaires massifs.

-**Albien et Vraconien** : constitué par des bancs de calcaires noirs.

-**Cénomaniens** : calcaires (250-300m).

-**Turonien** : constitué par 180m de calcaires rubanés à patine blanche et à cassure grise, et par de grosses barres de calcaires massifs clairs, avec des intercalations de calcaires sombres.

-**Sénonien Transgressif** : les affleurements septentrionaux de la série néritique Constantinoise possèdent une couverture sénonienne transgressive (J.M.Vila 1980).

La plus diversifiée existe au rocher de Constantine. Le Sénonien débute par une discordance du ravinement et des niveaux d'allure micro-bréchiqque qui précèdent 20m environ de calcaires noirs, micritique fétide, à fins débris organogènes et à silex noirs. Ces couches ont fossilisées des petites failles verticales à faible rejet.

Au dessus d'une nouvelle surface de ravinement, on trouve notamment à l'ancrage Nord du pont suspendu de sidi m'cid (Constantine), quelques décimètres de la micrite grise à jaunâtre d'aspect feuilleté et à gros cristaux de pyrite, avec une mince intercalation marneuse de couleur crème.

#### **D. Les séries telliennes :**

**D.1 Priabonien** : Il s'agit là de formations marneuses à argiles de teinte grise verdâtre, à blocs de tailles et de natures variables.

**D.2 Unités Ultra tellienne** : marnes, calcaires, affleurent à la base de la nappe Numidienne du Djebel El ouahch et elle est constituée par des couches marneuses grises, alternant parfois avec des calcaires gris (Crétacé inférieur).

Le Crétacé moyen et le Sénonien correspondent à des marnes et des marno-calcaires de teintes claires.

L'Eocène est marneux, de couleurs noires au Lutétien, calcaires clairs à la patine et noires à la cassure de l'Yprésien.

**D.3 Les Unités telliennes sensu-stricto (S.S) :** Localisées dans l'axe Chalgoum El Aïd, Constantine, Sigus, elles correspondent à des séries comparables à la série de type Djemila (J.M.Vila, 1980), les matériaux allant du Sénonien inférieur à l'Eocène.

-**Sénonien inférieur** (250-300m) : marnes grises à beiges avec de minces intercalations marno-calcaires (il est parfois absent).

-**Sénonien supérieur** (250-300m) : il correspond à une série marno-calcaire.

-**Maestrichtien à Paléocène** : ensemble monotone de marnes ou d'argiles calcareuses noires.

-**Ypresien- Lutétien inférieur** (150-200) : calcaires massifs blanc à patine bitumineuse.

-**Lutétien** : marnes grises ou noires à boules jaunes.

**D.4 Les Unités pénitelliennes:** Alternance de carbonates et de vases allant du Lias au Paléocène.

-**Lias** : calcaires massifs.

-**Dogger** : calcaires oolithiques, oosparites dont la série peut atteindre 300m.

-**Tithonique** : dolomies noires sableuses, calcaires à silex et micrites en petits bancs.

-**Crétacé inférieur** : périto-marneux, micritique et rares niveaux gréseux.

-**Albo-Cénomaniens** : Il est représenté dans les gorges de hammam grouz par une barre calcaires (200m).

-**Crétacé moyen** : calcaires, silex noirs en petits bancs.

-**Sénonien inférieur** : conglomérats avec passage marneux.

-**Sénonien supérieur** : il débute par des conglomérats (50 à 100m), devient marneux au Campanien supérieur et forme une barre de calcaire marneux clair au sommet.

-**Maestrichtien au Paléocène** : marne grise- noire que l'on rencontre uniquement sur le versant Sud-est du Djebel Chattabah. Pour les unités les plus méridionales de la série tellienne, dans la région de Tadjanet, on distingue une association stratigraphique d'un Sénonien analogue à celui de Djebel Chattabah avec des formations Eocènes riches en Nummulites (J.M.Vila, 1977,1980).

**D.5. Nappe Numidienne : Argiles et grés.**

Les formations argilo-gréseuses du Numidien se rencontrent au Djebel Ouahch et dans quelques régions voisines d'Ain Abid et au Nord Ouest d'Ain M'lila. Il s'agit de grés organisés en bancs décamétriques, avec une granulométrie de caractère flysch-Turbiditique, et d'argiles vertes, parfois brunes au rougeâtres, à la base de la série gréseuse précédente.

**E. Les séries post-nappes:** Ce terme correspond aux formations du Miocène- Pliocène continental et du Quaternaire (J.M.Vila, 1980) qui constituent les bassins de Constantine et de Mila.

**\* Le Miocène.**

Il est représenté par plusieurs faciès : brèche épaisse à la base puis argiles rouges, conglomérats et marnes à gypse, grès, dont les fréquents passages latéraux rendent leur distinction stratigraphique et leur cartographie mal aisées. Selon Coiffait (1992), les conglomérats, argiles, grès et marnes sont d'âge Astaracien tandis que les calcaires lacustres et leur base sablo- conglomératique, sont du Quaternaire ancien.

Il existe des passages entre les conglomérats de base (de Koudiat et de Chattabah) et les marnes brunes à gypse au cœur du synclinal de l'Oued Mellah. On constate aussi la disparition progressive des conglomérats vers l'Université, qui sont relayés par des argiles vers le haut. Ces dernières couvrent vers l'Ouest, les marnes à gypse.

**\* Le Pliocène.**

Il n'affleure pas dans le secteur étudié. Les calcaires lacustres d'Ain el Bey et de Mansourah, longtemps rangés dans le Plio-Quaternaire, sont datés du Quaternaire ancien par P.F. Coiffait. Ils se distinguent des calcaires lacustres pliocènes qui forment les collines boisées du Dj. Hadj Baba (route d'Ain Smara, au-delà de la limite Sud-ouest du secteur étudié) par leur base sablo-conglomératique et par leur épaisseur plus réduite. Cette précision stratigraphique est importante à souligner sur le plan de la tectonique récente du bassin.

**\* Le Quaternaire ancien.**

Il est représenté essentiellement par les calcaires lacustres des plateaux de Mansourah, Ain el Bey et Salah Bey et les terrasses alluviales des oueds Rhummel et Boumerzoug. Les autres formations correspondent à des dépôts de pentes hétérogènes, peu épais, à dominante argileuse.

**\* Le Quaternaire moyen à récent.**

Les calcaires lacustres se distinguent des autres formations quaternaires par des dalles robustes qui coiffent la série et favorisent la morphologie de plateaux. La série la plus complète est observée vers la limite méridionale de la ville de Constantine : plateau d'Ain el Bey et son prolongement occidental.

Il est représenté par trois terrasses alluviales étagées, reconnues de part et d'autre des rives du Rhummel et du Boumerzoug : La terrasse récente est située entre 3 et 5m d'altitude par rapport aux lits mineurs. Elle occupe les rives immédiates de ces cours d'eau, dont elle forme les lits majeurs. Elle est de nature limoneuse, finement sableuse. Cette terrasse est exposée au risque d'inondation.

La terrasse intermédiaire est située plus en retrait de ces cours d'eau, à une plus haute altitude : 3 à 6 m.

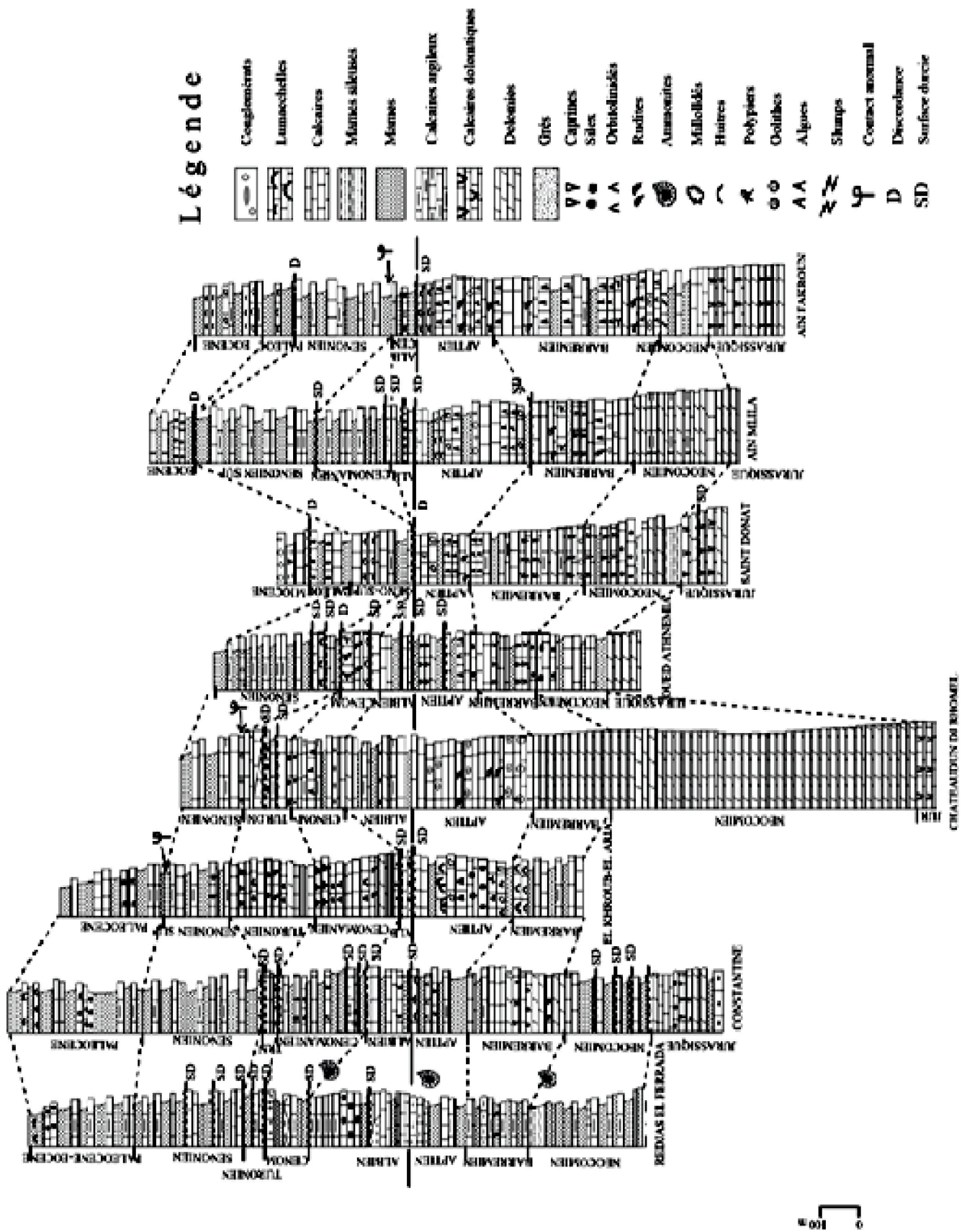


Fig. 10 Corrélation litho-stratigraphique de la région de Constantine (Marmi .R ; et al 2001)

Elle est plus sableuse et renferme des galets hétérogènes, roulés. Cette terrasse, est de plus en plus sollicitée par des constructions diverses ; c'est le cas de la zone industrielle (O. Rhummel) et du nouveau complexe sportif (O. Boumerzoug). Elle est également exposée au risque d'inondation, à la faveur de crues exceptionnelles des Oueds Boumerzoug et Rhummel.

La terrasse ancienne est dans sa grande partie, recouverte par des constructions relativement anciennes. C'est le cas de Sidi Mabrouk Inférieur et les bas quartiers de Bellevue. A l'affleurement, elle ne subsiste qu'en quelques lambeaux (non cartographiables), au-dessus de la terrasse intermédiaire. Elle correspond à la terrasse la plus élevée dont les altitudes, très variables, peuvent atteindre 25 m. Coiffait l'a observée à plus de 40 m, sur les versants du Rhummel, plus au Nord du secteur étudié. Elle se distingue des autres terrasses à matériel fin, par sa nature franchement conglomératique. Cette terrasse est suffisamment élevée pour être épargnée du risque d'inondation. (Bougdal. R ; 2007).

Cette disposition étagée des terrasses, dont les plus anciennes sont particulièrement élevées par rapport à la côte des cours d'eau voisins, est connue dans les bassins néogènes tectoniquement actifs. Elle est souvent interprétée comme la conséquence d'un simple abaissement du niveau de base des cours d'eau. Elle résulte, en réalité, de la déformation tectonique, souvent discrète, ayant pour effet la surélévation.

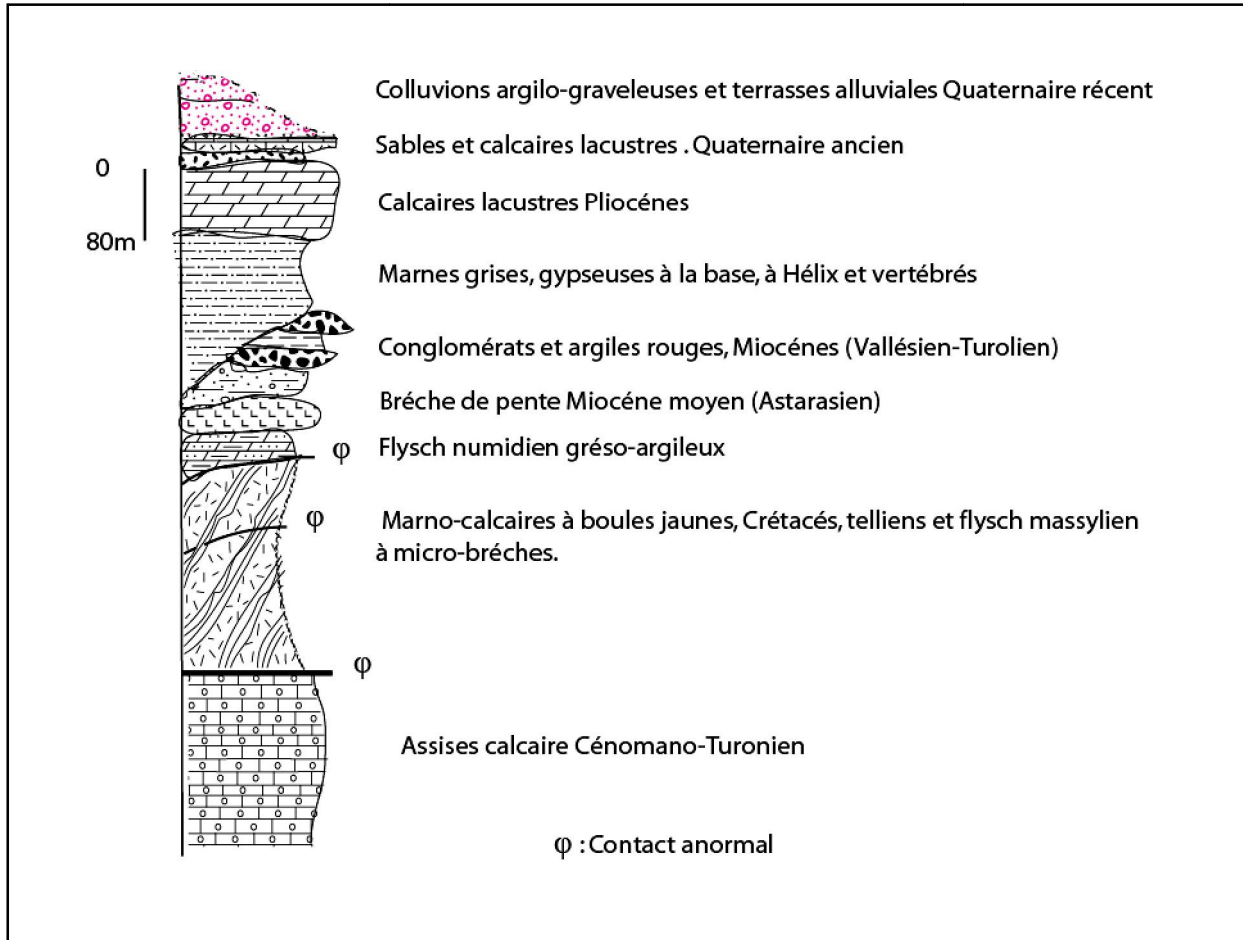
### **I.2.3.2. Les phases Tectonique :**

#### **A. Introduction :**

Si la période pré-tectogénique a commencé dès le Trias, la chaîne alpine d'Algérie s'est surtout structurée au cours des phases tectoniques Tertiaires. Cette structuration est rattachée à la fermeture du sillon des flyschs dont le contenu a été expulsé et largement charrié au dessus des zones externes. Ceux-ci, enregistrent des déformations influencées par l'héritage structural anté Tertiaire (N.Kazi-Tani, 1986). Après comparaison des données sur le socle paléozoïque de la septentrionale africaine et ceux du Paléozoïque saharien, il est admis que la structuration du bassin maghrébin est héritée d'une structuration ancienne (R.Guirand, 1973). Cette différenciation serait dûs au fonctionnement d'un accident connu actuellement sous le nom de flexure sud atlasique, délimitant la plate forme saharienne stable des domaines de l'avant-pays de la chaîne des Maghrébides (R.Guirand, 1973 ; D.Aissaoui, 1984 ; D.Bureau, 1986).

### B. Les phases Tectoniques Mésozoïques :

Une phase Triasique qui correspond à une période de distension généralisée, accompagnée d'un volcanisme basique contemporain à une sédimentation argilo-gypseuse (D.Bureau, 1970 ; R.Guirand, 1973). (Fig. 13)



**Fig. 11.** La colonne stratigraphique synthétique de la région de Constantine et ses alentours (faite à partir de la carte géologique 1/50000 Constantine).

Au Jurassique inférieur, la distension se poursuit et provoque une subsidence différentielle qui persiste jusqu'à la fin du Crétacé inférieur avec la structuration générale E-W caractéristique des bassins Maghrébins.

La Tectonique mésozoïque est mise en évidence par des variations de faciès, des lacunes de dépôts et des discordances angulaires.

#### B.1 La phase Jurassique supérieur :

Elle est caractérisée par des changements paléogéographiques majeurs du régime sédimentaire. Cette phase souligne la fin d'une période distensive et subsidente qui caractérisait le Jurassique inférieur et moyen (J. Aubouin, 1977). L'importance de cette phase

tectonique est surtout attestée par des discordances angulaires qui marquent la base du Crétacé inférieur (J.Savornin, 1920 ; M.Durand-Dalga, 1955).

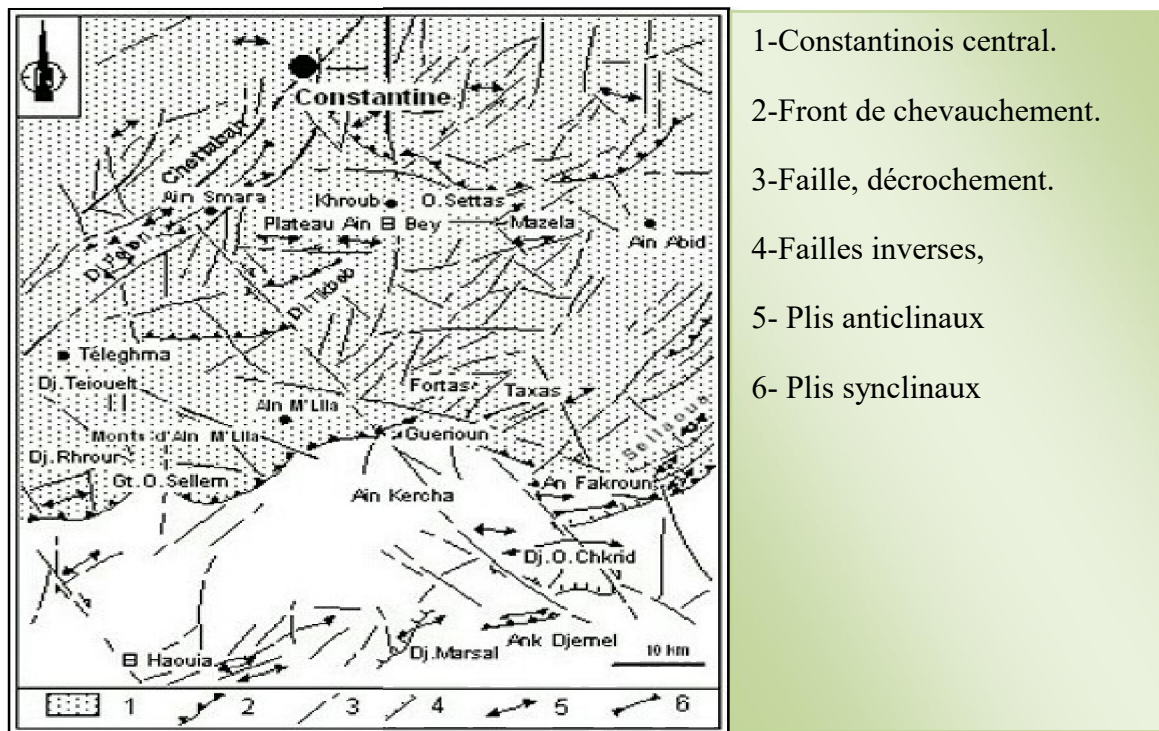


Fig. 12: Schéma structurel de la Constantine (Vila.J.M 1980).

## B.2 La phase anté-Sénonienne :

Cette phase correspond à une phase de compression associée à des plis E-W (M.Durand-Dalga, 1955 ; P.Deleau, 1938).

Les structures issues de cette phase, sont souvent déversées vers le Sud et sont liées à des discordances, à des lacunes et à des intercalations détritiques. Dans les massifs du Constantinois, la lacune du Turonien et du Sénonien inférieur a souvent été mise en évidence par plusieurs auteurs (R.Van der Fliert, 1955 ; B.C.Bar, 1957 ; G.Durozoy, 1960 ; C.Voute, 1967). Dans les Babors, plusieurs auteurs mettent en évidence une phase Tectonique anté-Sénonienne accompagnée par une forte schistosité de fracture (M.Leikine et V.Velde, 1974 ; D.Obert, 1981).

## B.3 Les phases Tectoniques Tertiaires :

### \* La phase Fini-lutétienne :

Une phase assez générale se place vers la fin du Lutétien, c'est la phase atlasique (R.Guiraud.1973) Fini-lutétienne (M. Durand-Delga ,1969 ; J.F.Raoult, 1974) Priabonienne (J.M.Vila ,1980). Elle marque la fin d'un grand cycle sédimentaire qui a débuté dès le Trias supérieur et dont l'organisation n'a pas été perturbée malgré des manifestations tectoniques locales enregistrées avant le Cénomaniens (D.Obert 1981et M.Leikine, 1974).

Cette phase aurait structuré la chaîne calcaire (ou Dorsale Kabyle), les flyschs et les séries telliennes en grandes lames ou en plis couchés à vergence Sud, avec les unités les plus internes en position plus haute.

En mettant en évidence la superposition d'événements tectoniques dans le temps, J.P.Bouillin (1977-1979) a conclu à l'existence d'une tectonique continue de la fin du Lutétien au Burdigalien moyen.

La tectonique burdigalienne se manifeste par un bombement à l'aplomb du domaine Kabyle méridional. Ce bombement permet l'alimentation en Olistolithes du bassin de sédimentation de l'Oligo-Miocène Kabyle au Nord et la mise en place de la nappe Numidienne au Sud.

En petite Kabylie, cette déformation est matérialisée par des déplacements tangentiels vers l'Est et qui sont responsable de la mise en place des unités de flyschs et de la nappe du socle de petite Kabylie (**Fig. 7**).

Ces chevauchements sont à l'origine d'un grand cisaillement transcurrent limitant le socle dans sa partie méridionale (Y.Mahdjoub et O.Merle 1990).

Dans l'Atlas saharien ou elle est manifestement la plus évidente, en raison de son intensité et du fait de l'absence ou du peu d'importance des déformations ultérieures, elle montre une direction de raccourcissement Nord-Ouest Sud- Est et elle a généré des plis à grand rayon de courbure et des structures de direction NE-SW.

**\* La phase Miocène inférieur:**

Caractérisée par une direction de raccourcissement Nord-Sud, elle aurait débuté plus tôt dans les zones septentrionales (Burdigalien moyen) que dans les contrées méridionales (Langhien inférieur) (J.M.Vila, 1977 ; M.D.Courme-Raoult, 1985).

Pour J.M.Vila (1980), c'est la phase Tortonienne à vergence Sud qui est responsable de la genèse de la « Nappe néritique Constantinoise », des « unités allochtones des Sallaoua », de « l'ensemble Sud-Sétifienne », et des « unités méridionales à Nummulites ».

**\* La Tectonique récente Post-nappes :**

Dans les zones externes de la chaîne Alpine d'Algérie orientale, la Tectonique post nappe n'a pas fait l'objet d'études détaillées.

Dans le constantinois J.M.Vila (1980) et P.E. Coiffait (1992), considèrent que les déformations de la tectonique récente sont représentées par des failles normales (**Fig. 12**), de directions variables, en bordure des massifs calcaires Jurassico-Crétacés. R. Guiraud (1973) considère que les déformations postérieures à la tectonique compressive Miocène dans l'avant pays, sont attribuées à une phase de distension marquée par une subsidence qui a débutée dès la fin du Burdigalien et qui s'est accentuée au Pliocène.



AGES	FORMATION	Lithologie et styles structuraux	Phases tectoniques
Miocène sup. Pliocène Et Quaternaire	Formation Continental marines		Poste-Nappes Phases récentes
			Nappes Phase compressive N170° Miocène terminal
Oligo-Miocène  Oligocène  Eocène Crétacé	Nappe Numidienne		Converture Phase compressive N120°E Eocène sup. Phase compressive N-S Sénonienne
Paléocène	Calcaires phosphatés et calcaire a silex  Marnes		
Sénonien Supérieur	Marne et Marno- calcaire		.....Surface d'érosion régionale.....
Sénonien Inférieur	Calcaire Néritiques		Plate-forme Phase Distensive N120°E Albo- Cénomanienne
Jurassique Crétacé inf	De Plate-forme		

Fig. 13 Chronologie des phases tectoniques définies dans le constantinois central (Y. Arris 1994)

### **I.2.3.3. Paléogéographie des Monts de Constantine :**

En conclusion, il est possible de dégager les grandes lignes de la paléogéographie de cette région (M. Chadi, 2004).

Au Jurassique, le Néritique constantinois apparaît comme une plate forme bordée au Sud-est par un sillon où se déposent des sédiments pélagiques (Sillon des Sellaoua).

Durant tout le Crétacé, du Néocomien au Maestrichtien, cette plate forme carbonatée, montre des faciès récifaux à péri récifaux. Cependant, l'extension de cette plate forme a variée au cours des temps. Son extension maximum fut atteinte au Barremo- Aptien pour disparaître au Maestrichtien supérieur où ne subsiste plus que les faciès marneux.

Au Maestrichtien inférieur seuls les massifs situés au Nord-est montrent des faciès néritiques.

Vers le Nord-Ouest, cette plate forme était bordée par un domaine à sédimentation marno-calcaires dans lequel les influences récifales de la plate-forme se faisaient épisodiquement sentir c'est le domaine pénitellien (A. Marre et al ; 1977).

Vers le Sud-est, cette plate forme était bordée par un sillon à sédimentation essentiellement pélagique et marno-calcaires avec une zone de transition (djebel Djaffa) qui se distingue par des faciès intermédiaires entre faciès de plate forme et faciès du Bassin.

En définitive, on peut dire qu'on a une plate forme de dimensions variables au cours des temps, qui montre une extension Nord-est, Sud-ouest limitée au Nord-Ouest et Sud-est par un bassin.

Ceci dénote, à notre sens, l'importance de l'héritage structural mésozoïque. Car dès le Jurassique, on remarque que la plate forme Constantinoise se trouve structurée par des accidents bordiers Nord Est - Sud Ouest (**Fig. 12,13**).

### **I.2.4. Conclusion**

La région de Constantine se distingue par des formations sédimentaires variées d'âge Crétacé à Quaternaire.

Toutes les structures géologiques et les grands traits orographiques observés dans la région de Constantine sont dus à l'héritage d'une tectonique alpine et néo-tectonique.

Le réseau hydrographique dominé par le Rhumel et le Boumerzoug, est probablement lui-même lié aux accidents néo-tectoniques.

**Chapitre II**  
**Méthodologie de**  
**Travail**

## Chapitre II. Méthodologie de Travail

### II.1 Introduction :

Dans le cas des dépôts alluviaux, les méthodes sédimentologiques peuvent apporter des réponses importantes sur la nature, la composition, les origines des sédiments ainsi que leurs conditions de transport et de sédimentation.

Les études sédimentologiques peuvent être complétées par des analyses chimiques et minéralogiques afin de recueillir le maximum d'informations pour déduire les environnements de transports et les milieux dépôts des sédiments alluviaux.

Dans ce chapitre, on a essayé de mettre le point sur les méthodes d'étude qui sont utilisées dans ce travail.

### II.2. Méthodologie de travail sur terrain

L'analyse géologique et morphologique des terrasses alluviales et les plaines d'inondations à travers les deux vallées (Boumerzoug et Rhumel), a nécessité de grandes investigations de terrain. En premier lieu on a essayé de localiser les différentes terrasses alluviales, ensuite faire une description sédimentologique et géomorphologique de ces formations alluviales.

L'étude sédimentologique des dépôts fluviaux et alluviaux demande une grande attention sur terrain, une observation très minutieuse, une description détaillée et un échantillonnage avec relevé systématique des affleurements.

L'observation des niveaux stratigraphiques, la description des couches, l'épaisseur, les limites des assises, les variations de la couleur, nature pétrographique, la texture, la granulométrie et le granoclassement ainsi que les figures sédimentaires est indispensable avant chaque échantillonnage.

Nous avons amenés à réaliser 2 coupes à la vallée de Oued Boumerzoug et 01 coupe à la vallée de Oued Rhummel. Les prélèvements s'effectuent de haut vers le bas pour les études granulométriques, microscopiques, minéralogiques et analyses géochimiques.

### II.3. Méthodologie de travail au laboratoire

#### II.3.1 Analyse Granulométrique

L'analyse granulométrique est une technique qui permet la séparation d'un ensemble de particules leur fréquence en fonction de leur taille. Les ensembles des particules obtenus sont appelés fractions granulométriques. Elle est utilisée pour reconstituer les conditions de transport et de dépôts de particules.

Dans notre étude, nous nous sommes basés sur le classement de MISKOYSKU et DEBORD (2002) (**Tab 01**)

### II.3.1.1 La fraction grossière :

La fraction grossière dont le diamètre est supérieur à 2 mm est récupérée pour réaliser la granulométrie des pierres ainsi leur morphologie. La quantification de cette fraction a été faite sur terrain d'une façon approximative.

**Tab. 01** Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment (Miskovsky et Debord 2002)

Diamètre des éléments	Classe granulométrique	Fraction granulométrique
Au-dessus de 10 cm	Blocs	Fraction grossière
De 10 cm à 1 cm	Pierres ou cailloux	
De 1 cm à 2 mm	Granules, graviers	
De 2 mm à 0,2 mm	Sables grossiers	Fraction fine
De 0,2 mm à 40 $\mu$ m	Sables fins	
De 40 $\mu$ m à 2 $\mu$ m	Limons ou poudres	
Au-dessous de 2 $\mu$ m	Argiles	

### II.3.1.2 La fraction fine :

Après l'élimination de la fraction grossière l'étude granulométrique s'articule sur le lavage des sédiments avec le tamis 2 mm pour séparer les fractions sableuses ( $2\text{mm} > 0.063\text{mm}$ ) et le tamis 0.063mm pour séparer les fractions Silto-argileuses ( $0.002\text{mm} < 0.063\text{mm}$ ).

La granulométrie fine a été effectuée par sédimentométrie en utilisant la pipette d'Andreasen pour mettre en évidence les différentes fractions silteuses ( $0.004\text{mm} > \phi > 0.063\text{mm}$ ) et la fraction argileuse ( $< 0.002\text{mm}$ ).

### II.3.1.3. les paramètres granulométriques

Il existe un grand nombre de paramètres permettant d'évaluation de degré de classement d'un sédiment.

#### a. Le mode

Est définie à partir de la courbe de fréquence : il exprime le diamètre de grains le plus fréquent dans l'échantillon et donne donc une information sur la taille des particules les mieux représentées dans le sédiment.

**b. Le mediane (Md)**

Est le diamètre correspondant à 50% de poits total de l'échantillon analysé. Elle réflete la force moyenne du courant transporteur. Les quartiles Q1 et Q3 sont les diamètre representant respectivement les pourcentages cumulatifs de 25% et 75% de poit total de l'échantillon (Folk et Ward1957).

**c. La moyenne  $(Q1+Q50+Q84)/3$** 

Elle renseigne sur la dimension moyenne de l'échantillon et par conséquent sur l'énergie du milieu et le distance du transport (Folk et Ward1957)

**d. L'indice de classement de Trask (So – Sorting) :**

$$So = (Q1/Q2)^{1/2} \text{ en mm}$$

L'indice de classement indique la qualité du classement, il est lié à l'hydrodynamique et dépend du mode de dépôt des sédiments, il donne des informations sur l'énergie de l'agent de transport. Il se calcule en mm pour les sables. Plus l'indice So est élevé, plus le classement est mauvais. (Tab. 02)

**Tab. 02** Classification des faciès sédimentaires en fonction du Sorting index selon la méthode Trask

Indice de classement So	Classement du sédiment
So < 2.5	Sédiment très bien classé
2.5 < So < 3.5	Sédiment normalement classé
3.5 < So < 4.5	Sédiment assez bien classé
So > 4.5	Sédiment mal classé

**e. Le coefficient d'asymétrie (skewness)**

$$Sk = (Q1.Q3/Md^2)^{1/2} \text{ en mm}$$

Le coefficient d'asymétrie caractérise le degré de distorsion de la symétrie de la distribution. Quant le Skewness est égale à zéro, cela signifie que l'asymétrie est parfaite (le mode, la moyenne, la médiane coïncident). (Tab. 03) Quand il présente des valeurs négatives, ce sont les grains fins qui sont bien classés ; les valeurs positives correspondent à un bon classement des grains grossiers. Ce paramètre reflète davantage le milieu de dépôt que les conditions de transport.

Tab. 03 Répartition des faciès sédimentaire en fonction de l'indice d'asymétrie (Folk 1966)

Skewness	Classement
$0.1 > Sk > 0.3$	Très asymétrie vers les fins
$0.3 > Sk > 0.1$	Asymétrie vers les fins
$0.1 > Sk > -0.1$	Presque symétrique
$-0.1 > Sk > -0.3$	Asymétrique vers les grossiers
$-0.3 > Sk > -0.1$	Très asymétrique vers les grossiers

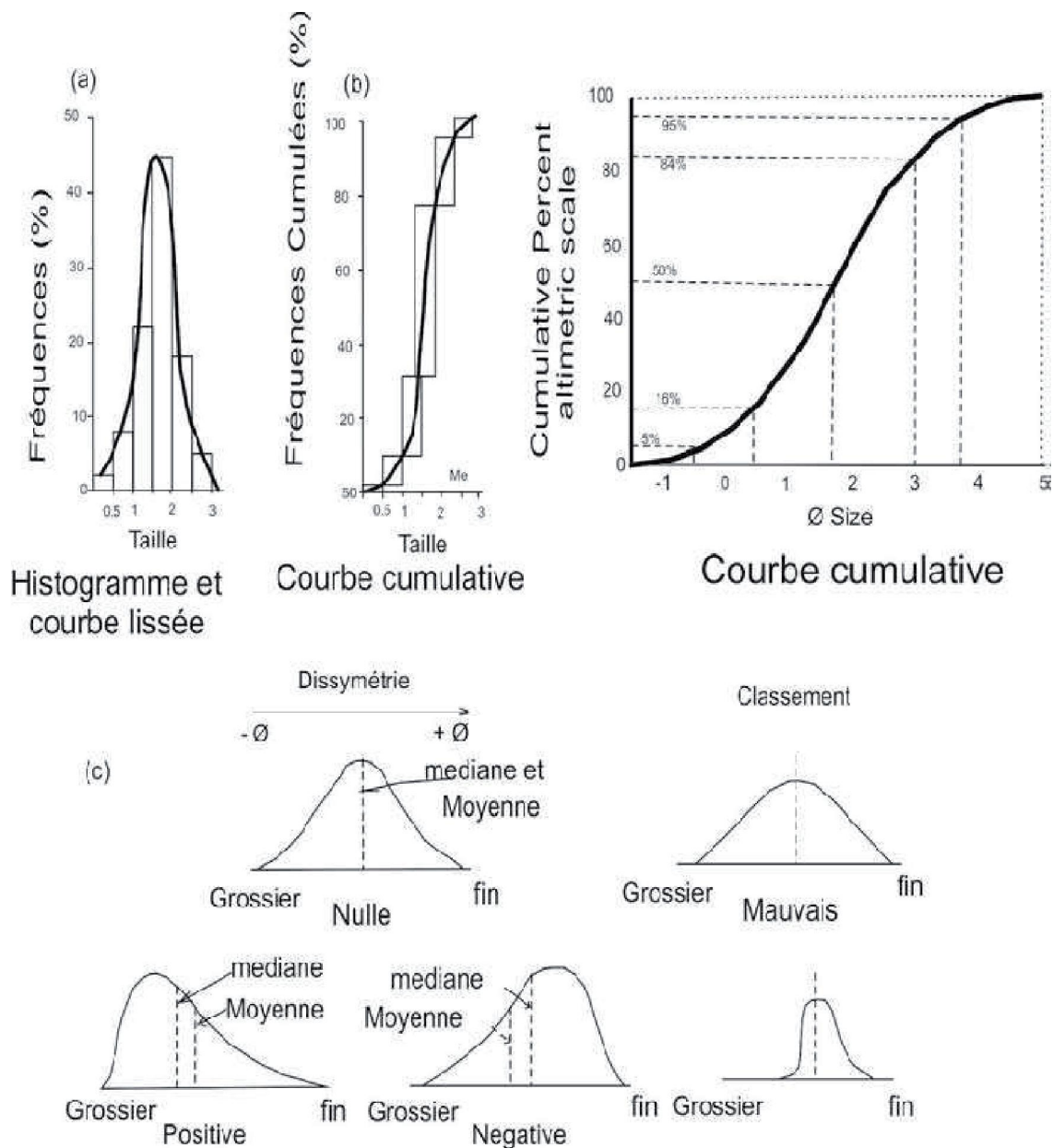


Fig. 14 : Différents représentation d'une granulométrie de distributions (Folk et Ward 1957)

### f. Le coefficient d'Acuité (angulacité), ou Kurtosis

$$K = [(P95-P5)/2.44 * (Q3-Q1)]$$

Le Kurtosis est représentatif de la finesse du pic de la coupe. (**Tab. 04**) L'osque une courbe granulométrique fréquentielle est unimodale, un seul stock constitue le sédiment et la courbe est dite Leptokurtique. Une courbe fréquentielle dite platykurtique est bimodale.

Elle correspond au mélange de deux populations dans le sédiment (Folk et Ward1957)

**Tab. 04 :** Relation entre le Kurtosis et la courbe fréquentielle (platykurtique)

Kurtosis	Pic de la coupe fréquentielle
$K < 0.67$	Très platykurtique
$0.67 < K < 0.90$	Platykurtique
$0.9 < K < 1.11$	Mésokurtique
$1.11 < K < 1.50$	Leptokurtique
$K > 1.50$	Très Leptokurtique

#### II.3.1.4. La sédimentométrie

La sédimentométrie effectuées au laboratoire des sciences Agronomiques (Université Batna 1). Cette technique repose sur l'arrangement des particules dans un liquide de densité relativement faible, sous l'influence d'une force gravitationnelle ou centrifuge. Le mode gravitationnel est souvent employé pour les particules d'environ 100  $\mu\text{m}$ . Le mode centrifuge est utilisé pour la séparation des particules plus petites (5 à 10  $\mu\text{m}$ ). La vitesse des particules, déterminée par la loi de Stokes, permet de déterminer le rayon des particules. Cette méthode présente les inconvénients liés à la mise en suspension des particules et d'ajouter les incertitudes de détermination des paramètres de la loi de Stockes.

#### \* Méthode à la pipette d'ANDREASEN

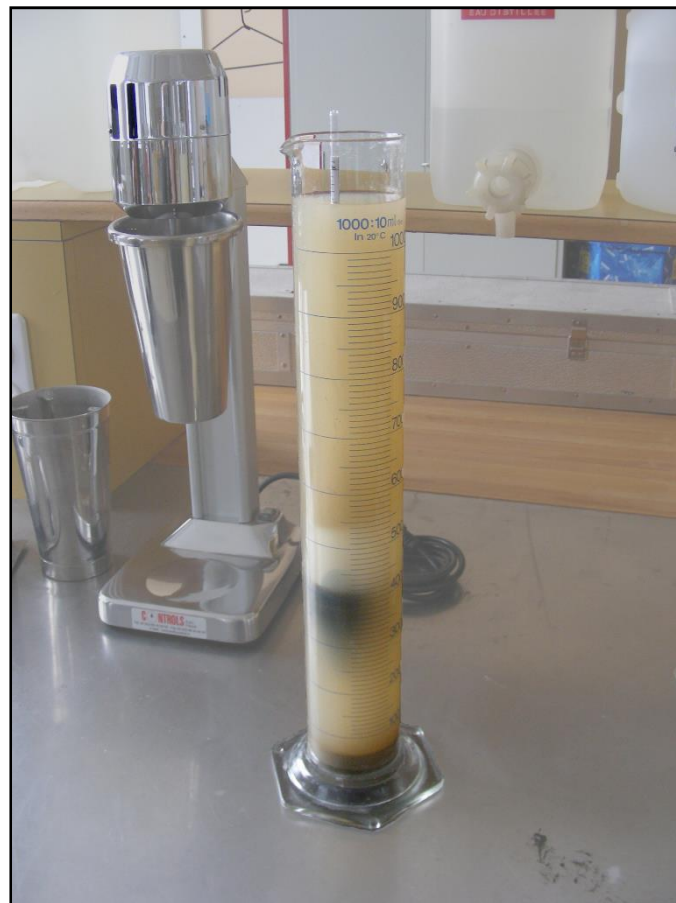
C'est une méthode de sédimentation gravitationnelle utilisant des suspensions homogènes pour un calcul incrémental. Dans cette méthode, les changements de concentration se produisent dans une suspension sont suivis d'apparition de volumes définis. Dans cette technique la concentration en solides (ou densité de la suspension) est surveillée à une profondeur donnée au-dessous de la surface libre de la suspension homogène laissée sédimenter sous l'effet de la gravité. La concentration demeurera constante jusqu'à ce que la plus grande particule présente dans la suspension soit tombée de la surface à la zone de



mesure. A la zone de mesure le système reste en équilibre dynamique, comme les particules partent de la zone les autres semblables viennent se loger de ci – dessus pour remplacer les particules qui se trouvent désormais au fond.

Mais le départ de la plus grande particule ne sera plus remplacé par une autre (car supposé pas de particules semblables) ainsi la concentration chute, et cette diminution sera d'autant plus grande que le diamètre des particules (les plus grossières) est grand.

La zone de mesure est équipée d'un système de détection qui dans la plupart des cas repose sur l'interaction de la matière avec un faisceau lumineux. **(Fig. 15)**



**Fig. 15** *La pipette d'ANDREASEN*

### II.3.2 Morphoscopie des grains de quartz

Les grains de quartz sont examinés par une loupe binoculaire qui consiste à les classer selon leur forme et leur aspect de surface. La morphoscopie de grains de quartz à été appliqué aux grains de la fraction entre 0.630mm et 0.315mm. Elle apporte des renseignements sur le mode de transport de ces grains.

On peut distinguer plusieurs types de grains :

**II.3.2.1 Grains non-usés (NU) :** ils ne portent pas de traces nettes d'usure mécanique et ont un aspect en général anguleux, à arêtes vives. Les faces sont soit les faces originelles, soit résultent de cassures. Ces faces et ces cassures sont luisantes, ternes, parfois même farineux.

**II.3.2.2 Grains émoussés :** ils ont une forme générale anguleuse mais les arêtes sont émoussées. Leur aspect indique que ces grains ont subi d'importants remaniements avant leur dépôt final.

**II.3.2.3 Grains luisants (EL) :** ils sont très émoussés, parfois arrondis et lisses et ont un aspect très luisant et transparent. Ils résultent d'une longue usure mécanique dans l'eau.

**II.3.2.4 Grain ronds et mats (RM) :** ce sont des grains très arrondis, marqués de très petites marques de chocs. Leur surface est parfois brillante, mais ces grains sont quasiment opaques. Ils proviennent d'un façonnement par de nombreux chocs avec d'autres particules, lors d'un transport éolien.

#### **II.3.2.5 Condition d'observation**

Les gains de quartz préalablement décarbonatés à froid ou à chaud, sont séchés puis observés à la loupe binoculaire, avec un rapport d'agrandissement de 40 fois et un faisceau lumineux à 45° (Caillent et Tricard 1963).

### **II.3.3 Exoscopie des grains de quartz**

#### **II.3.3.1 Définition :**

L'exoscopie du quartz étudie les différents types de traces d'origine chimique, physique ou mécanique qui ont modifié l'aspect original de la surface externe des grains de quartz (Le Ribault 1977). La méthode permet de différencier les caractères acquis par le grain de quartz dans son milieu de sédimentation actuel des caractères hérités dans un ou plusieurs autres milieux auparavant.

Les grains de quartz destinés à l'étude exoscopique ont été sélectionnés à la loupe binoculaire. Les observations ont été effectuées avec le microscope électronique à balayage, à rayons X Phenom-world marque ProX au laboratoire d'électronique Avancée l'université de Batna2

#### **II.3.3.2 Appareillage (Microscope Electronique à Balayage)**

Le fonctionnement du microscope électronique à balayage est basé sur l'émission d'électrons produits par une cathode et la détection de signaux provenant de l'interaction de ces électrons avec l'échantillon. Ces électrons qui irradiant la surface de l'échantillon pénètrent profondément dans le matériau et affectent un volume appelé « poire d'interaction ». Le volume de cette poire dépend du numéro atomique moyen de l'échantillon.

### II.3.4. Analyse géochimique

Les analyses géochimique des paramètres pH (selon la norme AFNOR NF T90-008), conductivité électrique (CE), matière organique (MO) (AFNOR XP P 94- 047), Caco3 (AFNOR NF ISO 10693), effectuées au laboratoire des sciences Agronomiques (Université Batna 1) et laboratoire de génie civil (Université Batna 2) sur les sédiments homogénéisés et tamisés sur tamis en inox de mailles de 2 mm.

**II.3.4.1 Dosage de PH :** est la mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de neutralité dans une solution aqueuse. Elle s'exprime par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ion hydrogène (H<sup>+</sup>) exprimé en mole par litre.

**II.3.4.2. La Conductivité Électrique (CE) :** est une grandeur physique qui décrit dans quelle mesure une substance conduit le courant électrique. Elle détermine si une substance convient comme isolant ou comme conducteur électrique. Elle est également utilisée pour identifier les substances. La mesure de la conductivité se fait indirectement en mesurant le courant qui s'établit à une tension donnée dans des conditions définies. Les instruments de mesure fournissent la valeur directement en convertissant le courant déterminé à l'aide des constantes de l'appareil. Il faut se rappeler que la conductivité électrique dépend de la température. La relation entre les grandeurs électriques et la température est étudiée plus en détail dans le domaine de la thermoélectricité.

La conductance électrique dépend à la fois des propriétés du matériau et de ses dimensions. Pour ce faire, la conductance (G) est rapportée à la surface de la section transversale (A) et à la distance (l). On obtient ainsi la conductivité électrique (sigma) d'une substance.

$\text{Sigma} = G * L / A$ , la conductivité électrique exprimé par Siemens par mètre [S / m].

La conductance électrique est mesurée par un multi paramètre de marque HACH HQ40D

**II.3.4.3. Dosage des carbonates (Caco3) :** Le principe de la méthode Calcimétrie est de déterminer le pourcentage en carbonates de calcium sur 0,5g de sédiment broyé et séché dont la maille est inférieure à 2mm en utilisant le Calcimétrie de Bernard. Pour cela on attaque les carbonates sur un gramme de sédiment par de l'acide chlorhydrique, la réaction chimique est la suivante:



$$\% \text{CaCO}_3 = (V \cdot 0,25 \cdot 100) / V_0 \cdot 0,5 = (V / V_0) \cdot 50$$

**V0:** volume de CO<sub>2</sub> déterminé à partir de 0,25g de carbonate de calcium.

**V:** volume de CO<sub>2</sub> déterminé à partir de 0,5gde sédiment.

En pratique, on commence par effectuer un témoin avec du carbonate pur, qui sera la référence à 100%. Nous utilisons un erlenmeyer où l'on dépose l'échantillon (0,5g et 0,25g pour le témoin de carbonate suffisent). Nous y déposons aussi un petit flacon d'acide chlorhydrique à 35%, en quantité excessive par rapport au carbonate présente.

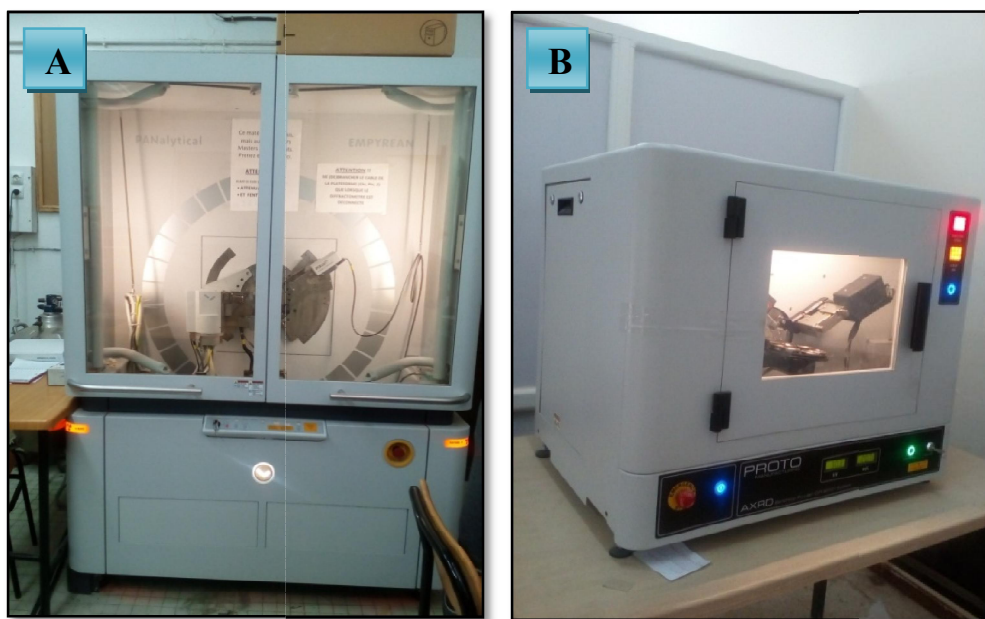
**II.3.4.4 Dosage de la matière organique (MO) :** le principe de la méthode est basé sur la détermination de la teneur massique en matières organiques de la fraction granulométrique inférieure ou égale à 2 mm d'un échantillon par une méthode de calcination (le rapport de la masse de matières organiques contenues).

La masse perdue a été calculée en faisant la différence entre la masse initiale de l'échantillon et sa masse après calcination dans un four à 450°C pendant 3 heures. La perte au feu peut aussi être mesurée dans un four à 550°C pendant 3 heures

### II.3.5. Analyse minéralogique

#### II.3.5.1. La diffraction par Rayon x

La méthode Holtzapffel (1985) est utilisée pour la détermination des minéraux argileux (fractions < 0.002mm) est celle de l'analyse qualitativement les différents constituants et même d'en estimer leurs proportions relatives. L'analyse de rayons X a été faite à l'aide de diffractomètre PROTO-AXRD (laboratoire de physique des solides, université d'Oued Souf) et diffractomètre Panalytical (laboratoire de science de la matière des solides, universités Constantine I) (Fig. 16). Les diagrammes obtenus sous forme d'enregistrement graphique et traités par le logiciel Match software version 3



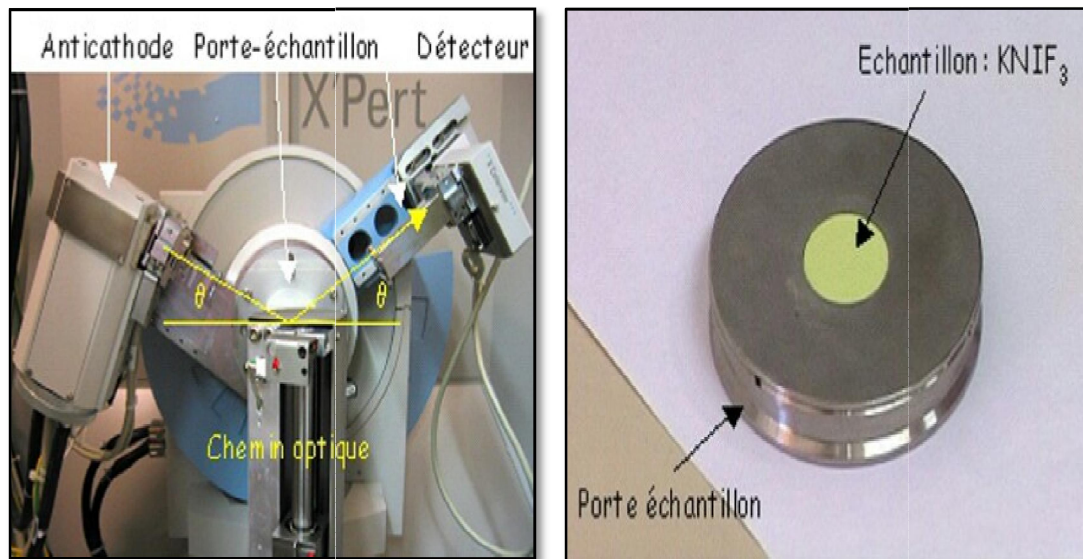
**Fig. 16** Les diffractomètres utilisées

(A: diffractomètre Panalytical, B : diffractomètre Proto-axrd).

### - Principe de la diffraction par Rayon x

Le principe de cette méthode est basé sur la déviation du rayon qui est diffracté par les plans du réseau cristallin lorsque un faisceau de rayons X est dirigé sur un cristal.

Les échantillons sont deux types: ils peuvent être broyées sous la forme d'une poudre qui est déposée telle quelle dans un porte-échantillon (**Fig. 17**) (préparation non orientée) où se présentent sous la forme d'un dépôt de minéraux orientés sur une plaquette de verre par séchage d'une suspension (préparation orientée).



**Fig. 17** Les composantes d'un diffractomètre.

Les échantillons se préparent avant l'analyse comme la suite :

La fraction limono-argileuse récupérée par tamisage à l'eau, est attaquée progressivement par de l'acide chlorhydrique à 10% et par de l'eau oxygénée afin de se débarrasser des carbonates et de la matière organique. Le sédiment est ensuite nettoyé avec de l'eau déminéralisée à l'aide d'une centrifugeuse à 2500 tr/mn pendant 5 minutes. L'opération du lavage est répétée 3 à 6 fois selon les échantillons, en principe jusqu'à défloculation des argiles. Une fois le sédiment bien rincé, on récupère les fractions argileuses déposées en surface du culot.

#### II.3.5.2 La séparation densimétrique

La séparation densimétrique a été réalisée au laboratoire des sciences géologiques (université Constantine 01), se fait par immersion des minéraux dans un liquide de densité connue, les minéraux ayant une densité plus faible que celle de la liqueur flottent à la surface et ceux ayant une densité au fond de l'ampoule à décantation (**Fig. 18**). La liqueur dense utilisée est le Bromoforme ( $\text{CH Br}_3$ ) de densité ( $d=2,89$ ) (**Fig. 18**).

Lors de notre expérimentation les fractions obtenues par séparation granulométrique ont fait l'objet d'une séparation densimétrique.

Cette séparation nous a permis d'obtenir deux fractions distinctes, une fraction légère et une fraction lourde pour chaque classe granulométrique:

- Fraction légère et lourde de la classe ayant un diamètre compris entre 60 à 250 $\mu\text{m}$ .
- Fraction légère et lourde de la classe ayant un diamètre compris entre 250 à 315 $\mu\text{m}$ .
- Fraction légère et lourde de la classe ayant un diamètre compris entre 315 à 500 $\mu\text{m}$ .

**II.3.5.3 La séparation par tri sous loupe binoculaire :** Cette Méthode base sur une séparation les minéraux opaques des minéraux transparents à l'aide d'une aiguille sur une plaque de verre. (Fig. 19)

**II.3.5.4 Examens à la loupe binoculaire :** les caractères observés au loupe binoculaire des minéraux sont : la forme, la couleur, l'éclat, la dureté, la morphoscopie. Ces caractères peuvent être suffisant pour déterminé les tips des minéraux lourds (Fig. 19).



**Fig.18 :** *Séparation des minéraux par liqueur*



**Fig. 19:** *La loupe binoculaire utilisée*

#### II.4. Conclusion

Une longue investigation sur terrain nous a permis de faire une bonne reconnaissance de terrain d'étude. Cette investigation nous a permis de faire un minutieux choix des sites de prélèvement et une description détaillée des formations géologiques in situ.

Les essais et analyse au laboratoire, nous a permis de déterminer, la granulométrie et la géochimie des sédiments (PH, Conductivité Électrique, Matière organique, les carbonates).

La minéralogie se focalise sur l'analyse diffractométrie des particules fines et la séparation densimétrique des minéraux lourds.

La morphoscopie et l'exoscopie (déterminé par le Microscope électronique a balayage) montre avec précision les enregistrements fait par le milieu sur la surface des grains de quartz.

**Chapitre III**  
**Géomorphologie et**  
**Description des**  
**Différents Terrasses**  
**Alluvionnaire**



**Chapitre III Géomorphologie et Description des Différents Terrasses Alluvionnaire**

**III.1. Introduction :** Dans ce chapitre, on a essayé de faire une synthèse géologique et géomorphologique de la région de Constantine, d'établir une vision détaillée sur le système fluvial Rhumel-Boumerzoug, ainsi que la morphologie de leurs différentes terrasses alluviales.

**III.2. Particularités Géologique de la région de Constantine**

La région de Constantine offre une grande variété de terrains sédimentaires d'âge Crétacé à Quaternaire (**Fig. 20**). Leurs structures géométriques sont difficiles à maîtriser par suite d'une tectonique alpine et Néogène prononcée et complexe, et de fréquentes variations latérales de faciès dans les formations Miocènes. A cette complexité géologique s'ajoute le handicap d'une cartographie en milieu urbain.

Plusieurs travaux ont été élaborés dès les années 1838 pour essayer de synthétiser la géologie de la région de Constantine. Mais peu de travaux concernant les formations Néogène et Quaternaire ont été mis en évidence.

Dans ce chapitre, on va essayer de se focaliser seulement sur la description géologique des formations Néogène et Quaternaire qui existent dans le bassin de Constantine.

**III.2.1 Le Néogène.** Les travaux d'Amiriche, H 2000, Benabbas, C. 2006, Boghdal, R. 2007, démontrent l'existence de six faciès dans le Néogène post-nappes (**Fig. 21, 22**) :

- Les conglomérats rouges tels que ceux du Koudiat Atty et du Bardo qui alternent souvent avec des argiles rouges à verdâtres et qui passent en profondeur à une brèche épaisse qui affleure largement au pied du Dj. Chattabah.
- Les argiles rouges comme celles des environs de l'université ou de la cité Ciloc ; Les grès bruns et conglomérats de Koudiat Touifez ;
- Les marnes à gypse du Polygone d'artillerie avec leur conglomérat à éléments hétérogènes, bien roulés et grès gris-marron. Ces marnes fossilifères, renferment des niveaux riches en gastéropodes (Hélix) dont les moules internes sont épigénisées en gypse et des fragments de vertébrés ;
- Les marnes brunes à galets ;
- Calcaires lacustres, de Salah Bey, Mansourah et Ain el Bey à base sablo-conglomératique.
- Le Miocène est représenté par plusieurs faciès : brèche épaisse à la base puis argiles rouges, conglomérats et marnes à gypse, grès, dont les fréquents passages latéraux rendent leur distinction stratigraphique et leur cartographie mal aisées. Selon Coiffait (1992), les conglomérats, argiles, grès et marnes sont d'âge Astaracien tandis que les calcaires lacustres et leur base sablo-conglomératique, sont du Quaternaire ancien.

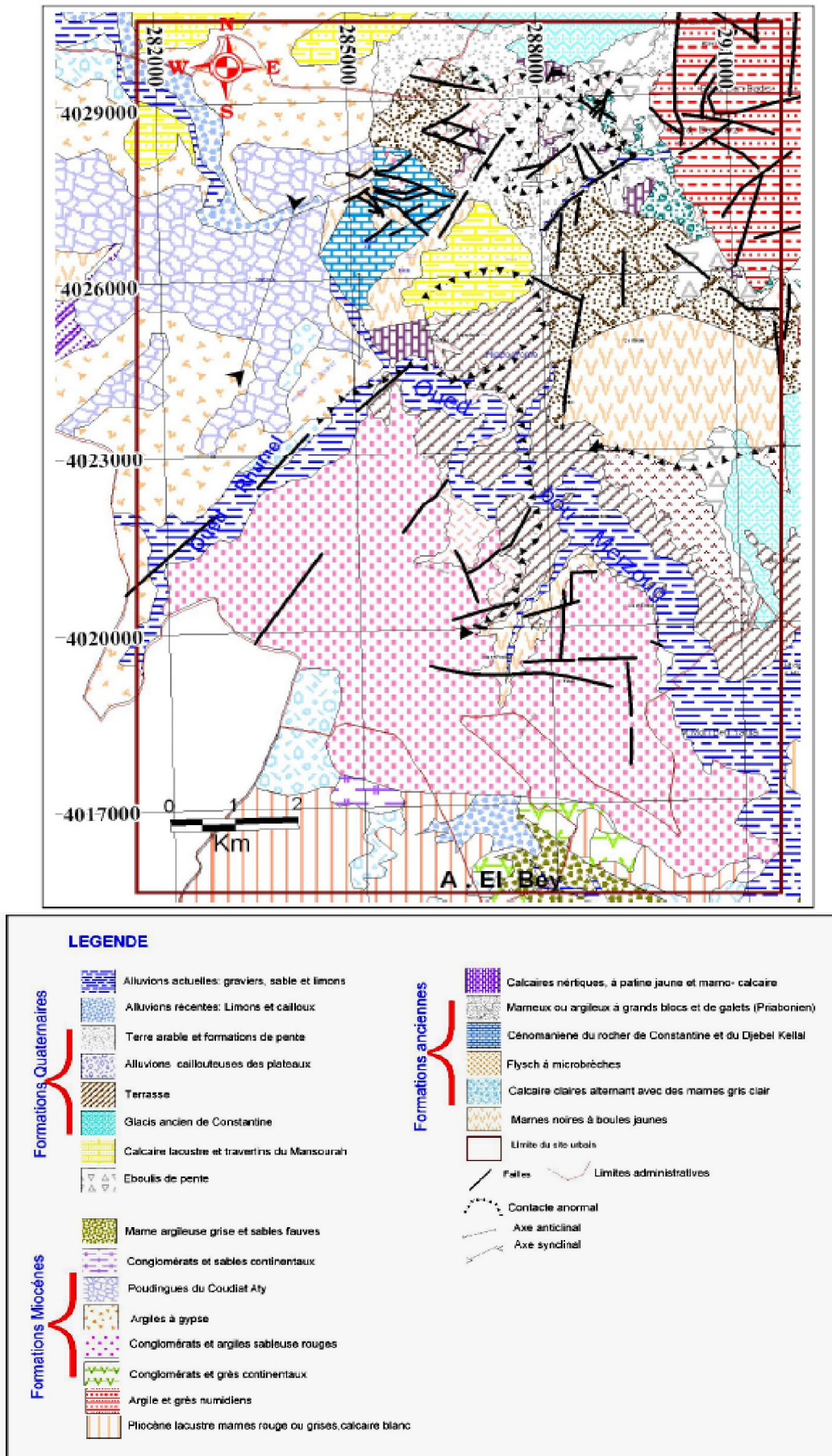
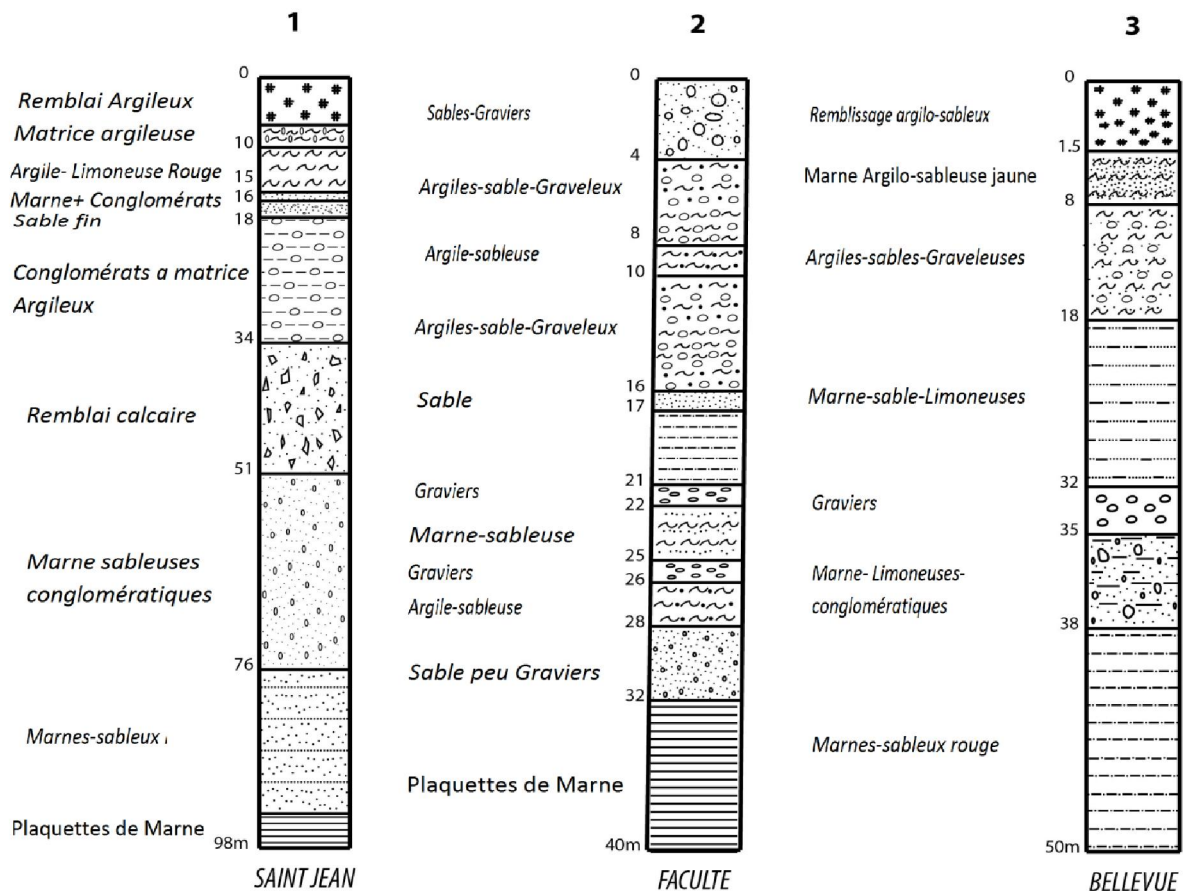


Fig. 20 Carte géologique de la région de Constantine 1/10000 (extrait de la carte Vila, 1977)



**Fig. 21** Photos des différents faciès Néogène de la région de Constantine (a) Intercalation argileuse (Arg) à patine rousse dans les conglomérats miocènes (Cg) Aouinet el Foul, (b) Marne miocène a lamelles de gypse, au nord de Ain bey, (c) sable de base (s) du plateau calcaire de Saleh Bey (Cal) Calcaire travertineux quaternaire

Il existe des passages entre les conglomérats de base (de Koudiat et de Chattabah) et les marnes brunes à gypse au cœur du synclinal de l'Oued Mellah. On distingue aussi la disparition progressive des conglomérats vers l'université, qui sont relayés par des argiles vers le haut. Ces dernières couvrent vers l'ouest, les marnes à gypse.



**Fig. 22** Logs de quelques sondages carottiers dans la ville de Constantine (LTP Est, 2001)

Trois (3) coupes de terrain réalisées par ARCADIS EEG SIMESOL 2002 repris par Boghdal, R. 2007 et une quatrième réalisée par P.E. Coiffait 1992 et quelques sondages réalisés par LTPEst ; nous ont permis de clarifier la succession litho stratigraphique du Mio-Pliocène de Constantine :

La coupe A, entre Le Bardo et l'Institut d'Architecture (au sud de l'Université Mentouri)

La coupe B, entre la Koudiat Touifez et le sud du Polygone d'artillerie

La coupe C, entre Bellevue et Chaabet Habet (El Merdja)

La coupe D entre Djebel hadj Baba et Oued el Malah

**Coupe A**, entre Le Bardo et l'Institut d'Architecture Cette coupe (**Fig. 23**) montre : (ARCADIS 2002, Bougdal, R.2007) :

- Des calcaires lacustres (1) en bancs bien réglés et travertins formant les plateaux d'Ain el Bey, Mansourah et Sidi Mabrouk. Ces calcaires, d'âge quaternaire ancien, peuvent admettre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur et forment les crêtes occidentales élevées du plateau d'Ain el Bey. Ils reposent sur une formation de base détritique, sableuse et argilo-conglomératique de quelques mètres d'épaisseur, dont la couleur blanchâtre et d'aspect friable, les distinguant des formations conglomératiques plus anciennes (Miocènes).

Sur le plateau de Mansourah-Sidi Mabrouk, cette formation est la moins épaisse. Elle est caractérisée par un conglomérat de base grossier, et une dalle calcaire robuste de quelques mètres d'épaisseur. Elle repose en discordance sur les marnes telliennes qui affleurent par endroits.

Au niveau du village de Salah Bey, cette formation débute par des sables moyens lenticulaires, consolidés (5 à 8 m) et se poursuit par une vingtaine de mètres de calcaire poreux, en bancs demi-métriques, formant quelques escarpements au-dessus des terrasses alluviales du Rhummel (**Fig. 21, Photo c**).

- Des marnes brunes sableuses, à galets (2),

- Des argiles rouges à lentilles conglomératiques (3) passant latéralement vers le Nord (quartier du Bardo) à une formation franchement conglomératique (4). Les argiles rouges, qui recouvrent les conglomérats vers le haut, admettent quelques lentilles conglomératiques friables dont les éléments sont surtout carbonatés avec des calcaires marneux, des calcaires néritiques et des silex fins puis des blocs de silex entiers.

- Des conglomérats rouges du Bardo (4), polygéniques à nombreux galets du Numidien très bien cimentés. En surface, ils apparaissent comme des alternances de conglomérats et d'argiles rougeâtres. Ces conglomérats sont hétérogènes et hétérométriques à lits argileux fins, décimétriques à centimétriques, montrant un litage entrecroisé, qui témoignent de

leur caractère fluvial à torrentiel. Certains blocs dépassent le mètre. Ils sont bien cimentés par une matrice grés-argileuse. Les éléments sont surtout gréseux, rarement carbonatés et siliceux (silex). Les éléments gréseux ont un faciès numidien tandis que les éléments carbonatés proviennent des unités telliennes sous-jacentes au Numidien. Les silex proviennent de la destruction de la partie terminale du Sénonien.

- un faciès tellien marno-calcaire (5) qui affleure sur la rive gauche de l'oued Rhummel. Il forme le substratum des formations néogènes et quaternaires.

Les conglomérats et argiles rouges ainsi que les marnes brunes sont d'âge Miocène moyen

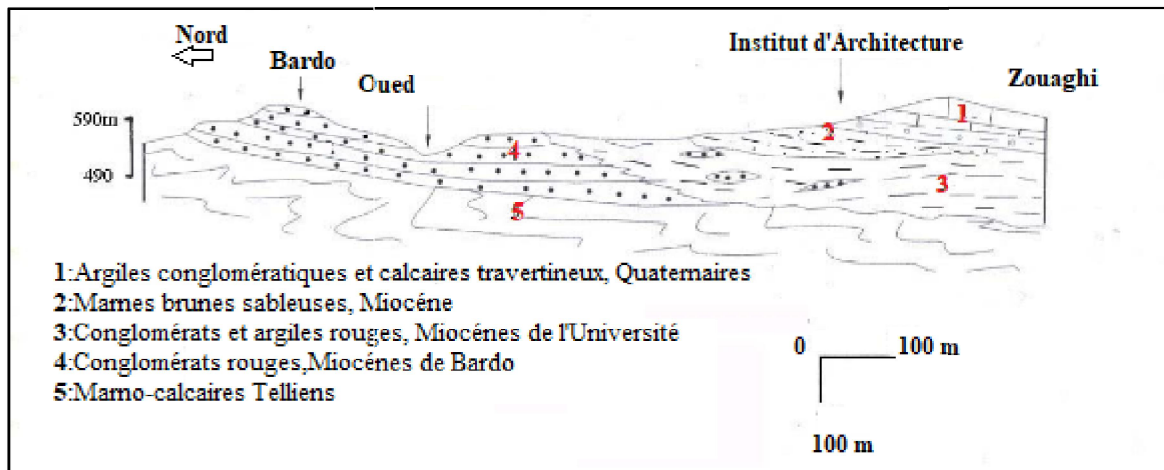


Fig. 23 Coupe A entre le bardo et l'Institut d'Architecture (Bougdal. R 2007)

#### Coupe B, du versant Nord de Zouaghi

Vers la limite sud de Constantine (en rive droite du Rhumel), la coupe suivante a été levée (Fig. 24) (ARCADIS 2002, Bougdal .R.2007) ; Elle montre :

- Des couches calcaires (1) alternant avec des lits d'argiles rouges ou roses. Il s'agit de calcaires lacustres quaternaires dont la patine générale est rousse à rose bien visible dans le paysage, formant des falaises remarquables vers Zouaghi (Ain El Bey). À la base, ces calcaires sont micritiques et passent progressivement au sommet vers des faciès plus grumeleux et crayeux, donnant l'aspect de travertin « calcaires travertineux ».

-Des argiles limoneuses et galets (2), suivi de décharges détritiques mal roulées et très peu consolidées.

-Des marnes sableuses (3) avec des teintes plus rousses au début, contenant parfois des galets remaniés (conglomérats non consolidés).

- Des marnes brunes (4) à gypse (photo 3) ; Elles contiennent du gypse fibreux tapissant dans des fractures ayant des jeux variables (stries portées sur les épontes).

Les marnes à gypse se poursuivent sur quelques dizaines de mètres et passent vers le haut à des argiles sableuses.

- Des grès lenticulaires de puissance métrique (5), à patine gris-jaunâtre, cassure grise, carbonatés, contenant une faune très variée. Ils renferment de Bryozoaires, des Lamellibranches et Gastéropodes et quelques traces de Vertébrés.

Les Gastéropodes sont des moules internes ; il s'agit surtout des Hélix épigénisés en gypse, décrit pour la première fois par Ficheur en 1894.

- Des marnes brunes à gypse lamellaire (6).

L'âge des marnes à gypse a été daté avec précision par B.Coiffait-Martin (in P.E. Coiffait, 1992) grâce à une microfaune de foraminifères soit, 13 Ma pour ce gisement du Polygone.

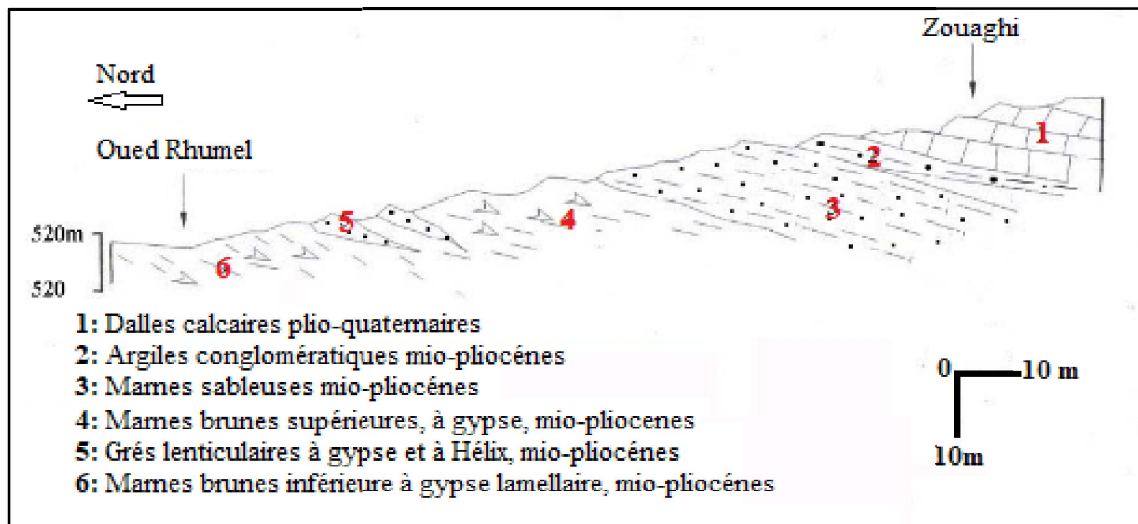


Fig. 24 Coupe B entre Zouaghi et l'Oued Rhumel (Bougdal. R 2007)

#### Coupe C, entre Bellevue et Chaabet El Merdja

Cette coupe (Fig. 25) montre les termes suivants (ARCADIS 2002, Bougdal .R.2007) :

- Des marnes grises à gypse (1) ;
- Des argiles rouges à lentilles conglomératiques au niveau du Ciloc (2). Ces argiles dominent largement par rapport aux conglomérats qui sont beaucoup plus répandus à la base de la série vers le centre-ville et vers Bellevue.
- Des conglomérats polygéniques (3) bien cimentés sur plusieurs dizaines de mètres (d'après les sondages carottés réalisés récemment), équivalents des conglomérats du Bardo ;
- Des marno-calcaires telliens (4).

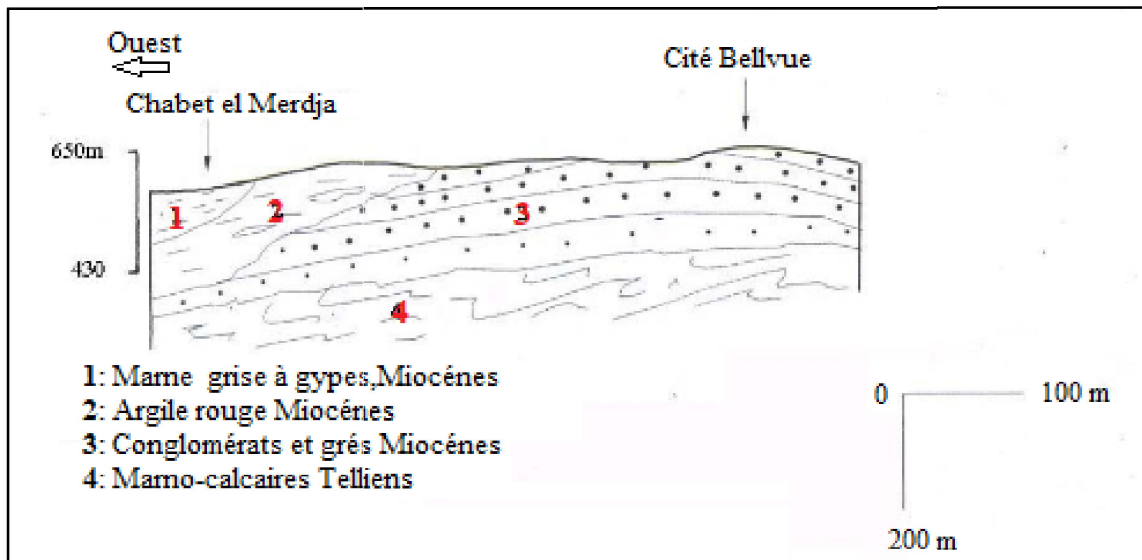


Fig.25 Coupe C entre Bellevue et Chaabet El Merdja (Bougdal. R 2007)

Coupe D entre hadj Baba et Oued El Malah : du Sud au Nord, on observe (Fig. 26) :

- Des calcaires paléocènes continentaux de djebel Hadj Baba qui surmontent les calcaires marneux de Mio-pliocène.
- Des graviers et colluvions aux deux rives d’oued M’ghroual.
- Argiles rouge au niveau du lit d’Oued M’ghroual jusqu’au polygone.
- Sables graveleux au niveau de la zone industrielle du polygone.
- Argiles sableux entre le polygone et Oued el malah
- Alluvions actuelles au lit d’Oued el malah

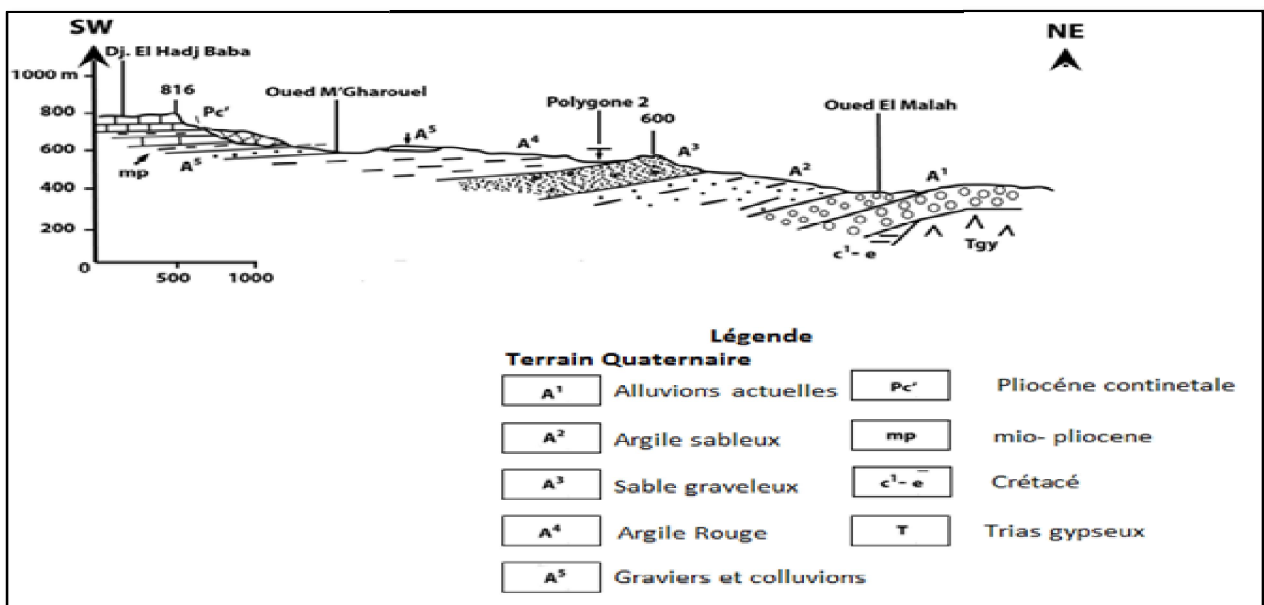


Fig. 26 Coupe D entre Djebel Hadj Baba et Oued El Malah (P.E. Coiffait 1992)

**III.2.1.1 Le Pliocène.** Il est représenté par des calcaires lacustres d'Ain el Bey et de Mansourah, qui sont datés du Quaternaire ancien par Coiffait PE. Ils se distinguent des calcaires lacustres pliocènes qui forment les collines boisées du Dj. Hadj Baba, par leur base sablo-conglomératique et par leur épaisseur plus réduite. (Bougdal .R.2007)

### III.2.2. Le Quaternaire :

Les terrains quaternaires sont représentés essentiellement par les calcaires lacustres des plateaux de Mansourah, d'Ain el Bey et de Salah Bey et des terrasses alluviales des Oueds Rhummel et Boumerzoug. Les autres formations correspondent à des dépôts de pentes hétérogènes, peu épaisse et à dominante argileuse.

**III.2.2.1. Le Quaternaire ancien.** Il est représenté essentiellement par des calcaires lacustres que se distinguent des autres formations quaternaires par des dalles robustes qui coiffent la série et favorisent la morphologie de plateaux. La série, la plus complète, est observée vers la limite méridionale de la ville de Constantine : plateau d'Ain el Bey et son prolongement occidental. On distingue, de bas en haut :

- Des conglomérats à matrice argileuse et des sables, épais (30 à 40 m).
- Des couches calcaires alternant avec des lits d'argiles rouges ou roses.
- Des calcaires lacustres micritiques, dont la patine générale est rousse à rose, bien visibles dans le paysage (10 m).
- Des calcaires plus grumeleux et crayeux (5 à 10 m), donnant l'aspect de travertin (calcaires travertineux) (Bougdal .R.2007)

Cette série est scellée, sur le plateau d'Ain el Bey proprement dit, par des limons roux encroûtés et des paléosols du Quaternaire plus récent. Plus au Nord, le plateau de Salah Bey montre des sables plus ou moins grésifiés à la base (5 à 7 m), surmontés par des calcaires poreux (6 à 8 m), en bancs métriques. Le plateau de Mansourah offre la série la plus réduite avec un conglomérat grossier de quelques mètres d'épaisseur et une dalle calcaire, très dure, de 2 à 4 m.

**III.2.2.2. Le Quaternaire moyen à récent.** Il est représenté par trois terrasses alluviales étagées, reconnues de part et d'autre des rives du Rhummel et du Boumerzoug : (Bougdal .R.2007)

**-La terrasse récente** est située entre 3 et 5m d'altitude par rapport aux lits mineurs. Elle occupe les rives immédiates de ces cours d'eau, dont elle forme les lits majeurs (**Fig. 27**). Elle est de nature limoneuse, finement sableuse. Cette terrasse est exposée au risque d'inondation.





**Fig. 27** Photos terrasses alluviales de l'oued Boumerzoug **T3** – *terrasse récente inondable* **T2**– *Terrasse intermédiaire* – **T1** *terrasse ancienne (surélevée à 10 m d'altitude par rapport à la côte du cours d'eau)*

-**La terrasse intermédiaire** est située plus en retrait de ces cours d'eau, à une plus haute altitude : 3 à 6 m. Elle est plus sableuse et renferme des galets hétérogènes, roulés. Cette terrasse, est de plus en plus sollicitée par des constructions diverses ; c'est le cas de la zone industrielle (Oued. Rhumel) et du nouveau complexe sportif (Oued. Boumerzoug). Elle est également exposée au risque d'inondation, à la faveur de crues exceptionnelles des Oueds Boumerzoug et Rhumel.

-**La terrasse ancienne** est dans sa grande partie, recouverte par des constructions

relativement anciennes ; c'est le cas de Sidi Mabrouk Inférieur et les bas quartiers de Bellevue. A l'affleurement, elle ne subsiste qu'en quelques lambeaux, au-dessus de la terrasse intermédiaire (**Fig. 27**).

Elle correspond à la terrasse la plus élevée dont les altitudes, très variables, peuvent atteindre 25 m. Coiffait l'a observé à plus de 40 m, sur les versants du Rhumel. Elle se distingue des autres terrasses à matériel fin, par sa nature franchement conglomératique. Cette terrasse est suffisamment élevée pour être épargnée du risque d'inondation

### III.3. Particularités Géomorphologique de la région de Constantine

La région de Constantine (**Fig. 28**) présente un relief contrasté où se côtoient, gorges profondes, plateaux et collines. Cette région s'étend des piémonts sud-telliens jusqu'aux bassins des hauts plateaux constantinois, incluant une dépression formée par de puissants dépôts lacustres Mio-pliocènes et comportant quelques reliefs à matériel tellien peu épars et allochtone. L'altitude moyenne varie entre 500 m et 800 m et dépassant des fois les 1400 m. Le réseau hydrographique comprend à l'amont deux cours d'eau principaux, qui ont leur confluent à Constantine. Il s'agit des Oueds Rhumel et Boumerzoug. Le Rhumel traverse les hautes plaines constantinoises suivant une orientation NE-SW jusqu'au Boumerzoug. Il parcourt ensuite des gorges à travers le Rocher de Constantine. Dans le Tell méridional, le Rhumel change de direction et coule vers le Nord-Ouest avant de rejoindre Oued Enndja. Tout au long de son parcours, le Rhumel devient le confluent, de l'amont à l'aval, des Oueds Dekri, Seguin, Boumerzoug, Smendou et enfin El Ktone (Mebarki .A 1984)

#### III.3.1 Orographie de la région de Constantine

La carte hypsométrique de la région de Constantine (**Fig. 28**) met en évidence une succession de tranches d'altitudes comprise entre 300m et 1400m. On relève sur la carte deux types de zones : les zones hautes, partie montagneuse dont l'altitude varie entre 800m et 1400m, et les zones basses essentiellement occupées par des vallées et des plaines dont l'altitude varie de 150m à 600m au nord et de 400 à 850m au sud de la région d'étude.

La région de Constantine est représentée par une série de dépressions et de massifs linéaires de direction SW – NE. Le système orographique de la région est assez complexe : (**Fig. 29**)

Des chaînons rocheux courts et brusquement tronqués forment les crêtes du massif de Chatabah a Ouest de la wilaya (crête principale : Djebel Zouaoui 1316 m et crête secondaire : Djebel .Karkara 1186 m).

Au NE, les massifs des Djebel el Ouahch (1289 m) et El-Aria (977 m) limitent le bassin du Rhummel et de Seybouse. Les falaises abruptes du Dj Kellal (941 m) au NE et du Rocher de

Constantine (785 m) au SE découpent des assises calcaires au flanc du massif gréseux du Djebel Ouahch.

Au SE de Constantine, Djebel Oum Settas, est un anticlinorium de direction ENE-WSW, faillé dans lequel est représentée la série complète du Crétacé avec prédominance de bancs calcaires. C'est un puissant massif montagneux qui culmine à 1326 m. La masse montagneuse du Djebel Oum Settas, est constituée de trois blocs très visibles dans le paysage. Ils sont limités par des zones de fractures. Le bloc central se distingue par un affaissement de plusieurs dizaines de mètres, bien que l'ensemble de la masse montagneuse (Benabbas 2006)

Les zones de collines déprimées de l'Oued Mellah correspondent aux aires synclinales ayant connu comblement tertiaire d'âge Mio-Pliocène. Les altitudes moyennes varient entre 600m (lit de l'Oued Rhumel) et 800m (rocher de Constantine).

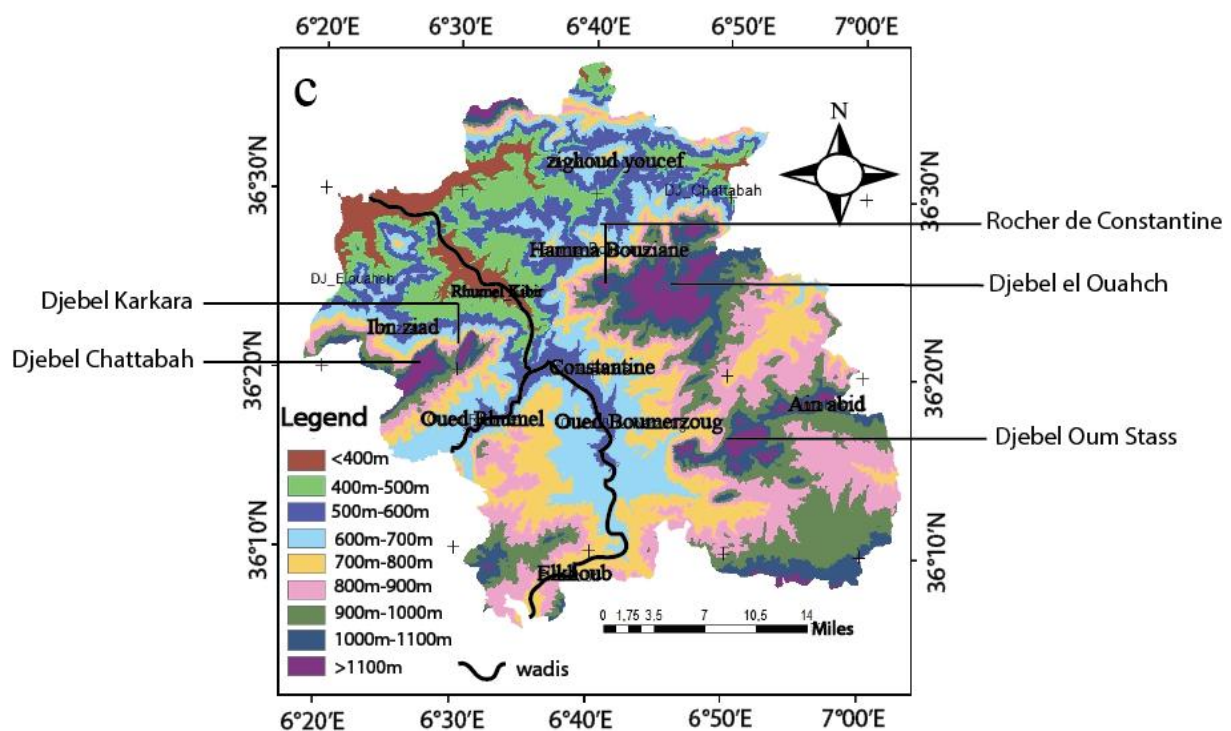
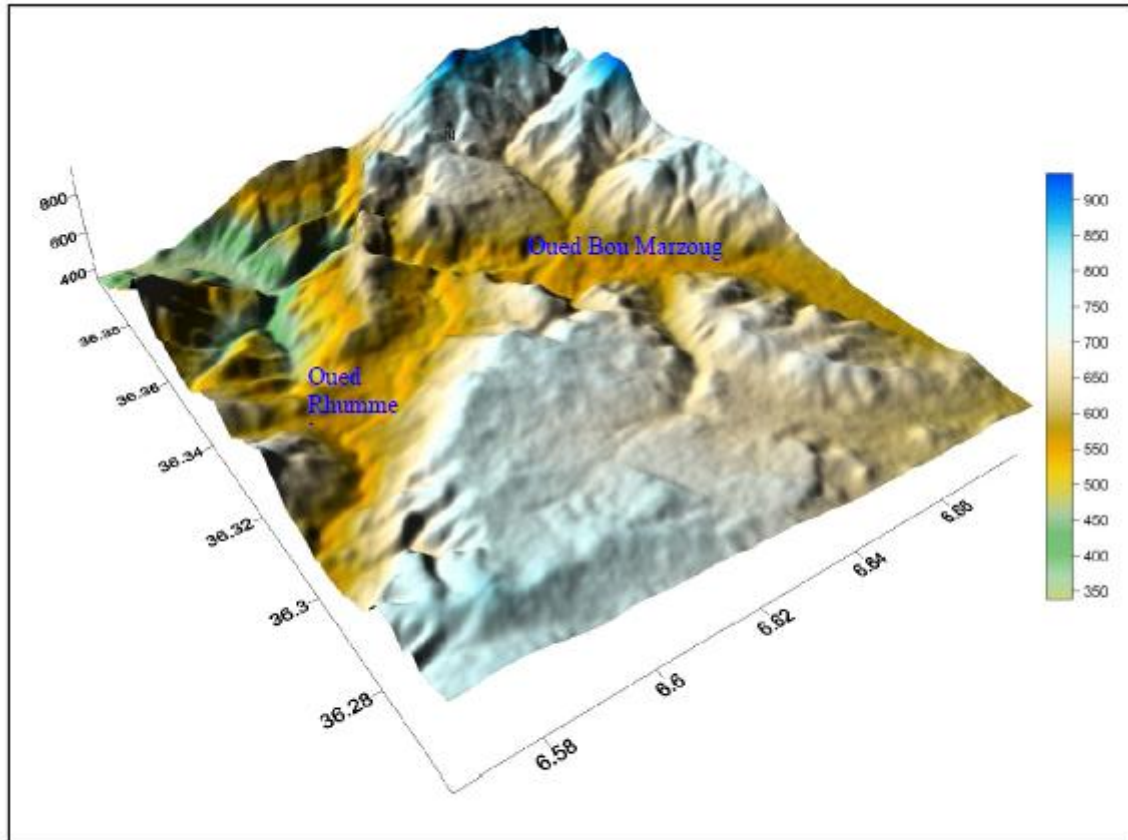


Fig. 28 Carte hypsométrique avec les principaux djebels dans la région de Constantine

Une série de terrasses se succèdent le long de l'Oued Rhumel et l'Oued Boumerzoug, ces terrasses sont interrompues tout au long du cours d'eau. Le contexte structural en est à priori la cause. Les anciennes terrasses conservées et qu'on a pu visiter montrent des déformations et dénivelées importantes.



Modèle Numérique de terrain MNT (SRTM World wide elevation)

**Fig. 29** Modèle Numérique de terrain en 3D de la région de Constantine

### III.3.2. Le réseau hydrographique de la région de Constantine

Le réseau de fracturations et la néotectonique conditionnent l'allure et l'orientation des réseaux hydrographiques d'une part et tiennent une place prépondérante dans la répartition des ressources hydriques d'autre part (Benabbas C, 2006).

Le réseau hydrographique (**Fig. 30**) a subi une perturbation importante liée aux mouvements tectoniques récents, il comprend à l'amont deux cours d'eau principaux qui ont leur confluent à Constantine, il s'agit des Oueds du Rhumel et du Boumerzoug.

Le Rhumel traverse les hautes plaines constantinoises suivant une orientation NE-SW jusqu'au Boumerzoug, Il parcourt ensuite des gorges à travers le Rocher de Constantine.

Dans le Tell méridional, le Rhumel change de direction et coule vers le Nord-Ouest avant de rejoindre Oued Enndja. Tout au long de son parcours, le Rhumel devient le confluent de l'amont à l'aval, des Oueds Dekri, Seguin, Boumerzoug, Smendou et enfin El Ktone. (Farah A.S., 1991)

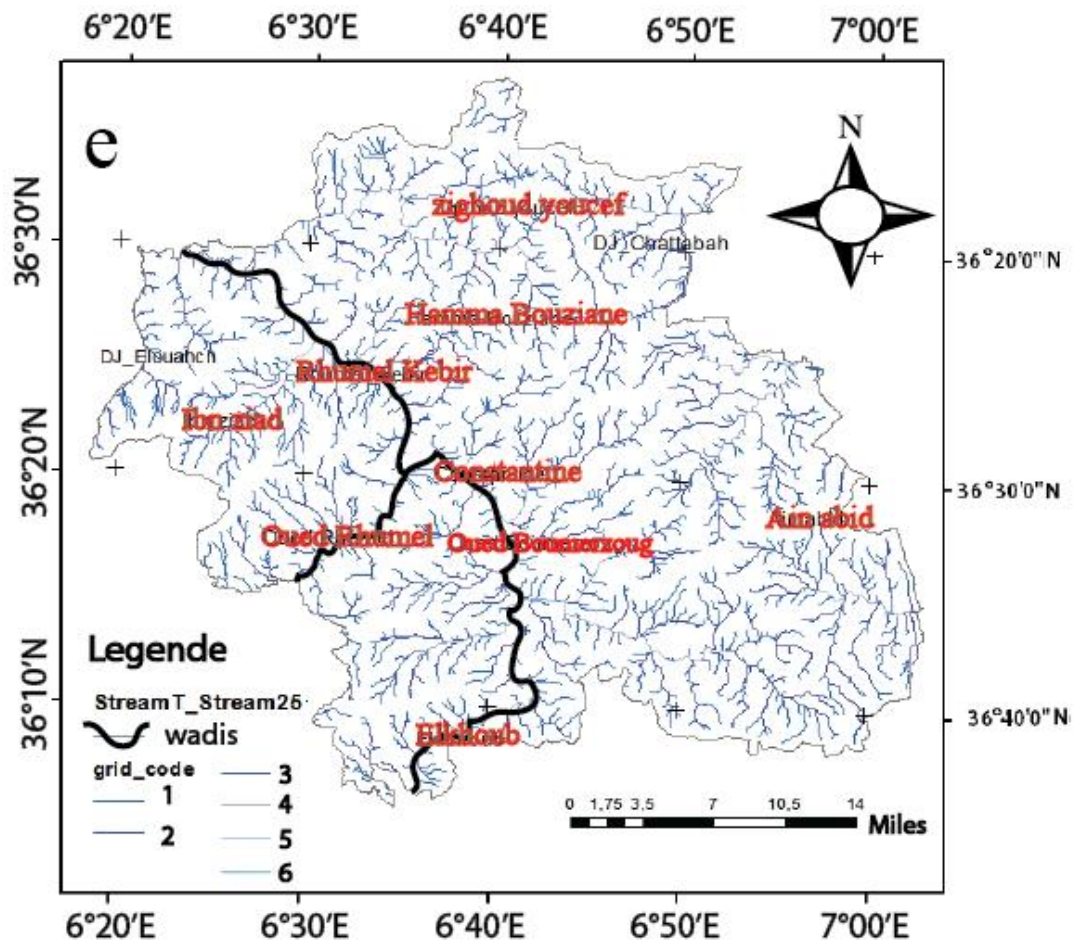


Fig. 30 Carte de réseaux hydrographique de la région de Constantine

### III.4. Les systèmes fluviaux de la région de Constantine

La dynamique fluviale, ou géodynamique fluviale, étudie l'évolution géomorphologique des cours d'eau (les formes en résultant relevant de la morphologie fluviale). Elle est pluridisciplinaire, empruntant des éléments de méthode et de diagnostic à la géographie physique (dont la géomorphologie), à la géologie, à la sédimentologie, à l'hydraulique, à l'hydrologie, à la biologie et à l'écologie fluviale.

#### III.4.1. Le transport des sédiments

Le transport des sédiments par les cours d'eau est souvent nommé « transport solide » ou « transit sédimentaire ».

Le transport des sédiments prend deux formes bien différenciées : le charriage et la suspension. Le charriage est le transport des sédiments plutôt grossiers sur le fond du lit par roulement ou saltation. La suspension est le transport des sédiments dans la masse du flot.

Dans une situation hydraulique donnée, le comportement des sédiments varie selon la taille des particules :

- les graviers et galets sont toujours transportés par charriage sur le fond, sauf sur de très fortes pentes (au-delà de 2 à 3 %, où on peut rencontrer des mécanismes de charriage hyperconcentré et de laves torrentielles),
- les limons et sables fins (jusqu'à 200  $\mu\text{m}$ ) sont transportés en suspension franche, c'est-à-dire que la concentration varie peu le long de la colonne d'eau tant que le courant est sensible (c'est-à-dire sur des pentes supérieures à 0,1 ‰ - 10 cm par km - environ)
- les sables, principalement, connaissent une situation intermédiaire : le transport en suspension est possible, mais la concentration décroît rapidement lorsqu'on s'éloigne du fond.

La taille des matériaux qui sont ainsi en situation intermédiaire varie peu avec la pente. C'est pourquoi, pour la majeure partie des cours d'eau (si on excepte les cours d'eau très lents au-dessous de 0,1 ‰ et les torrents au-dessus de 3 ‰), la gamme de transition recouvre les sables moyens à grossiers, entre 200 et 700  $\mu\text{m}$ .

Les observations des dépôts en crue montrent bien ce mécanisme :

- sur le fond, le lit est formé principalement de graviers et galets (et de sables grossiers lorsque les pentes s'abaissent au-dessous de 0,3 ‰), qu'on ne retrouve pas sur les berges
- sur les berges, les dépôts sont constitués de sables ou de limons selon le contexte géologique et l'intensité des débordements.

### III.4.2. Le système fluvial

On appelle « style fluvial » la forme générale du lit qui se rattache à des types très différenciés. Les différents styles sont listés d'amont en aval :

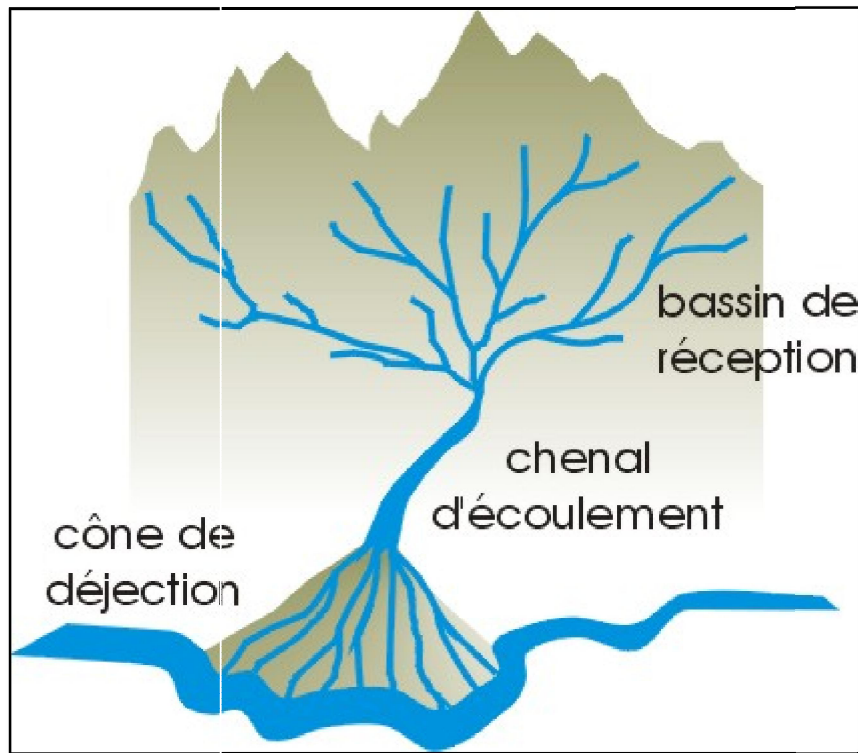
#### III.4.2.1. Torrents:

Dans la partie amont des rivières issues de régions montagneuses, la pente est très forte et le cours d'eau quasi rectiligne. Le lit est étroit. Le transport solide est important.

Le bassin versant torrentiel comporte trois parties bien distinctes (**Fig. 31**) :

- Le bassin de réception, situé à l'amont, présente une forme en entonnoir. Les eaux de pluie ou de fonte des neiges y sont recueillies et s'y concentrent dans de multiples talwegs qui suivent la pente pour rejoindre le chenal principal.
- Le canal (ou chenal) d'écoulement, étroit et souvent encaissé, où toutes les eaux récoltées au niveau du bassin de réception se rassemblent pour s'écouler vers l'aval.
- Le cône de déjection, situé à l'aval, à l'endroit où la pente diminue provoquant une diminution de la compétence du cours d'eau et donc le dépôt de la charge sédimentaire

transportée depuis l'amont. Il présente une forme en éventail, bombé et élargi vers le bas. Lorsque le cours d'eau se termine dans un lac, il pourra former un "delta".



**Fig. 31** Les différentes composantes d'un torrent. (Boulvain .F 2021)

#### **III.4.2.2. Le Cours d'eau en terrasses:**

Une terrasse alluviale est une zone plane, située sur les versants d'une vallée et constituée par des alluvions (sédiments) déposées par cours d'eau à une certaine période (**Fig. 32**).

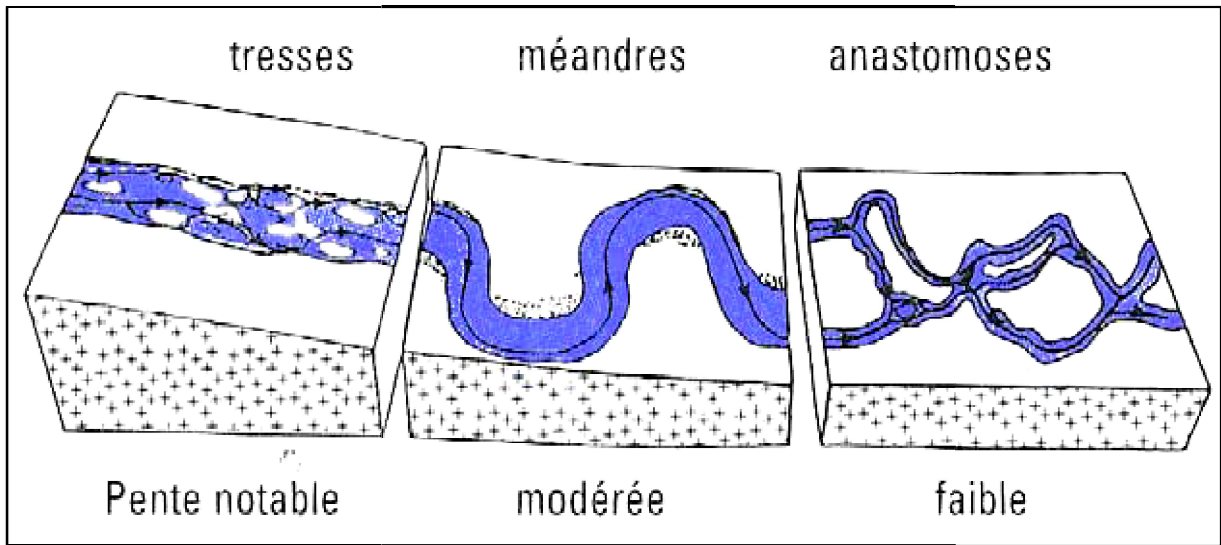
Les terrasses témoignent d'anciens fonds de vallées abandonnées par l'enfoncement des cours d'eau. Les plus récents ne sont qu'à quelques mètres au dessus du chenal actuel et peuvent subir l'inondation des grandes crues ; Les plus anciennes sont à des altitudes relatives plus élevées et subsistantes seulement à l'état de lambeaux discontinus sur les marges du lit majeur.

Le tracé des terrasses est caractéristique d'un fort transport solide. Le lit est composé de plusieurs chenaux instables formant de nombreuses îles. Le lit est large et plat.

On parle également de rivières à chenaux anastomosés lorsque la pente est moindre et le tracé sinueux plus marqué.

- Rivières à style divagant: Le style divagant constitue une étape intermédiaire entre les méandres et le style en tresses. Le transport solide diminue ainsi que le nombre de tresses. Les méandres commencent à se dessiner.

-Rivières à méandres: La rivière suit une ligne sinueuse. Le lit est unique et le transport solide s'effectue presque exclusivement par suspension et non par charriage.



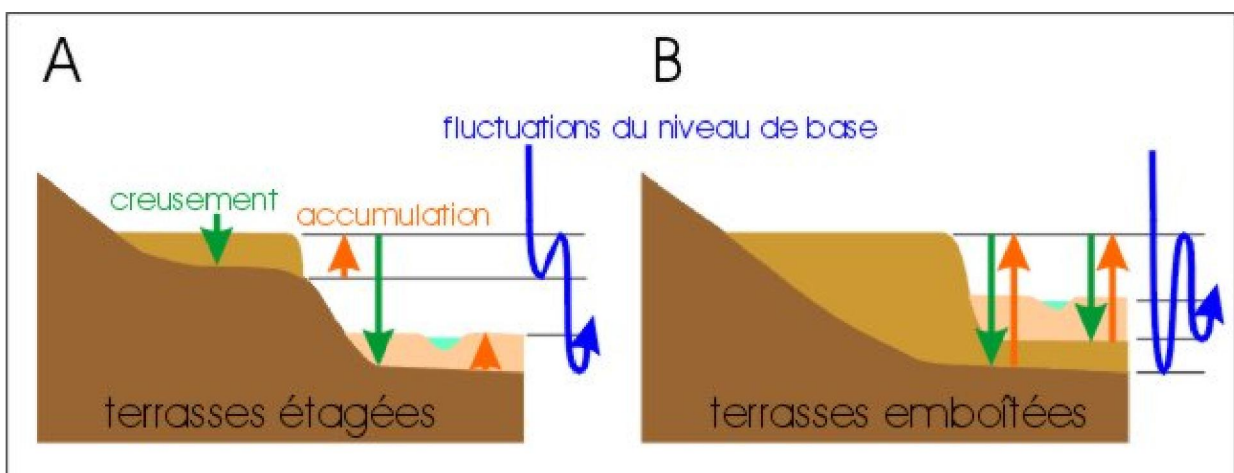
**Fig. 32** Les types de lit fluvial

**III.4.2.3. Les types des terrasses :**

On a deux types de terrasses (**Fig. 33**)

-Terrasses étagées : Les chutes du niveau de base provoquent un encaissement successif avec des terrasses de plus en plus jeunes vers le bas.

-Terrasses emboîtées : La première chute du niveau de base est très accentuée, provoquant une profondeur encaissement ; par la suite, les chutes du niveau de base ne sont plus aussi fortes et n'entament plus que la terrasse la plus ancienne. (Boulvain, F et Dumont, P.2021).

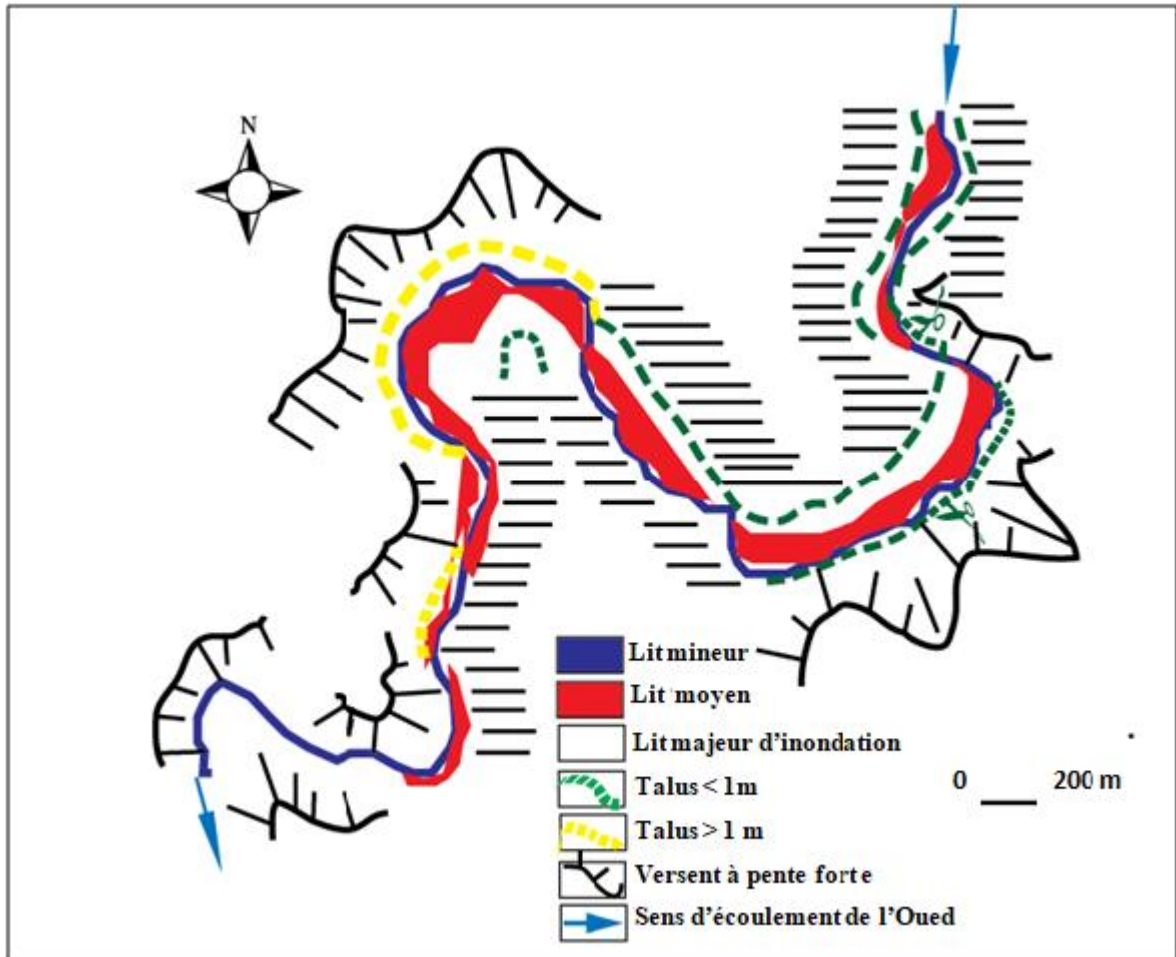


**Fig. 33** Les types de terrasses Alluviales (A) terrasses étagées (B) terrasses emboîtées. (Boulvain .F et Dumont, P 2021)



### III.4.3. La morpho-géologie de système fluviale d'Oued Boumerzoug

Le cours aval de l'Oued Boumerzoug se caractérise par le développement d'amples méandres juste à l'entrée de la ville. L'élargissement de la vallée où les terrasses et le lit majeur prennent une grande extension rend plus spectaculaire l'étalement de la crue dans la plaine alluviale. (Aidat, A. 2014) (Fig. 34)



**Fig. 34** Morphologie du lit d'Oued Boumerzoug (à partir des photos aériennes de Constantine)

Les méandres développés, laissent apparaître un escarpement sur la rive concave, qui prend la forme d'un long versant de plusieurs dizaines de mètres à pente forte. Quand au lobe de rive convexe, il est très développé, laissant apparaître les différents lits dont les limites sont matérialisés par la présence des talus de l'ordre de quelques mètres.

L'Oued Boumerzoug a une allure générale N-S de la localité d'Ouled Rahmoune jusqu'à la terminaison nord orientale de Draa El Djedia, et puis devient NW-SE pour rejoindre Oued Rhummel à l'amont de la ville de Constantine. (Benabbas 2006)

L'Oued Boumerzoug est un anticlinal assez singulier, qui perturbe la structure plissée Est-Ouest, serait dû, selon Glangeaud (1932), à un décollement local de la couverture pliocène sur

un noyau dur sous-jacent. Cependant, le tracé de l'oued Boumerzoug correspond à une faille N20 à N40, passant par la zone axiale du pli anticlinal évidé. Son rejet en décrochement sénestre, probable, lors des sollicitations Nord-Sud, actuelles, pourrait donner localement cette direction de pli singulière (Bougdal. R 2007).

### III.4.3.1. Les caractéristiques morphologiques fluviales de la vallée du Boumerzoug :

L'Oued Boumerzoug est considéré parmi les cours d'eau les plus sinueux (coudés). Ses lits sont très dynamiques (**Fig. 35**). La sinuosité s'accroît près de l'entrée de la ville. L'étalement de ses méandres et de son lit inondable le rend submergé lors des fortes crues.

Le dénivelé de l'Oued est de 100 m avec une direction générale: N20 et N130.

Le lit d'Oued Boumerzoug est méandre juste à l'entrée de la ville (**Fig. 36**).

- Lit mineur: n'est pas visible à cause des travaux de calibrage.
- Lit majeur: est étendu avec la présence de plaines inondables.
- Zone d'inondation : La Plaine d'inondation est caractérisée par des argiles et des sédiments fins d'épaisseur importante quelques mètres et de superficie de quelques kilomètres carrés.

Le lit moyen et le lit majeur présentent un élargissement sur une grande extension qui rend plus spectaculaire l'étalement de la crue dans la plaine alluviale. Le lit majeur est séparé du lit moyen par un talus. Le lit majeur est constitué d'éléments fins dû au dépôt de matières en suspension en fin de crue.

La morphologie du lit majeur est caractérisée par la présence de méandres, laissant apparaître des escarpements sur les rives concaves et convexes qui prennent la forme de longs versants de plusieurs dizaines de mètres de longueur à pente forte. Des talus bien marqués, abrupts et continus, indiquent des débits à pleins bords fréquents et efficaces, qui façonnent activement le lit mineur, moyen et le lit majeur.

Les limites externes du lit majeur définissent la limite de l'extension maximale des crues est bien nette et marquée par des talus de versants élevés, en pente forte. Le caractère sinueux de l'Oued Boumerzoug correspond à une pente très faible. Laquelle, freine le ruissellement, facteur aggravant en cas de fortes précipitations. Le développement anarchique de l'urbanisation le long de la plaine inondable de Boumerzoug (Cité Boumerzoug, Chabet Erssas) et des zones d'activités industrielles (zones industrielles de Boumerzoug) a provoqué la modification de la section d'écoulement des eaux par les décombres et détritiques déposés dans le lit majeur.

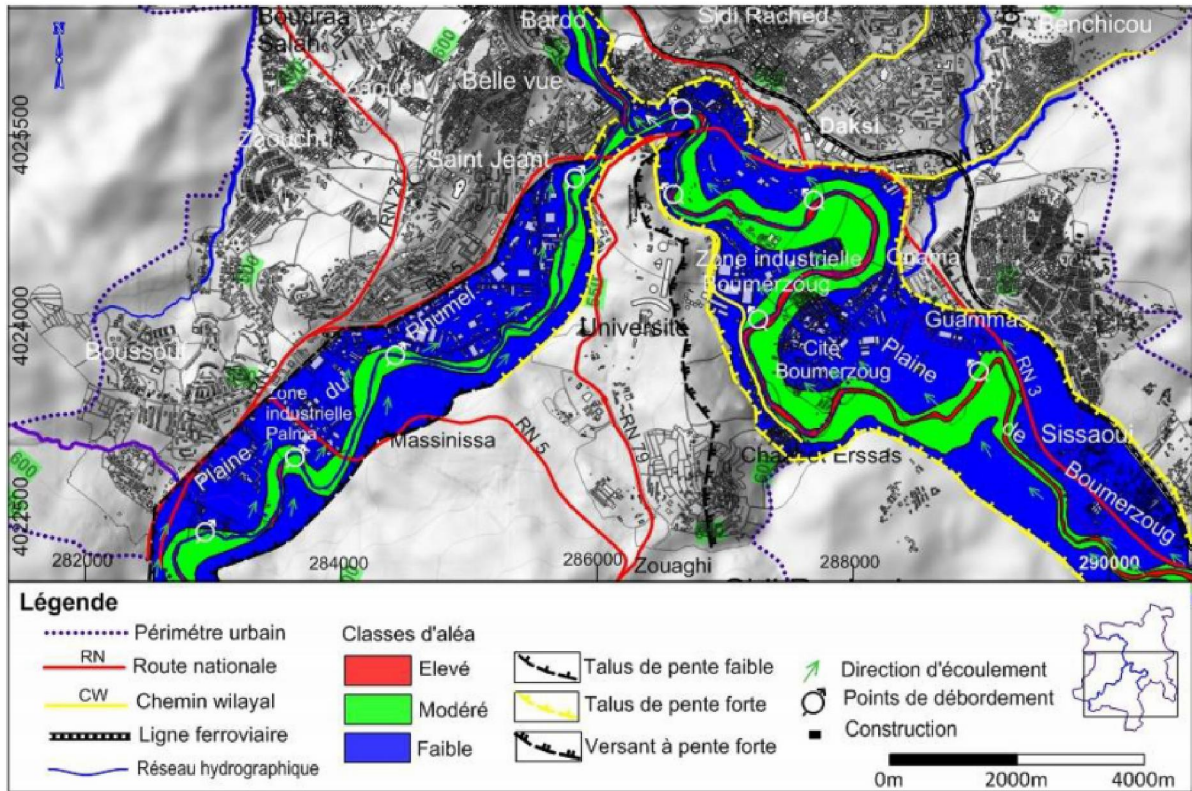


Fig. 35 Carte des principales zones inondables des plaines alluviales dans système alluviales Rhumel-Boumerzoug (Bourenane H, Bouhadad.Y 2020)



Fig. 36 Morphologie de la plaine alluviale de l'Oued Boumerzoug avec les différents lits ((A) lit mineur, lit moyen et lit majeur, (B) lit mineur après calibrage)

#### III.4.4. La morpho-géologie du système fluvial de l'Oued Rhumel

L'allure de la vallée du Rhumel reflète très bien la complexité géologique et géomorphologique de la région de Constantine. Il a changé sa direction au moins trois fois. Ses altitudes varient de 170m à 750m. Le long de cette vallée et jusqu'à la ville de Constantine, on note une série d'anomalies géomorphologiques:

- La vallée de l'Oued Athmania présente deux rives différentes et asymétriques (**Fig. 37**). La rive gauche est peu pentue, néanmoins assez instable, alors que la rive droite, est plus escarpée avec au moins deux replats structuraux reflétant la nature active et subsidente de cette vallée.

- Un changement brutal de la direction de la vallée de l'Oued Rhumel au niveau de Oued Seguin (de direction NW-SE au ENE-WSW) (**Fig. 38**) pour qu'il suit le Synclinorium de Chattabah, ce changement correspond à des structure N-S (celles qui délimitent le Chattabah à l'Est et de oued Seguin). (Benabbas. C 2006)

- L'un des affluents les plus importants de l'Oued Rhumel, Oued Sedjar suit une linéarité parfaite. Il est orienté N-S et affecte des formations Néogène. Sur la rive droite de cet Oued se trouve la structure N-S qui délimite la terminaison occidentale de Djebel Ouled Salem (carrière Onyx).

Sur sa rive gauche on note la présence de l'escarpement de faille, Orienté N-S, qui pourrait correspondre à une zone minéralisation (Benabbas.C 2006).

- . - Une perte d'eau le long des failles ouvertes orientées N-S.

- Un étranglement de la vallée de l'Oued Rhumel au niveau d'Ain Smara (Rabahi.N, 2008). (**Fig. 38**)

- Un étranglement de la vallée de l'Oued Rhumel au niveau de la ville de Constantine où il rejoint l'Oued Boumerzoug et traverse les gorges profondes de la ville de Constantine.

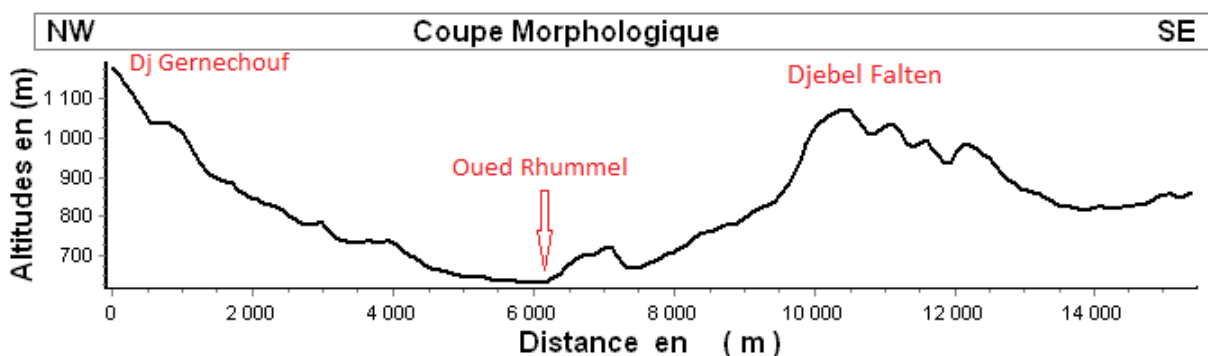


Fig. 37 Coupe morphologique de la vallée de l'Oued Rhumel dans la région d'Ain Smara

-En traversant les profondes gorges de Constantine, Oued Rhumel change brutalement sa direction pour qu'elle devienne NW-SE jusqu'au Kheneg. Dans son parcours de Constantine jusqu'au Kheneg, Oued Rhumel est perturbé principalement par des directions N-S et E-W.

En générale, de part et d'autre de L'Oued Rhumel, les morpho-structures changent de direction. Ceci nous permet de déduire que l'Oued Rhumel est lui-même contrôlé par un accident de direction NE-SW qui serait actif.

### III.4.5. Les caractéristiques morphologiques fluviales de la vallée du Rhumel

Avec un dénivelé de 100 m et de direction générale: E-W, la plaine alluviale d'Oued Rhumel se caractérise : (Fig. 39 ,40)

**Le lit mineur** présente une profondeur moyenne de 1,50 mètre et une largeur variable de 3 à 10 mètres.

**Le lit moyen de débordement** est plus étendu que le lit mineur, dont la largeur peut aller jusqu'à 100 m, tout en se rétrécissant au pied du massif calcaire constantinois, où la largeur du lit ne dépasse pas les 6 m. (Bourenane H, Bouhadad.Y 2020). C'est le lit de faibles crues, canalisant les eaux dans les parties très facilement inondables. (Aidat. A.2014).

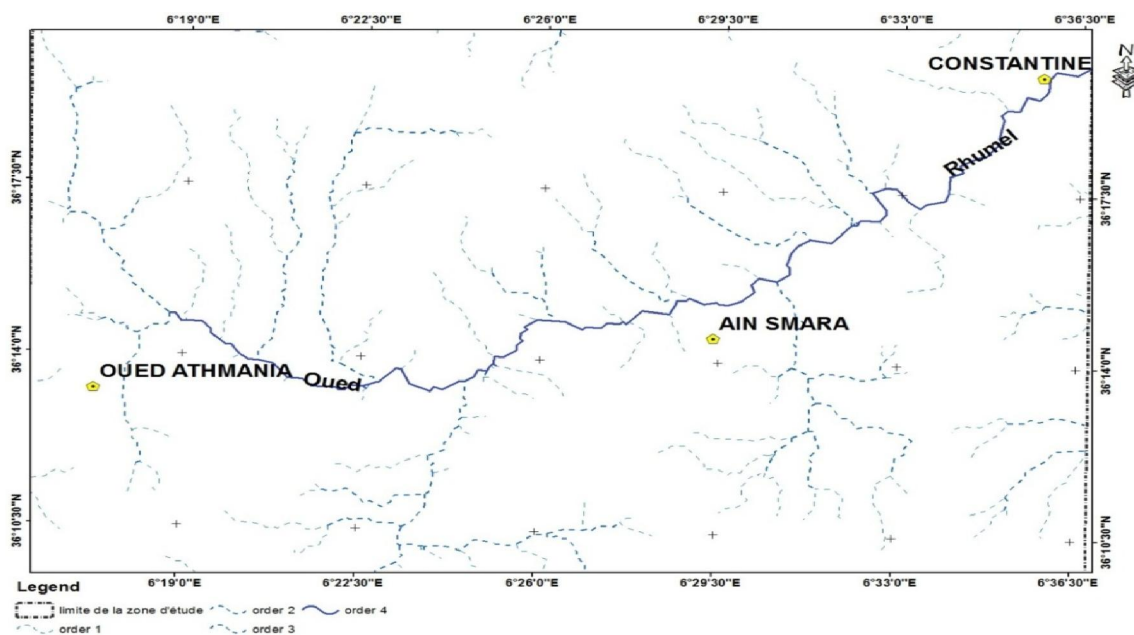


Fig. 38 Carte montre l'orientation générale d'Oued Rhumel

**Le lit majeur d'inondation** est caractérisé par des profils transversaux très réguliers, à la topographie subhorizontale faiblement inclinée vers le lit moyen, séparée de celui-ci par un talus de hauteur inférieure ou égale à 1 mètre (Bourenane H, Bouhadad.Y 2020). Très étendu et submergé uniquement par des crues fortes à exceptionnelles recouvrant presque toute la plaine alluviale, il porte les traces de chenaux fonctionnels durant les grandes crues (Fig. 39).

Il atteint jusqu'à 800 mètres de largeur dans la partie amont de la ville de Constantine. Au niveau des gorges, la montée des eaux est très rapide lors des crues exceptionnelles et peut submerger le pont du Diable qui se trouve à plus de 10 mètres au-dessus du lit actuel. À l'intérieur du lit majeur, les traces de laisses de crues, de bras de décharge et la multiplication de bancs alluviaux sont visibles.

Le matériel est constitué de 30% de galets et de graviers, et de 70% de matériel fin argilo-sableux. (Aidat. A, 2014).

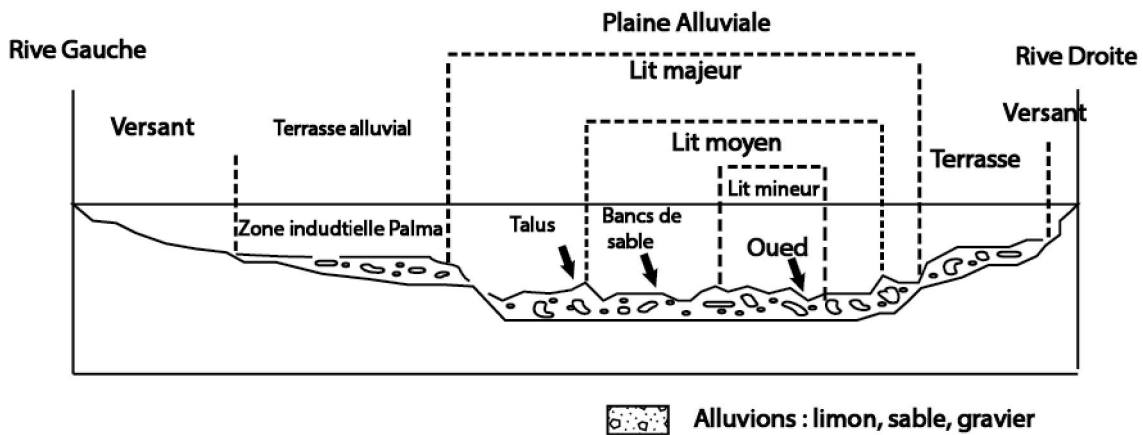


Fig. 39 Coupe géomorphologique de la vallée d'oued Rhumel montrant les différentes unités Alluviales

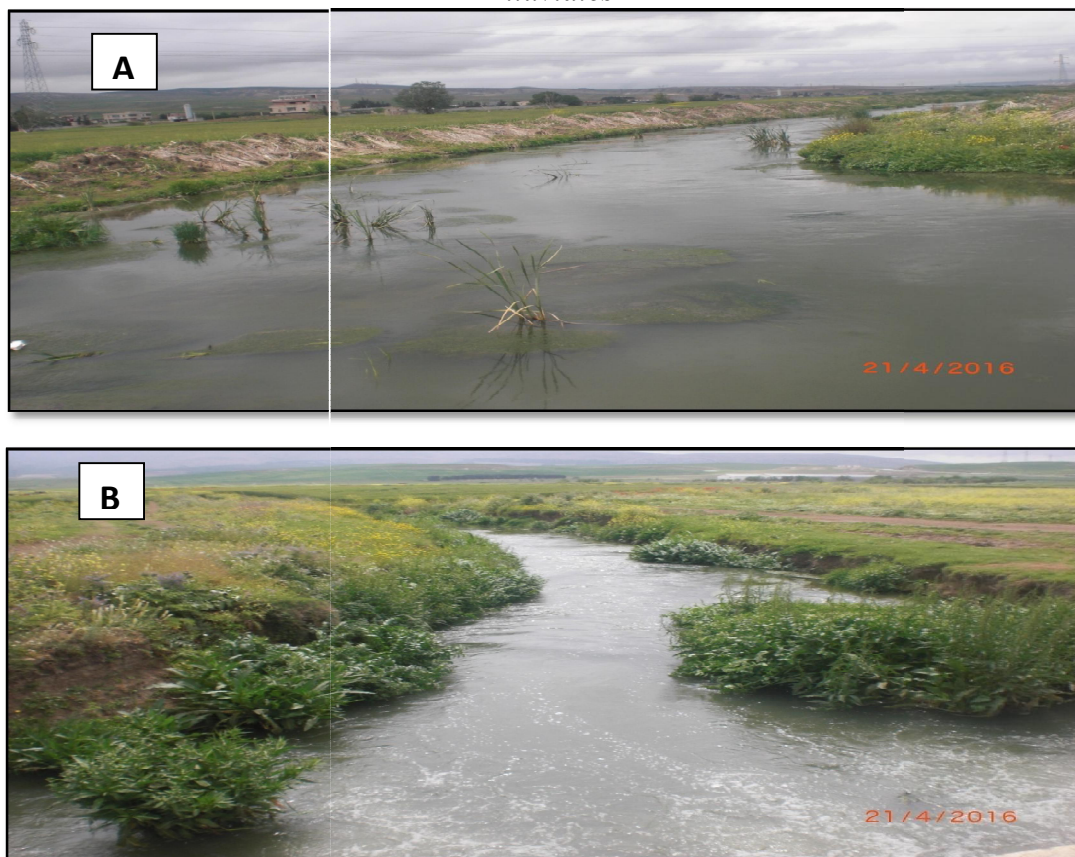
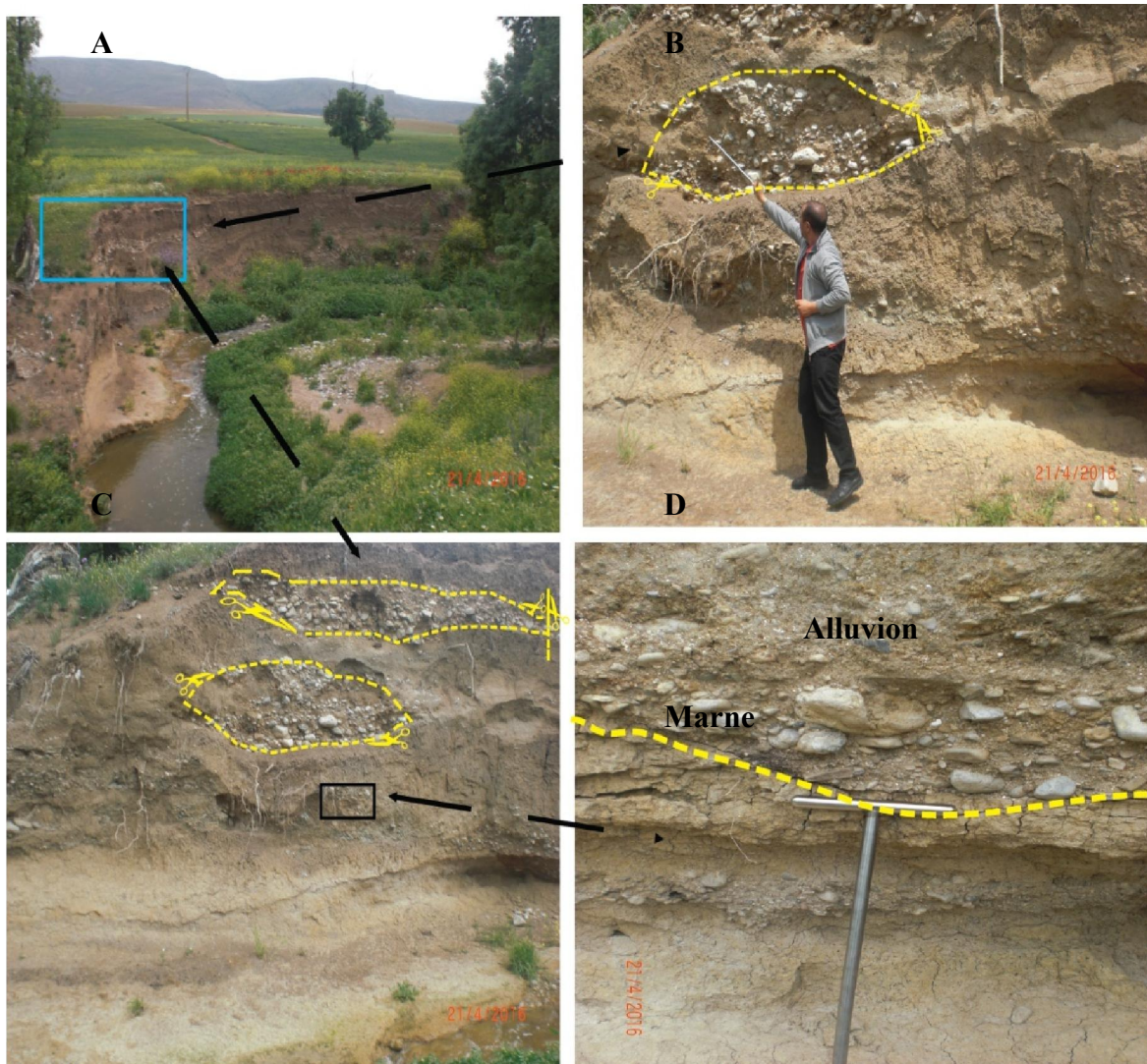


Fig. 40 Morphologie de la plaine alluviale de l'oued Rhumel avec les différents lits ((A) lit mineur, (B) lit moyen et lit majeur)

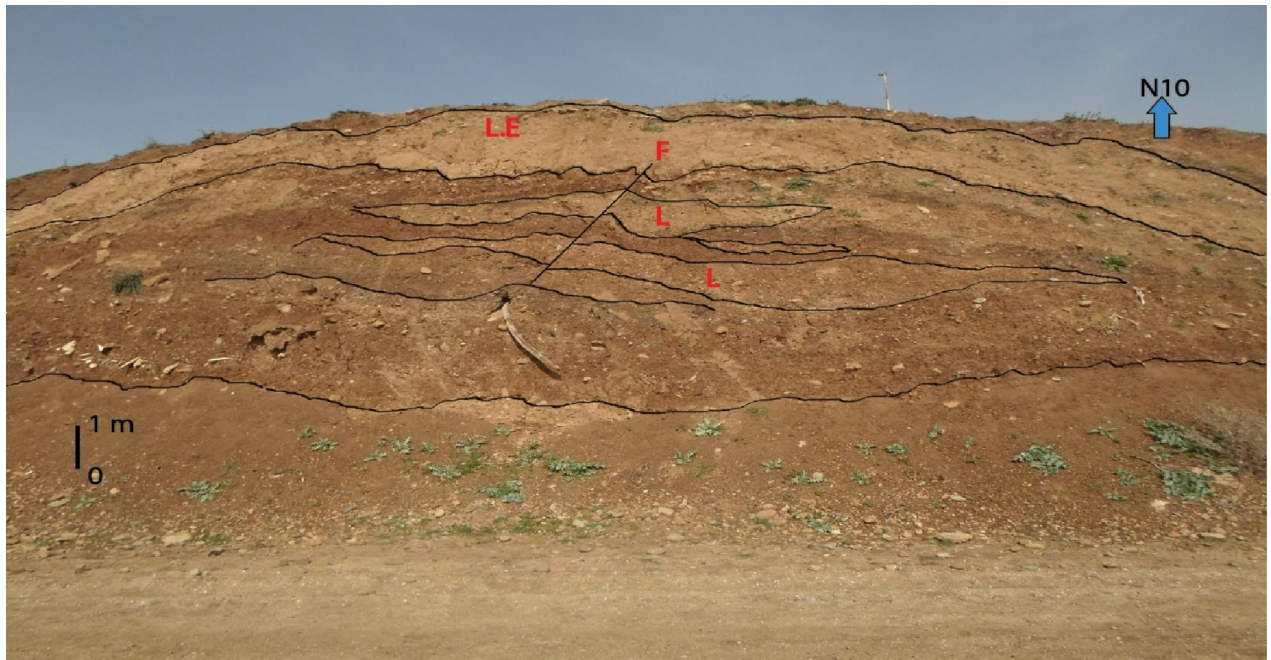
III.4.6. Les structures alluviales du système Rhumel –Boumerzoug :

III.4.6.1 Les structures syndépôt

A. Les chenaux anastomosés généralement, ce sont des structures lenticulaires, (Fig. 41, 42) décimétriques de sable et de galets qui correspondent à la divagation des chenaux méandriformes. Ce type de structure observé dans les sédiments où l'intensité du courant fluvial varie périodiquement. Elles indiquent aussi la direction du paléochenale fluviale.



**Fig. 41 :** Structures lenticulaires dans les terrasses d'Oued Rhumel.  
*A: le lit d'Oued Rhumel, B. C: Structure alluviale lenticulaire, D: formations alluviales reposant sur des marnes telliennes*



**Fig. 42 :** Structures lenticulaires dans les terrasses d'Oued Boumerzoug.  
*L* : structure lenticulaire étroite *LE* : structure lenticulaire étendu *F* : faille

### B. Les structures en litage

- **Litages oblique** généralement formé des lamines faiblement oblique ou parallèle dépôt d'une rivière à méandres. (**Fig. 43**)



**Fig. 43 :** Photos montrent les structures en litage oblique dans les terrasses de l'Oued Rhumel. a, b: (SL) structure lenticulaire oblique

- **Litages entrecroisés** : formé essentiellement des litages entrecroisés sous forme de cuillère. (**Fig. 44**)





Fig. 44 : Structures en litages entrecroisés dans les terrasses d'Oued Rhumel.

III.4.6.2. Les structure poste-dépôt : sont généralement des zones d'érosions et de glissement, (Fig.45) qui se présentent sous des déassements des masses de terrains meubles souvent argileux ou rocheux, le mouvement engendré soit par l'action d'érosion fluviale ou par l'action de gravité.

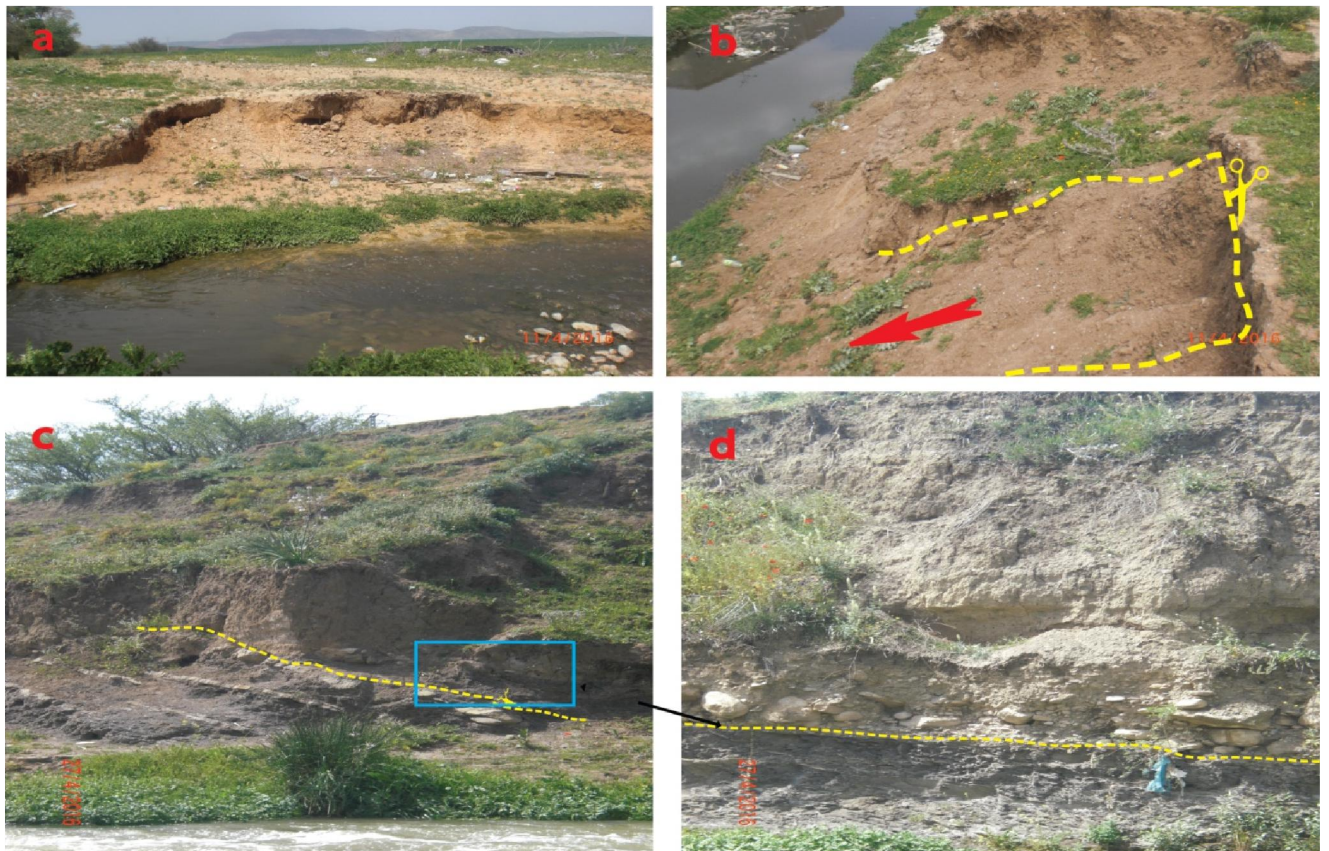


Fig. 45 : Structures syndépôt dans les terrasses d'Oued Rhumel.

A: Zone d'érosion B: Zone de glissement gravitaire C, D: Discordance angulaire entre les formations alluviales et les marnes tellienne grisâtre.

### **III.5. Conclusion**

L'analyse morpho-géologique de la région de Constantine a montré que la région est caractérisée par une morphologie plus ou moins irrégulière et une grande variété de terrains sédimentaires d'âge Crétacé à Quaternaire

Les formations néogènes post-nappent, de consistance meuble, sont les plus répandues, par rapport aux formations plus anciennes, crétacées, de consistance plus rocheuse.

La carte hypsométrique met en évidence une succession de tranches d'altitudes comprise entre 300m et 1400m. On relève sur la carte deux types de zones. Les zones hautes, partie montagneuse dont l'altitude varie entre 800m et 1400m et les zones basses essentiellement occupées par des vallées et des plaines dont l'altitude varie de 150m à 600m au Nord et de 400 à 850 m au Sud de la région d'étude.

Le réseau hydrographique est imprimé notamment par le Rhumel et le Boumerzoug. Les tracés d'Oueds Rhumel et Boumerzoug constituent le plus souvent, des limites ou des discontinuités géologiques et montrent souvent la présence des anomalies géomorphologiques.

Ces discontinuités géologiques et anomalies géomorphologiques ont permis d'observer des surélévations des terrasses alluviales dans différents endroits ainsi que de les classer dans le type des terrasses étagées.

Les structures sédimentaires observées dans le système alluvial Rhumel-Boumerzoug sont des chenaux anastomosés, généralement de structures lenticulaires et de structures en litage (oblique et entrecroisée), ainsi que des figures d'érosion et d'éboulement.

**Chapitre IV Résultats  
des Analyses,  
Sédimentologiques,  
Minéralogiques et  
Géochimiques**

### Chapitre IV Résultats des Analyses, Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

#### IV.1. Introduction

Les dépôts alluviaux, présentent des caractéristiques physico-chimiques et sédimentologiques spécifiques, qui peuvent être obtenues par des moyens de mesures quantitatives (granulométrie) et par des observations qualitatives (morphologique et micro morphologique des gains alluviaux), ainsi que des analyses géochimiques et minéralogiques.

La combinaison entre ces approches peut donner une vision exacte sur les caractéristiques pétrographiques et sédimentologiques des dépôts alluviaux, leurs évolutions dans le temps, leurs déplacements dans l'espace ainsi que les étapes et processus de leur sédimentation.

Dans ce chapitre, nous essayons de présenter les résultats des essais et analyses que nous avons effectués sur les échantillons prélevés dans les terrasses alluviales à travers les vallées de l'Oued Boumerzoug et l'Oued Rhumel.

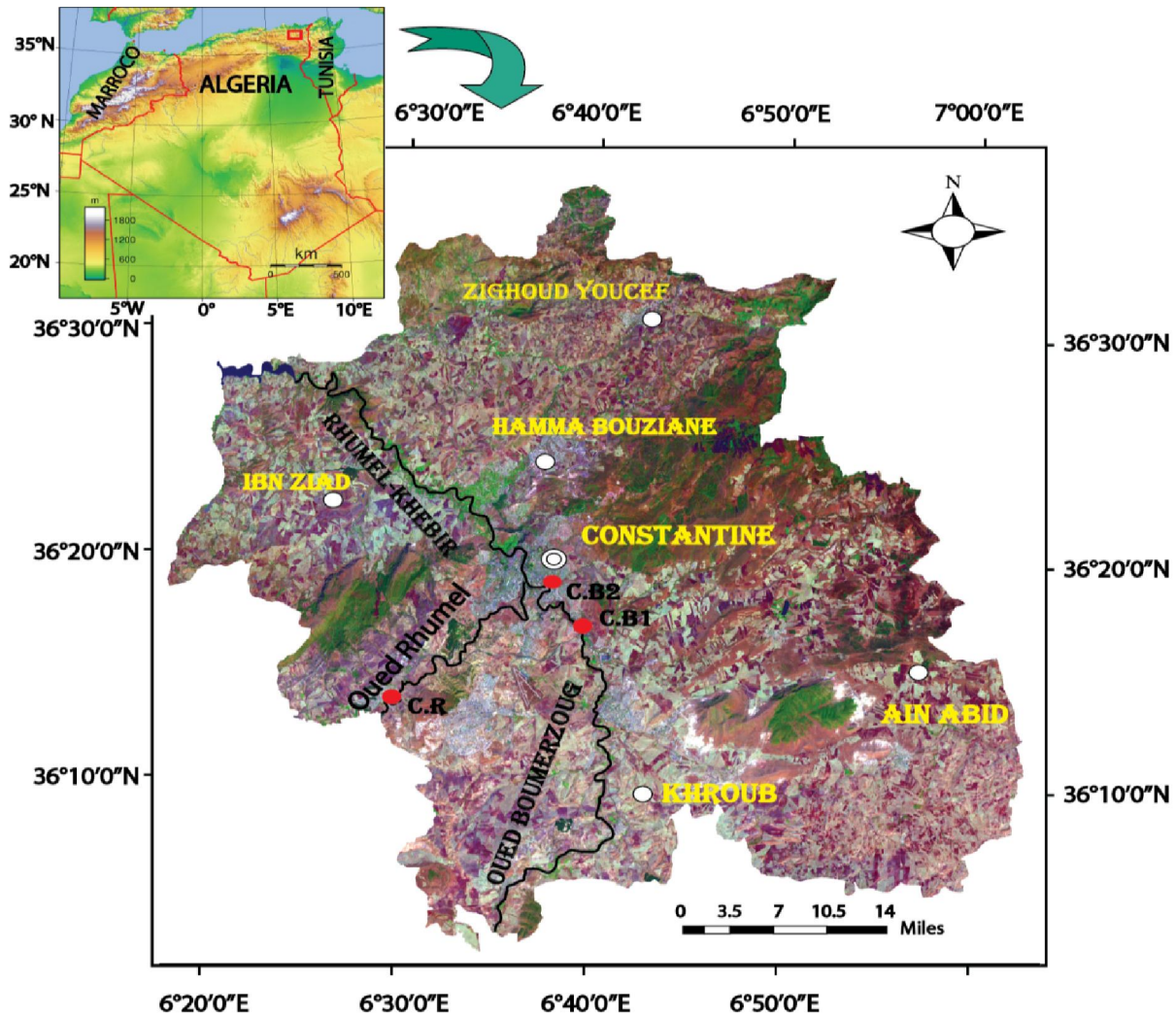


Fig. 46 Photo- carte de région d'étude (C.B1 ; Coupe Boumerzoug 1 ; C.B2. Coupe Boumerzoug 2, C.R. Coupe Rhumel)

### **IV.2. Résultat des analyses au laboratoire**

#### **IV.2.1. La Vallée d'Oued Boumerzoug**

**IV.2.1.1. Situation Géographique :** L'Oued Boumerzoug, affluent de Oued Rhumel, situé en amont et au sud de Constantine, draine un bassin versant de 1868 km<sup>2</sup> qui se présente comme une cuvette d'effondrement, dominée par des reliefs en horst isolés et abrupts. Long de 50 km, il naît de la confluence d'Oued El Kleb et Oued Malah à environ 25 km au sud de Constantine; il traverse plusieurs agglomérations: Ain M'Lila, Ouled Rahmoune, El Guerrah, El Khroub avant d'atteindre le Rhumel à Constantine. Le Boumerzoug reçoit plusieurs affluents sur son parcours dont le plus important est l'Oued Hamimime (Bourenane et al 2020) (**Fig. 46**).

#### **IV.2.1.2. La coupe Boumerzoug 1 (CB1)**

##### **A. Analyse lithologique**

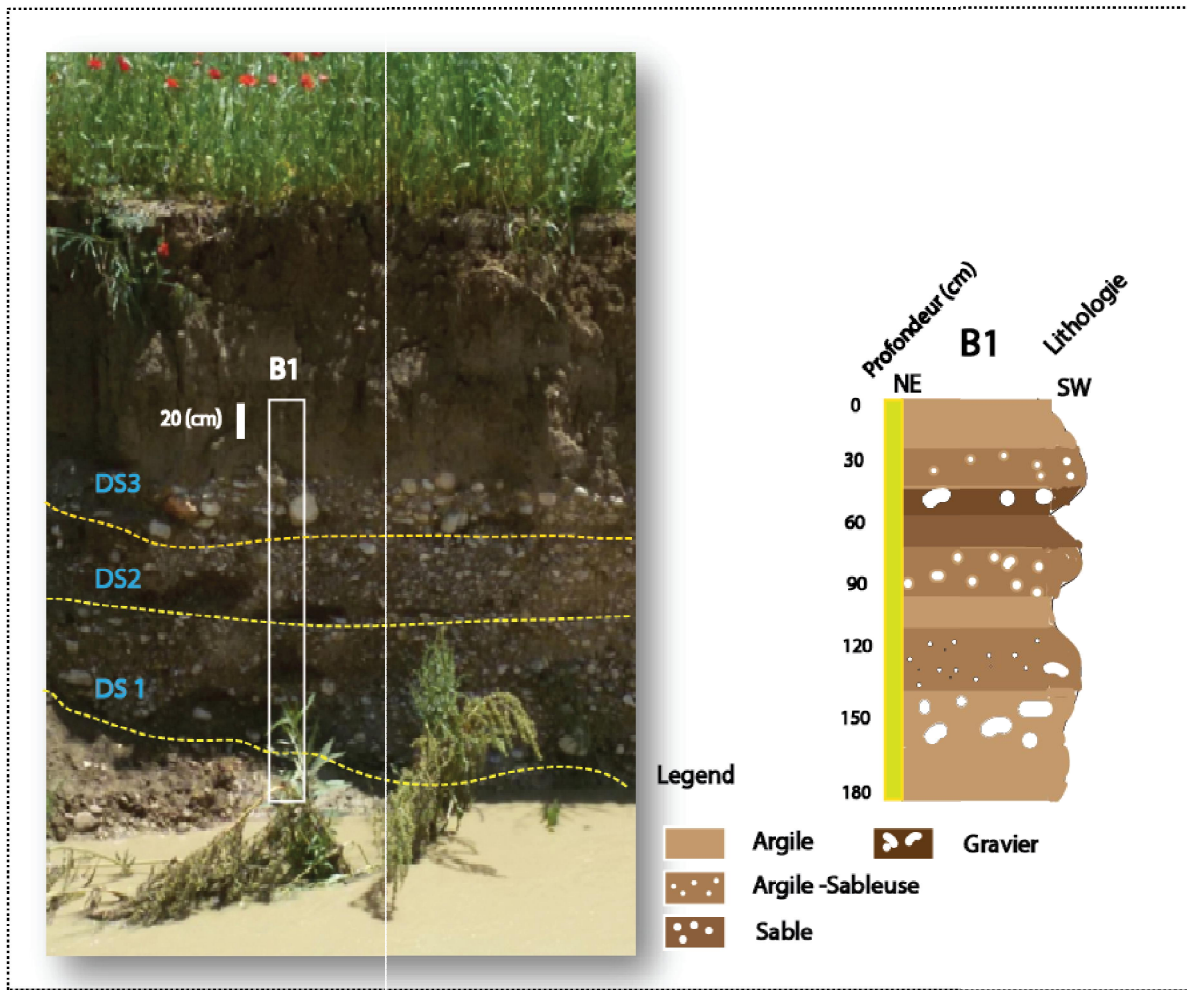
La coupe B1 a été levée dans une terrasse située sur la rive gauche de Oued Boumerzoug, de coordonnées X : 06°39,779'E Y : 36°19,265'N et Z : 564 mètres (**Fig. 46**). La coupe a une orientation NE-SW et d'épaisseur de 1.90 mètre.

La description de la coupe et l'analyse granulométrique ont permis de subdiviser la série en 03 séquences de dépôt (**Fig. 47**). On peut observer, de bas en haut:

**Séquence de dépôt 1**, avec un granoclassement croissant et épaisseur de 0.50 mètre. Elle débute par des sédiments sableux grossiers (B1-9) discordants sur les formations telliennes (marne grisâtre englobant des calcaires noduleux). Le matériau devient de plus en plus grossier formé de cailloutis à blocs (B1-8), à matrice sableuse à sable-argileuse (B1-7) et à stratification centimétrique.

**Séquence de dépôt 2** ; avec un granoclassement croissant et épaisseur de 0.50 mètre, elle est très homogène ; repose sur la séquence 1 par une surface étroite et continue. Elle débute par un sable plus ou moins fin (B1-6), qui devient rapidement de graviers et galets (B1-5) emballés dans une matrice argileuse à argilo-sableuse (B1-4).

**Séquence de dépôt 3**, avec un granoclassement décroissant et épaisseur de 0.90 mètre, cette séquence est incomplète. Elle repose sur la séquence précédente par l'intermédiaire d'une surface régulière et continue. Elle débute par un cailloutis hétérométrique (B1-3) composé de galets et graviers principalement carbonatés, emballés dans une matrice argileuse de couleur gris noir. Le sédiment devient rapidement sableux fin (B1-2). Elle se termine par un niveau argileux sableux et clair (B1-1) très homogène qui devient très sombre.



**Fig. 47.** Profil sédimentaire et photographie de la coupe Boumerzoug B1. Séquence de dépôt (DS) ;

### B. Analyse Granulométrique :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer toutes les classes granulométriques (grossières et fines) ainsi que les variations observées à travers la coupe B1.

#### \* Etude de la fraction granulométrique grossière

L'étude granulométrique de l'alluvion grossière, nous a permis de faire l'identification lithologique des séquences de dépôts. Les sédiments grossiers sont formés essentiellement de cailloutis à blocs (gravier et galet subarrondis). La quasi-totalité de la fraction grossière qui se dépose dans la partie sommitale des séquences est carbonatée (**Tab 05**).

#### \* Etude de la fraction granulométrique fine

L'analyse granulométrique des fractions fines montre une variation des indices sédimentologiques en passant de la base au sommet de la séquence de dépôt.

Les résultats des analyses granulométriques de la fraction fine sont exprimés en courbes cumulatives (**annexe II**).

**Tab.05 :** Distribution de la fraction granulométrique globale de la Coupe B1 en %

Séquence de dépôt (SD)		Bloc >25.6cm	Caillaux 6.4-25.6cm	Graviers 4-6.4cm	Sables 2mm-40um	Limons 40-2um	Argile < a 2um
SD 03	B1-1	0	0	0	32	53	14
	B1-2	0	02	10	40	28	10
	B1-3	0	6	10	41	40	3
SD 02	B1-4	0	4	6	63	21	4
	B1-5	0	0	0	66	25	11
	B1-6	0	0	0	63	20	16
SD 01	B1-7	2	8	2	60	25	3
	B1-8	1	4	0	66	26	3
	B1-9	0	0	0	50	40	10

**Séquence de dépôt 1.** L'analyse granulométrique montre un grossissement de la base vers le sommet et s'exprime par une augmentation accusée des teneurs en sables qui passent de 50.33% à 70.76% et par une diminution des teneurs en silts et en argiles qui passent respectivement de 29.07%, 10.60% à 26.70% et 3.14% (**Fig. 48**).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre 0.015 à la base de la séquence de dépôt et -0,45 au sommet traduisant une asymétrie forte vers les particules fines à la base et une asymétrie très forte pour les particules grossières au sommet de la séquence et une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est supérieur à 0 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique indiquant une composition homogène de sédiment (sable fin à grossier).

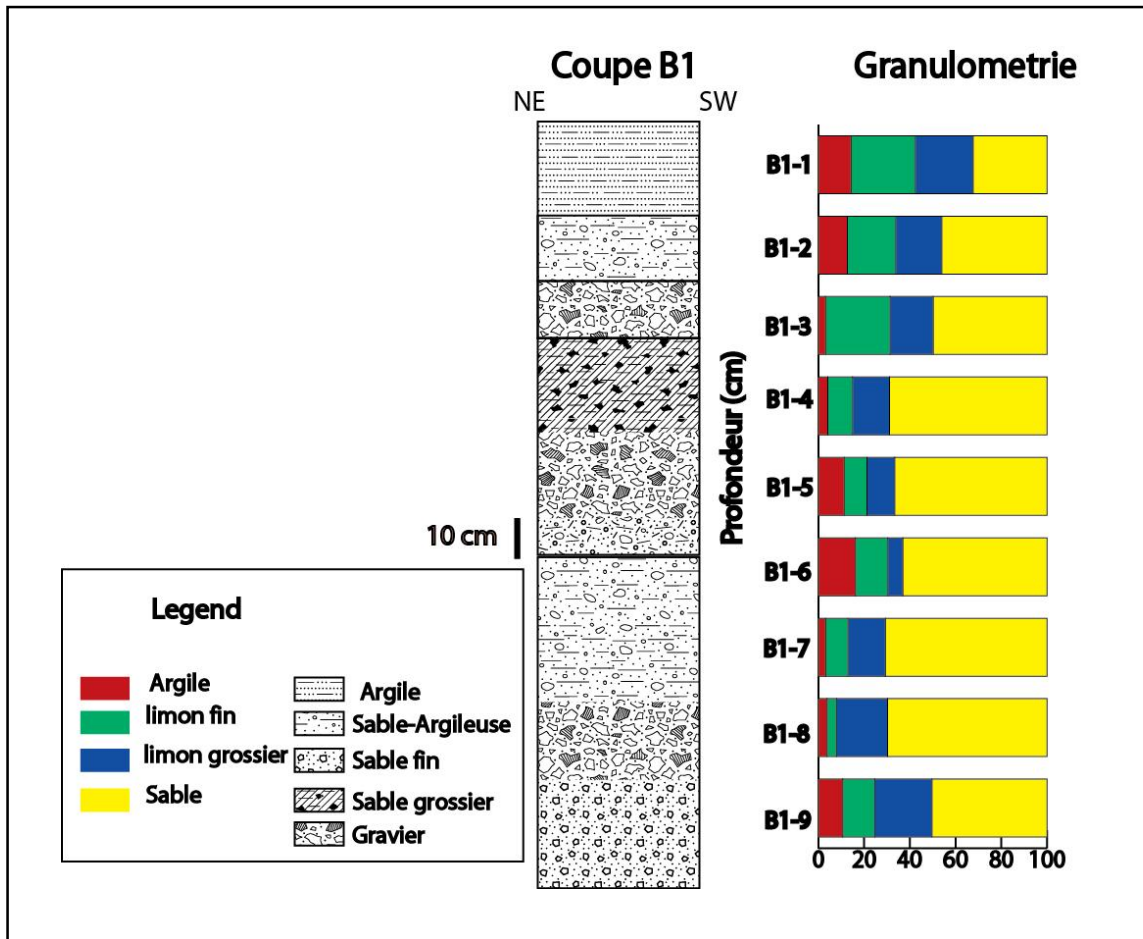
L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) qui varie entre 0,76 à la base de séquence et 1.44 au sommet, indiquant un très bon classement de sédiment (**Fig. 49**).

**Séquence de dépôt 2.** L'analyse granulométrique montre un lent grossissement de la base vers le sommet qui s'exprime par une augmentation légère des teneurs en sables, passant de 63.15% à 68.89%, les teneurs en silts augmentent et passent de 20.65% à 27.02%. Les teneurs en argiles diminuent et passent de 16.20 % à 4.09% (**Fig. 48**).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) tourne autour de 0.4 à 0.6, traduisant une asymétrie forte vers les particules fines, et une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est supérieur à 2 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique indiquant une composition homogène de sédiment et un mode de transport à puissance constante.

L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) positif, varie légèrement autour de 0,7, indiquant un très bon classement de sédiment (Fig. 49).

**Séquence de dépôt 3.** L'analyse granulométrique montre un granoclassement négatif de la base vers le sommet avec une diminution des teneurs en sables de 49.81% à 32.41% à la faveur d'une augmentation des teneurs en silts 47.04% à 53.31% et en argiles de 3.15% à 14.28 % (Fig. 48).



**Fig. 48** Variation de la fraction fine en fonction de la profondeur dans la coupe B1

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre 0.2 à la base de la séquence de dépôt et -0.4 au sommet, qui traduit une asymétrie forte vers les particules fines à la base, une asymétrie très forte pour les particules grossières au sommet de la séquence et une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) égal généralement à 0 avec une courbe d'aplatissement Mésokurtique qui indique une composition bien classée. L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) est positif, varie entre 1.53 à la base de séquence, et 0.4 au sommet indiquant un très bon classement de sédiment (Fig. 49).



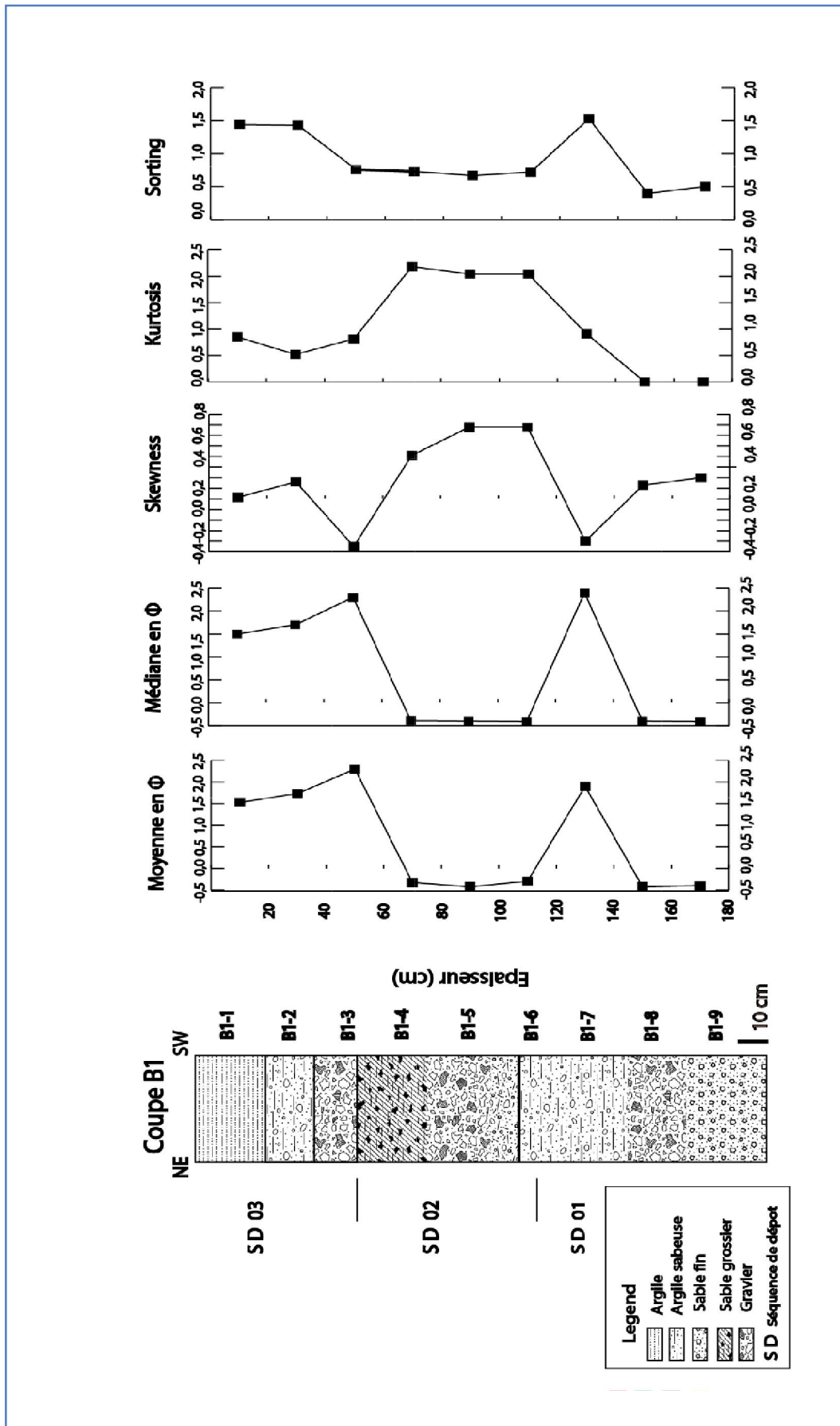
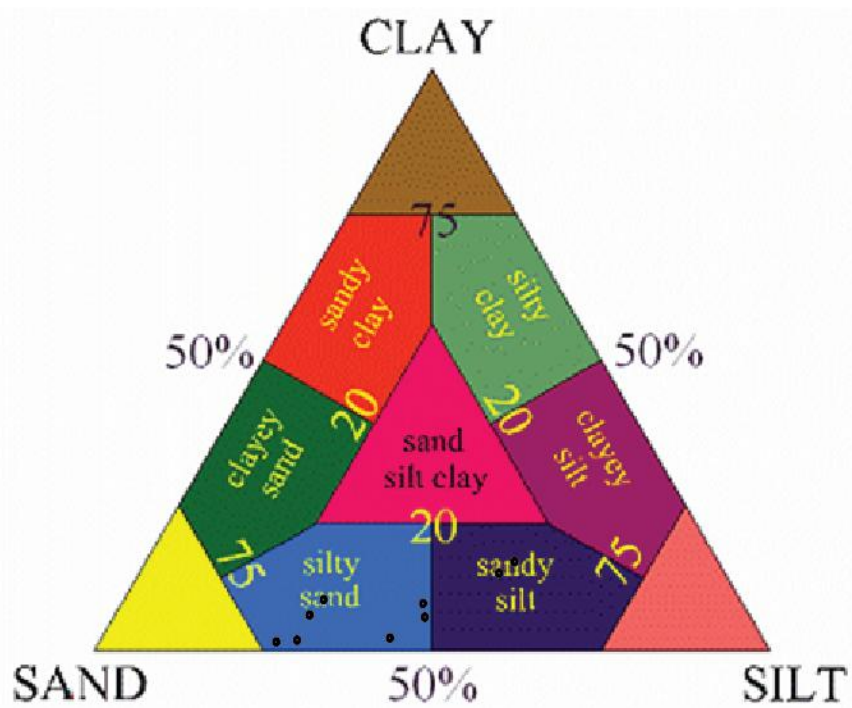


Fig. 49 Variation des indices granulométriques en fonction de la profondeur dans la coupe B1

La classification des sols sur le diagramme ternaire (Shepard 1954) indique que les faciès de coupe B1 sont sableux plus ou moins fins dans l'ensemble (Fig. 50).



**Fig. 50** Répartition de la fraction fine de la coupe B1 sur le diagramme ternaire (Shepard 1954)

### C. Analyse géochimique

L'analyse des paramètres géochimiques (pH, CaCo<sub>3</sub>, conductivité et la matière organique) a été réalisée à travers toutes les séquences de dépôts, les résultats sont synthétisés dans la **figure 51**.

Dans la séquence de dépôts 01, les teneurs en carbonates sont très importantes et passent de 33.14% à la base de la séquence à 35.12% au sommet. Les teneurs en matière organique sont relativement importantes. Elles évoluent de façon inverse par rapport à celles des carbonates avec 5.55%, à la base, jusqu'à 4.84% dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet de la séquence. Le pH devient plus alcalin au sommet de la séquence et varie très peu en oscillant autour de 7.0 à 8. La conductivité électrique est importante à la base de la séquence (903 $\mu$ s/cm), et montre une légère diminution dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet (855 $\mu$ s/cm) (**Fig. 51**) (**Annexe I ; Tab 1**).

Dans la séquence de dépôts 02, les teneurs en carbonates diminuent mais restent toujours importantes. Elles passent de 19.89% à la base de la séquence à 18.50 % au sommet. Les teneurs en matière organique, restent relativement importantes, 8.08%, à la base, jusqu'à

7.23% dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet. Le pH montre une stabilité à travers toute la séquence est de 7.22 à 7.80. La conductivité électrique, est importante (704 $\mu$ s/cm) à la base de la séquence, et (799 $\mu$ s/cm) dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet avec un pic de (1070 $\mu$ s/cm) (Fig. 51) (Annexe I ; Tab 1).

Dans la séquence de dépôts 03, les teneurs en carbonates restent plus ou moins élevées. Ses teneurs montrent une importante diminution de la base au sommet de la séquence, ses valeurs passent de 23.15% dans les sables à 12.36% dans le niveau argile sableux. Les teneurs en matière organique augmentent dans le même sens de 7.58% à 8.44%. Le pH reste alcalin avec des valeurs entre 7.06 à la base de la séquence et de 7.92 au sommet. La conductivité électrique reste élevée et diminue de 900 à 821 $\mu$ s/cm (Fig. 51) (Annexe I Tab 1).

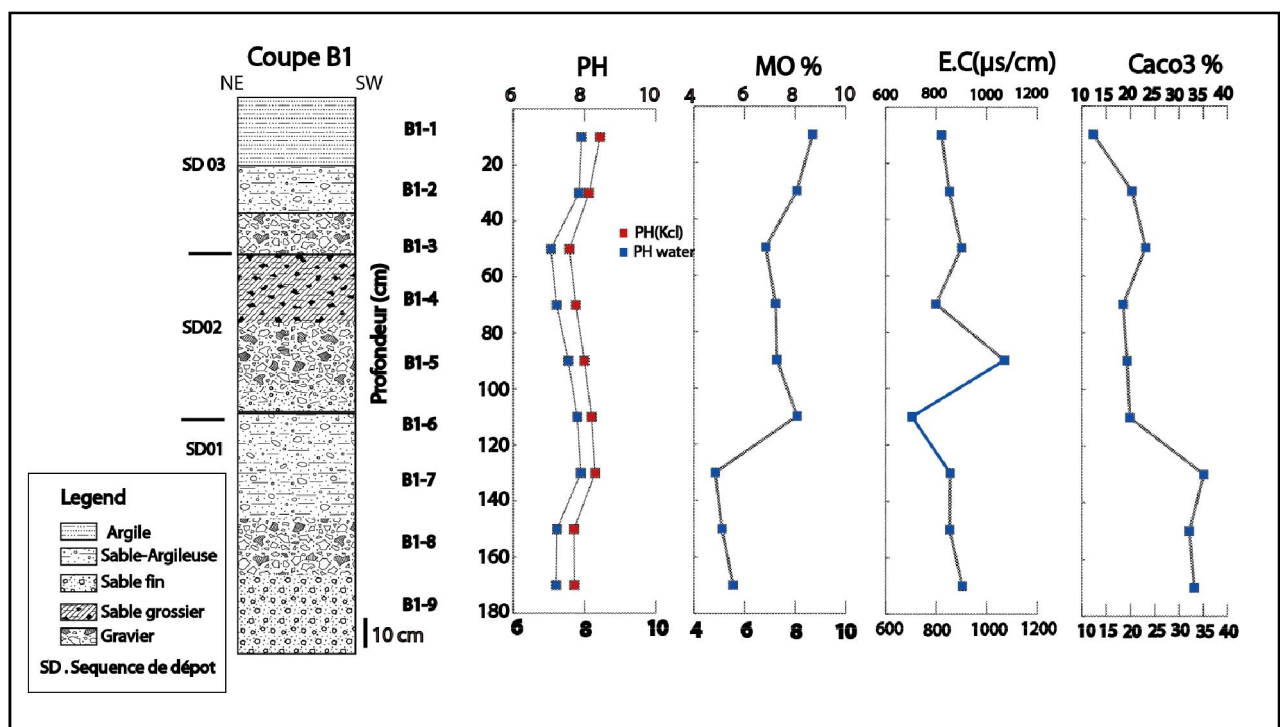


Fig. 51 Variation des paramètres géochimiques en fonction de la profondeur dans la coupe B1

### D. Etude Morphoscopique des grains de quartz

L'analyse morphoscopique des grains de quartz a permis de faire une reconstitution de l'évolution du mode de transport. Pour atteindre ce but, nous avons procédé à un comptage sur 100 grains de quartz, analysés avec une binoculaire. Les résultats sont des pourcentages pour chaque catégories (Non-Usés, Ronds-Mats, E moussés- luisants), représentées dans la figure 52.

La description morphoscopique montre une alternance de la dominance des é moussés- luisants et non-usés à travers toutes les séquences de dépôts. Ces catégories témoignent d'un transport de matériaux en milieu fluvial avec un transport sur différentes distances.

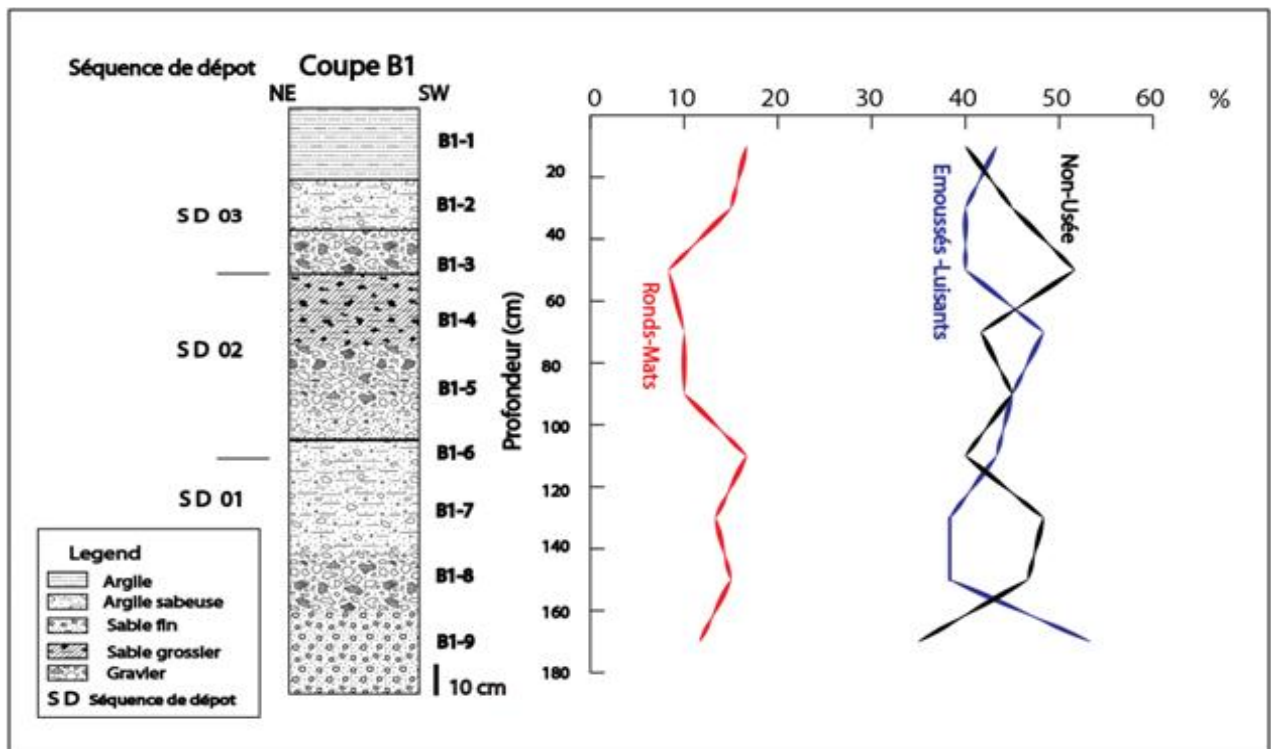


Fig. 52 Diagramme de variation Morphoscopique de Quartz en fonction de la profondeur dans la coupe B1

#### IV.2.1.3. La coupe Boumerzoug 2 (CB2)

##### A. Analyse lithologique

La coupe B2 a été levée dans une terrasse de plus de 9.00 mètres. Elle est située sur la rive gauche d'Oued Boumerzoug à la proximité de la localité de Chaabet El Russes. Ces coordonnées X: 6°37,970'E Y: 36°20,486'N et Z:539 mètres et avec une orientation NNE-SSW (Fig. 1). Elle montre quatre séquences, trois séquences avec granoclassements croissants et une quatrième supérieure avec un granoclassement négatif. La description des séquences se fait de bas en haut : (Fig. 53, 54).

**Séquence de dépôt 1**, épaisse de 2.00 m, débute par un sable grossier (B2-11) emballé dans une matrice de sable à sable-carbonaté. Le matériau grossier devient de plus en plus hétérométrique (B2-10), des galets et des graviers de couleur blanchâtre à cimentation carbonaté (B2-9)

**Séquence de dépôt 2**, épaisse de 2.30 mètres, se présente sous forme des lits (B2-8) à matériau plus ou moins grossier très homogène et de couleur variée. Elle repose sur la séquence inférieure par la baie d'une surface irrégulière.

Cette séquence débute par un sable plus ou moins grossier (B2-7), qui passe à des graviers et des galets emballés dans une matrice argilo-sableuse (B2-6).

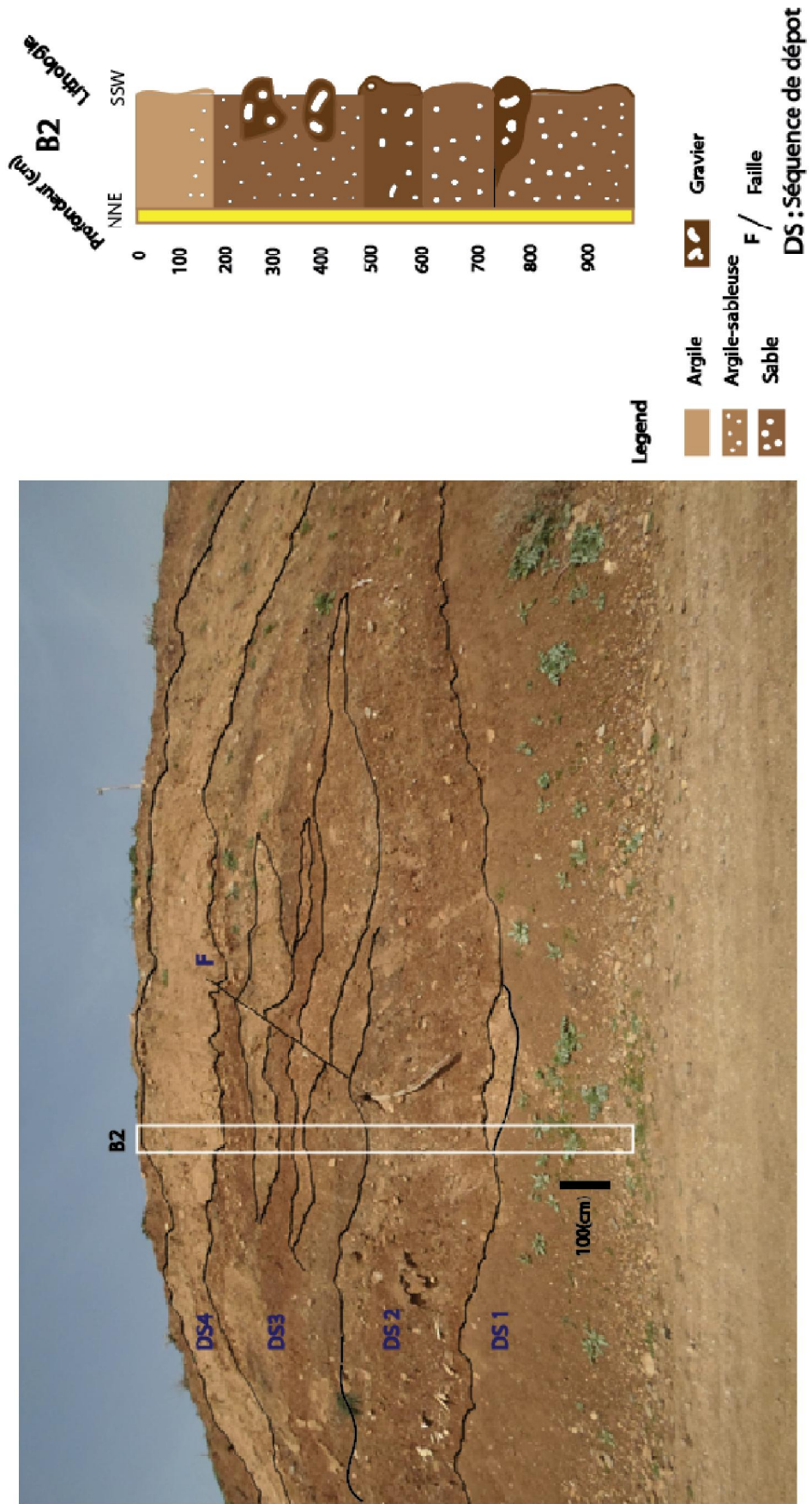
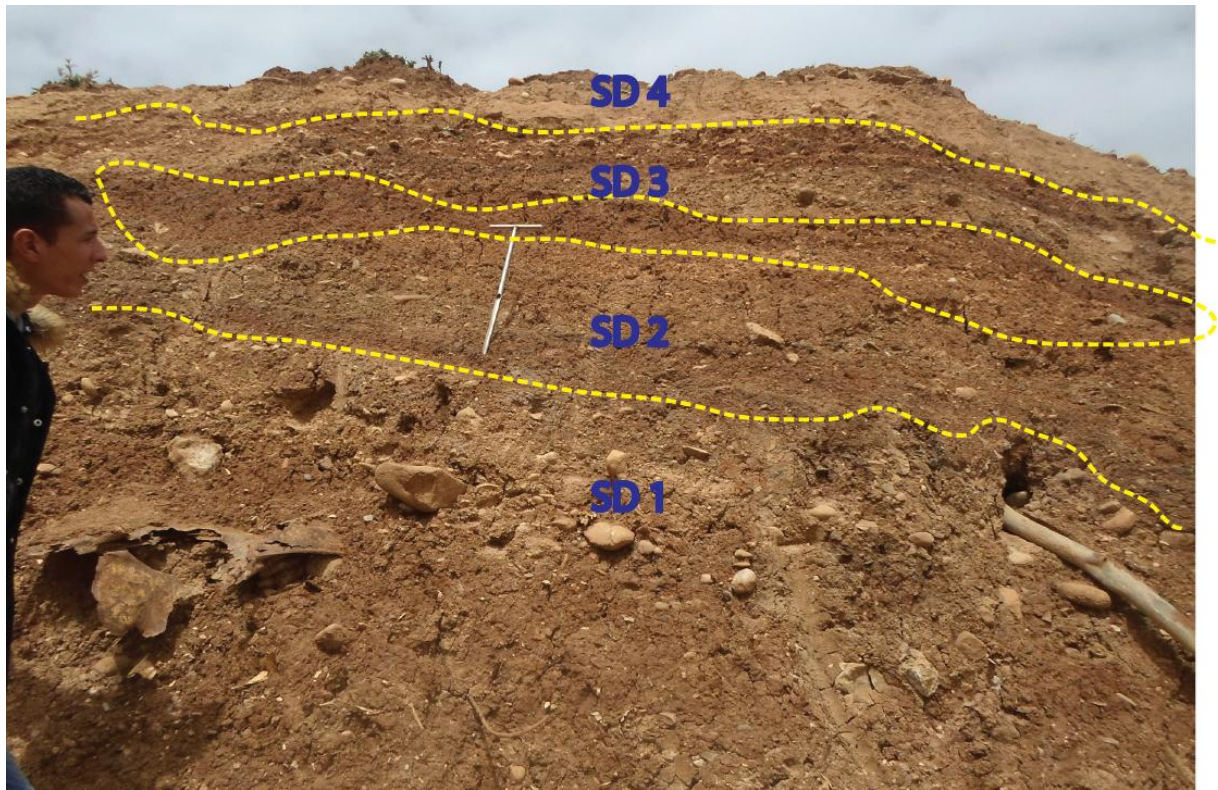


Fig. 53 Profil sédimentaire et photographie de la coupe Boumerzoug B2. Séquence de dépôt (DS) ;



**Fig. 54** Photo montrant les différentes lithologies de la coupe Boumerzoug 2 (B2), **SD1** : galets et graviers de couleur blanchâtre à cimentation carbonatée, **SD2** : sable plus ou moins grossier homogène, reposant sur la séquence inférieure (SD1) par une surface irrégulière. **SD3** : Sables emballés dans une matrice argileuse sableuse grise, **SD4** : sables fins stratifiés surmontés par des argiles claires

**Séquence de dépôt 3**, de 03 mètres d'épaisseur, débute par un sable plus ou moins fin (B2-5) qui devient rapidement, grossier (B2-4) emballé dans une matrice argileuse sableuse de couleur grise (B2-3).

**Séquence de dépôt 4**, de 2.00 mètres d'épaisseur est généralement représentée par des sables fins stratifiés (B2-2), qui passent à des argiles de couleur jaune clair. (B2-1).

### **B. Analyse Granulométrique**

#### **\* Etude de la fraction granulométrique grossière**

Les sédiments grossiers sont toujours formés essentiellement de graviers et de galets subarrondis carbonatés, qui se déposent à travers toutes les séquences de dépôts. (**Tab. 06**)

#### **\* Etude de la fraction granulométrique fine**

L'analyse granulométrique des fractions fines montre une variation des indices sédimentologique en passant de la base au sommet de la séquence de dépôt.

Les résultats des analyses granulométriques de la fraction fine sont exprimés en courbes cumulatives (**annexe II Tab. 3**)

## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

**Séquence de dépôt 1**, L'analyse granulométrique montre un grossissement rapide de la base vers le sommet qui s'exprime par une augmentation des teneurs en sables. Les teneurs passent de 59.70% à la base à 70.13% au sommet de la séquence. Les teneurs en silts et en argiles diminuent et passent respectivement de 36.44 % ,2.86% à 28.51% ; 1.22% (**Fig. 55**).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est positif, autour de 0.3 à travers toute la séquence de dépôt qui traduit une asymétrie forte vers les particules fines avec une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est supérieur à 0 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique indiquant une composition homogène de sédiment.

L'indice de classement So (Sorting) qui varie légèrement autour de 1.50, indiquant un mauvais classement de sédiment (**Fig. 57**).

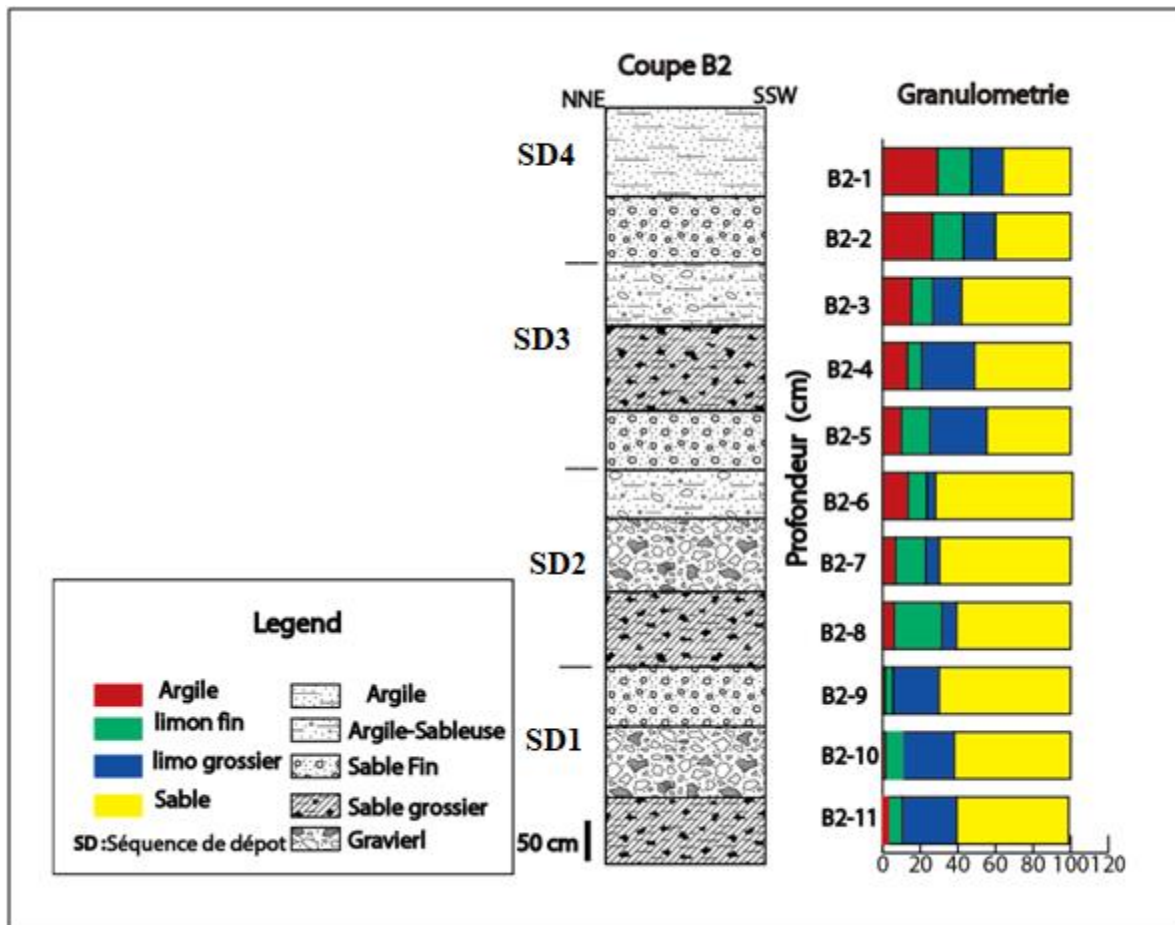
**Tab.06** : Distribution de la fraction granulométrique globale de la coupe B2 en %

Séquence de dépôt (SD)		Bloc >25.6cm	Cailloux 6.4-25.6cm	Graviers 4-6.4cm	Sables 2mm-40um	Limons 40-2um	Argile < a 2um
SD 04	B2-1	0	0	0	35	35	30
	B2-2	0	0	0	40	33	26
SD 03	B1-3	0	0	4	58	26	15
	B2-4	0	0	4	50	36	10
	B2-5	0	0	6	44	40	10
SD 02	B2-6	0	0	3	70	14	13
	B2-7	0	1	3	65	24	7
	B2-8	0	0	2	65	25	8
SD 01	B2-9	0	0	2	70	26	2
	B2-10	0	0	2	62	35	1
	B2-11	0	0	0	60	35	5

**Séquence de dépôt 2** ; L'analyse granulométrique montre un grossissement rapide de la base vers le sommet qui s'exprime par une augmentation des teneurs en sables de 60.88 % à 73.01%. Cette analyse montre aussi une diminution des teneurs en silts de 32.96% à 14.49% et une augmentation de teneurs en argiles de 6.15% à 13.5% (**Fig. 55**).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre 0.5 à la base de la séquence de dépôt et 0.72 au sommet, traduisant une asymétrie forte vers les particules fines, et une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est supérieur à 0 et proche de 1 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique. L'indice de classement So (Sorting) qui

varie entre 1.30 à la base de la séquence et 1.82 au sommet, indiquant un mauvais classement de sédiment à travers cette séquence de dépôts (Fig. 57).



**Fig. 55.** Variation de la fraction fine en fonction de la profondeur dans la coupe B2

**Séquence de dépôt 3,** L'analyse granulométrique montre un granoclassement positif de la base vers le sommet avec une augmentation des teneurs en sables de 44.72% à 58.12% en faveur d'une diminution des teneurs en silts 45.41% à la base de la séquence, 26.76% au sommet et une augmentation en argiles de 9.87% à 15.12% (Fig. 55).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre 0.90 à la base de la séquence de dépôt et 0.50 au sommet, qui traduit une asymétrie forte vers les particules fines, et une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est supérieur à 0 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique indiquant une composition homogène de sédiment. L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) qui varie entre 1.02 à la base de séquence et 1.99 au sommet, indiquant un mauvais classement de sédiment (Fig. 57).

**Séquence de dépôt 4,** L'analyse granulométrique montre un granoclassement négatif de la base au sommet avec une diminution des teneurs en sables de 40.05% à 36.19% à la faveur

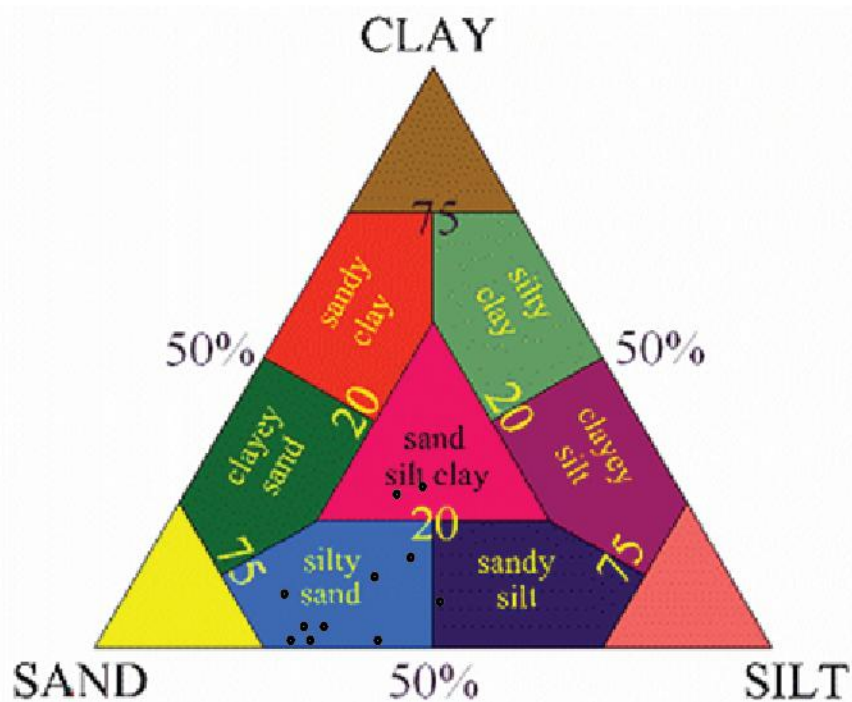


## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

d'une augmentation légère des teneurs en silts 33.47% à 34.92% et en argiles de 26.48 à 28.98% qui restent assez importants dans cette séquence (**Fig. 55**).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre 0.88 à la base de la séquence de dépôt et diminue jusqu'à 0.23 au sommet qui traduit une asymétrie forte vers les particules fines, et une énergie toujours faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est supérieur à 0, il est compris entre 0.8 à la base et 1.13 au sommet de la séquence avec des courbes d'aplatissement Leptokurtique indiquant une composition homogène de sédiment. L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) qui varie entre 1.50 à la base de la séquence et 1.22 au sommet, indiquant un mauvais classement de sédiment (**Fig. 57**).

La classification des sols sur le diagramme ternaire (Shepard 1954) indique que les faciès de la coupe de Boumerzoug 2 sont limoneux sableux fins dans l'ensemble. (**Fig. 56**)



**Fig. 56** Répartition de la fraction fine de la coupe B2 sur le diagramme ternaire (Shepard 1954)

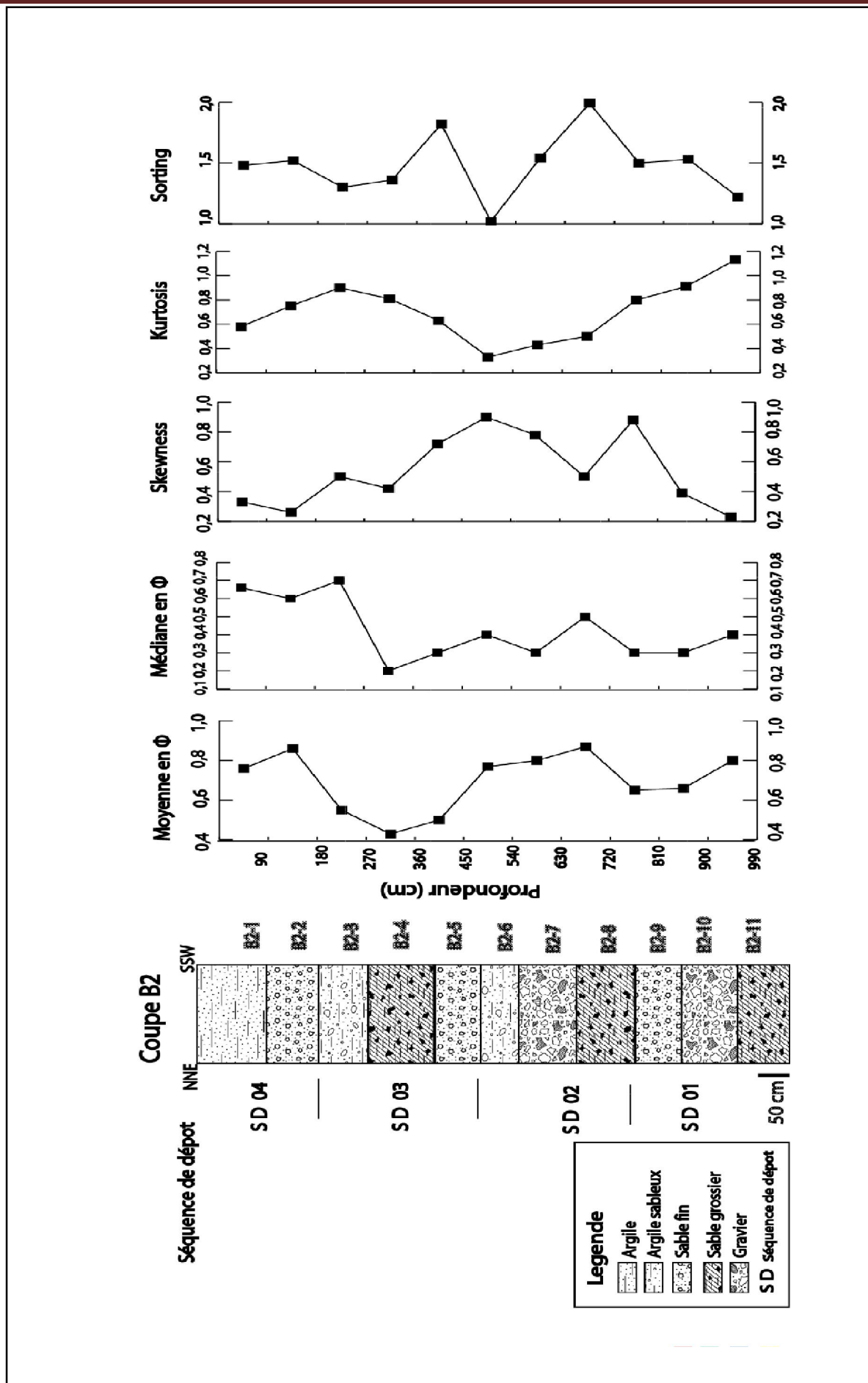


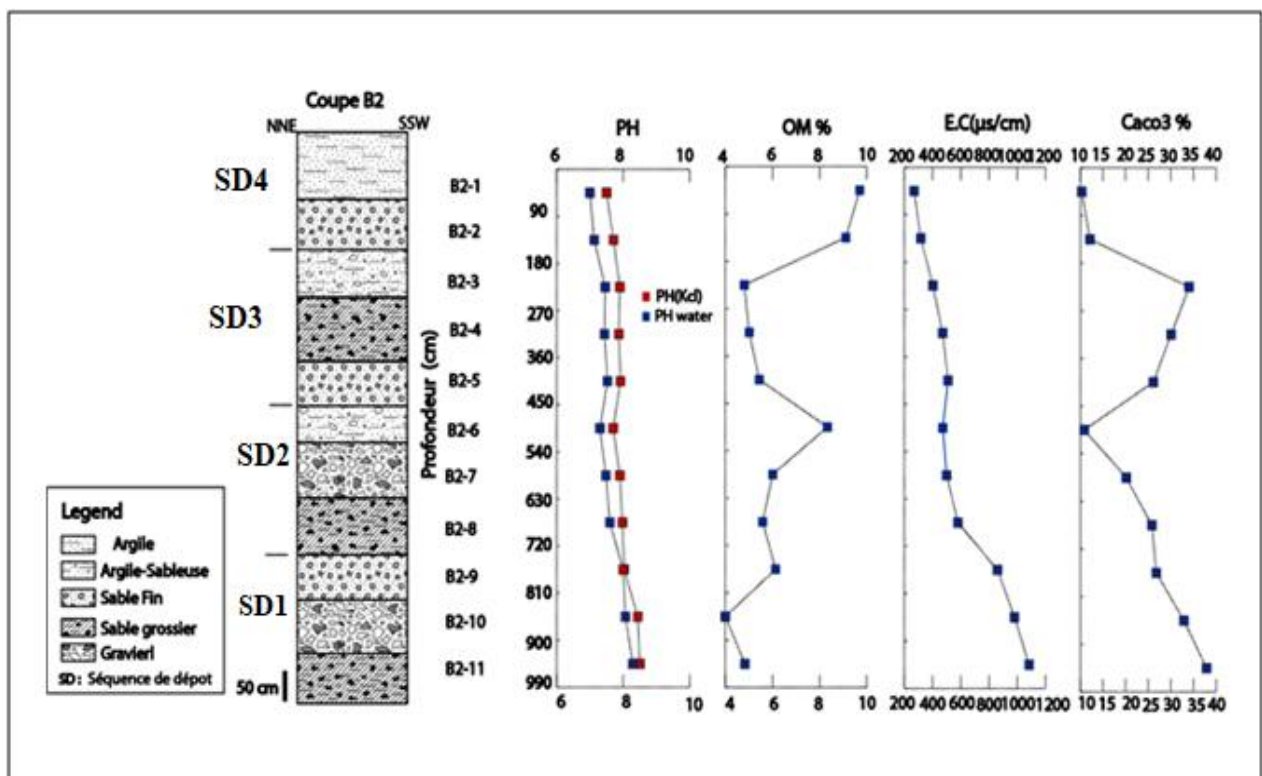
Fig. 57. Variation des indices granulométriques en fonction de la profondeur dans la coupe B2

**C. Analyse géochimique**

L'analyse des paramètres géochimiques (pH, CaCo<sub>3</sub>, conductivité et la matière organique) a été réalisée à travers toutes les séquences de dépôts, les résultats sont synthétisés dans la **figure 58**.

Dans la séquence de dépôt 1, les teneurs en carbonates sont très importantes et passent de 37.90 % à la base à 26.81 % au sommet de la séquence. Les teneurs en matière organique, montrent des valeurs moyennes de 4.83%, à la base, et augmente jusqu'à 6.13% dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet de la séquence. Le pH est alcalin et varie très peu entre 8.29 et 8. La conductivité électrique, importante à la base de la séquence (1083µs/cm), montre une légère diminution dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet (860µs/cm).

Dans la séquence de dépôt 2 ; les teneurs en carbonates sont toujours importantes. Elles passent de 25.80.% dans la base et diminue rapidement à 10.90% au sommet. Les teneurs en matière organique sont relativement importantes, de 5.58%, à la base, jusqu'à 8.33% vers le sommet de la séquence. Le pH montre une stabilité à travers toute la séquence, de 7.60 à 7.30. La conductivité électrique, reste relativement importante (580µs/cm) à la base de la séquence, et diminue rapidement (473µs/cm) dans les niveaux les plus grossiers vers le sommet.



**Fig. 58** Variation des paramètres géochimiques en fonction de la profondeur dans la coupe B2

## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

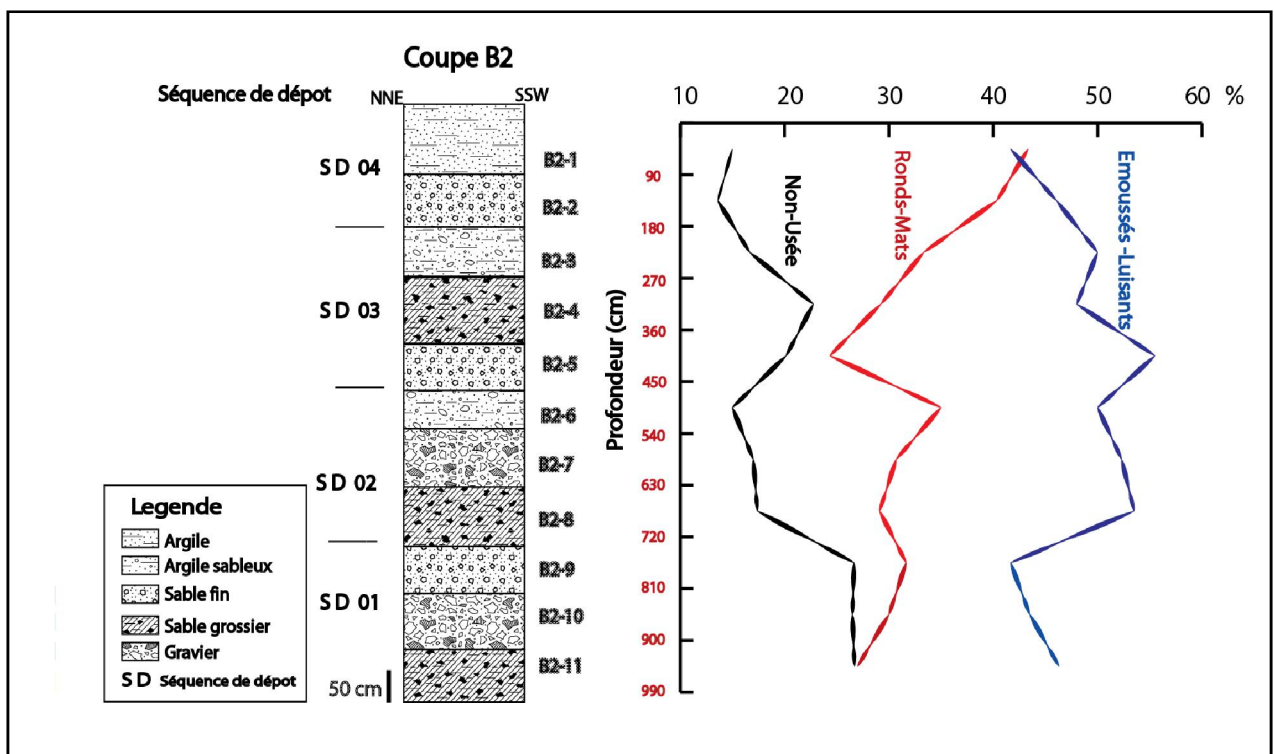
Dans la séquence de dépôt 3 ; les teneurs en carbonates sont de l'ordre de 26.13% dans les sables fins à la base de la séquence et augmente à 34.04% dans le niveau argilo-sableux du sommet. Les teneurs en matière organique diminuent légèrement de 5.44 % à 4.80%. Le pH reste alcalin avec des valeurs entre 7.53 à la base de la séquence et de 7.44 au sommet. La conductivité électrique montre une stabilité de l'ordre de 510  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 403  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Dans la séquence de dépôt 4 ; Les teneurs en carbonates sont de l'ordre de 12.15% dans les sables de la base de la séquence et montrent une diminution à 10.33% dans le niveau argileux du sommet. Les teneurs en matière organique restent très importantes de 9.11% à 9.70%. Le pH reste alcalin avec des valeurs entre 7.13 à la base de la séquence et de 7.00 au sommet. La conductivité électrique diminue et donne des valeurs qui varient entre 317  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 270  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

### D. Etude Morphoscopique des grains de quartz

Les résultats sont des pourcentages pour chaque catégories (Non-Usés, Ronds-Mats, Emoussés- luisants), représentées au **figure 59**

La description morphoscopique montre une dominance des émoussés-luisants (40% à 55%) à travers toutes les séquences de dépôts. Les Ronds-Mats varient de 43% au sommet à 27 % à la base. La dominance de la catégorie (EL) témoigne d'un transport de matériaux en milieu fluvial plus ou moins long, jumelé à des matériaux (RM) probablement transportés par voie éolienne et/ou paléo dune littorale à la base de la coupe.



**Fig. 59** Diagramme de variation Morphoscopique de Quartz en fonction de la profondeur dans la coupe B2

### **IV.2.2.4 Exoscopie des grains de quartz dans la vallée de Boumerzoug**

L'évolution paléo environnementale et paléoclimatique des formations alluviales peut être précisée grâce à l'examen au Microscope Electronique à Balayage de la surface des grains de quartz. L'étude exoscopique de la succession des empreintes de différents milieux physico-chimiques traduit leurs conditions de genèse, de transport et de sédimentation.

Dans la plupart des cas les analyses faites au MEB (Microscope Electronique à Balayage) montrent la superposition dans le temps d'empreintes de milieux différents. Tous les grains de quartz ont fait l'objet d'une évolution complexe où chaque stade pourra correspondre à un milieu physico-chimique distinct plus ou moins ancien (Le Ribault. L et Giresse. P 1981).

L'interprétation des microstructures (d'origine chimique et mécanique) permet de déterminer, par une association de caractères spécifiques (traces de choc, dissolutions) les principaux environnements dans lesquels ont évolué les grains de quartz. L'enchaînement des divers environnements reconnus permet ainsi à la reconstitution de l'histoire géologique de sédiment et de déterminer leur milieu de dépôts (Chellat S., 2014).

L'observation du quartz au microscope électronique à balayage, permet de déterminer

**(Fig. 60, 61,62) :**

- La présence des cassures et les traces du choc à la surface des grains, attestant un transport par vent.
- Le polissage des arêtes et l'effacement des cassures primaires témoignent d'un transport fluvial à forte énergie.
- Le nourrissage des dépôts siliceux et carbonatés témoigne d'un transport fluvial de faible à moyenne énergie

### **IV.2.2.5 Analyse minéralogique**

#### **A. Etude des argiles (R. X).**

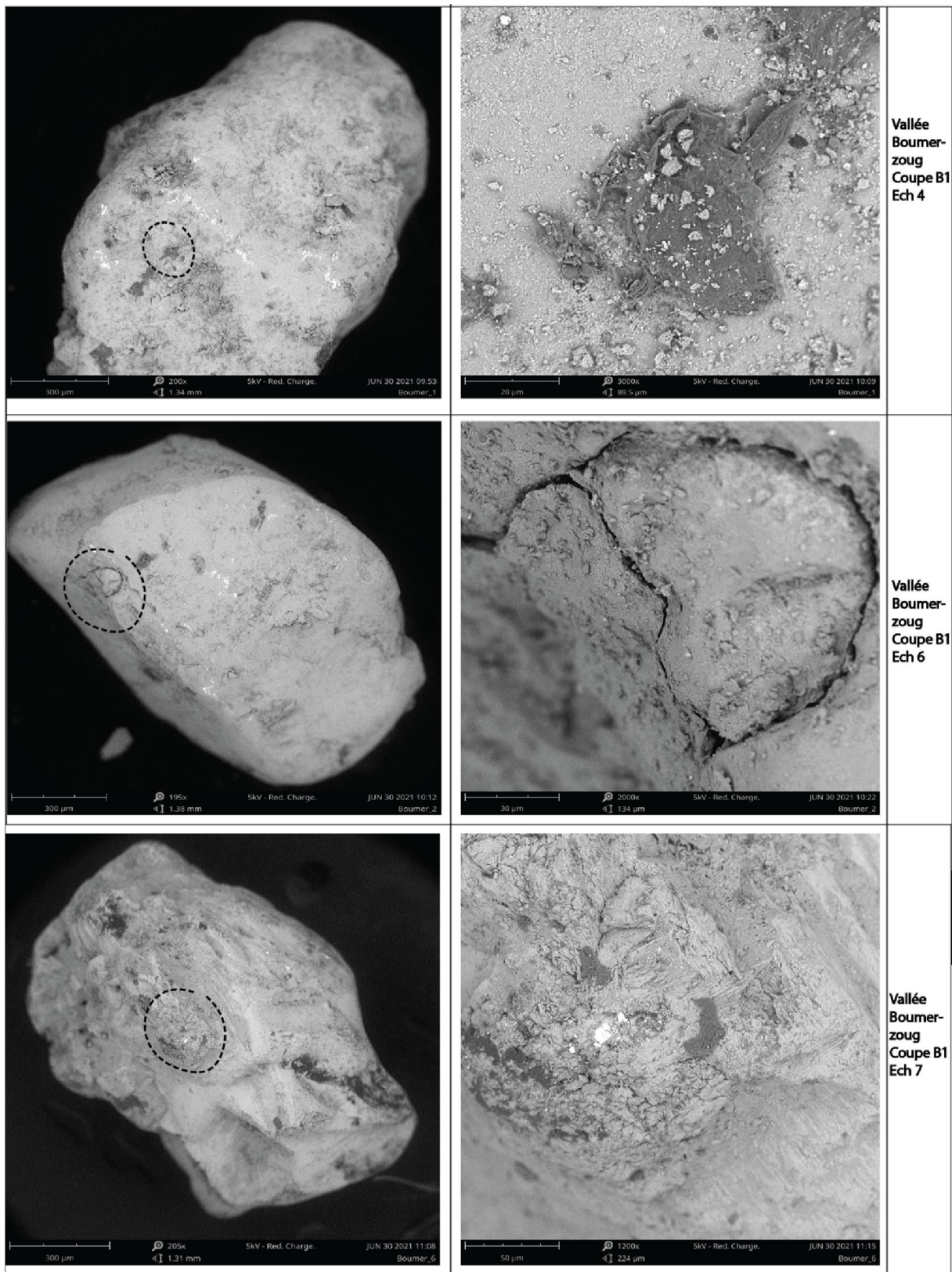
Dans le but d'identifier la composition minéralogique principalement argileuse dans les formations alluviales de la vallée de oued Boumerzoug (coupe B2), nous avons effectué une étude diffractométrique sur poudre d'orientations aléatoires afin de déterminer la nature et le pourcentage des minéraux primaires et accessoires.

La détermination des minéraux argileux à partir des pics principaux et secondaires s'avère difficile à cause de la méthode diffractométrique utilisée

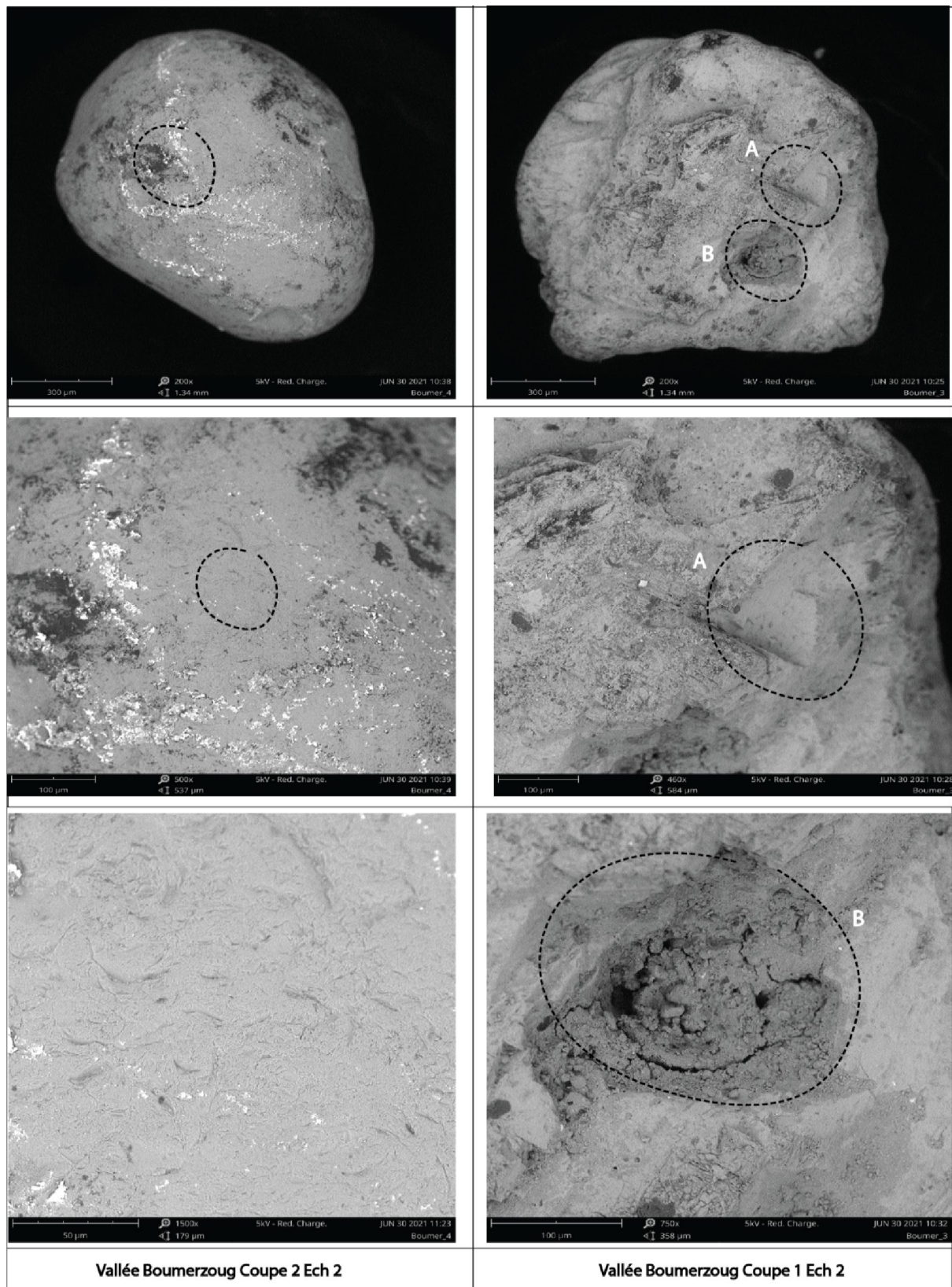
Après l'analyse et la détermination des pics principaux et secondaires des diffractomètres, nous avons constaté la présence des minéraux suivants **(Fig. 63) :**

Les minéraux primaires présents sont le quartz  $\text{SiO}_2$  et la Calcite  $\text{CaCO}_3$

Minéraux argileux (difficile à identifier)



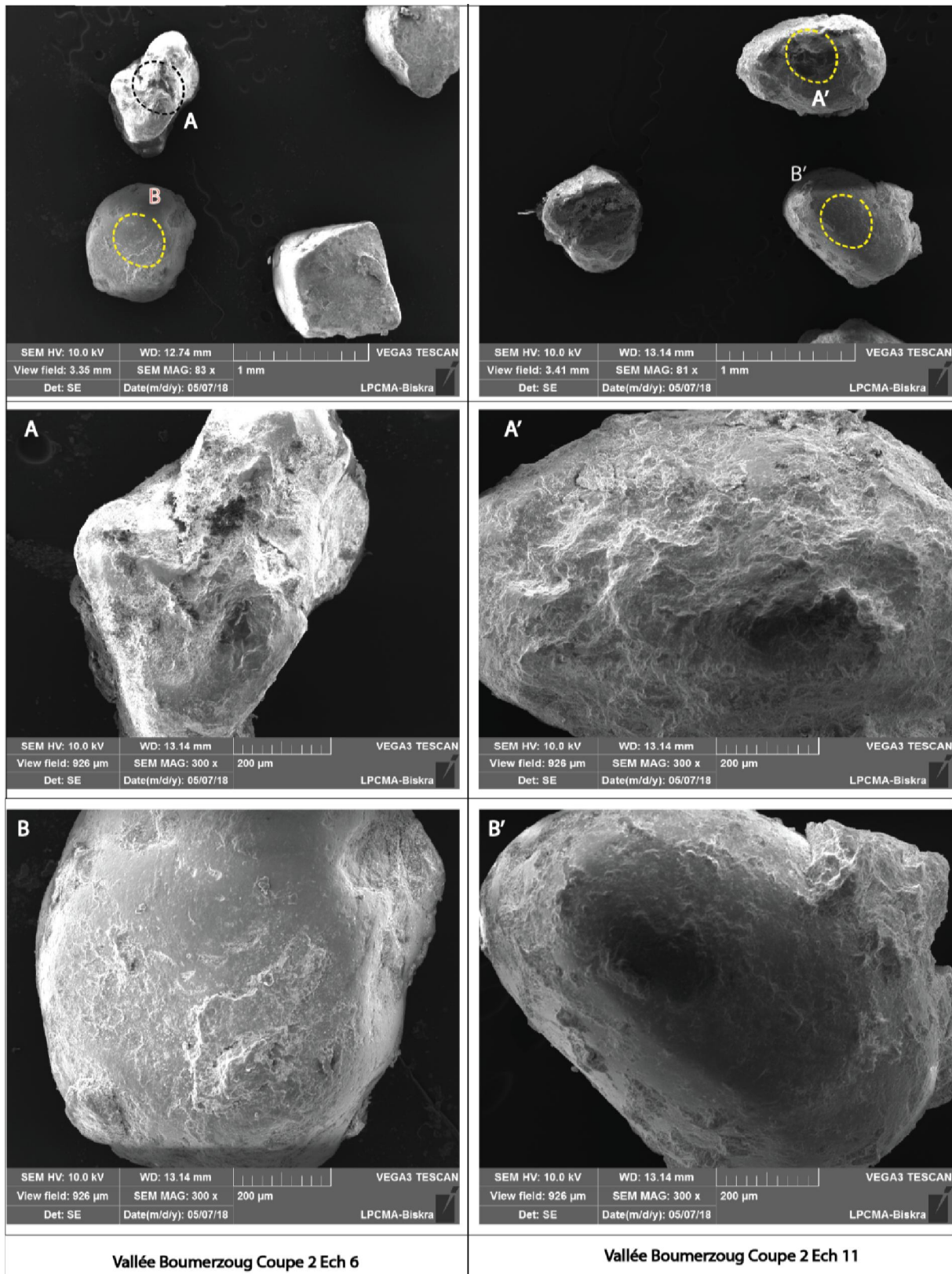
**Fig. 60** Vue sous MEB des grains de Quartz prélevé des alluvions de Boumerzoug Coupe B1  
*Grain de quartz à arêtes émoussées (éch 4) et nourrissage de pellicules argilo-carbonatées. Grain de quartz à arêtes totalement émoussées (éch 6), cassure subcirculaire récente après un choc sur une arête. Grain de quartz subarrondi à arêtes partiellement émoussées (éch7) avec effacement partielle des cassures primaires.*



**Fig. 61** Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions de Boumerzoug Coupe B1 et B2.

*Grain de quartz très évolué arrondi émoussé (Coupe B2 éch2) avec traces de chocs de petite taille.*

*Grain de quartz subarrondi à arêtes totalement émoussées (coupe B1 éch 2), cassure conchoïdale (A), remplissage d'une cavité par un matériau tardif.*



**Fig. 62** Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions de Boumerzoug Coupe B2.

*Grain de quartz sub anguleux, peu évolué (éch 6 A). Quartz très évolué, (coupe2 éch 6 B, éch 11 B') nombreux croissant de chocs de petite taille ; la surface est marqué par un nourrissage en silice. Grain de quartz a arêtes émoussées (coupe B2, éch11 A') témoin d'une évolution en milieu aquatique de haute ou moyenne énergie..*



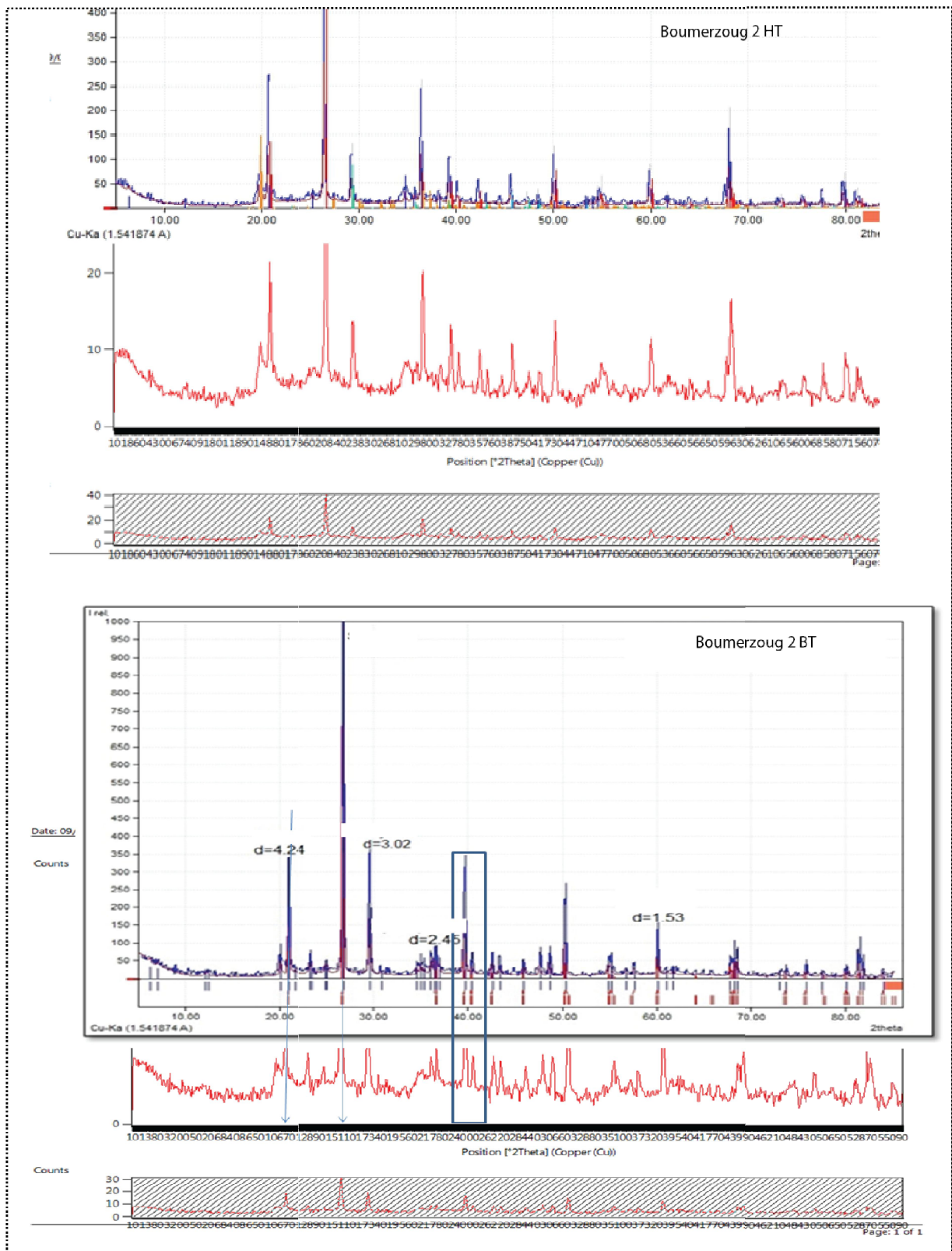


Fig. 63 Diffractogrammes de la coupe Boumerzoug B2

Les résultats de l'étude semi quantitative des minéraux à partir des diffractogrammes représentés dans le **tableau. 07**

**Tab. 07** Valeurs semi-quantitatives des minéraux présents dans la coupe Boumerzoug B2

ECH	Minéraux Argileux	Intensité de pic	Facteur correct	intensité corrigée	*100	Pourcentage %
Boumerzoug 01 (Bas terrasse)	Quartz	97	1	97	9700	17
	Calcite	54	1,65	89,1	8910	16
	Argile totale	19	20	380	38000	67
	Somme			566,1		
Boumerzoug 02 (Haut terrasse)	Quartz	100	1	100	10000	17
	Calcite	30	1,65	49,5	4950	8
	Argile totale	22	20	440	44000	75
	Somme			589,5		

### B. Etude des minéraux lourds.

Les minéraux lourds identifiés dans les sédiments alluviaux d'Oued Boumerzoug sont généralement des minéraux de roches cristallines (Quartz, Zircon, Pyroxène, Tourmaline), des minéraux de transition (Aragonite), les oxyde de fer (Hématite,) et des sulfate de calcium (Gypse) (Fig. 64)

**Quartz** : se présente en général sous la forme des masses ressemblant à du verre, soit des cristaux incolores avec un éclat vitreux et gras.

**Tourmaline** : se présente en grains arrondis à contours émoussés de couleur noire. Les tourmalines sont souvent présentes dans les roches éruptives et métamorphiques. Du fait de leur dureté et de leur inaltérabilité, on les retrouve dans les dépôts alluvionnaires.

**Zircon** : les zircons sont de forme arrondis et transparents.

**Rutile** : dioxyde de titane, est commun de nombreuses roches intrusives et métamorphiques, étant très dur et lourd, il se concentre facilement dans les sables provenant de leur désagrégation, formant d'assez grands dépôts alluvionnaires. Les grains de rutile sont de couleur brun rouge, ces minéraux se présentent dans nos sédiments sous forme de grains arrondis.

**Pyroxène**: le pyroxène se présente sous forme de prismes de couleur verte et brunâtre.

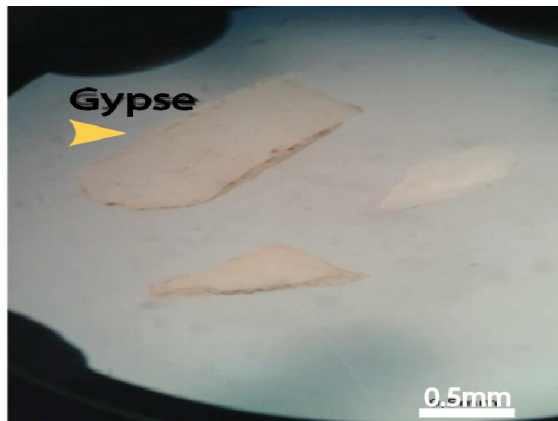
**Pyrite** : la pyrite forme des cristaux d'habitus cubique, pyritoédrique, dont les faces peuvent être striées. D'éclat métallique brillant et opaque, la pyrite a une couleur dorée pâle.

**Aragonite** : est un minéral polymorphe ; des cristaux en prismes allongés à un éclat vitreux. L'aragonite apparaît comme minéral de remplacement dans les roches sédimentaires.

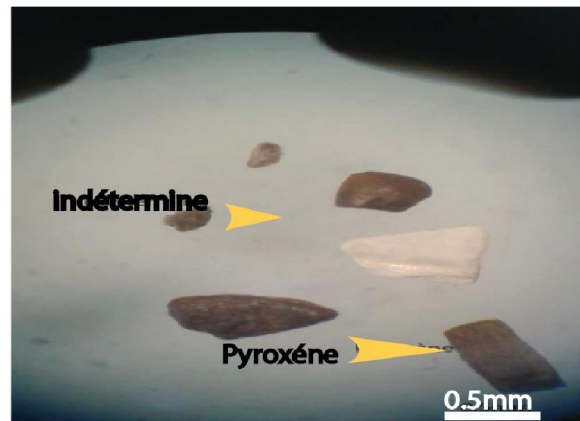
## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

Fragment (débris) de roches : ils se présentent sous forme de fragments de roches gréseuses qui marquent une origine sédimentaire.

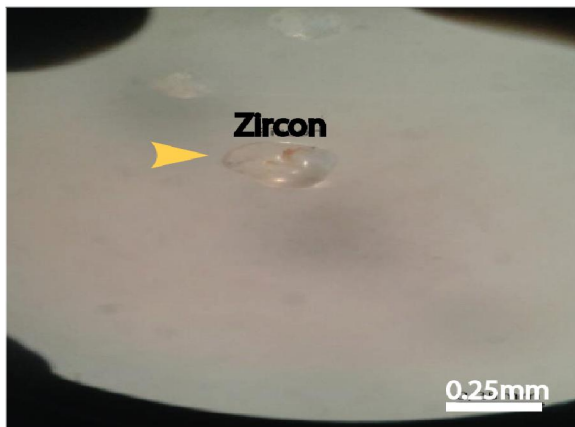
**Les minéraux indéterminés** : Ce sont des minéraux à couleur blanchâtre ou jaunâtre et qui se présentent sous des formes très variées.



Ech 4 : Gypse



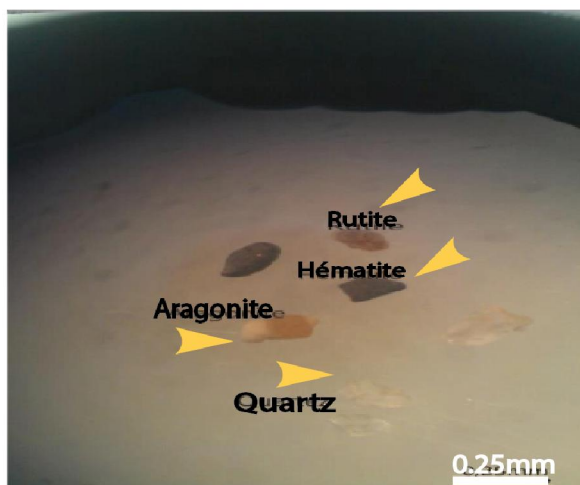
Ech4 : Pyroxène



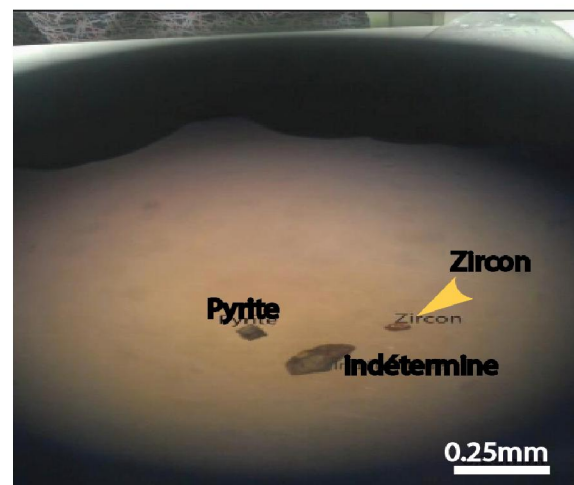
Ech3 : Zircon



Ech3 : Tourmaline



Ech6 : Quartz, Aragonite, Hématite, Rutite



Ech 7 : Zircon, Pyrite

**Fig. 64.** Principaux minéraux lourds dans les sédiments Alluviaux d'Oued Boumerzoug

### IV.2.3. La Vallée d'Oued Rhumel

#### IV.2.3.1. Situation Géographique

Le Rhumel est l'élément hydrographique le plus important du Constantinois ; (Fig. 46) qui traverse les hautes plaines Constantinoises suivant une orientation NE-SW jusqu'à sa confluence avec le Boumerzoug et qui parcourt ensuite des gorges à travers le Rocher de Constantine.

La configuration spatiale du réseau hydrographique est étroitement liée à la structure tectonique ou les terrasses alluviales surélevées sur plus de 20m.

Le Rhumel change de direction et coule vers le Nord-Ouest. Tout au long de son parcours, le Rhumel reçoit, de l'amont à l'aval, Oued Dekri, Seguin, Boumerzoug, Smendou et enfin El Ktone. (Farah A.S. 1991).

#### IV.2.3.2. Analyse lithologique

La coupe a été levée dans une terrasse située sur la rive droite de l'Oued Rhumel, plus exactement à la proximité de la carrière de granulats de bir brinis de coordonnées X : 06°26,784'E Y : 36°14,680'N et Z : 663 mètres (Fig. 46). La coupe a une orientation E-W et d'épaisseur de 04 mètre.

La description de la coupe et l'analyse granulométrique ont permis de subdiviser la série en 03 à 04 séquences de dépôt (Fig. 65). De bas en haut on peut observer (Fig. 66) :

**Séquence de dépôt 1**, c'est un cailloutis à galets sub arrondis (Rh 7) d'ordre centimétrique plus ou moins durs cimentés par des carbonates (Rh 6). Leur épaisseur est de 0.70 mètre.

**Séquence de dépôt 2** ; avec un granoclassement croissant et épaisseur de 1.30 mètre, elle est très homogène et repose sur la séquence 1 par une surface étroite et discontinue. Elle débute par un sable plus ou moins grossier homogène (Rh 5), qui devient des graviers et galets (Rh 4) emballés dans une matrice argilo-sableuse (Rh 3).

**Séquence de dépôt 3**, avec un granoclassement croissants et épaisseur de 2 mètre. Elle repose sur la séquence précédente par l'intermédiaire d'une surface très régulière et continue. Elle débute par un sable grossier (Rh 2) qui passe à des galets et graviers principalement carbonatés et emballés dans une matrice argileuse de couleur gris jaunâtre. La séquence se termine par un niveau argile sableux et clair (Rh 1).

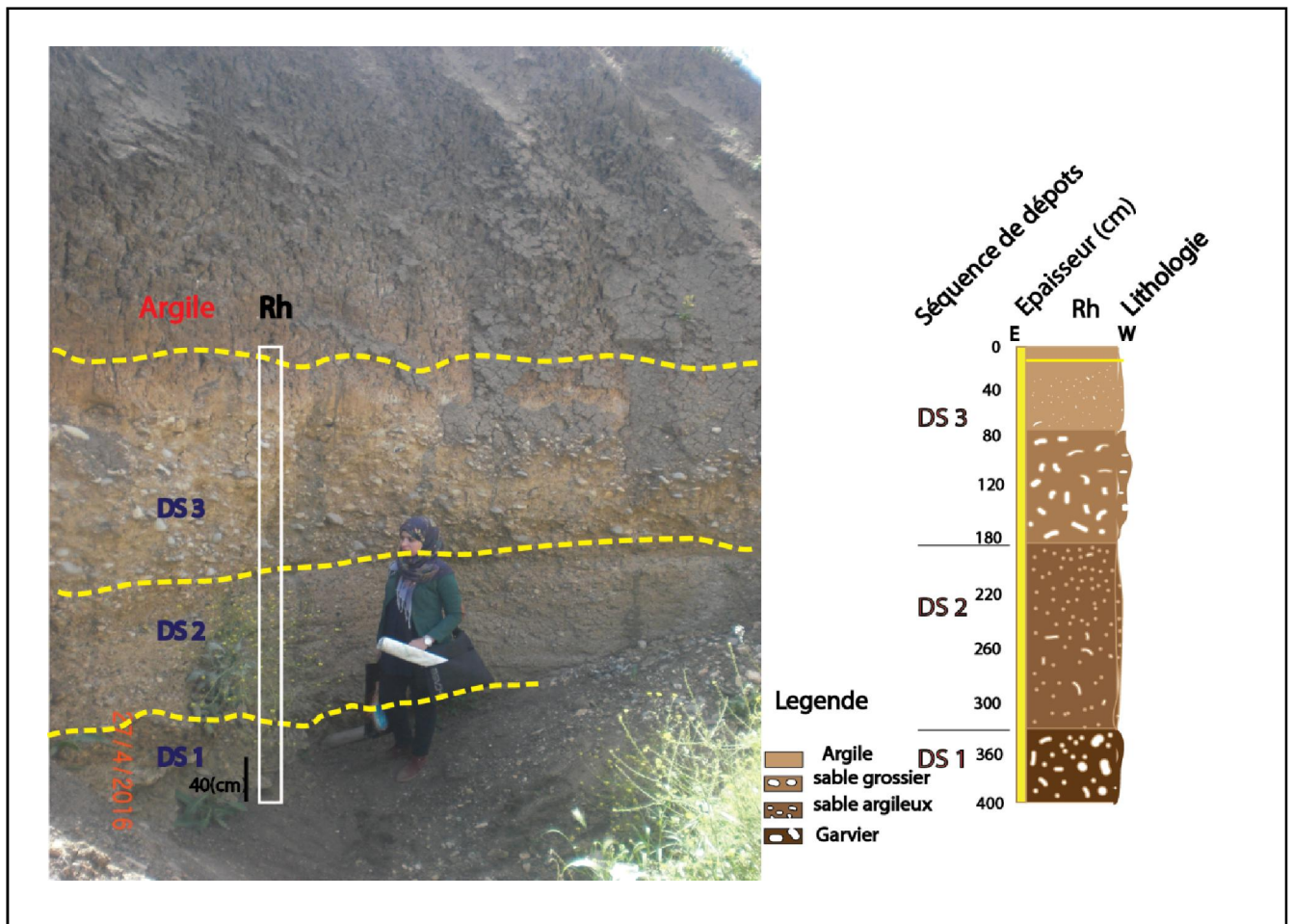


Fig. 65 Profil sédimentaire et photographie de la coupe Rhumel Rh. Séquence de dépôt (DS)

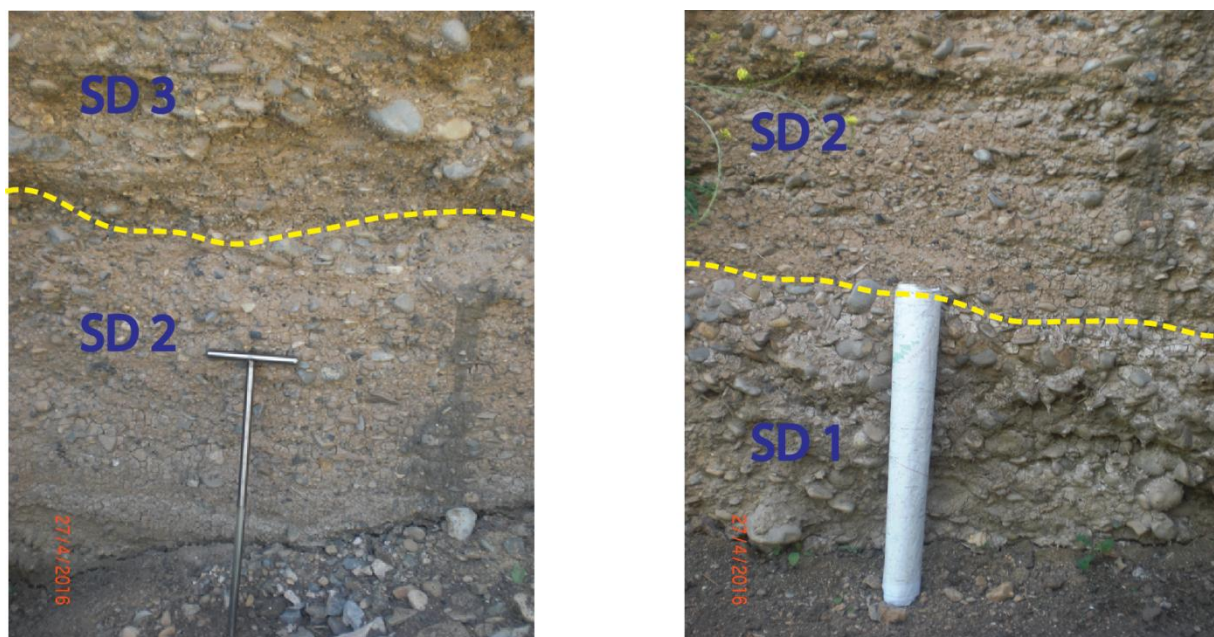


Fig. 66 Photos montrant les différentes lithologies de la coupe Rh, SD1 : cailloutis à galets cimentés par des carbonates SD2 : Sable grossier bien classé, SD3 : cailloutis à gravier à matrice limono-argileuse.

### IV.2.3.3 Analyse Granulométrique :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer toutes les classes granulométriques (grossières et fines) ainsi que les variations observées à travers la coupe Rhumel.

#### a. Etude de la fraction granulométrique grossière

L'étude granulométrique des alluvions grossières, nous a permis de faire l'identification lithologique des séquences de dépôts. Les sédiments grossiers sont formés essentiellement de cailloutis à blocs (graviers et galet subarrondis). La quasi-totalité des fractions grossières est carbonatée se déposent à travers les séquences de dépôt 1 et 3. **(Tab 08)**

#### b. Etude de la fraction granulométrique fine

L'analyse granulométrique des fractions fines montre une légère variation des indices sédimentologique à travers les séquences de dépôts.

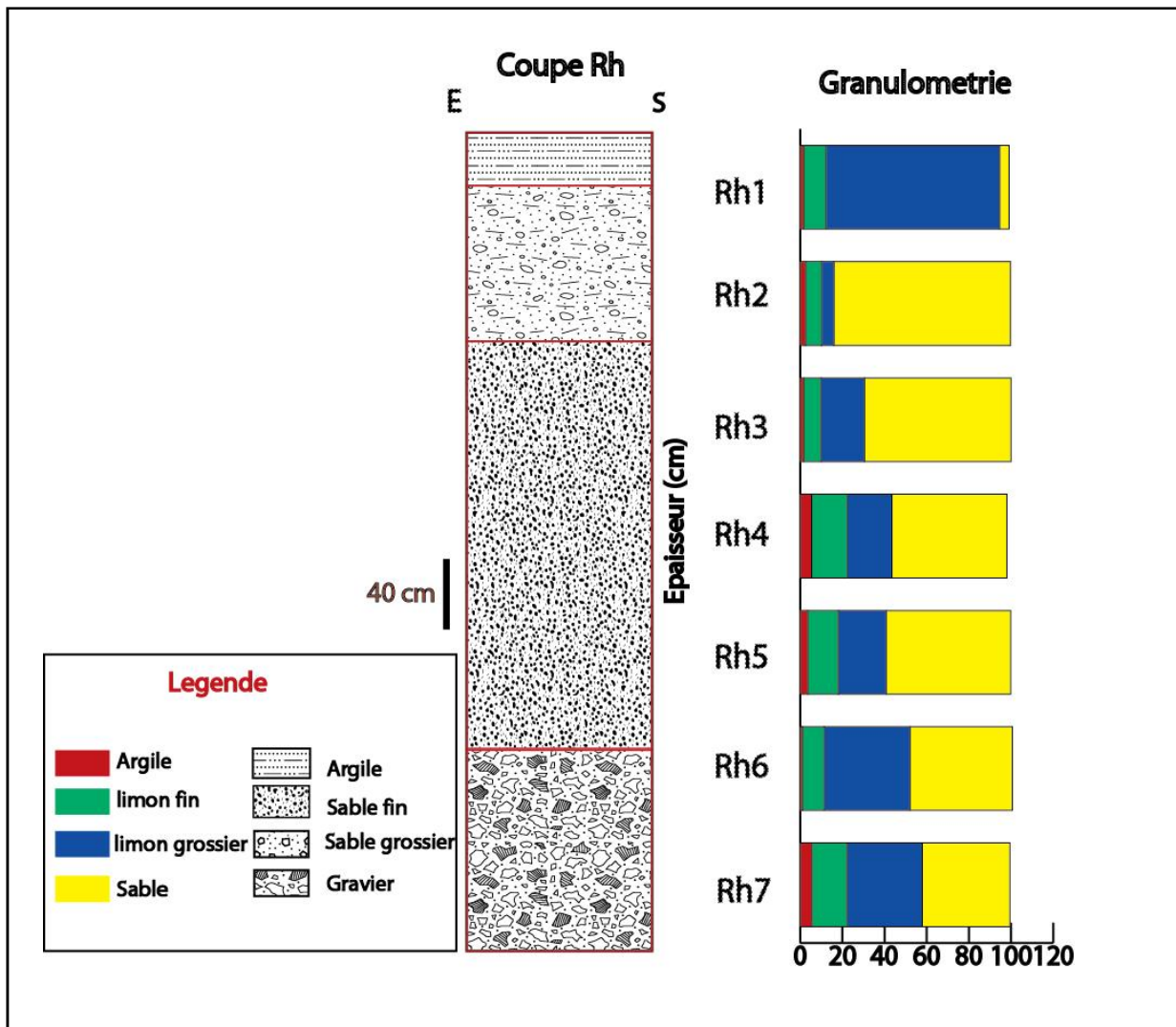
Les résultats des analyses granulométriques de la fraction fine sont exprimés en courbes cumulatives **(annexe. I Tab. 1)**

**Tab.08:** Distribution de la fraction granulométrique globale de la Coupe Rhumel (Rh) en %

Séquence de dépôt (SD)	Èche	Bloc >25.6cm	Caillaux 6.4-25.6cm	Graviers 4-6.4cm	Sables 2mm-40um	Limons 40-2um	Argile < a 2um
SD 03	Rh1	0	2	4	4	90	2
	Rh2	0	1	4	80	10	5
SD 02	Rh3	0	0	3	70	25	2
	Rh4	0	0	3	55	37	5
	Rh5	0	0	3	60	34	3
SD 01	Rh6	0	3	5	45	45	2
	Rh7	0	1	2	40	52	5

**Séquence de dépôt 1.** L'analyse granulométrique montre une diminution de la base vers le sommet et s'exprime par une diminution des teneurs en sables qui passent de 48.4% à 41.6% et par des teneurs en silts qui varient légèrement de 51.1% à 52% et une légère augmentation en teneur d'argiles qui restent à petites quantités passant de 1.05% à 5.6% **(Fig. 67)**.

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre 0.52 à la base de la séquence de dépôt et 0,33 au sommet, ce qui traduit une asymétrie forte vers les particules fines, et une énergie généralement faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est généralement autour de 0.8 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique. L'indice de classement So (Sorting) qui varie entre 1,17 a la base de séquence et 1.59 au sommet, indique un sédiment mal classé **(Fig. 66)**.

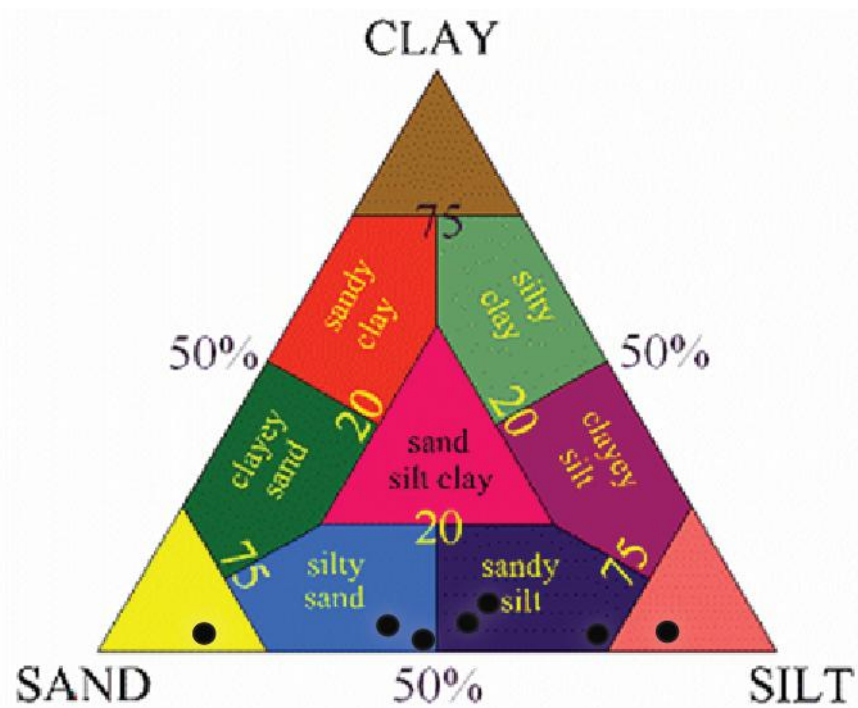


**Fig. 67** Variation de la fraction fine en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel  
**Séquence de dépôt 2.** L'analyse granulométrique montre une diminution de la taille des grains de la base vers le sommet s'exprime par une diminution des teneurs en sables qui passent de 69.5% à 59.05%, les teneurs en silts augmentent et passent de 28.5% à 37.1%. Les teneurs en argiles présentent une légère augmentation et passent de 1.75 % à 3.7% (**Fig. 67**). Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) varie autour de 0.64 à 0.84 traduisant une asymétrie forte vers les particules fines, et une énergie toujours faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) varie entre 1 et 2 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique indiquant une composition homogène de sédiment et un mode de transport à puissance constante. L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) est positif et varie entre 1.03 et 1.56, indiquant un mauvais classement de sédiment (**Fig. 69**).

**Séquence de dépôt 3.** L'analyse granulométrique montre un granoclassement négatif de la base vers le sommet avec une diminution très importante des teneurs en sables qui passent de 83.7 % à 4.5% à la faveur d'une augmentation importante des teneurs en silts 13.1% à 92.80% et une légère augmentation en teneur des argiles de 1.75% à 2.65 % (**Fig. 67**).

Le Coefficient de dissymétrie (Skewness) est compris entre de 0.15 à la base de la séquence de dépôt et 0.52 au sommet, ce qui traduit une asymétrie forte vers les particules fines à travers toute la séquence et une énergie faible. Le coefficient d'acuité (Kurtosis) est généralement supérieur à 0 avec une courbe d'aplatissement Leptokurtique. L'indice de classement  $S_o$  (Sorting) est positif et varie entre 0.87 à la base de la séquence, et 0.75 au sommet indiquant un sédiment moyennement classé (**Fig. 69**).

La classification des sols sur le diagramme ternaire (Shepard 1954) indique que les faciès de la coupe de Rhumel varient entre des sables fins et des silts fins. (**Fig. 68**)



**Fig. 68** Répartition de la fraction fine de la coupe Rhumel sur le diagramme ternaire (Shepard 1954)



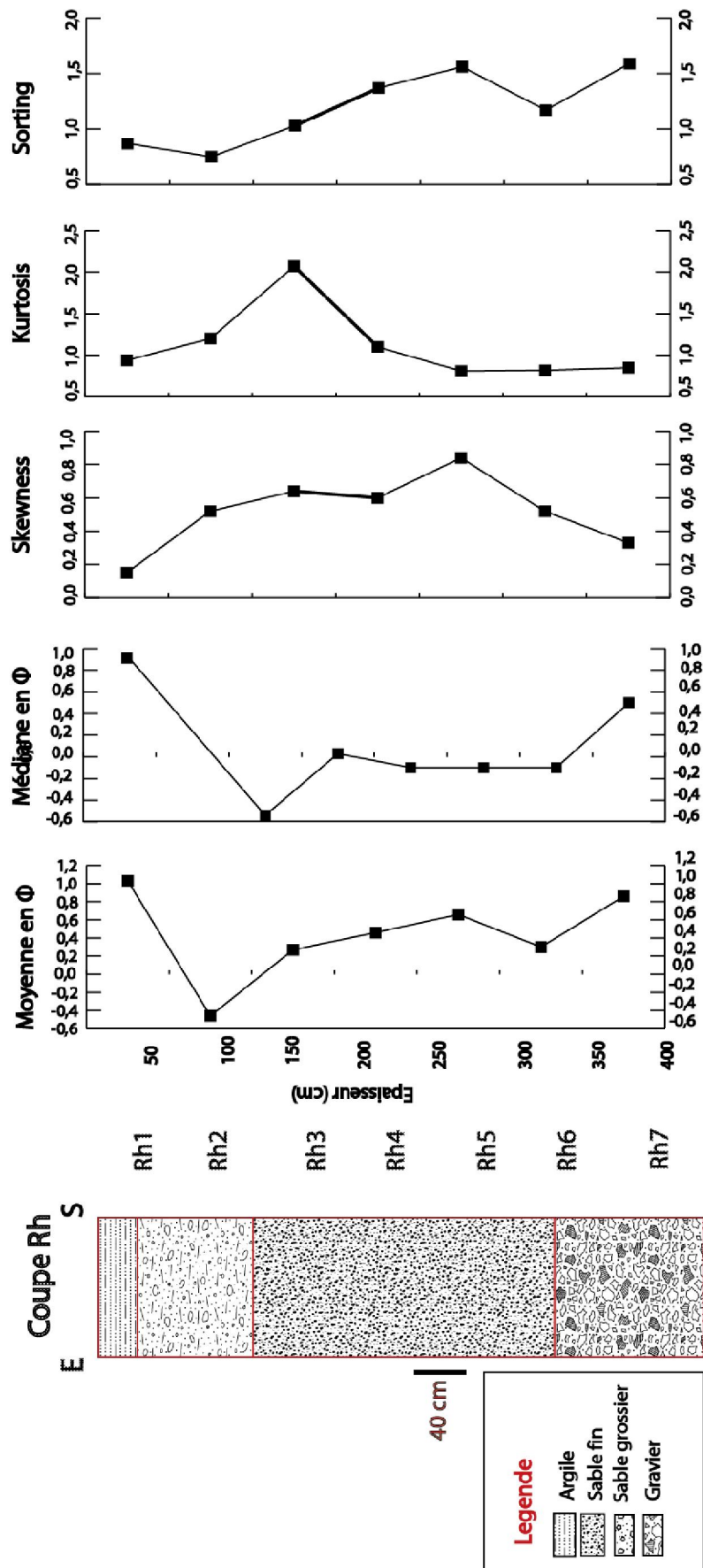


Fig. 69 Variation des indices granulométriques en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel

IV.2.3.4. Analyse géochimique

L'analyse des paramètres géochimiques (pH, CaCo<sub>3</sub>, conductivité et la matière organique) a été réalisée à travers toutes les séquences de dépôts, les résultats sont synthétisés dans la figure 70.

Dans la séquence de dépôts 01, les teneurs en carbonates sont très importantes et passent de 36.6% à la base de la séquence à 35.12% au sommet. Les teneurs en matière organique sont relativement importantes autour de 4%, à travers toute la séquence. Le pH alcalin varie très peu en oscillant autour de 7.6 à 7.7. La conductivité électrique est de l'ordre de (328µs/cm), montre une légère diminution vers le sommet (315µs/cm) (Annexe. I Table. 1).

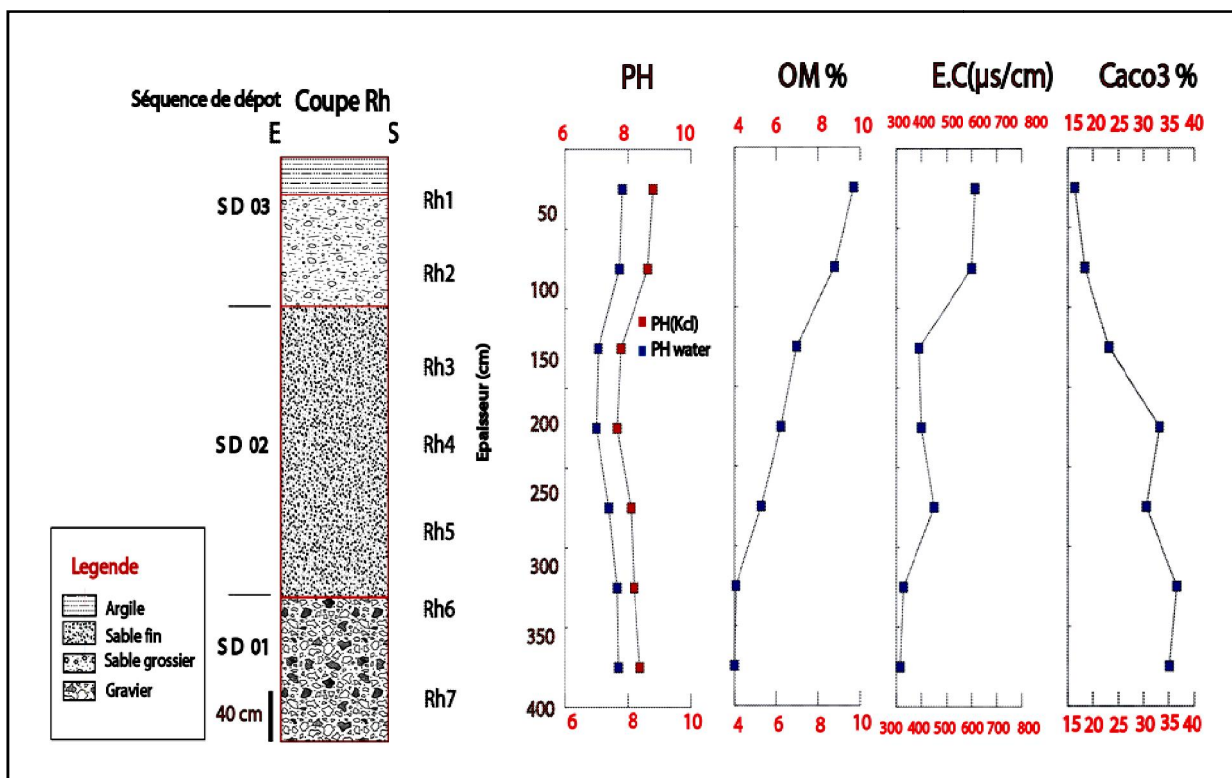


Fig. 70 Variation des paramètres géochimiques en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel

Dans la séquence de dépôts 02, les teneurs en carbonates restent toujours importantes. Elles passent de 23.15% à la base de la séquence à 30.55 % au sommet. Les teneurs en matière organique, restent relativement importantes, 6.97%, à la base et diminue jusqu'à 5.28% vers le sommet. Le pH montre une stabilité à travers toute la séquence est de 7.06 à 7.40. La conductivité électrique, est relativement importante (390µs/cm) à la base de la séquence, et (450µs/cm) vers le sommet (Annexe. I Tab. 1).

Dans la séquence de dépôts 03, les teneurs en carbonates restent plus ou moins élevées. Ses valeurs passent de 16.36% à 18.33%. Les teneurs en matière organique sont importantes et diminuent de 9.70% à la base de la séquence à 8.77% au sommet. Le pH reste alcalin avec

des valeurs entre 7.82 à la base de la séquence et de 7.73 au sommet. La conductivité électrique est autour de 600 $\mu$ s/cm à travers la séquence de dépôts 3 (Annexe I Tab 1).

### IV.2.3.5. Etude Morphoscopique des grains de quartz

L'analyse morphoscopique des grains de quartz a permis de faire une reconstitution de l'évolution du mode de transport. L'analyse avec une binoculaire a donné les résultats qui sont représentés à la figure 71

La description morphoscopique des grains de quartz montre une dominance de la catégorie Non-usée qui se présente entre 40% et 50% à travers toutes les séquences de dépôts.

Les émoussés-luisants sont de l'ordre de 30% à travers toute la coupe de Rhumel. Ils sont très importants au sommet de la séquence 03 qui dépassent les 65%. Les ronds-Mats restent moins importants est varient entre 3% et 23%. Les catégories Non-usées et émoussés-luisants témoignent d'un transport de matériaux dans un milieu fluviatile sur différentes distances.

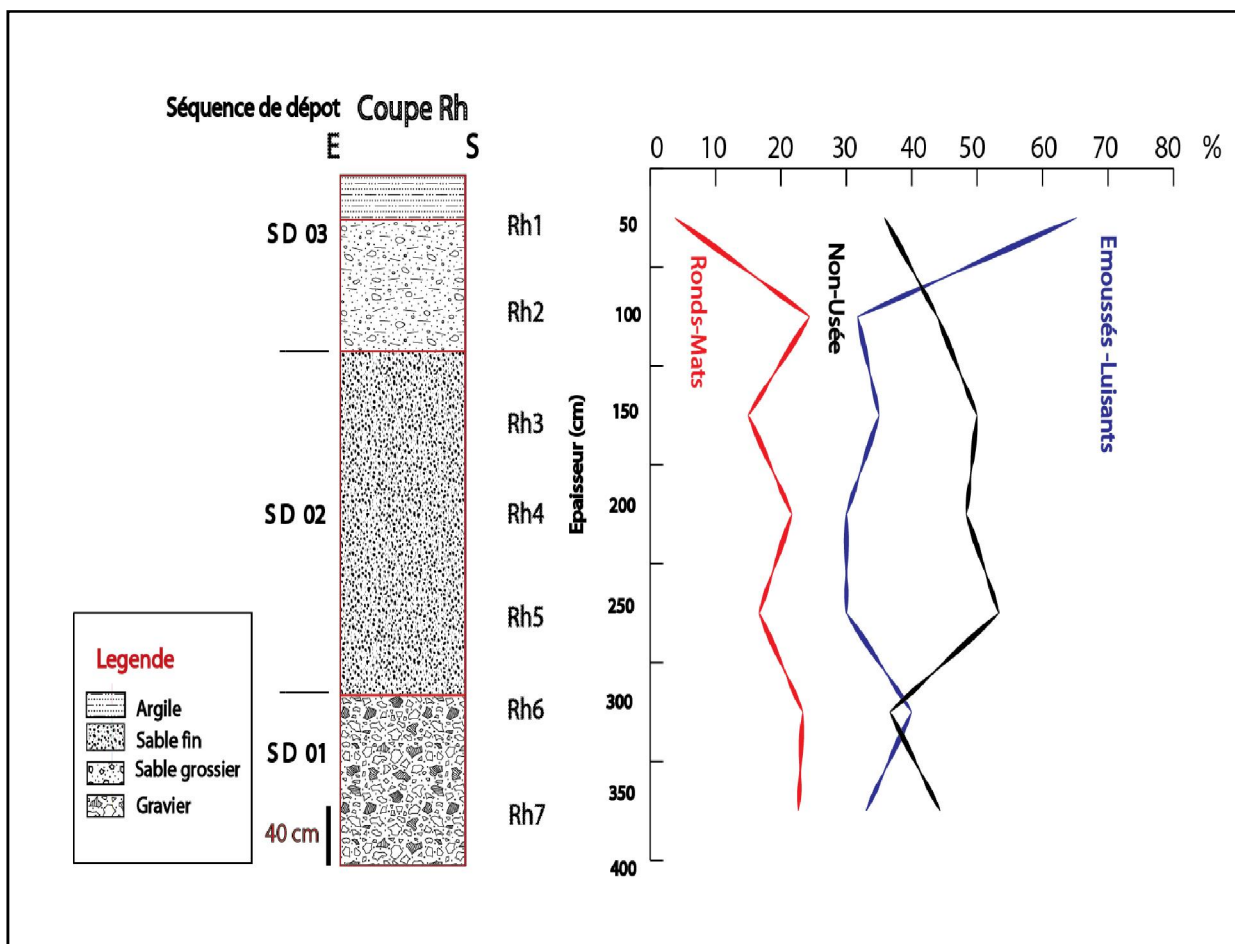
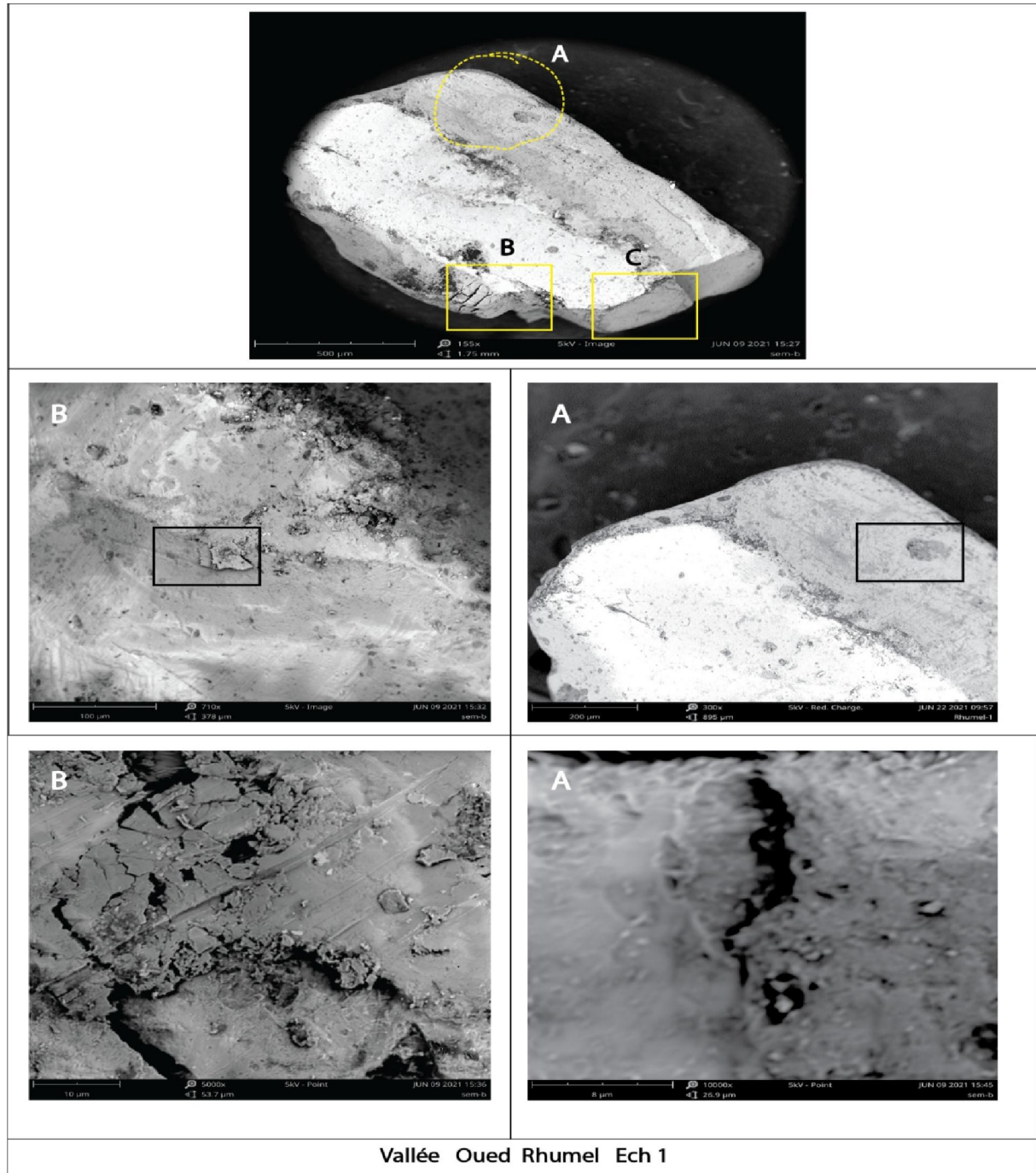


Fig. 71 Diagramme de variation Morphoscopique de Quartz en fonction de la profondeur dans la coupe Rhumel

### IV.2.3.6. Exoscopie des grains de quartz

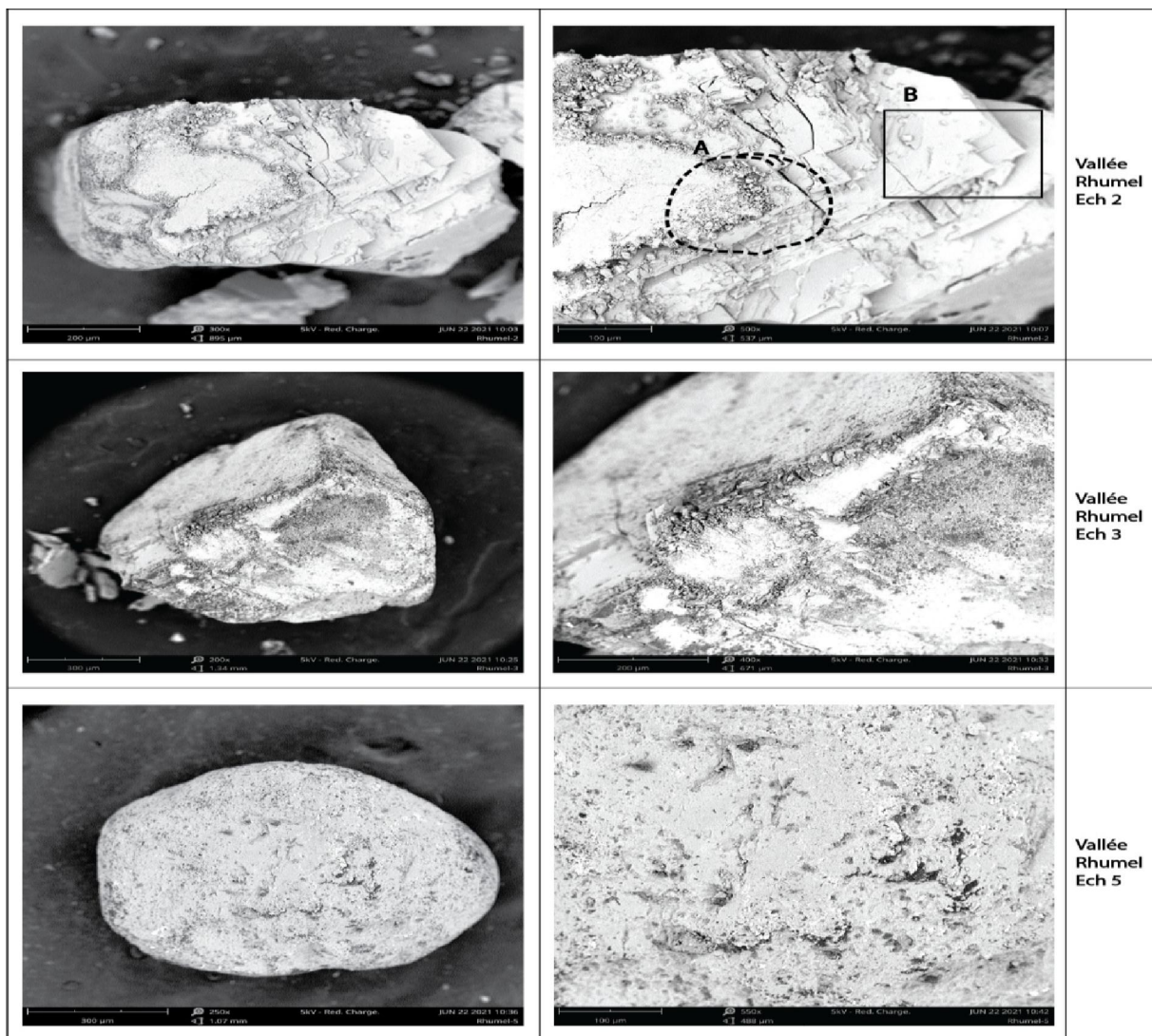
Les analyses exoscopiques faites au laboratoire LFSM de l'université Batna2 ont montrés que la majorité des grains de quartz sont entourés par des pellicules argileuses et siliceuses difficile à éliminer ; ainsi l'absence de la métallisation des échantillons a influencé sur la qualité des photos exoscopiques, malgré ça, on a pu caractériser les phénomorphiques et la micromorphologie à la surface de quartz (**Fig. 72, Fig. 73**)



**Fig.72** Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions d'Oued Rhumel  
*Grain de quartz (Ech 1) allongé à arêtes émoussées, A : trace de choc sur une surface plane, B : fissures diaclases après une cassure conchoïdale, C : cassure plane sur une arête*

## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

- Les formes des grains peuvent varier de subanguleux à arrondis et les caractères morphologiques sont généralement observables. Ces formes témoignent qu'ils ont subis une période de transport variée dans un milieu aquatique.
- Les grains avec dépôts siliceux sont les témoins d'un transport fluvial à faible énergie (Ech3)
- Les cassures planes et conchoïdales présentent un léger polissage, témoignant d'un transport fluvial secondaire à moyenne énergie (Ech 1).
- Les microtraces de transport se développent (Ech 5) surtout dans les grains à formes sub arrondies telles que les traces de chocs ; les traces de picotage héritées d'un transport éolien ou mixte (éolien/aquatique).



**Fig. 73** Vue sous MEB des grains de Quartz prélevés des alluvions Rhumel

*Grain de quartz à arêtes anguleuses (B) (éch2) et pellicules carbonatées(A). Grain de quartz sub arrondi à arêtes émoussées (éch3), nourrissage de globules siliceux sur une arête. Grain de quartz arrondi à arêtes totalement émoussées (éch5) avec des traces de picotage*

IV.2.3.7 Analyse minéralogique

A. Etude des argiles (R. X).

La composition minéralogique rencontrée dans les alluvions de la vallée d'Oued Rhumel ressemble à celle rencontrée à Boumerzoug (Fig. 74).

Les minéraux primaires présents sont le quartz  $SiO_2$ , la Calcite  $CaCO_3$  et les minéraux argileux (chlorite et/ou kaolinite)

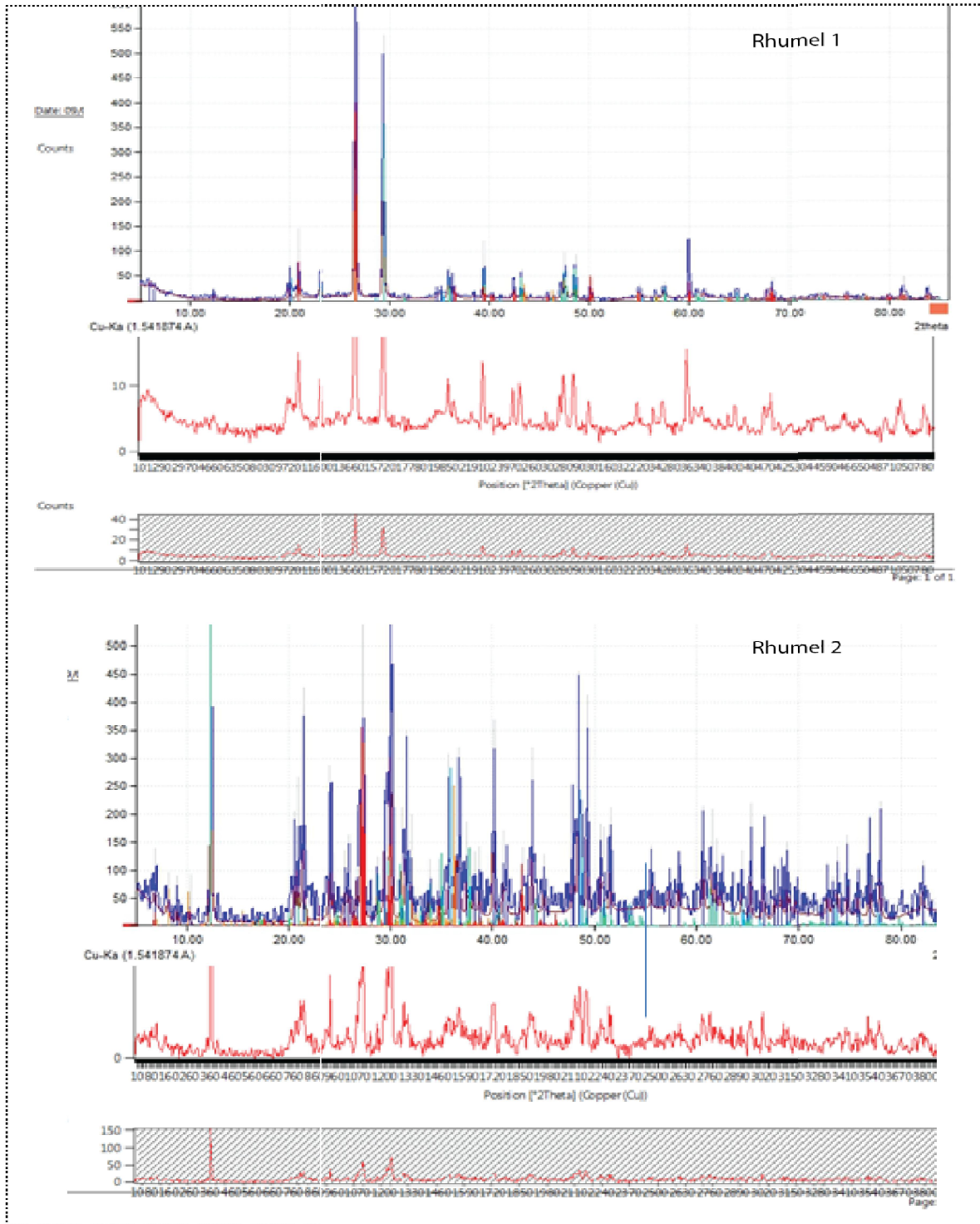


Fig. 74 Diffractogrammes de la coupe Rhumel

## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

- La chlorite  $Al_4Si_4O_{10}(OH)$  : minéral de type 2/1/1, c'est le produit de l'altération des silicates ferromagnésiens, il résiste mieux à l'altération que les micas

- La kaolinite : minéral de type 1/1, c'est le résultat de l'altération des feldspaths.

Les résultats de l'étude semi quantitative des minéraux à partir des diffractogrammes représentés dans le **tableau. 09**

**Tab. 09.** Valeurs semi-quantitatives des minéraux présents dans la coupe Rhumel

ECH	Minéraux Argileux	Intensité de pic	Facteur correct	intensité corrigée	*100	Pourcentage %
Rhumel 01	Quartz	100	1	100	10000	19
	Calcite	69	1,65	113,85	11385	21
	Argile totale	16	20	320	32000	60
	Somme			533,85		
Rhumel 02	Quartz	39	1	39	3900	8
	Calcite	49	1,65	80,85	8085	16
	Argile totale	19	20	380	38000	76
	Somme			499,85		

### B. Analyse des minéraux lourds.

Les minéraux lourds identifiés dans les sédiments alluviaux d'oued Rhumel (**Fig. 75**) sont généralement des minéraux résistants à origine cristallines (Quartz, Zircon, Grenat), des minéraux de transition (Calcite), les oxydes de fer (Hématite, Ilménite, Goethite) et des sulfate de calcium (Gypse)

**Quartz** ; se présentent en général sous la forme de prisme et comme des masses ressemblant à du verre, rarement des cristaux colorés avec un éclat vitreux.

**Calcite** : se présente comme un minéral incolore ou blanc et la présence de cations autres que le calcium, lui donne une coloration (jaune, brun, orange). C'est le constituant principal des roches sédimentaires : calcaires, marnes.

**Azurite** : c'est un minéral inclus dans la roche ou libre, il est de forme prismatique dont la couleur peut varier du bleu, bleu clair. Les cristaux ont un éclat vitreux.

**Zircon** : le zircon est de forme arrondie et transparente.

**Grenat** : de couleur rose, de forme arrondie, parfois en grains aplatis (Ech 3) On l'extrait directement des filons en roche mais il se retrouve dans les alluvions des rivières, souvent sous forme de débris. Du fait de sa dureté, on trouve parfois des cristaux entiers très peu usés par le roulage.

## Chapitre IV Résultats des Analyses Sédimentologiques, Minéralogiques et Géochimiques

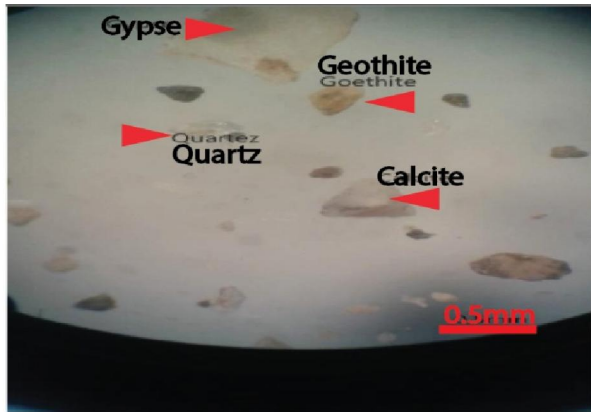
**L'ilménite** : ce minéral présente des formes très variées, il est de couleur noire à brun noir, avec un éclat sub-métallique.

**Goethite** : est une espèce minérale de couleur brun jaunâtre. Il se caractérise par un clivage parfait avec un éclat métallique.

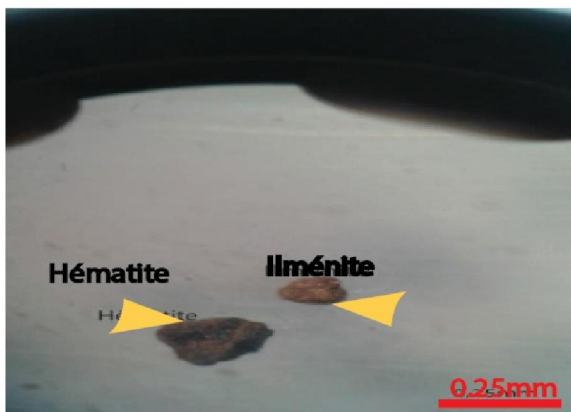
**Fragment (débris) de roches** : ils se présentent sous forme de fragments à contours irréguliers qui marquent de fragments de roches gréseuses d'origines sédimentaires.



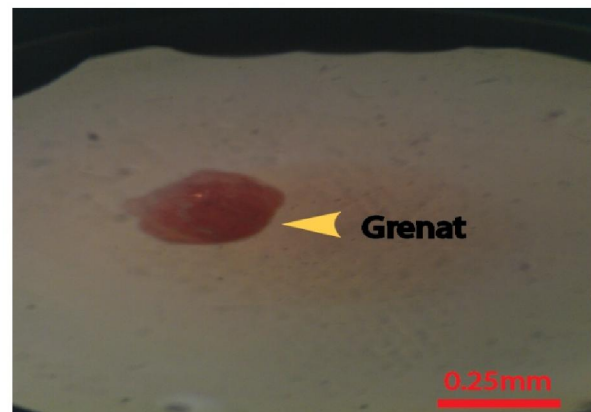
Ech1 : Azurite



Ech3 : Gypse, Goethite, Quartz, Calcite



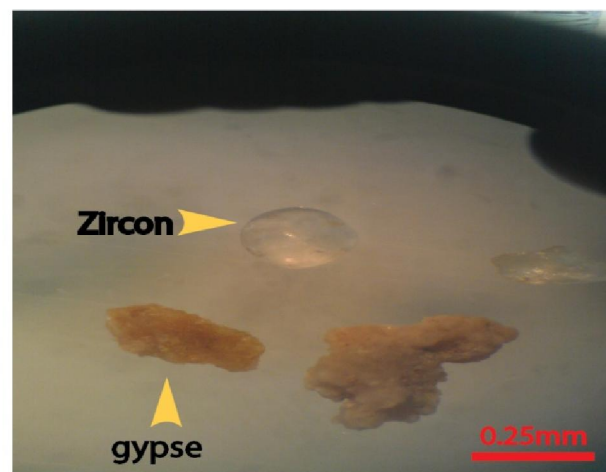
Ech 4 : Hématite, Ilménite



Ech4 : Grenat



Ech 2: Fragments de roches indeteminable



Ech 7: Zircon, gypse

**Fig. 75** Principaux minéraux lourds dans les sédiments Alluviaux d'Oued Rhumel



### **IV 3. Conclusion**

La description lithologique des coupes dans la vallée de Boumerzoug montre 03 séquences de dépôts à faciès répétés sablo-graveleux à sablo-limono-argileux, ces faciès présentent des variations verticales de texture marquant l'évolution climatique de la région d'étude pendant le Quaternaire.

Les résultats des analyses sédimentologiques révèlent une variation des paramètres sédimentologiques en passant de la base au sommet des séquences de dépôts. Les sédiments restent homogènes et bien classés dans le boumerzoug, et de moyen à mauvais classement dans le Rhumel.

Les résultats d'analyses géochimiques montrent une variation des paramètres géochimiques : Le pH est alcalin à neutre à travers toutes les séquences. Les carbonates présentent une augmentation verticale et la matière organique diminue de la base au sommet des séquences de dépôts à travers les deux vallées. La conductivité reste importante dans tous les sédiments alluviaux de la région d'étude.

La morphoscopie a montré que les grains de quartz ont des formes variables, les Non-usés et Emousse luisants sont dominants à tour de rôle à travers toutes les séquences de la coupes B1. Les Emousse luisants et Ronds-mats se trouvent dans toutes les séquences de la coupe B2 avec une dominance remarquable d'Emoussés luisants. Dans la coupe de Rhumel, on remarque une dominance des Non-usés et Emousses luisants.

L'exoscopie a montré que les grains de quartz ont subi plusieurs stades de transport par rapport aux traces marquées sur leurs surfaces.

Ces dépôts sont généralement homogènes du point de vue de la composition minéralogique avec du quartz, la calcite et des minéraux argileux dominant par rapport aux autres minéraux.

L'identification des minéraux lourds montre une concentration des oxydes (hématite, ilménite) et le gypse. Certains minéraux lourds sont présents dans les sédiments, tels que le Zircon, la Tourmaline, le Grenat et Azurite.

-

**Chapitre V Discussion  
et Interprétation des  
Résultats**

## Chapitre V Discussion et Interprétation des Résultats

### V.1 .Introduction

Dans ce chapitre, on a essayé d'interpréter les résultats des analyses sédimentologiques, micro- morphologiques et minéralogiques, on se basant sur des corrélations entre les différentes analyses. Le but essentiel de cette interprétation est de faire une identification des cycles de transports des sédiments alluviaux ainsi que les milieux de dépôts afin de reconstituer les paléoclimats de la région d'étude

### V.2 .La vallée d'Oued Boumerzoug

#### V.2.1.Interprétation lithologique et sédimentologique.

Les études lithologiques et sédimentologiques des terrasses alluviales d'Oued Boumerzoug (coupes B1 et B2) montrent des variations physiques et sédimentologiques qui se résument :

- La variation d'épaisseurs entre les séquences indique une période de sédimentation variable.
- Le milieu de mise en place des sédiments (dépôt de chenal, de plaine d'inondation), contrôle l'organisation générale de la séquence.

En dépit de ces variations, ces différentes séquences présentent de nombreux points communs et une grande homogénéité.

Ce sont généralement des séquences positives présentant globalement un granoclassement croissant de la base au sommet. Elles débutent toutes après une importante phase d'érosion (discontinuités existent entre les séquences de dépôts (**Fig. 47,48, 53, 54 et 55. Tab 10**), par une nappe de sables à sable argileux correspondant à des sédimentations plus ou moins régulières (Ballais J L, Benazzouz, M T 1994). Leur succèdent des niveaux plus graveleux, parfois à stratifications entrecroisées, (**Tab 10**) emballées dans une matrice argileuse à argilo-sableuse témoignant des conditions dynamiques fortes (Djerrab A et al 2012) probablement déposés pendant des crues torrentielles. Les variations dans la texture du sédiment peuvent être interprétées en termes d'énergie du courant (Djerrab A et al .2012).

Les terrasses d'Oued Boumerzoug se terminent par des séquences présentant un granoclassement décroissant qui débute par un cailloutis hétérométrique, qui devient progressivement des sables fins, puis limono-argileux et argileux, indiquant une sédimentation par roulement ou saltation sous l'effet d'un courant faible à modéré, avec un ralentissement de la sédimentation en éléments grossiers dans les bases séquences. Cela signifie aussi que oued Boumerzoug peut évacuer les sédiments fins prélevés à l'amont, après le changement de leur régime qui devient plus régulier et la disparition des crues brutales et torrentielles, et la diminution des précipitations orageuses.

Tab. 10 : Faciès alluviaux dans la vallée d'Oued Boumerzoug

Sequence/ Faciès	Structures sédimentaire	Géométrie et épaisseur	Processus de dépôt
<b>Coupe Boumerzoug B 01</b>			
<b>Séquence 1</b> : couplet planaires homogène, sableux graveleux	Discordance sur les formations marneuses et marneux calcaire tellien	Forme tabulaire 50 cm	une mise en place sous des conditions dynamiques fortes ensuite devient un régime plus régulier
<b>Séquence 2</b> : couplet planaires, sableux graveleux très homogène	Repose sur la séquence 1 par une surface étroite et continue, structure lenticulaire.	Forme tabulaire à cunéiforme 50 cm	Dynamisme fort, devient un régime faible et régulier
<b>Séquence 3</b> : couplet cailloutis hétérométrique Massif et sable argileux	Repose sur la séquence 2 par une surface continue	Forme tabulaire 90 cm	sédimentation par roulement ou saltation sous l'effet d'un courant faible à modéré intermittent par des périodes de crue
<b>Coupe Boumerzoug B 02</b>			
<b>Séquence 1</b> : couplet planaires sableux graveleux hétérométrique	Discordance sur les formations anciennes Structure lenticulaire	Forme cunéiforme 200 cm	une mise en place des sédiments sous des conditions dynamiques modérées et régulières
<b>Séquence 2</b> : couplet planaires sableux graveleux hétérométrique	Repose sur la séquence 1 par une surface irrégulière et continue, structure lenticulaire.	Forme cunéiforme 230 cm	une mise en place des sédiments sous des conditions dynamiques faibles à moyenne énergie et régulière
<b>Séquence 3</b> : couplet planaires sableux graveleux	Repose sur la séquence 2 par une surface discontinue et irrégulière, structure lenticulaire.	Forme cunéiforme à tabulaire 300 cm	une mise en place des sédiments sous des conditions dynamiques modérées faible à moyenne énergie et régulière
<b>Séquence 4</b> : couplet planaires sablo-argileux	Repose sur la séquence 3 par une surface continue et irrégulière	Forme tabulaire 200 cm	sédimentation par roulement ou saltation sous l'effet d'un courant faible

Les résultats obtenus et les corrélations établies entre les différents indices sédimentologiques, se basant sur le diagramme de freidmen (1961), nous permettent de constater qu'un régime fluvial a mis en place ces sédiments, qui sont hérités probablement d'un deuxième agent de transport marin (sables de plage). (Fig. 76, Fig. 77)

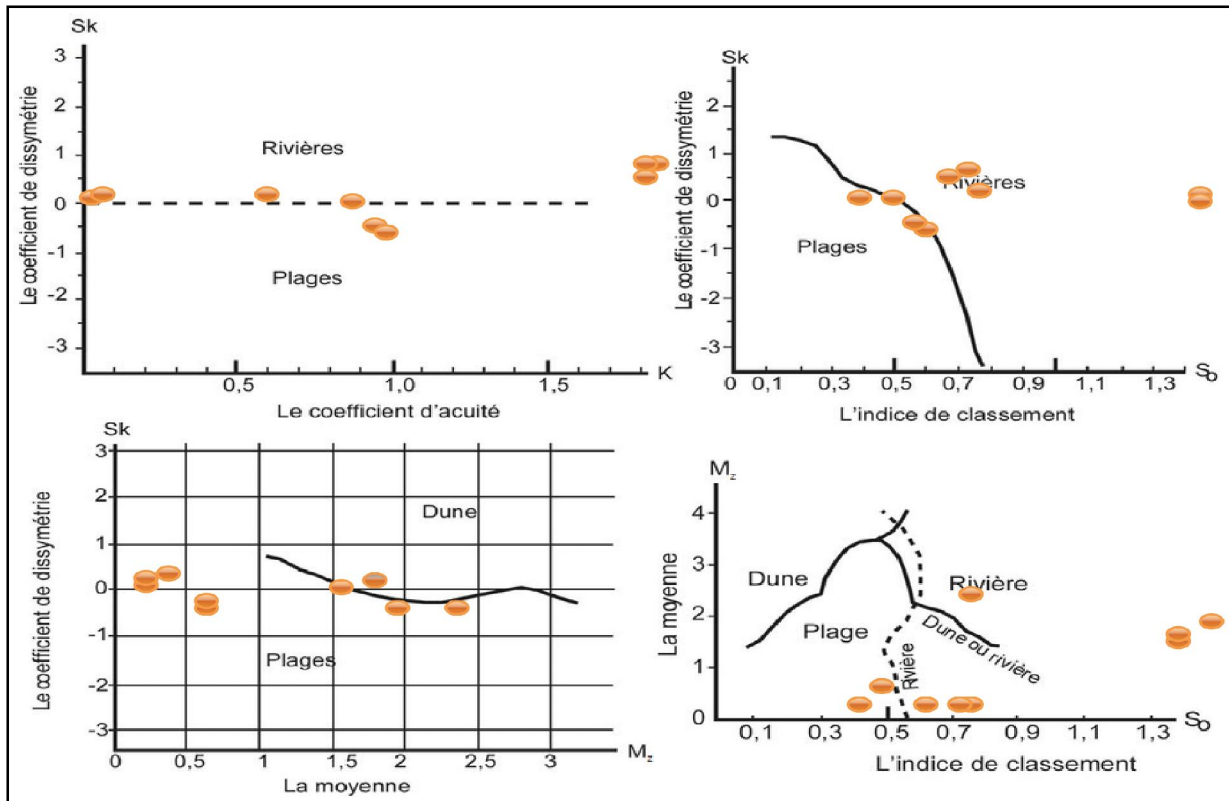


Fig. 76 Milieux de dépôt selon diagramme de Friedman (1961) Coupe Boumerzoug B1

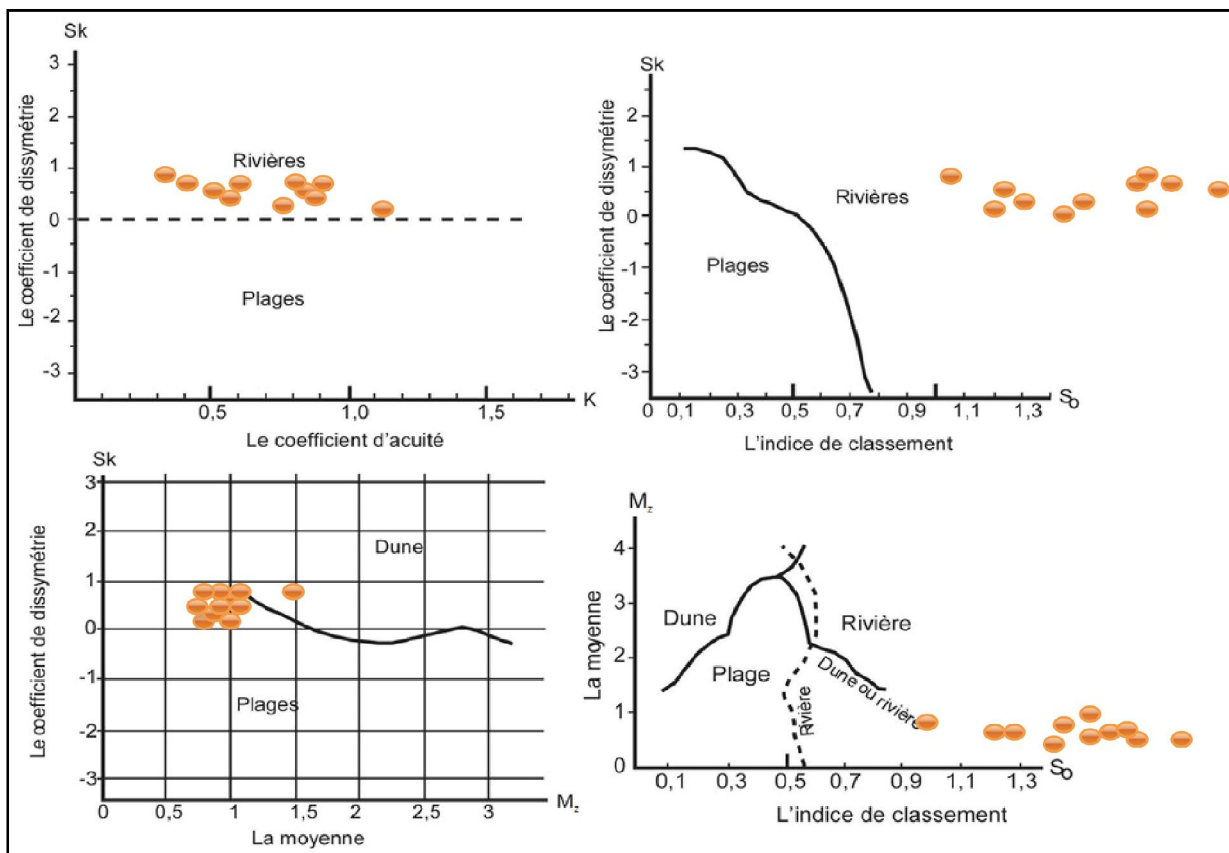


Fig. 77 Milieux de dépôt selon diagramme de Friedman (1961) Coupe Boumerzoug B2

### V.2.2 Interprétation Morphoscopique et exoscopique

L'analyse des grains de quartz en morphoscopie et exoscopie ont montré que :

Les grains de quartz ont été transportés par voie fluviatile sous un climat sub humide à la base à semi-aride au sommet des séquences de dépôts. Les grains émoussés luisants sont les plus dominants et les formes anguleuses présentent des arêtes émoussées par l'effet de transport fluviatile. Les cassures et les traces de chocs qui attestent d'un ancien transport par le vent, sont très réduites à cause de l'effacement qu'a subi la surface des grains après cette période de transport. Le nourrissage de silice et la précipitation des carbonates ont eu lieu durant la période de sécheresse à cause de l'évaporation.

### V.2.3. Interprétation Géochimique et Minéralogique

Les valeurs enregistrées du pH dans les alluvions d'Oued boumerzoug soulignent leurs caractères alcalins tendant parfois vers la neutralité. **(Fig. 78)**

L'alcalinité reflète la nature des sédiments, dominée par une roche mère calcaire et des sols argilo-limoneux. (Nassali H, et al 2002), (Keddari D et al 2019).

Les valeurs élevées de la conductivité électrique des alluvions de l'Oued Boumerzoug est due à l'enrichissement en ions monovalents et bivalents (Nassali H, et al 2002). La conductivité électrique assez conforme à la conductivité des sédiments des eaux douces malgré quelques pics excédant  $1070 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  et  $1083 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Keddari D et al 2019). Ces valeurs traduisent une minéralisation parfois élevée pouvant être attribuée à la présence de sebkhas en amont du sous-bassin dans la région d'Ain M'lila.

Les teneurs importantes en matière organique (MO), allant de 4.84% à 8.70% dans la coupe B1 et de 4 % à 9.70% dans la coupe B2 sont probablement dues à la dégradation de cellules mortes de la faune et de la flore du fleuve et le lessivage des sols environnants (Abdallaoui A1998). Du point vu climatique, il s'agit probablement d'un changement climatique, avec passage d'un climat humide vers un climat semi-aride. (Djerrab A et al .2012). L'augmentation verticale des teneurs en carbonates et la diminution des teneurs en matière organique seraient contrôlées par les conditions de mises en place des sédiments par hydrodynamisme de l'eau et leurs origines lithologiques. **(Fig. 78)**

En effet, la sédimentation fine provient essentiellement de l'érosion des marnes telliennes du Crétacé supérieur et les formations argilo-marno-gypseuses de miocène chargées en particules minérales et organiques, qui sont probablement associées aux périodes de crues de l'Oued Boumerzoug et du ruissellement provenant des versants des montagnes.

En effet l'étude des différents paramètres géochimiques, convergent dans le même sens que ceux de l'étude sédimentologique, et montrent généralement une évolution négative en allant vers les séquences supérieures confirmant ainsi les changements hydrologiques et climatiques.

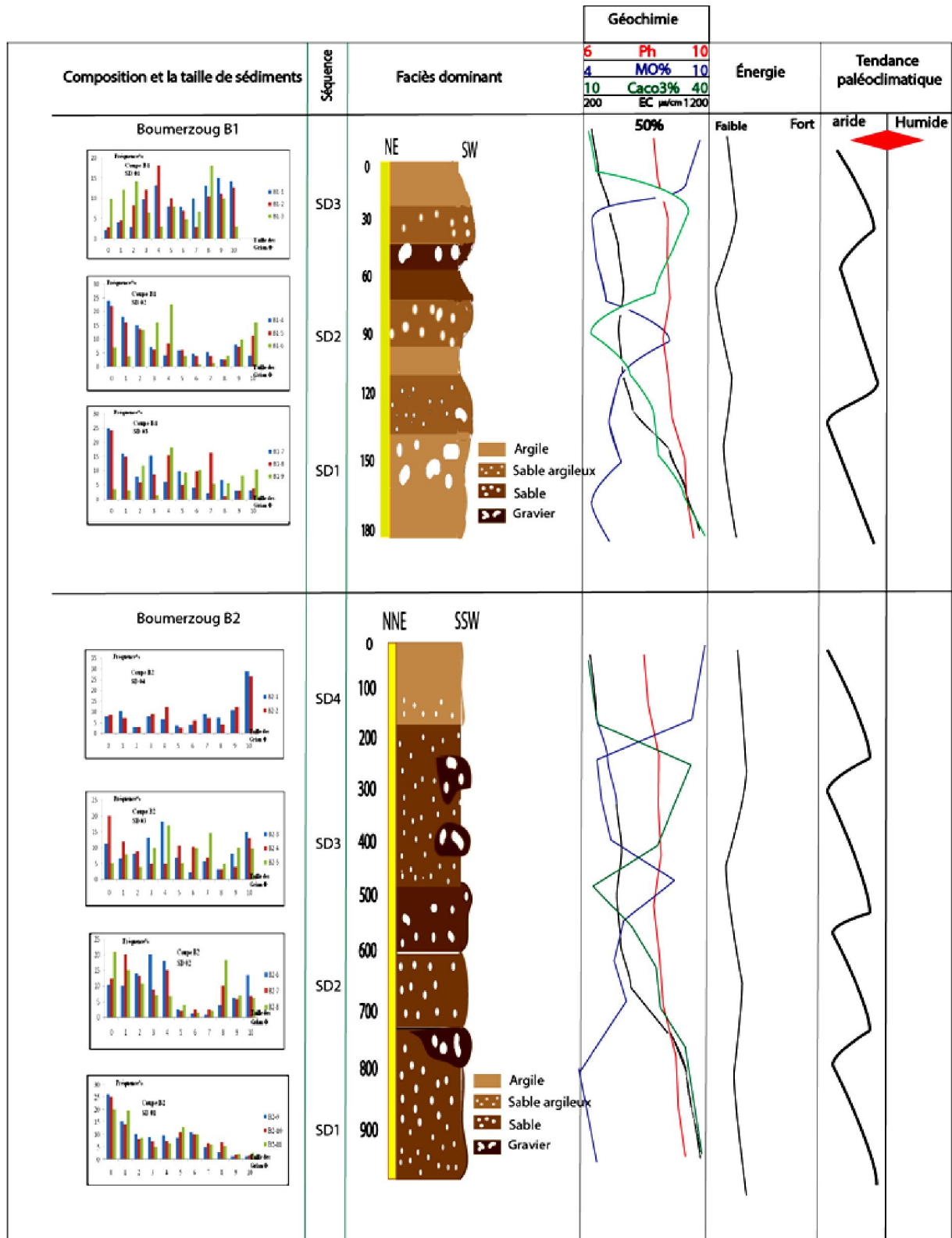


Fig. 78 La relation entre l'évolution sédimentologique, géochimique et la tendance paléoclimatique dans les faciès Alluviaux d'Oued Boumerzoug

L'analyse minéralogique au rayon x, la séparation des minéraux lourds révèlent la dominance du Quartz, qui représente le principal élément minéral qui compose ses dépôts.

Les minéraux secondaires, la Calcite, Gypse et les oxydes, sont des produits d'altération dans un contexte climatique subhumide à humide

Les minéraux lourds identifiés proviennent de l'altération des roches de différente nature, essentiellement sédimentaire qui constituent la majorité des formations géologiques à l'amont de la région d'étude. Ainsi l'existence des minéraux lourds provient d'altération des roches cristallines probablement transportées sur une longue distance par des paléo-agents de transport essentiellement fluviaux et/ou par les ruissellements provenant des grès de la nappe numidienne qui juxtapose la vallée de Boumerzoug.

Les minéraux argileux hérités ou formés sur place ont besoin de conditions spécifiques pour se former (type de substrat rocheux, température, précipitations) (Deng C., R. et al 2000) (Maher B.A, 1986).

### V.3. La vallée d'Oued Rummel

#### V.3.1. Interprétation lithologique et sédimentologique

Les études lithologiques et sédimentologiques de la coupe Rhumel montrent que les séquences de dépôts inférieures dans la coupe Rhumel se présentent sous un cailloutis plus ou moins homogène indiquant un régime de dépôts modéré et régulier. (Tab 11)

Les séquences de dépôts 2 et 3 présentent un granoclassement croissant. Elles débutent généralement par des sables grossiers devenant progressivement des graviers et galets. (Tab 11)

**Tab 11** : *Faciès alluviaux dans la vallée d'Oued Rhumel*

Sequence/ Facies	Structures sédimentaire	Géométrie et épaisseur	Processus de dépôt
<b>Séquence 1</b> : formation cailloutis planaires homogène		Forme tabulaire 70 cm	une mise en place sous des conditions dynamiques modérées régulières
<b>Séquence 2</b> : couplet planaires, sableux graveleux très homogène	Repose sur la séquence 1 par surface régulière et continue	Forme tabulaire 130 cm	une mise en place sous des conditions dynamiques modérées régulières
<b>Séquence 3</b> : trilogie planaires, sableux, graveleux, argileux	Repose sur la séquence 2 par une surface très régulière continue	Forme tabulaire 200 cm	Dynamisme forts, qui devient un régime faible et régulier



Cette variation dans la texture du sédiment été interprété en termes d'énergie du courant et des conditions dynamiques faibles à modérés et régulières à la base des séquences et fortes au sommet. Ces niveaux sont déposés probablement durant les périodes de crues.

Les résultats obtenus et les corrélations établies entre les différents indices sédimentologiques, basés sur le diagramme de freidmen (1961), nous ont permis de constater qu'un régime fluviatile a mis en place ces sédiment, (Fig. 79)

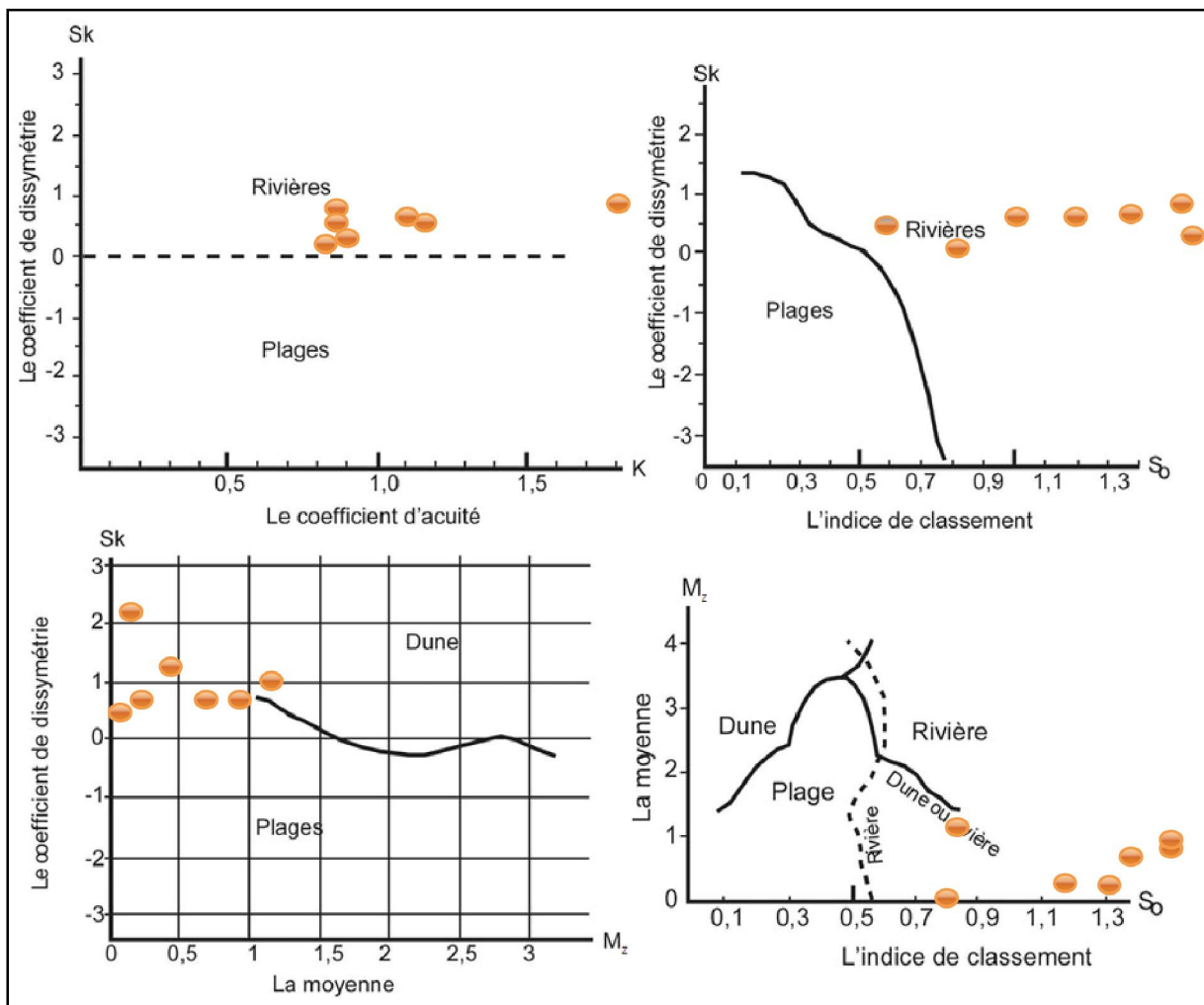


Fig. 79 Milieux de dépôt selon diagramme de Friedman (1961) Coupe Rhumel (Rh)

### V.3.2 Interprétation morphoscopique et exoscopique

La vallée de Rhumel ressemble à celle de Boumerzoug en effet les mêmes périodes climatiques qui touchent la région d'étude

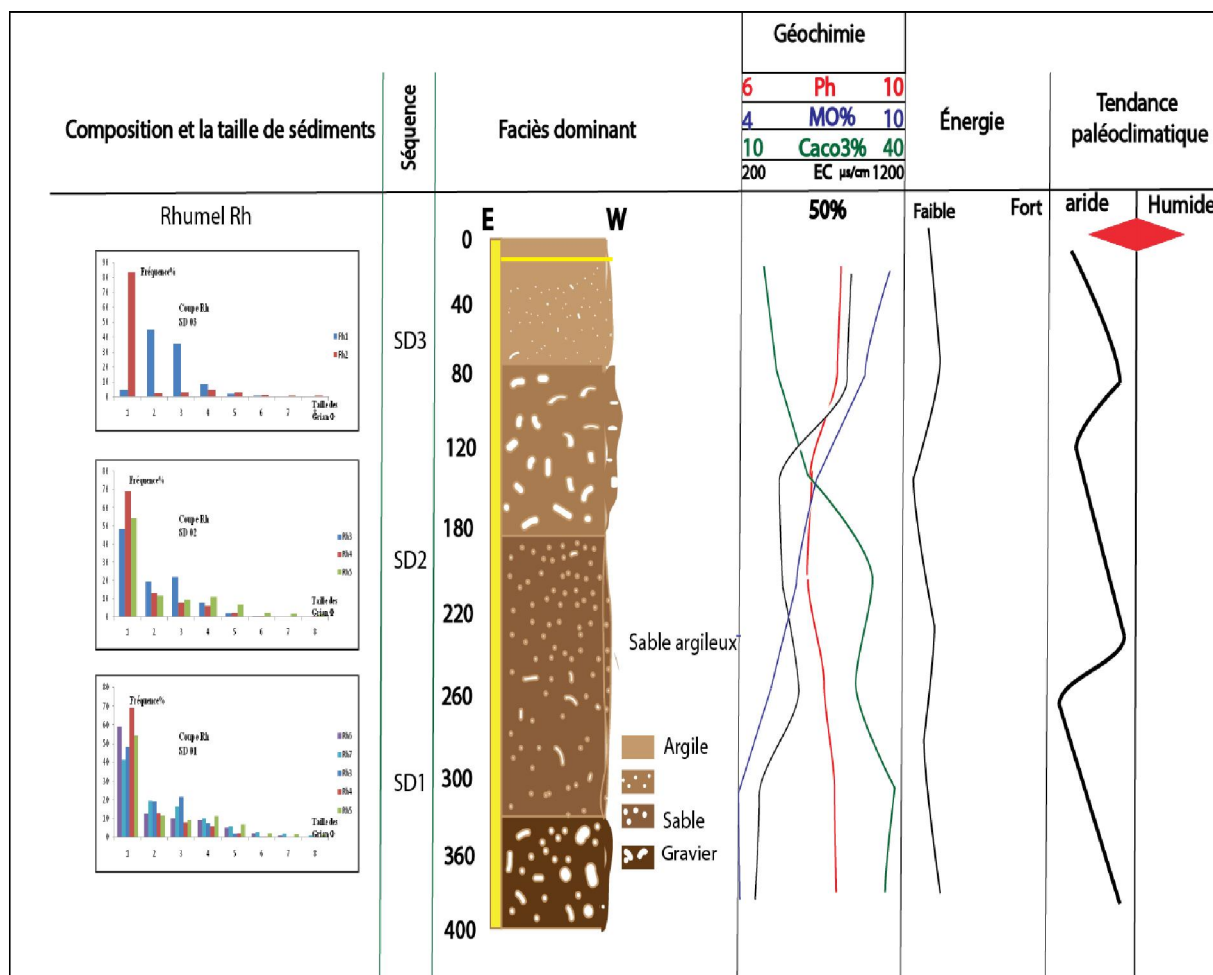
Les grains de quartz ont été transportés par voie fluviatile sous un climat sub humide à la base à semi-aride au sommet des séquences de dépôts. Les grains Non Usée sont les plus dominants a la base de séquences et émoussé luisants au sommet avec des arêtes partiellement émoussées par l'effet de transport fluviatile à faible énergie. Les cassures planes et conchoïdales sont claires, les picotages qui attestent un transport par vent. Le

nourrissage de silice et la précipitation des carbonates ont eu lieu durant la période de sécheresse à cause l'évaporation.

**V.3.3. Interprétation Géochimique et minéralogique**

Comme dans la vallée d'Oued Boumerzoug, les valeurs enregistrées du pH dans les alluvions d'Oued Rhumel soulignent leurs caractères alcalins tendant parfois vers la neutralité, qui reflète la nature des sédiments, dominée toujours par une roche mère calcaire et des sols argilo-limoneux. (Nassali H, et al 2002), (Keddari D et al 2019). La conductivité électrique assez conforme à la conductivité des sédiments des eaux douces (Keddari D et al 2019).

Les teneurs importantes en matière organique (MO), allant de 4% à 9.70% sont probablement dues à la dégradation de cellules mortes de la faune et de la flore du fleuve et le lessivage des sols environnants (Abdallaoui A1998). **(Fig. 80)** Les teneurs élevées des carbonates dans les alluvions d'Oued Rhumel proviennent essentiellement de la dissolution des formations carbonatés du Crétacé supérieur.



**Fig.80** La relation entre l'évolution sédimentologique, géochimique et la tendance paléoclimatique dans les faciès Alluviaux d'Oued Rhumel

Similaire à la vallée de Boumerzoug les différents paramètres géochimiques, convergent dans le même sens que ceux de l'étude sédimentologique, montrant généralement une évolution négative en allant vers les séquences supérieures confirmant ainsi les changements hydrologiques et climatiques.

L'analyse minéralogique au rayon x, la séparation des minéraux lourds révèlent une dominance du Quartz, ainsi que les oxydes et la Calcite qui peuvent être le produit d'altération de contextes sédimentaires avoisinants à l'amont de la vallée Rhumel.

Les minéraux lourds altérés des roches mères cristallines présents dans les alluvions sont probablement transportés eux aussi sur une grande distance par les Oueds et les ruissellements sous des conditions climatiques spécifiques (régime à énergie forte).

#### **V4. Conclusion**

Les corrélations entre les différents paramètres sédimentologiques, géochimique et minéralogique nous laisse constater que :

Les observations morphoscopique et exoscopique indiquent un régime de transport semblable dans les deux vallées, avec une dominance d'un transport fluvial, et quelques exceptions de sédiments hérités de transport éolien et/ou marin.

Les dépôts alluviaux ont une composition minéralogique semblable, à dominance quartzeuse et argileuse.

La Calcite, le Gypse et les oxydes sont le produit d'altération des terrains sédimentaires avoisinants.

Les minéraux lourds révèlent probablement un transport sur une longue distance des sédiments provenant probablement du socle et/ou des grès numidien.

En effet, le système alluviale Rhumel-Boumerzoug, présente des formations alluviales qui peuvent être, réparties en deux phases de dépôt traduisant deux cycles climatiques.

Dans la vallée d'Oued Boumerzoug, le premier cycle touche la partie inférieure des formations alluviales. Il caractérise un climat subhumide à humide avec des précipitations plus ou moins importante, et avec des intercalations des périodes de sécheresse. Le deuxième cycle avec des conditions climatiques plus sèches avec de précipitations moyennes à faibles. Il est probablement identique à un climat semi-aride.

Dans la vallée d'Oued Rhumel, un premier cycle touche la séquence inférieure avec un climat subhumide à précipitation importante et régime hydrologique modéré et régulier. Le deuxième cycle plus sec et avec des périodes de crue et d'inondation probablement identique à un climat semi-aride

Enfin les fluctuations temporelles des paramètres sédimentologiques, géochimiques et minéralogiques résulteraient de l'hydrodynamisme de l'eau, ainsi qu'à sa concentration en saison sèche et à sa dilution en saison humide.

# **Conclusion Générale**

### Conclusion Générale

La région d'étude se distingue par des formations sédimentaires de morphologie plus ou moins irrégulière s'étalant de Crétacé au Quaternaire. Ces formations géologiques sont marquées par des traits orographiques complexes dus à l'héritage d'une tectonique alpine et néo-alpine.

Le réseau hydrographique est dominé par le Rhumel et le Boumerzoug, qui résultent probablement à des accidents de la néo-tectonique.

Les données des forages et les coupes géologiques faite dans le bassin de Constantine montrent des accumulations alluviales Quaternaires récentes discordant sur des formations détritiques, sableuses et argilo-conglomératiques plus anciennes (Miocènes). Les formations Miocènes sont discordantes sur les marnes telliennes qui affleurent par endroits.

Les formations alluviales du Quaternaire qui s'installent aux deux rives des Oueds Rhumel et Boumerzoug, sont représentées par des terrasses alluviales de type terrasses étagées. Ces derniers sont marqués par des structures sédimentaires essentiellement des chenaux anastomosés, des structures en litage, ainsi que des figures d'érosion et d'éboulement.

L'étude sédimentologique, géochimique et minéralogique des formations alluviales du système Rhumel-Boumerzoug exige de passer par la reconnaissance de site à étudier, le choix des zones de prélèvements, puis la description des formations.

Nous avons établi la granulométrie, les analyses géochimiques, minéralogiques (diffractométrie au Rayon x) et microscopique (identification des minéraux lourds, morphoscopie et exoscopie des grains de quartz) afin de confirmer les descriptions faite sur sites, ainsi la reconstitution paléo-environnementale et paléoclimatique.

La description lithologique a montré trois cycles sédimento-génétiques répétitifs avec alternance des conditions hydrologiques et climatiques. Ces trois cycles correspondent aux trois séquences de dépôts observée dans le système Rhumel-Boumerzoug, qui ont généralement des faciès sablo-graveleux à sablo-limono-argileux. Ces faciès présentent des variations texturales marquant l'évolution climatique de la région d'étude.

Les résultats d'analyses minéralogiques révèlent une prédominance du Quartz et des minéraux argileux par apport aux autres minéraux.

La description morphoscopique et l'exoscopie ont montrés que les grains de Quartz ont des formes variables. Les Non-usés et Emousse luisants s'alternent avec la présence remarquable des Ronds-mats à travers les sédiments de Boumerzoug. Dans le Rhumel, on remarque une dominance de Non-usés et Emousse luisants.

## **Conclusion Générale**

---

L'identification des minéraux lourds montre une concentration des oxydes (Hématite, Ilménite) et du Gypse qui sont le produit d'altération des terrains sédimentaires avoisinants. On remarque l'existence de certains minéraux lourds, tels que le Zircon, la Tourmaline, Grenat et l'Azurite proviennent probablement du socle et/ou des grès numidien.

En générale, le système alluvial Rhumel-Boumerzoug, présente des formations alluviales qui peuvent être, réparties en deux phases de dépôt traduisant deux cycles climatiques.

Dans la vallée d'Oued Boumerzoug, le premier cycle caractérise un climat subhumide à humide avec des précipitations plus ou moins importante, et avec des intercalations des périodes de sécheresse. Le deuxième cycle caractérise un climat semi-aride avec des conditions climatiques plus sèches avec de précipitations moyennes à faibles.

Dans la vallée d'Oued Rhumel, un premier cycle caractérise un climat subhumide avec une précipitation importante et régime hydrologique modère et régulier. Le deuxième cycle identique un climat semi-aride plus sèche et avec des périodes de crue et d'inondation.

**Références**

**Bibliographiques**



### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abdallaoui A.1998** .*Contribution à l'étude du phosphore et des métaux lourds contenus dans les sédiments et de leur influence sur les phénomènes d'eutrophisation et de la pollution. Cas du bassin versant de l'oued Beht et de la retenue de barrage El Kansera*. PHD Thesis, Marroco. 1998;

**Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue, 2004** ; *les cahiers de l'agence N°2 : Le bassin kebir-Rhumel*. 33p.

**Amireche H.**, 2001 : *L'eau, le substrat, la tectonique et l'anthropisation dans les phénomènes érosifs du Tell Nord Constantinois (Algérie)*, Thèse de doctorat, Univ. Mentouri Constantine, 226 p.

**Arcadis 2002**: *Rapports Géologiques, Géomorphologiques de la région de Constantine pour le traitement des glissements de terrain (ministère de l'habitat et de la construction)*.

**Aidat A., 2014**: *Topologie de rapports entre la ville de Constantine et son Rhumel-Boumerzoug*. Thèse de magister. Unv Mentouri-Constantine

**Aissaoui D., 1984** : *Les structures liées à l'accident Sud Atlasique entre Biskra et le Djebel Menaà (Algérie). Evolution géométrique et cinématique*. Thèse, 3° Cycle, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 150p.

**Aris Y., 1994** : *Etude tectonique et micro tectonique des séries jurassiques à Plio-quadernaires du Constantinois central (Algérie nord orientale) caractérisation des différentes phases de déformations*. Doctorat d'université, Nancy I, 215p.

**Association française de normalisation (AFNOR) (1953)**. *Essais des eaux. Mesure électrochimique du pH avec l'électrode de verre*. Norme AFNOR NF T90- 008, avril 1953, France.

**Association française de normalisation (1995)**. *Qualité du sol. Détermination de la teneur en carbonate. Méthode volumétrique*. Norme AFNOR NF ISO 10693, juin 1995, France.

## Références Bibliographiques

---

**Association française de normalisation (1998).** *Sols : reconnaissance et essais. Détermination de la teneur pondérale en matières organiques d'un matériau. Méthode par calcination.* Norme AFNOR XP P 94-047, décembre 1998, France

**Aubouin J., 1977:** *Méditerranée orientale et méditerranée occidentale. Esquisse d'une comparaison du cadre alpin.* Bull. Soc. Géol. Fr. (7) XIX, n° 3, P421-436

**Bar C B., 1957:** *Etude géologique de la feuille au 1/50.000 d'Ain M'lila.* Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, Nlle série N°9. 249p.

**Ballais J L, Benazzouz, M T 1994;** *Données nouvelles sur la morphogenèse et les paléo-environnements tardiglaciaires et holocènes dans la vallée de l'oued Chéria-Mezeraa Nemencha, Algérie orientale ;* Méditerranée N° 3.4 – pp 59-71 1994

**Bellion Y J, 1972 :** *Etude géologique et hydrogéologique de la terminaison occidentale des Monts de Bellezma (Algérie),* Thèse Doct.3eme Cycle Univ Paris6 :221p

**Benabbas C., 2006 :** *Evolution Mio-plio-quadernaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale : apport de la photogéologie et analyse morpho structurale.* Doctorat d'état Université, Constantine, 256 p

**Bougdal R, 2007 :** *Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord* Thèse, Doc USTHB, 185 p

**Bourenane H and Bouhadad Y 2000;** *Spatial analysis, assessment and mapping of flood hazard in the alluvial plains of Boumerzoug and Rhumel (city of Constantine, north-eastern Algeria): application to development and urban planning projects ;* Bulletin of Engineering Geology and the Environment.

**Bouillin J P., 1977:** *Géologie alpine de la petite Kabylie dans la région de "Collo" et "d'El Milia" (Algérie).* Thèse SC., Paris VI, 551 p., 127 fig., 2 pl.h.t.

**Bouillin J P., 1979:** *La transversale de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie.* Mém. Soc. Géol. Fr., N.S., t. LVII ;n°135, pp. 1-84, 51 fig., 1 pl.h.t.

**Bouillin J P., 1986:** *Le bassin maghrébin une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes.* Bull. Soc. Géol. Fr., (8), t. II, n° 4, pp. 547-558.

## Références Bibliographiques

---

**Boulvain. F et al 2021** : *Introduction à la sédimentologie et à la pétrologie sédimentaire ; Cours publié en ligne ; université de liège Belgique.*

**Bureau D., 1970**: *Principaux traits de la structure des monts de Bélezma (Algérie).* Bull. Soc. Géol. France. (7).T.XII.N°2.PP.210-213.

**Bureau D., 1973**: *Esquisse géologique des Monts de Bélezma (Aurès, Algérie).* Publ. Serv. Géol. Algérie, Nlle, série, n°45, pp 73-92.

**Bureau D., 1986**: *Approche sédimentaire de la dynamique structurale : évolution mésozoïque et devenir orogénique de la partie septentrionale du fossé saharien (Sud-Ouest Constantinois et Aurès. Algérie).* Thèse d'Etat. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 441P.

**Chadi M., 2004** : *Cadre géologique et structurale des séries crétacées néritiques du Constantinois (Est –Algérien).* Doctorat d'état Université, Constantine, 219 p

**Caillent et Tricard ,1963** : *Initiation à l'étude des sables et des galets ; centre de documentation, Paris 56 table. 72 Fig., Index 369 p.*

**Chellat S., 2014** ; *Géologie des dépôts continental néogène du Sahara algérien Reconstitution paléo environnementale des formations Moi-pliocène du nord central et nord – est du Sahara .*thèse Doctorat sciences p 153.

**Coiffait P E., et VILA J M., 1979**: *Carte géologique de l'Algérie au 1/50.000 feuille d'El Aria avec notice explicative*

**Coiffait P E., 1992**: *Un bassin post-nappe dans son cadre structural l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord Orientale).* Thèse Sciences. Nancy I.P.502.

**Coque .R, 1977** : *Géomorphologie – éd Armand Colin , Paris, 430p*

**Cote. M, 1974** : *Les régions bioclimatiques de l'est algérien.* C.U.R.E.R Université de Constantine

**Courme-Rault. M.D, 1985** : *Stratigraphie du miocène et chronologie comparée des déformations suivant deux transversales des Atlasides orientales (Algérie- Sicile),* Thèse es-sciences, univ d'Orléans, 2 tomes, 456p, 26pl .

**Cujon. I et Renord. M. 1999** : *Sédimentologie,* Edition DUNOD, Paris ; 418p

## Références Bibliographiques

---

**Deleau P. 1938** : *Etude géologique des régions de Jemmapes « Hammam Meskoutine » et du col des oliviers*. Ibid (2).N°.14.T.1.55P. Alger.

**Delfaud J. 1974** : *Les grands traits de la paléogéographie de l'Algérie septentrionale durant le jurassique supérieur et le Crétacé inférieur*. C.R. Somm. Soc. Géol. Fr. Séance du 4.11.1974.

**Dercourt et al, 1985**: *Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the lias*, tectono-physics 123(1-4):241-315

**Deng C.R, Zhu K.L, Verosub M.J, Singer, B.Y. Yuan. 2000**: *Paleoclimatic significance of the temperature-dependent susceptibility of Holocene loess along a NW-SE transect in the Chinese loess plateau*. Geophysical Research Letters, 27 (22), p. 3715-3718.

**Djerrab A, Zedam R, Camps P, Defaflia N, Abdessadok S, Triki D, Djelailia S, Bahra.N 2012**: *Sedimentological and magnetic study of an alluvial sequence of the upper Pleistocene and Holocene of Adaila wadi (El Ma Labiod, Tebessa, Algeria) and palaeoenvironmental indications*: Quaternaire Volume 23 Numéro 3 pp 227-240

**Domzig A. et al. 2006**: *Searching for the Africa–Eurasia Miocene boundary offshore western Algeria (Maradja'03 cruise)*, C.R. Geosciences 338.80-91

**Durand Delga M., 1955** : *Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique*. Publ. serv. Carte géol. Algérie, Bull. n° 24, 533 p., 143 fig., 16 pl., 10 pl.h.t.

**Durand Delga M., 1969** : *Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie*. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, N. S., Bull. n°39, pp 89-131, 9 fig.

**Durozoy G., 1960** : *Etude géologique de la région Châteaudun du Rhumel*. Publ. du Serv. De la carte géol. de l'Algérie. Nlle série. Bull. N°.22.

**Farah A S., 1991** : *Etude du comportement hydro chimique d'un Oued en zone méditerranéenne semi-aride d'Afrique du Nord et de ses causes naturelles et anthropiques: l'Oued Rhumel, Constantinois Algérie*. Thèse de Doctorat. Université d'Orléans. France.

**Friedman; G M., 1961**: *River sands from thier tesctural characteristics*. journal of sediment ary petrology ; V.31/4 ; P.514-529

## Références Bibliographiques

---

**Flandrin J., 1948** : *Contribution à l'étude stratigraphique nummulitique Algérien*, Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, n°19.Thèse. Paris.

**Ficheur E., 1894** : *Les terrains d'eau douce du bassin de Constantine*. B.S.G.F.PP.544-575.

**Ficheur E., 1894** : *Le bassin lacustre de Constantine et les formations oligocènes en Algérie*. C.R.AC.Sc. T.118.1066P.

**Ficheur E., 1900** : *Carte au 1/800.000 de la région de Constantine*.

**Folk. R. L ,1959** : *Particule petrographique classification of lime stones in .ELF .Aquitaine* 1975.

**Folk. R. L et Word. W. 1957**. *Brosos river bar: a study in the significance of grain size parameters* .J. sediment Petrol 27, 3-26

**Fourcade E et Raoult J F., 1988** : *Dictionnaire de géologie 3<sup>ème</sup> édition* Ed. Masson, 350p.

**Gelard J P., 1969** : *Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata : le flysch Mauritanien (Grande Kabylie)*. Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XI, pp. 676-686, 3 fig., 1 pl.

**Glangeaud. L 1932** : *Étude géologique de la région littorale de la province d'Alger Thèse de doctorat : Sciences naturelles : Muséum d'histoire naturelle* 627 p

**Guiraud R., 1973** : *Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines*. Thèse Sc. Univ. Nice, 270p.114 fig.12 pl.h.t..

**Holtzapffel T, 1985**: *Clay minerals: Preparation, diffractometric analysis and determination*. Société géologique du Nord, Villeneuve D'Asq, France, 136 pp, 1985

**Joleaud L., 1912** : *Etude géologique de la chaîne numidique des monts de Constantine*. MontPellier, Montane, Sicardiet, Valentin Ed.438.9P.1.carte en couleurs .Thèse. Paris.

**Kazi-tani N., 1986** : *Evolution géodynamique de la bordure Nord Africaine le domaine intra plaque nord orientale. Approche méga séquentielle*. Thèse. Sc. Univ. Pau. Et des pays de l'Adour. 886p.

## Références Bibliographiques

---

- Keddari D, Afri-Mehennaoui F Z, Smatti-Hamza I, Djeddi H, Sahli L, Mehennaoui S, 2019 :** *Evaluation du niveau de contamination par les éléments traces métalliques (cadmium, cuivre, nickel et zinc) des sédiments de l'oued boumerzoug et ses affluents, et leur transfert vers la chénopodiacée spinacia oleracea* Revue des Sciences de l'Eau 32(3) pp 255-273.
- Lacas G ; Cros P et Lang J. 1976 :** *Les roches sédimentaires, Etude microscopique des roches meubles et consolidées.* Edit Dorus Paris 503p
- Laffite R., 1939 :** *Etude géologique de l'Aurès.* Bull. Serv. Carte géol. Algérie (2), Bull, N° 15,484p.
- Leikine M. et Velde B. 1974:** *Les transformations post-sédimentaires des minéraux argileux du Sénonien, dans le NE algérien .Existence probable d'un épimétamorphisme anté-éocène* .Bull. Soc .géol. Fr. (7), p.177-182,3fig. Paris.
- Laboratoire de Travaux Public Est 2001 :** *Sondages carottiers dans la ville de Constantine,* Rapport d'investigation de terrain M.A.U Alger. Algérie
- Le Ribault .L1977 :** *L'exoscopie du quartz* Edition Masson141 p
- Le Ribault. L et Giresse. P 1981** *Contribution de l'étude exoscopique des quartzs à la reconstitution paléogéographique des derniers épisodes du Quaternaire littoral du Congo,* Quaternary Research 15, 86- 100
- Nassali H, Benbouih H, Srhiri A.2002.** *Influence des eaux usées sur la dégradation de la qualité des eaux du lac Fouarate au Maroc.* Proceedings of international symposium on environmental pollution control and waste management. Tunis (EPCOWM), 3-14
- Maher B.A.1986 :** *Characterization of soils by mineral magnetic measurements,* Physics of the Earth and Planetary Interiors 42, p.76-92.
- Mehdjoub Y et Merle O .1990 :** *Cinématique des déformations tertiaires dans le massif de petite Kabylie (Algérie orientale).* Bull. Soc. Géol. France, (8), VI, n°4, pp 629-634, Paris
- Marmi R., Chadi M., Ines M., 2001 :** *Synthèse stratigraphique du Constantinois.* 1<sup>er</sup> Séminaire sur la Géologie du Grand Constantinois 06-07 Novembre Constantine.

## Références Bibliographiques

---

**Marre, A., Quinif, Y., Lahondère, J.C. & Vila J.M. 1977.** *Le relief karstique et la géologie du versant Nord du Djebel Zouaoui (Constantine, Algérie)*. Méditerranée, 29 (2), 45–54.

**Mebarki, A. 1984 ;** *Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kébir-Rhumel*. Alger, Office des Publications Universitaires Algérie pp, 1984

**Mebarki A, 2005** *Hydrologie des bassins de l'est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement*. Thèse d'Etat, Université Mentouri de Constantine.

**Miskovsky J.-C et al. 2002** *Géologie de la Préhistoire, méthodes, techniques; Applications, ed Association pour l'étude de l'environnement géologique de la Préhistoire*, Paris, GéoPré, Presses universitaires de Perpignan, 1519 p.

**Obert D 1981 :** *Etude géologique des Babors orientaux (Domaine tellien .Algérie)* Thèse sciences Paris 635p.

**Pomel .A, 1890 :** *Explication de la 2eme édition de la carte géologique provisoire de l'Algérie au 800000*, Alger, Serv, Carte, géol, Algérie 217p

**Rabahi N, 2008 :** *La Série Néritique du Constantinois Central « Massif du Chattabah, Djebel Felten » Lithostratigraphie, Sédimentologie et Caractérisation Hydrogéologique « Région de Constantine »* Thèse, Magist université Batna pp 134.

**Raoult J F., 1969:** *Nouvelles données sur les flyschs du Nord du Kef Sidi Dris et dans la zone du Col des Oliviers (Nord du Constantinois, Algérie)* Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XI, pp 516-543.

**Raoult J F., 1974 :** *Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord - Constantinois, Algérie)*. Mém. Soc. Géol. Fr., N.S., t. LIII, n°121, 164 p., 62 fig., 11 pl.h.t.

**Salvia-Castellvi, M., Scholer, C., & Hoffmann, L. 2002.** *Comparaison de différents protocoles de spéciation séquentielle du phosphore dans des sédiments de rivière*. Revue des sciences de l'eau, 15, 223-233.

**Savornin J. 1934:** *La géologie algérienne et nord africaine depuis 1830*. Publ, Serv.Carte Géol. Algérie, 1 vol.398p.

## Références Bibliographiques

---

**Savornin J., 1920 :** *Etude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien.* Bull. du S.C.G.A., 2<sup>ème</sup> série stratigraphie, descriptions régionales N° 7.

**Shepard, F.P., 1954:** *Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios.* Journal of Sedimentary Petrology, 24, 151-158.

**Tissot, J. ; 1891 :** *Carte géologique au 800000 de la province de Constantine et au cercle de Boussaâda, Alger ; A. Jourdan édit*

**Van de Fliert J R., 1955:** *Etude géologique de la région d'Oued Athmania (Algérie) ; Publ. Serv. Carte géol. Algérie N.S, Bull N°8,245p. Alger.*

**Vila J M, Busnardo R., Devries A., Magne J., Sigal J., 1968 :** *Données stratigraphiques sur la série renversée et charriée du Dj Bousba et étude de son cadre structural (région de Guelma, Constantinois, Algérie).* Bull. Soc .géol. France. (7), T.X, pp206-212.

**Vila J M., 1977:** *Carte de l'Algérie au 1/200 000, feuille de Constantine (P-Q ; 3-4).* Publ. comm. Serv. Carte Geol, Algérie/SONATRACH, not. Expl. Détaillée, 45p.

**Vila J M., 1977:** *Carte de l'Algérie au 1/200 000, feuille de Sétif (N-Q ;3-4),.* Publ. comm. Serv. Carte Geol, Algérie/SONATRACH, not. Expl. Détaillée, 45p.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°146, Ain Yaghout, avec notice explicative détaillée (levés de D. Bassetto, R. Gonnard, S. Guellal, A. Paris et J-M. Vila).* Serv. Carte géol, Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°147, Ain Kercha, avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal et J-M. Vila).* Serv. Carte géol, Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°148, Oum el Bouaghi, avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal et J-M. Vila).* Serv. Carte géol, Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°173 Ain el Ksar, (El Madher) , avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal et Vila J-M).* Serv. Carte géol, Algérie/SONATRACH.



## Références Bibliographiques

---

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°174, Boulhilet, (Luthau), avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal et Vila J-M.).* Serv. Carte géol., Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°175, Garet et Tarf, avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal et Vila J-M.).* Serv. Carte géol., Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°176, Fkirina, avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal).* Serv. Carte géol., Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°201, Tazoult (Lambèse), avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal).* Serv. Carte géol., Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1977:** *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille n°202, Touffana, avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal).* Serv. Carte géol., Algérie/SONATRACH.

**Vila J M., 1978:** *Définition de la nappe néritique constantinoise, élément structural majeur de la chaîne alpine d'Algérie orientale.* C. R. Somm. Soc. Géol. Fr. 2fig. pp 791-794.

**Vila J M., 1980:** *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens.* Thèse Sc. Univ. Paris VI, 3 vol, 663 p., 199 fig., 40 pl., 7 pl.h.t.

**Voûte C., 1967:** *Essai de synthèse de l'histoire géologique des environs d'Ain Fakroun, Ain Babouche et des régions limitrophes.* Publ. Serv. Carte géol. Algérie n°36, 2 tomes, 3 fig., 41 pl., 255 p.

**Wildi W., 1983:** *La chaîne tello rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène.* Rev. Géol. Dyn. Géol. Phys., (24), 3, pp 201-297.

# **Annexes**

## Annexe I

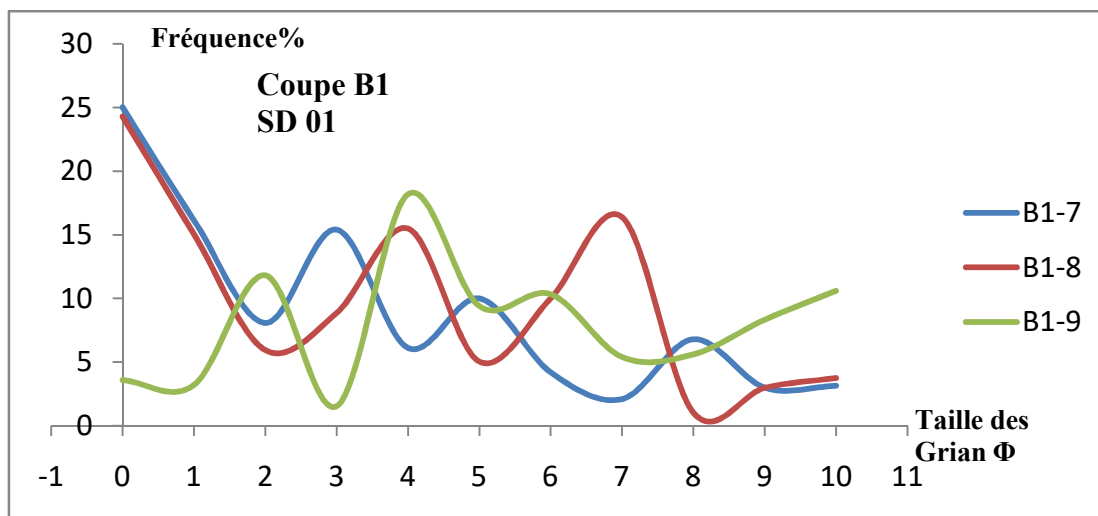
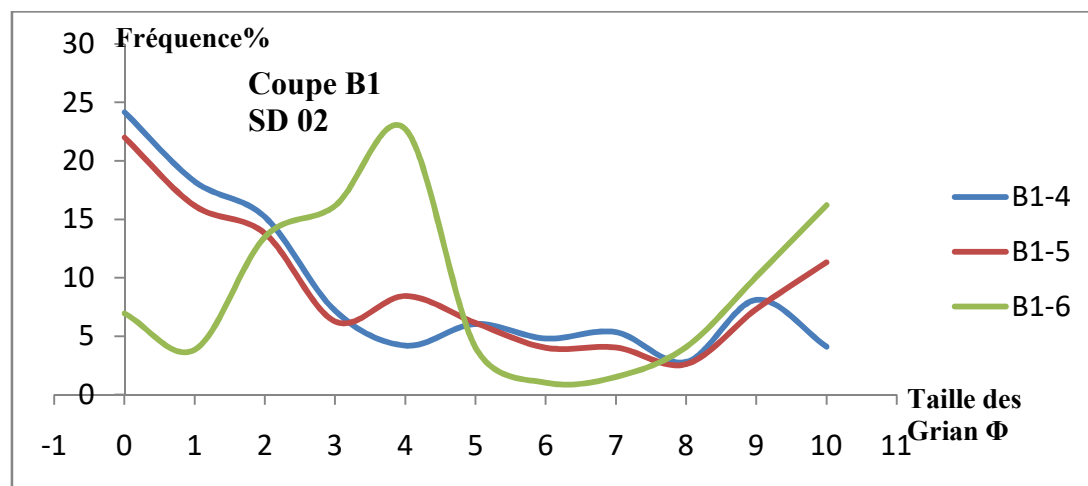
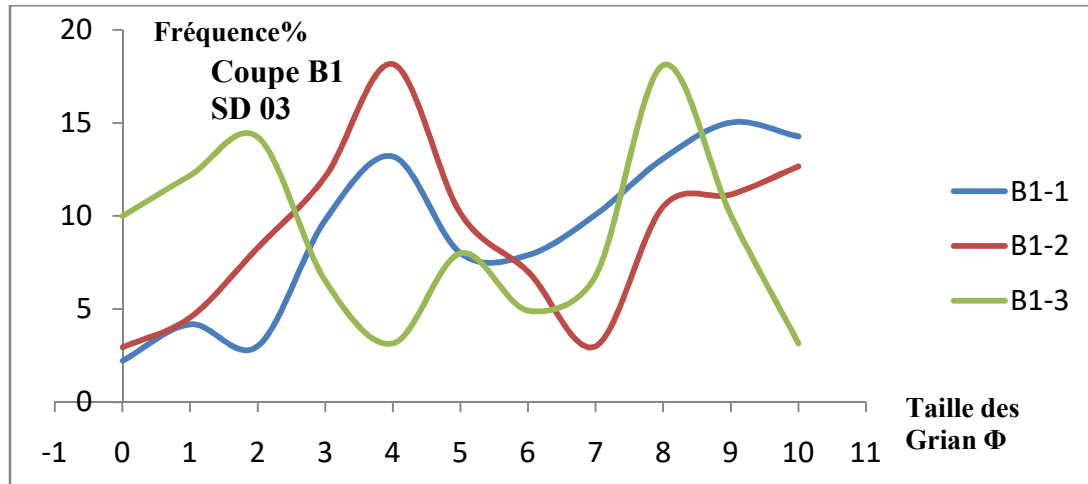
**Tab 1 : Analyses Granulométriques et Physico-chimiques des sédiments d'Oueds Boumerzoug et Rhumel**

Granulometrie %					Géochimie %				
Ech	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable	pH	pH (kcl)	E.C(µs/cm)	MO%	Caco3%
Coupe Boumerzoug 1									
B1-1	14.28	28.13	25.18	32.41	7.92	8.44	821	8.70	12.36
B1-2	12.66	21.15	20.13	46.06	7.85	8.13	852	8.07	20.33
B1-3	3.15	28.13	18.91	49.81	7.06	7.58	900	6.84	23.15
B1-4	4.09	10.88	16.14	68.89	7.22	7.76	799	7.23	18.5
B1-5	11.32	9.92	14.15	66.61	7.55	8.00	1070	7.28	19.30
B1-6	16.20	14.14	06.51	63.15	7.80	8.20	704	8.08	19.89
B1-7	3.14	9.80	16.30	70.13	7.90	8.30	855	4.84	35.12
B1-8	3.77	4.05	22.48	69.70	7.23	7.71	853	5.11	32.15
B1-9	10.60	13.94	25.13	50.33	7.21	7.72	903	5.55	33.14
Coupe Boumerzoug 2									
B2-1	28.98	18.12	16.71	36.19	7.0	7.50	270	9.70	10.33
B2-2	26.48	16.50	16.97	40.05	7.13	7.71	317	9.11	12.15
B2-3	15.12	11.54	15.22	58.12	7.46	7.90	403	4.80	34.04
B2-4	13.10	7.59	28.13	51.18	7.44	7.87	472	5.01	30.05
B2-5	9.87	15.26	30.15	44.72	7.53	7.92	510	5.44	26.12
B2-6	13.5	10.02	4.47	73.01	7.30	7.70	473	8.33	10.90
B2-7	6.77	16.09	7.18	69.96	7.48	7.90	500	6.01	20.13
B2-8	6.15	25.28	7.68	60.88	7.60	7.98	580	5.58	25.81
B2-9	1.22	4.22	24.43	70.13	8.00	8.03	860	6.13	26.81
B2-10	1.50	8.83	27.64	62.03	8.07	8.44	980	4.00	32.88
B2-11	2.86	7.48	28.96	59.70	8.29	8.50	1083	4.83	37.90
Coupe Rhumel									
Rh1	1.75	10.45	82.35	4.5	7.82	8.80	613	9.70	16.36
Rh2	2.65	7.6	5.75	83.7	7.73	8.63	600	8.77	18.33
Rh3	1.75	8	20.75	69.5	7.06	7.78	390	6.97	23.15
Rh4	5.45	16.9	21.1	54.55	7.00	7.66	400	6.23	33.15
Rh5	3.7	14.3	22.8	59.05	7.40	8.10	450	5.28	30.55
Rh6	1.05	10.3	40.8	48.4	7.66	8.20	328	4.08	36.6
Rh7	5.6	16.5	35.75	41.6	7.70	8.38	315	4.0	35.12

Annexe II

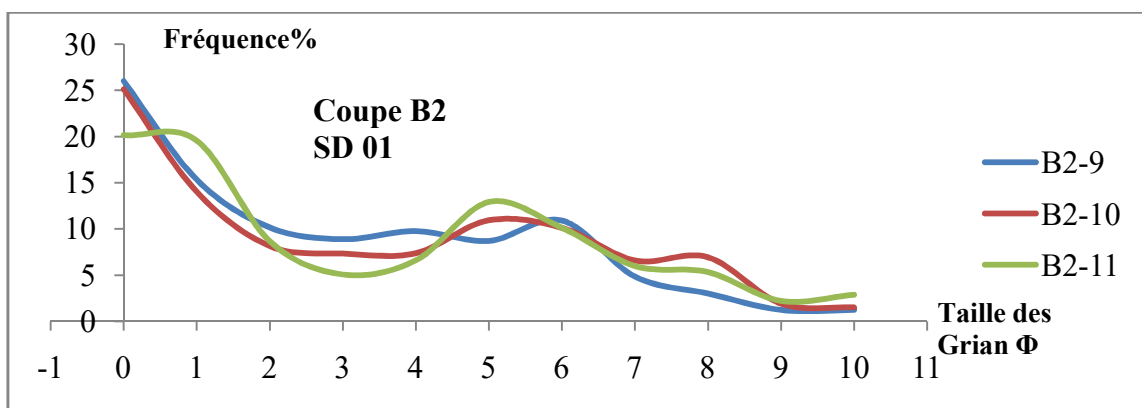
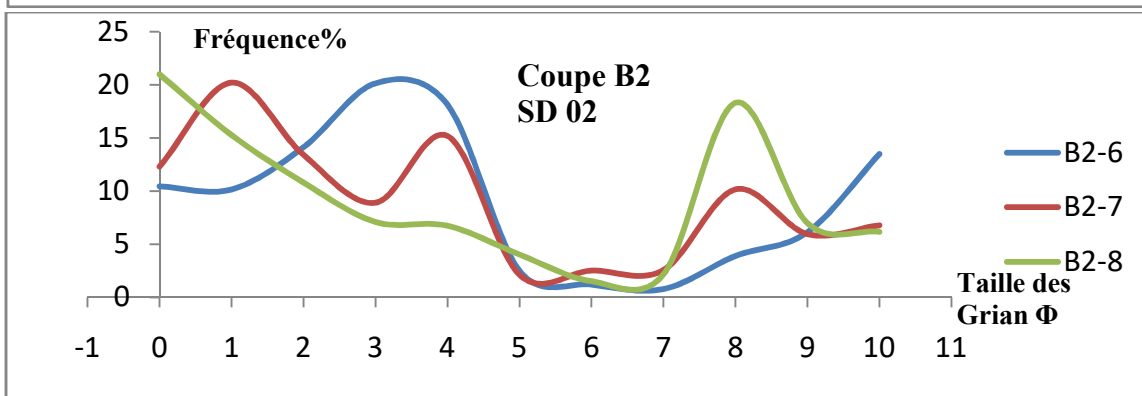
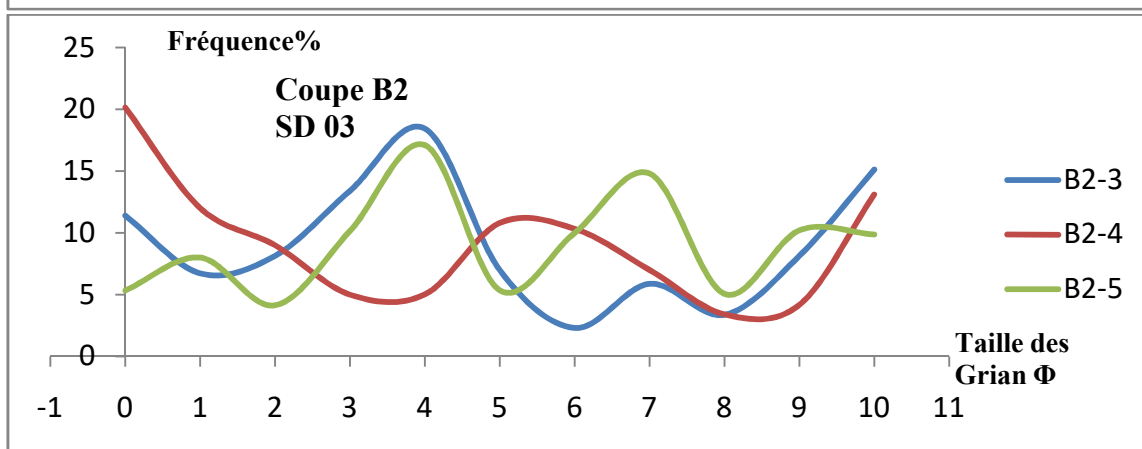
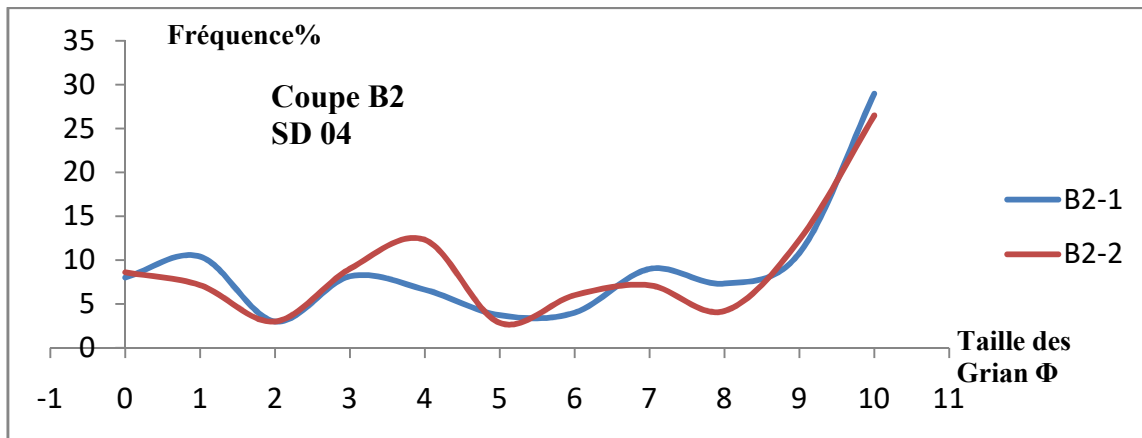
Courbes granulométriques fréquentielles

Courbes granulométriques fréquentielles par séquence de dépôts Coupe Boumerzoug 01

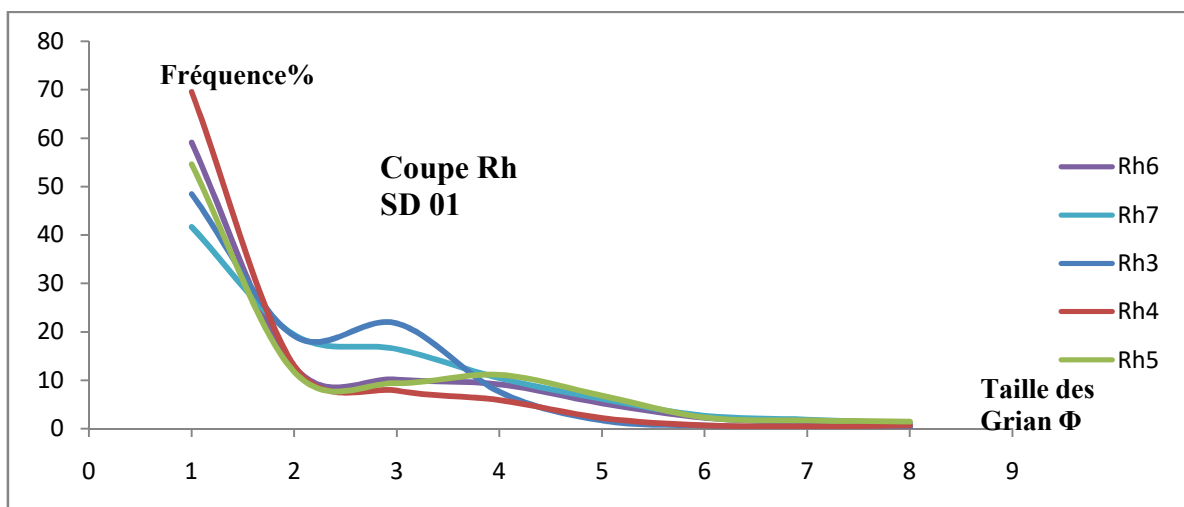
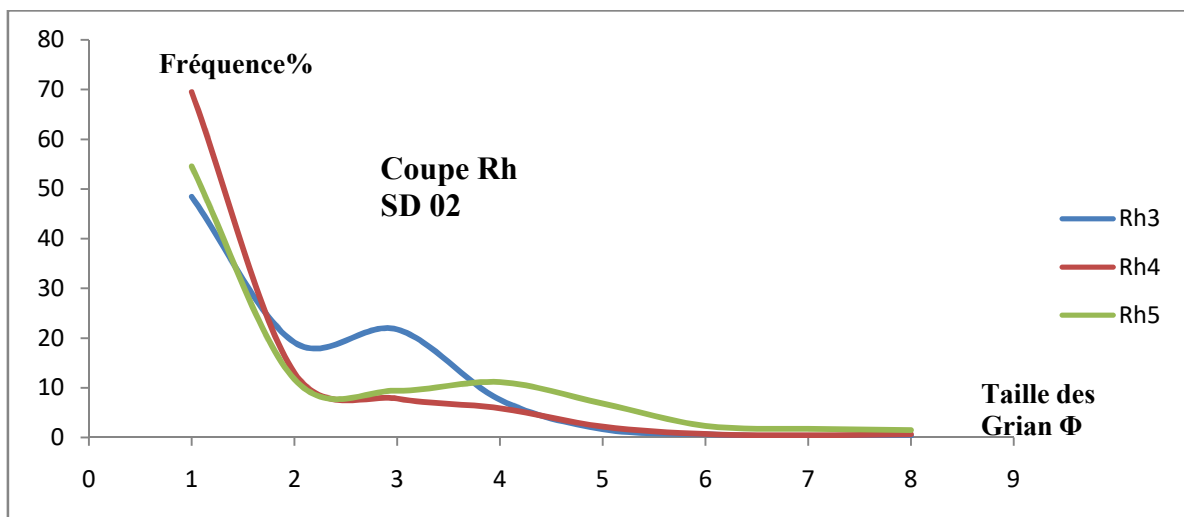
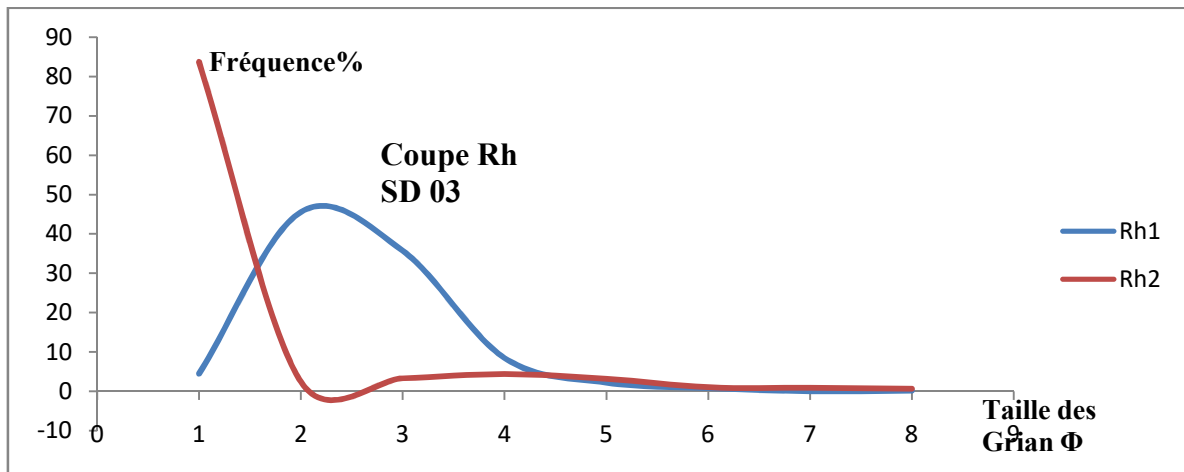


# Annexes

## Courbes granulométriques fréquentielles par séquence de dépôts Coupe Boumerzoug 02



## Courbes granulométriques fréquentielles par séquence de dépôts Coupe Rhumel



## Annexe III

**Tab 2.** Résultats des paramètres Granulométriques Coupe Boumerzoug 1

Ech	Moyen	Mediane	Skewness	Kurtosis	Sorting
B1-1	1.53	1.5	0.015	0.85	1.44
B1-2	1.73	1.7	0.16	0.52	1.43
B1-3	2.3	2.3	-0.45	0.81	0.76
B1-4	-0.33	-0.4	0.41	2.18	0.73
B1-5	-0.43	-0.4	0.68	2.04	0.67
B1-6	-0.3	-0.4	0.68	2.04	0.72
B1-7	1.9	2.4	-0.40	0.91	1.53
B1-8	-0.43	-0.4	0.13	0	0.40
B1-9	-0.4	-0.4	0.2	0	0.50

**Tab 3.** Résultats des paramètres Granulométriques Coupe Boumerzoug 02

Ech	Moyen	Médiane	Skewness	Kurtosis	Sorting
B2-1	0.76	0.66	0.33	0.58	1.48
B2-2	0.86	0.6	0.26	0.75	1.52
B2-3	0.55	0.7	0.50	0.90	1.30
B2-4	0.43	0.2	0.42	0.81	1.36
B2-5	0.50	0.3	0.72	0.63	1.82
B2-6	0.77	0.4	0.90	0.33	1.02
B2-7	0.8	0.3	0.78	0.43	1.54
B2-8	0.87	0.5	0.50	0.5	1.99
B2-9	0.65	0.3	0.88	0.8	1.50
B2-10	0.66	0.3	0.39	0.91	1.53
B2-11	0.8	0.4	0.23	1.13	1.22

**Tab 4.** Résultats des paramètres Granulométriques Coupe Rhumel

Ech	Moyen	Médiane	Skewness	Kurtosis	Sorting
Rh1(s4)	1.03	1	0.15	0.94	0.87
Rh2(R1)	-0.46	-.54	0.52	1.2	0.75
Rh3(R2)	0.27	.03	0.64	2.07	1.03
Rh4(S2)	0.46	-0.1	0.6	1.1	1.37
Rh5(S3)	0.66	-0.1	0.84	0.81	1.56
Rh6(R3)	0.3	-0.1	0.52	0.82	1.17
Rh7(S1)	0.86	0.5	0.33	0.85	1.59

## Annexe IV

**Tab 5. Résultats des Analyses morphoscopiques Coupe Boumerzoug 1**

Ech	Non-Usés %	Emoussé- Luisantes %	Ronds-Mats %	Très Ronds-Mats%
B1-1	40	43,33	16,66	0
B1-2	45	40	15	0
B1-3	51,66	40	8,33	0
B1-4	41,66	48,33	10	0
B1-5	45	45	10	0
B1-6	40	43,33	16,66	0
B1-7	48,33	38,33	13,33	0
B1-8	46,66	38,33	15	0
B1-9	35	53,33	11,66	0

**Tab 6. Résultats des Analyses morphoscopiques Coupe Boumerzoug 02**

Ech	Non-Usés %	Emoussé- Luisantes %	Ronds-Mats %	Très Ronds-Mats%
B2-1	15	41.66	43.34	00
B2-2	13.6	46.06	40.34	00
B2-3	16.66	50	33.33	00
B2-4	22.76	48	29.23	00
B2-5	20.16	55.5	24.34	00
B2-6	15	50	35	00
B2-7	17	52.3	30.7	00
B2-8	17.4	53.5	29.1	00
B2-9	26.66	41.66	31.66	00
B2-10	26.5	43.5	30	00
B2-11	26.7	46.3	27	00

**Tab 7. Résultats des Analyses morphoscopiques Coupe Rhumel**

Ech	Non-Usés %	Emoussé- Luisantes %	Ronds-Mats %	Très Ronds-Mats%
Rh1	35.84	65.15	3.77	00
Rh2	43.90	31.70	24.39	00
Rh3	50	35	15	00
Rh4	48.33	30	21.66	00
Rh5	53.33	30	16.66	00
Rh6	36.66	40	23.33	00
Rh7	44.33	33	22.66	00