



République Algérienne démocratique et populaire  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DE MUSTAPHA STAMBOULI - MASCARA

Laboratoire des Sciences et Techniques de l'eau (L.S.T.E)

THESE

Présentée pour l'obtention du diplôme de

Docteur ES Science

En Science de la Terre et de l'Univers

par

M<sup>me</sup> SEMARI Khadidja

**Forme des lits pour les cours d'eau  
du bassin versant de la Macta**

Soutenu le **27/10/2016** devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> MEDDAH Boumediene	Pr.	(Université de Mascara )	Président
M <sup>r</sup> BENAYADA Lahouari	Pr.	(Université d'Oran-USTO)	Rapporteur
M <sup>r</sup> BENABDELI Kheloufi	Pr.	(Université de Mascara)	Examineur
M <sup>r</sup> NEMDILI Ali	Pr	(Université d'Oran-UTSO)	Examineur
M <sup>r</sup> AZZAZ Habib	MCA	(Université de Mascara)	Examineur
M <sup>r</sup> BEKHTI Benamar	MCA	(Université d'Oran-USTO)	Examineur

## ***Remerciements***

Je tiens d'abord à remercier M<sup>f</sup> Benayada Lahouari, directeur de thèse, pour ses conseils précieux et son encouragement. J'ai bénéficié de sa rigueur scientifique et son analyse critique. Je suis particulièrement sensible à l'honneur que m'a fait les membres du jury (M<sup>f</sup> MEDDAH Boumediene, M<sup>f</sup> BENABDELI Kheloufi, M<sup>f</sup> AZZAZ Habib, M<sup>f</sup> BEKHTI Benamar et M<sup>f</sup> NEMDILI Ali) en acceptant d'évaluer mon travail et pour leurs remarques pertinentes.

Je remercie également M<sup>f</sup> ANDRE Paquier et M<sup>f</sup> MAURICIO Meurer pour leur remarques et leur aide par correspondance.

Je n'oublie pas à remercier M<sup>f</sup> BENMIMOUN Youcef chef du laboratoire de recherche (L.S.T.E) de l'université de Mascara, de m'avoir facilité l'accès au laboratoire.

Mes remerciements vont aussi à l'Agence nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) d'Oran, pour les données fournies.

A mon époux : nous sommes seuls à connaître tous les obstacles affrontés pour arriver jusqu'à la fin de cette thèse. Merci d'être toujours à mes cotés, de partager cette expérience avec moi et d'avoir été là pour me soutenir aux moments où j'en avais besoin.

Merci à mon beau frère Khenatha Rabah et sa femme (ma sœur) Fatiha pour leur soutien durant toute la période de mes études au niveau de l'université de Mascara. Sans oublier tous mes frangins et frangines pour leurs encouragements.

Merci enfin à mes parents pour la confiance qu'ils m'ont toujours accordée, pour leurs encouragement et soutien de tous les instants.

# Résumé

Les processus d'érosion / dépôt, sous l'effet du débit et de la pente, contribuent à donner au lit mineur sa géométrie en long et en travers ainsi que sa forme en plan (nommée style fluvial). Ainsi, en fonction de la quantité de matériaux transportés, de la nature des berges et de la puissance du cours d'eau, on aura plusieurs formes de lit des cours d'eau. La compréhension des processus d'évolution des lits des cours d'eau est un enjeu important pour les scientifiques, les gestionnaires de bassins et les exploitants qui cherchent à mettre en place une gestion durable et pérenne des ouvrages et à anticiper les travaux de restauration environnementale.

Ce travail de thèse a pour objectif de contribuer à la compréhension des processus ayant été à l'origine de la forme de quelques tronçons de cours d'eau de la Macta. Ensuite, de les classer selon la méthode de Rosgen (1994).

Les débits liquides au niveau du bassin versant de la Macta sont conditionnés par la variabilité pluviométrique, Le coefficient d'écoulement traduit bien la relation pluie – débit. La puissance des crues est plus forte dans le bassin versant de l'Oued El Hammam. Les cours d'eau au niveau de ce bassin ont une grande aptitude de changer leur forme en comparaison avec ceux du bassin versant de l'Oued Mekerra.

L'étude de la dynamique sédimentaire du bassin versant de la Macta a été une étape très importante pour la compréhension du fonctionnement global du système hydrographique. Les résultats montrent que les apports solides moyens annuels les plus importants sont observés au niveau des stations de Sidi Ali Benyoub et Trois Rivières, ce sont les principaux foyers, fournissant la grande partie des matériaux transportés par les oueds principaux. Ainsi que les berges des tronçons choisis présente une faible cohésion.

Le calcul des paramètres morphologiques nous a permis de décrire le comportement de chaque tronçon notamment leur activité géodynamique et leur capacité d'ajustement. Il ressort que les tronçons de Sidi Bel Abbes et de Trois Rivières, situés à l'embouchure des bassins représentatifs de la Macta, se caractérisent par un chenal à méandres encaissés, avec faible gradient et fort rapport largeur-profondeur. Ce sont des cours d'eau instables où le processus dominant est l'érosion des berges.

## Mots clés

Bassin versant – Macta - cours d'eau – morphométrie – transport solide - granulométrie

## ملخص

إن آلية الحت والترسب تساهم تحت تأثير التدفق والميل في إعطاء شكل هندسي للمجرى المائي على المستوى الطولي والعرضي وهذا ما يحدد نوع المجرى المائي، كما تحدد أشكالاً عديدة للمجري المائية بدلالة كميات الحبيبات المنقولة عبر الوادي وطبيعة ضفاف واستطاعة الوادي . ويعتبر فهم عملية تطور المجاري المائية رهانا بالنسبة للعلماء ولمسيري الأحواض الذين يبحثون عن إيجاد تسيير طويل المدى لمنجزات الري وتصور الترميمات البيئية .

يهدف هذا العمل إلى المساهمة في فهم الآليات التي تحدد شكل بعض المجاري المائية لحوض "المقطع" وبعد ذلك تصنيفها حسب طريقة Rosgen (1994) .

تخضع التدفقات السائلة على مستوى حوض "المقطع" لتغير تساقط الأمطار، كما أن معامل الجريان يؤكد العلاقة بين التدفق والتساقط .

وقد وجدنا أن قوة الفيضانات أكبر في حوض "واد الحمام" والمجري المائية على مستوى هذا الحوض كانت لديها قابلية أكثر لتغيير شكلها بالمقارنة مع تلك الموجودة في حوض "واد المكرة" .

وتكتسي دراسة ديناميكية الرواسب أهمية كبيرة في فهم آلية سير الشبكة الهيدروغرافية لحوض "المقطع" ، وتبين النتائج أن المتوسطات السنوية للمعتبرة للتدفقات الصلبة لوحظت على مستوى محطات "سيدي علي بن يوب" و " Trois Rivières " حيث تعتبر هذه المحطات المراكز الرئيسية لتزويد أكبر جزء من المواد الصلبة عبر الوديان الرئيسية، كما أن ضفاف الأجزاء المختارة لديها التحام ضعيف .

إن حساب المقاييس المرفولوجية يسمح لنا بوصف طبيعة كل جزء خاصة نشاطها الجيوديناميكي وقابليتها على تصحيح مسارها .

ويظهر أن الأجزاء في « Sidi Bel abes » و « Trois Rivières » تتميز بقناة ذات تعرجات ضيقة ذات ميل صغير ونسبة كبيرة بين العرض والعمق كما أنها مجاري مائية غير مستقرة وحيث أن الآلية التي تغطي فيها هي آلية حت الضفاف .

### الكلمات المفتاحية :

حوض ، المقطع ، مجرى مائي ، قياس الأشكال ، نقل الرواسب ، قياس الحبيبات .

# Table des matières

	Page
Remerciements	01
Résumé	02
ملخص	03
Table des matières	04
Liste des tableaux	09
Liste des figures	11
Introduction	14
<b>Chapitre I : Contextes scientifiques</b>	
<b>I.1. Notions fondamentales</b>	<b>16</b>
I.1.1. Lit mineur, lit moyen et lit majeur	16
I.1.2 : Rive et berge	16
I.1.3 :Ripsisylve	16
<b>I.2. La zonation morphologique d'un cours d'eau</b>	<b>17</b>
<b>I.3. Classification des cours d'eau selon leurs formes en plan</b>	<b>17</b>
I.3.1. Les cours d'eau à lit droit	17
I.3.2. Les cours d'eau à méandres	18
I.3.3. Les cours d'eau en tresses	18
I.3.4. Les cours d'eau à lits anastomosés	18
<b>I.4. Variables de contrôle et variables de réponse (variables façonnant la forme du cours d'eau)</b>	<b>18</b>
I.4.1. Débit solide et débit liquide	19
I.4.2. La puissance d'un cours d'eau	20
I.4.3. L'érodabilité des berges	20
I.4.4. Les apports solides	20
I.4.5. Profil en long	21
I.4.6. Profil en travers	21
I.4.6.1. Le rapport largeur/profondeur	22
I.4.6.2. Débit de plein bord	22
<b>I.5. Caractéristiques géomorphologiques des cours d'eau</b>	<b>22</b>
<b>I.6. Débit de crue</b>	<b>25</b>
<b>I.7. Classifications pour prévoir le comportement des cours d'eau</b>	<b>25</b>
I.7.1 Niveau I	25
I.7.2. Niveau II	26
<b>I.8. Influence des actions anthropiques sur la forme naturelle des cours</b>	<b>27</b>
<b>I.9. Conclusion</b>	<b>27</b>
<b>Chapitre II: Concepts et méthodes d'étude</b>	
<b>II.1. Clarification des concepts</b>	<b>28</b>
II.1.1. Qu'est-ce qu'un bassin-versant ?	28
II.1.2. Les dépôts hydro-sédimentaires	28
II.1.3. La hiérarchisation du réseau hydrographique	29
II.1.4. Définition des précipitations	30
<b>II.2. Sources, nature et qualité des données</b>	<b>30</b>
II.2.1. Les données climatiques	31

II.2.1.1. Les températures	31
II.2.1.2. Les précipitations	31
II.2.2. Les données hydrométriques	33
II.3. Logiciels utilisés	34
II.3.1. Rivertools	34
II.3.2. Mapinfo	34
II.3.3. Global Mapper	35
II.3.4. Vertical Mapper	35
II.3.5. Surfer	35
II.3.6. Origin	35
II.3.7. Statistica	36
II.3.8. Google Earth	36
II.4. Méthodes d'étude	36
II.4.1. Profil en long	36
II.4.2. Etude du relief	36
II.4.3 Développement du réseau hydrographique	38
II.4.3.1. Densité de drainage	38
II.4.3.2. Rapport de confluence	39
II.4.3.3. Rapport de longueur	39
II.4.3.4. Dimension fractale	39
II.4.3.5. Coefficient de torrencialité	40
II.4.3.6. Temps de concentration	40
II.4.4. Le prétraitement des données hydroclimatiques	40
II.4.4.1. La reconstitution des données manquantes	41
II.4.4.2. L'étude des tendances	41
II.4.4.3. Méthode des isohyètes	42
II.4.5 L'aridité et indice de Martonne.	42
II.4.6. Déficit d'écoulement	43
II.4.7. Les variations d'écoulement	43
II.4.8. Le coefficient d'écoulement	44
II.4.9. L'estimation de l'indice d'agressivité des pluies sur le bassin-versant	44
II.4.10. Débit de pleins bords	44
II.4.11. Méthodes utilisées pour l'étude de la concentration en MES	44
II.4.11.1 Description de la méthode	46
II.4.11.2. La granulométrie des sédiments	46
II.4.11.3. Procédures de l'analyse granulométrique en laboratoire	47
II.4.12. La quantification des apports sédimentaires	48
II.4.13. puissances des cours d'eau	49
II.4.14. Levés topographiques	50
II .5. Conclusion	50

## **Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude**

<b>III. 1. Présentation du bassin versant de la Macta</b>	<b>51</b>
<b>III.1.1. Géologie</b>	<b>53</b>
<b>III.1.2. Couvert végétal</b>	<b>58</b>
<b>III.2 Facteurs physiographiques des bassins représentatifs de la Macta</b>	<b>59</b>
<b>III.2.1. Caractéristiques géométriques</b>	<b>59</b>
<b>III.2.1.1. Forme</b>	<b>59</b>
<b>III.2.1.2. Relief</b>	<b>60</b>
<b>III.3. Réseau hydrographique</b>	<b>62</b>
<b>III.3.1. Profil en long</b>	<b>62</b>
<b>III.3.2. Développement du réseau hydrographique</b>	<b>63</b>
<b>III.3.3. Modèle de drainage</b>	<b>66</b>
<b>III.4. Ressources en eaux dans le bassin versant de la Macta</b>	<b>69</b>
<b>III.4.1 Sources d'approvisionnement en eau dans la région de Mascara</b>	<b>71</b>
<b>III.4.1.1. Les barrages</b>	<b>71</b>
<b>III.4.1. 2. Les retenues collinaires</b>	<b>72</b>
<b>III.4.1. 3. Les forages</b>	<b>73</b>
<b>III.4.1. 4. Les puits</b>	<b>73</b>
<b>III.4.1. 5. Les sources</b>	<b>73</b>
<b>III.4.2. Sources d'approvisionnement en eau dans la région de Sidi Bel Abbas</b>	<b>73</b>
<b>III.4.2. 1. Les barrages</b>	<b>73</b>
<b>III.4.2.2. Les retenues collinaires</b>	<b>74</b>
<b>III.4.2.3. Les forages</b>	<b>74</b>
<b>III.4.2.4. Les puits</b>	<b>74</b>
<b>III.4.2.5. Les sources</b>	<b>74</b>
<b>III.4.3. Analyse du niveau de satisfaction en eau potable</b>	<b>74</b>
<b>III.5. Conclusion</b>	<b>76</b>
<b>Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta</b>	
<b>IV.1.Répartition spatiale et variabilité temporelle des précipitations</b>	<b>78</b>
<b>IV.1. 1. La répartition des précipitations moyennes annuelles</b>	<b>79</b>
<b>IV.1.2. Evolution des précipitations annuelles: tendances pluviométriques</b>	<b>81</b>
<b>IV.1.3. Evolution des précipitations mensuelles</b>	<b>82</b>
<b>IV.2. Températures</b>	<b>83</b>
<b>IV.2.1 Températures annuelles</b>	<b>83</b>

IV.2.2 Courbe ombrothermique	85
IV.3. Variabilité des écoulements de surface dans le bassin de la Macta	86
IV.3.1. Variabilité spatio-temporelle des débits moyens	86
IV.3.1.1. Répartition statistiques des modules	86
IV.3.1.2. Variabilité des débits moyens bruts	87
IV.3.2. Variabilité des débits moyens mensuelle	89
IV.3.3. Evolution annuelle de l'écoulement	92
IV.3.4. Coefficients d'écoulement	93
IV.3.5. Débits de crues	95
IV.4. Conclusion	97
<b>Chapitre V: Dynamique sédimentaire du bassin versant</b>	
V.1. Rôle d'agressivité des pluies sur la sédimentation	99
V.2. Quantification du transport solide dans le bassin versant de la Macta	101
V.2.1. Quantification du transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mekerra	101
V.2.1.1. Les Apports annuels	101
V.2.1.2. Variation annuelle des apports solides	104
V.2.1.2 Variation mensuelle des apports solides	105
V.2.1.3 Variation saisonnière des apports solides	106
V.2.2. Quantification du transport solide dans le bassin versant de l'Oued El Hammam	107
V.2.2.1. Les Apports annuels	107
V.2.2.2. Variation annuelle des apports solides	107
V.2.2.3 Variation mensuelle des apports solides	108
V.2.2.4 Variation saisonnière des apports solides	109
V.3. Relation entre débit solide ( $Q_s$ ) et débit liquide ( $Q_l$ )	109
V.4. Etude granulométrique de quelques tronçons du bassin versant de la Macta	110
V.5. Conclusion	116
<b>Chapitre VI: Etude morphologique de quelques cours d'eau de la Macta</b>	
VI.1. Description topographique des tronçons choisis	117
VI.1.1. Tronçon « Sidi Bel Abbes »	117
VI.1.2. Tronçon « Lamtar »	118
VI.1.3. Tronçon « Sidi Ali Benyoub »	118
VI.1.4. Tronçon « Hacaiba »	119
VI.1.5. Tronçon « Trois Rivières »	119
VI.1.6. Tronçon « Laabana »	120
VI.1.7. Tronçon « Oued Taria »	121
VI.1.8. Tronçon « Saida »	121
VI.2. Calcul des paramètres morphologiques	122



<b>VI.2.1. Les débits de pleins bords</b>	<b>122</b>
<b>VI.2.2. Puissances des cours d'eau</b>	<b>123</b>
<b>VI.2.3. Sinuosité</b>	<b>125</b>
<b>VI.2.4. Rapport largeur profondeur</b>	<b>125</b>
<b>VI.2.5. Le rapport d'incision</b>	<b>126</b>
<b>VI.3. Application de la classification de Rosgen</b>	<b>126</b>
<b>VI.4. Conclusion</b>	<b>127</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>128</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>130</b>
<b>Annexes</b>	<b>137</b>
<b>Glossaire</b>	<b>139</b>

	<b>page</b>
Tableau I.1. Caractérisation des cours d'eau selon leur puissance spécifique	<b>20</b>
Tableau I.2 : Classes des variables permettant de discriminer la réactivité géodynamique des cours d'eau	<b>21</b>
Tableau I.3 : Classification des cours d'eau en fonction de l'indice de sinuosité	<b>24</b>
Tableau II.1: Caractéristiques des stations pluviométriques retenues situées au bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>31</b>
Tableau II.2: Caractéristiques des stations pluviométriques retenues situées au bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>32</b>
Tableau II.3: Stations hydrométriques et séries de débits utilisées	<b>33</b>
Tableau II.4 : Classification du relief selon $I_g$	<b>37</b>
Tableau II.5 : Classification du relief selon $D_s$	<b>38</b>
Tableau II.6 : Valeurs du coefficient d'écoulement pour différentes couverture du sol	<b>44</b>
Tableau III.1: Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>61</b>
Tableau III.2: Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>61</b>
Tableau III.3: Paramètres physiographiques du bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>64</b>
Tableau III.4: Paramètres physiographiques du bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>65</b>
Tableau III.5 : Valeurs des paramètres de drainage	<b>68</b>
Tableau III.6 : Valeurs des paramètres de drainage	<b>69</b>
Tableau III.7 : Caractéristiques des barrages situés dans la région de Mascara	<b>71</b>
Tableau III.8 : Retenues collinaires en exploitation	<b>72</b>
Tableau III.9 : Caractéristiques des sources existantes dans la région de Mascara	<b>73</b>
Tableau III.10 : Localisation des barrages de la wilaya de Sidi Bel Abbes	<b>73</b>
Tableau III.11 : Dotation réelle communale en eau potable pour la wilaya de Mascara	<b>74</b>
Tableau III.12: Dotation réelle communale en eau potable pour la wilaya de Sidi B.A	<b>75</b>
Tableau IV.1: Températures mensuelles pour la station de Sidi Bel Abbes	<b>84</b>
Tableau IV.2: Températures mensuelles pour la station de Mascara de 1985 à 2009	<b>85</b>
Tableau IV.3 : Présentation des paramètres statistiques des séries hydrométriques pour le bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>86</b>
Tableau IV.4 : Présentation des paramètres statistiques des séries hydrométriques pour le bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>87</b>
Tableau IV.5 : Répartition en pourcentage du nombre des crues de l'Oued Mekerra	<b>95</b>
Tableau IV.6: Crues de l'Oued Mekerra (1980-2006)	<b>95</b>
Tableau IV.7 : Répartition en pourcentage du nombre des crues de l'Oued El Hammam	<b>96</b>
Tableau IV.8: Crues de l'Oued El Hammam (1990-2004)	<b>97</b>
Tableau V.1 : Valeurs des apports liquides et solides au niveau des stations de Sidi Bel Abbes et Sidi Ali Benyoub	<b>102</b>
Tableau V.2 : Apports solides spécifiques au niveau de trois stations de l'Oued Mekerra	<b>104</b>
Tableau V.3: Dégradation spécifique dans quelques bassins en Algérie	<b>104</b>
Tableau V.4: Apports solides moyens mensuels de l'Oued Mekerra	<b>105</b>
Tableau V.5 : Valeurs des apports liquides et solides au niveau des stations de Trois Rivières et Hacine	<b>107</b>
Tableau V.6: Apports solides moyens mensuels de l'Oued El Hammam	<b>108</b>
Tableau V.7 : Résultats de régression par saison	<b>110</b>
Tableau V.8 : Pourcentage de sable, argile et limon du tronçon T1	<b>112</b>
Tableau V.9 : Pourcentage de sable, argile et limon du tronçon T2	<b>114</b>
Tableau VI.1 : Débits de pleins bords calculés pour l'Oued Mekerra et O El Hammam	<b>122</b>

## Liste des tableaux

---

Tableau VI.2. Puissances spécifiques des tronçons choisis	<b>125</b>
Tableau VI.3. Sinuosité des tronçons choisis	<b>125</b>
Tableau VI.4 : application de la typologie de Rosgen	<b>127</b>

	<b>Page</b>
Figure I.1 : représentation des termes usuels	<b>17</b>
Figure I.2 : Schématisation d'un bassin versant et des trois zones fonctionnelles	<b>17</b>
Figure I. 3 : (a) : cours d'eau avec lit unique droit, (b) : cours d'eau avec lit mineur sinueux, (c) : cours d'eau à méandres, (d) : cours d'eau en tresses, (e) : cours d'eau à lits anastomosés	<b>18</b>
Figure I.4 : La « balance de Lane » et le principe de l'équilibre dynamique	<b>19</b>
Figure I.5 : Exemple d'ajustement du profil en long	<b>21</b>
Figure I.6 : Exemple de mesure de la largeur et la profondeur à pleins bords	<b>22</b>
Figure I.7 : Premier niveau typologique de Rosgen (1994)	<b>25</b>
Figure I.8 : Profil en plan et profil en travers du premier niveau typologique de Rosgen	<b>26</b>
Figure I.9 : Deuxième niveau typologique de Rosgen	<b>26</b>
Figure II.1: Ordination des cours d'eau	<b>30</b>
Figure II.2 : Protocole de mesure des MES au laboratoire	<b>45</b>
Figure II.3 : Tamisage par voie sec	<b>47</b>
Figure II.4 : Agitation et mesure par densimètre	<b>48</b>
Figure III.1 : Les bassins versants algériens	<b>51</b>
Figure III.2 : Situation du bassin versant de la Macta	<b>52</b>
Figure III.3 : Carte géologique du bassin versant de la Macta	<b>53</b>
Figure III.4: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>60</b>
Figure III.5: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Hammam	<b>60</b>
Figure III.6: Profil en long du sous bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>63</b>
Figure III.7: Profil en long du sous bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>63</b>
Figure. III.8: Hiérarchisation du réseau hydrographique du sous bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>66</b>
Figure. III.9: Modèle de drainage du sous bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>67</b>
Figure. III.10: Modèle de drainage du sous bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>68</b>
Figure III.11 : Communes intégrées dans le bassin versant de la Macta	<b>70</b>
Figure III.12 : Localisation des communes de la wilaya de Sidi Bel Abbes	<b>70</b>
Figure III.13 : Localisation des communes de la wilaya de Mascara	<b>71</b>
Figure III. 14 : Localisation des barrages de la wilaya de Mascara	<b>72</b>
Figure III. 15 : Niveau de satisfaction des différentes communes de Mascara	<b>75</b>
Figure III. 16 : Niveau de satisfaction des différentes communes de Sidi Bel Abbes	<b>76</b>
Figure IV.1 : Localisation des stations pluviométriques retenues	<b>78</b>
Figure IV.2 : Localisation des stations hydrométriques retenues	<b>79</b>
Figure IV.3 : Variation pluviométrique spatiale dans le bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>80</b>
Figure IV.4 : Variation pluviométrique spatiale dans le bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>80</b>
Figure IV.5: Variabilité des précipitations annuelles dans le sous bassin de l'Oued Mekerra de 1967 à 2005 en écarts centrés réduites	<b>81</b>
Figure IV.6: Variabilité des précipitations annuelles dans le sous bassin de l'Oued El Hammam de 1979 à 2005 en écarts centrés réduites	<b>82</b>
Figure IV.7: Variabilité des précipitations moyennes mensuelles dans le bassin de L'Oued Mekerra de 1967 à 2005	<b>82</b>
Figure IV.8: Variabilité des précipitations moyennes mensuelles dans le bassin de l'Oued El Hammam de 1971 à 2004	<b>83</b>
Figure IV.9 : Tendances de la température moyenne annuelle à la station de Mascara	<b>84</b>

Figure IV.10 : Tendence de la température moyenne annuelle à la station de Sidi Bel Abbes (1985-2002)	<b>84</b>
Figure IV.11 : Courbe Ombrothermique (Station de Sidi Bel Abbes)	<b>85</b>
Figure IV.12 : Courbe Ombrothermique (Station de Mascara)	<b>85</b>
Figure IV.13: Moyenne et médiane des débits journaliers aux stations hydrométriques du bassin de l'Oued Mekerra	<b>88</b>
Figure IV.14: Moyenne et médiane des débits journaliers aux stations hydrométriques du bassin de l'Oued El Hammam	<b>88</b>
Figure IV.15: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Sidi Ali Benyoub	<b>89</b>
Figure IV.16: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Sidi Bel Abbes	<b>90</b>
Figure IV.17: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Trois Rivières de 1973 à 2003	<b>90</b>
Figure IV.18: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Hacine de 1973 à 2003	<b>91</b>
Figure IV.19: Variation mensuel moyenne de pluie/débit dans le bassin versant de l'Oued Mekerra à la station de Sidi Bel Abbes, de 1974 à 2006	<b>91</b>
Figure IV.20 : Variation mensuel moyenne de pluie/débit dans le bassin versant de l'Oued El Hammam à la station de Trois Rivières, de 1973 à 2003	<b>92</b>
Figure IV.21 : Variabilité interannuelle de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued el Hammam à la station de Trois Rivières, de 1973 à 2003	<b>92</b>
Figure IV.22 : Variabilité interannuelle de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra à la station de Sidi Ali Benyoub, de 1978 à 2005	<b>93</b>
Figure IV.23 : Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra à la station de Sidi Ali Benyoub, de 1978 à 2005.	<b>94</b>
Figure IV.24 : Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin versant de l'Oued el Hammam à la station de Trois Rivières, de 1978 à 2003	<b>94</b>
Figure V.1 : Erosivité des pluies dans le bassin de l'Oued Mekerra	<b>100</b>
Figure V.2 : Erosivité des pluies dans le bassin de l'Oued El Hammam	<b>100</b>
Figure V.3: Apports solides dans le bassin versant de l'Oued Mekerra	<b>103</b>
Figure V.4: Apports solides et liquide annuels de l'Oued Mekerra	<b>105</b>
Figure V.5 : Apports solides moyens mensuels de l'Oued Mekerra	<b>106</b>
Figure V.6: Répartition saisonnière des apports solides à l'Oued Mekerra	<b>106</b>
Figure V.7: Apports solides et liquide annuels de l'Oued El Hammam	<b>108</b>
Figure V.8: Apports solides moyens mensuels de l'Oued El Hammam	<b>109</b>
Figure V.9 : Répartition saisonnière des apports solides à l'Oued El Hammam	<b>109</b>
Figure V.10 : Localisation du tronçon T1	<b>111</b>
Figure V.11 : Localisation du tronçon T2	<b>111</b>
Figure V.12 : Courbe granulométrique (lit)	<b>112</b>
Figure V.13 : Courbe granulométrique (berge droite)	<b>109</b>
Figure V.14 : Courbe granulométrique (berge gauche)	<b>113</b>
Figure V.15 : Triangle de texture du sol (Tronçon T1)	<b>113</b>
Figure V.16 : Courbe granulométrique (lit)	<b>113</b>
Figure V.17 : Courbe granulométrique (berge droite)	<b>114</b>
Figure V.18 : Courbe granulométrique (berge gauche)	<b>115</b>
Figure V.19: Triangle de texture du sol (Tronçon T2)	<b>115</b>
Figure VI.1 : Tronçon « Sidi Bel Abbes »	<b>116</b>
Figure VI.2 : Tronçon « Lamtar »	<b>117</b>
Figure VI.3 : Tronçon « Sidi Ali Benyoub »	<b>118</b>
Figure VI.4 : Tronçon « Hacaiba »	<b>118</b>

Figure VI.5 : Tronçon « Trois Rivières »	<b>119</b>
Figure VI.6 : Tronçon « Laabana »	<b>120</b>
Figure VI.7 : Tronçon « Oued Taria »	<b>120</b>
Figure VI.8 : Tronçon « Saida »	<b>121</b>
Figure VI.9: Relation entre le débit de pleins bords et la surface drainée pour le bassin versant de l'Oued Mekerra (Sans la station de Sidi Bel Abbas)	<b>122</b>
Figure VI.10 : Relation entre le débit de pleins bords et la surface drainée pour le bassin versant de l'Oued Mekerra (On ajoutant la station de Sidi Bel Abbas)	<b>123</b>
Figure VI.11 : Relation entre le débit de pleins bords et la surface drainée pour le bassin versant de l'Oued El Hammam	<b>123</b>
Figure VI.12 : Forme des affluents de l'Oued El Hammam	<b>124</b>

## **Introduction générale :**

La grande diversité morphologique des cours d'eau n'est nullement le fruit du hasard. Elle dépend du climat, de la géologie et du relief. La forme des cours d'eau n'est pas figée, elle évolue dans l'espace et dans le temps. Les précipitations (conditionnées par le climat), la nature géologique du substrat et la pente (dépendant du relief) sont notamment à l'origine des ajustements morphologiques du cours d'eau. La combinaison de ces trois paramètres régit la puissance spécifique du cours d'eau et caractérise sa dynamique.

L'Algérie septentrionale présente un climat semi-aride qui se caractérise par une forte irrégularité pluviométrique. Sur le plan du régime hydrologique, on peut noter que les bassins versants sont marqués par des fortes irrégularités saisonnières et interannuelles et accentués par des longues périodes de sécheresse, des crues violentes et rapides et des transports solides importants résultants d'une érosion intense.

Le bassin versant de la Macta situé au Nord Ouest du territoire Algérien n'échappe pas de ces exigences qui favorisent la formation des inondations, qui à leur tour déclenchent le transport solide dans les cours d'eau. Ce bassin regroupe deux sous bassins représentatifs : les sous bassins de Oued El Hammam et Oued Mekerra qui sont traversés par deux principaux cours d'eau portant leurs noms. Ces derniers font l'objet de notre recherche.

Au fil du temps, les classifications ont présenté les objectifs les plus divers, comme par exemple expliquer le fonctionnement des systèmes fluviaux (Leopold et Wolman, 1957 ; Schumm, 1963), et élaborer des méthodologies susceptibles d'applications à tous les cours d'eau existants (Rosgen, 1994).

Le présent travail de recherche essaye d'apporter une contribution à mieux comprendre la dynamique des cours d'eau du bassin versant de la Macta. Une classification des cours d'eau paraît nécessaire pour répondre à nos interrogations. Sur des exemples de cours d'eau de la Macta, on a essayé d'appliquer la méthode de Rosgen afin d'apporter une contribution méthodologique qui sera applicable pour d'autres cours d'eau au niveau de l'Algérie. Le document qui est l'aboutissement de ce travail a été organisé de la façon suivante:

La première partie présente quelques contextes liés à notre problématique. Des notions fondamentales sur les cours d'eau et leurs paramètres géomorphologiques ont été présentées afin de montrer un éclairage en ce qui concerne le besoin de classification des cours d'eau.

Le deuxième chapitre est consacré pour exposer les différentes méthodes utilisées dans ce travail. Des données météorologiques, hydrologiques, et sédimentologiques, utilisées pour l'étude de la variabilité hydropluviométrique et de la dynamique sédimentaire dans le bassin versant de la Macta ont été présentées. Il définit également les sources et la qualité des données et les techniques utilisées. Par ailleurs, ce chapitre expose les méthodes retenues pour l'analyse de la variabilité hydropluviométrique et de la dynamique sédimentaire.

Dans le Troisième chapitre, on a décrit la zone d'étude, en mentionnant la géomorphologie du bassin versant étudié. Ce qui permet de mieux cerner tous les facteurs morphologiques ainsi que lithologiques qui influencent le comportement hydrologique du bassin versant étudié. Nous nous étions intéressés aussi dans ce chapitre par les ressources en eau dans le bassin versant de la Macta.

Dans le quatrième chapitre, on a étudié la variabilité temporelle et spatiale des précipitations. Cela pour déterminer la pluie moyenne dans l'ensemble des bassins versants et de prendre une idée sur la tendance des pluies annuelles. L'étude de la variabilité mensuelle des précipitations s'avéré nécessaire pour déterminer les mois pluvieux. Ainsi la tendance de l'écoulement et sa relation avec la variabilité pluviométrique ont été étudiés.

Dans le cinquième chapitre nous avons étudié la dynamique sédimentaire dans le bassin versant de la Macta, une relation entre le débit solide et le débit liquide a été analysée. Ainsi une analyse granulométrique détaillée a été faite pour les deux bassins versant de l'Oued Mekerra et l'Oued El Hammam.

Le sixième chapitre présente un passage du bassin versant au cours d'eau, toute en examinant l'impact des variables de contrôle et de réponse du bassin versant sur la forme de quelques tronçons des cours d'eau de la Macta.



# **Chapitre I**

## **Contextes scientifiques**

Tout cours d'eau érode, transporte et dépose les matériaux solides provenant des parties amont du bassin et de ses berges soumises aux processus d'érosion latérale. Les processus d'érosion / dépôt, sous l'effet du débit et de la pente, contribuent à donner au lit mineur sa géométrie en long et en travers ainsi que sa forme en plan (nommée style fluvial). Ainsi, en fonction de la quantité de matériaux transportés, de la nature des berges et de la puissance du cours d'eau, on aura plusieurs formes de lit des cours d'eau.

### I.1. Notions fondamentales :

#### I.1.1. Lit mineur, lit moyen et lit majeur :

Schématiquement, les principaux milieux de fond de vallée qui sont les supports physiques des *écosystèmes* sont constitués du :

- **Lit mineur** : Le lit mineur est le lit ordinaire du cours d'eau, délimité par les berges. Lors d'une crue, le débit augmentant, le lit mineur ne peut parfois plus contenir les eaux. Celles-ci débordent et envahissent le lit majeur, c'est-à-dire les zones basses situées de chaque côté du cours d'eau.
- **Lit moyen** : C'est la partie du lit en eau pour des débits compris entre l'étiage et la crue de *pleins bords*. Cette partie est souvent considérée comme la zone majeure de stockage temporaire de la charge alluviale de fond en transit à l'échelle des décennies ;
- **Lit majeur** : Le lit majeur est la plaine inondable. Il est mis en eau lors de crues de fréquence moyenne à rare. Les vitesses d'écoulement y sont faibles et les particules les plus fines (limons, argiles) se déposent par sédimentation.

#### I.1.2 : Rive et berge :

Rive et berge sont deux termes confondus à tort. La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur et le lit majeur. La rive est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatiques et terrestres. Elle démarre au sommet de la berge et constitue une partie plate plus ou moins étendue qui reste sous l'influence du milieu aquatique.

#### I.1.3 : Ripisylve :

Ce mot vient de "ripa" qui veut dire rive et de "sylva" qui veut dire forêt. C'est la formation végétale naturelle située sur la rive. Le rôle de la ripisylve sur les crues peut être important. Lorsqu'elle occupe une part significative du lit majeur, elle augmente notablement la rugosité du lit. D'où trois conséquences de nature hydraulique :

- Localement une augmentation des débordements, ce qui ne constitue pas forcément une gêne tout au moins dans ce type de milieu ;
- Une diminution des vitesses dans le lit majeur, et donc une diminution des effets érosive du courant ;

- Globalement, pour l'aval, un écrêtement des crues.

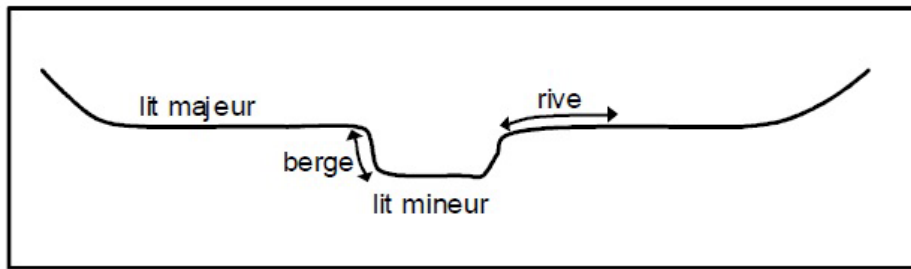


Figure I.1 : représentation des termes usuels (Degoutte)

### I.2. La zonation morphologique d'un cours d'eau :

Un cours d'eau peut-être découpé en 3 secteurs morphologiques distincts :

- **La zone d'érosion** est la zone de production par arrachage des matériaux à la montagne. Cette zone est caractérisée par : des cours d'eau peu large et torrentiel, une forte pente, un débit faible, une vitesse forte et un substrat de gros diamètre.
- **La zone de transport** permet le transport des matériaux de la zone d'érosion vers la zone de dépôt. Cette zone est caractérisée par : des cours d'eau moyennement large, une pente moyenne et un débit et vitesse moyens.
- **La zone de dépôt** constitue la zone de stockage et d'accumulation des sédiments. Elle correspond à la plaine alluviale.

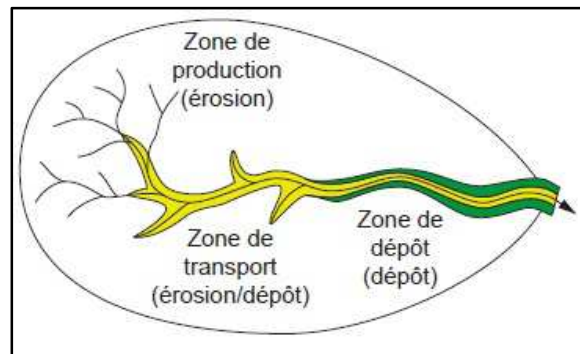


Figure I.2 : Schématisation d'un bassin versant et des trois zones fonctionnelles définies par [Schumm, 1977]

### I.3. Classification des cours d'eau selon leurs formes en plan:

Les cours d'eau ne présentent pas les mêmes processus de changement de forme. Quatre styles de cours d'eau sont souvent distingués :

Les cours d'eau à lit droit, les cours d'eau à méandres, les cours d'eau en tresses et les cours d'eau à lits anastomosés.

**I.3.1. Les cours d'eau à lit droit :** ils sont rares dans la nature, ils se développent généralement dans une plaine alluviale, à la surface de laquelle ils ne peuvent pas éroder les berges et migrer latéralement. On peut distinguer pour ce style deux types de cours d'eau :

- les cours d'eau à **lit unique droit** : ils sont en générale profondes. Les berges sont hautes relativement à la largeur du lit. Il ya peu ou pas de bancs découverts (figure V. 1(a)).

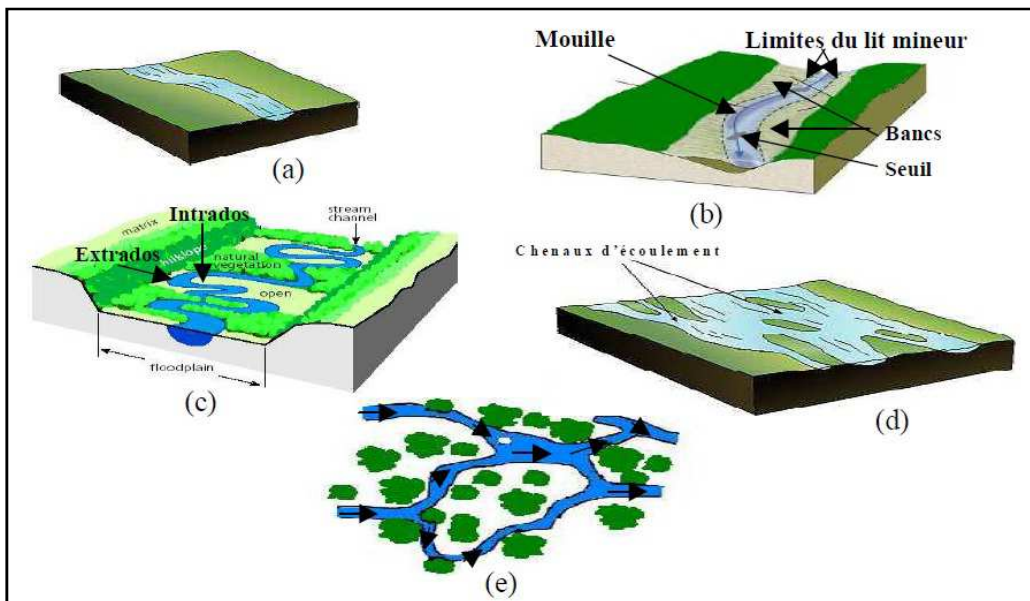
- les cours d'eau à **lit mineur sinueux** : ils sont caractérisés par une alternance de seuils et de mouilles. Le lit mineur sinue entre des bancs alternés qui sont découverts en période de débits ordinaires. En période de crues, l'écoulement occupe toute la largeur du lit, le cour d'eau devient alors à lit unique droit (figure V. 1(b)).

**I.3.2. Les cours d'eau à méandres** : ils sont caractérisés par un lit unique, très sinueux, asymétrique et plus large qu'un lit droit (figure V. 1(c)).

**I.3.3. Les cours d'eau en tresses** : ils sont des cours d'eau alluviaux s'écoulant sur un lit composé de plusieurs chenaux. Ces chenaux sont séparés par de nombreux banc et îlots (figure V. 1(d)).

**I.3.4. Les cours d'eau à lits anastomosés** :

L'anastomose est un style à chenaux multiples mais stables. Ce style se rencontre dans les cours d'eau à faible pente, légèrement en amont des plaines. Il se compose de plusieurs bras semblables qui se recoupent et ne forment pas une arborescence (figure V. 1(e)).



**Figure I. 3 : (a) : cours d'eau avec lit unique droit, (b) : cours d'eau avec lit mineur sinueux, (c) : cours d'eau à méandres, (d) : cours d'eau en tresses, (e) : cours d'eau à lits anastomosés (Kamal El Kadi. A, 2006)**

**I.4. Variables de contrôle et variables de réponse (variables façonnant la forme du cours d'eau):**

Les variables de contrôles essentielles sont le débit liquide et le débit solide. Elles sont imposées par le climat et la géologie du bassin versant. Ces deux variables sont liées : si le débit liquide augmente, le cours d'eau deviendra d'avantage érosif et de ce fait accroitra sont débit solide. Par contre, si le débit solide augmente, le débit liquide ne pourra pas évoluer

pour s'adapter à ce surcroît de charge et des dépôts se produiront qui provoqueront une augmentation de pente.

Il existe d'autres variables de contrôle complémentaires:

- La puissance du cours d'eau.
- L'érodabilité de ses berges.
- L'importance et la nature des apports solides.

Les variables de réponses sont : la pente du cours d'eau (profil en long), la largeur et la profondeur du cours d'eau à *pleins bords* (profil en travers) et le style fluvial (méandres, tresses, anastomoses, etc.).

### I.4.1. Débit solide et débit liquide :

Le schéma de Lane (1955), représenté dans la figure I.3, montre que toute rivière cherche son équilibre entre la charge alluviale imposée (caractérisée par son volume ( $Q_s$ ) et sa granulométrie ( $D$ )) et le débit liquide ( $Q$ ), qui, couple à la pente ( $J$ ), fournit l'énergie capable de l'évacuer.

De manière très simplifiée, le principe de la dynamique fluviale peut donc être représenté comme l'oscillation permanente de l'aiguille d'une balance dont l'un des plateaux serait rempli de sédiments grossiers (variable  $Q_s$ ), et l'autre d'eau (variable  $Q$ ).

Les quantités respectives et les rapports de ces deux éléments étant extrêmement fluctuants (à l'échelle de la journée, de l'année, du millier d'années), il s'ensuit un ajustement permanent de la morphologie du cours d'eau, autour de conditions moyennes, par le biais des processus d'érosion-dépôt.

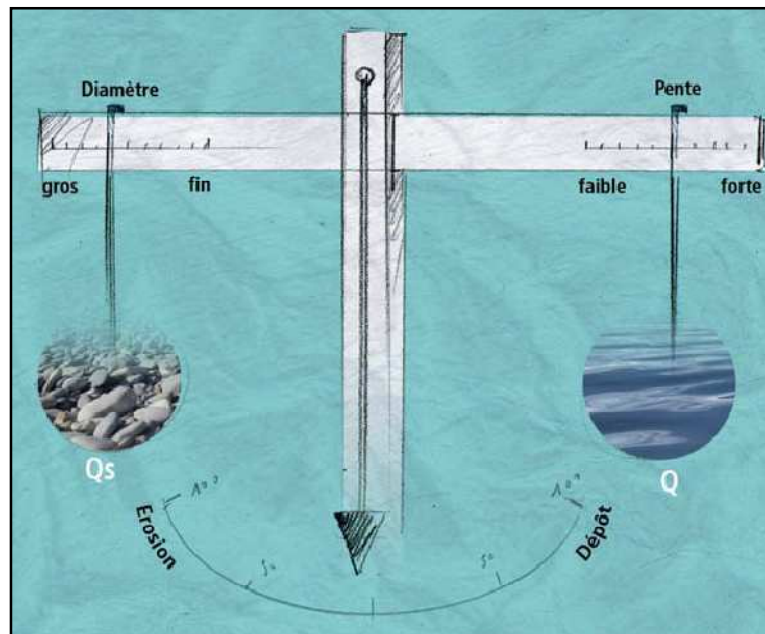


Figure I.4 : La « balance de Lane » et le principe de l'équilibre dynamique  
[Malavoi J.R et Bravard J.P., 2010]

### I.4.2. La puissance d'un cours d'eau :

La puissance d'un cours d'eau (Stream power) est une caractéristique géomorphologique des cours d'eau qui a été beaucoup étudiée. La puissance d'un cours d'eau est la quantité d'énergie que possède l'écoulement pour transporter sa charge sédimentaire et qui doit être absorbée par friction. Si l'énergie est non suffisante pour transporter la charge sédimentaire, les sédiments se déposeront au fond du cours d'eau. Si l'énergie ne peut être absorbée par friction, le fond du cours d'eau et/ou le talus seront érodés par l'écoulement.

Le calcul de la puissance d'un cours d'eau ainsi que la puissance spécifique sera expliqué en détail dans le deuxième chapitre.

Brooke (1988) a étudié la puissance spécifique de plusieurs cours d'eau qui ont été redressés au Danemark dans des sols alluvionnaires et il a constaté que les cours d'eau tendent à se méandriser à nouveau lorsque la puissance spécifique dépasse  $35 \text{ W/m}^2$ . Brooke (1990) a résumé ses observations comme suit :

**Tableau I.1. Caractérisation des cours d'eau selon leur puissance spécifique**

$\omega > 100 \text{ W/m}^2$	cours d'eau se tressant activement
$35 \text{ W/m}^2 < \omega < 100 \text{ W/m}^2$	cours d'eau se méandrisant activement
$8 \text{ W/m}^2 < \omega < 35 \text{ W/m}^2$	cours d'eau stable
$\omega < 8 \text{ W/m}^2$	cours d'eau avec sédimentation

### I.4.3. L'érodabilité des berges :

Les seuils proches de  $25 - 35 \text{ W/m}^2$  peuvent être affinés et relativisés en fonction des caractéristiques sédimentologiques des berges des cours d'eau et notamment de leur érodabilité, elle-même fonction de la nature cohésive ou non des alluvions constituant le fond de vallée.

Ainsi des cours d'eau à faible puissance ( $10 - 15 \text{ W/m}^2$ ) peuvent présenter une activité géodynamique relativement importante si leurs berges sont pas ou peu cohésives et s'ils reçoivent de l'amont une certaine quantité d'alluvions grossières qui, par leur dépôt sous forme de bancs, activent les processus d'érosion sur les berges opposées.

A l'inverse, des cours d'eau plus puissants ( $40 - 50 \text{ W/m}^2$ ), mais coulant dans une plaine alluviale composée de sédiments plus cohésifs (argiles, limons, sables limoneux), sont moins actifs, surtout si les apports solides provenant de l'amont sont modestes et formés de particules de dimensions réduites.

### I.4.4. Les apports solides :

Outre leur rôle dans l'activation des processus d'érosion latérale, les apports et les dépôts de charge sédimentaire grossière sont extrêmement importants en termes d'équilibre géodynamique (balance de Lane).

Il semble possible de proposer une typologie simplifiée en fonction des trois variables de contrôles :

- puissance spécifique  $w$  ;
- érodabilité des berges  $B$  ;
- transports solide  $A$ .

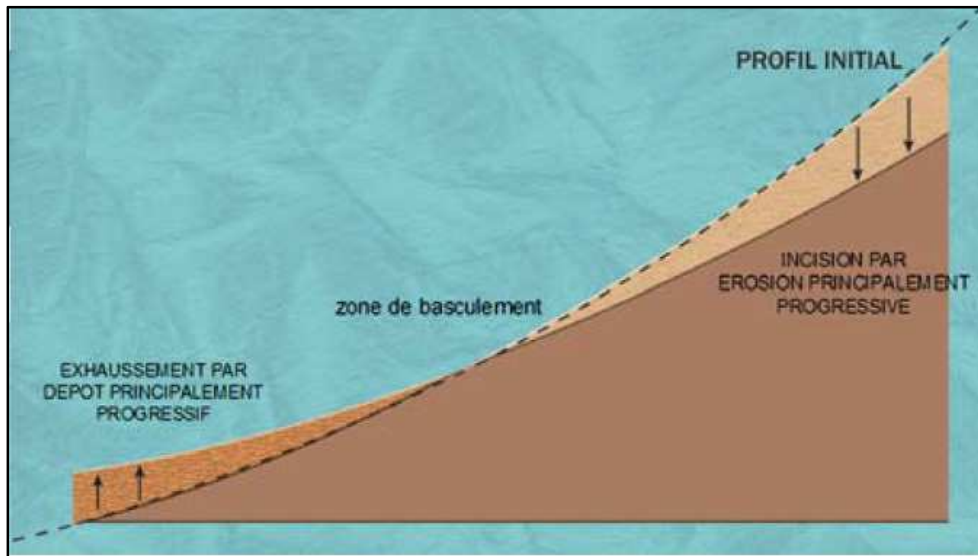
**Tableau I.2 : Classes des variables permettant de discriminer la réactivité géodynamique des cours d'eau**

	1	2	3	4
<b>Puissance spécifique <math>w</math></b>	$<10 \text{ W/m}^2$	$10 - 30 \text{ W/m}^2$	$30 - 100 \text{ W/m}^2$	$>100 \text{ W/m}^2$
<b>Erodabilité des berges <math>B</math></b>	Nulle	faible	moyenne	Forte
<b>Apports solide <math>A</math></b>	Nuls	faibles	Moyens	Forts

#### I.4.5. Profil en long :

Un profil en long peut s'ajuster globalement et durablement sous l'effet de modifications importantes des apports liquides et solides. La balance de Lane permet de comprendre le rôle des deux variables de contrôle  $Q$  et  $Q_s$  dans la modification du profil en long d'un cours d'eau.

La figure suivante illustre un double ajustement du profil en long. La partie amont du cours d'eau, déficitaire en alluvions grossières, s'incise. La partie aval, qui reçoit les matériaux érodés sur le fond (voire sur les berges si celles-ci sont érodables), s'exhausse. On parle ici de **basculement du profil en long** de part et d'autre d'un point ou d'une zone de basculement.



**Figure I.5 : Exemple d'ajustement du profil en long (Sous l'effet d'une réduction importante des apports solides)**

#### I.4.6. Profil en travers :

Les mesures de géométrie en travers qui ont la signification géomorphologique la plus importante sont celles qui correspondent aux caractéristiques du lit moyen à pleins bords, c'est-à-dire avant débordement dans la plaine alluviale ou lit majeur.

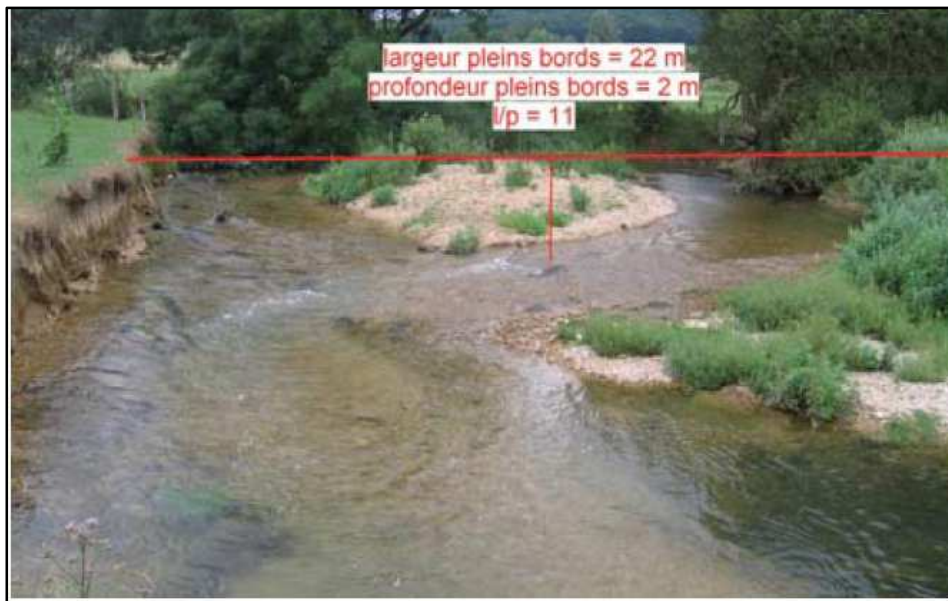
La largeur et la profondeur sont donc mesurées dans ces conditions de pleins bords, illustrées par la photo ci-après.

### I.4.6.1. Le rapport largeur/profondeur :

Le rapport de la largeur sur la profondeur moyenne à pleins bords (noté  $l/p$ ) est une caractéristique géométrique intéressante à plusieurs titres.

D'un point de vue hydromorphologique, c'est un paramètre typologique indicateur de l'activité géodynamique d'un cours d'eau. Ainsi, les cours d'eau à dynamique plutôt active, caractérisés par des processus érosifs latéraux importants et des apports solides assez élevés, ont des rapports  $l/p$  plutôt forts (20 ou plus). Les rivières en tresses ont souvent des rapports  $l/p$  proches de 100 ou supérieurs à 100.

La figure I.6 montre un exemple de mesure de la largeur et la profondeur sur terrain.



**Figure I.6 : Exemple de mesure de la largeur et la profondeur à pleins bords (Malavoi. J.R et Bravard. J.P., 2010)**

### I.4.6.2. Débit de plein bord :

Beaucoup plus récurant que les crues, c'est l'atteinte du débit de plein bord, correspondant au plein remplissage du lit mineur, qui façonne le lit d'une rivière et préside à la formation et à la dynamique des faciès d'écoulement. Le débit de plein bord est considéré comme le débit morphogène.

En terme hydrologique, le débit de plein bord marque le niveau pour lequel le chenal est totalement rempli d'eau, jusqu'au sommet des berges, avant de déborder sur la plaine (Maurício. M).

Dans les cours d'eau sous climat tempéré, le débit de pleins bords a une période de retour de 1,5 an. Il a une influence directe sur la forme du cours d'eau, même s'il a lieu que quelques jours par an.

## I.5. Caractéristiques géomorphologiques des cours d'eau:

La plupart des scientifiques admettent aujourd'hui que les cours d'eau ne présentent que très rarement un tracé naturellement rectiligne (Malavoi J.R et Bravard. J.P., 2010). On



peut considérer qu'un tracé rectiligne est presque toujours indicateur d'une intervention anthropique (appelée rectification), généralement synonyme d'altérations hydromorphologiques et écologiques.

### **a. Le Méandrage :**

Il existe deux grands types de méandres, les méandres encaissés et les méandres libres, ainsi qu'un type intermédiaire, les méandres contraints.

#### **a.1. Les méandres encaissés :**

Deux types de méandres encaissés sont distingués selon la genèse des sinuosités. L'encaissement peut se faire :

- Par incision sur place de méandres existant antérieurement ;
- Par développement progressif de sinuosités pendant la durée de l'incision.

#### **a.2. Les méandres contraints :**

Les méandres contraints se caractérisent par le blocage latéral de tout ou partie des sinuosités par le cadre structural encaissant. Ils se développent de manière limitée au sein d'une vallée alluviale que l'érosion fluviale n'a pas réussi à calibrer, c'est-à-dire à élargir suffisamment pour que les méandres puissent migrer totalement « librement ».

#### **a.3. Les méandres libres :**

Ce sont les plus fréquents. Ils se développent à la surface de plaines alluviales ou ils peuvent établir un tracé en plan sans contrainte géologique majeure. Dans le plan vertical ils sont façonnés dans les alluvions anciennes ou récentes du cours d'eau. Le tracé est généralement de forme sinusoidale.

#### **a.4. Les méandres de vallées :**

Il existe aujourd'hui des méandres libres qui se développent parfois dans des fonds de vallée correspondant à d'anciens méandres encaissés.

Ces derniers ont été creusés il y a des millions d'années par des cours d'eau beaucoup plus puissants que les cours d'eau actuels et leurs caractéristiques morphométriques sont proportionnelles à des débits notablement plus élevés que les débits actuels.

### **a.5. Caractéristiques morphométriques des rivières à méandre :**

#### **a.5.1. La largeur à plein bord :**

Elle notée  $W$  (width). Elle se mesure généralement au niveau des points d'inflexion entre deux sinuosités. Le principe consiste à mesurer plusieurs fois la largeur sur un tronçon homogène puis à faire la moyenne des valeurs obtenues.

#### **a.5.2. Le coefficient de sinuosité :**

Comme son nom l'indique, ce paramètre quantifie le degré de sinuosité d'un cours d'eau. Deux méthodes de mesure sont généralement utilisées, la première étant la plus communément employée.

### a.5.2.1. Méthode du rapport de longueur :

Le principe est de mesurer la longueur développée du cours d'eau en suivant l'axe du lit mineur, puis de la diviser par la longueur entre les deux mêmes points en suivant l'axe général d'orientation du cours d'eau.

Pour ce faire, deux options sont possibles :

- la méthode classique mesure la seconde longueur en passant par l'axe principal d'orientation du cours d'eau (soit sensiblement l'axe moyen de l'enveloppe de méandrage) ;
- la méthode d'Allen (1984) mesure la seconde longueur en passant par tous les points d'inflexion des sinuosités. Celle-ci est donc en principe un peu plus longue que la précédente et le coefficient de sinuosité résultant plus faible.

### a.5.2.2. Méthode du rapport de pentes :

L'autre méthode consiste à diviser la pente du cours d'eau par la pente de la vallée. Cette méthode donne des résultats assez comparables à la méthode précédente.

Sur ce sujet, J.C. Brice (1964), cité par Bravard et Petit (2000), offre une classification basée sur une valeur appelée Indice de sinuosité ( $I_s$ ), dont le calcul sera détaillé ultérieurement. Il en fournit les classes suivantes :

**Tableau I.3 : Classification des cours d'eau en fonction de l'indice de sinuosité (UWE Sandra. 2012)**

Style fluvial	Rectiligne	Sinueux	Très Sinueux	Méandrique
$I_s$	$< 1,05$	$1,05 < I_s < 1,25$	$1,25 < I_s < 1,5$	$> 1,50$

### b. Le tressage :

Les rivières en tresses sont caractérisées par des chenaux multiples très mobiles dans l'espace et dans le temps, séparés par des bancs alluviaux ordinairement pas ou peu végétalisés.

Si les chenaux sont séparés par des îles de grande dimension et couvertes par des formations alluviales très végétalisées et stables dans l'espace et dans le temps, on ne parle généralement plus de tressage mais d'anastomose ou d'anabranchement.

#### b.1. La largeur à plein bord :

Il est cependant beaucoup plus aisé (et presque aussi précis car on peut réaliser plus de mesures) de la mesurer sur photographie aérienne en prenant comme référence la largeur du lit moyen de tressage pas ou peu végétalisé (ou bande active).

La mesure se fait perpendiculairement à l'axe moyen de la bande active. Il convient de toujours réaliser plusieurs mesures au sein d'un tronçon géomorphologique homogène et d'en faire une moyenne tant la largeur de la bande active peut varier spatialement.

#### b.2. Les indices de tressage :

L'idéal est d'en calculer les valeurs par tronçon homogène. La mesure du nombre de chenaux actifs le long de parcours perpendiculaires à l'axe du lit moyen : c'est l'indice de tressage.

**I.6. Débit de crue :**

Les crues sont des événements très importants dans un système fluvial. Pendant les crues, les cours d'eau évacuent des volumes importants d'eau et de sédiments, modifient la morphologie de la vallée fluviale, construisent ou détruisent des dépôts sédimentaires (bancs, plaines et terrasses). Les crues attirent aussi l'attention car elles sont des événements de forte intensité qui se passent à une échelle temporelle courte, de sorte qu'il n'est pas difficile à un observateur d'accompagner l'intégralité du cycle de montée et de descente des eaux dans un système fluvial (Maurício M, 2008).

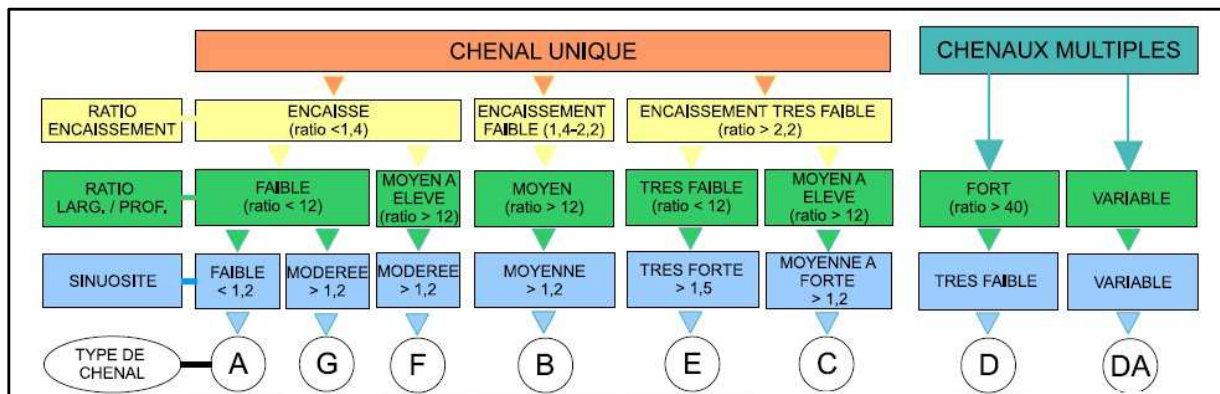
**I.7. Classifications pour prévoir le comportement des cours d'eau :**

La proposition méthodologique de Rosgen (1994) a été développée à deux niveaux d'analyse, afin de permettre l'organisation des variables en respectant les différentes échelles spatiales. Le premier niveau est celui de la caractérisation géomorphologique, tandis que le deuxième niveau est celui de la description morphologique. En termes pratiques, l'application de la méthodologie se fait à travers l'utilisation de quelques clés de classification (Figures I.7, I.8 et I.9).

**I.7.1. Niveau I : 9 types**

Ce premier niveau est basé sur la détermination des paramètres suivants :

- nombre de chenaux ;
- ratio d'incision (largeur de la vallée à la cote de 2 x la profondeur à pleins bords). A mesurer sur le terrain) ;
- rapport largeur/profondeur à pleins bords (à mesurer sur le terrain) ;
- coefficient de sinuosité.



**Figure I.7 :Premier niveau typologique de Rosgen (1994)  
(Malavoi. J.R et Bravard. J.P., 2010)**

La figure I.8 illustre les profils en travers et les profils en long de chaque type de chenal proposé par Rosgen en 1994.

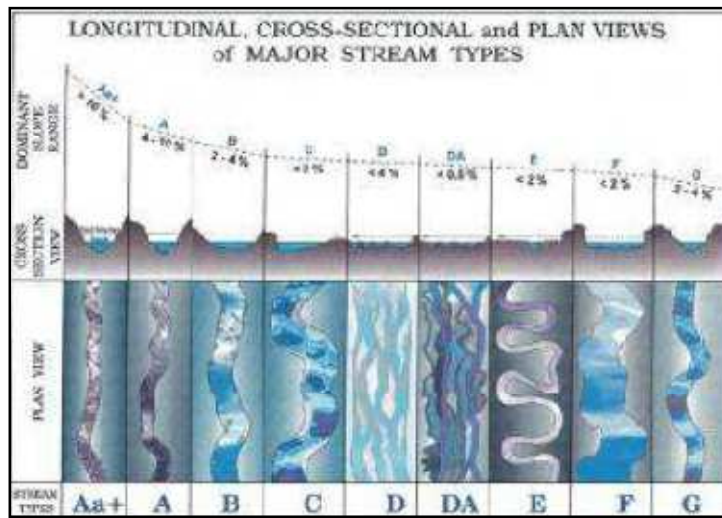


Figure I.8 : Profil en plan et profil en travers du premier niveau typologique de Rosgen (Malavoi. J.R et Bravard. J.P., 2010)

I.7.2. Niveau II : 93 types

Le niveau II fait intervenir de manière dichotomique la pente du cours d'eau puis la nature des matériaux du lit.

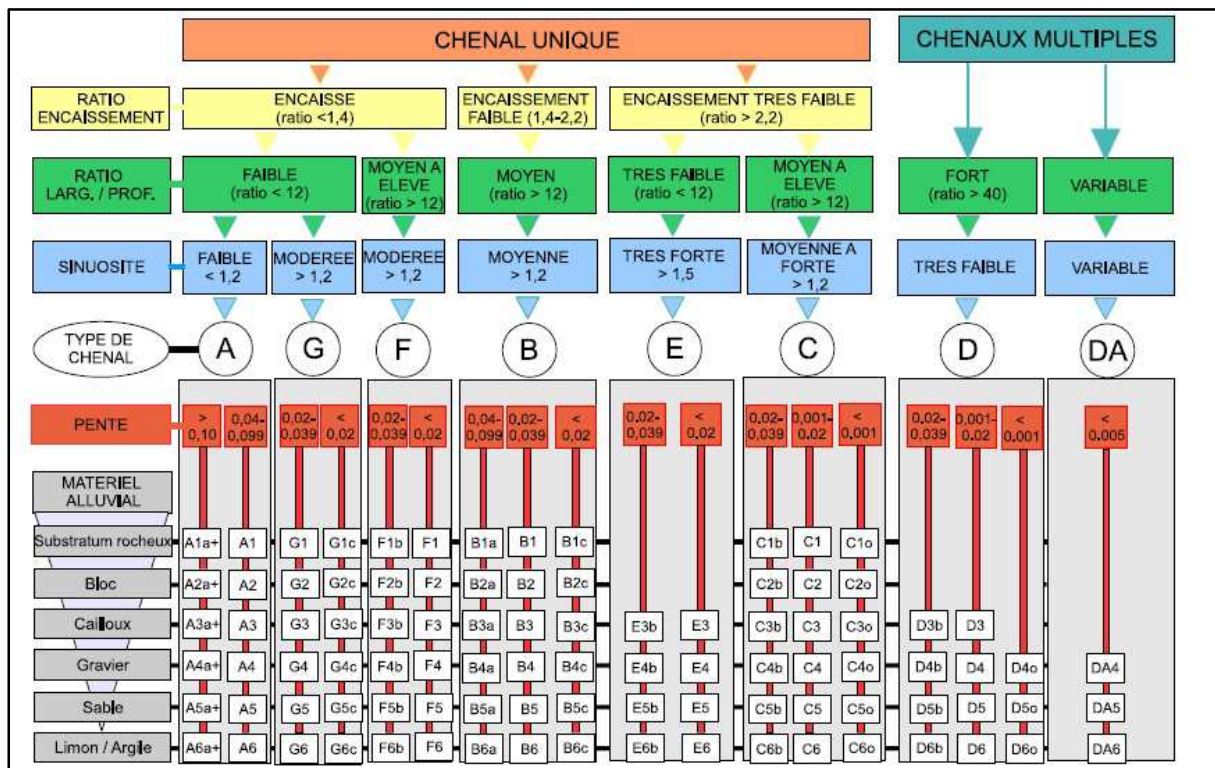


Figure I.9 : Deuxième niveau typologique de Rosgen (Malavoi. J.R et Bravard. J.P., 2010)

### **I.8. Influence des actions anthropiques sur la forme naturelle des cours d'eau :**

Les modifications d'origine anthropique, destinées à améliorer l'utilisation des cours d'eau, ont indéniablement une influence sur leurs formes et leur dynamique morphologique. Les digues, construites pour protéger les vals des crues, tendent à favoriser *l'incision* du chenal et à figer les formes fluviales en limitant les divagations du lit.

- Les épis construits pour améliorer la navigabilité des fleuves pendant les périodes d'étiage favorisent également la chenalisation et l'incision des lits en concentrant les écoulements dans le chenal principal.
- Les extractions massives de granulats en lit mineur contribuent également à une incision du lit.
- Les barrages influencent le transport de sédiments et donc la dynamique fluviale.
- L'urbanisation et les modifications des pratiques agricoles et pastorales influent aussi indirectement sur la morphologie des cours d'eau.

Les conséquences de ces actions anthropiques sur le système fluvial ont été largement étudiées mais il est souvent complexe de distinguer précisément l'influence de chaque action (Bravard et al, 1997; Surian et Rinaldi, 2003; Martin-Vide et al, 2010).

### **I.9. Conclusion :**

La forme des rivières n'est pas figée, elle évolue dans l'espace et dans le temps. Les variables de contrôle qui régissent en grande partie la dynamique des cours d'eau sont : le débit solide et le débit liquide, ils jouent à l'échelle du bassin versant. Les variables de réponse jouent à l'échelle du tronçon.

Malgré la grande quantité d'études sur la morphologie et la dynamique processuelle des cours d'eau, on peut considérer qu'il est encore impossible de prévoir avec exactitude le comportement des cours d'eau face à des changements, naturels ou provoqués par l'homme, sur les éléments qui contrôlent le système fluvial (comme par exemple le débit, la charge sédimentaire ou la pente). Par contre, l'avancée de l'état des connaissances hydrologiques et géomorphologiques permet l'élaboration de systèmes de classification de plus en plus complexes. La quête d'un système de classification universel, qui permette de faire des prévisions sur le comportement des cours d'eau, se poursuit.

## **Chapitre II**

### **Concepts et méthodes d'étude**

Ce chapitre a pour objectif de présenter les données météorologiques, hydrologiques, et sédimentologiques, utilisées pour l'étude de la variabilité hydropluviométrique et de la dynamique sédimentaire dans le bassin versant de la Macta. Il définit également les sources et la qualité des données, les données collectées sur le terrain et les techniques utilisées. Par ailleurs, ce chapitre expose les méthodes retenues pour l'analyse de la variabilité hydropluviométrique et de la dynamique sédimentaire.

### II.1. Clarification des concepts :

#### II.1.1. Qu'est-ce qu'un bassin-versant ?

L'emploi du terme « *bassin-versant* » est relativement récent. Son emploi se répand quand les chercheurs appréhendent le fait hydrologique, en particulier le débit, comme un fait spatial, comme le produit d'un espace géographique saisi dans toutes ses dimensions, dans toute sa dynamique (Lambert, 1973). Pour Loup (1974), le bassin-versant est une surface réceptrice des eaux qui alimentent une nappe souterraine, un lac, une rivière ou un réseau complexe. Il le définit par rapport à sa morphométrie, à ses caractères climatiques, à sa géologie, à sa végétation, à ses sols.

Aujourd'hui, en hydrologie, le bassin-versant désigne la totalité de l'espace drainé par un système fluvial, quelle que soit sa taille. Brunet *et al.* (1992) définissent le bassin-versant comme toute étendue en amont d'une station de mesure et dont les eaux « versent » en ce point. Pour Fritsch (1995), c'est une unité fonctionnelle, à trois dimensions, composée d'un domaine souterrain englobant les unités géologiques et les différents horizons du sol et d'un domaine superficiel et aérien qui est le lieu privilégié de la vie (plantes, animaux et hommes). Mais pour George et Verger (1996), un bassin-versant, encore appelé bassin hydrologique ou bassin de drainage, est l'espace géographique alimentant le cours d'eau qui le parcourt. Ce bassin a pour axe le cours d'eau principal et pour limite la ligne de partage des eaux le séparant des bassins-versants voisins.

Ainsi, un bassin-versant est l'ensemble du territoire drainé par un cours d'eau principal et ses tributaires. Les eaux souterraines qui alimentent les cours d'eau durant les périodes d'étiage en font partie intégrante, au même titre que les eaux de surface.

#### II.1.2. Les dépôts hydro-sédimentaires :

Ils désignent la sédimentation induite par les débits solides. Selon Laroche (1983), le débit solide est le poids total des matériaux transportés par un cours d'eau, d'une manière ou d'une autre, passant à travers une section du cours d'eau par unité de temps. Ces matériaux sont issus de l'érosion et du ruissellement superficiel. Leur transport dépend de plusieurs facteurs qui sont l'écoulement, la pente, la pluie, la végétation, les sols et l'anthropisation, dont l'évolution détermine la vitesse et l'importance de la sédimentation.

Les géologues, eux, prennent en compte les dépôts de matériaux transportés par le courant et les dépôts issus des processus de décantation par gravité des matériaux en suspension dans l'eau.

Bolline (1975) indique que, plusieurs dizaines de tonnes de particules par hectare et par an peuvent être détachées du sol et ruisselées du fait de la masse solide impliquée, de la pente, de l'angle d'incidence de la pluie par rapport à la surface du sol et de l'énergie cinétique des gouttes de pluie. Le transport est donc sélectif mais limité. Pour Govers et Poesen (1988), la mobilisation des particules s'accompagne d'un tri du matériel, d'une migration verticale dans l'eau d'infiltration et de transport latéral de particules fines sous l'impact des gouttes de pluie.

Ces particules fines en présence d'une lame d'eau sont mises en suspension et peuvent être évacuées. L'érosion pluviale a une triple fonction : elle désagrège, déplace et réorganise. Macary et Berville (2003), soulignant le rôle de l'érosion dans la sédimentation, rappellent que l'érosion des sols est un phénomène complexe qui résulte de divers processus (détachement, transport et dépôt) causés par l'action, en général combinée, de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. La sédimentation se produit lorsque le courant n'est plus capable de maintenir les particules en suspension, et elle résulte d'un ralentissement de la vitesse d'écoulement dont les causes peuvent être multiples. Ainsi, la distribution granulométrique est inégalement répartie dans le lit (Leguédois, 2003), ce qui explique la diminution progressive de la taille des grains de sable de l'amont vers l'aval du bassin.

### II.1.3. La hiérarchisation du réseau hydrographique

Horton (1945) a présenté une technique d'ordination des cours d'eau inspirée des idées de l'hydrologue allemand Gravelius (1914) (LE FELLIC, 1990, 1991 ; BRAVARD et PETIT, 2002). Selon la technique proposée par Gravelius (1914), les segments du réseau hydrographique d'un bassin versant quelconque sont susceptibles de hiérarchisation. Le cours d'eau principal du bassin versant reçoit l'ordre « 1 » depuis son exutoire jusqu'à sa source ; de la même façon, les affluents reçoivent des numéros d'ordre, qui augmentent en direction de l'amont. Afin de donner une meilleure idée de la magnitude des cours d'eau, Horton (1945) a inversé le système d'ordination de Gravelius (1914), en donnant l'ordre « 1 » aux sources et en augmentant la valeur en direction du tronc hydrographique principal. Par contre, la valeur d'ordre atteint par un cours d'eau donné à l'exutoire est extrapolée jusqu'à sa source le long de son cours, de façon que chaque cours d'eau possède une valeur d'ordre unique (Figure II.1).

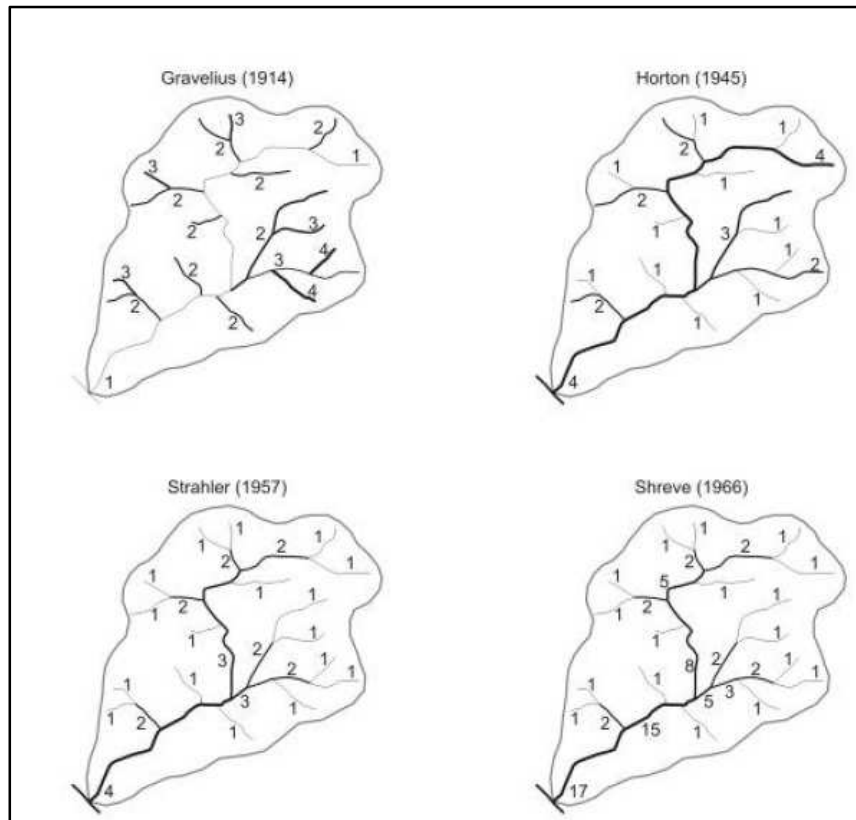
A partir de la proposition présentée par Horton (1945), Strahler (1957) a développé un nouveau système d'ordination, dans le but de supprimer la subjectivité imposée par l'extrapolation des numéros d'ordre jusqu'aux sources. Pour Strahler (1957), le fait d'attribuer un même numéro d'ordre à la totalité d'un cours d'eau donne une fausse idée de sa taille, car les sources et l'exutoire ont le même rang. Ainsi, dans sa nouvelle proposition, Strahler (1957) adopte comme unité hydrographique le tronçon.

La méthode proposée attribue la valeur « 1 » à tous les tronçons de tête de bassin ; le rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit, après leur confluence, un tronçon de valeur « 2 » ; le rencontre de deux tronçons de valeur « 2 » produit un tronçon de valeur « 3 », et ainsi de suite (Figure II.1).



Une nouvelle proposition d'ordination des chenaux a été faite par Shreve (1966). Afin d'insister sur la notion de magnitude du réseau hydrographique, la méthode proposée par Shreve (1966) propose la somme des valeurs d'ordre aux confluences.

Les sources reçoivent la valeur «1»; la rencontre de deux tronçons de valeur «1» produit un tronçon de valeur «2»; le rencontre d'un tronçon d'ordre «1» avec un tronçon d'ordre «2» produit un tronçon d'ordre «3», et ainsi de suite. La totalisation des ordres de tous les tronçons donne, à l'exutoire du bassin versant, la quantité totale de tronçons de rang 1.



**Figure II.1: Ordination des cours d'eau**

### II.1.4. Définition des précipitations :

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

### II.2. Sources, nature et qualité des données :

L'étude des fluctuations pluvio-hydrologiques et de la variation hydrodynamique sédimentaire du bassin-versant de la Macta nécessite des données climatologiques,

hydrométriques, d'occupation du sol et sédimentologiques, complétées avec des données quantitatives et qualitatives de terrain.

### II.2.1. Les données climatiques:

#### II.2.1.1. Les températures :

Pour l'étude de la température du bassin de l'Oued Mekerra et l'Oued El Hamamam, nous avons pu disposer des températures annuelles maximales et minimales : de 1985 à 2008 pour la station de Mascara et de 1985 à 2002 pour la station de Sidi Bel Abbes. En plus, des températures mensuelles maximales, minimales et moyennes : de 1974 à 2012 pour la station de Sidi Bel Abbes et de 1985 à 2009 pour la station de Mascara. Les données ont été fournies par les directions des ressources en eau de la wilaya de Sidi Bel Abbes et la wilaya de Mascara.

#### II.2.1.2. Les précipitations :

La nécessité de disposer d'une longueur temporelle suffisante pour étudier l'évolution de la pluviométrie à long terme et les variations plus rapides, nous a fait retenir une période d'étude de 39 ans, de 1967 à 2005 pour le bassin versant de Oued Mekerra et une période d'étude de 33 ans pour le bassin versant de Oued El Hammam, de 1971 à 2004. Les données qui figurent dans ce travail sont fournies par l'A.N.R.H d'Oran. Il s'agit des totaux mensuels et annuels de précipitations.

Néanmoins, le choix est dû d'une part à la disponibilité d'une série pluviométrique assez longue et d'autre part à la répartition des stations dans l'ensemble du sous bassin. Les caractéristiques des différentes stations choisies sont présentées dans le tableau II. 1 et II.2.

**Tableau II.1: Caractéristiques des stations pluviométriques retenues situées au bassin versant de l'Oued Mekerra**

Code	Nom	Coordonnées Lambert (km)	
		X	Y
110102	Ras El Ma	177,7	138,8
110203	Hacaiba	183,3	161,6
110201	Sidi Ali Benyoub	186,5	192,2
110305	Sidi Bel Abbes	199,1	219,7
110701	Dahya	191,1	155,2
110322	Tabia	186,8	196,7

## Chapitre II: Concepts et méthodes d'étude

110317	Hassi Zahana	172,7	198,2
110307	Benbadis	170,8	190,8
110507	Ferme Chabrier	194,8	190,4
110304	Sarno Barrage	201,9	214,1
110312	Mostefa Ben Benbrahim	221,7	214,7
110308	Sidi Ali Boussidi	178,2	206,1
110310	Lamtar	185,2	205,3
110319	Caid Belarbi	212,9	210,7
110318	Sidi Lahcen	191,2	212,9

**Tableau II.2: Caractéristiques des stations pluviométriques retenues situées au bassin versant de l'Oued El Hamman**

Code	Nom	Coordonnées Lambert (km)	
		X	Y
111516	3rivière	246,6	217
111503	Bouhanifia	247,5	225
111424	Ghriss	269,5	219,4
111429	Mascara V	268,1	235,7
110802	Daoud	234,5	184,1
110514	A. Chafia	210,7	183,3
111217	Beniane	275	203,1
111201	O. Taria	262,2	205,1
111204	Aintafrit	290,4	182,6
110312	M. Benbrahim	221,7	214,7
110501	Merine	216,3	170,5
111508	Sfisef	233,7	218,8
110502	Telagh	200,6	170,1

## Chapitre II: Concepts et méthodes d'étude

111103	A El Hadjar	266,5	165,2
111113	D Keroua	264,7	181,2
111511	Mohammada	261,8	257,7
110509	Sidi Ahmed	204	190
111413	Tizi	261,5	227,8
111401	Maoussa	277,3	233,8
111404	Aouf	287,1	211,8
111210	Tamesna	295,6	174,5
110603	Ain Frass	240,1	215,7
111502	Ouiz Aval	247	215,7
111104	Saida	268,4	173,3
110504	Tenira	205,5	196,2
111414	Sidi Kadda	285,9	228,3
111430	Khalouia	282,4	243,6
111418	Nesmot	289,1	219,5

### II.2.2. Les données hydrométriques:

Le bassin versant de la Macta est contrôlé par quatorze stations hydrométriques, quatre stations sont situées dans le sous bassin de Oued Mekerra et dix stations sont situées dans le sous bassin de Oued El Hammam. Les caractéristiques des stations retenues sont présentées dans les tableaux suivants:

**Tableau II.3: Stations hydrométriques et séries de débits utilisées**

Code de station	Nom de station	X (m)	Y (m)	Début de la série		Fin de la série	
				Débits journaliers	Débits instantanés	Débits journaliers	Débits instantanés
110301	Sidi Bel Abbas	198474	219036	01/09/1974	05/03/1975	31/08/2006	13/06/2006
110201	Sidi Ali Benyoub	186549	192207	01/08/1978	13/07/1971	31/08/2006	31/05/2006

## Chapitre II: Concepts et méthodes d'étude

110101	Hacaiba	183502	161652	01/09/1978	12/02/1962	31/08/1998	22/11/1997
110331	Lamtar	184771	206498	01/01/1977	24/09/1973	31/08/1997	06/02/1998
111518	Hacine	254600	243500	01/09/1973	-	31/08/2004	-
111501	Trois Rivières	246600	217000	01/09/1973	02/09/1990	31/08/2006	27/08/2004
111302	Ouizert	245500	214000	01/09/1975	-	31/08/2002	-
111201	O.Taria	262200	205100	01/09/1985	04/06/1973	31/08/2006	09/08/2004
111003	Laabana	245700	215000	-	24/11/1974	-	10/08/2004
111101	Saida	267750	172560	-	1973	-	2003

### II.3. Logiciels utilisés :

Nous avons réalisé les cartes et les figures présentées dans tout le manuscrit à l'aide des logiciels: Microsoft Excel, Mapinfo, Rivertools, Global Mapper, Vertical Mapper, Surfer, Statistica, Origin, Google Earth.

#### II.3.1. Rivertools:

River Tools est un logiciel d'analyse des Modèles Numériques de Terrain (MNT), également appelés Digital Elevation Model (DEM). Les MNT sont des grilles numériques géoréférencées où chaque nombre représente l'altitude du sol au point de coordonnées (x,y) correspondant. Les MNT sont construits à partir de cartes IGN, et l'écart entre deux points sur un même axe peut, selon les MNT, être de 75 mètres ou de 525 mètres.

Le logiciel River Tools utilise donc les données des MNT pour reconstituer virtuellement un relief sur la zone considérée, et à partir duquel il calcule, en chaque maille, le vecteur écoulement imposé par les altitudes des mailles voisines. En lui fournissant les coordonnées d'un exutoire il est donc en mesure de déterminer le contour du bassin versant correspondant, le réseau hydrographique, ainsi que certaines caractéristiques descriptives de la forme du bassin (allongement, plus grande distance...) et de sa géomorphologie (longueur du cours d'eau, pente...).

#### II.3.2. Mapinfo:

MapInfo Professional est un Système d'information géographique (SIG) à l'origine Bureau de créé dans les années 1980 aux États-Unis. C'est un logiciel qui permet de réaliser des cartes en format numérique. MapInfo est conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones, image raster ... Il incorpore un

grand nombre de formats de données, de fonctions cartographiques et de gestion de données... Un système de requêtes cartographiques adapté permet la conception des cartes et bases de données cartographiques. MapInfo est ouvert vers le Web et les globes virtuels ; il permet de publier sur le web des cartes réalisées sur un PC, de faire de la cartographie interactive, d'incorporer des informations des globes virtuels...

MapInfo Professional est un logiciel destiné aux chargés d'étude et d'aménagement territorial, aux chargés d'études d'implantation, de géomarketing, aux analystes des réseaux physiques et commerciaux.

### II.3.3. Global Mapper :

Global Mapper est plus qu'un simple outil de visualisation capable d'afficher les images raster, les données d'altitude et les données vectorielles les plus répandues. Il convertit, édite, imprime, acquière des données GPS, et permet d'utiliser des fonctionnalités SIG sur des jeux de données de manière peu onéreuse et simple. Global Mapper permet aussi, en son sein, la visualisation des données d'altitudes en vrai 3D avec un drapage de n'importe quelles images raster ou données vectorielles.

Les fichiers de données peuvent être chargés comme des couches, ainsi un modèle numérique de terrain (MNT) peut être chargé avec une carte topographique pour créer une vue 3D de la carte. Une photographie aérienne numérique peut être drapée en même temps que des données vectorielles pour créer une carte riche en informations. Le résultat peut être imprimé, ou bien encore l'espace de travail peut être exporté sous la forme d'une image raster en haute résolution destinée à être utilisée dans une présentation ou un rapport.

### II.3.4. Vertical Mapper :

Vertical Mapper est un module qui permet de générer et d'afficher des contours en modélisant les valeurs attachées à une carte de points.

Entièrement intégré dans MapInfo Professional, il permet d'effectuer des modélisations en relief de terrain par surface continue et tridimensionnelle. Il permet aussi de modéliser par coloration continue des phénomènes de température et d'élévation, ou via thématiques, la criminalité ou les revenus par exemple.

### II.3.5. Surfer :

Surfer pour Windows est un outil de tracés de contours et de surfaces en 3D. *Surfer* convertit rapidement les données en cartes et surfaces, nous permet de contrôler toutes les options graphiques et d'obtenir exactement le résultat voulu.

### II.3.6. Origin :

Origin est un outil complet d'analyse de données et de mise en forme graphique qui fournit tout un éventail de fonctionnalités pour satisfaire aux exigences de qualité et aux besoins spécifiques de la communauté scientifique (chercheurs, ingénieurs, etc.).

Grâce à sa large palette d'outils, on obtiendra, en un clic de souris, notre analyse sans avoir à manipuler les données cellule par cellule.

### II.3.7. Statistica :

*STATISTICA* est un système complet et intégré d'analyse des données, de représentation graphique, de gestion de bases de données, et de développement d'applications personnalisées, offrant une large gamme de procédures élémentaires ou avancées pour les sciences, les affaires et les applications industrielles.

On peut aisément personnaliser les interfaces-utilisateur et le langage (*STATISTICA* Visual Basic) permet d'automatiser les tâches, quelle qu'en soit la complexité (des plus simples comme l'enregistrement de macros pour automatiser des opérations routinières, aux plus complexes comme la prise en charge de projets de grande envergure (par exemple, des extensions analytiques personnalisées intégrant *STATISTICA* à d'autres applications ou environnements informatiques).

### II.3.8. Google Earth

Google Earth est un logiciel propriétaire de la société Google permettant une visualisation de la terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Ce logiciel permet pour tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises.

## II.4. Méthodes d'étude :

Les méthodes diagnostiques utilisées pour cette étude sont essentiellement statistiques. Elles ont permis d'analyser les variabilités pluviométriques, hydrologiques et sédimentologiques, et de détecter les relations entre eux.

### II.4.1. Profil en long :

Pour l'élaboration du profil en long, on a téléchargé les images SRTM qui recouvrent le sous bassin de Oued Mekerra et Oued El Hamamm. Ces images ont été transformées par le logiciel Global Mapper pour former le modèle numérique de terrain. Ensuite, le profil en long a été extrait à l'aide du logiciel Rivertools.

### II.4.2. Etude du relief :

L'altitude moyenne des bassins est calculée à partir de la formule suivante:

$$H_{moy} = \sum \frac{A_i \cdot h}{A} \quad (\text{II.1})$$

Où:

$H_{\text{moy}}$ : Altitude moyenne du bassin (m).

$h$ : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

$A_i$ : Aire comprise entre deux courbes de niveau ( $\text{km}^2$ )

$A$ : Surface totale du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

Les altitudes moyennes trouvées sont : 923 m pour Oued Mekerra et 793 m pour Oued El Hammam.

L'indice global de pente est calculé à partir de la courbe hypsométrique, il est défini par:

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \quad [\text{m/km}] \quad (\text{II.2})$$

Où:

$H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$  représente les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin.

$L$ : longueur du rectangle équivalent.

La classification du relief par l'indice global de pente est la suivante:

**Tableau 11.4 : Classification du relief selon  $I_g$**

Relief très faible	$I_g < 0.002 \text{ m/km}$
Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
Relief assez fort	$.02 < I_g < 0.05$
Relief fort	$0.05 < I_g < 0.5$
Relief très fort	$0.5 \text{ m/km} < I_g$

La dénivelée spécifique est donnée par la relation suivante:

$$D_s = I_g \cdot A^{1/2} \quad (\text{II.3})$$

$i_g$  : Indice global de pente (m/km).

$A$  : Surface du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

La classification du relief par la dénivelée spécifique est la suivante:



**Tableau 11.5 : Classification du relief selon  $D_s$**

$D_s < 10$ m	Relief très faible
$10 \text{ m} < D_s < 25$ m	Relief faible
$25 \text{ m} < D_s < 50$ m	Relief assez faible
$50 \text{ m} < D_s < 100$ m	Relief modéré
$100 \text{ m} < D_s < 250$ m	Relief assez fort
$250 \text{ m} < D_s < 500$ m	Relief fort
$D_s > 500$ m	Relief très fort

La pente moyenne du bassin versant est donnée par **ROCHE (1963)** comme suit:

$$I_p = \frac{L \cdot D}{A} \quad (\text{II.4})$$

Où:

$I_p$ : Pente moyenne (%);

D: Equidistance entre deux courbes de niveau (m);

L: Longueur totale des courbes de niveau (km);

A: Surface du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

### II.4.3. Développement du réseau hydrographique:

#### II.4.3.1. Densité de drainage:

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (\text{II.5})$$

Où:

$D_d$ : densité de drainage ( $\text{km}/\text{km}^2$ ).

L: longueur totale des cours d'eau du bassin (km).

A: surface du bassin ( $\text{km}^2$ ).

#### II.4.3.2. Rapport de confluence:

$$R_c = \frac{N_n}{N_{n+1}} \quad (\text{II.6})$$

Où:

$R_c$ : rapport de confluence.

$N_n$ : nombre de cour d'eau d'ordre n.

$N_{n+1}$ : nombre de cour d'eau d'ordre n+1.

### II.4.3.3. Rapport de longueur:

$$R_L = \frac{L_{n+1}}{L_n} \quad (\text{II.7})$$

Où:

$R_L$ : rapport de longueur cumulée.

$L_n$ : longueur cumulée des cours d'eau d'ordre n.

$L_{n+1}$ : longueur cumulée des cours d'eau d'ordre n+1.

$$R_l = \frac{l_{n+1}}{l_n} \quad (\text{II.8})$$

Où:

$R_l$ : rapport de longueur moyenne.

$l_n$ : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre n.

$l_{n+1}$ : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre n+1.

### II.4.3.4. Dimension fractale:

La dimension fractale d'un réseau hydrographique peut être évaluée à l'aide des grandeurs  $R_c$  et  $R_l$  et vaut:

$$D_f = \frac{\ln R_c}{\ln R_L} \quad (\text{II.9})$$

Un réseau hydrographique occupant la totalité du bassin devrait présenter une dimension fractale de 2.

### II.4.3.5. Coefficient de torrentialité:

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité de drainage et le nombre des talwegs d'ordre 1:

$$C_t = \frac{D_d \cdot N_1}{A} \quad (\text{II.10})$$

Où:

$D_d$  : Densité de drainage.

$N_1$ : Nombre des cours d'eau d'ordre 1.

A: Surface du bassin versant.

### II.4.3.6. Temps de concentration:

C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin éloigné pour parvenir à l'exutoire, pour son calcul, nous faisons appel à la formule de Giandotti.

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A + 1.5 \cdot L}}{0.8 \cdot \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \quad \text{(II.11)}$$

Où:

$T_c$ : Temps de concentration (Heures).

A: Surface du bassin ( $\text{km}^2$ ).

L: Longueur du talweg principal (km).

$H_{moy}$ : Altitude moyenne.

$H_{min}$ : Altitude minimale.

### II.4.4. Le prétraitement des données hydroclimatiques :

Il s'agissait de reconstituer les données hydro-pluviométriques manquantes et de réaliser l'interpolation spatiale des données des stations pour l'obtention du champ de pluie du bassin-versant de la Macta.

#### II.4.4.1. La reconstitution des données manquantes :

La fiabilité du comblement des données manquantes de pluies et de débits mensuels dépend essentiellement de la qualité des données existantes. Elle dépend en partie aussi de la significativité climatique et hydrologique des unités géographiques à l'intérieur desquelles une homogénéisation entre les stations peut être faite (**Mahé, 1992**).

Nous avons pu combler les données pluviométriques manquantes par la méthode de la régression linéaire en utilisant le logiciel Origine.

Cette méthode a été utilisée lorsque les corrélations entre les stations ont une certaine significativité. Les valeurs manquantes sont calculées par la méthode de la régression linéaire. L'équation est comme suit :

$$y = a + b x \quad (\text{II.12})$$

où :  $a = y - b x$  et  $b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n[\sum x^2 - (\sum x)^2]}$

avec  $n$  : le nombre d'observations;  $y$  : la valeur recherchée ;  $x$  la série complète.

### II.4.4.2. L'étude des tendances :

La démarche consiste à normaliser (ou « standardiser ») les données à l'aide d'une transformation centrée réduite qui consiste simplement à centrer les données  $x_i$  par rapport à leur moyenne  $\bar{x}$ , et à les réduire par rapport à l'écart-type  $\sigma_x$ :

$$x_i \rightarrow z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (\text{II.13})$$

L'utilisation de valeurs normalisées permet de cibler les années humides ou excédentaires et les années sèches ou déficitaires de la série étudiée.

L'indice standardisé de précipitation a été développé en 1993 en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il reflète l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau.

- **Pour les pluies :**  $x_i \rightarrow P_i$  ;  $\bar{x} \rightarrow \bar{P}$  avec  $\bar{P}$  moyenne des  $P_i$  et  $\sigma_x \rightarrow$  écart type des  $P_i$

Dans notre cas, les pluies annuelles ( $P_i$ ) correspondent aux pluies moyennes annuelles de l'ensemble des stations retenues, cela pour chaque année comprise dans la période d'étude choisie.

- **Pour les débits :**  $x_i \rightarrow Q_i$  ;  $\bar{x} \rightarrow \bar{Q}$  avec  $\bar{Q}$  moyenne des  $Q_i$  et  $\sigma_x \rightarrow$  écart type des  $Q_i$

### II.4.4.3. Méthode des isohyètes:

Une méthode rigoureuse pour calculer la moyenne des pluies à partir de l'ensemble des mesures ponctuelles obtenues à plusieurs stations pluviométriques sur le bassin ou à proximité est fondée sur l'utilisation des isohyètes.

Les isohyètes sont des lignes de même pluviosité (isolateurs de pluies annuelles, mensuelles, journalières, etc.). Grâce aux valeurs pluviométriques acquises aux stations du bassin et aux autres stations avoisinantes, on peut tracer le réseau d'isohyètes comme on le ferait pour celui des courbes de niveau. Il doit être dessiné avec le maximum de vraisemblance compte tenu de la région, du réseau, de la qualité de la mesure, etc.

Lorsque les courbes isohyètes sont tracées, la pluie moyenne peut être calculée de la manière suivante :

$$P_{moy} = \frac{\sum A_i p_i}{A} \quad (\text{II.14})$$

où :

$P_{moy}$  : précipitation moyenne sur le bassin,

$A$  : surface totale du bassin

$A_i$  : surface entre deux isohyètes  $i$  et  $i+1$ ,

$P_i$  : moyenne des hauteurs  $h$  de précipitations entre deux isohyètes  $i$  et  $i+1$ .

### II.4.5. L'aridité et indice de Martonne

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible. Dans les régions dites arides, les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle (notée ETP) données de 2009. L'aridité étant une notion spatiale, une région peut être qualifiée d'aride et non une période. Elle est d'ailleurs marquée sur près de 30 % des terres continentales bien que répartie sur diverses latitudes. Il y a les zones arides zonales dues à la présence de la partie descendante des cellules de Hadley et les déserts non-zonaux dus à diverses causes. L'aridification est le changement de climat graduel ou brutal conduisant à une situation d'aridité.

Le calcul d'un indice d'aridité, au même titre que la classification des climats, a toujours été un sujet de recherche en climatologie. Il existe une multitude d'indices et de formules, certaines basées sur des critères climatologiques, d'autres biogéographiques. Parmi tous ces indices, les plus connus restent ceux d'Emmanuel de Martonne .

L'indice d'aridité de Martonne, noté  $I$ , cet indice permet de déterminer le degré d'aridité d'une région. Pour le calculer, on utilise la formule suivante :

$$\text{Où} \quad I = \frac{P}{T+10} \quad (\text{II.15})$$

$P$  : désigne les précipitations totales annuelles

$T$  : la température moyenne annuelle.

### II.4.6. Déficit d'écoulement

Ce déficit d'écoulement représente essentiellement les pertes dues à l'évaporation. Il peut être estimé à l'aide de mesures ou de méthodes de calcul. A titre illustratif, les formules de Turc et Coutagne sont les suivantes :

#### 1. Formule de Turc :

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{I^2}}} \quad (\text{II.16})$$

Avec :

$D$  : déficit d'écoulement (mm).

$P$  : pluie annuelle

T : température moyenne annuelle (°C) ;

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3.$$

### 2. Formule de Coutagne :

$$D = P - m \cdot p^2 \quad (\text{II.17})$$

Avec :

D : déficit d'écoulement (mm) ;

P : pluie annuelle (mm) ;

$$m = 1 / (0.8 + 0.16 T)$$

### II.4.7. Les variations d'écoulement:

Le terme d'écoulement se rapporte toujours à la circulation gravitaire de l'eau ; il prend plusieurs aspects selon la profondeur à laquelle il se situe dans le sol. En hydrologie de surface, le terme d'écoulement concerne exclusivement la circulation de l'eau dans le réseau hydrographique. Il s'agit d'un phénomène qui peut se quantifier par des mesures directes de débits. Sa formule est :

$$L = \frac{Q}{S} \times t \times 10^3 \quad (\text{II.18})$$

avec:

L = écoulement (mm) ; Q = débit (m<sup>3</sup>/s) ; t = le temps (s) ; S = superficie du bassin (km<sup>2</sup>).

### II.4.8. Le coefficient d'écoulement:

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant à produire de l'eau, un indice est très souvent utilisé en hydrologie de surface : le coefficient d'écoulement ( $C_e$ ). Ce coefficient (en %) est défini comme suit :

$$C_e = \frac{\text{Hauteur d'eau écoulée (mm)}}{\text{Hauteur d'eau précipitée (mm)}} \times 100 \quad (\text{II.19})$$

Ce coefficient est fortement influencé par la couverture du sol, comme le montre le tableau II.5 suivant dans lequel quelques valeurs du coefficient sont présentées. Ces valeurs reflètent la capacité des sols à ruisseler en fonction de la couverture du sol. On remarque notamment le très fort taux du coefficient d'écoulement pour les routes et les toitures. Cela s'explique par le fait que ces surfaces sont pratiquement imperméables.

Ce coefficient est étroitement lié à des variations climatiques et traduit la relation entre les pluies et les écoulements (Mahé et Olivry, 1995). Il permet aussi d'analyser le rôle joué par le substratum géologique du bassin considéré.

**Tableau II.6 : Valeurs du coefficient d'écoulement pour différentes couverture du sol [M. Plantier]**

Nature superficielle du bassin versant	Coefficient d'écoulement en (%)
Bois	0,1
Champs cultivés	0,2
Vignes, terrains nus	0,5
Rochers	0,7
Routes sans revêtement	0,7
Routes avec revêtements	0,9
Villages, toitures	0,9

### II.4.9. L'estimation de l'indice d'agressivité des pluies sur le bassin-versant:

Comme nous ne disposons que des données pluviométriques mensuelles, nous avons procédé à une estimation à partir des indices d'agressivité climatique de Fournier (1962) cité par Lamouroux (1969) et Gngongbo (1996), afin d'établir la carte d'érosivité des pluies [Amoussou. E, 2010].

Cet indice s'exprime par le rapport du carrée de la pluviométrie moyenne  $P_i$  du mois le plus arrosé, à la pluviométrie annuelle moyenne :

$$F = \frac{P_{i\max}^2}{P_{\text{annuel}}} \quad (\text{II.20})$$

### II.4.10. Débit de pleins bords :

Pour le calcul des débits de pleins bords de chaque station de mesure, on a utilisé des séries de débits maximaux annuels, Pour chaque série et à l'aide du logiciel Hydrolab, on a appliqué la loi de Gumbel pour trouver le débit d'une période de retour de 1,5 an.

### II.4.11. Méthodes utilisées pour l'étude de la concentration en MES :

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la matière en suspension d'un cours d'eau est parmi eux la méthode d'échantillonnage.

#### II.4.11.1 Description de la méthode :

C'est la méthode la plus simple et la plus directe. On prélève un échantillon d'eau, manuellement ou à l'aide d'un préleveur automatique, puis on va analyser les échantillons par les procédés classiques (filtrage sur filtre millipore et la charge en suspension est mesurée par pesée des filtres).

Un échantillon d'eau est prélevé du cours d'eau à l'aide d'un préleveur automatique. Idéalement, le prélèvement de l'échantillon doit se faire par pompage dans une crépine de faible diamètre, disposée dans l'axe du courant, avec une vitesse d'aspiration de l'ordre de celle du courant (Gautheron 1994). Or, il n'est pas toujours

## Chapitre II: Concepts et méthodes d'étude

évident de mettre en place un tel dispositif sur le terrain. Il faut néanmoins éviter que l'angle entre la crépine et la vectrice vitesse de l'écoulement ne dépasse  $90^\circ$ , afin d'éviter de prélever à contre-courant. La concentration est ensuite mesurée par filtration – séchage – pesée (norme AFNOR T90-105,1994). En laboratoire, on prélève un volume  $V$ , en général compris entre 100 et 500 ml. On filtre alors ce volume sur un filtre préposé (poids sec  $M_0$  en mg). Le filtre est ensuite séché pendant 2 heures à  $105^\circ\text{C}$ . Il ne reste plus qu'à peser de nouveau le filtre sec (poids  $M$  en mg).

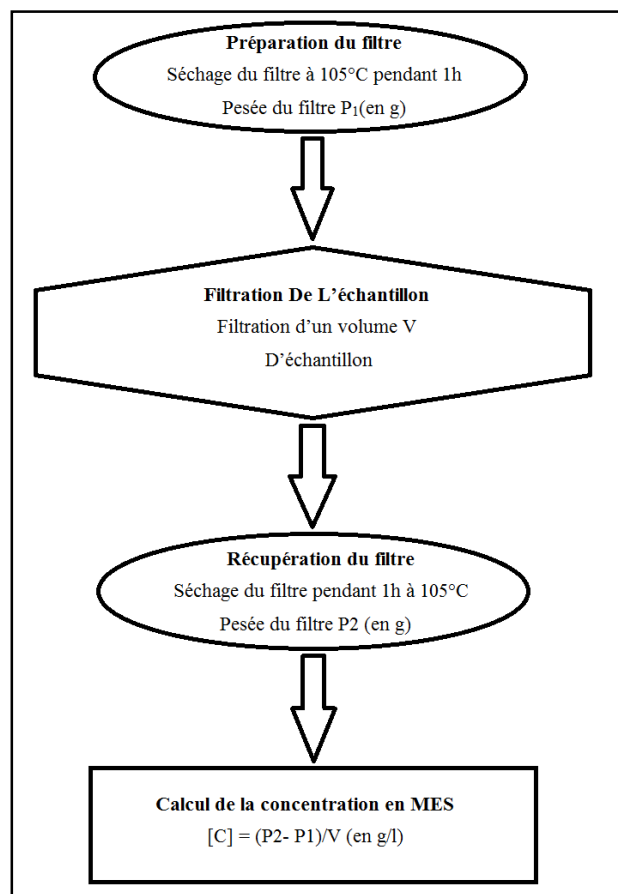
La concentration  $C_s$  s'exprime alors en g/l de la manière suivante:

$$C_s = \frac{M - M_0}{V} \quad (\text{II.21})$$

Cette méthode de mesure est particulièrement simple. Mais l'analyse des échantillons en laboratoire prend du temps, notamment lorsque les concentrations sont importantes. De plus, les préleveurs automatiques comportent un nombre limité de flacons de prélèvement (24 en général). Par conséquent, la mesure des concentrations par prélèvement s'avère assez peu adaptée à un suivi des concentrations à pas de temps fin, inférieur à l'heure, ou à la mesure en temps réel.

De manière arbitraire, la norme AFNOR NF T 90-105 (1996) définit les matières en suspension par des critères opérationnels. Elles sont obtenues soit par filtration sur une membrane poreuse de 0,45 mm, soit par centrifugation pendant un temps minimum 15 min avec une accélération moyenne de 2800 à 3200 fois l'accélération de la pesanteur (g).

Le papier filtre utilisé est de type Whatman de diamètre 47 mm et le protocole de mesure de MES ce fait comme suit :





### Figure II.2 : Protocole de mesure des MES au laboratoire

#### II.4.11.2. La granulométrie des sédiments :

Les prélèvements sont réalisés par carottage. Les analyses granulométriques ont été réalisées au niveau du laboratoire de Génie Civil à l'université de Mascara.

La granulométrie est donnée par la mesure de la taille des grains d'une formation géologique. Elle permet de connaître la fréquence statistique des différentes tailles des grains constituant cette formation (Verger, 1963). Les méthodes d'analyses granulométriques varient en fonction de la taille moyenne et des tailles extrêmes du matériel à analyser. Ainsi, pour caractériser la distribution et l'origine des sédiments dans le lit des cours d'eau, le calcul de certains paramètres est nécessaire.

A l'origine, les analyses granulométriques s'effectuent par tamisage à l'aide de tamis à mailles carrées dont les ouvertures croissent suivant une progression géométrique de raison  $2^{1/2}$ . Lorsque l'on tamise, on classe les grains d'après leur largeur et les fréquences des grains d'une classe déterminée sont évaluées en pesant les fractions retenues sur les tamis successifs. Pour les fractions les plus fines, les méthodes de décantation ou de sédimentation sont utilisées: on disperse un sédiment dans un récipient rempli d'un liquide (en général de l'eau dont la température est connue) et l'on mesure, à des intervalles de temps bien déterminés, la quantité de matière restée en suspension (méthode de la pipette, laser,...) ou celle déjà sédimentée (principe de la balance de sédimentation). Actuellement, des appareils de plus en plus perfectionnés (granulomètres laser) facilitent les analyses.

Pour représenter les distributions granulométriques, on peut utiliser des *courbes cumulatives*, on cherche ici à connaître la proportion du sédiment qui est supérieure -ou inférieure- à une valeur donnée du diamètre granulométrique. Dans le cas d'un tamisage, on porte en abscisse les ouvertures linéaires des mailles des tamis et en ordonnée, le pourcentage en poids de sédiment traversant le tamis (% de passant) ou ne le traversant pas (% de refus). Les ingénieurs portent généralement les ouvertures des tamis dans un ordre croissant tandis que les sédimentologues adoptent presque toujours une disposition inverse. Lorsque l'intervalle de classe diminue, le diagramme cumulatif se transforme en courbe cumulative; on peut construire cette courbe en joignant les rentrants du diagramme cumulatif.

#### a. Médiane (Md) et quartiles :

Sur la courbe granulométrique, la médiane représente la valeur lue en abscisse dont l'ordonnée est 50 %. La médiane donne une indication des conditions moyennes habituelles des facteurs hydrodynamiques (Houndéno, 1988). La courbe permet également la détermination du premier quartile  $q_1$  (25 %) et le troisième quartile  $q_3$  (75 %).

#### b. Le Mode :

Il se lit sur l'histogramme et constitue la classe où se trouve le plus grand pourcentage de grains.

### c. Le 1<sup>er</sup> décile (d<sub>10</sub>) :

C'est la dimension telle que 10 % des éléments sont plus petits (Marc et Emblanch, 2005). Il est le paramètre qui conditionne le plus les propriétés de perméabilité du milieu. Les paramètres précédents ont permis de calculer les indices nécessaires pour déterminer l'origine des sédiments. Ces indices renseignent sur la taille du sédiment et sur l'agent de transport (Ben Amor *et al.*, 2003 ; Marc et Emblanch, 2005).

### II.4.11.3. Procédures de l'analyse granulométrique en laboratoire :

Pour caractériser la granulométrie des échantillons prélevés on passe par le tamisage pour éléments grossiers :



**Photo II.1 : Tamisage par voie sec (de 3.2 mm a 0.075 mm)**

Pour les éléments fins, on a procéder à la sédimentométrie qui passe par les étapes suivantes :

- On doit tamiser le sol ayant des diamètres inférieurs à 80  $\mu\text{m}$  (0,08 mm) après séchage à l'étuve.
- Prendre l'eau distillée et le défloculant pour obtenir une solution 500  $\text{cm}^3$ .
- On prélève ensuite un échantillon de 80g de ce tamisa qui mis à imbiber dans 500  $\text{cm}^3$  d'une solution d'eau distillée et de défloculant, agiter pendant 15h au minimum.
- On verse la solution dans une éprouvette graduée de 2 litres et l'on complète jusqu'à 2 litres avec l'eau distillée.

- Avant de démarrer l'essai, la solution est à nouveau agitée à l'aide d'un agitateur manuel, dès que l'on arrête l'agitation, le chronomètre est déclenché et le densimètre est introduit dans l'éprouvette.
- On lira la densité de la solution aux temps suivants : 30 s, 1, 2, 5, 10, 20, 40, 80 min ,4h jusqu'à 24 h.



**Photo II.2 : Agitation et mesure par densimètre**

### II.4.12. La quantification des apports sédimentaires:

Le calcul du débit solide en suspension est fonction du débit liquide observé (valeurs Instantanées  $Q$  en  $m^3/s$ ) et de la concentration de matières en suspension (Bouanani, 2004). La formule est :

$$T_{ss} = C_{MES} \times Q \times 86400 \quad (\text{II.22})$$

$TSS$  = Total Suspended Sediment (kg/j);

$CMES$  : concentration ou turbidité (g/l);

$Q$  :débit liquide ( $m^3/s$ ).

Les chiffres représentent la conversation du temps. Les apports solides peuvent être quantifiés annuellement, mensuellement ou saisonnièrement.

Dans le cas où seules les données de charges solides en suspension (flux) sont disponibles, les chroniques de concentration  $CMES$  (g/l) sont reconstituées selon la formule suivante :

$$C_{MES} = \frac{\text{flux (t/j)}}{\text{Debit (m}^3\text{/s)}} \times \frac{1000}{86400} \quad (\text{II.23})$$

Les apports solides et les apports spécifiques sont données par :

$$As = Qs.N.10^{-9} \quad (\text{II.24})$$

$$Ass = (As.10^6) / S \quad (\text{II.25})$$

Avec :

$A_s$  : apport solide annuel, mensuel ou saisonnier (Mt)

$Q_s$  : débit solide annuel, mensuel ou saisonnier (Kg/s)

$N$  : temps en secondes. (s)

$A_{ss}$  : apport solide spécifique (t/km<sup>2</sup>/an)

$S$  : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

### - Les apports annuels

Le flux des matières en suspension transportées par l'oued pendant un pas de temps séparant deux prélèvements notés  $t_{j+1} - t_j$ , est calculé par la formule :

$$A_s = \frac{[(Q_{j+1} \cdot C_{j+1}) + (Q_j \cdot C_j)]}{2} \cdot (t_{j+1} - t_j) \quad (\text{II.26})$$

$C_j$  et  $C_{j+1}$  les concentrations relevées aux instants  $t_j$  et  $t_{j+1}$  et correspondant respectivement aux débits liquides  $Q_j$  et  $Q_{j+1}$ .

La somme arithmétique de ces apports élémentaires pendant l'année constituera l'apport solide annuel. De même, l'apport liquide engendrant le flux  $A_s$  est calculé comme suit :

$$A_l = \frac{(Q_{j+1} + Q_j)}{2} \cdot (t_{j+1} - t_j) \quad (\text{II.27})$$

### - Relation débit solide – débit liquide :

Une relation empirique qui relie les débits solides ( $Q_s$ ) et les débits liquides ( $Q_l$ ) a été proposée dès 1895 par Kenedy :

$$Q_s = a \cdot Q_l^b \quad (\text{II.28})$$

Avec ;

$Q_s$  : Débit solide en (Kg/s) ;

$Q_l$  : Débit liquide (m<sup>3</sup>/s) ;

#### II.4.13. puissances des cours d'eau :

La puissance de chenal est l'énergie potentielle dépensée par un cours d'eau lorsque l'eau se déplace au long d'un gradient d'énergie. Le calcul de la puissance est important car elle exprime la capacité que présente un cours d'eau de modifier son lit, de remobiliser et de transporter les sédiments. Pour calculer les puissances brutes et spécifiques, on doit disposer des valeurs de débits de pleins bords, de la pente et de la largeur du lit mineur.

Pour ce faire, on a utilisé les séries de débits maximaux annuels de chaque station hydrométrique. Sur chaque série, on a appliqué la loi de probabilités de Gumbel (BRAVARD et PETIT, 2002) pour trouver le débit d'une période de retour de 1,5 an. Dans les cours d'eau sous climat tempéré, le débit de pleins bords a une période de retour de 1,5 an.

Les valeurs de pente utilisées pour le calcul des puissances ont été extraites du profil en long précédemment élaboré. La largeur du lit mineur a été trouvée en utilisant des photos aériennes et des images satellitaires.

La puissance d'un cours d'eau est calculée comme suit :

$$P = \rho g Q I \quad (\text{II.29})$$

Avec :

P : puissance (W/m)

$\rho$  : masse volumique du fluide ( $\text{kg/m}^3$ )

g : accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ )

Q : débit de pleins bords ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

I : pente longitudinale (m/m)

la puissance spécifique est la puissance P divisé par la largeur à pleins bords l.

$$P_s = \rho g Q I / l \quad (\text{W/m}^2)$$

### II.4.14. Levés topographiques:

Pour réaliser les levés topographiques, un appareil topographique de type GPS a été utilisé. Les relevés topographiques traditionnels, nécessitent de travailler en vue directe de l'appareil (théodolite ou station totale).

D'une manière générale, tous les points levés sont définis dans le système de référence planimétrique (X, Y) Lambert Algérie.

Préalablement, une série de repères topographiques est placée dans les coordonnées nationales.

L'adjudicataire est tenu d'appuyer sa polygonale sur ces repères, quel que soit le type de matériel utilisé (station totale, GPS,...) et de fournir les listings provenant des appareils pour corroborer ce travail.

### II .5. Conclusion:

Dans ce chapitre, l'accent a été mis sur la description des données collectées, sur les dispositifs expérimentaux et sur les méthodes d'analyses statistiques des études hydropluviométriques et sédimentaires.

Les précipitations sont décrites à partir d'un réseau de quinze stations pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et vingt huit stations pour le bassin versant de l'Oued El Hammam, alors que les débits utilisés sont issus de quatre stations hydrométriques pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et même pour le bassin versant de l'Oued El Hammam.

Les données pluviométriques ainsi que les données hydrométriques des deux bassins versants ne présentent pas les mêmes périodes d'étude, en plus le nombre de stations choisies n'est plus suffisant, à cause de manque de données. Ce qui n'a pas facilité la comparaison entre les deux bassins versants en ce qui concerne la variabilité hydropluviométrique.

## **Chapitre III**

# **Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude**

## Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude

Le bassin versant de la Macta situé au Nord Ouest du territoire Algérien n'échappe pas de ces exigences qui réduisent les ressources en eau mobilisables pour une population sans cesse croissante et qui pèsent lourdement sur l'activité agricole (accroissement de 1231824 habitants en 1998 à 1314973 habitants en 2004). Ce bassin regroupe deux sous bassins représentatifs : les sous bassins de Oued El Hammam et Oued Mekerra qui sont traversés par deux principaux cours d'eau portant leurs noms.

Nous nous intéressant dans ce travail aux deux bassins de l'Oued El Hammam et l'Oued Mekerra, les exutoires sont la station de Trois Rivières et de Sidi Bel Abbes respectivement. Les limites des basins versants représentatifs de la Macta sont représentées dans la figure III.2.

### III.1. Présentation du bassin versant de la Macta :

Situé au nord ouest du territoire Algérien (Figure I.1), le bassin versant de la Macta s'étend sur une superficie de 14389 km<sup>2</sup> avec une population de 1231824 habitants en 1998 et de 1314973 habitants en 2004. Six wilayas sont y partiellement intégrées : Mascara (39/47 communes), Sidi Bel Abbes (43/52 communes), Saida (12/16 communes), Mostaganem (10/32 communes), Tlemcen (1/53 communes) et Oran (1/26 communes).

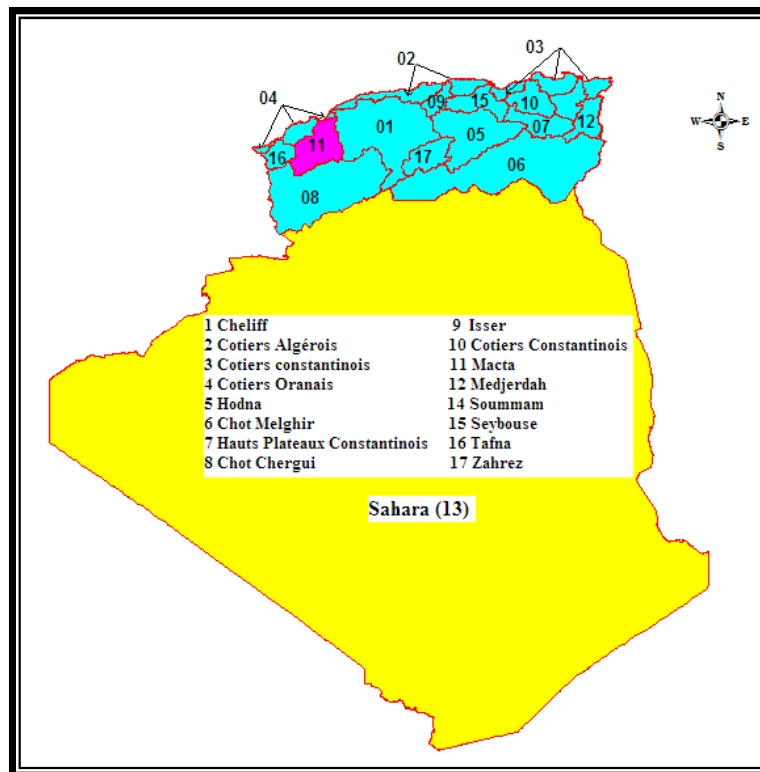


Figure III.1 : Les bassins versants algériens

Il est limité au Nord par la Mer Méditerranée, au Sud par les hauts plateaux oranais, à l'Est par la région Cheliff Zahrez et à l'Ouest par le bassin versant de Tafna et les côtiers oranais (Figure III.2).

Le bassin versant de la Macta est constitué d'une part par la haute plaine de Sidi Bel Abbes, les plaines de la Habra et de Mascara et d'autre part par deux dispositifs

### Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude

orographiques parallèles à la côte allant du Sud-Ouest au Nord-Est. Ces dispositifs sont formés essentiellement par les monts des Beni-Cheugrane dont l'altitude varie entre 540 et 900 m et les monts de Telagh et de Saïda avec une altitude variant de 600 à 1200 m.

En général, le bassin de la Macta subit l'influence méditerranéenne au Nord et continentale au Sud où le climat est aride et sec avec des hivers froids et des étés chauds.

Les précipitations annuelles dans la région varient entre 280 mm dans la partie Sud du bassin et 350 mm dans les montagnes de Beni-Chaugrane. Les années les plus humides peuvent avoir des précipitations 3 à 4 fois supérieures à celle des années les plus sèches (Khalidi, A, 2005).

Le bassin versant de la Macta englobe deux bassins représentatifs (Oued Mekerra et oued El Hammam) sur lesquels écoulent deux principaux cours d'eau (Figure III.2).

Le cours d'eau principal du bassin versant de l'Oued Mekerra, parcourt une distance de 115 km avant de déverser dans les marais de la Macta puis dans la mer méditerranéenne. Il prend sa source du côté de Ras El-Ma (ex-Bedeau). Précisément, la Mekerra prend sa source sur les hauteurs du Djebel El-Beguir à 1402 m d'altitude à 86 kilomètres de Sidi Bel-Abbès ville. Notons que la majorité des autres oueds de la wilaya de Sidi Bel-Abbès prennent leur source des monts de Daya. La Mekerra traverse obliquement, du sud-ouest au nord-est, des dizaines de périmètres ruraux et urbains dont le chef-lieu de la wilaya de Sidi Bel-Abbès.

Le cours d'eau principal du bassin versant de l'Oued El hammam prend sa source à 16 km au Sud-Ouest de Ras Elma à 1100 m d'altitude et parcourt une distance de 172 km suivant une direction sud-est.

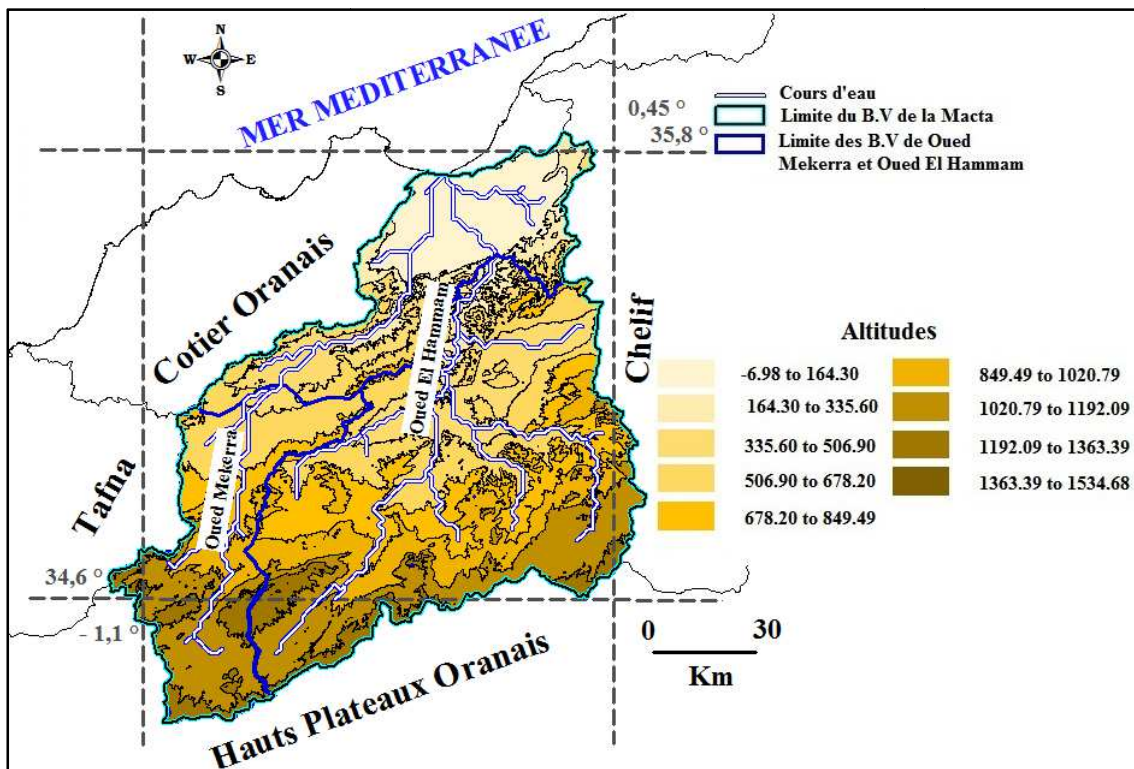


Figure III.2 : Situation du bassin versant de la Macta



### III.1.1. Géologie :

La présente synthèse a été réalisée sur la base des travaux effectués par plusieurs chercheurs et bureaux d'étude (Sogreah (1967), J. Polveche (1958) et autre).

Le centre de la plaine de Sidi Bel Abbès est une cuvette à substratum Argilo-Marneux, gris et vert, daté du Miocène ou du pliocène. Les monts plissés du Tessala sont allongés du Sud-Est au Nord-Est avec une ossature crétacée et un recouvrement tertiaire très épais. Les monts de Tlemcen et de Saida sont formés en presque totalité de matériaux jurassique moyen et supérieur et crétacé inférieur et moyen. Le prolongement de Beni-Chougrane, par la série de Bouhanifia, atteint l'extrémité orientale de la plaine de Sidi Bel Abbès. Dans la vallée ; on observe un important remblaiement argileux-sableux quaternaire.

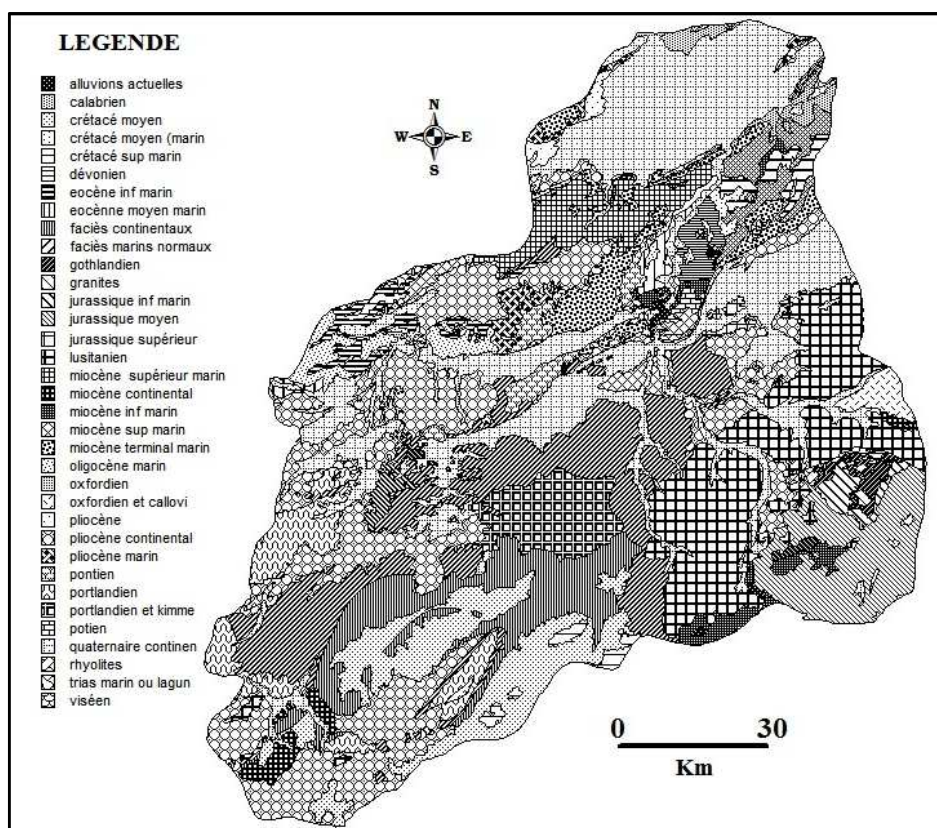


Figure III.3 : Carte géologique du bassin versant de la Macta

#### a) Géologie du bassin versant de l'Oued Mekerra :

La région présente différents aspects géologiques :

- Au Nord, à l'Est et au Sud - Est, de multiples collines marneuses et marno - gréseuses culminent entre 600 et 900 m (Djebel Ténira),
  - Au Sud, d'importants massifs calcaires sont coiffés de sommets dépassant les 1000 mètres (Djebel Es Seigaa),
  - Au Nord - Ouest des sommets calcaires atteignent environ 800 mètres (Djebel Kerroucha).
- Les monts de Tessala constituent la bordure septentrionale du bassin versant. C'est une chaîne

de reliefs, allongés en direction Sud - Ouest, Nord - Est, très plissés à ossature crétacés et à recouvrement tertiaire très épais.

La plaine de Sidi Bel Abbes occupe presque un tiers de la surface totale du bassin et située dans sa partie Nord, c'est une vaste cuvette à substratum argilo - marneux imperméable du Miocène et du Pliocène inférieur, et comblée de sédiments détritiques provenant de la désagrégation des reliefs environnants.

La bordure Sud de la plaine est constituée par les monts de Tlemcen - Saida, formés en totalité par les terrains secondaires du Jurassique moyen et supérieur et du crétacé inférieur.

La bordure Ouest du bassin versant de la Mekerra a l'aspect d'une colline encroûtée formée de matériaux Plio - Quaternaires subhorizontaux. Alors que la bordure Est correspond à la topographie élevée des terrains Plio - Quaternaires et Pliocène.

### a. 1. La stratigraphie de la plaine de Sidi Bel Abbes :

#### a.1. 1. Le Quaternaire :

Le Quaternaire est représenté par des formations limoneuses, argilo – sableuses, argileuses de faibles épaisseurs (jusqu'à 10 m) développées dans le centre et la partie Nord de la plaine. Les bordures des oueds sont occupées par es terrasses constituées par des alluvions et conglomérats. Ces formations sont couronnées par une croûte calcaire qui se développe principalement en bordure des massifs calcaires.

#### a. 1. 2. Le Cénozoïque :

Les terrains cénozoïques occupent un vaste étendu dans la plaine de Sidi Bel Abbes et sont représentés par les formations suivantes :

##### a. 1. 2. 1. Le Pliocène :

Quatre formations peuvent être attribuées au Pliocène :

- **les dépôts alluvionnaires des plateaux** : affleurant principalement dans la partie Sud - Ouest de la plaine. Ce sont des dépôts caillouteux et limoneux, parfois grés - sableux avec des intercalations de bancs de poudingues à gros éléments.

- **les conglomérats des chenaux aquifères** : cette formation est essentiellement formée de galets hétérométriques (centimétriques et décimétriques) le plus souvent reliés par un ciment argilo – carbonaté. Ces galets sont le résultat de la désagrégation des terrains jurassiques et crétacés suite à des épisodes torrentiels. On rencontre aussi des lentilles argileuses et sableuses. Ces dépôts occupent les anciennes vallées creusées dans le plateau détritique pliocène (Oued Mekerra et Lamtar).

- le complexe argilo – sableux : principalement déposé au sud et à l'est de la plaine : argile, argile sableuse et argiles silteuses.

- **le conglomérat des hauts plateaux** : c'est un conglomérat ferrugineux à ciment dolomitique ou calcaire formé d'éléments centimétriques et décimétriques, contenant quelques lentilles gréseuses. Au sud de la plaine et dans la vallée alluviale de Sidi Ali

Benyoub particulièrement au pied des reliefs et au niveau des oueds qui les traversent, se sont amassés d'importants cônes de déjections conglomératiques.

### **a. 1. 2. 2. Le Miocène :**

Il se divise en deux formations :

- **continental** : Formant le Djebel Ténira et les Djebels au Sud de Caïd Belarbi. Ce sont des dépôts d'environ 300 mètres de marnes grises à bancs de grès et à lentilles de galets plus ou moins cimentés.

- **marin** : Il affleure au Nord Est de la plaine, dans la forêt de Louza. Il est constitué de grès, de marnes quelquefois à gypse.

### **a. 1. 2. 3. L'Oligocène :**

L'Oligocène constitue l'essentiel des nappes de Tessala formant les reliefs nord du bassin versant. C'est un ensemble de marnes parfois gypseuses, grises avec quelques bancs de conglomérats à la base et de minces plaquettes de grés dans la partie supérieure.

### **a. 1. 2. 4. L'Eocène**

Il appartient aux nappes de charriages. Il affleure essentiellement à l'ouest de Sidi Ali Boussidi et dans le Djebel Tinégmar. Il est constitué par un calcaire gris bleu, dure massif, bien lité.

### **a. 1. 3. Le Mésozoïque :**

Les formations du Mésozoïque affleurent au nord du bassin au niveau des monts de Tessala et au sud dans la zone des hauts plateaux. Le Mésozoïque est représenté par des formations carbonatées, gréseuses et argileuses d'âge crétacé et jurassique.

#### **a. 1. 3. 1. Le crétacé moyen et supérieur :**

Cette formation allochtone affleure au nord – ouest du bassin versant sous forme de marnes salifères comprenant quelques bancs de calcaire.

#### **a. 1. 3. 2. L'Aptien :**

Il affleure au sud de Caid Belarbi à la faveur d'un horst. Il est constitué de calcaires microcristallins.

#### **a. 1. 3. 3. Le Barrémien :**

C'est une formation puissante constituée essentiellement par des frés roux admettant des intercalations d'argile. Le sommet étant constitué de calcaire graveleux.

#### **a. 1. 3. 4. L'Hauterivien :**

Il affleure au sud est du bassin versant sous forme d'une épaisse formation de 150 m de calcaire gréseux et graveleux, de grés , avec, à la base un ensemble marneux à bancs calcaires.

#### **a. 1. 3. 5. Le Berriasien – Valanginien :**

Il affleure au sud est et au sud ouest de la plaine. C'est un ensemble de 120 m de marnes vertes et jaunes et de calcaires graveleux.

### **a. 1. 3. 6. Le Portlandien :**

Il affleure largement entre sidi Ali Benyoub et Ain Tellout. Il est constitué de bas en haut par des grés blancs, des marnes verdâtres et des calcaires graveleux.

### **a. 1. 3. 7. Le Kimméridgien Supérieur :**

Il est constitué dans son ensemble par une alternance de marnes gris vert et de calcaires variés, souvent gréseux en bancs massifs près de la base.

### **a. 1. 3. 8. Le Trias :**

Le trias est représenté par des argiles et des marnes bariolés, multicolores et associés à du gypse.

### **b) Géologie du bassin versant de l'Oued El Hammam :**

De nombreux sondages exécutés dans la région ont permis d'établir la succession des étages rencontrés dans le sous-sol.

#### **4.4.1 Le Primaire**

Cet ensemble ancien (Silurien) très plissé, affleure principalement à l'Est de Saida (mole de Tiffrit).

L'épaisseur de ce socle volcano-détritique est inconnue. C'est à l'intérieur de cet ensemble que l'on peut noter la présence d'intrusions granitiques, ainsi que des coulées de laves basaltique.

#### **4.4.2 Le secondaire :**

**4.4.2.1 Le Trias :** C'est une formation salifère contient des roches de dolomies et des marnes bariolées .Cette formation affleure dans les monts de Beni-chougrane, dans la région de Saida, on note la présence d'un membre de faciès carbonaté dans un ensemble très réduit. Le Trias se présente généralement sous forme de filon ou de dôme (pas d'épaisseur).

#### **4.4.2.2. Aaléno-Bajo-Bathonien :**

Il représente l'ensemble des dolomies supérieures, désignées sous le nom de Bajo-Bathonien. Ce groupe est largement répandu dans la région de Saida .Ces dolomies sont plus épaisses que les dolomies inférieures et pouvant atteindre jusqu'à 150 m. Elles sont très variées, tant par leur teinte, qui peut être très blanche, grise, jaunâtre ou rosée, que par leur structure : elles peuvent passer de la dolomie cristalline à grains fines donnant une roche extrêmement compactée à une dolomie pulvérillante à grande cristaux qui s'altère facilement (CLAIR, 1952). Selon LUCAS (CLAIR, 1952), au Nord-est de Saida , ces dolomies qui paraissent moins épaisses qu'à Saida sont constituées d'une très riche faune d'ammonite caractérisant l'Aalénien Supérieur ,et sont surmontées par des marnes et des calcaires argileux

- Quelques mètres de marnes bleutées ;

- 10 à 15 m de marnes vertes à Ammonites pyriteuses du Bajocien supérieur et du Bathonien Inférieur ;
- 50 m de calcaire;

### **4.4.2.3 Callovo-Oxfordien :**

Il est représenté par une formation composée d'intercalations des bancs gréseux et argileux. Il affleure dans la vallée de l'Oued Taria et la région de Sidi Aissa (Hammam Rabi), son épaisseur est de 250 m au Sud –Ouest de Saida et de 50 m au Sud – Est de Saida.

### **4.4.2.4 Lusitanien :**

C'est une série argilo-gréseuse de 50 m d'épaisseur, limitée à la partie supérieure de petits bancs dolomique, et à la partie inférieure par des couches de marne grise à nombreux nodules ferrugineux. Au Nord-ouest de Saida, ce banc dolomique est surmonté d'une alternance de grès, de couleur claire, avec intercalations marneuse

### **4.4.2.5. Le Kimméridgien et le Portlandien :**

C'est une série de bancs calcaro-dolomitiques, d'une centaine de mètres d'épaisseur, caractérisée par la présence de fossiles, limitée à sa partie supérieure par des calcaires récigaux, zoogènes, riches en Nèrinées et en polypiers.

### **4.4.2.6. Crétacé Inférieur :**

Se sont des calcaires gréseux et grès fins argileux, c'est une formation plus argileuse (DALLONI, 1924).

### **4.4.2.7. Le Valanginien :**

D'une cinquantaine de mètres d'épaisseur, il apparaît au dessus des assises gréseuses à Taria, surmonté par un ensemble de calcaires jaunes et de marno-calcaires attribué à l'Hantérvien et le Barrémien.

### **4.4.2.8. Le Senonien**

Il recouvre la partie Sud de l'extrémité des monts de Saida.

### **4.4.3. Le Tertiaire :**

Il recouvre les monts de Saida et la partie Nord du bassin (Beni-Chougrane).

#### **4.4.3.1 Eocène :**

Il apparaît dans l'Est du bassin, il est représenté par une alternance de bancs grésocalcaires et des couches marneuses.

### 4.4.3.2 Oligocène :

Il affleure dans les Beni - Chougrane, cette formation est constituée de couches argilo-marneuses avec des bancs de grès, à la base s'intercale un conglomérat de base polygénique peu épais.

### 4.4.3.3 Miocène :

Dans les monts de Beni-Chougrane, il est représenté par une formation épaisse de (800m) marnes vertes avec un passage conglomératique de base. Cette formation constitue le toit imperméable de la nappe d'eau des grès et calcaires lacustres du Pliocène. Les marnes sont surmontées par des sables fins argileux à concrétion calcaire vers le Nord-Ouest.

### 4.4.3.4. Pliocène :

C'est une formation récente, apparaît dans les monts de Beni- Chougrane, il est représenté par des grès qui passent à des sables consolidés de couleur jaune. La partie supérieure est constituée par des calcaires lacustres. Cette dernière formation se prolonge sur la bordure de Beni-Chougrane, les calcaires se prolonge sous les alluvions de la plaine de Ghriss.

### 4.4.3.5. Le Quaternaire :

Se sont des alluvions quaternaires d'origine fluviale. Sur les calcaires lacustres du Pliocène reposent les argiles rouges détritiques. Il occupe presque la totalité de la plaine de Ghriss et en majorité les vallées des Oueds.

### III.1.2. Couvert végétal :

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. La forêt, par exemple, exerce une action limitatrice importante sur le ruissellement superficiel, elle amortit les crues de faibles et moyennes amplitudes. Par contre, le sol nu, de faible capacité de rétention, favorise un ruissellement très rapide.

Dans le bassin de la Mekerra, les aires d'irrigation sont localisées principalement dans la plaine de Sidi Bel Abbes et celle de Sfisef. Les cultures pratiquées sont dominées par des cultures maraîchères et quelques vergers d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts situés dans la zone de la haute Mekerra.

Seule une partie du sous bassin versant (19 %) est couvert de forêts, principalement au niveau des massifs montagneux de la région comprise entre Hacaiba et Moulay Slissen et peut s'étendre jusqu'à Sidi Ali Benyoub. Ces forêts sont constituées essentiellement de pins d'Alep, et de chênes verts. Cette faible couverture forestière n'assure pas une bonne régularisation des débits des cours d'eau dans notre sous bassin.

Près de 80 % du bassin est principalement occupé par des cultures céréalières (à l'amont de Ras El MA). Entre Ras el Ma et Hacaiba, où l'Alfa couvrait par le passé des surfaces importantes, a été remplacé ses dernières décennies par des cultures céréalières. Entre Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbes, dans la plaine de la Mekerra, où les cultures céréalières sont en général associées à des cultures secondaires de types vergers ou oliveries (Hallouche. B, 2007).

Dans le bassin versant de l'Oued El Hammam, et précisément dans la partie Sud et Sud- Est, les cultures pratiquées sont dominées par des cultures céréalières et maraîchères. Les cultures céréalières sont des cultures couvrant le sol saisonnièrement et laissant le sol nu pendant la plus grande partie de l'année, ce qui provoque le déclenchement d'une érosion accélérée.

Les espèces dominantes sont le chêne, et le pin d'Alep. On signale que la densité forestière a diminué ces dernières années suite à l'action anthropique et aux incendies récentes. Une arboriculture riche domine pratiquement tout au long de l'Oued –El Hammam, sur les riches terrasses que l'on trouve dans la vallée, les arbres rustiques tels que l'amandier, figuier et olivier occupant des surfaces importantes.

### III.2. Facteurs physiographiques des bassins représentatifs de la Macta :

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant ont une influence directe sur sa réponse hydrologique. Pour estimer ces facteurs, on a recours à des techniques digitales et des modèles numériques de terrain.

Dans ce qui suit on s'intéresse aux facteurs physiographiques des deux bassins versant représentatifs de la Macta, Oued Mekerra et Oued El Hammam.

#### III.2.1. Caractéristiques géométriques:

##### III.2.1.1. Forme:

Le bassin d'Oued Mekerra s'étend sur une superficie de 3000 Km<sup>2</sup>, celle du bassin versant de l'Oued El Hammam est de 8314 Km<sup>2</sup>. Les valeurs de l'indice de compacité de Gravelius (1,91) pour le bassin de Oued Mekerra et (1,8) pour le bassin de Oued El Hammam montrent que les deux bassins ont une forme allongée. L'indice de compacité de Gravelius a été calculé à l'aide de la formule suivante:

$$K_c = 0,282 * P / \sqrt{A}$$

Où:

K<sub>c</sub>: indice de compacité de Gravelius;

P: périmètre du bassin;

A: Surface du bassin.

### III.2.1.2. Relief:

Le relief est un élément essentiel dans le comportement hydrologique d'un bassin versant, de nombreux paramètres hydrométéorologiques (précipitations, températures, ...) varient avec l'altitude et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse de l'écoulement. Le relief se détermine à partir d'indices (indice global de pente et la dénivelée spécifique) ou de courbes caractéristiques telles que la courbe hypsométrique.

Nous avons établi la courbe hypsométrique et le diagramme de fréquence altimétrique des bassins de l'Oued Mekera et Oued El Hammam. L'axe des abscisses, présente le pourcentage de surface cumulée au dessus de l'altitude relative et l'axe des ordonnées présente les altitudes (Figure III.4 et Figure III.5). On a pris comme référence les courbes caractéristiques du cycle de l'érosion d'après Strahler (Annexe 2).

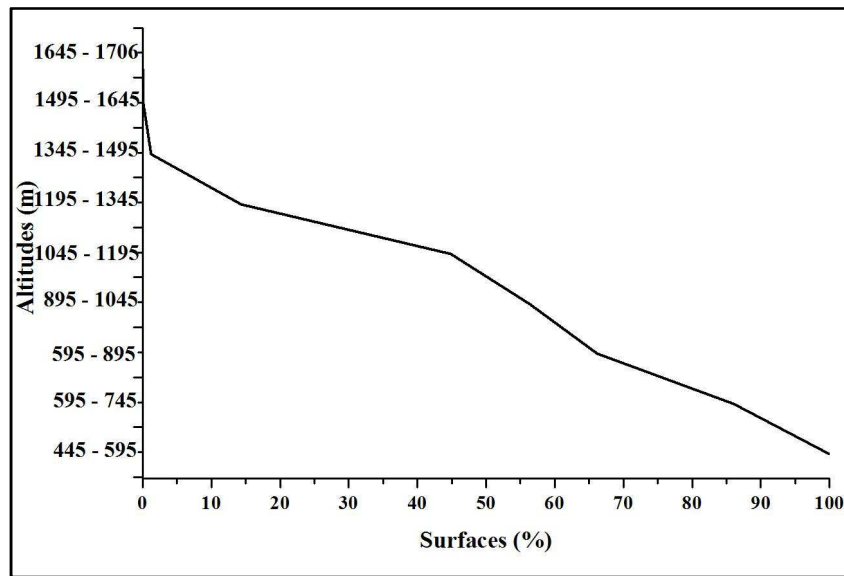


Figure III.4: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra

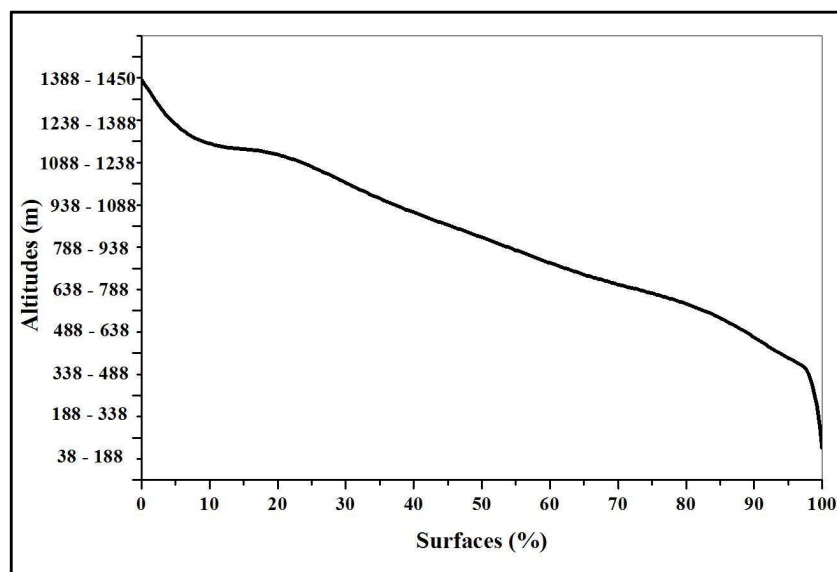


Figure III.5: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Hammam



### Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude

La valeur de l'altitude maximale du bassin de Oued Mekerra atteint presque 1706 m. 45 % de sa surface totale est située dans des altitudes comprises entre 1045 et 1706 m (Tableau I.1). La forme de la courbe hypsométrique présente l'état d'équilibre où les altitudes dépassent les 895 m et où l'érosion latérale au niveau de Oued Mekerra succède l'érosion verticale. Les vallées s'élargissent en U en formant des méandres. Dans les altitudes inférieures à 895 m, la courbe présente une tendance vers vieillesse où Oued Mekerra forment une large plaine inondable (plaine de Sidi Bel Abbes).

La valeur de l'altitude maximale du bassin versant de l'Oued El Hammam atteint 1450 m. 50 % de sa surface totale est située dans des altitudes comprises entre 788 et 1450 m. (tableau III.2). La forme de la courbe hypsométrique présente l'état d'équilibre où le long d'Oued El Hamam les vallées tendent à s'élargir en U en formant des méandres, ceci est le résultat d'une érosion latérale qui succède l'érosion verticale.

**Tableau III.1: Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra**

Altitude	Si (km2)	Si cumulées (km2)	Si (%)	Si cumulées (%)
445-595	418,69	418,69	13,96	100,00
595-745	595,49	1014,19	19,85	86,04
745-895	294,27	1308,45	9,81	66,19
895-1045	346,94	1655,39	11,56	56,38
1045-1195	914,18	2569,57	30,47	44,82
1195-1345	393,67	2963,24	13,12	14,35
1345-1495	34,01	2997,25	1,13	1,23
1495-1645	2,64	2999,89	0,09	0,09
1645-1706	0,11	3000,00	0,004	0,004

**Tableau III.2: Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued El Hammam**

Altitude	Si (km2)	Si cumulées (km2)	Si (%)	Si cumulées (%)
38-188	68,86	68,86	0,83	100,00
188-338	217,48	286,34	2,62	99,17
338-488	884,61	1170,94	10,64	96,56
488-638	1566,94	2737,88	18,85	85,92

638-788	1449,19	4187,07	17,43	67,07
788-938	1338,49	5525,56	16,10	49,64
938-1088	1279,11	6804,67	15,39	33,54
1088-1238	1258,98	8063,65	15,14	18,15
1238-1388	247,67	8311,32	2,98	3,01
1388-1450	2,68	8314,00	0,03	0,03

Les valeurs de l'indice de pente global et la dénivelée spécifique vaut respectivement: 0,048 m/Km et 262 m pour le bassin versant de l'Oued Mekerra (relief fort), 0,033 m/km et 302,2 m pour le bassin versant de l'Oued El Hammam (relief fort).

La pente moyenne donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct (donc sur le temps de concentration) et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

La valeur de la pente moyenne obtenue est de 6,03 % pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et 5,09 % pour le bassin de l'Oued el Hammam.

#### III.3. Réseau hydrographique:

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est un organisme structuré et hiérarchisé, il est influencé par quatre facteurs principaux, à savoir: la géologie, le climat, la pente du terrain et l'intervention humaine.

##### III.3.1. Profil en long:

Le profil en long d'un cours d'eau permet de définir sa pente moyenne, la méthode consiste à diviser la différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau:

$$P_{\text{moy}} = \frac{\Delta h_{\text{max}}}{L}$$

Où:

$P_{\text{moy}}$ : pente moyenne du cours d'eau (m/Km);  $\Delta h_{\text{max}}$ : Différence d'altitude entre les points extrêmes du profil (m); L: la longueur du cours d'eau principal (Km).

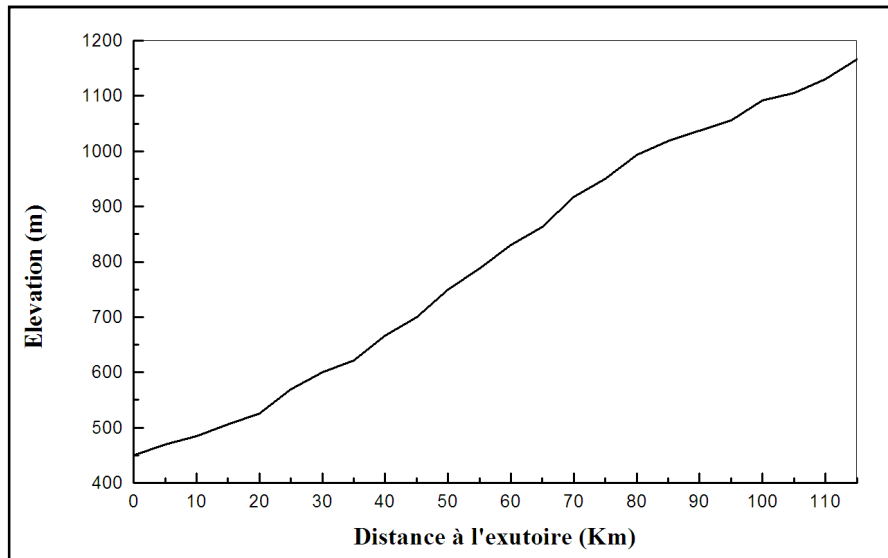


Figure III.6: Profil en long du sous bassin versant de l'Oued Mekerra

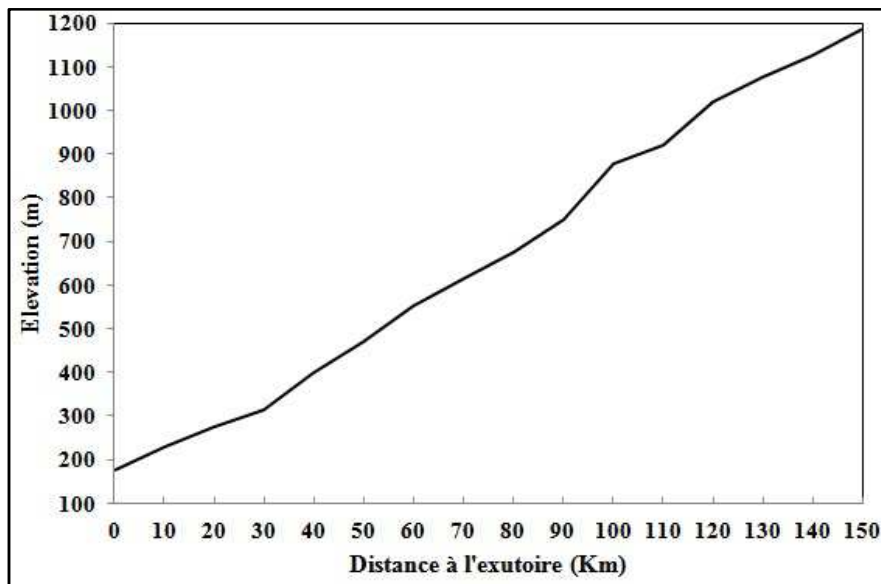


Figure III.7: Profil en long du sous bassin versant de l'Oued El Hammam

L'application de la formule précédente donne une pente moyenne de Oued Mekerra et Oued el hammam égale à 0,6 % et 0,65 % respectivement. Ces deux valeurs sont relativement fortes.

### III.3.2. Développement du réseau hydrographique:

Les paramètres importants qui régissent le régime hydrologique d'un cours d'eau sont: la densité de drainage ( $D_d$ ), le rapport de confluence ( $R_c$ ) et le rapport des longueurs ( $R_l$ ).

D'après Horton ces paramètres sont définis comme suit:

Les paramètres physiographiques des bassins versants de l'Oued Mekerra et Oued El Hammam sont récapitulés dans le tableau III.3 et III.4.

**Tableau III.3: Paramètres physiographiques du bassin versant de l'Oued Mekerra**

Paramètres physiographiques		Unité	Valeur
<b>Caractéristiques de forme</b>	Superficie du BV (S)	Km <sup>2</sup>	3000
	Périmètre du BV (P)	Km	371,8
	Indice de compacité (K <sub>c</sub> )	/	1,91
	Longueur du rectangle équivalent (L)	Km	168,05
	Largeur du rectangle équivalent (l)	Km	17,85
<b>Caractéristiques hydrométriques</b>	Densité de drainage (D <sub>d</sub> )	Km/Km <sup>2</sup>	1,66
	Rapport de confluence (R <sub>c</sub> )	/	4,42
	Rapport de longueur cumulée (R <sub>L</sub> )	/	2,13
	Rapport de longueur moyenne (R <sub>l</sub> )	/	2,07
	Dimension fractale (D <sub>f</sub> )	/	1,96
	Longueur du cours d'eau principal (L <sub>p</sub> )	Km	115
	Coefficient de torrentialité (C <sub>t</sub> )	/	1,3
	Temps de concentration (T <sub>c</sub> )	Heure	23
<b>Caractéristiques du Relief</b>	Altitude Maximale	M	1706
	Altitude Minimale	m	445
	Altitude la plus fréquente	m	1120
	Altitude moyenne	m	923
	Indice de pente global	m/Km	0,048
	Dénivelée spécifique	m	262
	Pente moyenne (P <sub>m</sub> )	%	6,03

**Tableau III.4: Paramètres physiographiques du bassin versant de l'Oued El Hammam**

Paramètres physiographiques		Unité	Valeur
<b>Caractéristiques de forme</b>	Superficie du BV (S)	Km <sup>2</sup>	8314
	Périmètre du BV (P)	Km	572
	Indice de compacité (K <sub>c</sub> )	/	1,77
	Longueur du rectangle équivalent (L)	Km	253,16
	Largeur du rectangle équivalent (l)	Km	32,84
<b>Caractéristiques hydrométriques</b>	Densité de drainage (D <sub>d</sub> )	Km/Km <sup>2</sup>	1,04
	Rapport de confluence (R <sub>c</sub> )	/	4,93
	Rapport de longueur cumulée (R <sub>L</sub> )	/	2,13
	Rapport de longueur moyenne (R <sub>l</sub> )	/	2,32
	Dimension fractale (D <sub>f</sub> )	/	2,32
	Longueur du cours d'eau principal (L <sub>p</sub> )	Km	175
	Coefficient de torrentialité (C <sub>t</sub> )	/	0,36
	Temps de concentration (T <sub>c</sub> )	Heure	28h 32mn
<b>Caractéristiques du Relief</b>	Altitude Maximale	m	1450
	Altitude Minimale	m	38
	Altitude la plus fréquente	m	563
	Altitude moyenne	m	793
	Indice de pente global	m/Km	0,033
	Dénivelée spécifique	m	302,2
	Pente moyenne (P <sub>m</sub> )	%	5,09

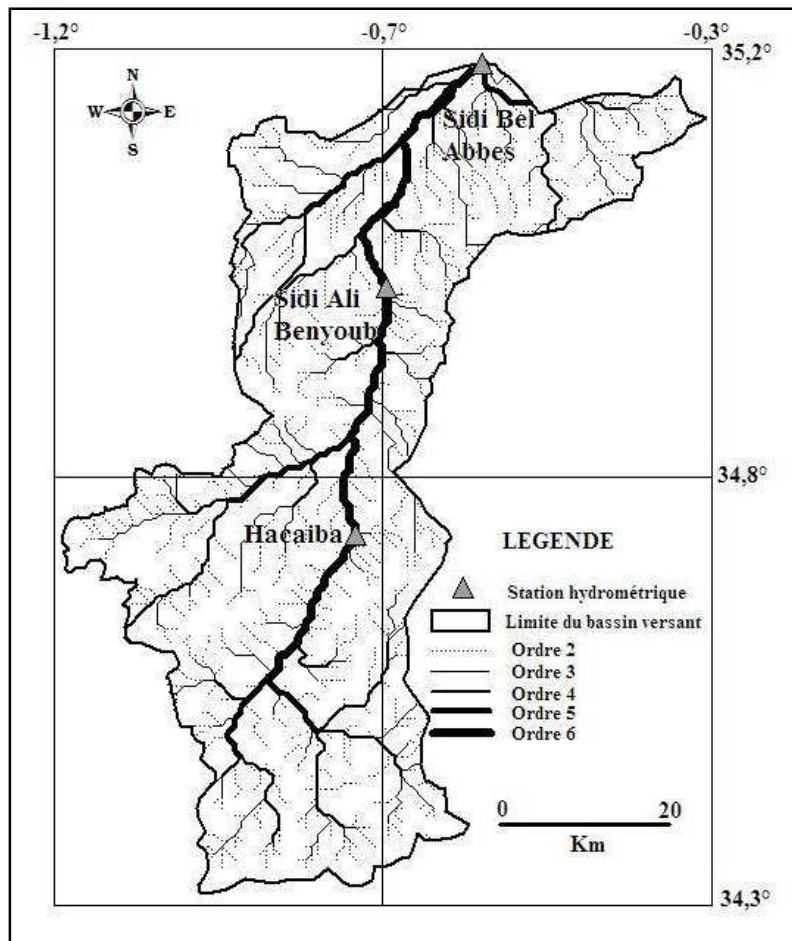
**III.3.3. Modèle de drainage:**

Les principaux affluents de Oued Mekerra sont : O. Touifza, O. Tadjmount, O. Faïd Et Taga, O. Mzi, O. Sekhana, O. El Khetoua, O. Ras El Ouidiane, O. Farat ezziét, O. Smar, O. Mouzen et O. Mellah. Ceux d'Oued El Hammam sont : O. El Louza, O. Sefioun, O. Ain Fekan, O. Mezoua, O. Taria, O. Messoulane, O. Saida, O. Si Mimoun.

L'ordre des cours d'eau du sous bassin de Oued Mekerra varie entre 1 et 6. Le cours d'eau principal d'ordre 6 porte le nom de Oued Mekerra, il est contrôlé par trois principales stations hydrométriques: station de Sidi Bel Abbas, de Sidi Ali Benyoub et de Hacaïba (figure III.8).

L'ordre des cours d'eau du sous bassin de Oued El Hammam varie entre 1 et 6. Le cours d'eau principal d'ordre 6 porte le nom de Oued El Hammam, il est contrôlé par deux principales stations hydrométriques: station de Trois Rivières et de Ouizert Aval (figure I.7).

La valeur de la dimension fractale (rapport entre le logarithme népérien du rapport de confluence et le logarithme népérien du rapport de longueur cumulée) est de 1,96 pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et 2,32 pour le bassin versant de l'Oued El Hammam. Ce dernier présente un taux de couverture important.



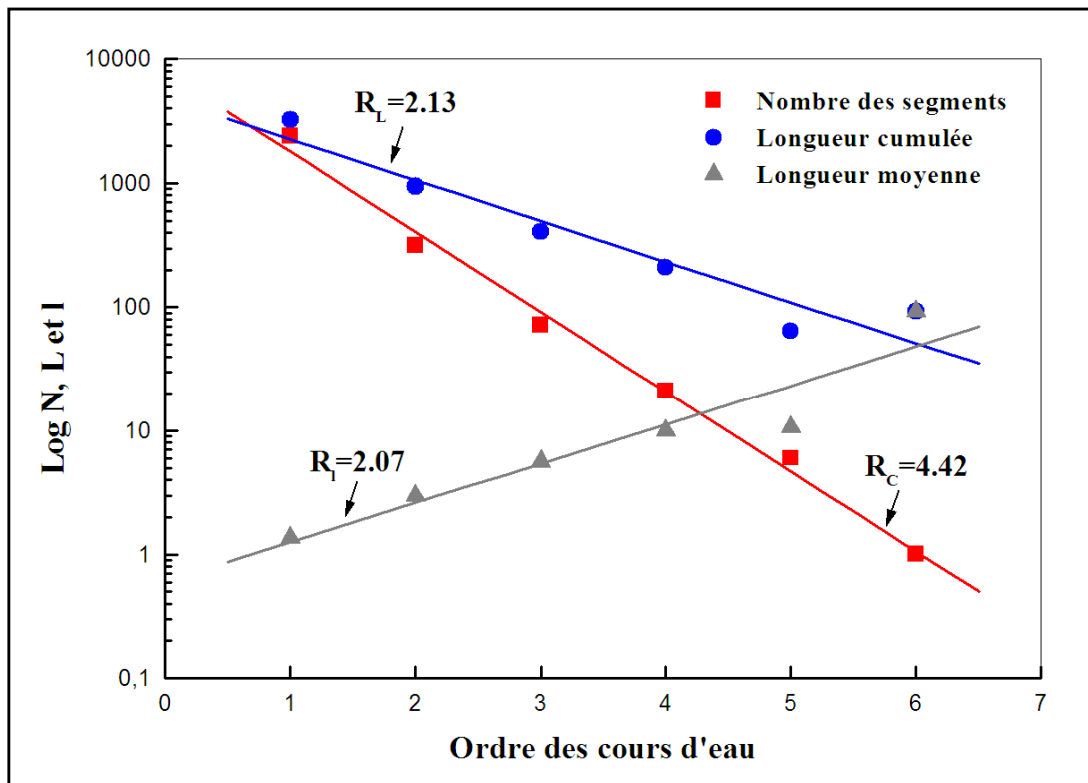
**Figure. III.8: Hiérarchisation du réseau hydrographique du sous bassin versant de l'Oued Mekerra**

Le nombre important des segments de cours d'eau d'ordres inférieurs est cause d'une réponse rapide du réseau hydrographique aux pluies torrentielles (Grecu, F et Al, 2007).

Le nombre des segments de cours d'eau d'ordre 1 du sous bassin de Oued Mekerra est de 2401, une valeur importante qui augmente le coefficient de torrentialité.

Les observations menées sur les cours d'eau d'ordre 1 à 6 du sous bassin de Oued Mekerra vérifient la règle suivante:

Le nombre de segments d'ordre successivement croissant ainsi que leurs longueurs cumulées tendent à former une progression géométrique inverse. Par contre, leurs longueurs moyennes tendent à former une progression géométrique directe (Figure III.9 et III.10). Le logarithme népérien de  $R_c$ ,  $R_L$  et  $R_l$ , est égale à la valeur absolue de la pente de chaque droite trouvé par le modèle de drainage.



**Figure. III.9: Modèle de drainage du sous bassin versant de l'Oued Mekerra**

La longueur moyenne des segments est calculée à partir des nombres et des longueurs cumulées des segments (Tableau III.5 et III.6).

Tableau III.5 : Valeurs des paramètres de drainage

Ordre	Paramètres					
	Nombre de segments (N)		Longueur cumulée (L)		Longueur moyenne (l)	
	D	C	D	C	D	C
1	2401	1794,90	3261,8	2262,30	1,36	1,26
2	316	405,77	941,45	1060,64	2,98	2,61
3	72	91,73	406,64	497,27	5,65	5,42
4	21	21	208,79	233,14	9,94	11,24
5	6	5	64,46	109,30	10,74	23,32
6	1	1	92,73	51,24	92,73	48,35

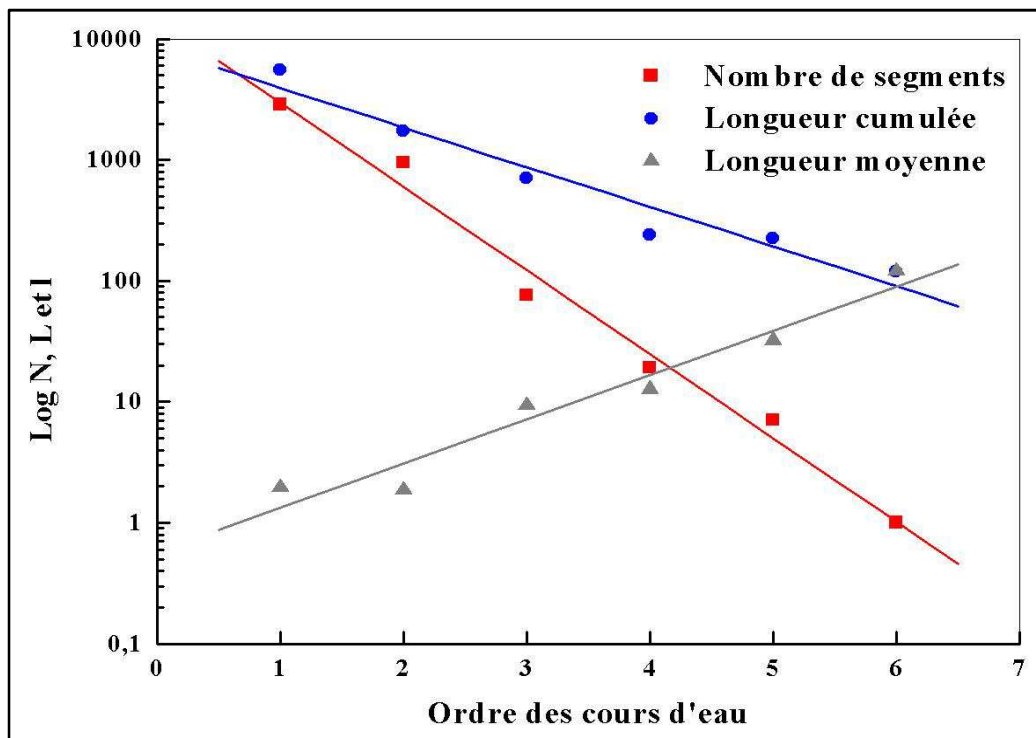


Figure. III.10: Modèle de drainage du sous bassin versant de l'Oued El Hammam



**Tableau III.6 : Valeurs des paramètres de drainage**

Ordre	Nombre de segments (N)		Paramètres			
			Longueur cumulée (L)		Longueur moyenne (l)	
	D	C	D	C	D	C
1	2853	2965	5598,8	3934,50	1,36	1,33
2	941	601	1745,3	1850,55	1,85	3,08
3	76	122	705,77	870,38	9,29	7,15
4	19	25	241,61	409,37	12,72	16,59
5	7	5	224,56	192,54	32,08	38,50
6	1	1	120,89	90,56	120,89	89,37

D: Valeur déterminée à partir du modèle numérique de terrain.

C: Valeur calculée à partir du modèle de drainage.

#### **III.1.4. Ressources en eaux dans le bassin versant de la Macta :**

A l'instar des autres pays du monde, l'Algérie est confrontée aux problèmes du développement et de la gestion durable de ses ressources, particulièrement celles en eau. En effet, les besoins en eau pour l'AEP, l'agriculture et l'industrie ne cessent de s'accroître alors que la ressource mobilisable se fait de plus en plus rare.

Le bassin versant de la Macta est un grand réservoir en eau. L'approvisionnement en eau potable est assuré par les eaux superficielles et souterraines.

Dans ce qui suit, on s'intéresse à l'état des ressources hydriques des deux wilayas qui ont un plus grand nombre de communes intégrées dans le bassin versant (Mascara et Sidi Bel Abbès).

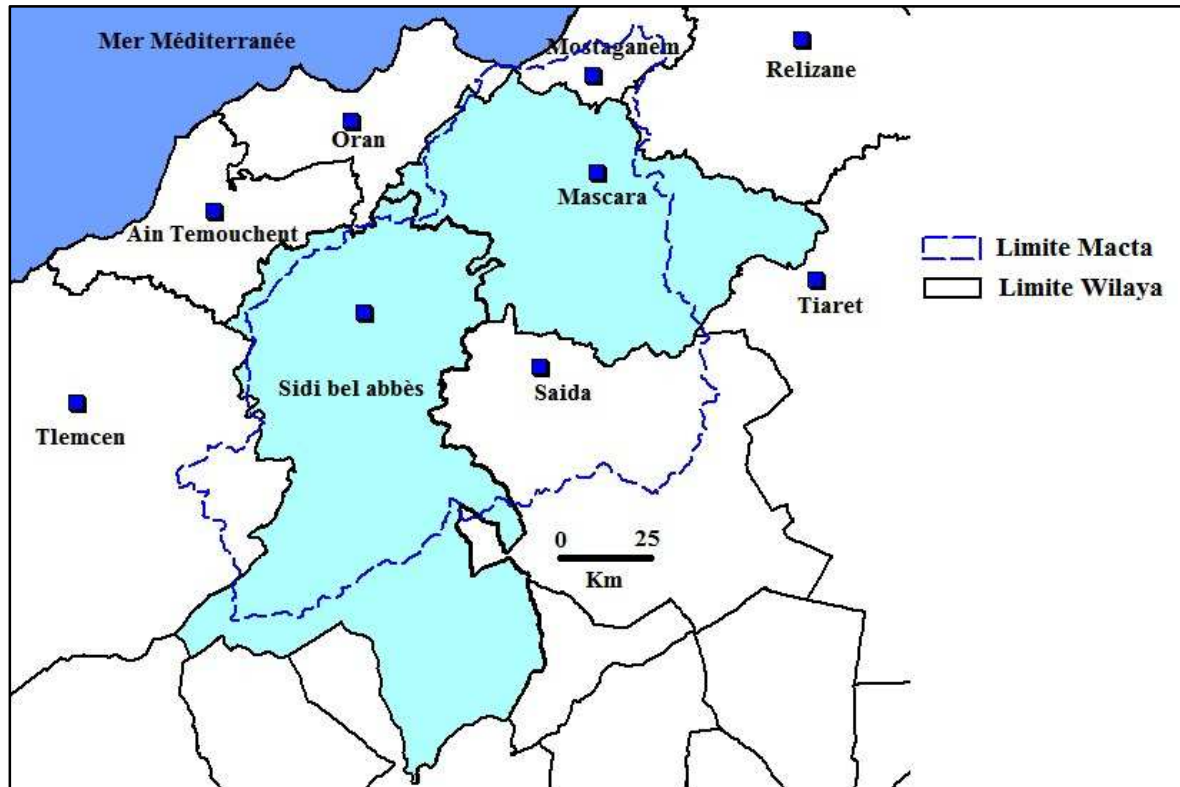


Figure III.11 : Communes intégrées dans le bassin versant de la Macta

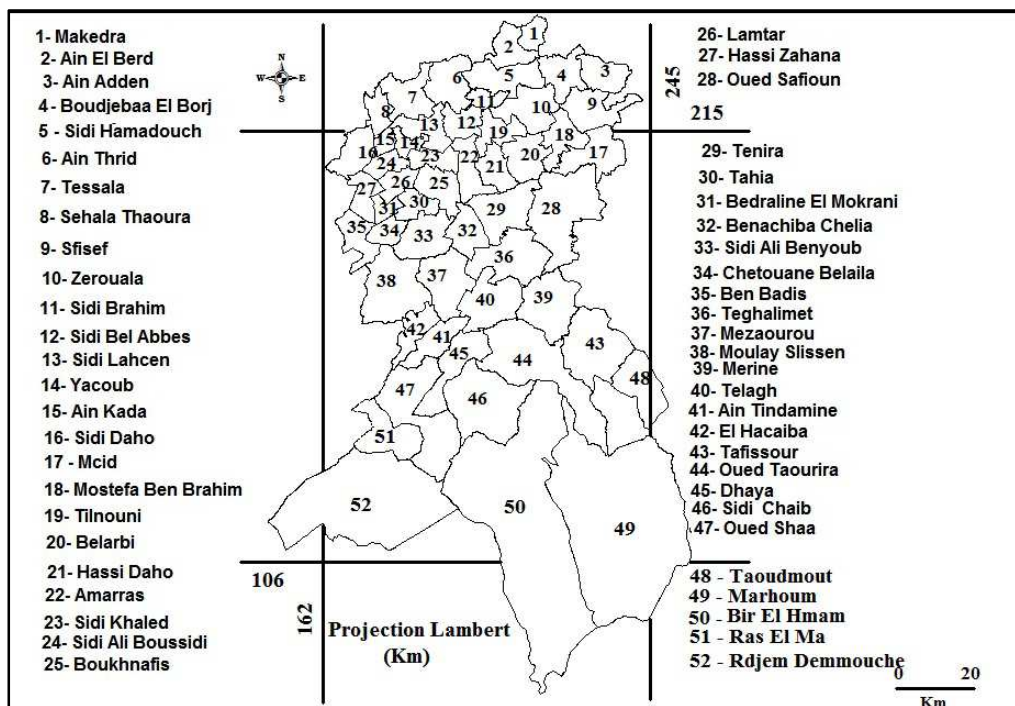


Figure III.12 : Localisation des communes de la wilaya de Sidi Bel Abbès

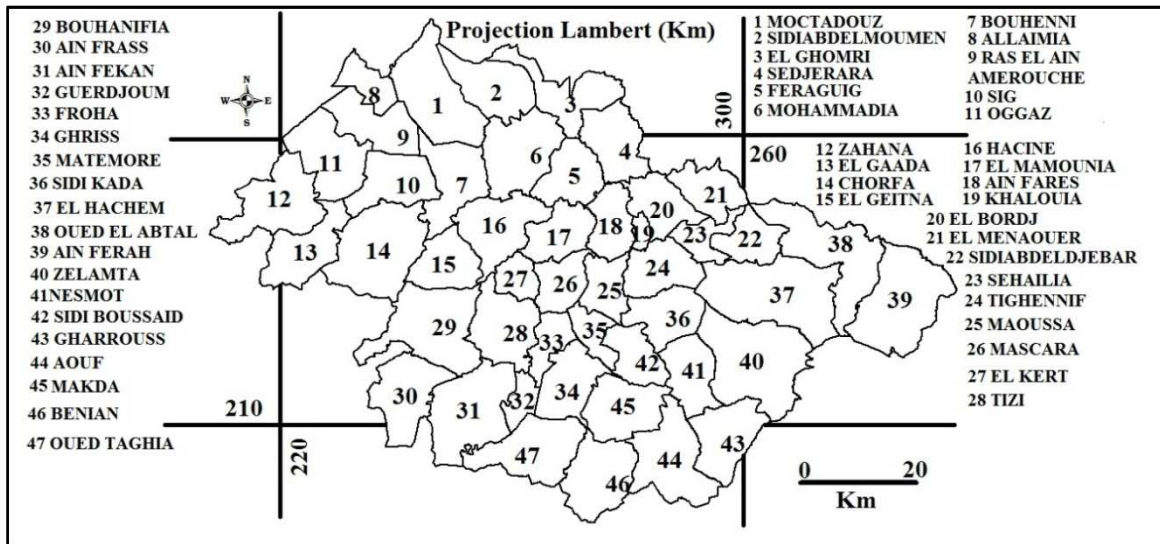


Figure III.13 : Localisation des communes de la wilaya de Mascara

Les données qui figurent dans cette partie sont fournies par les directions des ressources en eaux des wilayas de Mascara et Sidi Bel Abbes et l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT).

### III.4.1. Sources d'approvisionnement en eau dans la région de Mascara :

#### III.4.1.1. Les barrages :

La région de Mascara dispose de 4 barrages (Figure III.14), lesquels présentent un volume total mobilisable d'environ 100 hm<sup>3</sup>.

D'après les caractéristiques des différents barrages de la région de Mascara présentées dans le tableau I.9, la contribution du barrage de Fergoug est pratiquement négligeable. En effet, ce dernier présente un taux d'envasement relativement élevé (97,77 %).

Tableau III.7 : Caractéristiques des barrages situés dans la région de Mascara

Barrages	Date d'achèvement	Volume utile hm <sup>3</sup>	Volume régularisé hm <sup>3</sup>
Bouhanifia	1948	38	27
Chorfa	1954	83	30
Fergoug	1970	18	0,35
Ouzert	1986	100	40

## Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude

Parmi les huit communes approvisionnées de la Wilaya se trouvent les communes de Sig et de Mohammadia qui exploitent les débits les plus importants soit respectivement : 65 l/s et 93 l/s.

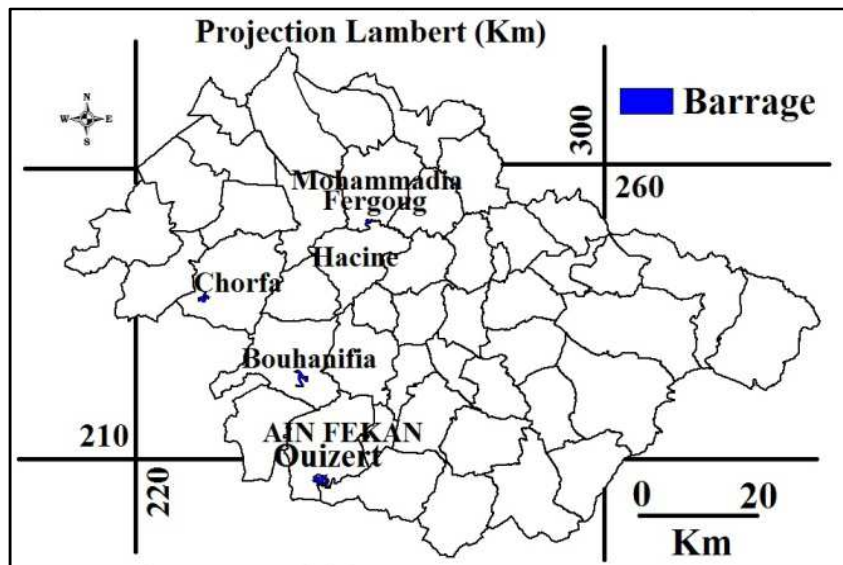


Figure III. 14 : Localisation des barrages de la wilaya de Mascara

### III.4.1. 2. Les retenues collinaires :

On compte neuf retenues collinaires en exploitation. Ces retenues sont gérées par la Direction d'Hydraulique de la Wilaya DHW et sont destinées à l'irrigation et l'alimentation du cheptel. Leurs caractéristiques sont regroupées dans le tableau III.10.

Tableau III.8 : Retenues collinaires en exploitation

Commune	Nom de la retenue	Capacité m <sup>3</sup>	Date d'achèvement des travaux
Gharous	Hraizia Douar	108000,8	03/01/2004
	Hraizia Hammar	740000	05/06/2005
Chetaounia	Chetaounia	121000,4	31/01/2004
Zelamta	Brame	400000	13/04/2005
Sedjerara	Beni Timi	272000,9	Avril 2009
Sidi Boussaid	Hamouya	253000,9	Mai 2009
Sidi Abdeldjebar	Fetouh	108000,3	13/09/2008
Hachem	Ben Frihat	380000,2	13/09/2008
Guetna	Grara	332000,3	26/01/2008

**III.4.1. 3. Les forages :**

Le nombre total des forages en exploitation est de 125 forages avec un débit total de 1500 l/s. Par ailleurs, on distingue 118 forages destinés à l'AEP, 3 destinés à l'industrie et 4 destinés à l'agriculture. Les profondeurs des forages varient entre 82 m et 648 m, ces valeurs correspondent aux profondeurs de forage de Tighennif et celui d'Ain Ferah respectivement. Les communes comportant un nombre conséquent de forage sont : Mascara, Tighennif et Hachem.

**III.4.1. 4. Les puits :**

On compte 3 puits, avec un débit total de 9 l/s, gérés par l'assemblée populaire communale APC et destinés à l'AEP. Les profondeurs des puits répartis à travers la plaine de Ghriss varient entre 50 m et 190 m, cette dernière valeur correspond à la profondeur du piézomètre P2-2 situé dans la commune de TIZI.

**III.4.1. 5. Les sources :**

Il existe, à travers la wilaya de Mascara, plusieurs sources. Particulièrement, trois sources : Ouled Ali Bouziane, Ain Guetarra, Sidi Dahou présentent un débit assez important comme cela ressort dans le tableau III.11. Il faut noter que ces sources, dont le débit varie de 2 à 15 l/s, sont destinées à l'AEP.

**Tableau III.9 : Caractéristiques des sources existantes dans la région de Mascara**

Commune	Nom de source	Débit moyen (l/s)
Chorfa	Ouled Ali Bouziane	2
Elgaada	Ain Guetarra	3
Mamounia	Sidi Dahou	15

**III.4.2. Sources d'approvisionnement en eau dans la région de Sidi Bel Abbes :**

**III.4.2. 1. Les barrages :**

Le barrage de Oued Sarno est situé au sud du village Delahim et entre Sidi Brahim et sidi Hamadouche; construit sur l'oued du même nom entre 1947 et 1954; au départ il disposait d'une capacité de 22 millions de mètres cubes. Ses caractéristiques sont récapitulées dans le tableau III.12 :

**Tableau III.10 : Localisation des barrages de la wilaya de Sidi Bel Abbes**

Barrage	Type Ouvrage	Année mise en service	Capacité initiale hm3	Capacité Der.Levé hm3	Volume régularisé hm3/an	Affectation
Sarno	Terre	1954	22,0	21,25	10	AEP

### III.4.2.2. Les retenues collinaires :

Treize retenues collinaires sont en exploitation, elles ont été réalisées durant la Période 1985-2012, elles mobilisent un volume de 2657200 m<sup>3</sup>. La capacité globale de ces 13 retenues collinaires est de l'ordre de 12 Hm<sup>3</sup> susceptibles d'irriguer une superficie globale de 2700 hectares à travers la wilaya de sidi bel abbés.

### III.4.2.3. Les forages :

On compte 69 forages avec un débit total exploité de 1013,5 l/s destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

### III.4.2.4. Les puits :

On compte 48 puits avec un débit total de 101 l/s dont les profondeurs varient entre 9 et 40 m.

### III.4.2.5. Les sources :

Il existe à travers la wilaya de Sidi Bel Abbes 25 sources destinées à l'AEP dont le débit exploité vari entre 0,5 et 80 l/s. les débits les plus importants sont exploités à partir des sources de Ain Skhouna et Ain Mkharegh situées dans la commune de Sidi Ali Benyoub (70 et 80 l/s respectivement).

### III.4.3. Analyse du niveau de satisfaction en eau potable :

Comme les volumes d'eau allouée aux populations varient d'une commune à l'autre, nous avons évalué la dotation moyenne réelle (en l/j/habitant) pour les différentes communes des deux wilayas. Cette dotation a été rapportée à la dotation théorique retenue habituellement, à savoir 150 l/j/habitant. Ce rapport représente le taux de satisfaction réel des habitants. Les années qui ont fait l'objet de notre réflexion pour sont 2000, 2004 et 2008 pour la wilaya de Mascara et 2012 pour la wilaya de Sidi Bel Abbes. Cela est fonction de la disponibilité des données nécessaires pour le calcul du niveau de satisfaction en eau potable.

**Tableau III.11 : Dotation réelle communale en eau potable pour la wilaya de Mascara**

Classe du taux de satisfaction	Satisfaisant	Moyen	Faible	Très faible
Niveau de satisfaction	80 à 100%	50 à 80%	30 à 50%	0 à 30%
Nombre de commune (2000)	14	17	10	6
Nombre de commune (2004)	25	18	4	0
Nombre de commune (2008)	32	11	3	1

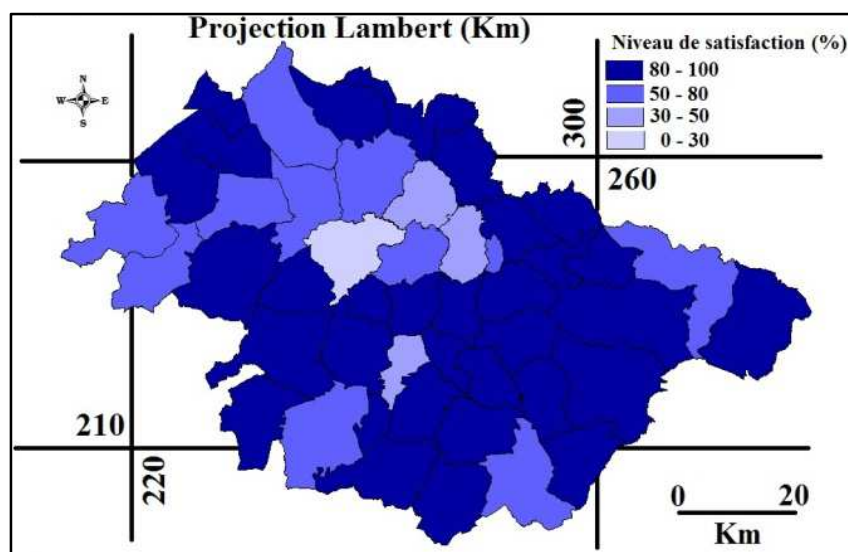
### Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude

D'après le tableau III.11, il ressort que le niveau de satisfaction des besoins en AEP satisfaisant représente 30% en 2000, 51% en 2004 et 69 % du total des communes en 2008. Ceci montre clairement l'amélioration de la dotation réelle communale au cours du temps. Par ailleurs, le niveau de satisfaction des besoins en AEP allant du faible au très faible représente 35 % en 2000, 9% en 2004 et 8 % du total des communes en 2008. La figure 8 illustre les niveaux de satisfaction des communes en 2008.

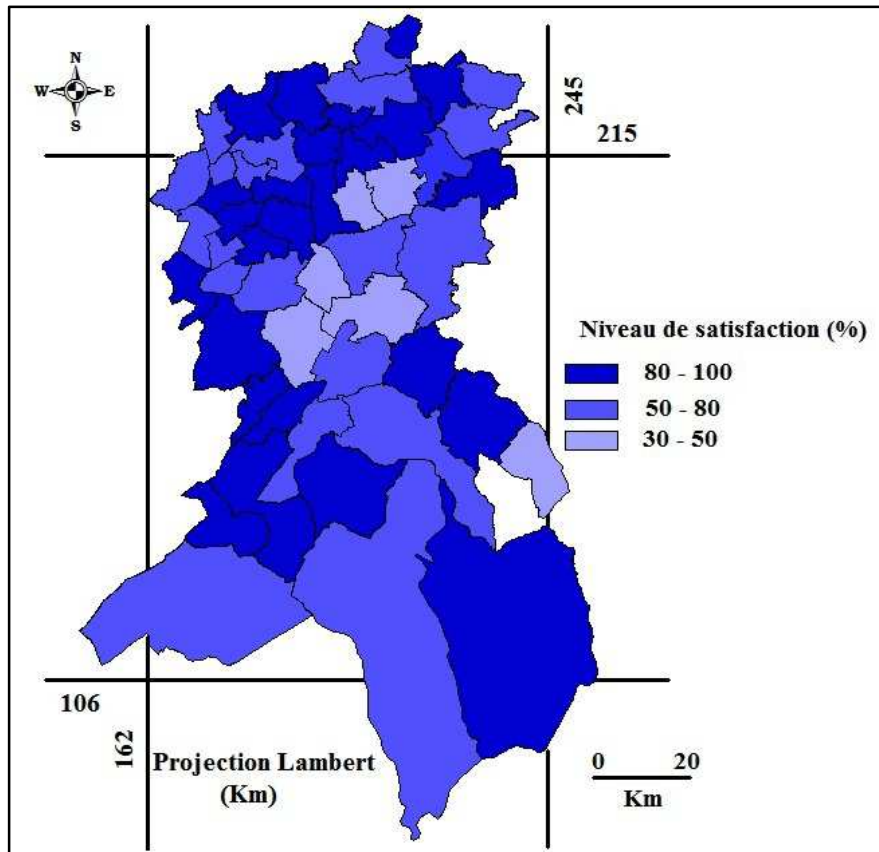
**Tableau III.12: Dotation réelle communale en eau potable pour la wilaya de Sidi Bel Abbas**

Classe du taux de satisfaction	Satisfaisant	Moyen	Faible	Très faible
Taux de satisfaction	80 à 100%	50 à 80%	30 à 50%	0 à 30%
Nombre de commune pour l'année 2012	25	21	6	0

D'après le tableau III.12, il ressort que le niveau de satisfaction des besoins en AEP de classe satisfaisant représente 48 %, et celui de classe moyen représente 40 % en 2012. Par ailleurs, le niveau de satisfaction des besoins en AEP du classe faible au très faible représente 12 % en 2012.



**Figure III. 15 : Niveau de satisfaction des différentes communes de Mascara (Année 2008)**



**Figure III. 16 : Niveau de satisfaction des différentes communes de Sidi Bel Abbas  
(année 2012)**

Depuis les années 2000, la situation de l'AEP semble s'améliorer pour la wilaya de Mascara, ceci est expliqué par la tendance à l'augmentation des précipitations durant la période 2000-2008 (voir annexe 1) d'une part et par les importants investissements réalisés dans le secteur d'hydraulique d'autre part. Ce secteur a connu une amélioration sensible notamment en matière de réalisation d'infrastructures hydrauliques de mobilisation des ressources en eaux, d'adduction et de réseaux divers. Les données sur les sources d'approvisionnement de la région, citées précédemment en témoignent.

On peut dire que la situation de l'alimentation en eau potable dans la région de Sidi Bel Abbas signale un manque dans la dotation en eau potable pour le total des communes.

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

Le bassin versant de la Macta regroupe deux sous bassins représentatifs celui de Oued Mekerra et Oued El Hammam. Ces deux sous bassins présentent un relief fort. La pente moyenne du sous bassin de Oued Mekerra (6,03 %) est supérieure à celle de Oued El Hammam (5,09 %), ainsi que 40 % de la surface total du sous bassin de Oued Mekerra est située dans des altitudes comprises entre 1045 et 1706 m alors que 50 % de la surface total du sous bassin de Oued El Hammam est située dans des altitudes comprises entre 788 et 1450 m. cela peut expliquer la succession des crues au niveau du sous bassin de Oued Mekerra.



### **Chapitre III : Fondements physiques et ressources en eau du milieu d'étude**

---

L'examen des sources d'approvisionnement des wilayas de Mascara et Sidi Bel Abbas révèle que le bassin versant de la Macta dispose de barrages, retenues colinéaires, forages, puits et sources. Ceci donne une importance appréciable à cette ressource sur le plan de la quantité ainsi que la disponibilité dans le temps.

D'autre part, l'analyse de la dotation moyenne réelle communale montre que la situation de l'AEP semble s'améliorer pour la wilaya de Mascara depuis les années 2000. La région de Sidi Bel Abbas signal un manque dans la dotation en eau potable pour le total des communes.

## **Chapitre IV**

# **Variabilité hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta**

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

Plus encore que les facteurs morphologiques et lithologiques, les conditions pluviométriques du bassin versant jouent un rôle très important dans le comportement hydrologique des cours d'eau.

L'Algérie septentrionale présente un climat semi-aride qui se caractérise par une forte irrégularité pluviométrique. La pluviométrie en Algérie a été étudiée par plusieurs auteurs, (P. Seltzer, 1913-1938, H. Gaussen, 1918-1947, G. Medinger, 1913-1953, M. Chaumont et C. Paquin, 1913-1963) (Bouanani. A, 2004).

Sur le plan du régime hydrologique, on peut noter que les bassins versants sont marqués par des fortes irrégularités saisonnières et interannuelles et accentués par des longues périodes de sécheresse, des crues violentes et rapides et des transports solides importants résultants d'une érosion intense.

### IV.1. Répartition spatiale et variabilité temporelle des précipitations :

Le bassin de l'Oued Mekerra est contrôlé par environ une vingtaine de stations pluviométriques. Nous avons retenu quinze stations, dont douze sont situées dans la partie nord du bassin et trois stations sont réparties du centre au sud. Le bassin de l'Oued El Hammam est contrôlé par 56 stations pluviométriques, nous avons retenu 28 stations (Figure IV.1). Néanmoins, le choix est dû d'une part à la disponibilité d'une série pluviométrique assez longue et d'autre part à la répartition des stations dans l'ensemble du sous bassin. Les caractéristiques des différentes stations choisies sont présentées dans le tableau II. 1 et II.2 (voir chapitre II).

Les données qui figurent dans ce travail sont fournies par l'A.N.R.H d'Oran. Il s'agit des totaux mensuels et annuels de précipitations durant la période 1967 - 2005 pour le bassin de l'Oued Mekerra et 1978 - 2005 pour le bassin de l'Oued El Hammam. Pour résoudre le problème des données lacunaires, nous avons utilisé la méthode de la régression linéaire tenant en compte la position des différentes stations (Voir chapitre II).

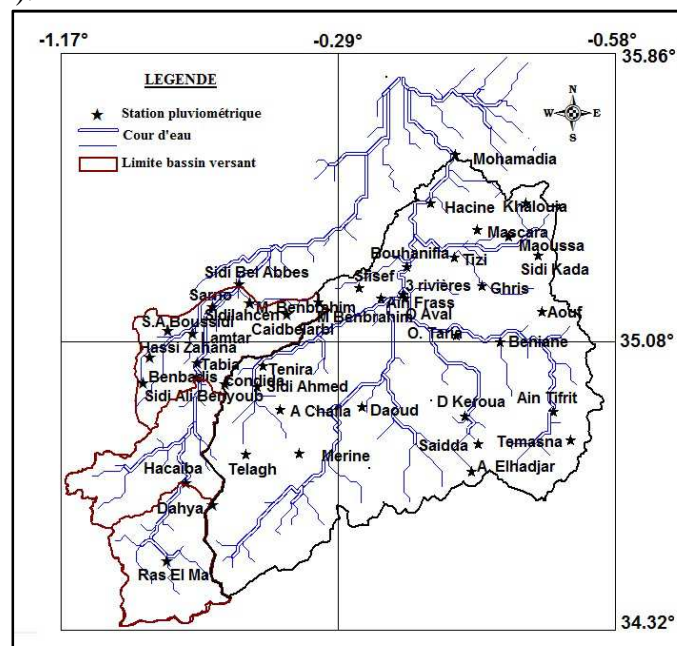


Figure IV.1 : Localisation des stations pluviométriques retenues

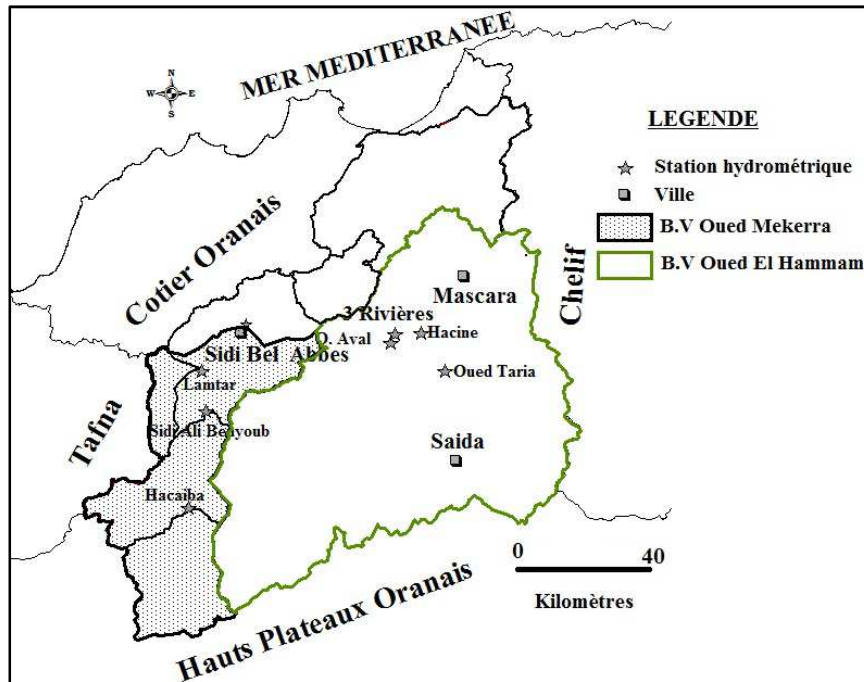


Figure IV.2 : Localisation des stations hydrométriques retenues

#### IV. 1. 1. La répartition des précipitations moyennes annuelles:

Pour estimer la pluie moyenne pour les deux bassins versants, on a utilisé la méthode des isohyètes (voir chapitre II). Les courbes isohyètes ont été tracées on utilisant la technique de « Krigeage » à l'aide du logiciel Mapinfo 6.5.

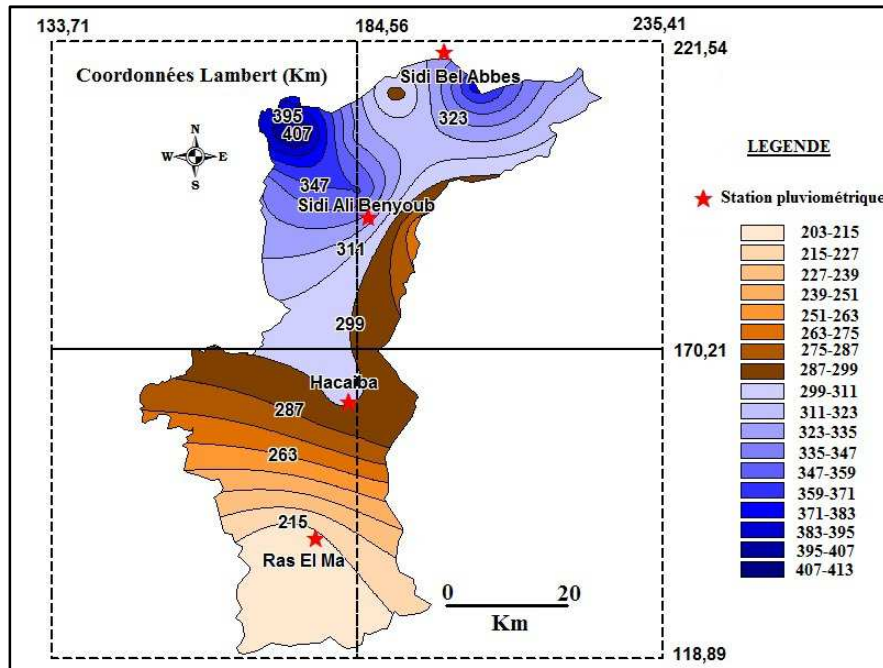
Finalement, Nous avons obtenu les cartes isohyètes (Figure IV.3 et figure IV.4). À partir de ces cartes, il est aisé de tirer les surfaces entre deux isohyètes (voir annexes 3 et4).

Dans le bassin versant de l'Oued Mekerra, les précipitations moyennes annuelles varient de 203 à 413 mm. Elles augmentent légèrement du sud au nord (Figure IV.3). Cette répartition est expliquée essentiellement par l'influence des masses d'aire marines sur la partie nord du bassin, ces masses d'aires chargées en humidité, engendrent le plus souvent des précipitations abondantes en saison froide.

Par contre, la partie sud du bassin est sous l'influence des masses d'air chaudes et sec. On note également une augmentation des précipitations du nord-est au nord-ouest.

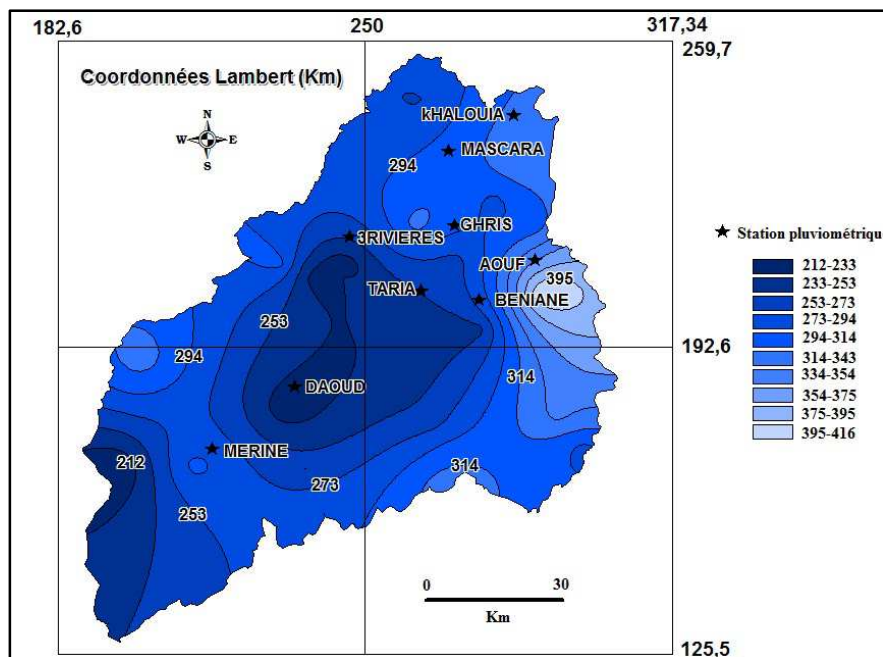
Au centre du bassin, les altitudes varient de 1100 à 1700 m, avec une augmentation accentuée dans la direction est-ouest. Le secteur doté de la plus forte pluviométrie annuelle se trouve dans le sous bassin de Lamtar, cela montre clairement le rôle des barrières constituées par les monts de Tlemcen situées dans la bordure nord ouest du bassin versant de l'Oued Mekerra.

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta



**Figure IV.3 : Variation pluviométrique spatiale dans le bassin versant de l'Oued Mekerra**

Dans le bassin versant de l'Oued El Hammam, les précipitations moyennes annuelles varient de 212 à 416 mm. La partie Est du bassin versant est située dans des altitudes variant de 788 à 1388 m, cela explique l'importance de la pluviométrie dans cette partie (314 à 416 mm). Par contre, le centre du bassin versant est situé dans des faibles altitudes variant entre 338 à 788 m, où les précipitations moyennes annuelles les plus faibles sont enregistrées (212 à 253 mm).



**Figure IV.4 : Variation pluviométrique spatiale dans le bassin versant de l'Oued El Hammam**

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

On appliquant la méthode des isohyètes (voir chapitre II), nous avons obtenu une pluie moyenne de 286 mm pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et 281 mm pour le bassin versant de l'Oued El Hammam. Les valeurs des pluies moyennes sont proches pour les deux bassins versant.

### IV.1.2. Evolution des précipitations annuelles: tendances pluviométriques:

La figure IV.5 présente une tendance déficitaire nette des précipitations dans le bassin versant de l'Oued Mekerra, cela à partir de l'année 1977. Cette tendance s'amplifie durant la période 1981- 1999, à l'exception de l'année 1995 qui est une année excédentaire. On observe 21 années déficitaires, soit 54 % et 18 années excédentaires, soit 46 % du total des années. L'année 1996 est une année extrêmement déficitaire.

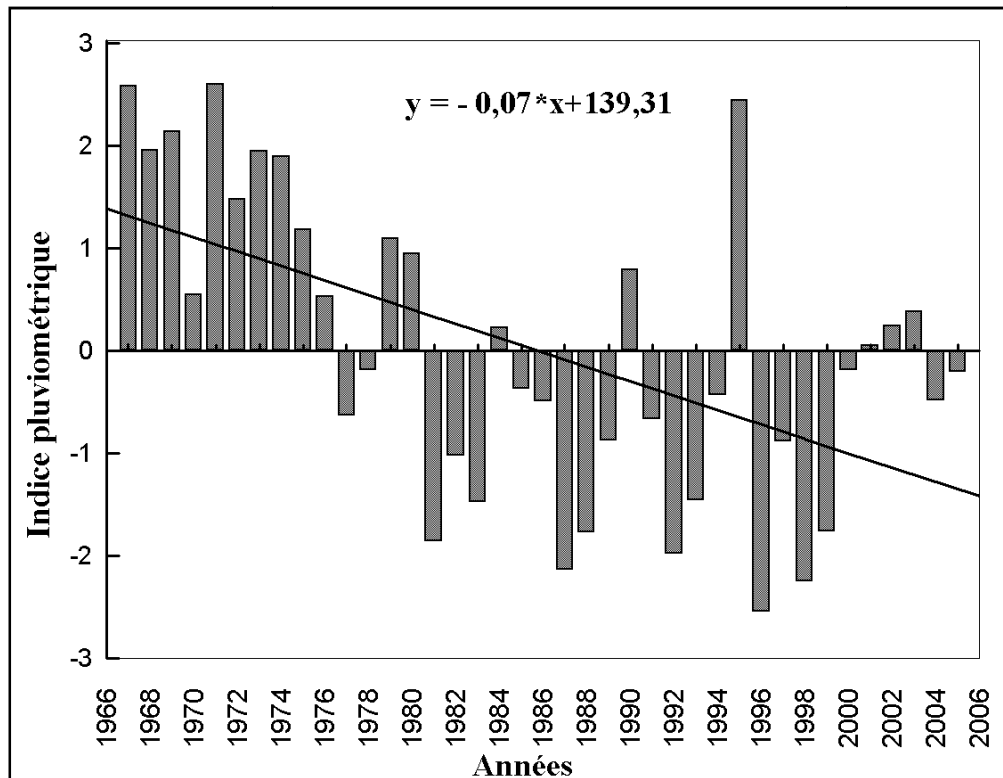
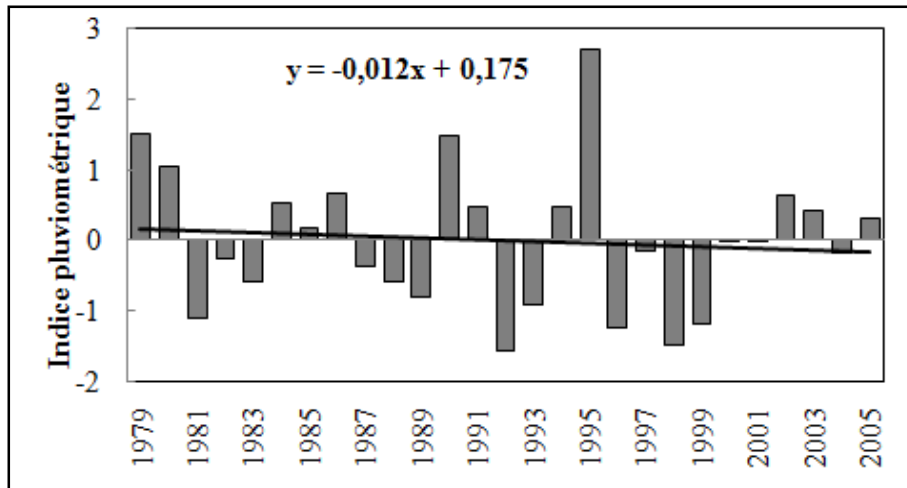


Figure IV.5: Variabilité des précipitations annuelles dans le sous bassin de l'Oued Mekerra de 1967 à 2005 en écarts centrés réduites

La figure IV.6 présente une légère tendance à la baisse des précipitations dans le bassin versant de l'Oued El Hammam, cela durant la période 1979-2005. On observe 12 années excédentaires, soit 44 % et 15 années déficitaires, soit 56 % du total des années. Une nette tendance à la baisse des précipitations est observée entre 1987 et 1999. L'année 1995 est une année extrêmement excédentaire. Par contre l'année 1992 est une année extrêmement déficitaire.

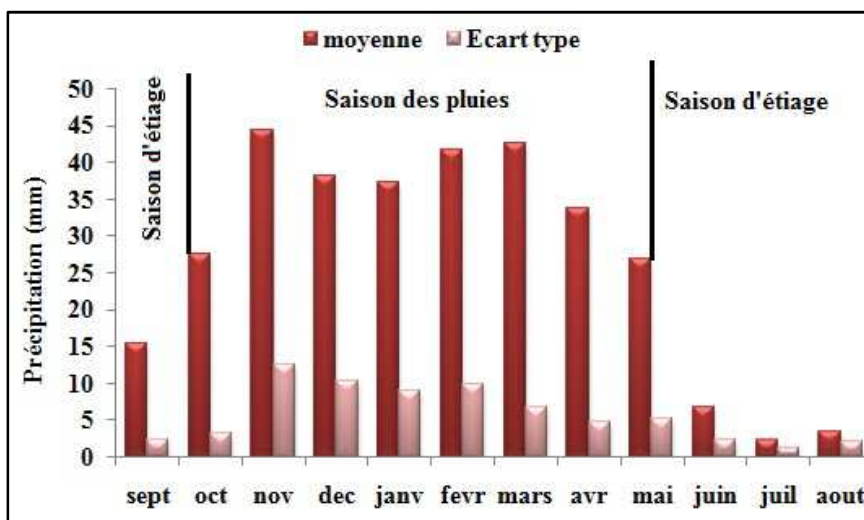


**Figure IV.6: Variabilité des précipitations annuelles dans le sous bassin de l'Oued El Hammam de 1979 à 2005 en écarts centrés réduites**

**IV.1.3. Evolution des précipitations mensuelles :**

Le bassin versant de l'Oued Mekerra présente des saisons humides et sèches bien définies. On observe huit mois pluvieux (entre octobre et mai) avec des précipitations moyennes mensuelles supérieures à la moyenne (environ 26 mm) et quatre mois estivaux (entre juin et septembre) inférieures à 26 mm. Les mois les plus arrosés se placent de novembre à mars dont les précipitations moyennes mensuelles ne dépassent pas les 45 mm et le mois le plus pluvieux est celui de Novembre. Les mois les plus secs correspondent aux mois de juin, juillet et août (Figure IV.7).

L'écart-type d'une série pluviométrique donne une idée de la dispersion de l'ensemble des précipitations. Plus l'écart-type est élevé, plus fortes sont les variations de précipitations observées pour un mois donné. La variation des précipitations diminue légèrement du mois de novembre au mois de janvier. A partir du mois de février, la variation des précipitations se maintient d'un mois à l'autre.



**Figure IV.7: Variabilité des précipitations moyennes mensuelles et des écarts types dans le bassin de L'Oued Mekerra de 1967 à 2005**

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

Dans le bassin versant de l'Oued el Hammam, on observe sept mois pluvieux (entre octobre et avril) avec des précipitations moyennes mensuelles supérieures à la moyenne (environ 27 mm) et trois mois estivaux (entre mai et septembre) inférieures à 27 mm. Comme il a été observé dans le bassin versant de l'Oued Mekerra, les mois les plus arrosés se placent de novembre à mars dont les précipitations moyennes mensuelles ne dépassent pas les 45 mm, sauf que le mois le plus pluvieux est celui de Mars. Les mois les plus secs correspondent aux mois de juin, juillet et août. (Figure IV.8).

La répartition des écarts types montre une légère augmentation de la variation des précipitations du mois de septembre au mois de décembre et une légère diminution du mois de février au mois de juin. Ces variations se maintiennent pour les mois de janvier, juillet et août.

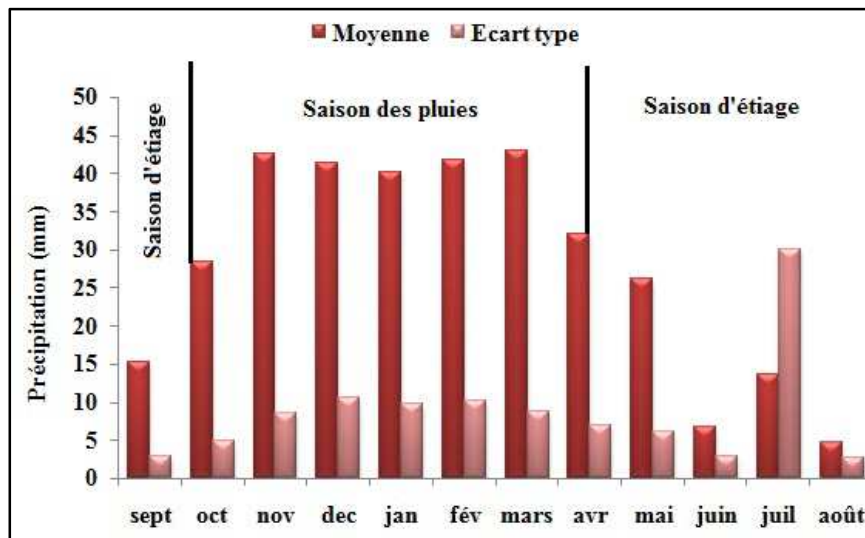


Figure IV.8: Variabilité des précipitations moyennes mensuelles et des écarts types dans le bassin de l'Oued El Hammam de 1971 à 2004

### IV.2. Températures :

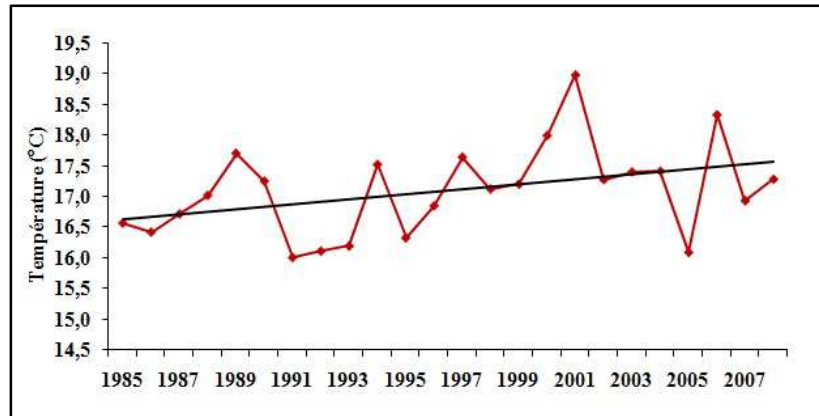
#### IV.2.1. Températures annuelles :

L'étude de la tendance des températures nécessite une longue chronique. Malheureusement nous ne disposons pas des périodes suffisantes pour juger cette tendance. Néanmoins, on remarque une légère tendance à l'augmentation des températures moyennes annuelles pour la station de Mascara (Figure IV.9). Pour la station de Sidi Bel Abbes, une nette tendance à l'augmentation des températures moyennes annuelles est observée (Figure IV.10).

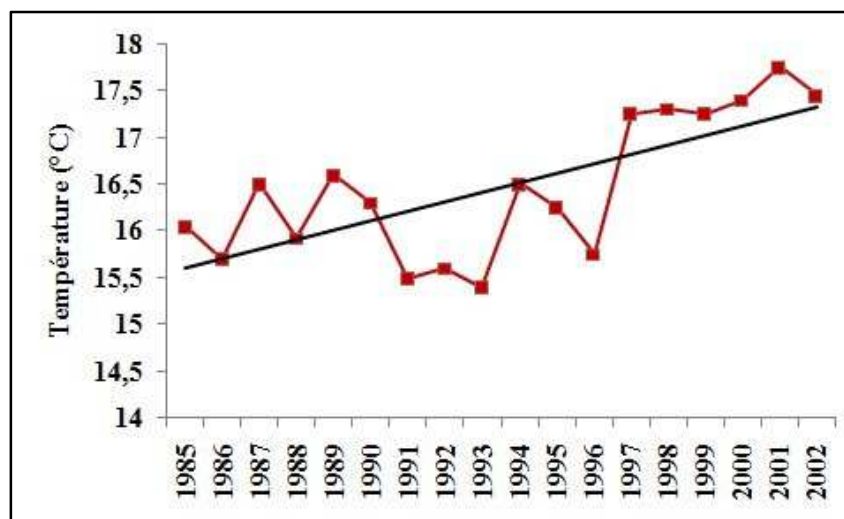
Cette tendance s'accorde avec les observations faites par les autres auteurs sur l'augmentation des températures au cours des dernières décennies.



## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta



**Figure IV.9 : Tendence de la température moyenne annuelle à la station de Mascara (1985-2008)**



**Figure IV.10 : Tendence de la température moyenne annuelle à la station de Sidi Bel Abbes (1985-2002)**

Les régions de Sidi Bel Abbes et de Mascara sont caractérisées par un été chaud et sec et un hiver relativement doux. Le mois le plus froid est celui de janvier avec une température moyenne de 7,8°C enregistrée à la station de Sidi Bel Abbes et de 8,8°C enregistrée à la station de Mascara. Le mois le plus chaud est celui d'aout avec une température moyenne de 27,6°C enregistrée à la station de Sidi Bel Abbes durant la période 1974-2012 et de 26,9 °C enregistrée à la station de Mascara durant la période 1985-2009 (Tableau IV.1 et Tableau IV.2).

**Tableau IV.1: Températures mensuelles pour la station de Sidi Bel Abbes de 1974 à 2012**

T (°C)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Max	27,8	22,3	17,5	13,1	11,6	15,3	16,6	18,7	17,9	27,4	31,8	34,3
Min	16,5	12,3	8,2	5,5	4,0	3,6	6,7	8,1	16,7	15,8	20,9	21
Moy	22,1	17,3	12,8	9,3	7,8	9,45	11,6	13,3	17,3	21,6	26,3	27,6

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

**Tableau IV.2: Températures mensuelles pour la station de Mascara de 1985 à 2009**

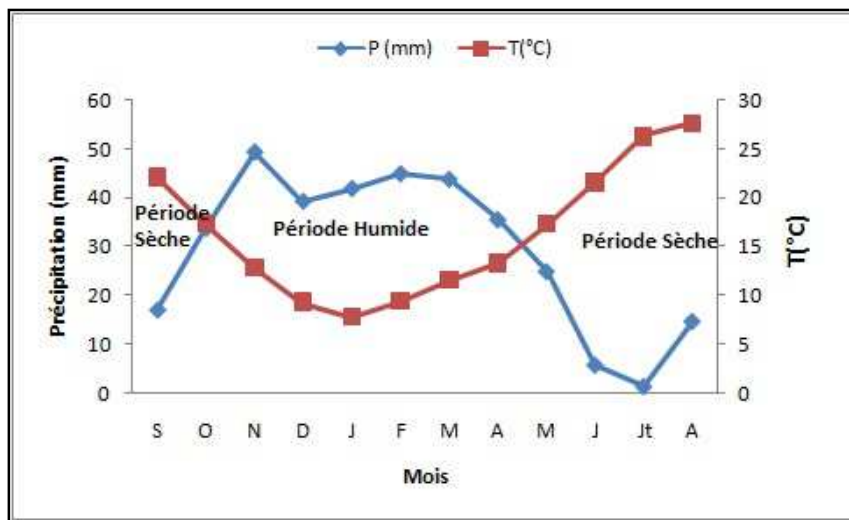
T (°C)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Max	31,3	25,4	19,6	15,9	14,8	16,4	19,2	20,8	25,3	31,2	35,2	35,3
Min	15,4	11,9	7,0	4,5	2,7	4,6	5,3	7,0	10,8	14,4	18,0	18,4
Moy	23,4	18,7	13,3	10,2	8,8	10,5	12,3	13,9	18,0	22,8	26,6	26,9

### IV.2.2 Courbe ombrothermique :

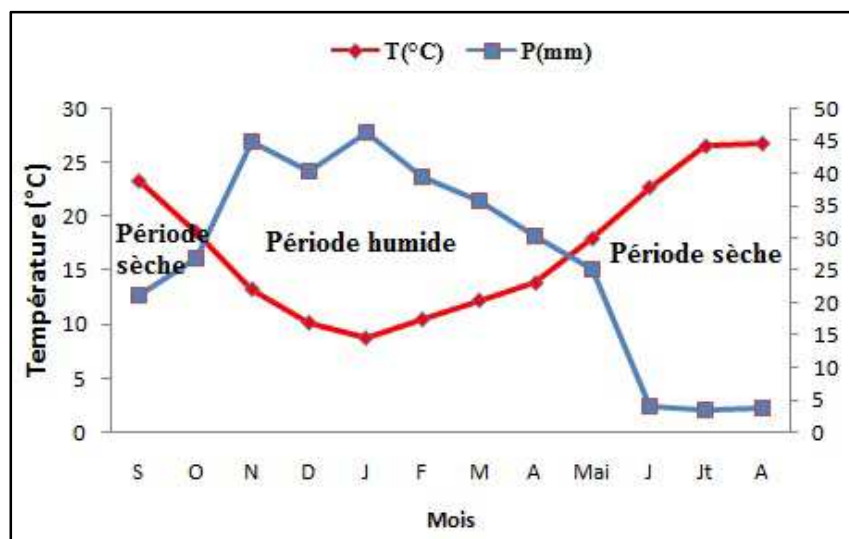
Le mois le plus sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température;

La courbe ombrothermique (figure IV.11) permet de visualiser:

- Une période sèche qui s'étend du mois de Mai à Septembre.
- Une période humide qui s'étend du mois d'Octobre au mois d'Avril.



**Figure IV.11 : Courbe Ombrothermique (Station de Sidi Bel Abbas)**



**Figure IV.12 : Courbe Ombrothermique (Station de Mascara)**

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

### IV.3. Variabilité des écoulements de surface dans le bassin de la Macta:

Pour comprendre le fonctionnement d'un bassin versant, il est fondamental de connaître le régime hydrologique des cours d'eau étudiés. Selon Arnell. N (2002), « le « régime des flux » décrit la variation des flux d'un cours d'eau au long de l'année, et il est généralement représenté par l'écoulement mensuel».

Généralement, les études sur le régime des cours d'eau s'appuient sur les conditions moyennes de fonctionnement du cours d'eau; néanmoins ceci n'empêche pas qu'on puisse s'intéresser à d'autres conditions de flux. On peut faire, par exemple, une étude du régime de crues ou du régime des étiages d'un cours d'eau (Maurício. M, 2008).

#### IV.3.1. Variabilité spatio-temporelle des débits moyens:

##### IV.3.1.1. Répartition statistiques des modules :

Le tableau IV.3 indique que les valeurs des coefficients de variation oscillent entre 0,41 et 0,96, une variabilité relativement faible est observée pour les stations de Sidi Bel Abbes et Sidi Ali Benyoub alors qu'une forte variabilité est observée pour la station de Hacaiba. Les coefficients d'immodérations varient entre 6,23 et 62,4, la valeur la plus élevée (62,4) montre l'irrégularité accentuée des débits interannuels pour la station de Hacaiba.

**Tableau IV.3 : Présentation des paramètres statistiques des séries hydrométriques pour le bassin versant de l'Oued Mekerra**

Stations	Moy (m <sup>3</sup> /s)	Max (m <sup>3</sup> /s)	Min (m <sup>3</sup> /s)	Nombre d'années >moyenne	Coefficient Immodération R=QMax/Qmin	Coefficient Variation
<b>S.B.A</b>	0.760	1.733	0.28	11 sur 32	6,23	0.41
<b>Sidi Ali Ben Youb</b>	0.525	1.230	0.13	12 sur 28	9,46	0.56
<b>Hacaiba</b>	0.145	0.518	0.008	7 sur 20	62,40	0.96

On note une variabilité relativement faible pour toutes les stations, avec des valeurs des coefficients de variation oscillant entre 0,44 et 0,72. Les coefficients d'immodérations varient entre 6,54 et 12,43, ce qui montre une faible irrégularité des débits interannuels.

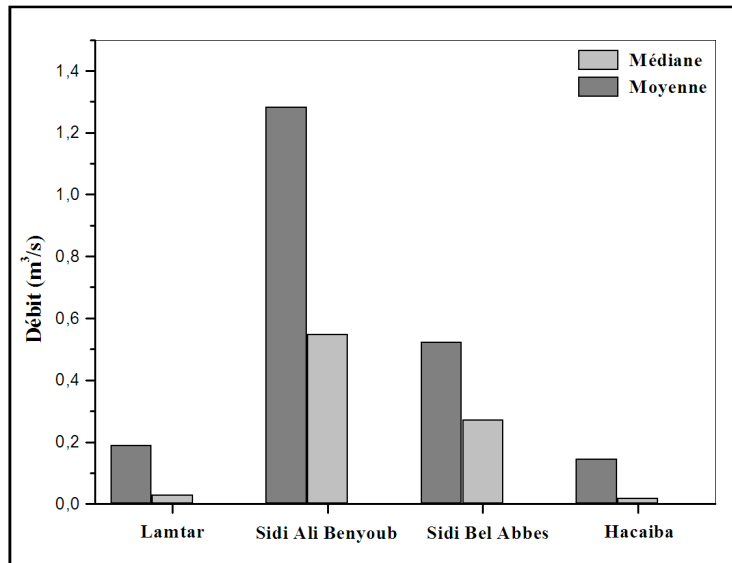
**Tableau IV.4 : Présentation des paramètres statistiques des séries hydrométriques pour le bassin versant de l'Oued El Hammam**

<b>Station</b>	<b>Moy (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Max (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Min (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Nombre d'années &gt;moyenne</b>	<b>Coefficient Immodération R=QMax/Qmin</b>	<b>Coefficient de Variation</b>
<b>Trois Rivières</b>	2,17	4,16	0,55	17 sur 33	7,56	0,48
<b>Hacine</b>	2,26	5,47	0,44	17 sur 32	12,43	0,54
<b>Ouizert-Aval</b>	0,95	1,7	0,26	9 sur 27	6,54	0,44
<b>Oued Taria</b>	0,54	1,3	0,13	4 sur 21	10	0,72

**IV.3.1.2. Variabilité des débits moyens bruts:**

Pour le bassin versant de l'Oued Mekerra, le débit moyen (module de toute la série) mesuré à la station de Sidi Ali Benyoub est de 1,28 m<sup>3</sup>/s, c'est le débit moyen le plus important de la Mekerra en comparaison avec les autres débits moyens mesurés aux différentes stations. On observe une forte différence entre la station de Sidi Ali Benyoub et celle de Hacaiba (diminution de 1,14 m<sup>3</sup>/s à Hacaiba). Le débit moyen enregistré à la station de Sidi Bel Abbas (0,52 m<sup>3</sup>/s) n'atteint même pas la moitié du débit moyen mesuré à la station de Sidi Ali Benyoub. Cela peut être expliqué par la diminution des pentes à l'aval de la station de Sidi Ali Benyoub, d'où l'existence de la plaine de Sidi Bel Abbas.

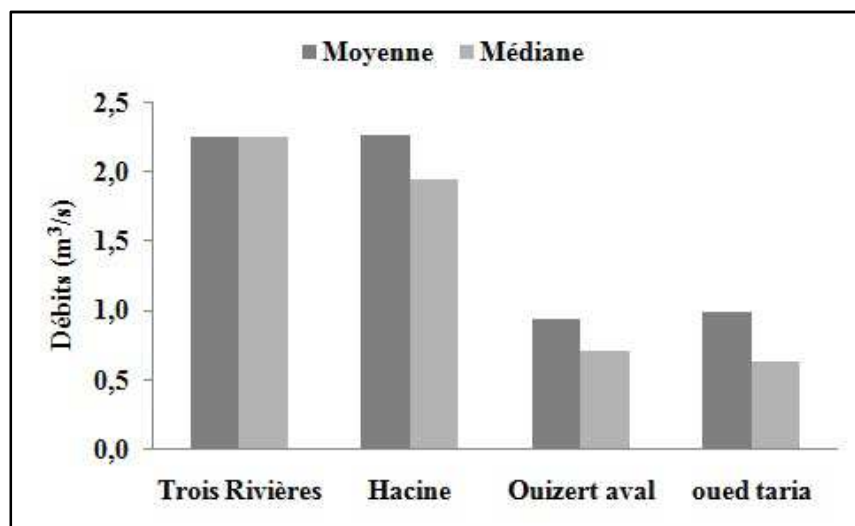
La médiane des débits journaliers présente des valeurs de débit qui se trouve exactement à la moitié de l'ensemble des observations, ce qui signifie que 50 % des débits observés sont supérieurs à la médiane et que 50 % des débits lui sont inférieurs (Maurício. M, 2008). Pour la station de Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbas, les valeurs de la médiane (0,55 et 0,27 m<sup>3</sup>/s respectivement) sont supérieures à celles calculées à la station de Hacaiba et Lamtar (0,02 et 0,03 m<sup>3</sup>/s respectivement) (Figure IV.13).



**Figure IV.13: Moyenne et médiane des débits journaliers aux stations hydrométriques du bassin de l'Oued Mekerra**

Pour le bassin versant de l'Oued El Hammam, les débits moyens les plus importants sont observés à la station de Hacine et Trois Rivières (2,26 m<sup>3</sup>/s et 2,25 m<sup>3</sup>/s respectivement). Par contre, des faibles débits sont observés à la station de Ouizert aval et Oued Taria (0,93 m<sup>3</sup>/s et 0,99 m<sup>3</sup>/s respectivement). Ces débits sont supérieurs aux ceux observés aux stations de l'Oued Mekerra, cela est dû au différence de surfaces drainées par les oueds.

Pour la station de Trois Rivières et Hacine, les valeurs de la médiane (2,25 et 1,94 m<sup>3</sup>/s respectivement) sont supérieures à celles calculées à la station de Ouizert Aval et Oued Taria (0,7 et 0,63 m<sup>3</sup>/s respectivement) (Figure IV.14).



**Figure IV.14: Moyenne et médiane des débits journaliers aux stations hydrométriques du bassin de l'Oued El Hammam**

### IV.3.2. Variabilité des débits moyens mensuelle:

La variation des débits mensuels pour la station de Sidi Ali Benyoub et de Sidi Bel Abbas (Figure IV.15 et IV.16), montre que l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra est souvent constaté en automne et au printemps. L'écoulement est conditionné par les pluies orageuses et intenses de l'automne.

Les pluies de l'hiver, même s'ils ont une forte intensité, ne contribuent pas en grande quantité à l'écoulement car c'est la saison qui suit l'automne, où l'infiltration est importante. Par contre, pendant le printemps, même si les pluies ont une faible intensité, des débits relativement importants ont été enregistré en cette saison. C'est la saison qui suit l'hiver où le sol est déjà saturé. Les débits les plus importants sont enregistrés au mois de septembre, octobre, mars et mai.

Pour le bassin versant de l'Oued El Hammam, la station de Trois Rivière a enregistré des débits importants au mois d'octobre, novembre, mars et mai (Figure IV.17). L'écoulement est également constaté en automne et au printemps, sauf que pour la station de Hacine où on a observé, en été, des débits plus importants en comparaison avec les autres saisons. Cela peut être expliqué par les fuites de barrage de Bouhanifia ainsi que les eaux évacuées à partir de Hammamat Bouhanifia (El Mahi, A, 2013).

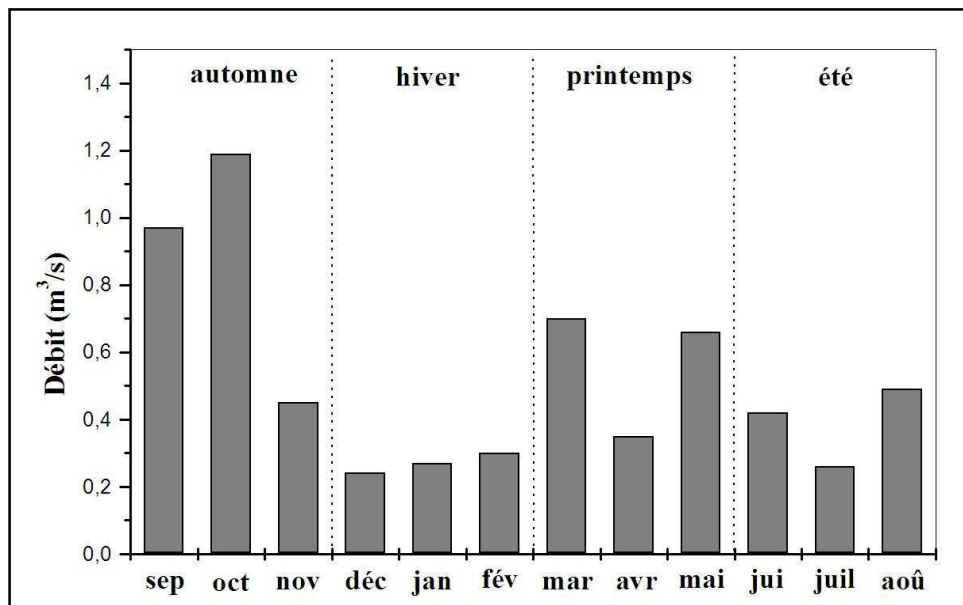


Figure IV.15: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Sidi Ali Benyoub

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

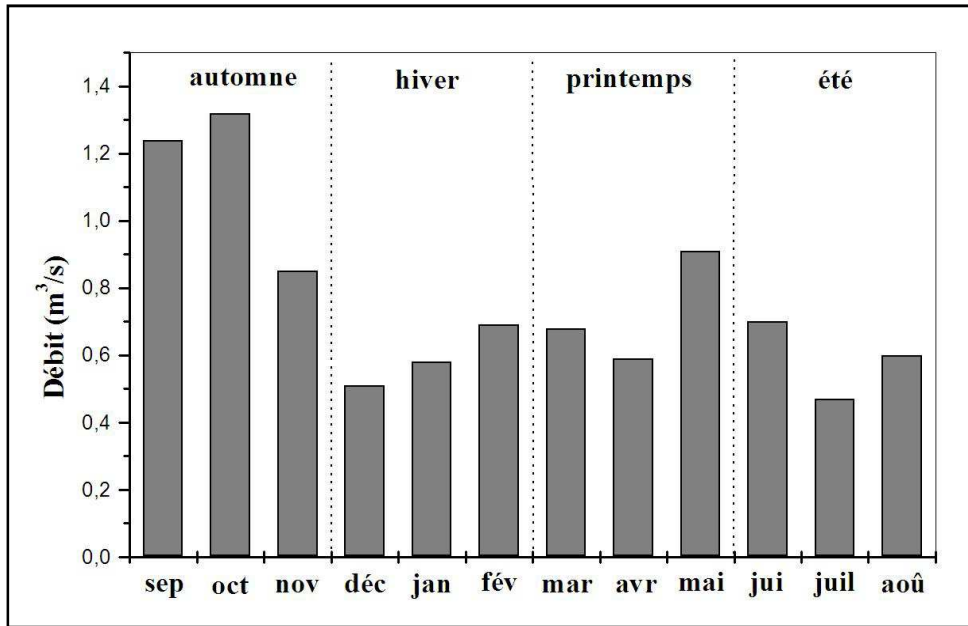


Figure IV.16: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Sidi Bel Abbas

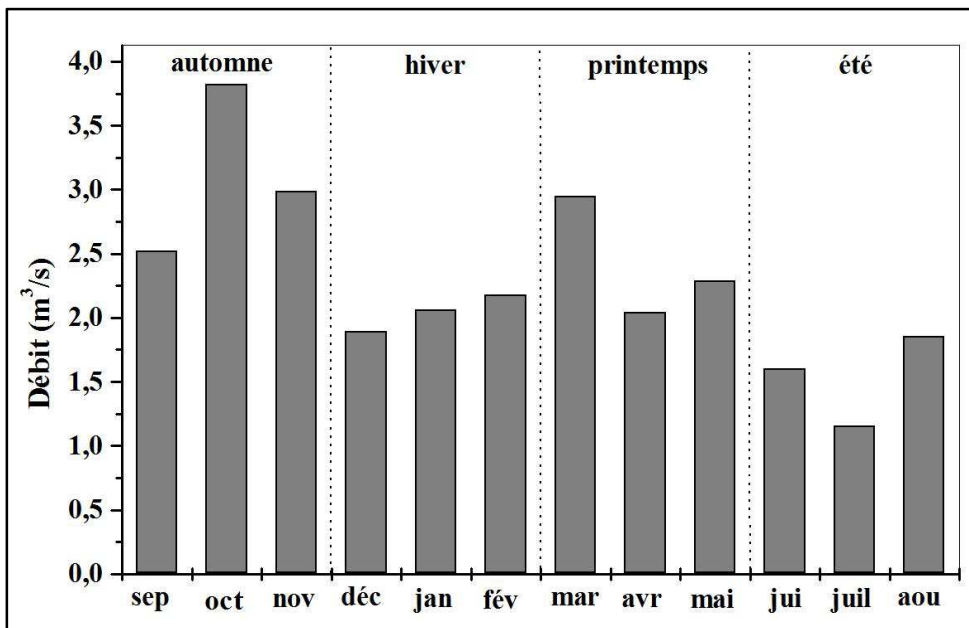
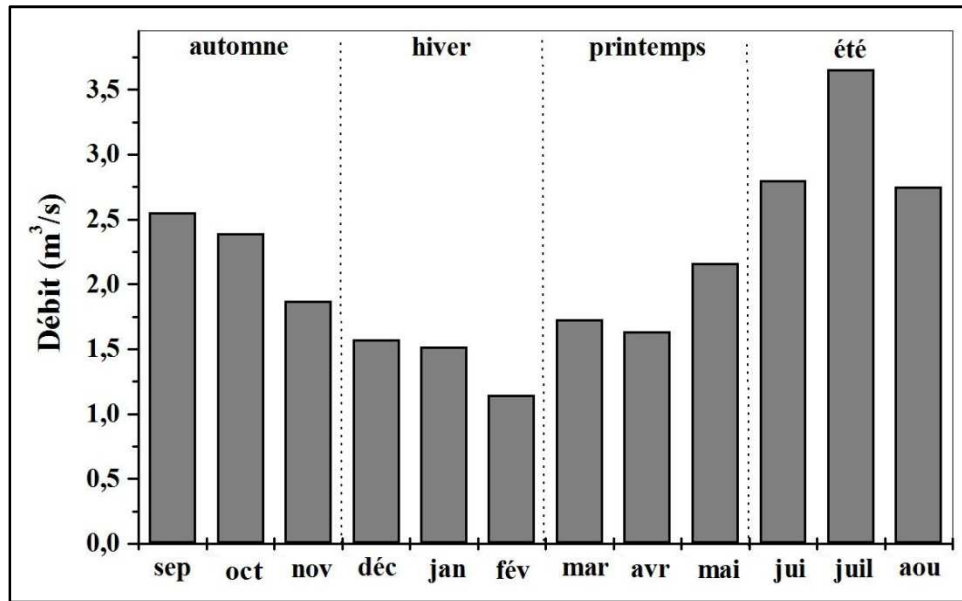
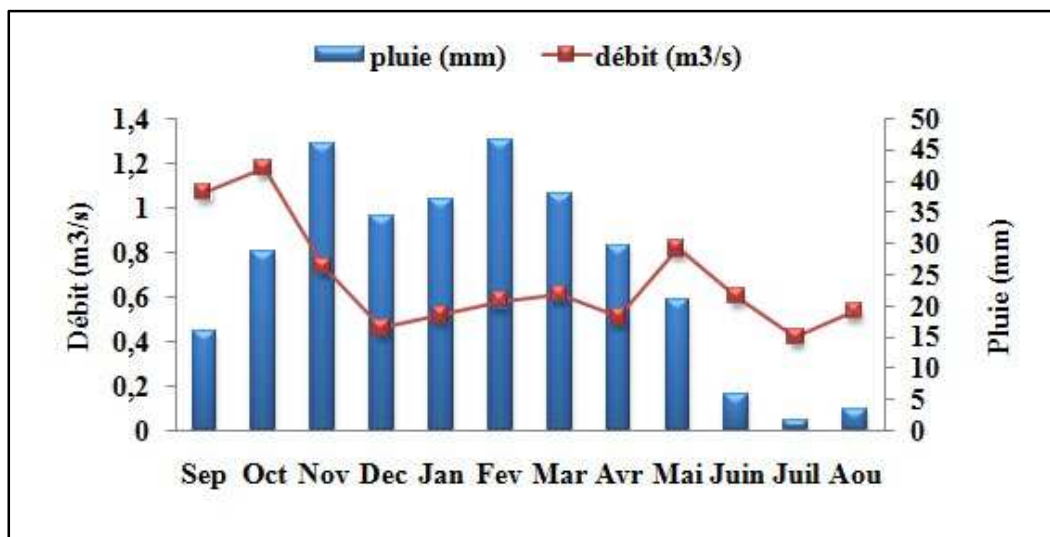


Figure IV.17: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Trois Rivières de 1973 à 2003



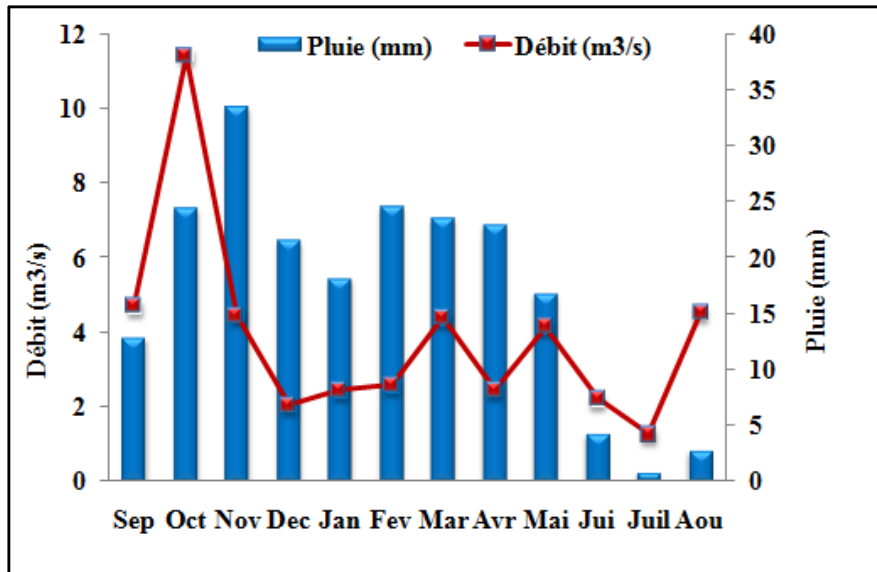
**Figure IV.18: Moyenne des débits moyens mensuels à la station de Hacine de 1973 à 2003**

Les figures IV.19 et IV.20 montre l'influence des pluies sur l'écoulement dans les bassins versants de l'Oued Mekerra et l'Oued el Hammam respectivement. La relation pluie-débit pour les deux bassins versants traduit bien ce qui est expliqué précédemment. Le rôle des pluies torrentielles de l'automne et du printemps est clair, à cela s'ajoute l'état de saturation du sol.



**Figure IV.19: Variation mensuelle moyenne de pluie/débit dans le bassin versant de l'Oued Mekerra à la station de Sidi Bel Abbes, de 1974 à 2006**



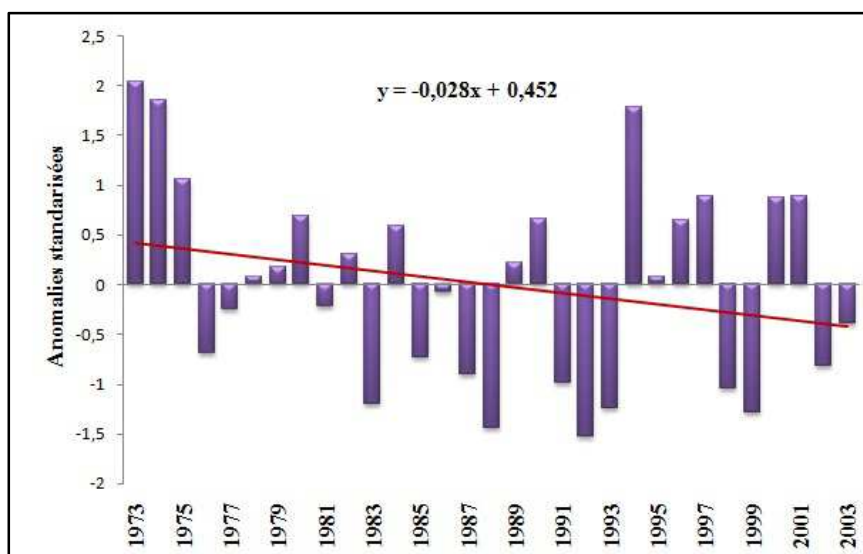


**Figure IV.20 : Variation mensuelle moyenne de pluie/débit dans le bassin versant de l'Oued El Hammam à la station de Trois Rivières, de 1973 à 2003**

**IV.3.3. Evolution annuelle de l'écoulement:**

L'objectif de cette section est d'étudier la variabilité des débits d'écoulement dans les deux bassins représentatifs de la Macta et de déterminer les années hydrologiquement déficitaires et excédentaires.

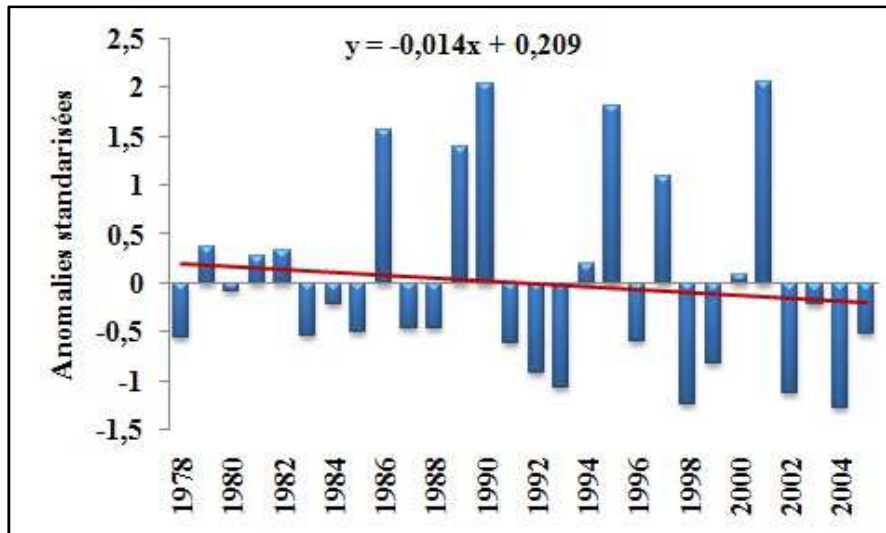
Pour le bassin versant de l'Oued el Hammam, à la station de Trois Rivières, on remarque une tendance à la baisse de l'écoulement. On observe seize années excédentaires, soit 48 % du total des années, l'année 1973 est une année extrêmement excédentaire. Par ailleurs, dix sept années déficitaires on été observées, soit 52 % du total des années. L'année 1992 est une année extrêmement déficitaire (figure IV.21).



**Figure IV.21 : Variabilité interannuelle de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued el Hammam à la station de Trois Rivières, de 1973 à 2003**

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

Pour le bassin versant de l'Oued Mekerra, à la station de Sidi Ali Benyoub, on observe une légère tendance à la baisse de l'écoulement. On a révélé onze années excédentaires, soit 39 % du total des années. L'année 2001 est une année extrêmement excédentaire. Par ailleurs, dix sept années déficitaires ont été observées, soit 61 % du total des années. L'année 2004 est une année extrêmement déficitaire (Figure IV.22).



**Figure IV.22 : Variabilité interannuelle de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra à la station de Sidi Ali Benyoub, de 1978 à 2005**

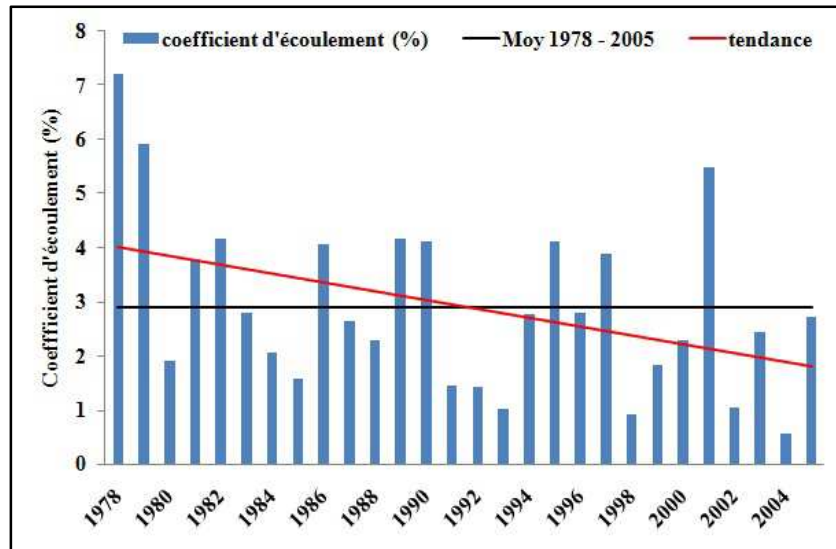
La tendance à la baisse de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra et l'Oued el Hammam est influencée par la diminution des précipitations.

Comme on a expliqué précédemment, on a signalé une tendance à la baisse des précipitations pendant 1967-2005 pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et pendant 1979-2005 pour le bassin versant de l'Oued el Hammam (Figure IV.5 et Figure IV.6). A cela s'ajoute l'influence de l'augmentation des températures au cours des dernières décennies. Une tendance à l'augmentation est enregistrée de 1985 à 2008 à la station de Mascara (bassin versant de l'Oued El Hammam) et de 1985 à 2002 à la station de Sidi Bel Abbas (bassin versant de l'Oued Mekerra) (figure IV.9 et IV.10).

### IV.3.4. Coefficients d'écoulement :

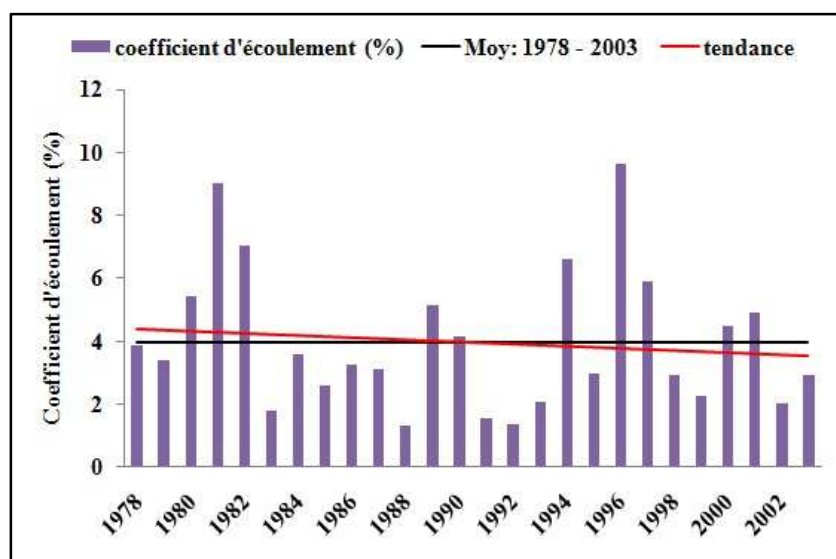
Le coefficient d'écoulement traduit la relation pluie – débit. Pour le bassin versant de l'Oued Mekerra, on observe une nette tendance à la diminution du coefficient d'écoulement durant la période 1978-2005 (Figure IV.23). Ce qui suit parfaitement la tendance à la diminution des pluies dans le bassin versant de l'Oued Mekerra, dont on a signalé une période déficitaire qui s'étale de 1981 à 2005 (Figure IV.5).

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta



**Figure IV.23 : Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra à la station de Sidi Ali Benyoub, de 1978 à 2005.**

Pour le bassin versant de l'Oued el Hammam, on observe une légère tendance à la diminution du coefficient d'écoulement durant la période 1978-2003 (Figure IV.24). Ce qui suit parfaitement la tendance à la diminution des pluies dans le bassin versant de l'Oued El Hammam, dont on a signalé une période déficitaire qui s'étale de 1987 à 1999 (Figure IV.6). On note que les précipitations est le premier facteur qui influence la variabilité de l'écoulement à travers les cours d'eau des bassins versants étudiés. La moyenne du coefficient d'écoulement dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (4 %) est supérieure à celle calculée pour le bassin versant de l'Oued Mekerra (2.9%), cela est dû principalement au lâchés des eaux des barrages existants dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (barrage de Bouhanifia, Ouizert et Chorfa).



**Figure IV.24 : Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin versant de l'Oued el Hammam à la station de Trois Rivières, de 1978 à 2003**

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

### IV.3.5. Débits de crues :

Les crues sont la conséquence d'une augmentation plus ou moins rapide du débit liquide d'un cours d'eau. Elles peuvent avoir différentes origines climatiques selon les territoires et sont caractérisées par leurs périodes de retour (fréquence d'apparition dans le temps). Une crue peut avoir pour conséquence le débordement des eaux hors du lit mineur, les eaux occupent alors le lit majeur du cours d'eau. Les crues modifient ainsi ponctuellement la dynamique morphologique du cours d'eau.

La répartition des fréquences des crues de 1980 à 2006, montre que l'oued Mekerra inscrit 33,33% des classes de débits variant entre 100 et 200 m<sup>3</sup>/s et 3,70% des classes de débits supérieurs à 200 m<sup>3</sup>/s (tableau III.5).

**Tableau III.5 : Répartition en pourcentage du nombre des crues de l'Oued Mekerra de 1980 à 2006**

Classe de débits (m <sup>3</sup> /s)	Nombre d'années	Fréquence (%)
>200	1	03,70
200-100	9	33,33
100-50	8	29,62
50-10	4	14,81
<10	5	18,51

Durant vingt-sept (27) ans d'observations, nous constatons que plus de 63% des débits instantanés maximaux sont enregistrés durant l'automne, sept (7) fois au mois d'Octobre, cinq (5) fois au mois de Septembre et cinq (5) fois au mois de Novembre. Le débit instantané maximal le plus marqué est de l'ordre de 215 m<sup>3</sup>/s et a été enregistré en 27/09/1994. (Tableau III.6).

**Tableau III.6: Crues de l'Oued Mekerra (1980-2006)**

a	B	C	D	e
07/03/1980	10,10	6,72	1,50	0,24
13/02/1981	5,34	3,17	1,68	0,13
03/11/1982	14,2	9,64	1,47	0,33
24/06/1983	53,8	11,29	4,77	1,26
11/11/1984	25,2	9,44	2,67	0,59
29/11/1985	8,90	4,5	1,98	0,21
04/10/1986	104	30,63	3,40	2,44
04/10/1987	9,82	4,03	2,43	0,23
17/05/1988	9,82	4,03	2,44	0,23
18/09/1989	64,6	16,60	3,89	1,52
16/10/1990	76,1	39,46	1,93	1,79
15/03/1991	135	81,69	1,65	3,17

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

22/09/1992	70,3	7,6	9,25	1,65
13/11/1993	70,3	9,7	7,25	1,65
27/09/1994	215	64,74	3,32	5,05
22/10/1995	154	70,83	1,93	3,62
05/02/1996	151	66,6	2,27	3,55
16/09/1997	170	101,59	1,67	3,99
03/02/1998	1,98	20,02	0,10	0,05
27/09/1999	89,88	30,05	2,99	2,11
24/10/2000	161,8	73,76	2,19	3,80
10/10/2001	111,17	49,96	2,23	2,61
24/08/2002	128,86	64,54	1,99	3,02
18/11/2003	80,2	36,85	2,17	1,88
16/04/2004	88,8	24,61	3,60	2,08
15/10/2005	39,63	9,59	4,13	0,93
28/05/2006	120,44	4393	0,027	2,82

Malheureusement nous ne disposons pas d'une longue série de débits instantanés pour le bassin versant de l'Oued El Hammam. La répartition des fréquences des crues de 1990 à 2004, montre que l'oued El Hammam inscrit 60% des classes de débits supérieur à 200 m<sup>3</sup>/s et seulement 6,66 % des classes de débits variant entre 100 et 200 m<sup>3</sup>/s (Tableau III.7).

**Tableau III.7 : Répartition en pourcentage du nombre des crues de l'Oued El Hammam de 1990 à 2004**

Classe de débits (m <sup>3</sup> /s)	Nombre d'années	Fréquence (%)
>200	9	60
200-100	1	6,66
100-50	4	26,66
50-10	1	6,66
<10	0	0

Durant la période 1990 – 2004, on observe que 47 % des débits instantanés maximaux sont enregistrés durant l'automne. Alors que seulement 27 %, 20 % et 6 % des débits instantanés maximaux sont enregistrés durant le printemps, l'été et l'hiver respectivement. On note que le débit instantané maximal le plus marqué est de l'ordre de 764,8 m<sup>3</sup>/s et a été enregistré en 15/03/1991 (Tableau III.8).

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

Tableau III.8: Crues de l'Oued El Hammam (1990-2004)

a	b	c	D	e
01/10/1990	99,56	24,24	4,11	1,09
15/03/1991	764,80	404,07	1,89	8,39
05/08/1992	23,75	19,28	1,23	0,26
19/10/1993	482,34	39,21	12,30	5,29
17/10/1994	235,80	258,33	9,04	25,62
05/09/1995	83,50	42,23	1,98	0,92
04/02/1996	229,80	63,66	3,61	2,52
25/08/1997	162,40	421,20	3,85	17,79
01/07/1998	70,00	67,82	1,03	0,77
15/03/1999	90,00	22,47	4,00	0,99
23/10/2000	236,00	544,13	4,34	25,88
10/10/2001	145,00	396,37	3,66	15,90
07/05/2002	528,00	137,16	3,85	5,79
11/11/2003	137,56	135,24	1,02	1,51
24/05/2004	206,50	148,25	1,39	2,26

**a**: date du débit de pointe ; **b**: débit instantané maximal ( $m^3/s$ ) ; **c**: débit moyen journalier maximal ( $m^3/s$ ) ; **d** : moyenne  $b/c$  ; **e** : coefficient de crue :  $e = b / s^{1/2}$  ; **S** : aire réceptrice du bassin.

Pour l'Oued Mekerra, le coefficient de crue (appelé aussi la puissance des crues) oscille entre 0,05 et 5,05  $m^2/s$ . Alors que pour l'Oued El Hammam il varie entre 0,26 et 25,88  $m^2/s$ . Il est clair que les crues sont importantes dans le bassin versant de l'Oued El Hammam, cela est dû à l'importance du chevelu hydrographique dans ce dernier (voir chapitre trois).

### IV.4. Conclusion:

Pour évaluer la variabilité spatiale de la pluviométrie ainsi que la pluie moyenne annuelle tombée dans les deux bassins représentatifs de la Macta, on a réalisé des cartes isohyètes. Ces cartes nous ont permis de conclure que le facteur principale qui régit la répartition des précipitations est la fluctuation des altitudes.

Pour le bassin versant de l'Oued Mekerra, la pluie moyenne annuelle augmente légèrement du sud au nord. Pour le bassin versant de l'Oued El Hammam, les pluies moyennes annuelles sont importantes dans la direction Est du bassin. On n'a pas observé une grande différence entre la pluie moyenne annuelle calculée pour l'ensemble des deux bassins versants, une différence de 5 mm.

On a pu montrer une tendance déficitaire des précipitations annuelles, de 1967 à 2005 pour le bassin versant de l'Oued Mekerra et de 1979 à 2005 pour le bassin versant de l'Oued El Hammam. Les mois les plus arrosés se placent de novembre à mars pour les deux bassins versants.

## Chapitre IV: Variabilité Hydropluviométrique dans le bassin versant de la Macta

---

La tendance à la baisse de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra et l'Oued el Hammam est influencée par la diminution des précipitations. Le coefficient d'écoulement traduit bien la relation pluie – débit, on observe une tendance à la diminution du coefficient d'écoulement. Ce qui suit parfaitement la tendance à la diminution des précipitations.

Les débits de crues ont été étudiés car ils ont une influence directe sur la morphologie des cours d'eau. Nous avons constaté que la plus part des débits instantanés maximaux ont été enregistré durant l'automne. La puissance des crues est plus forte dans le bassin versant de l'Oued El Hammam. Cela veut dire que les cours d'eau de ce dernier ont une grande aptitude de changer leur forme en comparaison avec ceux du bassin versant de l'Oued Mekerra.

## **Chapitre V**

# **Dynamique sédimentaire du bassin versant**



Le processus du transport des matières solides en suspension dans les bassins versants est complexe. Il se fait principalement en période de crue et il est étroitement lié à l'intensité des précipitations, à la configuration du bassin versant et aux caractéristiques hydrauliques du cours d'eau.

En Algérie septentrionale, les conditions physiques, géomorphologiques, hydroclimatiques et socioéconomiques sont particulièrement favorables au déclenchement et à l'accélération du phénomène de transport solide.

L'évaluation des taux de transport de sédiments est un élément fondamental pour les études morphologiques fluviales. Demmak (1982) démontre qu'il existe une corrélation entre la lithologie et les formes d'érosion.

Dans cette section, on tente de répondre à certaines questions :

- quelle est la quantité de sédiments qui parvient à l'embouchure des cours d'eau principaux de la Macta ?
- Quels sont les principaux facteurs qui régissent l'évolution de la sédimentation dans le bassin versant de la Macta?
- Quelle est l'influence du transport solide sur la morphologie des cours d'eau ?

### V.1. Rôle d'agressivité des pluies sur la sédimentation :

La variation des précipitations dans le bassin et l'existence de séquences pluvieuses intenses modulent la sédimentation, la dégradation du couvert végétal constatée sur les dernières années (pâturage, les incendies) et l'augmentation des lames d'eau ruisselée, les pertes de terre n'ont pu que s'accroître. Mais, elles varient dans l'espace et dépendent de la structure des sols (Amoussou et al. 2007).

Nous avons procédé à une estimation à partir des indices d'agressivité climatique de Fournier (1962) cité par **Amoussou, E, 2010**, la méthode de calcul a été expliquée dans le deuxième chapitre.

Dans la partie nord du bassin versant de l'Oued Mekerra, l'indice d'agressivité des pluies est important, l'influence des pluies intenses est claire. Alors que malgré l'insuffisance des pluies dans sa partie sud, l'érosivité est relativement importante. Cela est signifié par la culmination des collines marneuses et marno - gréseuses entre 600 et 900 m (*Djebel Ténira*) à cela s'ajoute le rôle de fortes pentes qui varient entre 10 et 30 %. Au centre du bassin versant, l'indice d'agressivité des pluies est faible (Figure V.1).

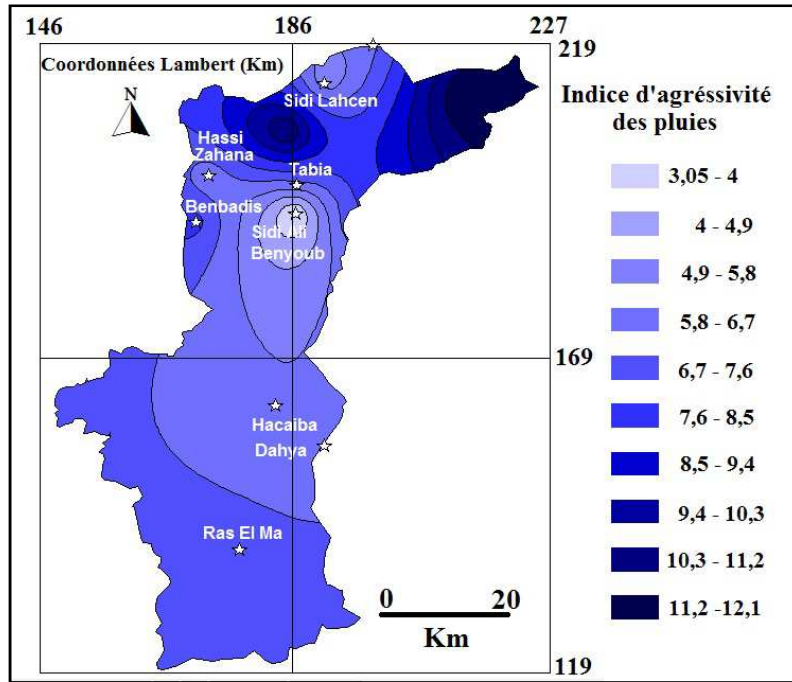


Figure V.1 : Erosivité des pluies dans le bassin de l’Oued Mekerra

Pour le bassin versant de l’Oued el Hammam, on observe une faible érosivité du sud au centre du bassin. Dans le secteur où se trouve les communes de Beniane et Aouf plus précisément à l’est de Ghris, l’érosivité vari entre 12 et 16. Par contre, dans la partie nord du bassin l’indice d’agressivité des pluies est important (entre 16 et 36) (Figure V.2).

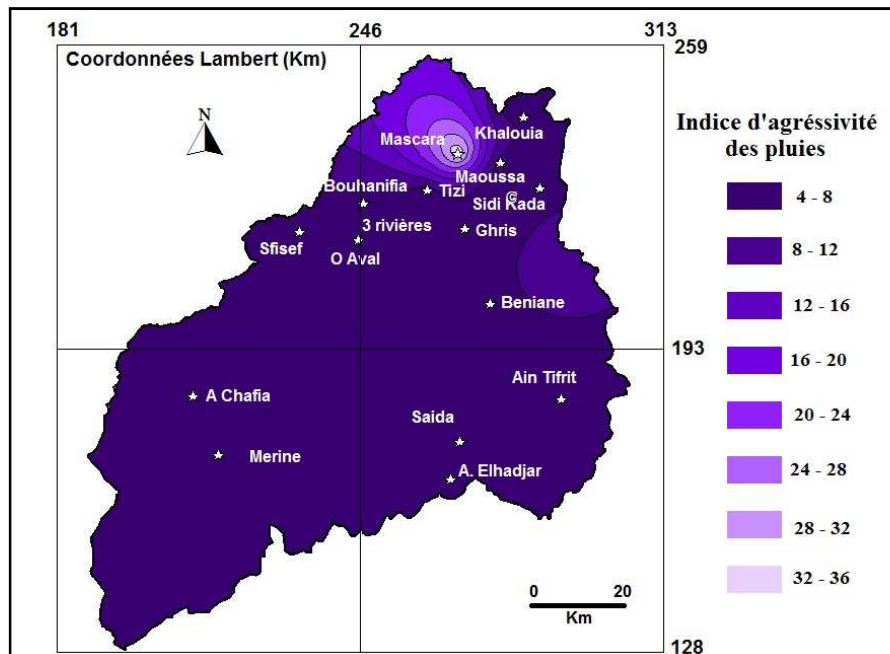


Figure V.2 : Erosivité des pluies dans le bassin de l’Oued El Hammam

### V.2. Quantification du transport solide dans le bassin versant de la Macta :

Plusieurs auteurs ont été intéressés par la quantification du transport solide en suspension. Parmi ces auteurs, on peut citer : Probst et Amiotte Suchet (1992) qui ont réalisé des travaux au Maghreb, ces auteurs estiment que la dégradation spécifique est de 397 t /km<sup>2</sup>/an. Pour le bassin versant de la Tafna (Nord d'Algérie), Sogreah (1967) a estimé la dégradation spécifique à 150 t / km<sup>2</sup>/ an. El Mahi Aicha (2012) a aussi étudié le transport solide en suspension dans le bassin versant de l'Oued El Hammam et elle a estimé la dégradation spécifique à 256 t / km<sup>2</sup>/ an.

#### V.2.1. Quantification du transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mekerra :

##### V.2.1.1. Les Apports annuels :

Le tableau (V.1) présente les apports liquides (*Al*) et solides (*As*) au niveau des trois stations du bassin de l'Oued Mekerra aux différentes périodes de mesure, le calcul se fait à l'aide des relations II.15 et II.16.

On constate qu'il y'avait un dépôt au niveau du sous bassin versant de Sidi Ali Benyoub (0,07 Mt) (figure V.1). Cela peut être expliqué par la diminution de la pente à l'aval de cette station, où se trouve la plaine de Sidi Bel Abbas, ce qui diminue la vitesse de l'écoulement et par conséquent le transport des matières en suspension.

**Tableau V.1 : Valeurs des apports liquides et solides au niveau des stations de Sidi Bel Abbès et Sidi Ali Benyoub**

Années	S.B.A (ville)		Sidi Ali Ben Youb		Hacaiba	
	Al(Hm <sup>3</sup> )	As(Mt)	Al(Hm <sup>3</sup> )	As(Mt)	Al(Hm <sup>3</sup> )	As(Mt)
1981-1982	-	-	-	-	0.18	0.00015
1982-1983	-	-	-	-	0.81	0.00197
1983-1984	-	-	-	-	0.02	0.000002
1984-1985	-	-	-	-	0.747	0.004
1985-1986	-	-	-	-	11.33	0.08
1986-1987	-	-	-	-	0.84	0.0097
1987-1988	-	-	-	-	1.09	0.035
1988-1989	-	-	3.11	0.16	0.030	0.00021
1989-1990	2.99	0.058	21.59	0.31	12.6	0.007
1990-1991	21.10	0.196	15.11	0.32	0.9	0.0001
1991-1992	51.02	0.190	30.95	0.30	0.012	0.000025
1992-1993	4.01	0.033	3.21	0.02	0.34	0.001
1993-1994	2.71	0.014	1.69	0.01	-	-
1994-1995	-	-	13.06	0.17	-	-
1995-1996	2.91	0.028	4.51	0.04	-	-
1996-1997	5.89	0.158	28.02	0.28	-	-
1997-1998	12.48	0.192	17.03	0.29	-	-
1998-1999	12.39	0.08	2.69	0.02	1	0.004
1999-2000	17.08	0.374	7.06	0.18	2.94	0.037
2000-2001	29.15	0.715	18.59	0.74	7.68	0.14
2001-2002	-	-	-	-	9.6	0.12
<b>Moyenne</b>	14.73	0.186	12.84	0.22	3.13	0.027

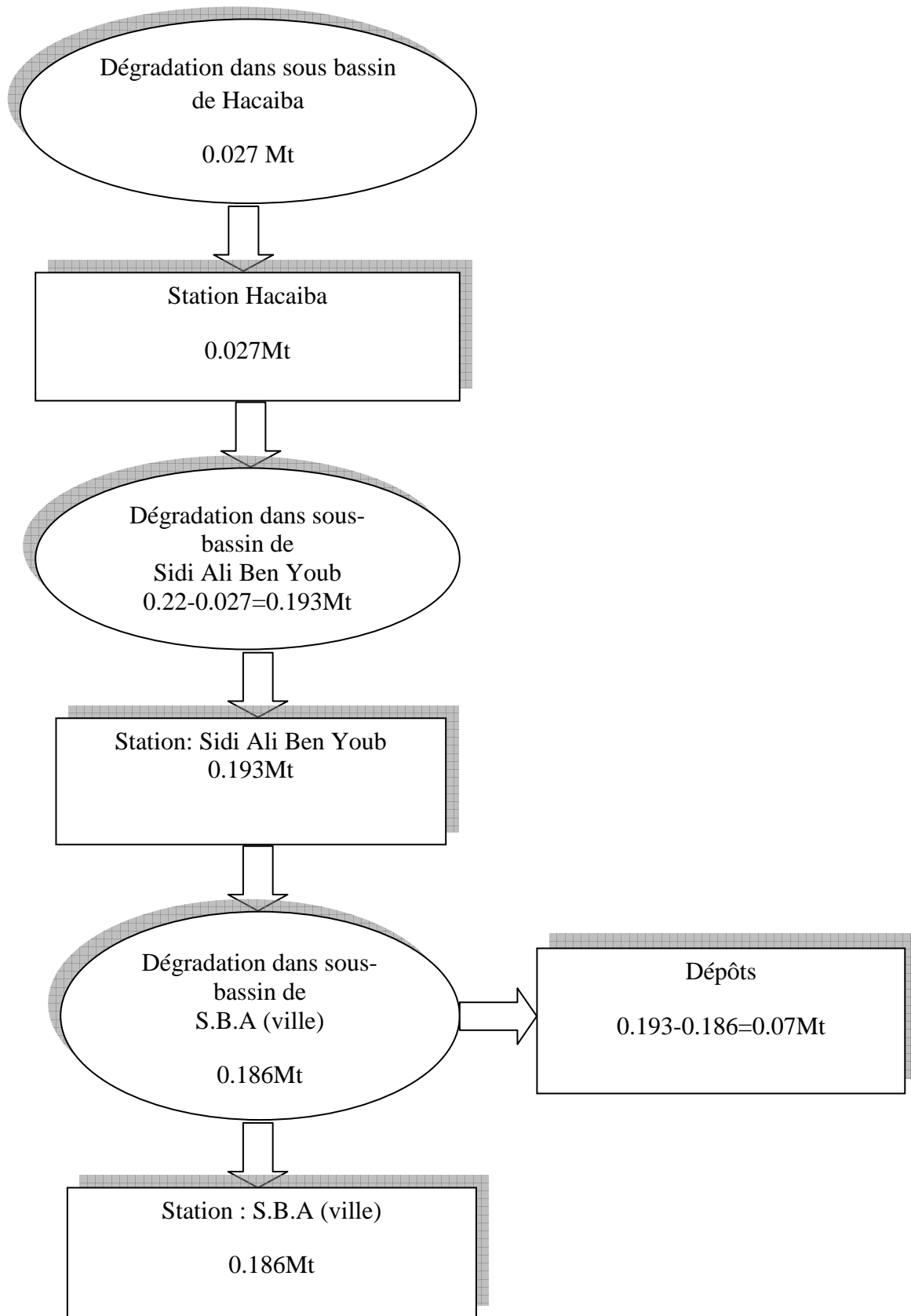


Figure V.3: Apports solides dans le bassin versant de l'Oued Mekerra

## Chapitre V: Dynamique sédimentaire du bassin versant

La dégradation spécifique moyenne dans le bassin versant de l'Oued Mekerra (223,5 t/Km<sup>2</sup>/an) est inférieure à celles calculées pour le bassin versant de l'Oued El Hammam (256 t/Km<sup>2</sup>/an) et Tafna (236 t/Km<sup>2</sup>/an) (tableau V.3). Ces trois bassins versants sont proches les uns aux autres, d'où le bassin versant de l'Oued Mekerra est situées entre les bassins de Oued El Hammam et Tafna. Pour cela, on n'observe pas une grande différence entre les valeurs de la dégradation spécifique moyenne.

**Tableau V.2 : Apports solides spécifiques au niveau de trois stations de l'Oued Mekerra**

Stations	As (Mt)	Surfaces drainée (Km <sup>2</sup> )	Ass (t/Km <sup>2</sup> /an)	Apport solide spécifique moyen
S.B.A	0.186	1812.27	102.63	223.47(t/Km <sup>2</sup> /an)
Sidi Ali Ben Youb	0.22	930.04	236.54	
Hacaiba	0.027	81.51	331.24	

**Tableau V.3: Dégradation spécifique dans quelques bassins en Algérie**

Bassins	Ass (t/Km <sup>2</sup> /an)	Références
<b>Oued Isser</b>	364	(Bounani et al., 1999)
<b>Oued Sikkak</b>	180	
<b>Oued Haddad</b>	212	(Achite, 2005)
<b>Oued Taht</b>	191	
<b>Oued Mouilah</b>	165	(Ghenin et al, 2007)
<b>Oued El Hammam</b>	256	(El Mahi. A, 2013)

### V.2.1.2. Variation annuelle des apports solides :

Pour la station de Sidi Bel Abbas (Tableau V.1), on observe deux années à savoir : (1991/1992 et 2000/2001) où les apports solides sont plus importants qu'à la station de Sidi Ali Benyoub. On remarque, pour les deux stations, une grande fluctuation des apports solides d'une année à l'autre avec une certaine similitude entre la variation des apports liquides et des apports solides (figure V.4).

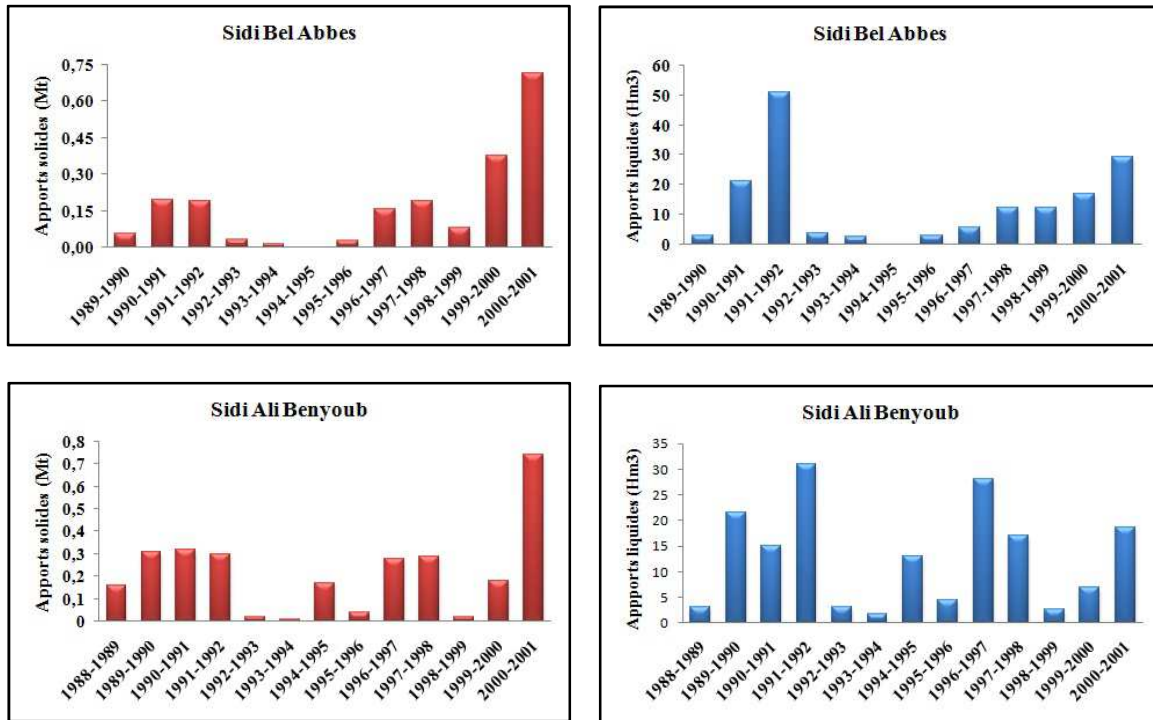


Figure V.4: Apports solides et liquide annuels de l'Oued Mekerra

V.2.1.2 Variation mensuelle des apports solides :

Le flux mensuel des matières solides en suspension transporté par l'oued Mekerra est calculé de la même manière que le flux annuel, pour chaque mois considéré de l'année (tableau V.4).

Les apports solides mensuels les plus importants sont observés au mois de septembre et octobre (figure V.5), c'est la période des labours où le sol n'est pas couvert. Ce sont les pluies torrentielles de l'automne qui sont responsables au transport des sédiments arrachés.

Tableau V.4: Apports solides moyens mensuels de l'Oued Mekerra

Mois	As(t) Sidi Bel Abess	As(t) Sidi Ali Ben Youb
Septembre	28315	40091
Octobre	73112	103517
Novembre	8312	11769
Décembre	70.86	71.79
Janvier	1225	1241
Février	565	572
Mars	4524	27507
Avril	3609	21942
Mai	1167	14194
Juin	9564	7097
Juillet	21438	15909
Aout	34098	25304

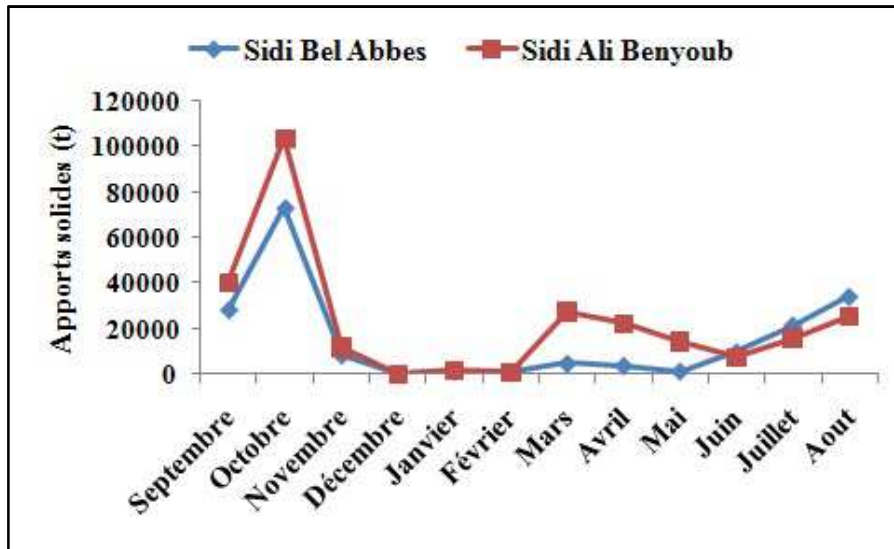


Figure V.5 : Apports solides moyens mensuels de l'Oued Mekerra

V.2.1.3 Variation saisonnière des apports solides :

On peut distinguer, pour notre bassin, deux saisons actives. C'est durant l'automne et l'été que le transport solide est important (Figure V.6). Après une longue saison sèche caractérisée par de fortes températures (été), les pluies torrentielles provoquent la destruction des agrégats du sol. Le ruissellement déclenché par ces pluies assure le transport en grand pourcentage des particules arrachées.

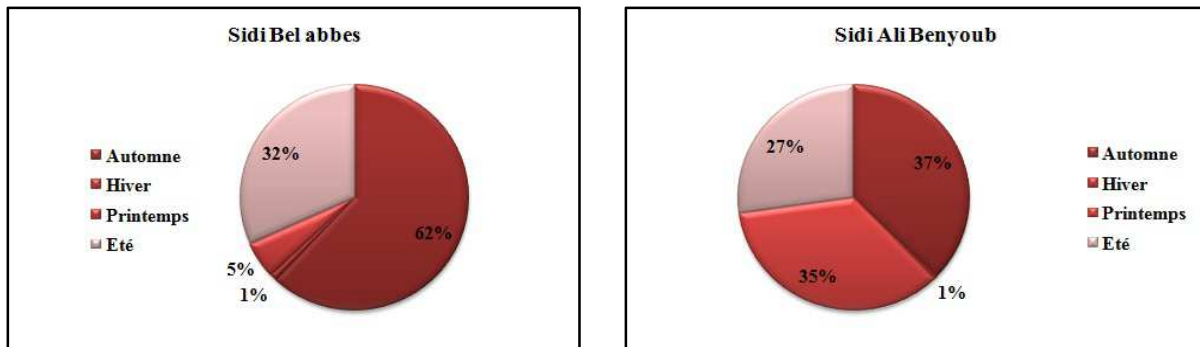


Figure V.6: Répartition saisonnière des apports solides à l'Oued Mekerra

On peut dire que la station de Sidi Ali Benyoub apparaît être le principal foyer, fournissant la grande partie des matériaux transportés par l'oued. Ceci tient surtout aux fortes pentes des versants et à l'état du couvert végétal très faible dans cette partie du bassin versant de la Mekerra.



**V.2.2. Quantification du transport solide dans le bassin versant de l'Oued El Hammam :**

**V.2.2.1. Les Apports annuels :**

Le tableau (V.5) présente les apports liquides (*Al*) et solides (*As*) au niveau de deux stations du bassin de l'Oued EL Hammam aux différentes périodes de mesure.

**Tableau V.5 : Valeurs des apports liquides et solides au niveau des stations de Trois Rivières et Hacine**

Années	Trois Rivières		Hacine	
	Al(Hm <sup>3</sup> )	As(Mt)	Al(Hm <sup>3</sup> )	As(Mt)
1993-1994	26,84	1,73	16,55	0,51
1994-1995	125,30	18,28	100,98	1,21
1995-1996	72,38	2,09	92,94	0,23
1996-1997	90,62	4,44	53,63	0,05
1997-1998	98,66	1,10	90,36	0,40
1998-1999	42,26	0,13	52,32	0,06
1999-2000	47,30	0,11	29,90	1,02
2000-2001	96,47	14,48	31,43	0,10
2001-2002	98,50	0,81	----	----
2002-2003	41,04	0,63	----	----
2003-2004	56,42	3,83	----	----
<b>Moyenne</b>	72,34	4,33	58,51	0,45

**V.2.2.2. Variation annuelle des apports solides :**

C'est au niveau de la station de Trois Rivières que les apports solides sont considérables. On signale que les apports solides les plus importants sont enregistrés durant les années 1994-1995, cela pour les deux stations de Trois rivières et Hacine. Il n'existe pas une similitude entre la variation des apports liquides et des apports solides.

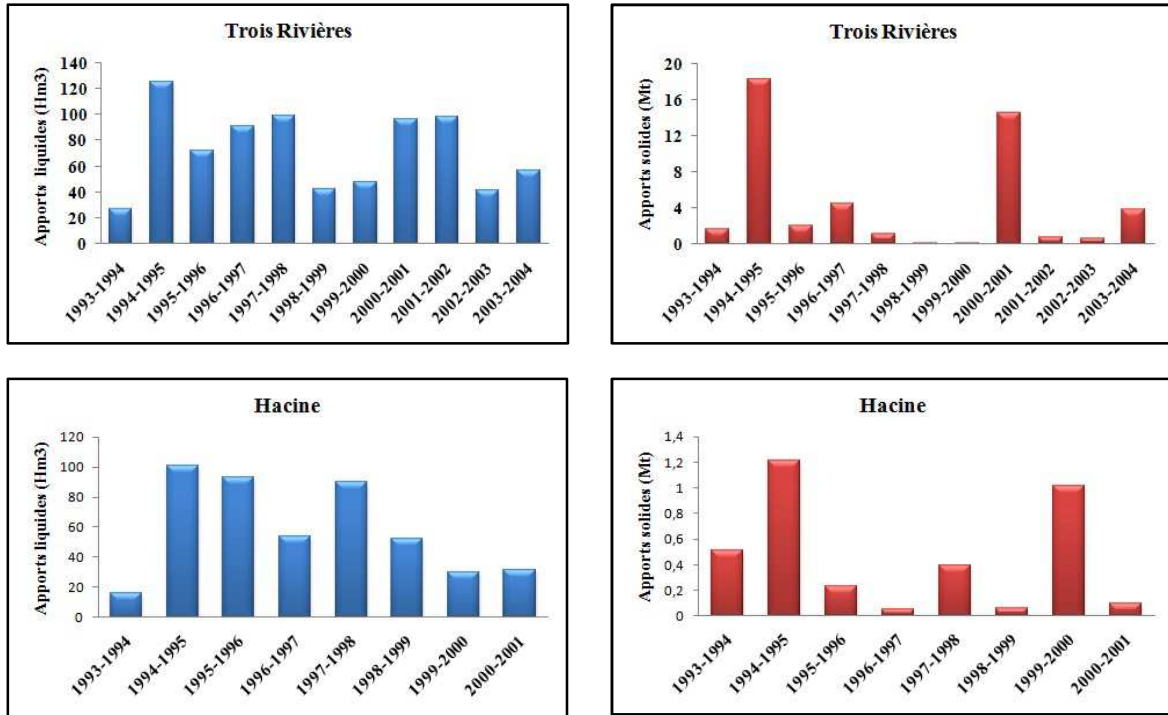


Figure V.7: Apports solides et liquide annuels de l'Oued El Hammam

V.2.2.3. Variation mensuelle des apports solides :

Les apports solides les plus importants sont observés au mois de Septembre et Octobre, mais en quantité ils sont supérieurs à ceux calculés pour le bassin versant de l'Oued Mekerra (tableau V.6 et figure V.8).

Tableau V.6: Apports solides moyens mensuels de l'Oued El Hammam

Mois	As(t) Trois Rivières	As(t) Hacine
Septembre	1094000	48300
Octobre	631000	72000
Novembre	256000	39900
Décembre	9000	27500
Janvier	16000	25700
Février	28000	18400
Mars	26000	46000
Avril	81000	30300
Mai	1167	14194
Juin	56000	34900
Juillet	35000	56000
Aout	360000	59600

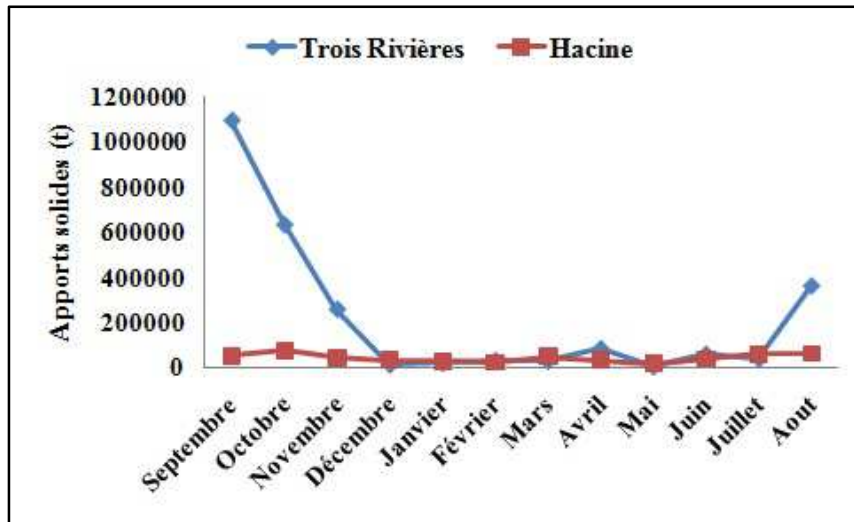


Figure V.8: Apports solides moyens mensuels de l'Oued El Hammam

V.2.2.4 Variation saisonnière des apports solides :

Le transport solide est effectué en Automne et en été. Pour la station de Trois rivières, le grand pourcentage des apports solides est enregistré en Automne (77 %). Pour la station de Hacine, les apports automnaux et estivaux sont presque égaux.

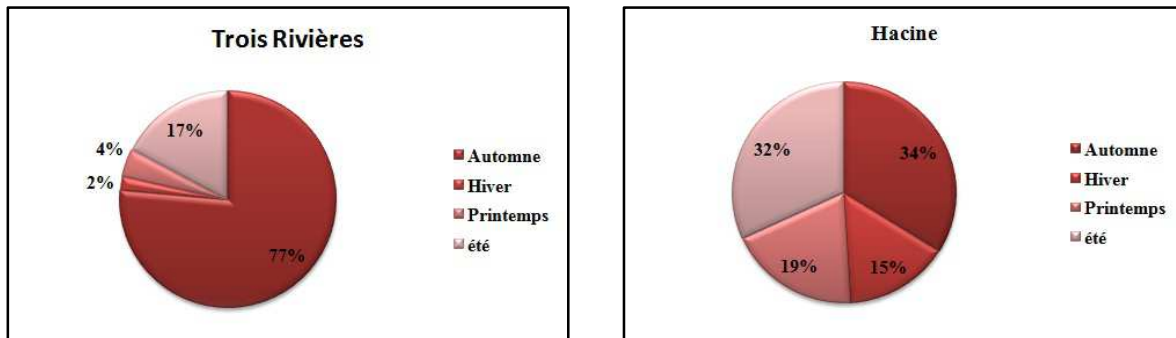


Figure V.9 : Répartition saisonnière des apports solides à l'Oued El Hammam

Il ressort qu'au niveau de l'Oued El Hammam, la station de Trois rivières est le principal foyer, fournissant la grande partie des matériaux transportés par l'oued. Cette station présente l'exutoire du bassin, c'est la jonction de plusieurs affluents qui emportent à leur tour des apports solides considérables.

V.3. Relation entre débit solide ( $Q_s$ ) et débit liquide ( $Q_l$ ) :

Dans cette section, nous avons utilisé des synthèses de travaux réalisés par El Mahi. A, 2012 pour le bassin versant de l'Oued el Hammam et Cherif E, et al, 2009 pour le bassin versant de l'Oued Mekerra.

Les flux de sédiments en suspension recueillis à l'exutoire d'un bassin versant sont étroitement liés aux débits liquides. Les modèles de relation liant ces deux paramètres reposent sur des concepts similaires faisant intervenir la loi de puissance  $Y=aX^b$ .

## Chapitre V: Dynamique sédimentaire du bassin versant

Plusieurs chercheurs ont essayé de déterminer l'exposant b. Des études faites dans les bassins versant maghrébins par : (Benkhaled et Remini, 2003), (Bouanani, 2004), (Achite et Meddi, 2005), (El Mahi, 2013), (Cherfif et al, 2009)...Ont trouvé que ce coefficient est compris entre 1 et 2.

Pour le bassin versant de l'Oued Mekerra, on se basant sur l'article rédigé par (Cherif et al, 2009), qui a fait une étude sur les valeurs instantanées des débits liquides et des débits solides pour la station de Sidi Ali Benyoub entre 1950 et 2001. Les corrélations ont été déterminées par saison (automne, hiver, printemps et été), cette corrélation est significative variant entre 0,88 et 0,92. Les valeurs de l'exposant b sont comprises entre 1 et 2 (Tableau V.7). Ce qui est conforme avec les résultats trouvés par les auteurs cités précédemment.

**Tableau V.7 : Résultats de régression par saison**

Période	Nombre de points	Coefficient b	Coefficient a	Coef. corrélation	Relation
<b>Annuel</b>	435	1.3098	5.7191	0.88	$Q_s = 5.7191Q_l^{1.3089}$
<b>Automne</b>	130	1.3487	4.8774	0.92	$Q_s = 4.8774Q_l^{1.3487}$
<b>Hiver</b>	93	1.3097	2.7581	0.90	$Q_s = 2.7581Q_l^{1.3097}$
<b>Printemps</b>	128	1.257	9.1856	0.91	$Q_s = 9.1856Q_l^{1.257}$
<b>Eté</b>	84	1.1779	12.793	0.91	$Q_s = 12.739Q_l^{1.1779}$

Pour le bassin versant de l'Oued El Hammam, La relation entre l'ensemble des débits solides  $Q_s$  et des débits liquides ( $Q_l$ ) s'écrit comme suit :  $Q_s = 5.12Q_l^{1.37}$  avec un coefficient de corrélation  $R = 0,78$ .

#### V.4. Etude granulométrique de quelques tronçons du bassin versant de la Macta :

Nous avons choisis deux tronçons de cours d'eau. Le tronçon (T1) est situé juste à proximité de la ville de Sidi Bel Abbes (direction Nord-Est). Le deuxième tronçon (T2) est très proche de la station de Trois rivières (direction Nord-Ouest). La localisation de ces deux tronçons est indiquée dans les figures (V.10 et V.11).

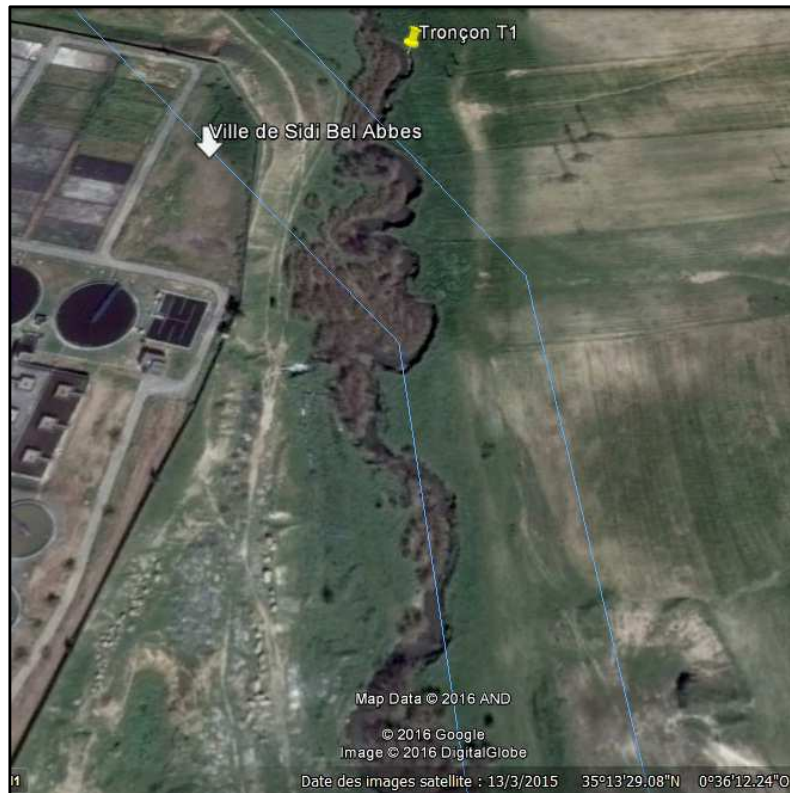


Figure V.10 : Localisation du tronçon T1

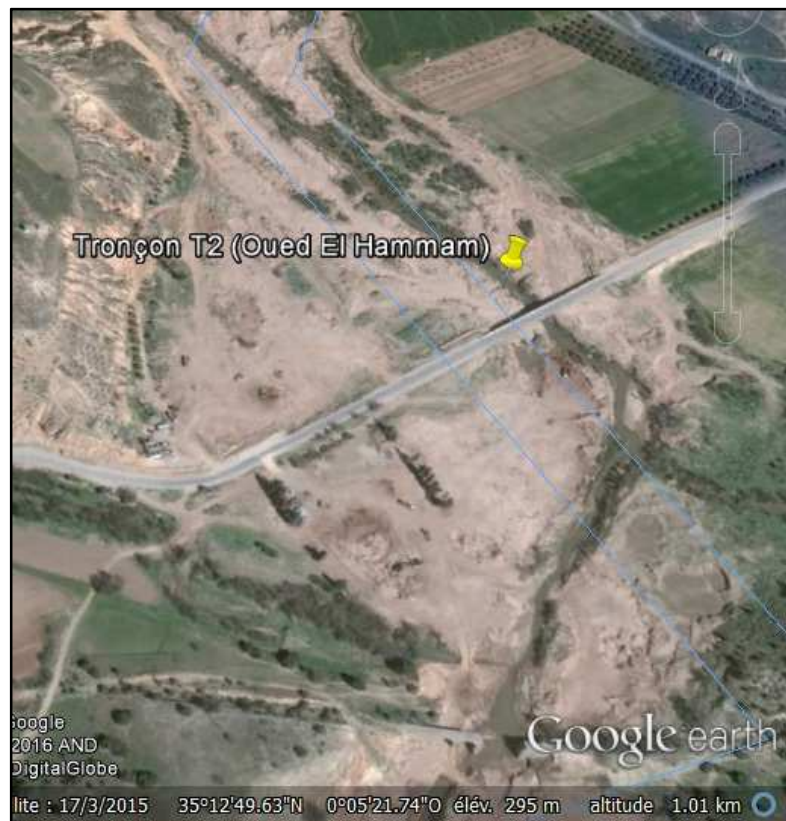


Figure V.11 : Localisation du tronçon T2

## Chapitre V: Dynamique sédimentaire du bassin versant

On a prélevé des échantillons du sol à partir des berges gauche et droite et du lit, cela pour les deux tronçons de cours d'eau : T1 et T2. Le but est de déterminer la nature des granulats constituant les berges et les lits des différents tronçons choisis.

Le tableau (V.8) présente le pourcentage du sable, argile et limon dans les deux berges ainsi que dans le lit du tronçon T1.

On observe une grande quantité de limon au niveau des trois sections de l'oued (entre 73,89 et 81,69 %) et un pourcentage assez grand de sable variant entre 15,25 et 23,72 %. Avec des faibles proportions d'argile variant entre 2,37 et 4 %. On note que le pourcentage de sable au niveau du lit (23,72 %) est plus grand par rapport à celui calculé au niveau des berges.

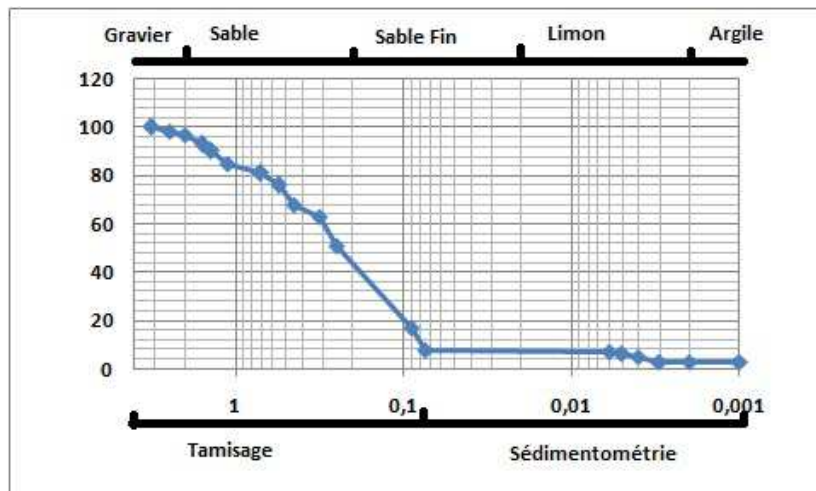
**Tableau V.8 : Pourcentage de sable, argile et limon du tronçon T1**

	T1		
	Sable	Limon	Argile
<b>Berge droite</b>	15,25%	80,67 %	4,06 %
<b>Berge gauche</b>	15,25%	81,69%	3,05%
<b>Lit</b>	23,72%	73,89%	2,37%

Les courbes granulométriques obtenues pour le tronçon T1 sont présentées dans les figures (V.12, V.13 et V.14).

Généralement, les deux courbes des berges sont identiques ce qui signifie que leur granulométrie est rapprochée. Alors que la courbe granulométrique du lit se change légèrement, notamment dans la partie des éléments grossiers.

La gamme des particules fines est plus large que celle des particules grossières, alors le transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mekerra se fait, en majorité, en suspension.



**Figure V.12 : Courbe granulométrique (lit)**

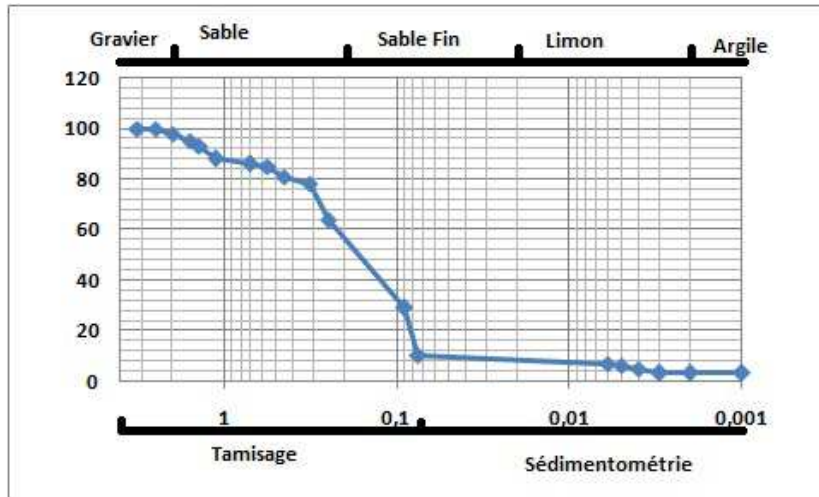


Figure V.13 : Courbe granulométrique (berge droite)

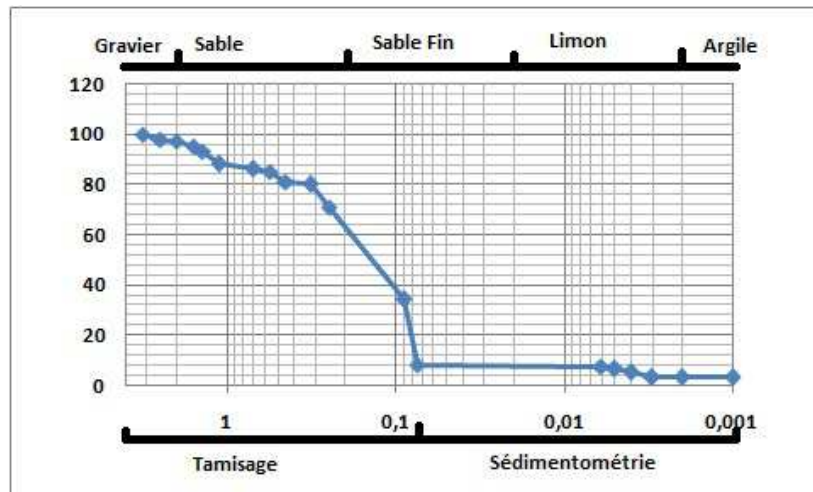


Figure V.14 : Courbe granulométrique (berge gauche)

Le triangle de texture du sol indique que la nature des berges et du lit du tronçon T1 est limoneux demi fin (Figure V.15).

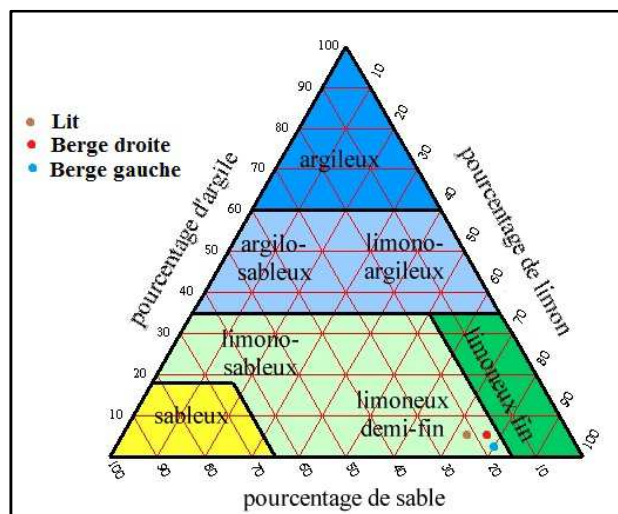


Figure V.15 : Triangle de texture du sol (Tronçon T1)

Le tableau (V.9) présente le pourcentage du sable, argile et limon dans les deux berges ainsi que dans le lit du tronçon T2.

**Tableau V.9 : Pourcentage de sable, argile et limon du tronçon T2**

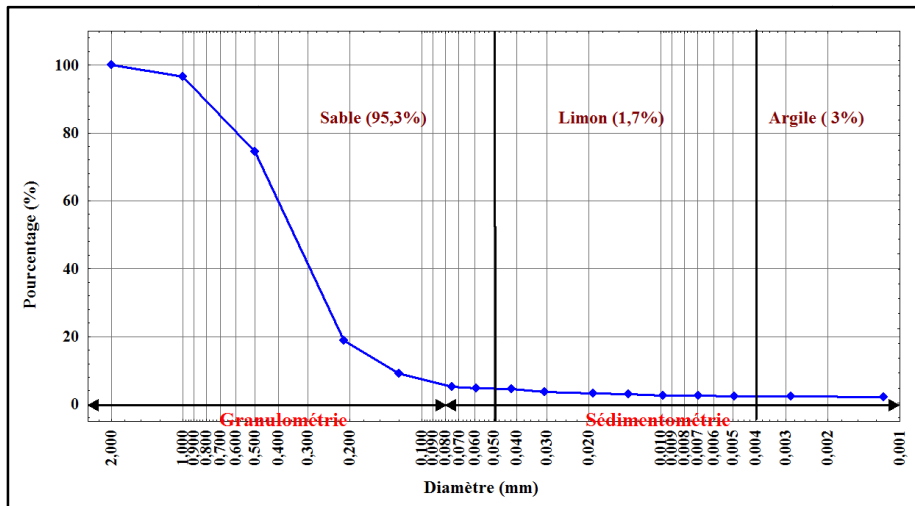
	T2		
	Sable	Limon	Argile
<b>Berge droite</b>	94,5%	2 %	3,5 %
<b>Berge gauche</b>	89,6%	4,4%	6%
<b>Lit</b>	95,3%	1,3%	3%

On observe une grande quantité de sable au niveau des trois sections de l’oued (entre 89,6 et 95,3 %), avec des faibles proportions d’argile (entre 3 et 6 %) et de limon (entre 1,3 et 4,4 %) On note que le pourcentage du sable au niveau du lit (95,3 %) est plus grand par rapport à celui calculé au niveau des berges.

Les courbes granulométriques obtenues pour le tronçon T2 sont présentées dans les figures (V.16 V.17 et V.18).

Les deux courbes des berges sont également identiques, ce qui signifie que leur granulométrie est rapprochée. Alors que la courbe granulométrique du lit se change légèrement, notamment dans la partie des éléments grossiers.

La gamme des particules fines est plus large que celle des particules grossières, alors le transport solide dans le bassin versant de l’Oued El Hammam se fait, en majorité, en suspension.



**Figure V.16 : Courbe granulométrique (lit)**



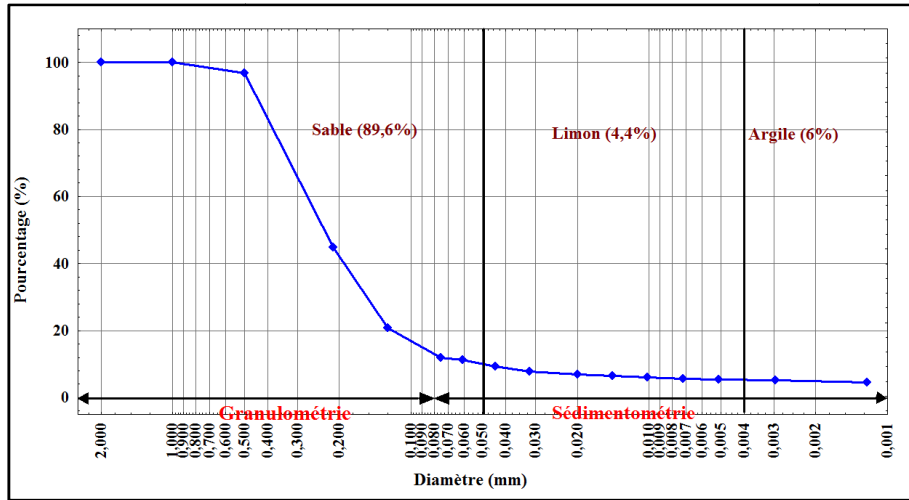


Figure V.17 : Courbe granulométrique (berge droite)

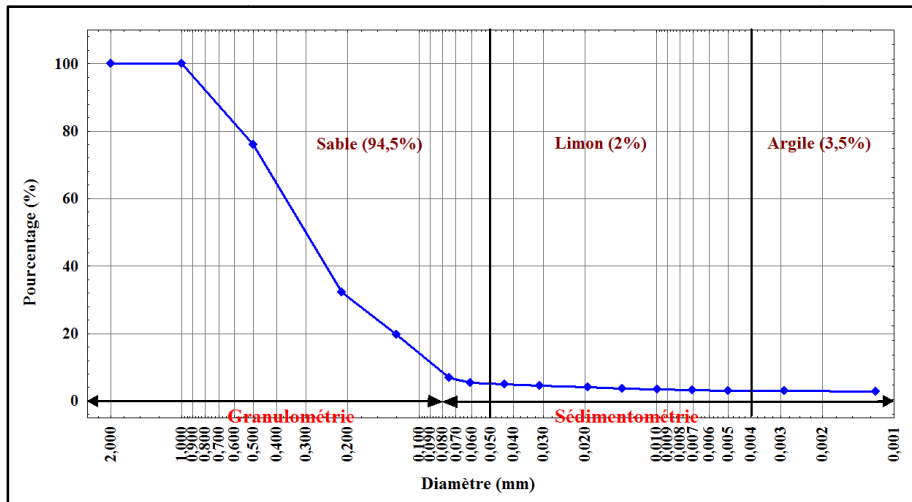


Figure V.18 : Courbe granulométrique (berge gauche)

Le triangle de texture du sol indique que la nature des berges et du lit du tronçon T2 est sableuse (Figure V.19). D'après (El Mahi. A, 2012), Ainsi, ces matériaux véhiculés en suspension par l'oued El Hammam et ses affluents, proviennent en forte proportion des zones d'apports constituées par des formations notamment argilo-marneuses sur les monts de Beni-Chougrane, et par des formations argileuses, gréseuses et sable fin sur les monts de Saida et de Dhaya.

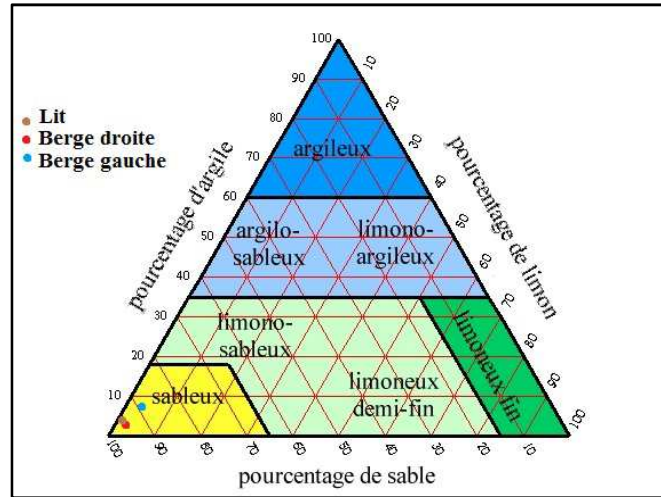


Figure V.19: Triangle de texture du sol (Tronçon T2)

### V.5. Conclusion :

L'étude de la dynamique sédimentaire du bassin versant de la Macta a été une étape très importante pour la compréhension du fonctionnement global du système hydrographique.

Les caractéristiques hydroclimatiques, lithologiques et d'occupation du sol, expliquent l'évolution morpho-sédimentaire dans la Macta.

L'étude quantitative du transport solide, nous a permis de conclure que les apports solides moyens annuels les plus importants sont observés au niveau des stations de Sidi Ali Benyoub et Trois Rivières, ce sont les principaux foyers, fournissant la grande partie des matériaux transportés par les oueds principaux. Les pluies torrentielles de l'automne (Septembre et octobre) ont une influence directe sur l'amplification du transport solide, puisqu'elles interviennent dans la formation des crues.

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que la nature des berges et du lit du tronçon de l'Oued Mekerra est limoneuse, ils sont de nature sableuse pour le tronçon de l'Oued El Hammam. Cela nous permet de prendre une idée sur la cohésion des berges ainsi que des lits, ce qui va nous aider à donner des explications en ce qui concerne la morphologie de ces tronçons de cours d'eau.

## **Chapitre VI**

### **Etude morphologique de quelques cours d'eau de la Macta**

D'après les concepts, cités dans le premier chapitre de ce travail, on peut voir que les variables de réponse jouent à l'échelle du tronçon. Pour cela, nous consacrons cette section pour déterminer les paramètres morphologiques de quelques tronçons de cours d'eau choisis dans l'ensemble du bassin versant de la Macta. Le but est de décrire le comportement de chaque tronçon en fonction de ses caractéristiques morphologiques.

### VI.1. Description topographique des tronçons choisis :

Signalons que la direction de l'écoulement dans le bassin versant de la Macta est du Sud vers le Nord d'Algérie. Le symbole ( $L_i$ ) mentionné dans les figures ci-dessous, désigne les sections choisies pour mesurer la largeur à pleins bords.

#### VI.1.1. Tronçon « Sidi Bel Abbes » :

Ce tronçon est situé entre la commune de Sidi Brahim et la ville de Sidi Bel Abbes. Il est limité, à sa rive gauche, par la ville de Sidi Bel Abbes. A sa rive droite, par des terres agricoles (des vergers et de la céréaliculture). Il est de 1.73 km de longueur, situé entre 441 et 448 m d'altitude. Il ne reçoit aucun affluent.

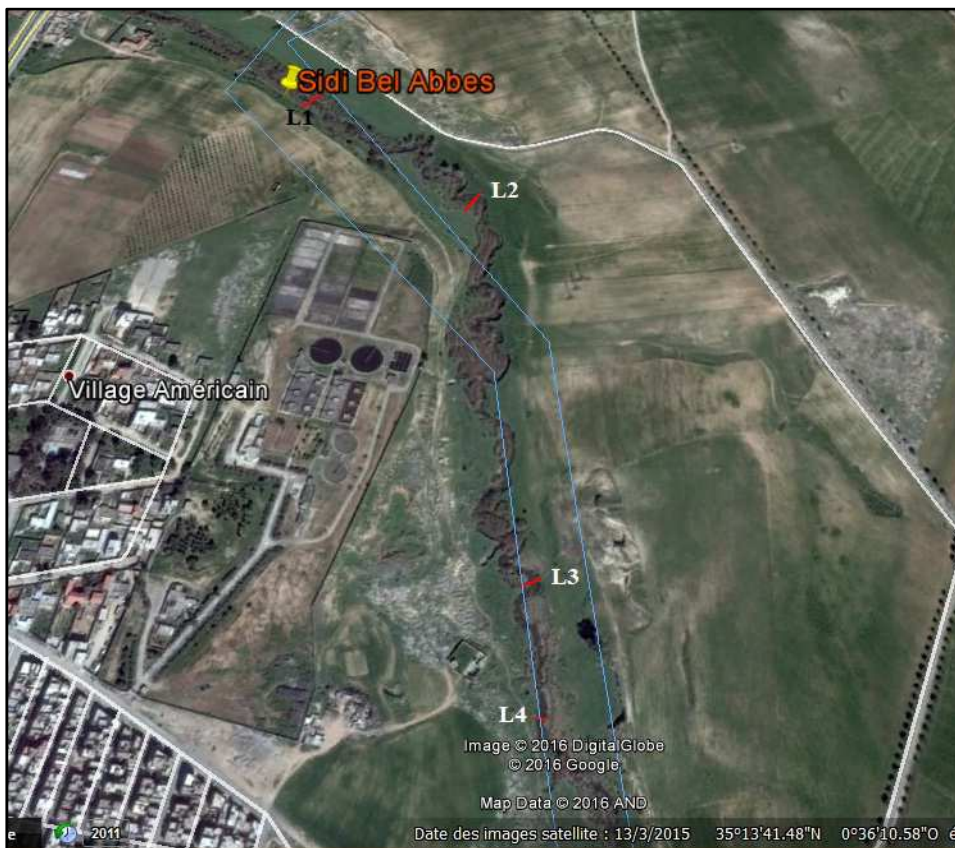


Figure VI.1 : Tronçon « Sidi Bel Abbes »

### VI.1.2. Tronçon « Lamtar » :

Ce tronçon se trouve à l'aval de la commune de Lamtar et à l'amont de la commune de Sidi Khaled, c'est un affluent situé en direction Nord-Ouest du bassin versant de l'Oued Mekerra. Il est limité, à ses deux rives, par des terres agricoles et deux routes qui joignent d'autres communes (à gauche la route nationale N7). Il est de 1.48 km de longueur, situé entre 534 et 543 m d'altitude.



Figure VI.2 : Tronçon « Lamtar »

### VI.1.3. Tronçon « Sidi Ali Benyoub » :

Ce tronçon se trouve juste à proximité de Sidi Ali Benyoub (coté amont). Il est limité, à ses deux rives, par des terres agricoles et deux routes qui joignent d'autres communes, à gauche on trouve la route nationale N95. Il est de 1.2 km de longueur, situé entre 684 et 694 m d'altitude.



Figure VI.3 : Tronçon « Sidi Ali Benyoub »

### VI.1.4. Tronçon « Hacaiba » :

Le tronçon « Hacaiba » se situe en amont d'El Hacaiba, à environ 1,7 km. Il reçoit beaucoup d'affluents qui se rejoignent pour former le cours d'eau principal. Il est situé dans des altitudes comprises entre 934 et 954 m. A proximité de ses deux rives, on trouve un couvert végétal très dense (cultures céréalières) et des montagnes de haute altitude (monts de Tlemcen et Saida).



Figure VI.4 : Tronçon « Hacaiba »

### VI.1.5. Tronçon « Trois Rivières » :

Ce tronçon est situé juste en amont de la station hydrométrique de Trois rivières, entre 300 et 344 m d'altitude. Il est de 9,58 Km de longueur. Au niveau de ses deux rives, on trouve un couvert végétal très dense (des arbres et des cultures). Il est limité à sa rive gauche par la route nationale N7 allant vers Ain Fekan.



**Figure VI.5 : Tronçon « Trois Rivières »**

### VI.1.6. Tronçon « Laabana » :

Ce tronçon appartient à Oued Sefioum qui est un grand affluent de l'Oued El Hammam. Le Tronçon « Laabana » est de 1.47 km de longueur, situé entre 305 et 316 m d'altitude. Il est traversé par une route secondaire qui rejoint la route nationale N7. Aux deux extrémités de ce tronçon, on trouve des terres agricoles.



**Figure VI.6 : Tronçon « Laabana »**

### VI.1.7. Tronçon « Oued Taria » :

Oued Taria traverse la commune de Taria, le tronçon choisi se trouve juste à côté du village (partie aval). Il est en parallèle avec la route nationale N6, limité par Taria à sa rive gauche et par des terres agricoles à sa rive droite. Il est de 711 m de longueur et situé entre 477 et 485 m d'altitude.



Figure VI.7 : Tronçon « Oued Taria »

### VI.1.8. Tronçon « Saida » :

Ce tronçon se trouve en amont de la ville de Saida. Il est de 1,24 km de longueur, situé entre 897 et 922 m d'altitude. A sa rive gauche, on trouve la commune d'Ain el Hadjar et à sa rive droite les monts de Saida.



Figure VI.8 : Tronçon « Saida »



**VI.2. Calcul des paramètres morphologiques :**

**VI.2.1. Les débits de pleins bords:**

On a calculé les débits de pleins bords des stations de Lamtar, Hacaiba, Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbas situées dans le bassin versant de l'Oued Mekerra et des stations de Saida Pont, Laabana, Oued Taria et Trois Rivières situées dans le bassin versant de l'Oued el Hammam (Tableau VI.1).

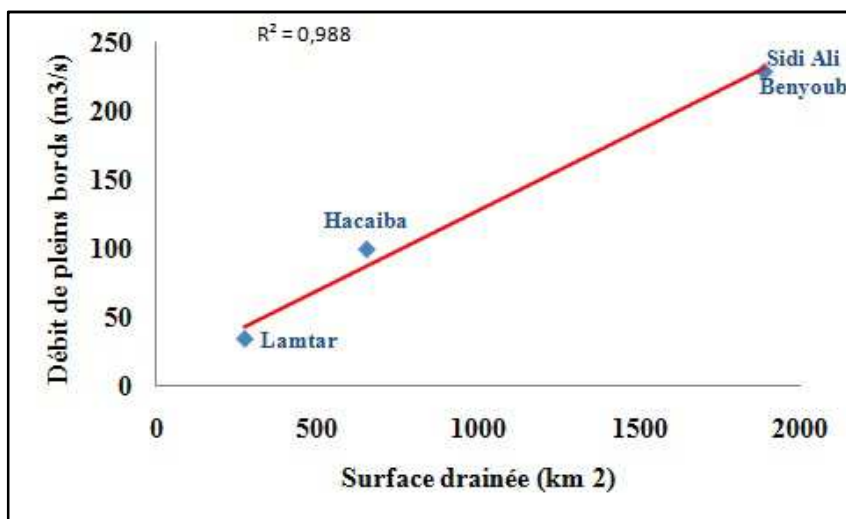
**Tableau VI.1 : Débits de pleins bords calculés pour l'Oued Mekerra et l'Oued El Hammam**

Station	Hacaiba	Sidi Ali Benyoub	Lamtar	Sidi Bel Abbas	Laabana	O.Taria	Trois Rivières	Saida
Débit de pleins bords (m <sup>3</sup> /s)	100	229	35	92	220	69	730	11

La surface drainée du bassin versant a une influence sur la variabilité des débits de pleins bords. Les études faites par (Dunne et Leopold, 1978), montrent qu'il existe une relation linéaire entre le débit de pleins bords et la surface drainée du bassin versant.

On observe une forte régression entre le débit de plein bord et la surface drainée pour les stations de Lamtar, Hacaiba et Sidi Ali Benyoub avec un coefficient de corrélation :

$R^2 = 0,988$ , mais une fois qu'on ajoute la station de Sidi Bel Abbas la régression devient très faible ( $R^2 = 0,156$ ). Cela peut être expliqué par la diminution de la pente du bassin versant de l'Oued Mekerra à l'aval de la station de Sidi Ali Benyoub, qui possède une plaine (plaine de Sidi Bel Abbas).



**Figure VI.9: Relation entre le débit de pleins bords et la surface drainée pour le bassin versant de l'Oued Mekerra. (Sans la station de Sidi Bel Abbas)**

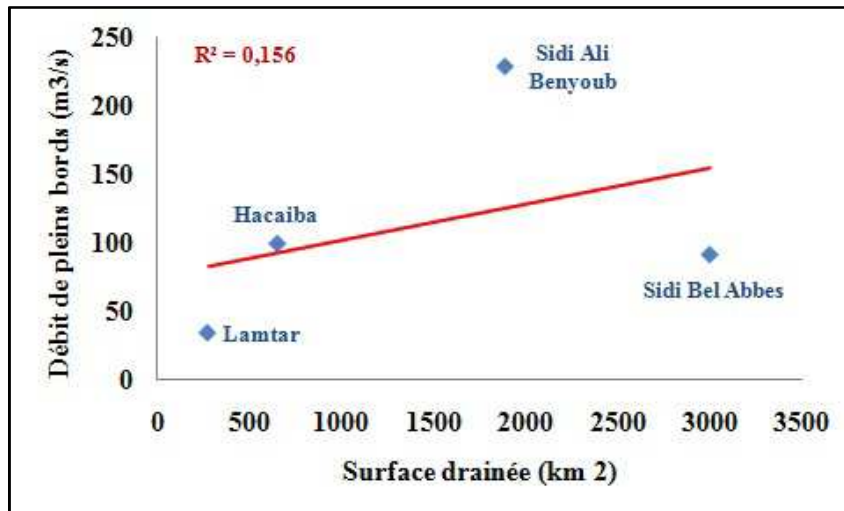


Figure VI.10 : Relation entre le débit de pleins bords et la surface drainée pour le bassin versant de l'Oued Mekerra. (On ajoutant la station de Sidi Bel Abbes)

Pour le bassin versant de l'Oued El Hammam, on observe également une forte régression entre le débit de pleins bords et la surface drainée avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,982$ .

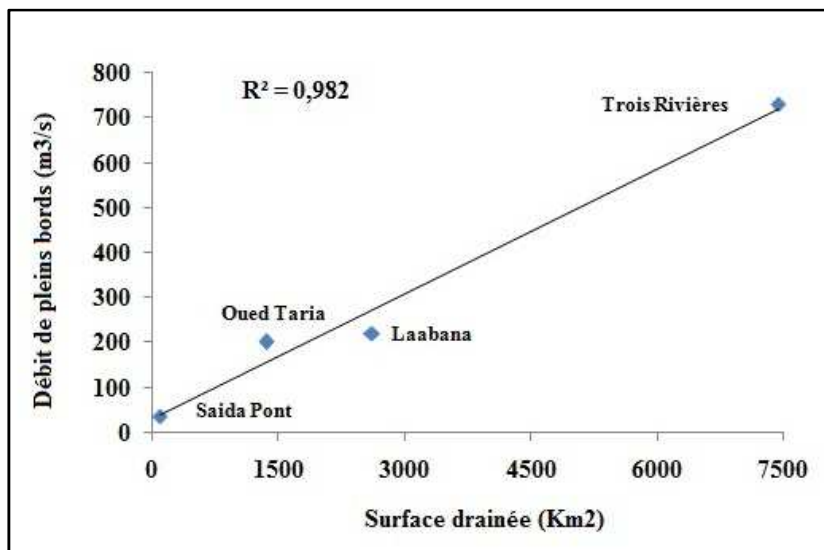


Figure VI.11 : Relation entre le débit de pleins bords et la surface drainée pour le bassin versant de l'Oued El Hammam.

### VI.2.2. Puissances des cours d'eau :

On se basant sur les observations faites par Brooke (1990) sur la caractérisation des cours d'eau selon leur puissance spécifique (Tableau I.1), on peut tirer ce qui suit :

Le tronçon « Lamtar » a une puissance spécifique inférieure à  $8 \text{ w/m}^2$ , ce qui signifie que c'est un cours d'eau peu dynamique. Si les apports solides sont importants au niveau de

## Chapitre VI: Etude morphologique de quelques cours d'eau de la Macta

ce tronçon, automatiquement on aura un dépôt considérable quelque soit la nature des sédiments transportés. Par conséquent, on aura une modification de la morphologie du cours d'eau, changement de largeur du lit mineur, par exemple (Figure VI.2).

Les autres tronçons de l'Oued Mekerra à savoir : Sidi Bel Abbes, Hacaiba et Sidi Ali Benyoub, ont des valeurs de puissance spécifique comprises entre 8 et 35  $w/m^2$ . Ces cours d'eau sont stables. Mais selon la nature de leurs berges, ils peuvent présenter une activité géodynamique relativement importante.

Pour les tronçons de l'Oued El Hammam, ceux de Saida et Oued Taria ont une puissance spécifique comprise entre 8 et 35  $w/m^2$ . Ces cours d'eau sont également stables. Par contre, les tronçons Trois rivières et Laabana ont une puissance spécifique comprise entre 35 et 100  $w/m^2$ . Ces cours d'eau peuvent se méandrer rapidement (Figure VI.5), et c'est le cas pour les Trois affluents (l'Oued Hounet, l'Oued Melrir et l'Oued Sahouat). Leur forme tend à être méandriforme avant de se joindre pour former le cours d'eau principal « Oued El Hammam » (Figure VI.12).



Figure VI.12 : Forme des affluents de l'Oued El Hammam

Le tableau VI.2 montre les valeurs de la puissance spécifique de chaque tronçon de cours d'eau.

**Tableau VI.2. Puissances spécifiques des tronçons choisis**

Tronçon	Puissance spécifique ( $w/m^2$ )
Hacaiba	11
Sidi Ali Benyoub	19
Lamtar	04
Sidi Bel Abbes	08
Trois Rivières	86
Oued Taria	30
Laabana	69
Saida	11

### VI.2.3. Sinuosité :

L'indice de sinuosité oscille entre 1,06 et 1,40 (tableau VI.2), ce qui signifie que nos tronçons sont soit sinueux, soit très sinueux (D'après le tableau I.3).

Les cours d'eau qui présentent des faibles sinuosités sont ceux de Hacaiba, Sidi Ali Benyoub et Oued Taria. Ceux qui présentent une sinuosité modérée sont : Lamtar, Laabana et Saida. Ainsi on observe des cours d'eau très sinueux comme Sidi Bel Abbes et Trois Rivières.

On note qu'il y a une analogie entre nos résultats de calcul et les observations sur terrain (Voir figures VI.1, VI.2, VI.3, VI.4, VI.5, VI.6, VI.7 et VI.8).

**Tableau VI.3. Sinuosité des tronçons choisis**

Tronçon	Indice de Sinuosité
Hacaiba	1,08
Sidi Ali Benyoub	1,07
Lamtar	1,12
Sidi Bel Abbes	1,25
Trois Rivières	1,40
Oued Taria	1,06
Laabana	1,12
Saida	1,17

### VI.2.4. Rapport largeur profondeur :

Nous nous disposons que de profondeurs moyennes des tronçons de Sidi Bel Abbes et Trois rivières. Le rapport largeur profondeur du tronçon «Sidi Bel Abbes » est de 18,1, celui du tronçon « Trois rivières » est de 22,3.

D'un point de vue hydromorphologique, le tronçon « Trois Rivières » est beaucoup plus actif. Les apports solides et les processus érosifs latéraux au niveau de ce tronçon sont importants. Ces berges sont moins cohésives. Comme nous avons vu dans le cinquième chapitre, les berges sont de nature sableuse.

D'un point de vue géométrique, la largeur moyenne de ce tronçon est de 33,4 m, c'est un tronçon large et il a tendance à être plus large puisque ces berges sont moins cohésives.

Le tronçon « Sidi Bel Abbes » est moins actif. Par conséquent, les apports solides et les processus érosifs latéraux au niveau de ce tronçon sont moins importants. Ces berges sont plus ou moins cohésives, elles sont de nature limoneuses (voir chapitre 5).

D'un point de vue géométrique, la largeur moyenne de ce tronçon est de 21,7 m, c'est un tronçon étroit. Comme nous l'avons signalé précédemment : ce tronçon est stable, et avec sa plus ou moins forte cohésion, il n'a pas tendance à évoluer rapidement.

### VI.2.5. Le rapport d'incision :

La définition du rapport d'incision donnée par l'auteur est « la largeur de la surface soumise aux crues divisée par la largeur du chenal à pleins bords » (ROSGEN, 1994). La largeur de la surface soumise aux crues est définie par l'auteur comme « la largeur mesurée pour une hauteur égale à deux fois la profondeur maximale à pleins bords » (ROSGEN, 1994).

L'incision du tronçon « Sidi Bel Abbes » est 0,11 et du tronçon « Trois Rivières » est 0,09.

### VI.3. Application de la classification de Rosgen :

Le processus de classification des cours d'eau selon Rosgen est le suivant :

- Le choix entre les entrées « cours d'eau à chenal unique » et « cours d'eau à chenaux multiples ».
- Définir le rapport d'incision.
- Le critère suivant est le rapport largeur/profondeur.
- Enfin, la détermination de la sinuosité est la dernière étape pour arriver à un des huit types de chenaux.

Si les données granulométriques et la pente du cours d'eau sont disponibles, on pourra arriver à un des 94 sous types (Voir Figure I.8).

Malheureusement nous ne disposons pas de ces paramètres pour tous les tronçons, nous sommes forcé à choisir que deux tronçons à savoir : le tronçon « Sidi Bel Abbes » et « Trois Rivières ».

Le tableau VI.4 récapitule les différents paramètres nécessaires pour aboutir à une classification des deux tronçons :

**Tableau VI.4 : application de la typologie de Rosgen**

<b>Tronçon</b>	<b>Rapport d'incision</b>	<b>Rapport L/p</b>	<b>Sinuosité</b>	<b>Granulométrie du lit</b>	<b>pen­te ( %)</b>	<b>Nombre de chenaux</b>
<b>Sidi Bel Abbes</b>	0,11	18,1	1,25	limoneuse	0,02	unique
<b>Trois Rivières</b>	0.09	22,3	1,40	sableuse	0,04	unique

D'après la classification de Rosgen cité dans le premier chapitre, nos deux tronçons se classifient comme suit :

F6 pour le tronçon « Sidi Bel Abbes » et F5 pour le tronçon « Trois Rivières ».

Les cours d'eau de classe F se caractérisent par un Chenal à méandres encaissés, avec seuils et mouilles, faible gradient et fort rapport largeur-profondeur. Ce sont des cours d'eau instables où le processus dominant est l'érosion des berges.

#### **VI.4. Conclusion :**

Les variables de contrôles (débit liquide et débit solide) sont à l'origine des ajustements morphologiques du cours d'eau. Pour le bassin versant de la Macta, le transport des matières en suspension est considérable, surtout pour le bassin versant de l'Oued EL Hammam (dégradation de 256 t/Km<sup>2</sup>/an).

L'étude de la puissance spécifique de plusieurs cours d'eau de la Macta a permis de prendre une idée sur leur aptitude de changer leur forme.

Nous nous étions intéressés par deux tronçons de cours d'eau à savoir : Sidi Bel Abbes et Trois Rivières, car ils se trouvent à l'exutoire des deux bassins versant de l'Oued Mekerra et l'Oued El Hammam respectivement. Il ressort que le tronçon «Trois Rivières » est plus actif que celui de « Sidi Bel Abbes », il présente de fortes sinuosités qui peuvent devenir des méandres vu le transport important des sédiments.

## Conclusion générale

---

Le bassin versant de la Macta regroupe deux sous bassins représentatifs celui de l'Oued Mekerra et l'Oued El Hammam. Ces deux sous bassins présentent un relief fort. La pente moyenne du sous bassin de l'Oued Mekerra (6,03 %) est supérieure à celle de Oued El Hammam (5,09 %). Ainsi que 40 % de la surface total du sous bassin de l'Oued Mekerra est située dans des altitudes comprises entre 1045 et 1706 m, alors que 50 % de la surface total du sous bassin de Oued El Hammam est située dans des altitudes comprises entre 788 et 1450 m.

L'examen des sources d'approvisionnement des wilayas de Mascara et de Sidi Bel Abbas révèle que le bassin versant de la Macta dispose de barrages, retenues colinéaires, forages, puits et sources. Ceci donne une importance appréciable à cette ressource sur le plan de la quantité ainsi que la disponibilité dans le temps.

D'autre part, l'analyse de la dotation moyenne réelle communale montre que la situation de l'AEP semble s'améliorer pour la wilaya de Mascara depuis les années 2000. La région de Sidi Bel Abbas signale un manque dans la dotation en eau potable pour le total des communes.

L'accent a été mis sur la description des données collectées, sur les dispositifs expérimentaux et sur les méthodes d'analyses statistiques des études hydropluviométriques et sédimentaires. Le choix de la période retenue pour l'analyse climatique (1967 – 2005) pour le bassin de l'Oued Mekerra et (1978 – 2005) pour le bassin de l'Oued El Hammam est guidé par le souci de pouvoir confronter les données pluviométriques à celles de l'hydrométrie. Les données hydrologiques utilisées ne présentent pas les mêmes périodes, ce qui implique des résultats incomparables.

L'analyse des conditions climatiques met en évidence une variation spatio-temporelle des précipitations qui se traduit par une diminution de la pluviométrie du Nord au Sud et ce sous l'influence des monts des Tessala qui se mettent en travers le vent humide venant du Nord, et par une irrégularité des précipitations dans le temps où on peut distinguer une période humide courte et de longues périodes sèches.

La tendance à la baisse de l'écoulement dans le bassin versant de l'Oued Mekerra et l'Oued el Hammam est influencée par la diminution des précipitations. Le coefficient d'écoulement traduit bien la relation pluie – débit, on observe une tendance à la diminution du coefficient d'écoulement. Ce qui suit parfaitement la tendance à la diminution des précipitations.

Les débits de crues ont été étudiés car ils ont une influence directe sur la morphologie des cours d'eau. Nous avons constaté que la plus part des débits instantanés maximaux ont été enregistré durant l'automne. La puissance des crues est plus forte dans le bassin versant de l'Oued El Hammam. Cela veut dire que les cours d'eau de ce dernier ont une grande aptitude de changer leur forme en comparaison avec ceux du bassin versant de l'Oued Mekerra.

L'étude quantitative du transport solide, nous a permet de conclure que les apports solides moyens annuels les plus importants sont observés au niveau des stations de Sidi Ali Benyoub et Trois Rivières, ce sont les principaux foyers, fournissant la grande partie des matériaux transportés par les oueds principaux. Les pluies torrentielles de l'automne (Septembre

## Conclusion générale

---

et octobre) ont une influence directe sur l'amplification du transport solide, puisqu'elles interviennent dans la formation des crues.

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que la nature des berges et du lit du tronçon de l'Oued Mekerra est limoneuse, ils sont de nature sableuse pour le tronçon de l'Oued El Hammam. Cela nous permet de prendre une idée sur la cohésion des berges ainsi que des lits, ce qui va nous aider à donner des explications en ce qui concerne la morphologie de ces tronçons de cours d'eau.

L'étude de la puissance spécifique de plusieurs cours d'eau de la Macta a permis de prendre une idée sur leur aptitude de changer leur forme. Il ressort que le tronçon «Trois Rivières» est plus actif que celui de «Sidi Bel Abbas», il présente de fortes sinuosités qui peuvent devenir des méandres vu le transport important des sédiments.

La classification des cours d'eau apporte une certaine contribution à l'aménagement du bassin versant de la Macta. Elle peut être utile aussi pour orienter les études géomorphologiques et d'impacts à l'occasion d'une possible intervention sur le réseau hydrographique (comme l'installation d'un barrage ou la réalisation d'un endiguement, par exemple).



**Agence Nationale des Barrages et Transferts., 2006.** Etude Géologique et Géotechnique – Wilaya de Mascara.

**Agence de bassin hydrographique Oranie - Chott Chergui., 2005.** Inventaire des ressources en sols et des infrastructures de mobilisation.

**Alleloui. A et al., 2015.** Mise en place d'un modèle qualitatif pour la cartographie des zones à risque d'érosion hydrique dans la chaîne atlasique: cas du bassin versant de la Tessaoute amont. (haut atlas central, maroc). *European Scientific Journal*. vol.11, No.29 ISSN: 1857 – 7881.

**Amoussou E., 2010.** Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne.

**Amoussou E., Camberlin P., Boko M. et Pérard J., 2009.** Impact de la variabilité climatique sur les apports liquides dans la basse vallée du Mono (Bénin, Afrique de l'ouest). In Actes colloque « *Extrêmes climatiques : genèse, modélisation et impacts* ». XXIIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), Cluj Napoca, Roumanie, numéro spécial, pp 35-40.

**Bekkoussa B., 2009.** Modélisation du transfert et de la propagation des nitrates dans les eaux souterraines de la plaine de Ghriss. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de Technologie d'Oran.

**Bolline A., 1975.** La mesure de l'intensité du splash sur sol limoneux. Mise au point d'une technique de terrain et premiers résultats. *Pédologie*, XXV, pp 199-205.

**Bouanani A., 2004.** Hydrologie, transport solide et modélisation : étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie).

**Bouanani A., Mania J., Bensalah M. et Baba Hamed K., 2004.** Suspended sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in Mediterranean wady: case of the oued sebdou (Tafna-Algeria). *International Conference on River/ Catchment Dynamics: Natural Processes and Human Impact*. Solona (Catalonia, Spain) 15-20 May.

**Bouasria S., Khalladi M et Khaldi A., 2010.** Ralentissement Dynamique des Inondations au niveau d'un bassin Versant de l'Ouest Algérien: cas de l'Oued Mekerra (Sidi Bel Abbès). *European Journal of Scientific Research*, Vol.43 No.2 (2010), pp.172-182.

**Brunet R., Ferras R.,Thery H., 1992.** Les mots de la géographie : Dictionnaire critique. Ed. RECLUS, Collection Dynamiques du Territoire, 470 p.

- Cherif E et Al., 2009.** Modélisation statistique du transport solide du bassin versant de l'Oued Mekerra (Algérie) en zone semi aride méditerranéenne. *Hydrological Sciences Journal*. 54:2, 338-348.
- Degoutte. G., 2001.** Hydraulique et dynamique fluviale. PP 79-104.
- D.H.W., 2004.** Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Mascara. Rapport sur le secteur de l'Hydraulique.
- D.H.W., 2008.** Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Mascara. Statistiques de l'Hydraulique.
- Demmak, A., 1982.** Contribution à l'étude de l'érosion et du transport solide en Algérie Septentrionale. Thèse de troisième cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.
- El Mahi A et Al., 2012.** Analyse du transport solide en suspension dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (Algérie du Nord). *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 57:8, 1642-1661.
- Etien S., Métivier F. et Paquier A., 2008.** Les fleuves. La recherche. N° 427, PP 77.
- Fournier, F. et Hénin, S., 1968.** Etude de la forme de la relation existant entre l'écoulement mensuel et le débit solide mensuel. ORSTOM, collection de référence, 3682, 201–207.
- Fredso e J., Deigaard R., 1994.** Mechanics of coastal sediment transport, volume 3 of Advanced Series on Ocean Engineering. *World Scientific Publication*.
- Fritsch J.M., 1995.** Occupation des sols et regimes hydrologiques : les enseignements des bassins-versants guyanais. *Annales de Géographie*. Vol. 104, n° 581, pp 26-63.
- Fichet B., 1987.** Data Analysis: geometric and algebraic structures, in: Y.A. Prohorov and V.V. Sazonov, eds., *Proceedings of the 1st World Congress of the Bernoulli Society, Tachkent, 1986*, V.N.U. Science Press, vol. 2, pp 123-132.
- Filippi C., Milville F. et Thierry D., 1990.** Evaluation de la recharge naturelle des aquifères en climat soudano-sahélien par modélisation hydrologique globale : Application à dix sites au Burkina-Faso. *Hydrological Sciences Journal*, n° 35 (1, 2), pp 29-48.
- Fisher A.T. et Zwart G., 1997.** Packer experiments along the décollement of the Barbados accretionary complex: measurements and in-situ permeability. In "Ogawa Y, Shipley T, Blum" P, Bahr J (eds) *Proceedings of ODP, Science Research, Ocean Drilling Program*, College Station, TX, pp 199-218.
- Fontaine B., 1986.** Pluviométrie soudano-sahélienne et circulation estivale sur l'Afrique occidentale et l'Afrique Nord, in « *Etudes de climatologie Tropicale* », Masson, paris, pp 63-78.
- Fontaine B., 1990.** Etude comparée des moussons indienne et ouest-africaine : caractéristiques, variabilité et téléconnexions. *Thèse d'Etat*. Centre de Recherches de Climatologie. Univ. de Bourgogne. Tome 1 & 2, 511 p.
- Fontaine B., 1990.** La dynamique de mousson pluvieuse en Afrique de l'Ouest. *Cahier du Centre de Recherches de Climatologie*, Dijon, n° 13, pp 33-62.
- Fontaine B. et Janicot S., 1993.** L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique de l'Ouest. *La Météorologie*, 8 (1), pp 28-53.

- Fort Ord OE Risk Assessment Protocol, 2002.** Universal Soil Loss Equation and Wind Erosion Equation Summary, 3 p.
- Fournier A., 1987.** Cycle saisonnier de la phytomasse et de la production herbacée dans les savanes soudaniennes de Nazinga (Burkina), *Bulletin Ecologie* N° 18 (4), pp 409-430.
- Fournier F., 1960.** Climat et érosion. *Thèse de Doctorat*, PUF, Paris, 201p.
- Fournier F., 1962.** Mesure de l'érosion, principes de base et incidence de l'instrumentation nouvelle sur l'établissement des réseaux de mesure. Directeur du Bureau Inter africain des sols. Président de la commission d'Erosion Continentale de l'AIHS, 57 rue Cuvier, Paris (5ème), France, pp 343-356.
- Fournier F., 1969.** L'érosion hydrique et le climat. *Bulletin technique d'information. Météorologie et agriculture*, n° 237, pp 111-115.
- Fournier F., 1975.** Erosion du sol dans l'espace rural. *Bulletin des Sciences hydrologiques. XX*, 1-3, pp 113-116.
- George P. et Verger F., 1996.** Dictionnaire de la géographie. Ed. PUF, 500 p.
- Ghodbani T, Amokrane K., 2013.** La zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *physio Géol. Vol 7*.
- GRECU F et AL., 2007.** Analyse quantitative du réseau hydrographique du bassin versant du Slanic (Roumanie), *Physio-geo-géographie physique et environnement*, volume 1 page 87.
- Govers G. and Poesen J., 1988.** Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. *Geomorphology*, n° 1, pp 343-354.
- Hallouche B., 2007.** Cartographie des zones inondables de la plaine de Sidi Bel Abbes par l'approche hydrogeomorphologique. *Thèse de Doctorat*, Université Djillali Liabes – Sidi Bel Abbes.
- Harr R. D. et Corison F. M., 1979.** Initial effects of clearcut logging on size and timing of peak flows in a small watershed in Western Oregon. *Wat. Resour. Res.*, n° 15 (1), pp 90-94.
- Heinemann H. G. and Whilaker F. D., 1974.** Soil cover governs soil loss on United State's clay-pan soils. *AISH, Publ.* n° 113, pp 109-113.
- Henry H., 1908.** Contribution à l'étude de la géographie physique du Dahomey. *Etude scientifique. Thèse. Larose. Paris, France.*
- HORTON R., 1945.** Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative geomorphology, *Geological Society Bulletin*, 56, 3, p. 275 – 370.
- Houessou A. et Lang J., 1978.** Contribution à l'étude du Continental terminal dans le Bénin méridional. *Bull. Sri. Géol.* n° 31, pp 137-149.
- Houndénou C., 1988.** Contribution à l'étude géomorphologie de la partie occidentale du littoral béninois. *Mémoire de Maîtrise, FLASH/ Univ. Nationale du Bénin*, 146 p.

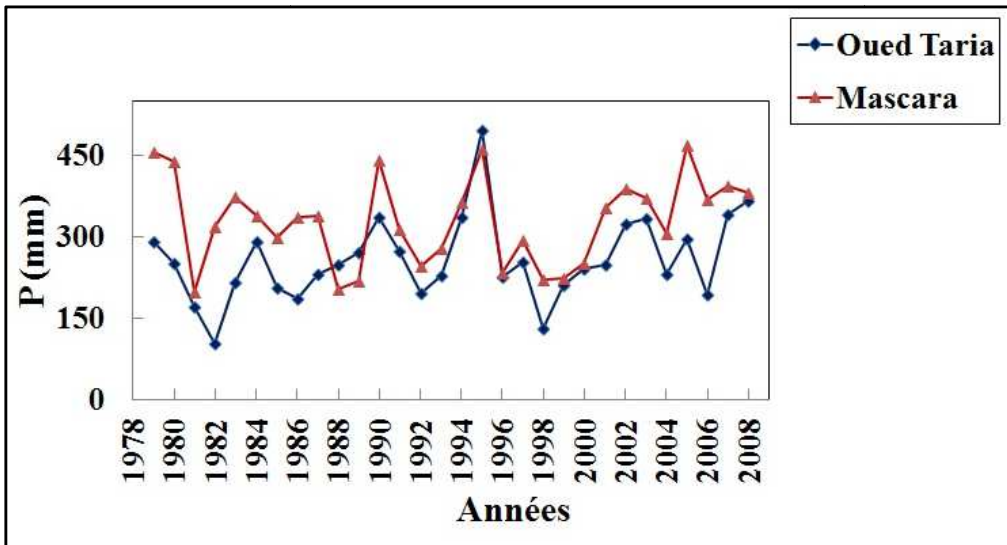
- Houndénou C., 1992.** Variabilité pluviométrique et conséquence socio-écologiques dans les plateaux du Bas-Bénin (Afrique de l'Ouest). *Mémoire de DEA*, Université de Bourgogne, Dijon, 90p.
- Houndénou C., 1999.** Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. *Thèse de Doctorat*, Université de Bourgogne, Dijon. 390 p.
- Houndénou C., Totin V.S.H. et Amoussou E., 2007.** Caractérisation des champs pluviométriques statistiques dans le complexe Mono-Couffo en Afrique Occidentale dans le Golfe de Guinée. *In Revue BenGéo*. Département de Géographie et Aménagement du Territoire. FLASH UAC. (Bénin) pp. 5-24.
- Khalidi A., 2005.** Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida". Thèse de Doctorat d'Hydrogéologie, Université d'Oran.
- Kamagaté B., Séguis L., Favreau G., Descloitres M., Seidel J.-L. et Affaton P., 2007.** Hydrological processes and water balance of a tropical crystalline bedrock catchment in Benin (Donga, upper Ouémé River). *Comptes Rendus Geosc.*, 339(6), pp 418-429.
- Kamagaté B., Séguis L., Lanciné G. D., Favreau G. et Kouadio K., 2008.** Processus hydrogéochimiques et séparation d'hydrogrammes de crue sur un bassin versant en milieu soudano-tropical de socle au Bénin (Donga, haute vallée de l'Ouémé), 2008. *Revue des sciences de l'eau*, vol. 21, n° 3, pp 363-372.
- Kamal El Kadi A., 2006.** Evolution d'un lit de rivière en fonction des apports. *Thèse de Doctorat*, université Claude Bernard Lyon1.
- Kanohin F., Saley M. B. and Savané I., 2009.** Impacts de la Variabilité climatique sur Les ressources en eau et les activités humaines en zone tropicale humide: Cas de la région de Daoukro en Côte D'ivoire. *European Journal of scientific Research*. Vol. 26, n° 2, pp 209-222.
- Kemp P. R., Cornelius J. M. et Reynolds J. F., 1994.** Temporal discontinuities in precipitation in the central north american prairie. *Int. Journal. Climatolgy*, 14 pp 539-557.
- Klassou K. S., 1991.** La variabilité climato-hydrologique récente et ses conséquences sur l'environnement : l'exemple du fleuve Mono au Togo. *Mémoire de DEA*. Université Michel de Montaigne, Bordeaux III, 117 p.
- Klassou S. D., 1996.** Evolution climato-hydrologique récente et conséquences sur l'environnement : l'exemple du bassin versant du fleuve Mono (Togo-Bénin). *Thèse de Doctorat*, Université de Bordeaux III, 472 p.
- Leguedois, S. 2003.** Mécanismes de l'érosion diffuse des sols: modélisation du transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés. *Thèse de Doctorat*, Université Orléans. INRA. 167p.
- LEOPOLD L., WOLMAN M., MILLER J., 1974.** Fluvial Processes in Geomorphology, San Francisco: Freeman, 1995. 535 p.
- Loup J.,** Les eaux terrestres. Masson, Paris, 171 p.

- Macary et Berville, 2003.** Synthèse bibliographique : bilan des connaissances sur l'érosion et les phénomènes de ruissellement. *Sinfotech*, 28 p.
- Malavoi. J.R et Bravard. J.P., 2010.** Elément d'hydromorphologie fluviale. Onema. 224 pages.
- Maurício M., 2008.** De l'hydro-écorégion au tronçon fluvial: recherche méthodologique. Le cas du bassin versant du l'Ivai, état du Paraná, Brésil. Thèse de Doctorat de Géographie, Aménagement et Urbanisme, Université Lumière Lyon 2.
- Musy A, Higuí C., 2004.** Hydrologie. Presses polytechniques et universitaires romandes, 85 P.
- Neboit R., 1991.** L'Homme et l'érosion : l'érosion des sols dans le monde. *Fascicule 34*, Nouvelle série, 2ème édition, Clermont-Ferrand, France, 269 p.
- NEDECO., 1975.** Erosion littorale sur la côte togolaise. *Rapport d'étude*. Ministère des Travaux Publics, Lomé, 73p.
- Nikolayenko V. T., 1974.** The role of forest stands in the control of erosion process and other negative natural phenomena. *AISH Publ.* n° 113, pp 83-86.
- Nkoukou R.R. et Probst J.L., 1987.** Hydrology and geochemistry of the Congo river system. *Mitt.Geol. Palaont. Inst. Hambourg*, SCOPE/UNEP, 64, pp 483-508.
- Notter B., Aschwanden H., Klausner H., Staub E. et Von Blücher U., 2005.** État écomorphologique des cours d'eau suisses.
- Oettli P. et Camberlin P., 2005.** Influence of topography on monthly rainfall distribution over East Africa. *Climate Research*, 28, pp 199-212.
- Olivry J.-C., 1978.** Transports solides en suspension au Cameroun. In : Erosion and solid matter transport in Inland waters (Proc. Paris Symp., IAHS, Publ. 122, *IAHS Press, Wallingford UK*, pp 134-141.
- Olivry J.-C., Bricquet J.-P. et Mahé G., 1993.** Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique humide ? In "Gladwell J.S. (ed.) *Hydrology of warm humid regions*", *Proceedings of the AISH Symposium*, Yokohama, Japan, IAHS n° 216, pp67-78.
- Oms C., 2003.** Localisation, Nature et dynamique de l'interface eau-sédiment en réseau d'assainissement unitaire. *Thèse de Doctorat*. Ecole Nationale des ponts et chaussées, France, 186 p + Annexes.
- ONUDI, 1999.** Profil environnemental du littoral du Togo. Document publié par la Coordination Régionale du Projet « GEMGG » GI2C, Edition *CGILE, Press de l'Université Bénin Togo*. 80 p Annexes.
- Ouédraogo M., 2001.** Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale. *Thèse de Doctorat*, Université de Montpellier II, 257 p.
- Paradis G., 1976.** Recherches sur le Quaternaire récent du sud de la République Populaire du Bénin (ex Dahomey): étude de thanotocénoses de mollusques. *Thèse 3ème cycle*, Univ. Paris Sud. Notes Contrib. C.E.R.P.A.B., Contrib., 12, 173 p.

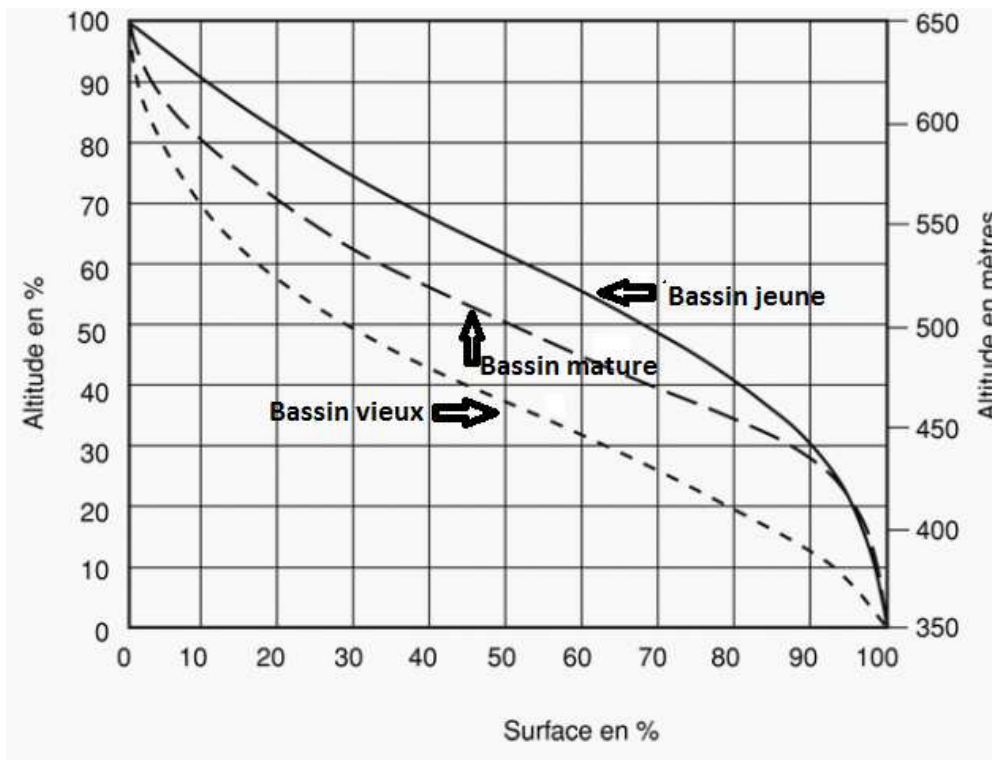
- Paradis G., 1977.** Observations sur l'Holocène du Sud Bénin (ex Sud-Dahomey). *Bull. Ass. Sénégal. et Quatern. Afr., Liaison, Sénégal, (A.S.E.Q.U.A.)*, n° 51, pp 49-73.
- Paradis G., 1978.** Interprétation paléoécologique et paléogéographique des taphocénoses de l'Holocène récent du Sud-Benin, à partir de la répartition actuelle des mollusques littoraux et lagunaires d'Afrique de l'ouest. *Géobios*, Lyon, 11, pp 867-871.
- PARDE M., 1933.** Fleuves et Rivières, Paris : Armand Colin. 224 p.
- Paturel J. E. et Servat E., 1996.** Procédure d'identification de « rupture » dans les séries hydrologiques ; modification du régime pluviométrique en Afrique de l'ouest non sahélienne. In «*L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement* ». IAHS Publ, n° 238, pp 99-110.
- Payan J.-L., 2007.** Prise en compte de barrages-réservoirs dans un modèle global pluie-débit. *Thèse de Doctorat de L'ENGREF, CEMAGREF, ANTONY, Paris*, 257 p.
- PAZH, 2002.** La pollution dans les zones humides du Sud-Bénin: état actuel, impacts, stratégies de suivi et de lutte. *Rapport Intérimaire, Volet N°111*, 42 p.
- Riad S., 2003.** Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de Technologie de Lille et Université Ibnou Zohr d'Agadir.
- Semari. K et al, 2012.** Etat des ressources hydriques de la wilaya de Mascara, Techniques Sciences et Méthodes, Vol 11.
- Schumm, S., 1977.** The Fluvial System, New York: John Wiley & Sons, 1977. 338 p.
- Smolikowski B., Puigh et Roose E., 2000.** Influence of soil protection techniques on runoff, erosion and plant production semiarid hillslopes of Cabo Verde. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, accepté en 11/2000, 22p.
- Sogreah-Electrowatt., 1983.** Etude de factibilité de l'aménagement hydro-électrique de Nangbeto, *Final Report, Appendix 2C (Ecological Report)*.
- SOTOCO, 1996.** La culture du coton. *Marchés Tropicaux et Méditerranéens*, vol. 51, n° 2632, pp 818-820.
- Sougy J., 1970.** Rapport annuel d'activité 1969-1970 du laboratoire associé n° 132. "Etudes géologiques Ouest-africaines". *Travaux des laboratoires des sciences de la terre St Jérôme*, Marseille, 107 p.
- Soulard B., 2007.** Ecologie fondamentale, eaux et milieux humides. *Séminaire européenne Athènes* : MP7, Ecole des Mines de Paris, 57 p.
- Sultan B., 2002.** Etude de la mise en place de la mousson en Afrique de l'ouest et de la variabilité intrasaisonnière de la convection. Application à la sensibilité des rendements agricoles. *Thèse de doctorat*, Université Paris 7– Denis Diderot, Paris, 283 p.
- Sutcliffe J. V., Agrawal R. P. et Tucker J. M., 1981.** The water balance of Betwa Basin. India. *Hydr. Sci. Bull.*, 26, pp 149-158.

- WASSON J et al. , 1989.** Eléments pour une typologie fonctionnelle des eaux courantes. 1. Revue critique de quelques approches existantes. *Bulletin d'Ecologie*, 20(2), p. 109-127.
- WASSON J., 2002.** Typology and reference conditions for surface water bodies in France – The hydro-ecoregion approach. Sommaire de la communication présentée au symposium *Typology and Ecological Classification of Lakes and Rivers* , Helsinki : SKYE–Suomen Ympäristökeskus (Centre Finlandais de l'Environnement), , 5 p.
- WASSON J et all., 2004.** Les hydro-écorégions : une approche fonctionnelle de la typologie des rivières pour la Directive Cadre Européenne sur l'eau. *Ingénieries*, n° 40, p. 3 – 10.
- Wilson K.C., 1966.** Bed-load transport at high shear stress. *J. Hydraulic Eng.* (Hydr. Division), 92(11), pp 49-59.
- White R.W. et Day T.J., 1982.** "Transport of graded gravel bed matériel", in '*Gravel bed rives*'. Ed by Hey, R.D., Bathurst, J.C. and Thorne, C.R., John Wiley and Sons Ltd., pp.181-213.
- Wilson K.C., 1966.** Bed-load transport at high shear stress. *J. Hydraulic Eng.* (Hydr. Division), 92(11), pp 49-59.

**Annexe 1 : variabilité des précipitations annuelles à la station de Mascara et Oued Taria**



**Annexe 2 : courbe de cycle de l'érosion d'après Strahler**





**Annexe 3 : résultats de la méthode des isohyètes pour le bassin versant de l'Oued Mekerra**

<b>Intervalle</b>	<b>Pluie moyenne</b>	<b>Surface entre isohyètes (Km<sup>2</sup>)</b>
203-215	209	392,70
215-227	221	162,70
227-239	233	105,20
239-251	245	80,28
251-263	257	112,80
263-275	269	143,70
275-287	281	221,10
287-299	293	421,70
299-311	305	369,10
311-323	317	321,30
323-335	329	224,90
335-347	341	158,10
347-359	303	115,60
359-371	365	66,53
371-383	377	34,34
383-395	389	42,92
395-407	401	22,51
407-415	411	4,46

**Annexe 4 : résultats de la méthode des isohyètes pour le bassin versant de l'Oued El Hammam**

<b>Intervalle</b>	<b>Pluie moyenne</b>	<b>Surface entre isohyètes (Km<sup>2</sup>)</b>
212-233	222,761	422,7
233-253	243	1527
253-273	263	1474
273-294	283,5	2241
294-314	304	1475
314-334	324	621,6
334-354	344	221
354-375	364,5	142
375-395	385	130,6
395-416	405,127	59

## *Glossaire*

**Aléa** : Nature, occurrence, intensité et durée d'un phénomène menaçant.

**Bancs alluviaux** : atterrissement de matériaux alluvionnaires émergeant du lit et pouvant se végétaliser. Les bancs bougent/se déplacent au rythme des crues et des modifications anthropiques.

**Débit** : quantité de fluide fournie en un endroit et un temps donnés.

**Débit morphogène** : débit liquide pour lequel la charge solide transportée est maximale.

**Érosion** : altération de l'écorce terrestre par les agents atmosphériques, hydrologiques, ou par l'action de l'homme.

**Étiage** : correspond à la période de faible débit, généralement l'été pour les régimes pluviaux.

**Faciès** : toute portion de cours d'eau, présentant sur une certaine longueur une physionomie homogène de la pente, de la hauteur d'eau, des vitesses du courant et de la granulométrie du substrat.

**Hydromorphologie** : étude de la morphologie des cours d'eau, c'est-à-dire de la forme du lit et des berges qui est façonnée par le régime hydrologique de la rivière.

**Incision du lit**: Désigne un enfoncement généralisé du fond d'un cours d'eau, résultat d'une érosion régressive ou d'une érosion progressive.

**Iles** : atterrissement de matériaux alluvionnaires généralement végétalisés par des strates arborés, ils sont généralement stables dans l'espace et dans le temps, le sommet des îles se situe au même niveau que la plaine alluviale.

**Incision** : Désigne un enfoncement généralisé du fond d'un cours d'eau

**Lit majeur** : partie adjacente au chenal principal du cours d'eau, inondée en cas de crue.

**Lit mineur** : partie occupée en permanence par le cours d'eau, délimitée par les berges.

**Morphologie** : Science qui étudie les caractéristiques, la configuration et l'évolution de formes de terrains et de roches. Les principaux éléments qui la caractérisent sont : le profil en travers, le profil en long \*, les sinuosités \*, les styles fluviaux, les vitesses d'écoulement \*, les successions des faciès \*, les variations granulométriques, le corridor rivulaire \*, et la relation avec la nappe alluviale \* .

**Morphogène** : débit de plein bord

**Mouille** : partie profonde du lit du cours d'eau correspondant à une zone de surcreusement par passage d'une veine de courant érodant le fond du lit. On oppose souvent ce terme à celui de **seuil** naturel.

**Puissance d'un cours d'eau** : La puissance est le produit pente x débit x poids volumique de l'eau. Elle est fonction des conditions hydrologiques et de la morphologie générale (pente et forme de la vallée) et locale (style fluvial) du cours d'eau. Sa variabilité est donc à la fois spatiale (morphologie différente selon les

tronçons de rivière) et temporelle (notamment sur le court terme par le biais des crues).

**Recalibrage** : augmentation de la capacité du lit d'un cours d'eau en modifiant sa profondeur et sa largeur.

**Rectification** : opération consistant au recoupement des méandres d'un cours d'eau.

**Ripisylve** : formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau.

**Sédiment** : accumulation d'éléments provenant de la désagrégation, de la dissolution de roches préexistantes, transportés et déposés par les eaux, le vent, ou de matières d'origine organique.

**Seuil** : Ouvrage implanté dans le lit mineur d'un cours d'eau et permettant de rattraper un enfoncement excessif du lit lié à une extraction de matériaux ou à un ouvrage, par exemple. Il peut être un ouvrage bas, normalement submergé, construit à des fins diverses, éventuellement pour stabiliser la loi hauteur-débit d'un cours d'eau à une station, ou bien le dessus d'une digue ou de tout autre ouvrage, ou d'une levée naturelle, sur lesquels l'eau peut passer quand elle atteint un niveau suffisant.