



المدرسة الوطنية الغابوية للمهندسين بسلا
**ECOLE NATIONALE FORESTIERE
D'INGENIEURS DE SALE**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE
PHYTOECOLOGIQUE ET A L'EVALUATION DE
LA QUALITE DES ECOSYSTEMES RIPISYLVES
DU BASSIN VERSANT DE L'OURIKA (Haut-Atlas)**

MEMOIRE DU 3^{ème} CYCLE

Présenté par : AFFO Biao Kokou Ayé

**POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGENIEUR DES EAUX ET FORÊTS**

**OPTION : Ecologie et Gestion des Ressources
Naturelles**

Soutenu publiquement le 10 Juillet 2015 à 16 h 00 devant le jury :

MM:

Pr EL HASSANI A.	(I.S- Rabat)	Président
Pr. KHATTABI A.	(E.N.F.I-Salé)	Rapporteur
Pr. LAMRANI-ALAOUI M.	(E.N.F.I-Salé)	Rapporteur
Pr. OUHAMMOU A.	(F.S.S.M.-Marrakech)	Examineur
Pr. ENNABILI A.	(U.S.M.B.A-Fès)	Examineur



Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs
Salé

N° 30...../ENFI

Salé, le 26/08/2015

Autorisation pour remettre le mémoire

Fiche d'acceptation du mémoire revu et corrigé après la soutenance

Nom et prénoms : AFFO Biao Kokou Ayé
Promotion : 44^{ème}
Option : Ecologie et Gestion des Ressources Naturelles
Et intitulé : «Contribution à l'étude phytoécologique et à l'évaluation de la qualité des écosystèmes ripisylves du bassin versant de l'Ourika (Haut-Atlas).»

A été révisé dans sa forme finale, comme l'attestent les signatures et dates ci-dessous indiquées. L'autorisation est donnée à l'intéressé pour soumettre la copie finale à la direction de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs pour approbation.

Membres du Jury

Président	: Pr EL HASSANI A.	Signature	16.7.2015	Date
Encadrant	: Pr KHATTABI A.	Signature	16-7-2015	Date
Encadrant	: Pr. LAMRANI-A M.	Signature		Date
Examineur	: Pr. OUHAMMOU A.	Signature		Date
Examineur	: Pr. ENNABILI A.	Signature		Date

Approbation du Directeur de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs :
Signature

Date 26/08/2015



Le Directeur de l'Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs

Signé : M'hamed BACHMI

N.B. : - Dépôt de cinq exemplaires pour les besoins de la bibliothèque
- Un exemplaire par membre de jury.

“Le peu que je sache, je veux le faire connaître, afin qu’un autre, meilleur que je suis, découvre la vérité, et que l’œuvre qu’il poursuit sanctionne mon erreur. Je m’en réjouirai pour avoir été, malgré tout, cause que cette vérité se fasse jour”.

(Albrecht Dürer)

"Ce travail a été réalisé dans le cadre de la convention de collaboration établie entre l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, d'une part, et l'Association Marocaine des Sciences Régionales, d'autre part, relative à la mise en œuvre de certaines activités du projet GIREPSE (www.gire-pse.com) financé par le Centre de Recherche et de Développement International, Canada."

Dédicaces

A mes chers parents, qui n'ont ménagé aucun sacrifice pour réussir mon éducation dans la crainte de Dieu, qu'ils trouvent en ces faibles mots, l'expression d'un fils qui s'évertue à faire la fierté de ses parents. Que le Seigneur vous bénisse abondamment.

A mes sœurs et mon frère, si loin des yeux mais ancrés dans mon cœur, vous avez été la lueur d'espoir à laquelle je me suis attaché dans mes moments de solitude et de tristesse,

A ma petite nièce Sara,

A toute ma famille, mention spéciale à ma tante Françoise, à mon oncle André, que le Seigneur vous rende au centuple tout ce que vous avez fait pour moi

A ma bien-aimée pour son soutien et son réconfort

A tous ceux qui me sont chers

A toute la 44° Promotion de l'ENFI

Je dédie ce mémoire

Remerciements

Gloire à Dieu pour toutes les grâces reçues qui nous ont accompagnés tout le long de notre cursus.

Au terme du présent travail, qui n'a été possible que grâce à la sollicitude de nombreuses personnes qui ne peuvent être toutes nommées ici :

Les mots sont fades et pas assez expressifs pour exprimer notre profonde gratitude au Professeur **KHATTABI Abdellatif**, qui nous a pris sous son aile pour la réalisation de ce travail. Ses conseils, sa bienveillance ainsi que ses remarques constructives n'ont fait contribué qu'à guider à bon port, le présent mémoire.

Notre infinie reconnaissance la plus sincère va au Professeur **LAMRANI ALAOUI Mostafa**. Ses qualités humaines, son suivi minutieux du travail, son indéfectible soutien ne nous ont jamais fait défaut au cours de cette année écoulée. Il a été pour nous plus qu'un encadrant, un parrain, un grand frère. Qu'il en soit récompensé par le Très-Haut.

Nous remercions le Professeur **OUHAMMOU Ahmed**, enseignant-chercheur à l'Université Cadi Ayyad de Marrakech, pour sa disponibilité, pour sa simplicité ainsi que pour le plaisir qu'il a pris à nous prodiguer des conseils ainsi que pour son aide précieuse dans la détermination des espèces récoltées. Qu'il soit remercié aussi pour avoir accepté examiner ce travail.

Nous remercions très vivement le Professeur **EI HASSANI A.**, de l'Institut Scientifique de Rabat pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury d'évaluation de ce travail.

Que le Professeur **ENNABILI A.**, enseignant-chercheur à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès, soit remercié pour la disponibilité qu'il a montré à notre égard à travers ses réponses à nos diverses requêtes ainsi que pour sa présence en tant qu'examineur du présent travail.

Nos remerciements vont également aux Professeurs **ATER M., SAIDI M., STELLA J.** ainsi qu'à tous ceux qui ont répondu positivement à nos courriels au Maroc et ailleurs lors de nos recherches d'informations.

Nous remercions également M. Ibrahima SANGARE pour ses conseils et le grand frère qu'il est pour nous depuis notre rencontre et, M. Odilon LAYIBO, pour l'aide précieuse qu'il nous a accordée en SIG.

Notre gratitude va à nos anciens « Pays amis » Samari, Etienne, Djibril, Thiam, Yacoubou, JmVianney, Mario, pour l'exemple qu'ils ont été pour nous.

Notre frère et ami Dodji, toutes les galères et les joies que nous avons connues ensemble depuis notre arrivée au Maroc ont forgé nos personnalités. Sois béni. Que tous nos condisciples « Pays amis » et marocains pour tous les moments que nous avons partagés ensemble soient gratifiés. De même, nous remercions nos jeunes collègues des 45 et 46^{èmes} promotions.

Nos remerciements vont également à toute personne ou entité qui de près ou de loin a participé à la réalisation de ce travail. Plus particulièrement au projet GIREPSE, pour l'appui dont nous avons bénéficié.

Notre gratitude va à l'endroit du corps professoral de l'ENFI, de l'administration et de l'encadrement militaire. De même, que tous ceux qui ont participé à notre formation depuis le préscolaire jusqu'à ce niveau car ce travail constitue l'apothéose de tout ce qu'ils ont consenti comme efforts pour nous.

Nous remercions l'AMCI (Agence Marocaine de Coopération Internationale) et le gouvernement Togolais par le biais de la Direction des Bourses et Stages pour le soutien matériel et financier dont nous avons bénéficié.

A tous, un vif et sincère merci

Résumé

Le Bassin versant de l'Ourika est une zone sujette à la problématique de l'érosion du fait de la lithologie friable et de ses pentes fortes. Avec une pluviométrie parfois orageuse, les phénomènes de crues s'y enchainent au cours du temps causant d'importantes pertes en vies humaines et matérielles. Pour lutter efficacement contre l'effet de ces crues par la stabilisation des berges et la réduction de l'érosion en aval, l'étude de la végétation ripisylve s'est révélée être cruciale pour remédier aux aléas de la région.

Une caractérisation physique du cours d'eau a consisté en l'étude des sections transversales ainsi que la granulométrie du substrat et l'occupation des berges. Il a été déduit que le changement du comportement du cours d'eau d'amont en aval se traduit par un changement de granulométrie surtout celle en sable.

L'étude phytoécologique de la végétation a permis de définir 4 groupements végétaux par une analyse de classification. Ce sont les groupements à *Cerastium cerastioides* et à *Bryonia dioica*, à *Diplotaxis tenuifolia* et *Juncus acutus*, à *Populus alba* et *Arundo donax* puis à *Fraxinus angustifolia* et *Hedera helix*.

Une évaluation de la qualité du milieu rivulaire a été réalisée au niveau de 34 stations d'échantillonnage grâce à l'indice de qualité QBR. Celui-ci repose sur l'analyse de quatre composantes notamment la couverture totale de la végétation, la structure de la couverture végétale, la qualité de cette dernière et le degré de naturalité du chenal. Ladite évaluation a permis de ressortir que 37% des berges de la zone rivulaire de notre aire présentent une mauvaise qualité, 28.6% présentent une qualité moyenne, 23% une bonne qualité alors que 11,5% présentent une pire qualité. Il a été constaté l'absence de la classe de qualité proche d'un habitat naturel exprimant une anthropisation non négligeable du milieu rivulaire.

La caractérisation de chaque classe de qualité par les différents groupements végétaux a été effectuée. Ainsi, il a été mis en évidence, que les groupements à *Fraxinus angustifolia* et *Hedera helix*, *Cerastium cerastioides* et *Bryonia dioica*, *Diplotaxis tenuifolia* et *Juncus acutus*, *Populus alba* et *Arundo donax* caractérisent respectivement les classes de qualité QBR « Pire qualité », « Mauvaise qualité », « Qualité moyenne » et « Bonne qualité ».

Enfin, des mesures de restauration écologique ont été proposés en se basant sur les résultats obtenus et la consultation de la bibliographie afin d'améliorer le rendement des services environnementaux rendus par les écosystèmes ripisylves du milieu.

Mots-clés : Végétation ripisylve, Groupements végétaux, Indice QBR, Restauration écologique, Crues, Bassin versant de l'Ourika.

Abstract

The Ourika watershed is an area prone to the problem of erosion due to its friable lithology and steep slopes. With a sometimes stormy rainfall, floods phenomena occur over time causing significant loss of human lives and material. To effectively fight against the effects of these floods by bank stabilization and reduce erosion downstream, the study of riparian vegetation proved to be crucial in addressing the risks faced in the region. A physical characterization of the stream consisted of the study of channel cross sections as well as the size of the substrate and the vegetation cover of the banks. It was deduced that a change of water behavior from upstream to downstream results in a change in particle size especially that of sand.

A phytoecological study of the vegetation identified four plant communities through a classification analysis. The groups are *Cerastium cerastioides* and *Bryonia dioica*, *Diploptaxis tenuifolia* and *Juncus acutus*, *Populus alba* and *Arundo donax*, *Fraxinus angustifolia* and *Hedera helix*.

A quality assessment of the riparian zone was performed at 34 sampling sites using the QBR quality index. It is based on the analysis of four components: the total vegetation cover (with the exception annual plants), the structure of the cover, the quality of cover and the naturalness of the channel. Thus, the quality classes obtained and their percentage representation in the riparian zone were "Worse quality" (11.5%); "Poor quality" (37%); "Average quality" (28.6%) and "Good quality" (23%). We notice the absence of a quality class close to a natural habitat expressing a significant human impact on the riparian zone.

Finally, ecological restoration measures were proposed based on the results obtained and the consultation of books on the subject so that the performance of environmental services provided by the riparian ecosystems of the area can be improved.

Keywords: riparian vegetation, plant communities, QBR Index, Ecological Restoration, Flood, Ourika watershed.

ملخص

تعتبر مستجمعات مياه أوريكَة منطقة معرضة لمشكل التعرية بسبب الخصائص الصخرية الهشة و المنحدرات الحادة و مع هطول الأمطار الغزيرة، التي تؤدي مع مرور الوقت إلى حدوث فياضانات تسبب خسائر بشرية و مادية مهمة. و بالتالي لمكافحة آثار الفيضانات بشكل فعال، فاستقرار مجرى النهر إعتقاداً على النباتات النهرية أظهر نتيجة حاسمة لمواجهة أخطار التعرية بالمنطقة.

لتحديد الخصائص الفيزيائية لمجرى النهر، اعتمدنا دراسة لمقاطع عرضية و لقد الركيزة و كذا احتلال طرفي النهر. تم استنتاج وجود تغير بخصائص النهر من المنبع إلى المصب، يترجم بتغير خصائص الجسيمات و تحديدا الرمل.

مكننا دراسة النباتات من تحديد اربع مجموعات اساسية و التي تتكون من :

Juncus acutus, و *Diploaxis tenuifolia* و *Bryonia dioica*, و *Cerastium cerastioides*

Hedera helix و *Fraxinus angustifolia* و *Arundo donax* و *Populus alba*

تم إجراء تقييم لجودة ضفاف النهر في 34 محطة معاينة من قبل مؤشر جودة ويستند على تحليل أربعة عناصر بما في ذلك التغطية الكاملة للغطاء النباتي، و هيكل الغطاء النباتي، و نوعيته ودرجة طبيعية القناة. وقد كشف أن 37٪ من طرفي النهر في المنطقة ذات نوعية رديئة، 28.6٪ لديهم نوعية جيدة 23٪، في حين 11.5٪ نوعية أسوأ. تبين غياب الجودة على مقربة من الموائل الطبيعية بسبب التأثير البشري الكبير على البيئة النهرية تم تحديد درجة الجودة للمجموعات النباتية المختلفة. وهكذا، تم الكشف عن أن :

، *Cerastium cerastioides* *Bryonia dioica* ، *Fraxinus angustifolia* *Hedera helix*
Diploaxis tenuifolia

Juncus acutus, *Populus alba*, *Arundo donax* تميز على التوالي حسب " QBR أسوأ نوعية"، "نوعية رديئة"، "متوسطة الجودة" و "نوعية جيدة"

أخيراً، تم اقتراح تدابير إصلاح النظم الإيكولوجية استناداً إلى النتائج المحصل عليها و المراجع المستندة لتحسين كفاءة الخدمات البيئية التي تقدمها النظم الإيكولوجية النهرية بالمنطقة.

كلمات البحث: النباتات النهرية، والمجموعات النباتية، مؤشر QBR ، إصلاح النظم الإيكولوجية، الفيضانات، مستجمعات المياه أوريكَة

Sommaire

<i>Dédicaces</i> _____	<i>iv</i>
<i>Remerciements</i> _____	<i>v</i>
<i>Résumé</i> _____	<i>vii</i>
<i>Abstract</i> _____	<i>viii</i>
<i>ملخص</i> _____	<i>ix</i>
<i>Sommaire</i> _____	<i>x</i>
<i>Liste des figures</i> _____	<i>xii</i>
<i>Liste des tableaux</i> _____	<i>xiv</i>
<i>Liste des sigles et acronymes</i> _____	<i>xv</i>
<i>INTRODUCTION GENERALE</i> _____	<i>1</i>
<i>Partie 1- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</i> _____	<i>5</i>
<i>1.1. Généralités -Terminologie et Concepts de la végétation ripisylve</i> _____	<i>5</i>
<i>1.2. Paramètres abiotiques influençant la végétation ripisylve</i> _____	<i>6</i>
<i>1.3. Services écosystémiques des ripisylves</i> _____	<i>8</i>
<i>1.4. Etude Phytoécologique de la végétation ripisylve</i> _____	<i>10</i>
<i>1.5. Evaluation de la qualité de la végétation ripisylve</i> _____	<i>12</i>
<i>1.6. Conservation et restauration des écosystèmes ripisylves</i> _____	<i>17</i>
1.6.1. Définition de concepts de conservation et de restauration _____	<i>18</i>
1.6.1.1. Notion de conservation _____	<i>18</i>
1.6.1.2. Notion de restauration _____	<i>18</i>
<i>Partie 2 : MATERIELS ET METHODES</i> _____	<i>20</i>
<i>Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude</i> _____	<i>20</i>
2.1.1. Cadre géographique, administratif et forestier _____	<i>20</i>
2.1.2. Milieu physique _____	<i>23</i>
2.1.3. Occupation du sol _____	<i>33</i>
2.1.4. Flore et Végétation _____	<i>33</i>

Chapitre 2. Approche méthodologique	35
2.2.1. Caractérisation physique de l’oued Ourika et du milieu rivulaire	35
2.2.2. Etude phytoécologique de la végétation ripisylve	39
2.2.3. Evaluation de la qualité des ripisylves	44
Partie 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS	50
3.1. Caractérisation physique de l’Oued Ourika et du milieu rivulaire	50
3.1.1. Profils longitudinaux et transversaux	50
3.1.2. Granulométrie du substrat des berges	55
3.1.3. Occupation de berges	60
3.2. Etude phytoécologique de la végétation rivulaire	63
3.2.1. Détermination et caractérisation des groupements végétaux	63
3.2.2. Schéma syntaxonomique des groupements végétaux	65
3.2.3. Analyse des données	67
3.2.4. Diversité floristique	71
3.3. Evaluation de la qualité de la végétation ripicole	74
3.3.1. Evaluation par l’Indice QBR	74
3.3.2. Analyse des relations entre les groupements végétaux, l’indice de qualité QBR et les variables environnementales	82
3.4. Propositions de mesures de conservation et de restauration du milieu rivulaire	91
3.4.1. Objectifs des mesures	91
3.4.3. Mesures de restauration par tronçons et segments:	91
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS :	96
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	99
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	106
ANNEXES	107
ANNEXE A : Caractérisation physique du milieu rivulaire de l’Oued Ourika	108
ANNEXE B: Etude de la végétation	110
ANNEXE C : Evaluation de la qualité du milieu rivulaire	120

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la situation géographique du bassin versant de l'Ourika	21
Figure 2 : Carte des communes rurales du bassin versant de l'Ourika.....	22
Figure 3 : Carte hypsométrique du bassin versant de l'Ourika.....	24
Figure 4 : Carte des pentes du bassin versant de l'Ourika.....	25
Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika.....	27
Figure 6. Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussien	32
Figure 7 : Carte de délimitation de l'Oued Ourika en Tronçons	36
Figure 8 : Carte de délimitation de l'Oued Ourika en Segments.....	37
Figure 9 : Profil longitudinal du cours d'eau	50
Figure 10 : Profils longitudinaux des trois segments du Tronçon 1	51
Figure 11 : Profils longitudinaux des quatre segments du tronçon 2.....	52
Figure 12 : Profils transversaux des trois Segments du tronçon 1	53
Figure 13 : Profils transversaux des quatre segments du tronçon 2.....	54
Figure 14 : Granulométrie du substrat des trois segments du tronçon 1 (T1)	56
Figure 15 : Granulométrie du substrat des quatre segments du tronçon 2 (T2).....	58
Figure 16 : Evolution du pourcentage moyen de la granulométrie de chaque type de substrat des segments des deux tronçons (Sens : Amont-Aval)	59
Figure 17: Profil transversal de l'occupation de la végétation rivulaire du Segment 1 du Tronçon1	61
Figure 18 : Profil transversal de l'occupation de la végétation rivulaire du Segment 3 du Tronçon 1	61
Figure 19 : Profil transversal de l'occupation de la végétation rivulaire du Segment 4 du Tronçon 2.....	62
Figure 20 : Carte des groupements végétaux du milieu rivulaire de l'Oued Ourika.....	66
(Cer cer : <i>Cerastium cerastioides</i> et Bry dio : <i>Bryonia dioica</i> , en jaune ; Dip ten : <i>Diploaxis tenuifolia</i> et Junc hol : <i>Juncus acutus</i> en orange ; Frax ang : <i>Fraxinus angustifolia</i> et Hed hel : <i>Hedera helix</i> en vert clair ; Pop alb : <i>Populus alba</i> et Ar don : <i>Arundo donax</i> en vert foncé ; inaccess : frange non prospectée à cause de l'inaccessibilité du terrain).....	67
Figure 21 : Représentation des relevés floristiques dans le plan factoriel F1*F2	68
Figure 22 : Représentation graphique des variables écologiques et des relevés avec l'ACC.....	70

Figure 23 : Représentation graphique des variables écologiques et des espèces par l'ACC.....	71
Figure 24 : Variation Amont-Aval du nombre de taxons au niveau de chaque segment	73
Figure 25 : Evolution de l'indice QBR en fonction de l'altitude au niveau des stations échantillonnées.....	75
Figure 26 : Représentation graphique de l'ACP des classes de qualité et de l'altitude des stations échantillonnées (Nombres : 11 à 34 : stations) et Cercle en rouge (couvert assez faible) ; cercle violet (altitude élevée, QBR de mauvaise qualité) ; cercle noir (altitude moyenne et couvert végétal moyen) ; cercle vert (bon couvert végétal ; cours d'eau en bon état) ; cercle bleu (QBR de bonne qualité, bon couvert et bonne structure de la végétation)	77
Figure 27 : Carte de l'évaluation de la qualité du milieu rivulaire de l'Oued Ourika	80
Figure 28 : Carte de l'occupation des berges de l'Oued Ourika.....	81
Figure 29 : Représentation graphique du plan factoriel (ACM) des groupements, des recouvrements floristiques et des classes de qualité QBR.....	84
Figure 30 : Représentation graphique du plan factoriel (ACP) des groupements, des recouvrements floristiques et des classes de qualité QBR.....	86
Figure 31 : Représentation graphique de la distribution des fréquences des espèces dominantes de chaque classe de qualité QBR	89
Figure 32 : Illustration des dégâts causés par les crues de l'Ourika (Segment 1 /Tronçon 2) AFFO, 2015.....	94
Figure 33 : Berge fixée par <i>Populus nigra</i> au niveau de la zone rivulaire de l'Oued Ourika (Segment 1 /Tronçon 2) AFFO, 2015.....	95

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Ourika jusqu'à Tnine Ourika.....	26
Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles des stations de référence	30
Tableau 3 : Régimes pluviométriques moyens saisonniers des stations pluviométriques de l'Ourika.....	31
Tableau 4. Données des températures moyennes mensuelles des stations étudiées.....	31
Tableau 5 : Classification granulométrique modifiée de Wendworth	39
Tableau 6 : Conversion des coefficients d'abondance-dominance en valeurs ordinales selon l'échelle de Van Der Maarel (1979).....	44
Tableau 7 : Classes de Qualité selon l'indice QBR.....	48
Tableau 8 : Valeurs propres et inertie résultant de l'AFC	67
Tableau 9 : Test de permutation de l'ACC	68
Tableau 10 : Valeurs propres de l'ACC.....	69
Tableau 11: Importance taxonomique de la végétation riveraine de l'Oued Ourika.....	72
Tableau 12 : Nombre et représentativité des stations au sein de chaque indice QBR....	74
Tableau 13 : Variance cumulative et les valeurs propres des deux premiers axes de l'ACP effectuées sur l'ensemble de matrice de données.	76
Tableau 14: Pourcentage de Variance expliquée par les deux premières composantes et les coefficients de corrélation entre les variables initiales et entre les axes	76
Tableau 15 : Valeurs propres de l'Analyse en Correspondances Multiples en les variables écofloristiques et les classes de qualité QBR	82
Tableau 16: Correspondance des groupements végétaux aux classes de qualité QBR ..	84
Tableau 17: Pourcentage de représentation de chaque variable au niveau de chaque axe de l'ACP	85
Tableau 18 : Caractérisation de l'espèce dominante de chaque relevé en fonction de la classe de qualité QBR du milieu rivulaire	88

Liste des sigles et acronymes

ABHT : Agence du Bassin Hydraulique du Tensift

ACP : Analyse en Correspondances Principales

ACC : Analyse Canonique des Correspondances

ACM : Analyse en Correspondances Multiples

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

BV : Bassin Versant

CarHyCE : Caractérisation Hydromorphologique des Cours d'Eau

DCE : Directive Cadre de l'Eau

DREF-HA : Direction Régionale des Eaux et Forêts du Haut Atlas

FSSM : Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech

GIREPSE : Gestion Intégrée des Ressources en Eau et Paiement des Services Environnementaux

MNT : Modèle Numérique de Terrain

QBR : Qualitat del Bosc Ribera (Qualité de la végétation rivulaire)

RD : Rive Gauche

RG : Rive Droite

UE : Union Européenne

US EPA : United States Environmental Protection Agency

INTRODUCTION GENERALE

Les cours d'eau transportent l'eau et les nutriments tout autour de la terre. Ils jouent un rôle très important dans le cycle de l'eau, agissant en tant que canaux de drainage des eaux de surface. Les rivières drainent près de 75% de la surface émergée de la terre. Les rivières fournissent un excellent habitat et de la nourriture pour de nombreux organismes de la terre. Beaucoup de plantes et d'arbres rares poussent au bord des cours d'eau.

Ils sont au cœur de nombreux enjeux environnementaux qui concernent la société, et ils sont étudiés par un large éventail de spécialistes, y compris des hydrologues, des ingénieurs, des écologues et des géomorphologues. Ils forment de vastes plaines inondables où beaucoup de nos villes sont construites ; et leur puissance fournit une grande partie de l'énergie électrique que nous utilisons dans notre vie quotidienne. Ils permettent l'installation d'écosystèmes intimement liés à la présence de l'eau.

Ainsi, les ripisylves sont des formations végétales naturelles variées présentes sur les rives des cours d'eau. Elles se répartissent de part et d'autre du cours d'eau et comprennent généralement des formations arborescentes, arbustives et herbacées (Tortosa, 2009). Elles jouent un rôle écologique important en ce sens qu'elles constituent un écotone entre les écosystèmes terrestres et ceux aquatiques dont le fonctionnement et le maintien reposent sur un certain nombre de processus spatio-temporels complexes à l'origine de remarquables originalités biologiques mais aussi de fragilité (Quezel & Médail, 2003).

Ainsi, la présence de la végétation ripisylve au niveau d'un bassin versant s'avère plus que nécessaire. Elle constitue un frein aux crues, joue le rôle de protection des berges contre l'érosion, et de filtration des polluants, offre un microclimat, un habitat structurel pour la faune et les poissons, une base de l'énergie pour la chaîne alimentaire et la stabilité des berges entre autres (*In* Stella et al., 2013), et participe à la structuration du paysage de la vallée. Les écosystèmes participent aussi au bien-être des communautés rurales en fournissant des biens qui sont essentiellement consommés localement et parfois vendus sur les marchés régionaux. Les exemples incluent le bois de feu, les produits de la faune, les fruits, les plantes comestibles, du fourrage, et les plantes ornementales (Caballero-Deloya, 1985 ; Ennabili *et al.*, 1996a).

Toutefois, force est de constater que ces structures végétatives ont subi et subissent de lourdes atteintes sous l'influence d'actions anthropiques de diverses natures. Malgré la valeur écologique globale très importante de ces complexes écologiques, ils restent malheureusement presque partout écartés des mesures de conservation alors que les menaces restent très fortes. Un constat assez patent est le manque de connaissances sur les caractéristiques biologiques et écologiques des ripisylves méditerranéennes. Pour cela, Quezel & Médail (2003) préconise la mise sur pied d'études pluridisciplinaires et à différents niveaux pour mieux cerner ce type d'hydrosystèmes.

En région méditerranéenne, les zones rivulaires sont extrêmement vulnérables aux pressions cumulatives, et universellement croissantes, dues au changement de l'utilisation des terres, et le phénomène d'actualité que sont les changements climatiques. Indirectement, les changements dans le régime hydrologique et les processus géomorphologiques influencent fortement la végétation riveraine. En effet, la déviation des cours d'eau, avec des effets sur la morphologie du chenal, et le changement dans l'utilisation des terres, des changements dans le bassin versant, et la modification associée à l'apport de sédiments ont des effets significatifs sur les fonctions des écosystèmes des bassins versants et les types de végétation (Ennabili & Gharnit, 2003 ; Stella *et al.*, 2013).

Ceci est aussi observé au niveau du bassin versant d'Ourika, appartenant au grand bassin du Tensift et situé dans le Haut-Atlas de Marrakech. Il est caractérisé par une érosion moyenne, forte à très forte sur la majeure partie de sa superficie totale (environ 98%), associé à un substrat imperméable ; c'est ainsi que cette situation favoriserait une augmentation des volumes d'eau mobilisés pendant les pluies souvent torrentielles par le cours d'eau principal et le développement d'importantes crues (Saidi et Baou, 2005). Ceci a été matérialisé par d'importants événements hydrologiques qu'a connus la zone dont le plus tristement célèbre est celui du 17 Août 1995 (des centaines de morts et de disparus) avec d'autres et non des moindres en Octobre 1999 et la plus récente, en Novembre 2014. Ils ont à leurs actifs plusieurs dégâts occasionnés au niveau des infrastructures utiles à l'être humain (habitations, écoles, restaurants et routes).

La végétation ripisylve aurait une grande importance dans le contrôle des événements hydrologiques touchant les écosystèmes fluviaux. Les activités socio-économiques et anthropiques ont pour contraintes, les crues et celles-ci menaceraient la sécurité des biens et des personnes. A l'inverse, ces événements seraient essentiels pour maintenir

l'intégrité fonctionnelle des écosystèmes fluviaux. Ainsi la conciliation des deux volets primordiaux constitue un véritable souci pour les gestionnaires environnementaux. Alors, la compréhension des mécanismes impliquant la végétation ripisylve dans la maîtrise de la dynamique des écoulements s'avère plus que nécessaire à cette conciliation. Une baisse durable des frais de gestion pourrait en découler si l'orientation possible du potentiel naturel au sein de la dynamique de la végétation était prise en compte.

Ainsi, les ripisylves, élément majeur de prévention des inondations et grâce aux racines des plantes, jouant le rôle en tant qu'élément de fixation et antiérosif des berges, et d'agents limitant les phénomènes d'affouillement et d'effondrement (Quezel & Médail, 2003) seraient un véritable atout pour le bassin versant de l'Ourika dans la régulation des services hydrologiques et dans la lutte contre les divers événements catastrophiques que connaît la zone.

Toutefois, les mesures les plus souvent entreprises à cet effet sont souvent d'ordre mécanique (seuils et murs de soutènement) ainsi que des traitements biologiques (reboisement) le plus souvent en amont du bassin versant. Les zones rivulaires se retrouvent délaissées de toute action, malgré les effets directs des crues qu'elles subissent. De même, l'on note l'absence d'études de la végétation rivulaire au niveau de l'Ourika pour lutter efficacement contre le fléau que connaît cette zone.

Dans ce sens, l'étude phytoécologique de la végétation riveraine du milieu associée à une caractérisation de la qualité de la végétation ripisylve pourrait valablement servir à évaluer l'état des écosystèmes ripisylves du bassin versant de l'Ourika ainsi que les services hydrologiques rendus dans une perspective de leur conservation. Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la réalisation du mémoire de fin d'étude de l'ENFI en collaboration avec le projet GIREPSE ayant pour but de formuler des orientations stratégiques pour une gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) au Maroc, émanant d'une compréhension des déterminants de la vulnérabilité au changement climatique et de la durabilité de l'offre de biens et services environnementaux en lien avec les ressources hydriques dans le bassin de Tensift y compris le bassin versant de l'Ourika. Ainsi pour mener à bien cette étude, les objectifs spécifiques suivants seront à atteindre :

- ✓ Caractériser les variables physiques afférentes du cours d'eau liés aux plaines alluviales ;
- ✓ Identifier, typifier et cartographier la végétation le long du cours d'eau ;

- ✓ Evaluer la qualité de la végétation du milieu rivulaire et réaliser un état des lieux des berges ;
- ✓ Proposer des mesures de conservation et/ou de restauration selon l'état de la végétation ripisylve.

Partie 1- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités -Terminologie et Concepts de la végétation ripisylve

Les zones riveraines sont celles adjacentes aux eaux douces telles que les rivières, les fleuves et les lacs. Le terme « riverain », ayant la signification telle que décrite précédemment, serait apparu dans la littérature au tout début des années soixante-dix. Il provient du mot latin « riparius » qui signifie rive du fleuve ; d'où la terminologie « ripisylve » (Étymologiquement du latin « *ripa* » (rive) et « *sylva* » (forêt)) pour désigner une formation végétale boisée, buissonnante ou herbacée bordant un cours d'eau. Depuis les années soixante-dix, le nombre de publications employant ce terme a augmenté de façon exponentielle en Amérique du Nord et en Europe (Zaimes *et al.*, 2011).

Il existe une multitude de termes pour désigner la végétation ripisylve et son milieu. Ainsi, la végétation ripisylve est aussi qualifiée de rivulaire ou riveraine. Pour le milieu supportant ce genre de végétation, sont utilisés les qualificatifs : rivulaire, riveraine et riparienne. De même, une espèce (végétale ou même animale) de ce milieu est désignée de ripicole.

Initialement, les zones riveraines ont été considérées comme un type de zone humide. Avec les progrès de l'écologie riveraine au cours des quatre dernières décennies, la plupart des scientifiques considèrent les zones riveraines comme un écosystème unique et différent de celle des zones humides, bien que certaines zones peuvent être considérées à la fois comme riveraines et des zones humides. L'absence d'une définition uniforme a été identifiée et constitue un handicap majeur à la bonne gestion de ces milieux (Anonyme, 2002). Cependant, certains institutions et chercheurs ont tenté de remédier à cette insuffisance. De même que, les estuaires constituent une interface entre les continents et les océans, les sols entre la Biosphère et la Lithosphère, les écosystèmes ripisylves forment eux aussi une interface entre les écosystèmes terrestres et aquatiques, et se distinguent par des gradients dans des conditions biophysiques et des processus écologiques.

Ce sont des zones à travers lesquelles l'hydrologie de surface et "celle" souterraine (hydrogéologie) relie les plans d'eau avec leurs hautes terres adjacentes. Ils comprennent les portions d'écosystèmes terrestres qui influencent considérablement les échanges d'énergie et de matière avec les écosystèmes aquatiques (Anonyme, 2002).

Les ripisylves ont des fonctions écologiques globales assez diversifiées qui comportent majoritairement :

- ❑ La constitution d'écosystèmes complexes et très diversifiés,
- ❑ Un apport trophique capital pour le développement et le maintien de l'ensemble de l'hydrosystème,
- ❑ Le rôle des racines en tant qu'élément antiérosif des berges, en limitant les phénomènes d'affouillement et d'effondrement,
- ❑ Un élément majeur de prévention des inondations,
- ❑ Un véritable « filtre anti-pollution », aussi bien pour les composés chimiques adsorbés aux sédiments que pour les polluants dissous dans l'eau,
- ❑ Un rôle de corridor biologique facilitant les flux d'espèces forestières (Quezel & Médail, 2003).

Ainsi, les ripisylves formeraient des havres de la diversité et joueraient un rôle de tampon, mais leurs efficacités biologiques et fonctionnelles seront encore plus importantes d'autant que la matrice paysagère serait convenablement gérée (Décamps & Décamps, 2002).

Ainsi, bien que de nombreuses zones riveraines puissent être restaurées et gérées de manière à fournir beaucoup de leurs fonctions naturelles, elles ne sont pas à l'abri des effets de la mauvaise gestion dans les hautes terres adjacentes. La gestion en amont pourrait modifier sensiblement l'ampleur et le moment de l'écoulement de surface, la production de sédiments, et la qualité de l'eau aboutissant à une zone riveraine sur une pente descendante, ce qui influe sur la capacité des zones riveraines à pleinement jouer leurs fonctions. Par conséquent, les pratiques en amont des bassins versants contribuant à la dégradation riveraine doivent être abordées si les zones riveraines doivent être améliorées. En d'autres termes, la gestion des zones riveraines doit être un élément d'une bonne gestion des bassins versants (Anonyme, 2002).

1.2. Paramètres abiotiques influençant la végétation ripisylve

L'interaction du climat avec la surface de la terre a créé une variété de paysages drainés par de cours d'eau et d'autres types de zones humides. Les zones rivulaires se trouvent à côté de la quasi-totalité de ces masses d'eau, exception faite des zones où sont

intervenues des perturbations humaines. Bien que les zones riveraines diffèrent considérablement dans leur structure et la fonction d'un site à un autre, il existe des tendances dans les attributs de ces zones riveraines et la façon dont elles sont distribuées à travers le paysage. Alors une seule caractéristique peut fortement influencer la taille, les caractéristiques et les fonctions d'une zone riveraine donnée ; généralement l'interaction de plusieurs facteurs climatiques, hydrologiques, géomorphologiques, et biologiques tendent à façonner les milieux riverains. Par exemple, des différences de climat dictent la saisonnalité du cycle hydrologique et déterminent le moment et l'intensité des inondations. Les caractéristiques d'un bassin versant telles que les pentes du terrain, la taille du bassin versant, la capacité de stockage du sol, et des fournitures d'eau souterraine et les sédiments interagissent avec le climat pour moduler ou amplifier ces effets. Dans la zone riveraine elle-même, d'autres sources de variation peuvent être trouvées dans la morphologie du canal, la dynamique des sédiments, et la structure des plaines inondables. En fin de compte, tous ces facteurs influencent la composition des espèces du biote riverain (Anonyme, 2002).

La taille et le caractère des zones riveraines des cours d'eau sont directement liés à la distribution d'eau et de flux à travers le bassin versant. Un modèle est la tendance selon laquelle les zones riveraines soient expansives à côté de grands cours d'eau, des rivières d'ordre important (indice de Strahler), qui reflète en partie plusieurs sources hydrologiques (par exemple, les crues saisonnières du flux du cours d'eau). Les périodes de haut débit, en particulier dans les vallées alluviales sans contrainte ou relativement larges, peuvent créer une multitude de formes de relief (par exemple, des berges, les plaines inondables, et terrasses) qui sont communes à de nombreux systèmes riverains. Toutefois, ces modèles de base sont souvent trop simplistes pour être largement utiles pour prédire la structure et la fonction des zones riveraines à travers de nombreux paysages (Anonyme, 2002).

Dans l'ensemble, les paramètres physiques influençant les zones riveraines des régions méditerranéennes peuvent être scindés en cinq catégories principales : l'ampleur des crues et de l'hydraulique, le calendrier des inondations, l'écoulement fluvial et la dynamique de nappe phréatique, la dynamique des sédiments et la texture ainsi que les incendies. Certains de ces processus se chevauchent en ce qui concerne la façon dont ils affectent les cycles biologiques des espèces ou dynamique des communautés. Par exemple, le calendrier des inondations interagit avec l'ampleur des crues pour contrôler

la disponibilité de surfaces géomorphologiques disponibles pour la colonisation, et la texture des sédiments ainsi que la dynamique de la nappe phréatique qui interagissent pour fournir l'humidité du sol aux racines des plantes (Dufour *et al.*, 2007).

Dans le bassin versant de l'Ourika, les crues constitueraient la principale menace que connaissent les écosystèmes végétaux, en particulier ceux des ripisylves. Leur occurrence ne cesse d'affecter la capacité des écosystèmes ripisylves à remplir leurs divers rôles.

1.3. Services écosystémiques des ripisylves

La biosphère est souvent appelé le système humain « de soutien de la vie » en raison de son importance primordiale pour le maintien de l'atmosphère, les océans et des ressources en terre qui supportent les sociétés humaines. Les zones riveraines sont un sous-ensemble de ce système de support de vie. À l'échelle mondiale, ils sont une composante majeure des "conduites" qui transportent l'eau des continents à l'océan (Schlesinger et Melack, 1981).

Les zones riveraines, en dépit de leur relativement faible étendue dans un bassin versant, effectuent plus efficacement de fonctions biologiques plus que les terres en amont. Elles participent à la stabilisation des berges et à la modification des processus de sédimentation, apportent la litière organique et le bois pour les systèmes aquatiques, fournissent la rétention des nutriments et l'habitat de la faune ainsi que le soutien du réseau trophique pour un large éventail d'organismes aquatiques et terrestres. Bien qu'ils n'occupent qu'une faible proportion de la superficie totale des terres dans la plupart des bassins versants, les zones riveraines sont les « points chauds » des biodiversités régionales et présentent des taux élevés de productivité biologique. Ceci est particulièrement patent dans les régions arides, comme en témoigne le grand nombre d'espèces végétales et animales se trouvant le long des cours d'eau (Anonyme, 2002).

Les milieux rivulaires sont très appréciés par la société parce qu'ils fournissent des sites pour les établissements humains, la proximité de l'approvisionnement en eau, les sites pratiques pour l'élimination des déchets, et des possibilités de loisirs relatifs à l'eau.

Les zones riveraines associées avec des chenaux éphémères et de petits ruisseaux intermittents contribuent à la société de façon plus subtile, et ils manquent assez souvent d'intérêt - en partie à cause de la facilité avec laquelle ils peuvent être convertis à d'autres utilisations. Cependant, les zones riveraines de petits cours d'eau méritent une

attention non seulement pour leurs contributions locales, mais aussi pour leur grande longueur collective.

Du fait que les processus écologiques fondamentaux qui se produisent au niveau des zones rivulaires s'effectuent avec ou sans l'action sur elles, ils peuvent être discutés peu indépendamment des valeurs humaines qui changent au fil du temps et qui diffèrent entre les cultures. Les fonctions se répartissent en trois grandes catégories : l'hydrologie et la dynamique des sédiments, la biogéochimie et le cycle nutritif, ainsi que l'habitat et le maintien du réseau trophique.

La végétation alluviale (y compris les canopées, les branches, les tiges, les racines et les litières) non seulement protège le sol de l'impact des précipitations directes et réduit la vitesse des flux de débordement (empêchant ainsi l'affouillement), mais aussi elle favoriserait également le dépôt de sédiments fins. Dans les années sans inondation, la végétation riveraine s'établit sur les zones exposées de plaines inondables, en assurant la stabilité à ces zones et la promotion de l'accrétion verticale des sédiments pendant les inondations subséquentes (Friedman *et al.*, 1996 a,b in Anonyme, 2002).

On a identifié plusieurs paramètres importants d'un cours d'eau affectant la rugosité : le matériel du lit mineur, les variations de la section transversale, les effets relatifs d'obstruction, le degré de méandrisation et les effets de la végétation (Cowan, 1956 in Anonyme, 2002). En outre, la végétation aurait parfois une influence majeure sur la rugosité du chenal et sur la façon dont il dissipe l'énergie des cours d'eau pendant les périodes de crue. Les Graminées et autres plantes basses sont particulièrement efficaces pour protéger les sols de l'érosion de surface à des débits élevés et sont importants pour provoquer le dépôt de limons, bien que le niveau de rugosité associée aux Graminées dépende de l'espèce, du stade de croissance, et du degré de perturbation (Wilson, 1967 in Anonyme, 2002). La végétation herbacée rivulaire augmente la friction locale sur les rives en créant des barrières flexibles et tridimensionnelles au courant (Anonyme, 2002). Ainsi, la végétation riveraine aurait un rôle fondamental dans le maintien à long terme des berges et des reliefs des plaines inondables.

Les principaux services environnementaux des zones ripisylves ont été traités à travers diverses études et sont résumés par Somman *et al.* (2007) comme suit :

- Fonction de régulation :
 - ❖ Régulation des gaz : Rôle des écosystèmes riverains dans les cycles biogéochimiques.
 - ❖ Fourniture de l'air propre et respirable.
 - ❖ Régulation du climat
 - ❖ Régulation de l'eau
 - ❖ Approvisionnement en eau
 - ❖ Rétention du sol
 - ❖ Formation du sol
 - ❖ Réglementation des éléments nutritifs
 - ❖ Traitement des déchets
 - ❖ Pollinisation
- Fonction d'habitat :
 - ❖ Fonction de Refugium
 - ❖ Fonction de pépinière
- Fonction de Production
 - ❖ Nourriture
 - ❖ Matières premières
- Fonction d'information
 - ❖ Informations esthétiques
 - ❖ Loisirs nautiques
 - ❖ Science et éducation

1.4. Etude Phytoécologique de la végétation ripisylve

La végétation ripisylve qui est-elle un type d'écosystème particulier, constitue un écotone entre le milieu terrestre et le milieu aquatique (Quezel & Médail, 2003) ; ceci lui confère une importance non des moindres. Les ripisylves constitueraient en milieu méditerranéen, un ensemble physionomique assez particulier et pas assez connu sur le plan typologique et surtout dynamique, en particulier en Méditerranée orientale. Elles représentent des structures de végétation au moins en parties azonales (Quezel & Médail, 2003).

Aussi, les individus au sein de chaque espèce végétale se regroupent en fonction de leur similitude et/ou complémentarité d'exigences écologiques dans des conditions de milieu déterminées, suivant la loi de l'offre écologique (celle du milieu physique) et de la demande biologique (celle des espèces végétales) (Tanghe, 2011). De ce fait, la compréhension de ces facteurs écologiques est très importante et passe par une diversité d'études.

La méthode de description de la flore la plus généralement employée est la méthode du relevé phytosociologique. Le relevé phytosociologique consiste en un inventaire total des espèces, ventilé par strate de végétation et sommairement quantifié selon l'«abondance-dominance» et la «sociabilité» de chacune des espèces. Il permet d'appréhender également la structure et l'architecture (recouvrement et hauteur) de chaque groupement végétal. Le relevé est systématiquement accompagné d'une description générale de la station (topographie, géologie, pédologie, etc.).

La végétation est échantillonnée pour caractériser la composition floristique actuelle qui se présente sur un site et de développer une base de référence pour les analyses de la végétation à venir. Un grand nombre de méthodes ont été proposées et utilisées pour l'analyse de la végétation (cf. Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974 ; Elzinga et al, 2001). Deux des méthodes les plus populaires sont celle à la placette et l'échantillonnage basé sur transect. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients et peut être utilisée à des fins distinctes. Les transects peuvent être utilisés pour échantillonner la végétation le long des gradients environnementaux ou dans de grands peuplements où une vaste zone de l'échantillon est souhaitée. Il est essentiel que la taille des parcelles de l'échantillon réponde aux critères de superficie minimale, c'est la zone minimale de l'échantillon qui représente de manière adéquate la composition de la communauté végétale. La somme de la superficie de l'échantillon le long de transects devrait également répondre à ce critère de surface minimale.

Les corridors rivulaires dans les régions de climat méditerranéen sont des habitats riches en ressources limitées par la présence de l'eau, dans des paysages plus vastes. Toutefois, l'on en sait peu sur la façon dont leurs communautés végétales se composent, fonctionnent et interagissent entre elles (Stella *et al.*, 2013).

Toutes les régions méditerranéennes soutiennent une flore riveraine distincte, bien que de nombreux genres exotiques aient envahi ces régions. Les lacunes des connaissances actuelles et des sujets pour de futures recherches incluent les impacts cumulatifs aux

petits cours d'eau éphémères et les grandes et permanentes rivières, ainsi que les écosystèmes sous-étudiés en Afrique du Nord (Cas du Maroc), le bassin occidental de la Méditerranée et le Chili (Stella *et al.*, 2013).

Des études phytoécologiques, telles que Van Aardt (2010) en Afrique du Sud et Joby (2014) en Inde, ont veillé à faire ressortir la composition floristique de la végétation riveraine de leurs zones, leur répartition, leurs interactions et leurs effets sur le milieu plutôt sensible qu'est celui riverain. Leur méthodologie s'est principalement axée sur la méthode phytosociologique d'étude de la végétation de Braun-Blanquet (Ecole Zuricho-Montpellieraine), sur laquelle a été axée la présente étude. La consultation de la bibliographie a montré l'absence d'une méthode standard d'échantillonnage de la végétation riveraine, telle les études de Van Aardt (2010) et Joby (2014) ; celle-ci étant linéaire le long des corridors fluviaux et de distribution liée au comportement hydrodynamique du cours d'eau.

Au Maroc, les études phytoécologiques et phytosociologiques concernant la végétation rivulaire sont assez rares. L'on peut citer les travaux de Ennabili *et al.* (1996b), Ater *et al.* (2008) et Libiad *et al.* (2012, 2015) qui ont mis en évidence les groupements végétaux de leurs milieux d'études en lien avec les gradients amont-aval des cours d'eau ainsi que les divers paramètres physiques et biotiques qui agissent sur la végétation riveraine. De même, Bendâanoun (1991) a mis l'accent sur l'étude de la végétation halophile des milieux rivulaires salins. Aussi, Atbib (1979) s'est quant à lui penché sur la végétation hygrophile de la réserve biologique de Sidi Boughaba en mettant l'accent sur la caractérisation de la végétation et son interrelation avec son milieu.

Ainsi, cette étude vient à point nommé essayer d'apporter une contribution à une meilleure connaissance de la végétation rivulaire, au niveau du bassin versant de l'Ourika, une zone fortement affectée par une pléiade de perturbations naturelles et anthropiques. Elle veillera à cibler la végétation caractéristique des zones rivulaires en vue de leur caractérisation typologique, et leurs interrelations avec leur milieu, dans une optique d'optimiser leurs rôles.

1.5. Evaluation de la qualité de la végétation ripisylve

La végétation riveraine est l'un des éléments écologiques clés des systèmes fluviaux. Elle maintient des niveaux élevés de la diversité biologique ainsi que de productivité et

fournit des habitats dynamiques pour de nombreuses espèces différentes (Bennett & Simon, 2004 in Magdaleno & Martinez, 2014). Elle fournit également de nombreux autres services écologiques et des services écosystémiques, exerçant des fonctions critiques dans les cycles hydrologiques et biogéochimiques, protégeant la qualité de l'eau, et en fournissant des habitats importants pour une riche diversité de la flore et de la faune (Naiman & Décamps, 1997; Lohman, 2004). Ces attributs sont étroitement liés à une gamme de conditions hydriques qui déterminent la qualité des forêts riveraines servant de refuge pour un grand nombre d'espèces qui peuplent les environnements riverains. Cependant, les forêts rivulaires ont été soumises à l'altération progressive des derniers siècles, principalement en raison de pressions humaines (en particulier de la régulation des rivières et le développement agricole, mais aussi la foresterie, des mines de gravier ou de l'occupation urbaine) qui ont grandement dégradées leur structure et la fonction écologiques (Hughes & Rood, 2003).

En région méditerranéenne, les ripisylves forment des écosystèmes assez remarquables dont le fonctionnement n'est pas suffisamment connu. A l'exception de quelques études, les travaux synthétiques sur le sujet sont soit inexistantes soit trop désuets nécessitant une réactualisation et une intégration dans un contexte plus holistique et fonctionnel (Quezel & Médail, 2003).

Les méthodes d'évaluation de l'habitat riverain visent à identifier, examiner et évaluer les conditions de l'habitat des cours d'eau tels que les oueds, rivières et des ruisseaux. Elles sont principalement appliquées à une échelle locale / de bief, et généralement dans le corridor d'une rivière, tout en mettant l'accent sur les caractéristiques de la végétation. Environ 14 méthodes sont recensées à l'échelle mondiale (5 pour les pays européens et 9 pour les pays non-européens) (Stella *et al.*, 2013).

Elles adoptent une approche similaire à l'évaluation de l'habitat de la rivière, mais en se concentrant sur la composante riveraine. Elles souffrent généralement des mêmes limites que pour l'évaluation de l'habitat (limitée par une échelle spatiale et temporelle, une mauvaise compréhension des processus physiques, etc.), mais elles intègrent avec succès la végétation dans l'évaluation de l'état de la rivière. Ces méthodes ont été développées principalement dans les pays d'Europe du Sud notamment l'Espagne et l'Italie.

Les méthodes d'évaluation de qualité de cours d'eau sont traditionnellement axées sur l'environnement aquatique, et en particulier l'état trophique des macrophytes, avec de nombreux exemples de rivières tempérées. En Australie, le système AUSRIVAS (Australia Rivers Assessment System) est d'usage courant (Halse *et al.*, 2007), et en Europe, l'on peut citer le MTR (Rang Trophique Moyen) de Holmes *et al.* (1999) et l'IBMR (Indice Biologique des rivières) de Haury *et al.* (2006, *in* Stella *et al.*, 2013).

Contrairement à ces mesures de qualité de l'eau qui utilisent la végétation rivulaire comme indicatrice, l'évaluation directe de l'intégrité écologique de la zone riveraine de végétation est un domaine assez récent avec peu d'accord sur des approches appropriées (Stromberg *et al.*, 2006). Dans les régions méditerranéennes, la variabilité spatio-temporelle intrinsèque et son interaction avec les perturbations naturelles et humaines rend ce domaine particulièrement difficile, et un certain nombre d'approches différentes a été développé dans la dernière décennie pour pouvoir cerner cette problématique (Stella *et al.*, 2013). Par exemple, en Europe méditerranéenne, les premières méthodes d'évaluation de la végétation riveraine ont été axées sur la richesse et la couverture des espèces autochtones par rapport aux espèces exotiques, ainsi que les paramètres de connectivité des mosaïques de végétation (Salinas *et al.*, 2000).

La Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE ; 2000/60/CE) a requis la nécessité du développement de nouveaux critères pour évaluer la qualité écologique des zones riveraines (Gonzalez del Tanago & García de Jalon, 2006) ainsi que d'améliorer les méthodes d'évaluation de terrain (Munné *et al.*, 2003). Ceci a conduit à la mise au point de plusieurs méthodes à savoir :

- Un indice de qualité biotique nommé RQI (indice de qualité riveraine), développé par Gonzalez del Tanago & García de Jalon (2006) et basé sur la connectivité longitudinale, la largeur de la bande riveraine boisée, la composition des espèces naturelles et les conditions physiques des berges.
- L'indice QBR (Munné *et al.*, 2003), également développé en Espagne, est basé sur le couvert végétal, la structure et la modification d'un chenal, et il a été adapté et appliqué dans différents pays de la région méditerranéenne dont le Portugal (Rodriguez-Gonzalez *et al.*, 2003), la Grèce (Zogaris *et al.*, 2009) et le Chili (Fernández *et al.*, 2009).

Au Portugal, une approche multimétrique a été élaborée pour évaluer l'intégrité écologique des rivières en fonction des attributs de la végétation y compris la couverture

des espèces exotiques et endémiques, et les paramètres fonctionnels associés au cycle de vie et de reproduction (Aguiar *et al.*, 2009). Bien que cette approche ait fourni une réponse fiable à la perturbation, la classification était meilleure au niveau local plutôt qu'à une échelle régionale. D'autres méthodes d'évaluation utilisent des placettes de végétation (relevés), composé d'un inventaire rapide des espèces, leur pourcentage de couverture, et la détermination des caractéristiques abiotiques, afin de comparer des sites affectés par les conditions de référence (ex. Sieben & Reinecke, 2008) en Afrique du Sud).

Une autre approche consiste à utiliser un processus de notation qui comprend souvent des scores des composantes pour la largeur et la continuité de la bande riveraine entre autres propriétés. Par exemple, Carone *et al.*, (2010) ont adapté la méthode d'étude environnementale du chenal et la zone riveraine, (RCE), précédemment utilisée par Petersen (1992) aux États-Unis, pour les fleuves italiens. La méthode de l'inventaire RCE totalise seize caractéristiques de la zone riveraine, et analyse la morphologie du chenal, et les communautés biologiques dans les deux habitats pour déterminer un indice combiné qui peut être utilisée pour hiérarchiser les mesures de gestion.

En outre, ils ne sont pas liés aux dimensions spécifiques des écosystèmes fluviaux. La gamme de largeurs des bandes riveraines oscille entre la dizaine de mètres et des centaines de mètres, et la complexité de la structure de la végétation ainsi que sa composition est aussi largement variable. Ainsi, les études devraient de préférence être adaptées à la configuration de la rivière et fournissent une image réelle de la qualité globale des peuplements riverains (Magdaleno & Martinez, 2014).

En Espagne, Munné *et al.* (2003) ont proposé le QBR (qualité biologique des zones rivulaires) comme indice pour évaluer la qualité écologique des habitats riverains dans les rivières et les ruisseaux. Cet indice a été fréquemment utilisé dans de nombreuses études et rapports (González del Tanago & Anton, 1998), bien qu'il comporte certaines limites lorsqu'il est appliqué dans certaines régions (Suárez *et al.*, 2002). L'indice QBR met particulièrement l'accent sur l'évaluation de la qualité de la présente végétation ripisylve en termes de pourcentage de couverture, la connectivité avec les écosystèmes forestiers adjacents et du nombre d'espèces d'arbres autochtones.

Cependant, il ne prend pas en compte les variations saisonnières et dynamiques de successions de la végétation, ni les différentes potentialités naturelles de chaque rivière se manifestant selon les conditions géomorphologiques de la vallée ou le type de régime

de l'écoulement. En outre, l'identification taxonomique des espèces ripicoles n'est pas nécessaire dans l'application du QBR, que cet indice se différencie seulement entre les espèces d'arbres et d'arbustes, et les espèces indigènes et exotiques (Munné *et al.*, 2003). Ce fait rend le QBR pas très bien adapté pour évaluer l'état des zones riveraines dans le contexte de la Directive-cadre de l'Eau, où la comparaison entre la composition réelle des espèces et la structure de la végétation correspondant pour celle des conditions de référence, doivent former la base de l'évaluation écologique de l'état de chaque tronçon de rivière.

La subjectivité est toujours un problème dans l'application des indices de qualité des cours d'eau ((Boulton, 1999 in Munné *et al.*, 2003). Cependant, les résultats des études de Suarez *et al.* (2002) et d'autres auteurs ((In (Magdaleno & Martinez, 2014) ont montré que le QBR a un biais raisonnable dans le calcul même lorsque le site est évalué par différents observateurs. Jusqu'à présent, l'indice a été appliqué avec succès à plusieurs régions d'Espagne, malgré les différences de composition floristique. L'indice de QBR a également été utilisé dans la région semi-aride du Sud-est (par exemple (Sweeney & Czapka, 2004). L'indice QBR est destiné à être utilisé par les gestionnaires et les planificateurs de l'environnement aux niveaux nationaux et régionaux, et peut être utilisé pour rendre compte de l'état des zones riveraines des cours d'eau. L'indice a été utilisé dans les programmes de recherche et de surveillance dans la région de Barcelone (Prat *et al.*, 1999 ; 2000) et d'autres bassins, le long de la côte méditerranéenne. Dans d'autres régions d'Espagne, il a été utilisé pour évaluer l'efficacité à long terme de programmes de réadaptation (González del Tanago & Anton, 1998). Ces auteurs ont calculé le coût de la réhabilitation de la rivière dans la région de Madrid selon la valeur réelle de QBR par rapport à l'objectif qui a été fixé à une valeur future QBR de près de 95. Il peut également être utilisé pour l'évaluation post-projet (Munné *et al.*, 2003). La classification de la qualité des zones riveraines en utilisant l'indice de QBR peut être facilement établie le long des cours d'eau à l'aide des outils SIG (Narumalani *et al.*, 1997; Hemstrom *et al.*, 2002) et d'autres systèmes (ex. In Munné *et al.*, 2003).

Dans la zone géographique où a été testé l'indice QBR, il s'est avéré être indépendant des différences régionales au sein des différents types de communautés végétales riveraines, comme l'a montré une comparaison entre une analyse de classification des communautés végétales et les valeurs QBR (Munné *et al.*, 2003). Il n'est pas nécessaire d'identifier toute la végétation rivulaire au niveau de l'espèce afin de calculer l'indice

QBR, mais une connaissance des arbres autochtones et exotiques est nécessaire étant donné que ceux-ci sont utilisés pour déterminer une partie de la valeur du QBR. En dehors d'autres paramètres qui dépendent de la composition détaillée des espèces pour évaluer la qualité riveraine, l'utilisation de l'indice est limitée à la région pour laquelle il a été conçu en l'occurrence pour les zones NW espagnoles méditerranéennes ; ceci tend à conforter le choix de cet indice pour l'étude du bassin versant de l'Ourika présentant pratiquement des caractéristiques climatiques similaires. L'indice QBR tient compte des différences dans la géomorphologie de la rivière depuis l'amont à l'aval et ces différences sont évaluées d'une manière semi-quantitative simple sur le terrain (Munné *et al.*, 2003).

Au Maroc, les quelques études des ripisylves sont celles menées par Ater *et al.*, (2008), qui a concerné la structure et la diversité des ripisylves et la manière dont elles constituent un refuge pour l'avifaune qu'elles abritent dans le bassin versant de l'oued Laou. L'on peut citer aussi Ennabili (1999) qui a étudié l'écologie et le contexte socioéconomique de la végétation hygrophile ainsi que son rôle dans l'épuration des eaux usées. De même, Ater *et al.* (2005) et Khamlichi *et al.*, (2008) ont étudié respectivement la végétation rivulaire ou ripisylve dans les bassins versants des oueds Laou et Taddahart ayant eu pour but de mettre en exergue, la structure et la diversité des ripisylves pour les premiers et compléter l'approche hydrobiologique pour la description et le diagnostic de l'état des cours d'eau et des réseaux hydrographiques pour les seconds.

Aussi, les menaces anthropiques auxquelles les ripisylves font de l'insuffisance de la connaissance de leur biologie et leur écologie handicapent la mise en place de plan de gestion adéquat pour ces milieux. C'est dans cet ordre d'idées, que cette étude devrait s'inscrire pour endiguer cette problématique en vue de permettre une meilleure qualité des ripisylves pour mieux assurer les services hydrologiques au sein du bassin versant de l'Ourika.

1.6. Conservation et restauration des écosystèmes ripisylves

Un milieu naturel est soumis à des aléas de diverses sortes. Ils peuvent être d'ordre naturel ou carrément dus à des actions anthropiques. Quoiqu'il en soit, des mesures peuvent être entreprises en vue d'augmenter la résilience des écosystèmes en vue d'assurer pleinement les services hydrologiques rendus. C'est ainsi que les écosystèmes

ripisylves quant à eux, étant des écosystèmes particulièrement fragiles, les actions à entreprendre doivent être bien formulées et mises en application avec rigueur.

1.6.1. Définition de concepts de conservation et de restauration

1.6.1.1. Notion de conservation

La conservation est une stratégie de gestion qui implique plus de simplement prévenir les altérations induites par l'homme. Par exemple, les mesures de gestion peuvent être nécessaires pour maintenir les fonctions naturelles et les caractéristiques (par exemple, le brûlage dirigé, de la gestion de l'invasion par les espèces exotiques, et la gestion de l'herbivorie). Les mesures visant à protéger les écosystèmes intacts (de conservation) sont importantes car ils sont souvent plus faciles à mettre en œuvre, ont des taux plus élevés de succès, et sont à moindre coût par rapport à la restauration. La préservation des écosystèmes intacts peut aussi être moins chère que de les restaurer, tout comme la médecine préventive est presque toujours moins chère que la médecine correctrice (Boone Kauffman *et al.*, 1997).

Dans le cas de l'évaluation du milieu par l'indice QBR, elle concerne les zones où l'indice de QBR est supérieur à 90.

1.6.1.2. Notion de restauration

La restauration écologique de la végétation riveraine dégradée est généralement considérée comme un moyen efficace pour améliorer les habitats d'amont (Sawtschuk *et al.*, 2014).

Dans les écosystèmes rivulaires, elle est définie comme le rétablissement après perturbation des fonctions des écosystèmes riverains ainsi que des processus chimiques, biologiques et physiques. La restauration est le processus de réparation des dommages causés par les humains à la diversité et la dynamique des écosystèmes indigènes (*In* Boone Kauffman *et al.*, 1997).

Alors que la restauration écologique tente de revenir au plus près que possible de l'état des zones riveraines avant perturbation, des fonctions et processus, il est à noter que les écosystèmes sont dans un état constant de flux dû à l'évolution constante des conditions environnementales. Ces changements, parfois couplés avec des impacts irréversibles humaines (par exemple, la perte de sol, les invasions biotiques, la pollution de l'air),

peuvent empêcher notre capacité à précisément recréer la structure des écosystèmes et des fonctions qui existait auparavant. Ainsi, l'objectif des projets de restauration est de veiller à ce que la dynamique des processus naturels des écosystèmes soit de nouveau fonctionnellement efficace, de sorte que la structure et la fonction des écosystèmes puissent être récupérées (National Research Council, 1992 in Boone Kauffman *et al.*, 1997).

1.6.1.3. Etapes à suivre pour la mise en œuvre

Cette partie suit en grande partie, l'échelonnement proposé par Griggs (2009) :

- Recherche d'informations capitales :
 - ❖ Recensement des informations sur l'utilisation des terres
 - ❖ Hydrologie
 - ❖ Sols
 - ❖ Transport des sédiments
 - ❖ Préoccupations des personnes riveraines
 - ❖ Conception d'un plan de restauration

Les évaluations ci-dessus devraient fournir des informations suffisantes pour élaborer la conception de restauration écologique.

- ❖ Mise en œuvre du plan de restauration

Il passe par l'élaboration d'un document qui rassemble et explique l'écologie et la mise en œuvre des aspects d'un projet de restauration, offre un calendrier de projet, fournit un budget, décrit les méthodes de mise en œuvre, le suivi et décrit les protocoles de gestion adaptative pour le site.

Partie 2 : MATERIELS ET METHODES

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Cadre géographique, administratif et forestier

2.1.1.1. Cadre géographique

Appartenant au bassin du Tensift, le Bassin Versant de l'Ourika s'étend sur une superficie de 57600 ha. Il appartient au Haut Atlas de Marrakech, compris entre 31° et 31°20' Nord et entre 7°30' et 7°60' Ouest (Figure 1). L'oued principal tire son origine des hauts contreforts de la chaîne du Haut Atlas. Son cours tel qu'il se présente, a été façonné à travers des roches cristallines dures en amont (Iferouane n'ouadour : point culminant du bassin versant à 4001 mètres) et des formations sédimentaires plus friables en aval, aboutit à 1070 m à l'extrémité de l'Atlas qui ont sculpté des vallées encaissées et des pentes abruptes.

Il est limité au Nord par la plaine du Haouz, au Sud par le BV de l'Oued Souss, à l'Est par le BV de l'Oued Zat et à l'Ouest par ceux des Oueds Rheraya et Issil (Assif n'Talaght).

Le BV est caractérisé par trois principales unités physiographiques suivantes :

- ❑ Les zones du Piémont avec une altitude aux alentours de 900 m
- ❑ Les vallées de l'Oued Ourika et ses affluents
- ❑ Les zones de haute montagne et les plateaux d'altitude

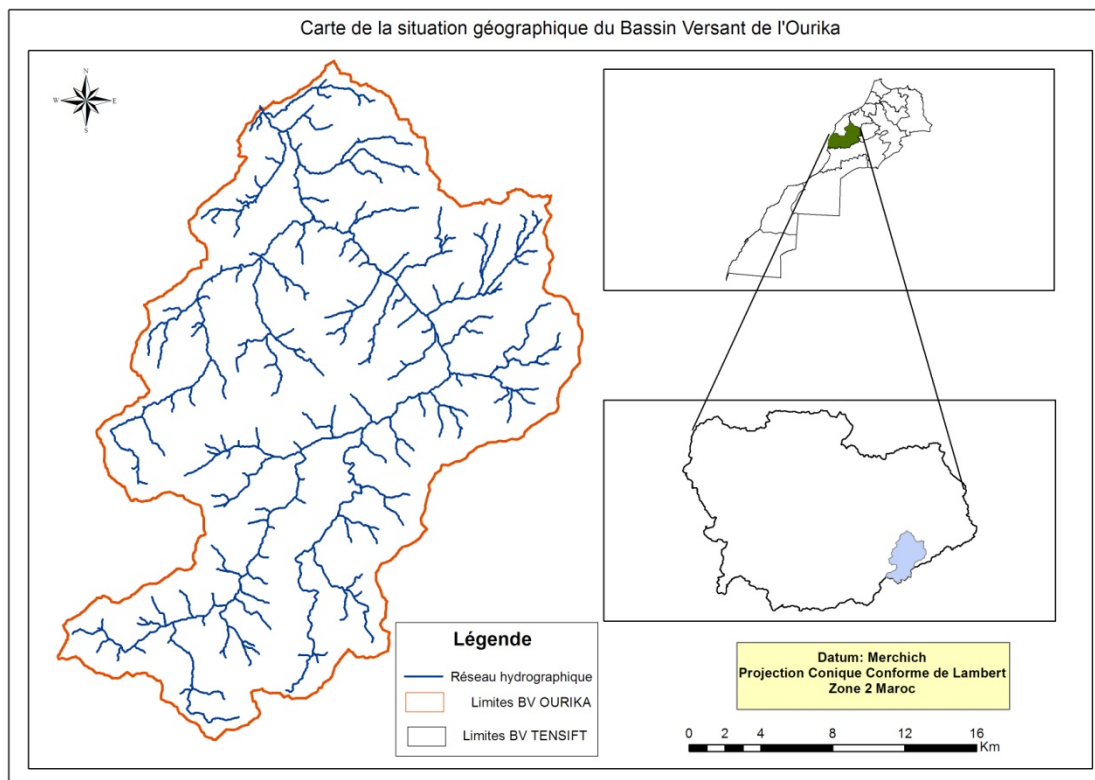


Figure 1 : Carte de la situation géographique du bassin versant de l'Ourika

2.1.1.2. Cadre administratif

Sur le plan administratif, la zone relève du territoire de trois provinces:

- ❑ Province d'Al Haouz : 90 % de la superficie
- ❑ Provinces d'Ouarzazate et de Taroudant : 10%

Les communes rurales suivantes font partie du découpage administratif du bassin versant :

- ❖ Iguerferouane, Ourika, Tighdiouine, Setti Fadma, Oukaimden (Province d'Al Haouz)
- ❖ Igherem N'Ougdal, Tidili (Province d'Ouarzazate)
- ❖ Toubkal (Province de Taroudant) (figure 2)

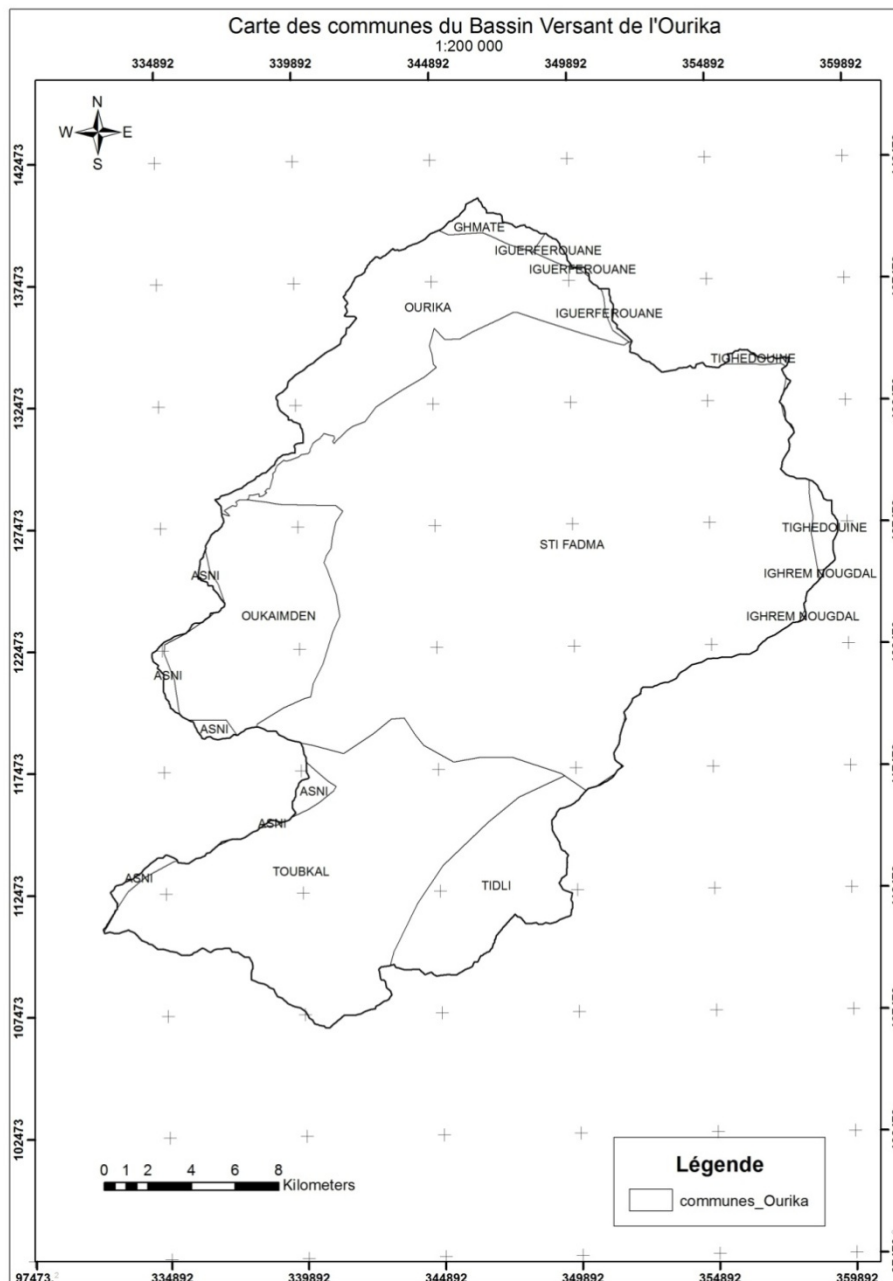


Figure 2 : Carte des communes rurales du bassin versant de l'Ourika

2.1.1.3. Cadre forestier

La structure de gestion du bassin versant de l'Ourika est la DREF du Haut-Atlas dont relève le Service Provincial des Eaux et Forêts de Marrakech. Les 3 triages suivants sont ceux d'Asgaouar, Dar Louriki et Agaiouar

2.1.2. Milieu physique

2.1.2.1. Hypsométrie

Le massif de l'Ourika est formé de relief rocheux aux pentes fortes où la plupart des sommets culminent au-delà de 2000 m. Ces altitudes élevées dans la partie amont de la vallée favorisent l'installation d'un climat froid et humide qui est à l'origine d'un enneigement important en hiver. Celui-ci participe avec d'autres facteurs à la formation d'un grand réservoir d'eau.

Cependant, la topographie de la région n'est pas favorable à de grandes utilisations locales de ces ressources en eau, excepté le piémont où elles s'accumulent dans les rivières et les dépressions compte tenu de l'imperméabilité des terrains cristallins.

La carte topographique au 1/100000 Oukaimden-Toubkal a permis d'obtenir la répartition des tranches d'altitude. La répartition altimétrique du bassin de l'Ourika montre la prédominance des terrains compris entre 1600 et 3200 m (75%), l'altitude moyenne s'élève à 2500 m (figure 3). Le point culminant du bassin est celui de Jbel Ifrouane (4001 m) et le point le plus bas est celui de l'exutoire (848 m).

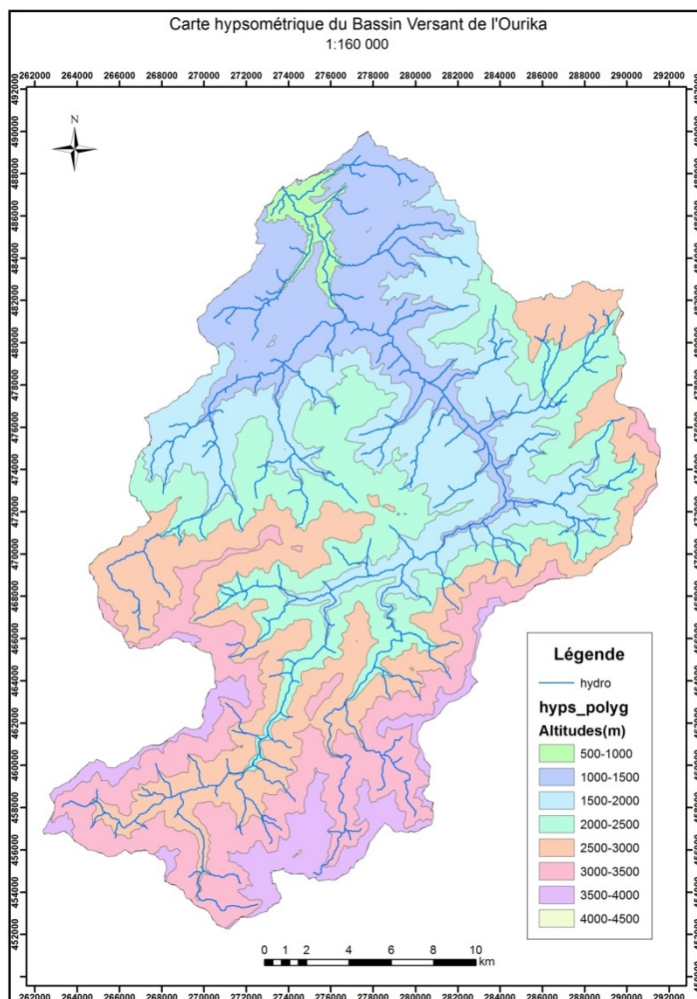


Figure 3 : Carte hypsométrique du bassin versant de l'Ourika

Corpus : MNT Aster GDEM (2014)

2.1.2.2. Pentas

Les phases érosive ou sédimentaire d'un cours d'eau sont déterminées par le type de pente. Dans les zones les plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion du substrat sur laquelle ils s'écoulent tandis qu'en plaine, la sédimentation est prédominante (figure 4).

Au niveau du bassin versant de l'Ourika les pentes sont majoritairement fortes, ces pentes confèrent à l'oued un caractère assez violent et torrentiel.

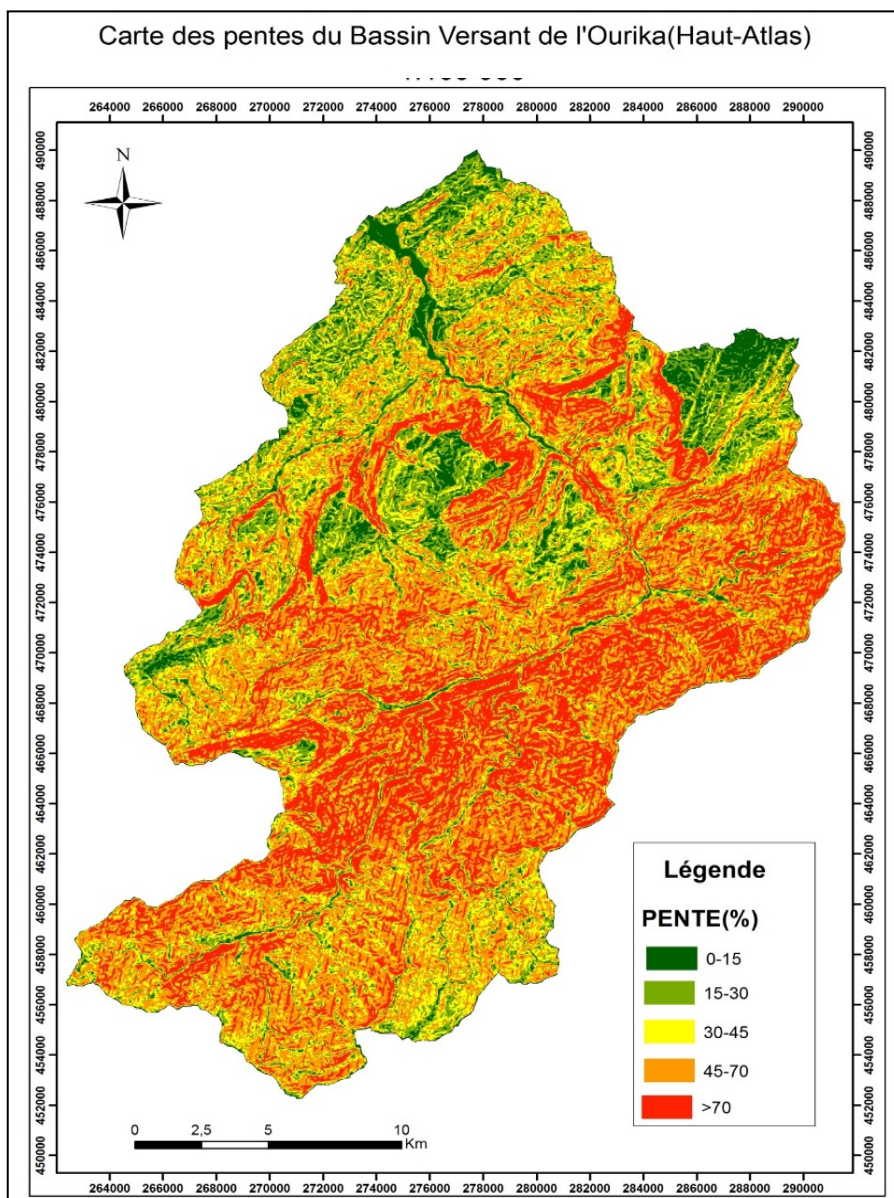


Figure 4 : Carte des pentes du bassin versant de l'Ourika

Corpus : MNT Aster GDEM (2014)

2.1.2.3. Aspect géomorphologique et hydrologique du bassin versant

- Contexte morphologique du bassin versant

Doté d'une superficie de 576 km², le bassin versant de l'Ourika s'étendant jusqu'à Aghbalou présente une forme sensiblement allongé et a un indice de compacité de 1,3. Son principal cours d'eau ayant une orientation NE et ensuite NW après la bourgade de

Setti Fadma, traverse une longue vallée encaissée vers laquelle converge, sur les deux rives, une succession de vallées et de ravins/affluents. Cette situation explique que les ondes de crues de l'oued Ourika grossissent vers l'aval, à mesure de leur alimentation par les affluents.

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Ourika jusqu'à Tnine Ourika.

Caractéristiques	Données
Périmètre (km)	134,687
Surface (km ²)	576
Indice de compacité	1,57
Longueur du cours d'eau principal (km)	41,5
Longueur du rectangle équivalent (km)	57,19
Largeur du rectangle équivalent (km)	11,175
Altitude maximale(m)	4001
Altitude moyenne	2500
Altitude minimale(m)	850
Pente moyenne du cours d'eau principal(%)	4,9

Corpus : MNT Aster GDEM (2014)

L'indice de compacité de Gravelius ($Kc = 0,28 P / \sqrt{S}$, où P est le périmètre et S la surface) permet d'avoir une idée sur la forme géométrique du bassin : dans le cas présent, il est de l'ordre de 1,58, ce qui témoigne d'une forme relativement allongée du bassin (Tableau1). Le cours principal forme une vallée linéaire alimentée, sur les deux rives, par une succession d'affluents. Cette situation permet aux ondes de crues de grossir vers l'aval à mesure de leur alimentation par les affluents.

□ Hydrologie du bassin versant

L'oued Ourika est un affluent de l'oued Lahjar qui est aussi un affluent rive gauche de l'oued Tensift. Il se divise en deux portions nettement opposées de part et d'autre du coude d'Ait Barka. La longueur de l'Ourika de ses sources à l'exutoire du bassin versant

à Aghbalou est de l'ordre de 41,5 km. Le réseau hydrographique du bassin de l'Ourika est assez dense et bien ramifié, et les principaux affluents du cours principal étant :

- ❖ Assif N'Tifni : en rive droite appelé Aksoual à sa naissance à une altitude de 3800 m environ ;
- ❖ Assif N'Oufra : en rive droite qui prend naissance à une altitude de 3800 m ;
- ❖ Assif Amlouggui
- ❖ Assif Tarzaza : en rive gauche dont la source est à 3600 m environ, c'est un oued très pentu ce qui explique ces crues violentes causant souvent des dégâts importants.(figure 5) (ABHT)

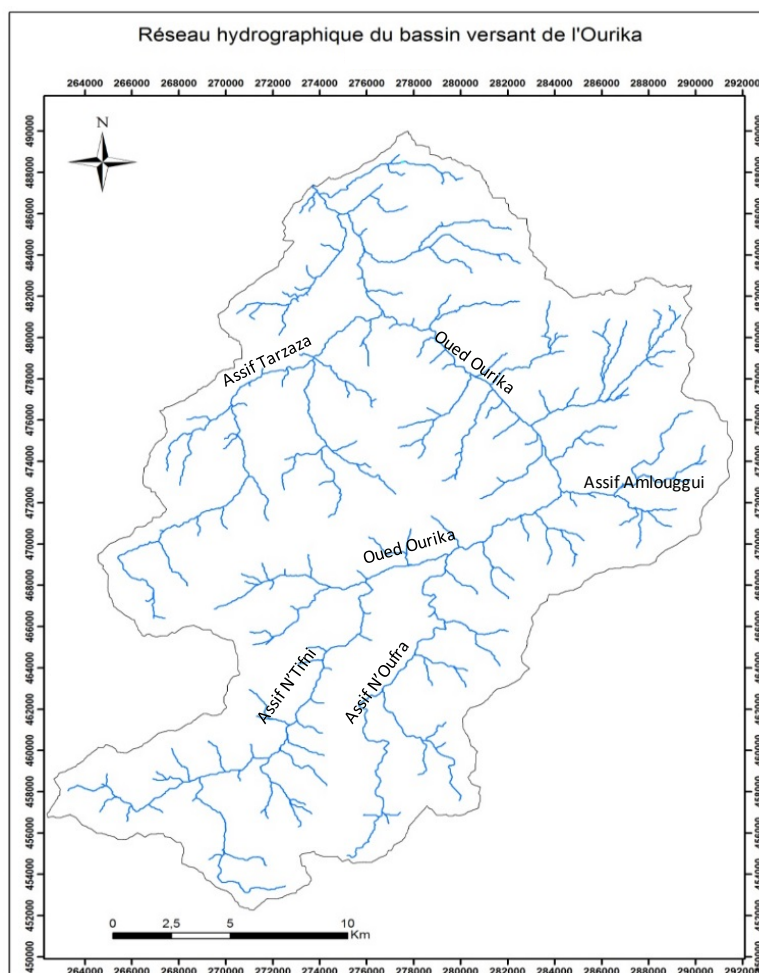


Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika

2.1.2.4. Aspect géologique

Le bassin versant de l'Ourika est l'un des bassins de la chaîne atlasique (Haut Atlas de Marrakech), s'étendant depuis l'océan atlantique à l'ouest jusqu'au Tunisie à l'est, c'est une chaîne intracratonique typique, sensiblement allongée selon une direction ENE-WSW à E-W.

D'après Saadi & Baou (2005), la région de l'Ourika se divise en quatre zones structurales, parallèles à l'axe de l'Atlas et qui sont du Sud au Nord :

- ❑ Zone axiale : elle concerne la partie la plus élevée du Haut-Atlas avec le Jbel Toubkal qui culmine à 4165m. Elle est formée majoritairement de terrains précambriens de granite rose et d'andésite du Toubkal.
- ❑ Zone des hauts plateaux, située au environ de 2500 m, tels que l'Adrar Yagour., Timenkar et Tizrag. C'est une unité permo-triasique, constituée généralement par une formation gréseuse, de conglomérat et de marnes rouges, toutefois, les formations dominantes sont celle à granite rose à biotite
- ❑ Zone des Piémonts : elle est constituée par une zone subatlantique formée, faite de collines, de cuvettes et des plateaux. Il y a une dominance de formations de conglomérats datant du Lias au Crétacé, des flyschs viséens, du calcaire et du grès friables (1^{ère} unité du Permo-Trias)
- ❑ Zone de la plaine du Haouz.

Ces quatre zones sont morphologiquement, géologiquement et structurellement bien différentes les unes des autres.

De point de vue structural, ce bassin est affecté par de grandes failles inverses majeures, orientées N70 environ. Cette orientation est parallèle à la direction de la chaîne atlasique. Les zones entre ces failles inverses sont affectées à leur tour par des failles normales de direction NNE-SSW sédimentaires, infracambriennes et permo-triasiques avec le socle, au Nord d'autre failles liées à l'accident Nord atlasique ont fait chevaucher et plisser la couverture secondaire du carbonifère et celle post-atlasique.

2.1.2.5. Aspect pédologique

Différents types de sol proviennent des substrats soumis à l'influence de facteurs climatiques et de végétation. Quatre principaux types de roches-mères donnent les types de sols suivants (DREF-HA, 2002 in Doukkali el Amajidi, 2003) :

- ❑ Des sols sur roches éruptives : les roches magmatiques sont altérables et aboutissent le plus souvent à des sols plus ou moins profonds et riches
- ❑ Des sols sur flysch schisto-gréseux : l'évolution de ces types de sol reste liée aux conditions écologiques et leur altération donne naissance à un sol zonal pouvant aboutir à des sols :
 - ❖ Humiques bruns forestiers humifères peu profonds sur les versants humides avec altération de la roche-mère
 - ❖ Minéraux bruts (lithosols) sur les versants secs avec affleurement des substrats
- ❑ Des sols sur formations permo-triasiques de grès rouges et de marnes : ce type de sol s'étend sur une superficie assez importante au niveau du bassin. Ces formations sont constituées par des argilites très tendres, très exploitées à des fins agricoles et soumises facilement au ruissellement (ravinement). Lorsque soumis à des conditions plus xériques, l'altération des grès donne lieu à la formation d'un manteau argilo-sableux donnant naissance à des sols fersialitiques.
- ❑ Des sols sur calcaire : sous végétation, l'on obtient des rendzines vraies ou brunifiées jusqu'à la formation d'un sol brun calcaire. Au niveau de l'ubac (versant Nord) et sur de fortes pentes, ces calcaires assèchent le milieu. Sur des colluvions profondes marno-calcaires, se forment des sols fersialitiques caractérisés par la présence de sel gemme (alluvions, colluvions, vertiques).

2.1.2.6. Contexte climatique

Cette région se distingue par son climat rude, celui-ci est dû à l'orientation des reliefs qui sont disposés selon une direction générale NE-SW, cette disposition permet à la région de recevoir les courants océaniques humides venant du NW, mais aussi les courants sahariens arides venant du SE (Saadi & Baou, 2005) .

L'analyse du climat dans le bassin versant de l'Ourika est basée sur les principales caractéristiques dont les données (enregistrements) sont disponibles. Pour ce faire, le

choix des stations météorologiques à étudier est porté sur : Agouns, Amenzar, Aghbalou, Tazitount et Tourcht.

Les périodes d'observations correspondent aux séries suivantes :

- Agouns : de 1996 à 2011
- Amenzar : de 1996 à 2011
- Aghbalou : de 1968 à 2011
- Tazitount : de 1998 à 2011
- Tourcht : 1996 à 2011

□ Précipitations

La répartition des quantités de précipitation dans la zone dépend énormément de la position géographique et de l'altitude et dans une certaine mesure à l'exposition.

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles des stations de référence

Stations	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août	Total
Aghbalou	17,35	51,84	56,53	43,84	62,89	65,16	79,73	84,23	51,90	15,39	3,63	9,07	541,56
Tazitounte	15,50	58,52	54,08	39,77	57,23	46,56	48,47	65,01	41,23	16,84	4,02	31,26	478,47
Tourcht	24,69	54,01	41,81	32,14	54,67	52,05	46,68	57,03	38,70	12,83	3,23	18,93	436,77
Amenzal	31,64	53,56	30,16	24,13	28,77	35,79	40,73	67,86	26,96	15,97	9,11	30,04	394,73
Agouns	20,25	34,63	27,37	24,29	21,01	34,07	28,40	26,67	29,66	24,72	17,13	32,89	321,09

Source : ABHT (2011)

La station d'Aghbalou est celle qui enregistre le plus fort total de précipitation annuel dans le bassin versant de l'Ourika (541,46 mm) et Agouns, celui le plus faible (321,09 mm). L'on note un gradient croissant des précipitations d'Agouns en amont du bassin, à Tourcht à mi-chemin puis pour atteindre leurs valeurs les plus élevées à Aghbalou vers l'aval (Tableau 2).

□ Régime pluviométrique moyen saisonnier

L'étude des régimes pluviométriques moyens saisonniers consiste à classer les saisons par ordre de pluviosité décroissante c'est-à-dire dresser les bilans de précipitations obtenues pendant chaque saison. L'analyse de ces données a montré que pour les stations situées en amont avec des altitudes plus élevées (Agouns et Amenzal), le régime saisonnier est du type P.A.H.E. (Printemps- Automne- Hiver- Eté). Cependant,

pour celles en mi-chemin (Tourcht et Tazitounte) et en aval (Aghbalou) avec des altitudes plus faibles, il est du type P.H.A.E (Printemps- Hiver- Automne- Eté) (Tableau 3).

Tableau 3 : Régimes pluviométriques moyens saisonniers des stations pluviométriques de l'Ourika

Station	Précipitations moyennes annuelles (mm)	Précipitations moyennes saisonnières												Type de régime
		Automne			Hiver			Printemps			Eté			
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil.	A	
Aghbalou	541,56	125,72			171,89			215,86			28,09			P.H.A.E
Agouns	321,09	82,26			79,37			84,73			74,74			P.A.H.E
Amenzal	394,73	115,36			88,69			135,55			55,12			P.A.H.E
Tazitounte	478,47	128,10			143,55			154,71			52,12			P.H.A.E
Tourcht	436,77	120,51			138,86			142,41			34,99			P.H.A.E

Source : ABHT(2011)

□ Température

Les données de température concernent 4 stations sauf celle d'Amenzal dont les données étaient absentes.

Tableau 4. Données des températures moyennes mensuelles des stations étudiées

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station												
Aghbalou	7,8	9,5	12,3	14,9	18	21,6	25,1	25,2	21,9	17,3	12,4	8,4
Agouns	4,3	5,8	8,4	11,1	14,4	18,5	22,3	22,4	18,7	13,5	8,5	4,8
Tazitounte	6,6	8,2	11	13,7	16,7	20,6	24,1	24,2	20,7	15,9	11	7,2
Tourcht	4,1	5,7	8,3	11	14,3	18,2	22,1	22,4	18,6	13,5	8,2	4,7

Source : Climate Data (2015)

Les températures les plus basses (4,1°C en Janvier) sont observées au niveau des altitudes plus importantes au niveau de l'amont de l'Oued Ourika (Agouns) puis augmentent jusqu' à atteindre leurs valeurs enregistrées les plus élevées (25,2 ° C) au niveau des altitudes plus faibles en aval de l'Oued Ourika (Aghbalou).

□ Classification de BAGNOULS et GAUSSEN

Bagnouls et Gausсен (1953) définissent les mois secs comme suit : "sera considéré comme sec, tout mois où le total de précipitations exprimé en millimètre (P en mm) est égal ou inférieur au double de la température moyenne (T en °C) du même mois exprimée en degrés centigrades" [$P \text{ (mm)} \leq 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$].

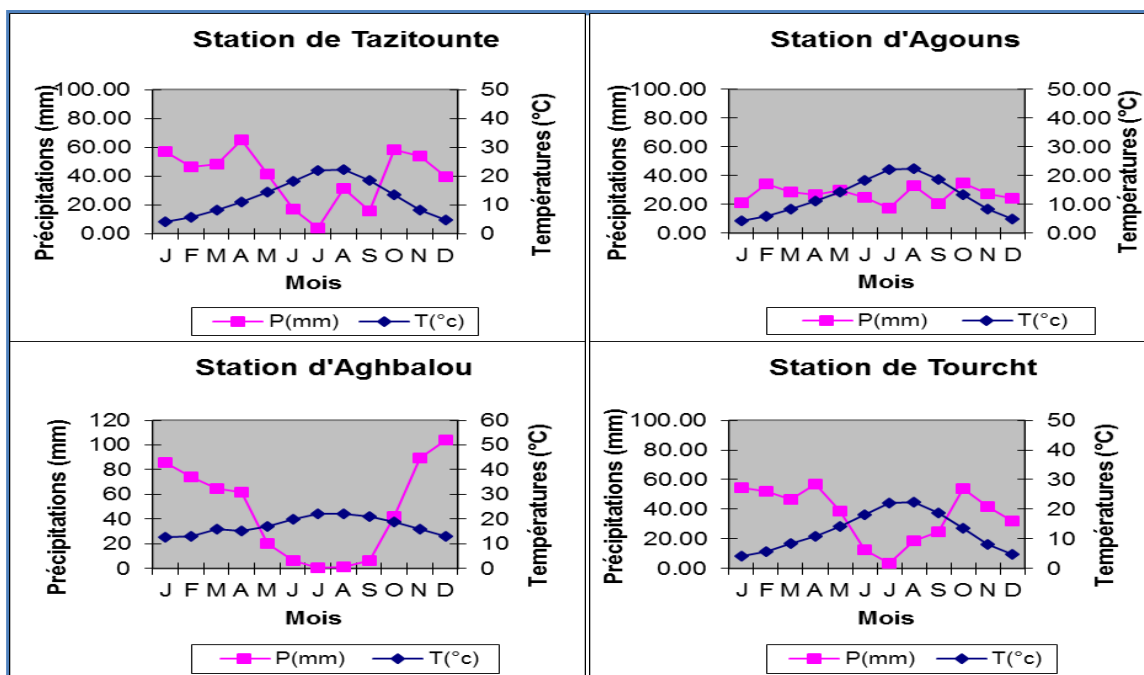


Figure 6. Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен

Au niveau de chacune des stations, il est à noter une différence de la variation temporelle de la période sèche. Au niveau d'Aghbalou, la sécheresse dure de Mi-mai à Octobre (5 mois 1/2) ; elle correspond à la période de sécheresse la plus longue au niveau des stations. En ce qui concerne Agoums, cette période va de Mi-mai à Septembre (4 mois et demi). Pour ce qui est de Tazitounte et de Tourcht, elle s'étend sur la même période qu'Agoums. Ceci montre une sécheresse un peu plus longue en aval de l'Oued Ourika qu'en amont.

Conclusion

L'analyse des différents facteurs climatiques permet de dégager les conclusions suivantes :

- Les précipitations sont variables dans le temps et dans l'espace ;

- Le régime pluviométrique saisonnier pour toutes les stations est de deux types : P.H.A.E en basses altitudes et P.A.H.E en hautes altitudes ;
- La durée de la saison sèche varie de 4,5 à 5,5 mois.

2.1.3. Occupation du sol

Grâce à la classification d'images satellitaires de la zone et la validation par des données de terrain, réalisées par Rihane (2015), l'on peut distinguer les types d'occupation de sol suivants :

- Forêt : elle couvre une superficie de 18574 ha soit 32,25 % de l'étendue du BV
- Cultures en terrasses + Arboriculture : la superficie est de 3397,9 ha (5,9%)
- Matorral et vides asylvatiques : elles occupent la part la plus importante du BV de 29 432,95 ha soit 51,1 % de la superficie du BV.
- Sol nu : la superficie est 6195,65 ha soit 10,76 %.

2.1.4. Flore et Végétation

2.1.4.1. Végétation naturelle

D'après Ouhammou (1982), les principales formations végétales retrouvées au niveau du bassin versant de l'Ourika sont les suivantes :

De l'aval vers l'amont, l'on retrouve :

- La Tetraclinaie (*Tetraclinis articulata*) associée à des Juniperaies (*Juniperus phoenicea*) et des chênaies à *Quercus rotundifolia*. Elles occupent la zone subatlasique et une partie des avants-amonts.
- La Juniperaie à *Juniperus phoenicea* dans les domaines internes
- Les formations à Genistaies buissonnantes : *Retama dasycarpa* et *Adenocarpus anagyrofolius* remplaçant le Genévrier de Phénicie à l'amont des vallées internes.
- La chênaie à *Quercus rotundifolia* couvre la partie supérieure des amont-avants, l'espace océanique de la première unité permo-triasique et quelques versants Nord des domaines internes.
- La Thuriferaie (*Juniperus thurifera*) est essentiellement présente des parties hautes des vallées internes. Sa rareté voire son absence est à notée sur le

versant Nord des reliefs de l'escarpement océanique. C'est le chêne vert qui forme la limite forestière à ce niveau.

- ❑ Les formations à xérophytes épineux et les pelouses d'altitude caractérisent le domaine de la haute montagne

D'après Ilmen, 2004, l'*Alyssum* est la xérophyte qui couvre la plus grande superficie, s'étendant de 2050 m à 3600 m d'altitude. Il est dominant sur les versants Nord.

Les autres espèces forestières retrouvées au sein des autres formations sont les suivantes :

- ❑ Le caroubier (*Ceratonia siliqua*)
- ❑ L'oléastre (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*) se retrouve en pieds isolés ou en bouquets principalement sur les versants chauds.
- ❑ Les espèces de sous-bois sont constituées de lentisque (*Pistacia lentiscus*), la filaire (*Phillyrea* spp.) et de cistes (*Cistus* spp.)

La végétation ripisylve naturelle du bassin versant est formée de : frêne angustifolié (*Fraxinus angustifolia*), peupliers blanc (*Populus alba*) et noir (*Populus nigra*), Saule à feuilles d'oliviers (*Salix atrocinerea*) (Ilmen, 2004).

2.1.4.2. Peuplements artificiels

Pour faire face à la régression de la superficie de la chênaie verte et des Juniperaies ainsi que pour combler le vide asylvatique , il a été procédé au reboisement d'espèces telles que le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) , le pin des canaries (*Pinus canariensis*) , *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus gomphocephala*

Chapitre 2. Approche méthodologique

2.2.1. Caractérisation physique de l'oued Ourika et du milieu rivulaire

Cette étude a pour but de comprendre l'hydrodynamique du cours l'en caractériser par sa forme, la forme de ses berges et la granulométrie du substrat Aussi, elle permet de replacer les mesures biologiques dans leur contexte abiotique.

2.2.1.1. Identification des segments et tronçons du cours d'eau

Afin de pouvoir étudier les paramètres physiques du réseau hydrographique de l'oued Ourika à l'intérieur du bassin versant, il a fallu procéder à une segmentation dudit réseau hydrographique. Le cours d'eau principal de l'Oued Ourika a été délimité en tronçons puis chaque tronçon a été scindé en segments suivant les critères ci-après :

- Pour ce qui est des tronçons, l'orientation de la vallée a servi de paramètres pour obtenir les deux tronçons :

Le premier de l'amont jusqu'au niveau de Setti Fadma d'orientation NW (Tronçon 1) et le second d'orientation NE de Setti Fadma jusqu'à l'exutoire (Tronçon 2) (vers Tnine Ourika) (figure 7).

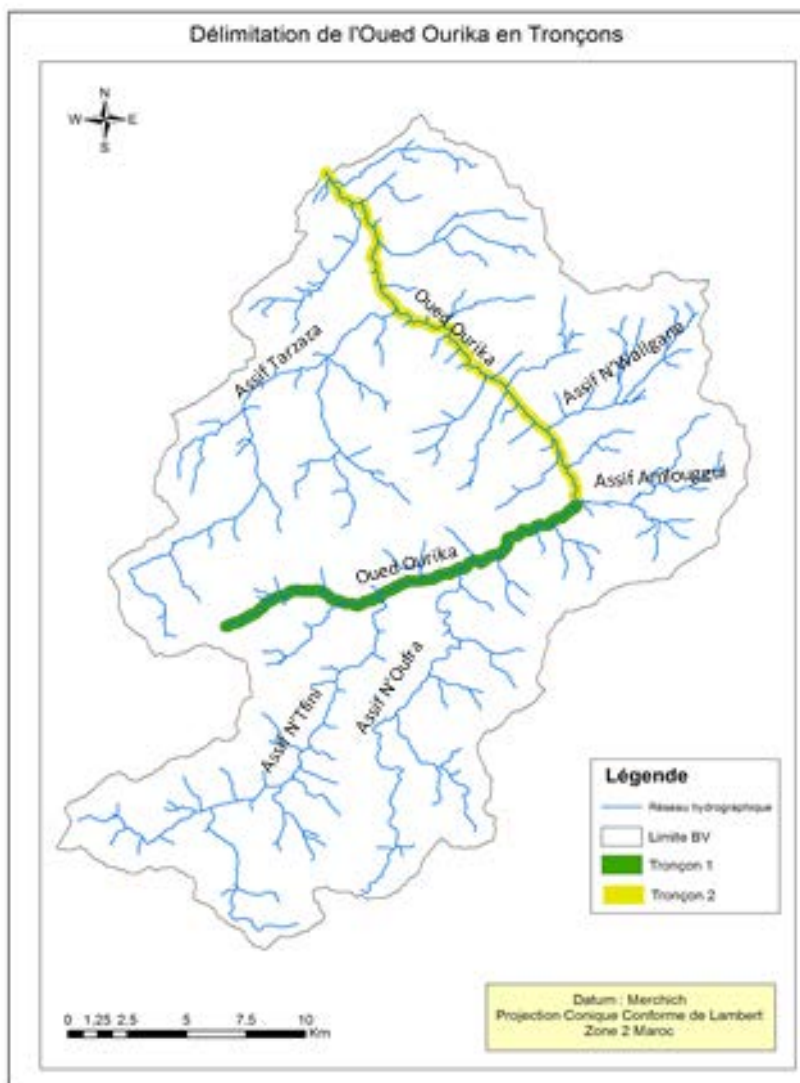


Figure 7 : Carte de délimitation de l'Oued Ourika en Tronçons

- Ensuite chacun des deux tronçons a été délimité en segments en fonction de l'influence des tributaires et/ou affluents les plus importants notamment dont l'indice dans la classification de Strahler est supérieur strictement à deux (indice de Strahler >2) et de leur apport en sédiments.

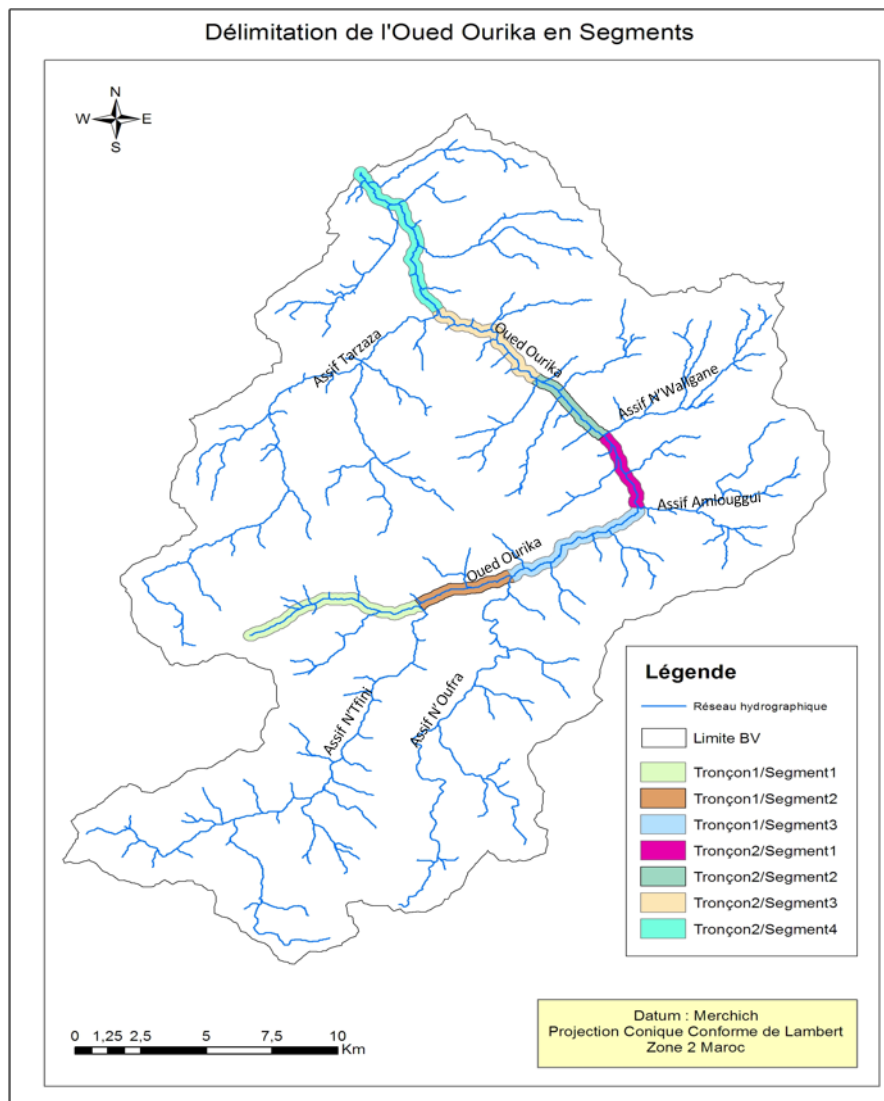


Figure 8 : Carte de délimitation de l'Oued Ourika en Segments

L'analyse des données recueillies permettra en l'occurrence d'améliorer l'interprétation des données mesurées en ce qui concerne l'état des lieux, l'évaluation des probables changements à court ou long terme des conditions biophysiques et ainsi guider l'élaboration de plans d'actions adaptés.

2.2.1.2. Elaboration des profils du cours du cours d'eau

□ Profils longitudinaux

Le profil longitudinal du cours d'eau principal a été tracé à l'aide d'un logiciel ArcGIS 10.1. Il a été dressé de l'amont à l'aval et permis de visualiser le changement d'altitude ainsi les inflexions du cours d'eau principal.

Les profils longitudinaux des différents segments ont été tracés grâce au même logiciel. Ils ont permis d'avoir une vision plus approfondie du changement d'altitude et de nivellement pour mieux caractériser le cours d'eau.

□ Profils transversaux

❖ Choix de l'emplacement des profils transversaux

Les caractéristiques recherchées à cet effet pour la localisation de la section permanente incluent :

- un segment droit entre deux méandres ;
- des indicateurs clairs de la plaine inondable active ou débit à pleins bords ;
- présence d'un ou plusieurs terrasses ;
- section de canal et forme typique du cours d'eau ;
- une vue assez claire des caractéristiques géomorphologiques (Harrelson *et al.*, 1994)

Etant donné que chaque segment fût considéré hydrodynamiquement homogène, la tranche moyenne a été choisie pour caractériser la section transversale de chacun de ceux-ci afin d'éviter l'influence hydrologique et sédimentaire des affluents marquant les limites amont-aval de chaque segment. Au niveau de chaque segment, la section moyenne a été localisée grâce au logiciel ArcGIS 10.2.1. Les points marqués ont été repérés grâce au GPS Trimble Juno sur le terrain et en fonction de l'accessibilité, certains ont été déplacés dans un intervalle de (+/-) 200 m tout en respectant le paramètre pré-requis (zone médiane du segment).

❖ Méthode de réalisation des profils en travers

Au niveau de chaque segment, un transect a été établi d'une extrémité à l'autre des rives de perpendiculairement au chenal actif de l'oued. Ainsi après avoir étendu un ruban d'une centaine de mètres suivant l'orientation du transect, le niveau positionné au niveau d'une des rives (le plus souvent celle de gauche) a permis de relever les

changements de nivellement des berges à l'aide d'une mire en aluminium (graduée à l'aide d'un marqueur étanche) déplacée sur une distance de 2 ou 4 m ou en fonction d'un changement notable de la topographie. La lecture a commencé par la mesure de l'élévation de l'instrument par rapport au sol qui permet d'établir la référence pour établir la «hauteur de l'instrument»(HI). Toutes les mesures relevées sur les emplacements de section ont été soustraites de la HI pour obtenir l'élévation de ces points (Harrelson *et al.*, 1994). De là, des lectures ont été prises à tous les ruptures de pente et en particulier au niveau des caractéristiques géomorphologiques importantes rencontrés à travers la vallée.

De même, à chaque variation de la topographie, la granulométrie du substrat a été notée de la rive droite à celle de gauche en suivant la classification de Wendworth modifiée (Tableau 5).

Tableau 5 : Classification granulométrique modifiée de Wendworth

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe	Code utilisé
Argile + Limons	<0,0625	A/L
Sable	0,0625-2	S
Gravier	2-- 64	Gr
Galet	64 -- 256	Ga
Bloc	256 -- 1024	B
Roc	> 1024	R

Source : Anonyme, 2010

La composition et l'étendue transversale de la végétation interceptée ont été notées en le long du profil perpendiculaire au cours d'eau a été également notée (suivant les lignes directrices de Harrelson *et al.*, 1994). Le début et l'extrémité terminale en termes de distance de chacune des caractéristiques fluviales ont été notés. Au total, sept profils transversaux ont été réalisés.

2.2.2. Etude phytoécologique de la végétation ripisylve

- Echantillonnage et collecte des données

Trois conditions sont exigées pour la réalisation d'un relevé :

- a) Dimensions adéquates, pour avoir un échantillon d'espèces représentatives de la Communauté végétale ;
- b) Uniformité de l'habitat, le relevé ne débordera pas sur deux habitats différents ;
- c) Homogénéité de la végétation, en n'incluant qu'un stade successional ou qu'une phase dynamique ; il existe des outils statistiques pour tester l'homogénéité de la végétation (Diop, 2010).

❖ Unité d'échantillonnage

Pour pouvoir mener à bien la réalisation des relevés phytoécologiques, un échantillonnage rigoureux et objectif a été mis en place pour assurer la représentativité des données et permettre des analyses et interprétations significatives suivant les termes suivants :

Au niveau de chaque segment, l'amplitude moyenne des plaines alluviales a été mesurée. Connaissant la longueur de ces dernières, le nombre de plaines alluviales a été déterminé. Le nombre de plaines alluviales obtenu est divisé (cas d'une rive) par deux pour éviter la répétition d'échantillonner les contextes similaires au niveau des deux rives. L'on optera pour une alternance des rives d'une station à une autre.

Ensuite, chaque segment a été délimité en strates d'étendue égale : amont, zone médiane, aval.

Le nombre de plaines a été ainsi réparti de façon équitable au niveau de chaque strate et de façon systématique à l'intérieur de chaque strate selon un pas correspondant à une distance égale au nombre de plaines à échantillonner sur la longueur du segment. L'échantillonnage était alors de type stratifié et systématique.

Les relevés ont été réalisés à l'intérieur des stations dont la dimension est de 100 m de long, choisie comme longueur de référence (réajusté en fonction des caractéristiques du terrain) et de largeur égale à celle de l'une des berges.

Au niveau de chaque relevé, les paramètres dendrométriques et floristiques de la strate arborée ont été déterminés. Pour la strate arbustive, la moitié de la surface précédente servira de référence, et les mêmes paramètres seront notés. Par contre, la végétation herbacée, les paramètres de présence, d'abondance-dominance et de sociabilité seront notés au niveau de quatre quadrats de 1 m².

NB : Cet échantillonnage a permis d'obtenir 69 relevés théoriques ; cependant 41 relevés n'ont pu être réalisés soit à cause de l'absence de végétation autochtone ou de présence presque exclusive de bâti (Hôtels, restaurants, habitations).

❖ Collecte des données de végétation

➤ Composition d'un relevé

Le relevé comporte trois catégories d'informations :

- Stationnelles : date, localité, coordonnées GPS si possible, altitude, pente, exposition
- Environnementales : facteurs biotiques, actions anthropiques
- Spécifiques, ou floristiques : liste des espèces végétales, en fonction de la stratification des individus le cas échéant, avec des indications quantitatives d'abondance, de recouvrement, ou simplement qualitatives, de présence.

➤ Paramètres floristiques

✓ Abondance- dominance

L'abondance-dominance est la notion la plus utilisée en phytosociologie. Braun-Blanquet a créé le coefficient d'abondance-dominance, qui associe les concepts d'abondance et de dominance.

Elle exprime l'espace occupé par la projection au sol de l'ensemble des individus de l'espèce. La dominance représente le recouvrement de l'ensemble des individus d'une espèce donnée, comme la projection verticale de leur appareil végétatif aérien sur le sol. Le coefficient d'abondance-dominance est estimé visuellement. Il ne s'agit donc pas d'une véritable mesure. Son estimation est sujette à une part de subjectivité, qui est cependant négligeable dans l'analyse phytosociologique globale.

L'échelle des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet :

- 5 : Nombre quelconque d'individus – recouvrement $> 3/4$ de la surface de référence ($> 75\%$)
- 4 : Recouvrement entre $1/2$ et $3/4$ (50–75% de la surface de référence)
- 3 : Recouvrement entre $1/4$ et $1/2$ (25–50% de la surface de référence)
- 2 : Recouvrement entre $1/20$ et $1/4$ (5–25% de la surface de référence)
- 1 : Recouvrement $< 1/20$, ou individus dispersés à couvert jusqu'à $1/20$ (5%)
- + : Peu d'individus, avec très faible recouvrement
- r : rare.

✓ Sociabilité

L'échelle de caractérisation de la sociabilité est la suivante :

- 5 : Les individus de l'espèce forment un peuplement continu, étendu et dense
- 4 : Les individus forment un peuplement étendu et lâche ou de petites colonies
- 3 : Les individus forment de petites plages assez nombreuses.
- 2 : Les individus sont en groupes d'étendue restreinte
- 1 : Les individus isolés

✓ Paramètres dendrométriques

Ils concernent des paramètres tels que :

- La hauteur moyenne des arbres et des arbustes
- La circonférence moyenne à hauteur d'homme
- La densité

□ Analyse des données

❖ Détermination des noms des espèces récoltées

Toutes les espèces présentes dans les relevés ont été identifiées et listées. Et celles qui n'ont pas pu être identifiées sur le terrain ont été collectées pour être identifiées ultérieurement à l'aide des flores pratiques de la végétation vasculaire du Maroc/Manuel de détermination des plantes vasculaires) de l'herbier MARK de la FSSM de l'Université Cadi Ayyad de Marrakech et de l'herbier National RAB au niveau de l'Institut Scientifique de Rabat.

❖ Traitement des données floristiques

Le traitement des données écologiques a pour objectif de définir des groupes ayant des affinités sous le vocable de "groupements végétaux". Ce traitement se déroule plusieurs étapes, à savoir :

➤ Analyse de classification

Les noms des espèces récoltées ont été saisis ainsi que leur abondance-dominance. Le nombre d'espèces identifiées, à partir des 41 relevés floristiques réalisés sur le terrain, est de l'ordre de 91.

Avant toutes choses, toutes les espèces dont la fréquence est inférieure à 3 ont été éliminées de l'analyse pour éviter des « bruits » au niveau de l'analyse. Toutefois, elles ont conservées au niveau du tableau définitif. Ensuite, les données ont été importées au logiciel Juice (Tichý, 2002) pour une analyse de classification TWINSpan (Two Ways Indicator Species Analysis) qui est une méthode de classification divisive, hiérarchique dichotomique élaborée par Hill (1979) pour l'analyse des données de végétation .

Les méthodes d'ordination et de classification permettent de décrire des relevés floristiques. Ainsi, le groupement sert à définir des groupes de relevés qui partagent le même cortège spécifique et l'ordination définit les grands axes de variation. Il est nécessaire de compléter l'analyse en identifiant les espèces caractéristiques de ces structures. Elle dérive d'une analyse factorielle des correspondances aboutissant à la classification des relevés et des espèces selon leurs affinités (Bangirina *et al.*, 2013).

Ce principe provient de la phytosociologie qui stipule que chaque groupement de relevés peut être caractérisé par un groupe d'espèces. Les espèces différentielles sont donc, en principe, indicatrices de conditions écologiques particulières (Gounot, 1969).

Elle a été réalisée à l'aide du logiciel JUICE (Tichy, 2002). Cela a abouti à des tableaux phytosociologiques dérivant de la matrice relevés/espèces.

La caractérisation des groupements végétaux a été réalisée en replaçant dans leur contexte environnemental respectif ainsi que leur classification phytosociologique en utilisant les travaux de Quezel & Médail (2003) et Massenet (2013).

En complémentarité au traitement par TWINSpan, une Analyse factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée dans le but d'expliquer les affinités entre relevés et/ou espèces. De même, les indices d'abondance-dominance sont préférés à ceux de présence-absence car l'abondance-dominance reflèterait mieux la réalité écologique des phytocénoses forestières; et plus avantageux d'analyser les coefficients de transformation du critère d'abondance-dominance (Meddour, 2011) . C'est ainsi, les

valeurs d'abondance-dominance ont été transformées en valeurs ordinales pour leur meilleure caractérisation en utilisant l'échelle de Van der Maarel (1979) in Meddour, 2011 (Tableau 6)

Tableau 6 : Conversion des coefficients d'abondance-dominance en valeurs ordinales selon l'échelle de Van Der Maarel (1979) in Meddour, 2011

Abondance-dominance	Echelle de Van der Maarel
5	9
4	8
3	7
2	5
1	3
+	2
r	1

Source : Meddour, 2011

➤ Analyse Canonique des Correspondances (ACC)

L'ACC est une forme canonique de l'analyse des correspondances présenté par Ter Braak (1986) en recherchant une combinaison linéaire des variables environnementales expliquant au mieux la distribution des espèces (Francoeur, 2006). Cette analyse a été réalisée afin de confirmer ou infirmer les résultats de l'AFC et d'effectuer une liaison des relevés avec les variables écologiques qui les caractérisent.

2.2.3. Evaluation de la qualité des ripisylves

Les écosystèmes ripisylves sont très importants du fait de leurs différentes fonctions. Ce rôle peut être entravé par diverses contraintes naturelles (présence d'eau) et anthropiques (pollution, constructions, exploitation). Leur relative fragilité ne s'en trouve que plus renforcée. Ainsi, afin de remédier quelque peu à cela, une évaluation de la qualité du milieu rivulaire de l'Oued Ourika a été réalisée afin de mettre en exergue les conditions dans lesquelles se retrouve la végétation rivulaire ; dans le but de fournir des mesures palliatives selon le cas.

□ Méthode de l'indice QBR

C'est un indice qui sert à évaluer l'état écologique d'un milieu riverain. Cette étude se basera sur cet indice qui a été conçu et développé en Espagne, il est adapté aux conditions méditerranéennes et a fait ses preuves en Espagne (Valero *et al.*, 2014) et au Maroc (Ater *et al.*, 2005 ; Khamlichi *et al.*, 2008).

Bien que la délimitation de la zone riveraine ne soit pas toujours aisée, l'évaluateur doit utiliser tous les indicateurs disponibles de la zone riveraine, tels que les terrasses fluviales, la présence de la végétation riveraine et les preuves des effets des grandes crues passées. Dans les zones fortement modifiées, un compromis doit être fait entre la véritable zone riveraine en l'absence de l'impact humain et la situation actuelle où peuvent exister de vastes plantations agricoles ou forestières. Dans ces cas, une largeur maximale de 50 m a été suggérée par Munné *et al.*, (2003). L'indice doit être calculé sur une longueur de cours d'eau de l'ordre de 50 m pour les zones en amont et de 100 m pour les cours moyens et inférieurs). Les deux berges doivent être considérées ensemble (par exemple pour la couverture de la végétation) (Munné *et al.*, 2003).

Ceci a permis de réaliser 34 points d'évaluation répartis au niveau des deux tronçons. L'étude sur le terrain a été réalisée selon un échantillonnage systématique d'un pas de 1 km le long de l'Oued Ourika.

La valeur de l'indice QBR de chaque station est calculée en additionnant les scores des quatre composantes suivantes :

❖ La couverture totale de la végétation :

Ceci permet d'évaluer à la fois les zones riveraines et le chenal et comprend tout type d'arbre, d'arbuste, de liane ou d'hélophyte. Les graminées sont exclues parce qu'elles sont des plantes annuelles et que leurs couvertures peuvent être très variables en fonction de l'année et des conditions hydrologiques. La connectivité entre le milieu riverain et les écosystèmes terrestres adjacents est considérée comme un élément clé pour la préservation de la biodiversité et est utilisée pour affiner le score de l'indice (Munné *et al.*, 2003).

❖ La structure du couvert végétal :

Une évaluation est faite de la complexité structurelle du milieu riverain qui peut augmenter la biodiversité de l'écosystème fluvial, à la fois pour les animaux et les plantes. Le score initial dépend du pourcentage total de la couverture due aux arbres. Le score peut être augmenté par la présence d'arbustes et d'autre type de végétation en sous étage des arbres. La présence d'hélophytes ou autre végétation dans le chenal augmente également le score. Les dispositions linéaires (principalement des plantations d'arbres) ou touffes d'arbres isolés diminuent la valeur initiale. D'autre part, si la couverture d'arbres dans la zone rivulaire est faible, le score est augmenté par la présence d'hélophytes ou arbustes en raison de l'amélioration de l'habitat que cette végétation fournit à de nombreux animaux (Munné *et al.*, 2003).

❖ La qualité du couvert

Le nombre d'espèces arborées présentes au niveau d'un bief de cours d'eau varie en fonction de la géomorphologie de la rivière et le type d'écoulement. Trois types de flux sont définis en fonction du score géomorphologique totale qui dépend de la forme et de la pente du milieu riverain. Les deux berges sont étudiées et leurs valeurs sont ajoutées. Les valeurs négatives sont soustraites du score géomorphologique quand des îlots ou des bancs de sable sont présents dans le canal. Ces îles augmentent la disponibilité du substrat pour développer la végétation riveraine et la présence éventuelle de différentes espèces d'arbres (par exemple *Salix spp.*) Par conséquent, en soustrayant un ou deux points de l'indice géomorphologique, le type d'habitat riverain peut changer du type 1 en type 2 ou de type 2 au type 3 (voir fiche de terrain, Annexe C), l'augmentation du nombre d'espèces d'arbres autochtones nécessaires pour atteindre le score maximal devrait être attendu des zones avec des barres ou îlots de sable. La présence du substratum rocheux naturel augmente le score géomorphologique, et indique une faible disponibilité naturelle du sol pour la colonisation végétale. Pour cette raison, deux, quatre ou six points sont ajoutés au score géomorphologique. Ainsi, ce score peut changer du type 2 au type 1 abaissant le nombre d'espèces d'arbres spontanées nécessaires qui peuvent être attendues dans les zones où il est difficile de trouver le sol pour le déploiement des racines (Munné *et al.*, 2003).

❖ Le degré de naturalité du chenal

Les altérations artificielles de canaux de la rivière sont incluses dans l'indice car elles sont l'une des principales perturbations de l'habitat riverain. La présence de structures continues permanentes (le découpage en canaux) donne un score de zéro parce que les barrières permanentes entre les zones riveraines et le canal sont présentes. Lorsque le découpage en canaux, des structures rigides ou terrasses alluviales ne sont pas continus ou sont présents dans moins de 25% du site, ils sont considérés comme des structures rigides et le score est seulement de cinq points. Cela comprend des structures telles que des digues, qui sont moins sanctionnées que les canaux rigides, car ils peuvent permettre la présence de certaines plantes qui poussent entre les rochers. La modification des terrasses alluviales, contraignant la largeur du canal (par exemple due aux activités agricoles) donne un score de 10 points, car en plus de changements morphologiques produits, elles affectent la disponibilité de l'eau pour les arbres rivulaires. Les ouvrages d'art qui font saillie dans le canal principal, tels que les barrages ou les traversées de rivières, donnent un score de 10 points, de même que les puits utilisés pour le captage d'eau. Les ponts ou zones employées pour avoir accès à la rivière ne doivent pas être considérées, car la zone d'échantillonnage doit être délimitée en amont ou en aval de ceux-ci (Munné *et al.*, 2003).

Classes de qualité rivulaire : À la fin de l'analyse, la somme des quatre parties donne l'indice final QBR. L'indice varie entre 0 et 100. Il y a cinq classes de qualité de l'habitat riverain (Tableau 7), qui correspondent globalement à celles proposées dans la directive cadre sur l'eau (Commission Européenne, 2000).

Tableau 7 : Classes de Qualité selon l'indice QBR

Classe de qualité d'habitat riverain	QBR	Couleur
Habitat riverain en condition naturelle	≥ 90	Bleue
Quelques perturbations, bonne qualité	75-90	Verte
Perturbation importante, qualité moyenne	55-70	Jaune
Altération importante, mauvaise qualité	30-50	Orange
Dégradation extrême, pire qualité	≤ 25	Rouge

Source : Munné *et al.*, (2003)

Une carte de l'indice de qualité QBR a été réalisée pour matérialiser la spatialisation de chaque classe de qualité (figure 23)

De même, la carte d'occupation du milieu rivulaire a été dressée pour appréhender le contexte de couverture des plaines alluviales (figure 24).

❖ Analyse des données

➤ Evaluation de la qualité du milieu riverain par l'Indice QBR

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel de statistique SPSS v20. Plus précisément, nous avons appliqué une analyse en composantes principales (ACP) sur une matrice de 34 stations d'échantillonnage avec 6 variables que sont l'indice QBR, l'altitude, la couverture rivulaire totale, la structure de la couverture, la qualité de la couverture, le degré de naturalité du cours d'eau, tous dérivés de l'indice lui-même (exception faite de l'altitude). Cette méthode consiste à déterminer si l'un de ces éléments aurait plus d'influence que les autres ou expliquerait mieux les variations de la qualité du milieu rivulaire (Valero *et al.*, 2014).

➤ Analyse des relations entre les groupements végétaux, l'indice de qualité QBR et les variables environnementales

Cette analyse a pour but de déterminer les relations qui existent entre les groupements identifiés et les facteurs écologiques qui sont responsables dans la répartition de la végétation ainsi que les classes de qualité QBR. Aussi, il a été question de mettre en évidence les variables écologiques prépondérantes dans le déterminisme des groupements en lien avec les classes de qualité du milieu riverain. Tout ceci permettra

de proposer des mesures de conservation ou de restauration en tenant compte de diverses interactions entre les variables précitées. L'analyse a consisté en une ACP pour établir une matrice de corrélation entre les variables, les gradients exprimés par l'Analyse des Correspondances multiples(ACM). Celle-ci a permis de correspondre les différentes classes de qualité QBR avec leur différentes variables écologiques et floristiques qui caractérisent chacune d'entre elles.

Partie 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Caractérisation physique de l'Oued Ourika et du milieu rivulaire

3.1.1. Profils longitudinaux et transversaux

3.1.1.1. Profils longitudinaux

□ Cours d'eau principal

L'oued Ourika est caractérisé par une variation rapide de son altitude au niveau des dix premiers kilomètres de long en partant de l'amont ; celle-ci se stabilise plus ou moins.

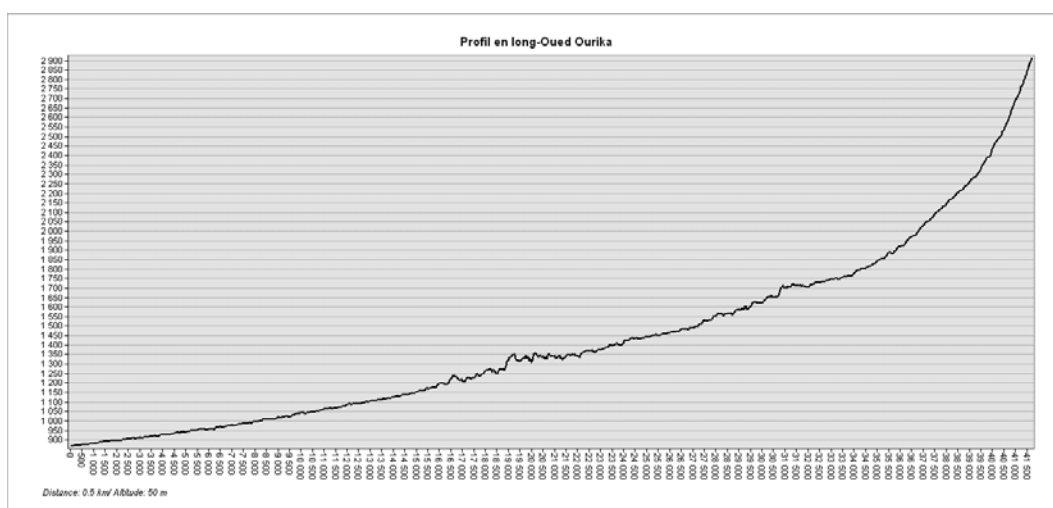


Figure 9 : Profil longitudinal du cours d'eau

□ Profils longitudinaux des segments

❖ Tronçon 1

Les segments 1 et 3 ont la même longueur, toutefois, il est à remarquer le segment 1 présente une dénivelée plus importante (1100 m) exprimant les pentes les plus fortes au niveau du tronçon 1.

Le segment 2 est quant à lui, le plus court d'entre les trois segments avec la plus petite dénivelée (125 m)

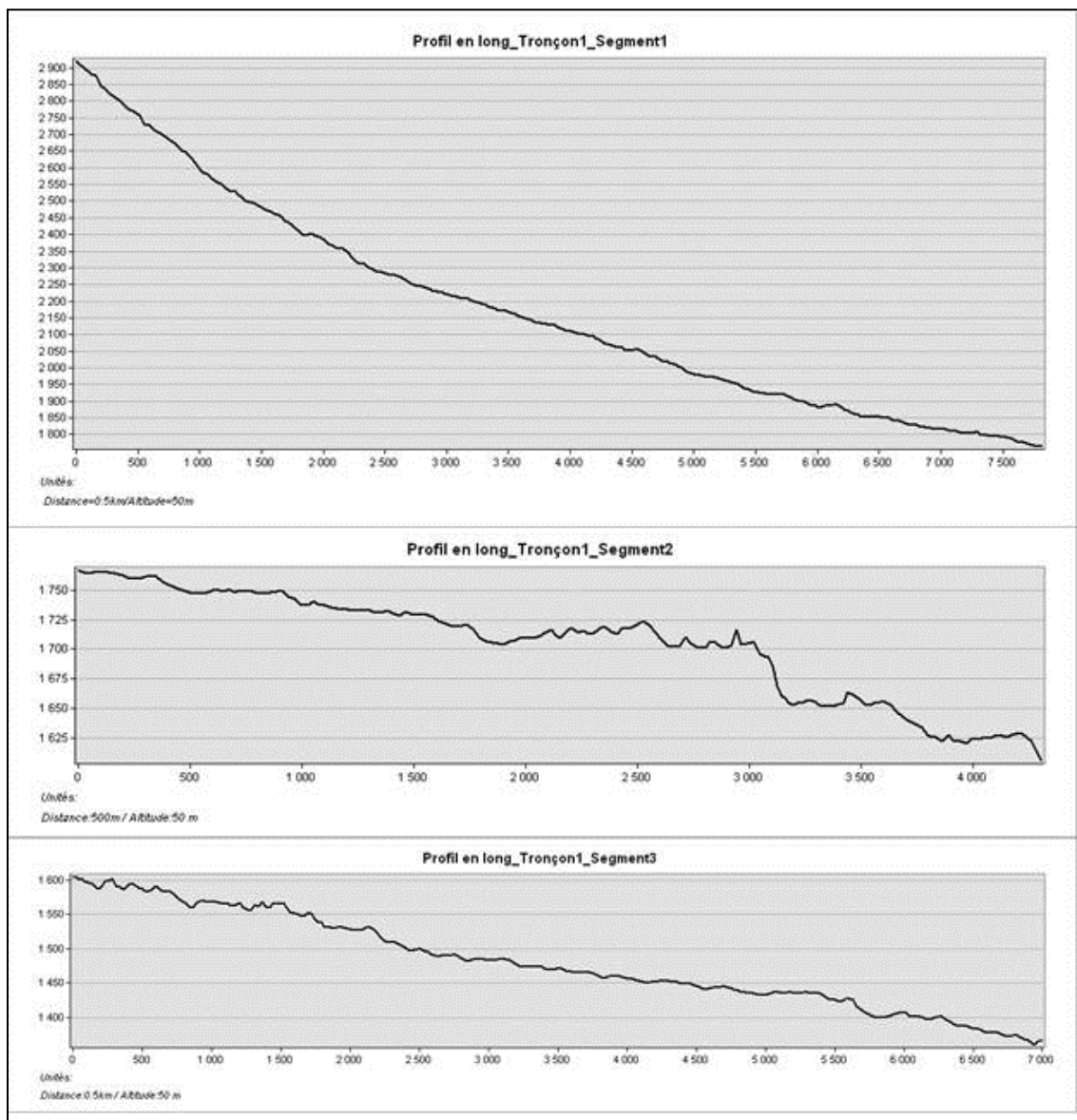


Figure 10 : Profils longitudinaux des trois segments du Tronçon 1

❖ Tronçon 2

L'on observe une augmentation de la longueur des segments au fur et à mesure que l'on avance en aval.

Les segments du tronçon ont pratiquement la même dénivelée à l'exception du segment 1

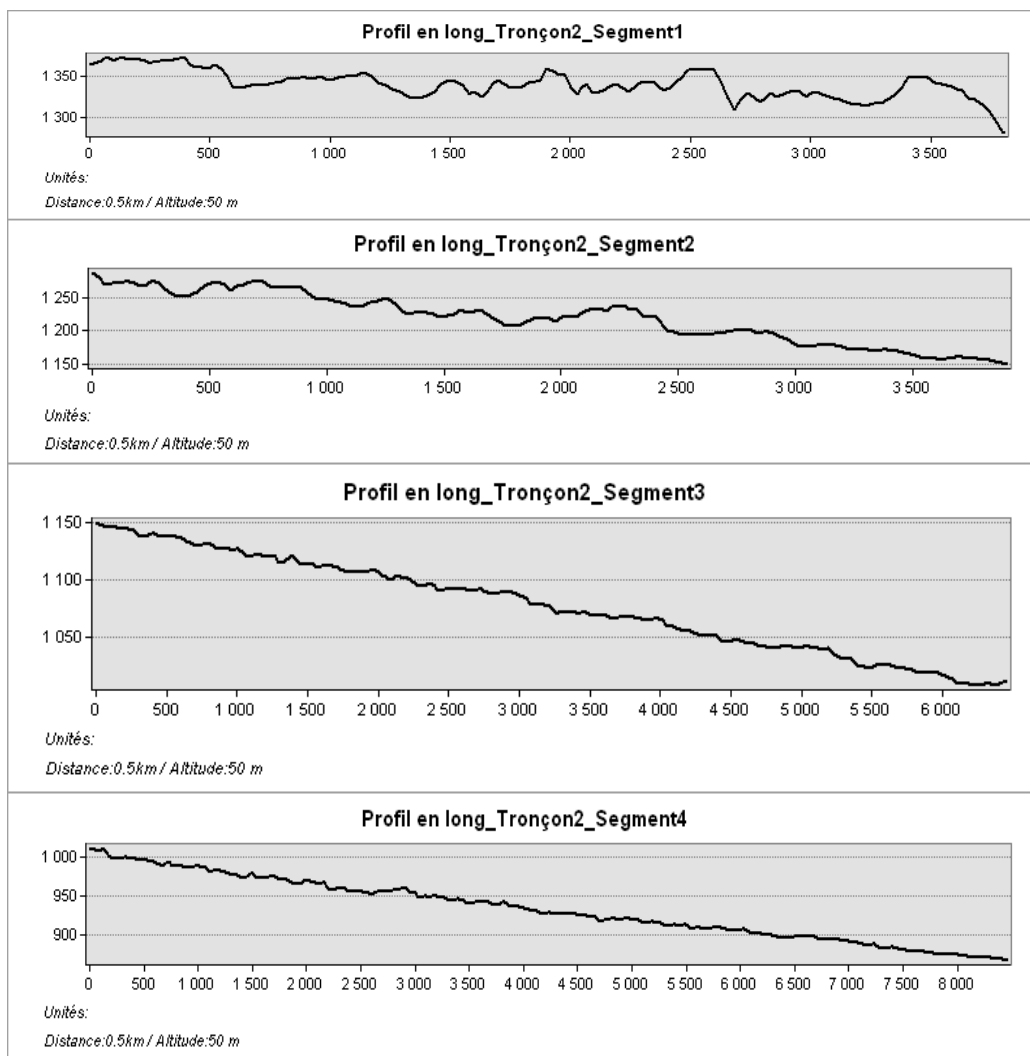


Figure 11 : Profils longitudinaux des quatre segments du tronçon 2

3.1.1.2. Profils transversaux

□ Tronçon1

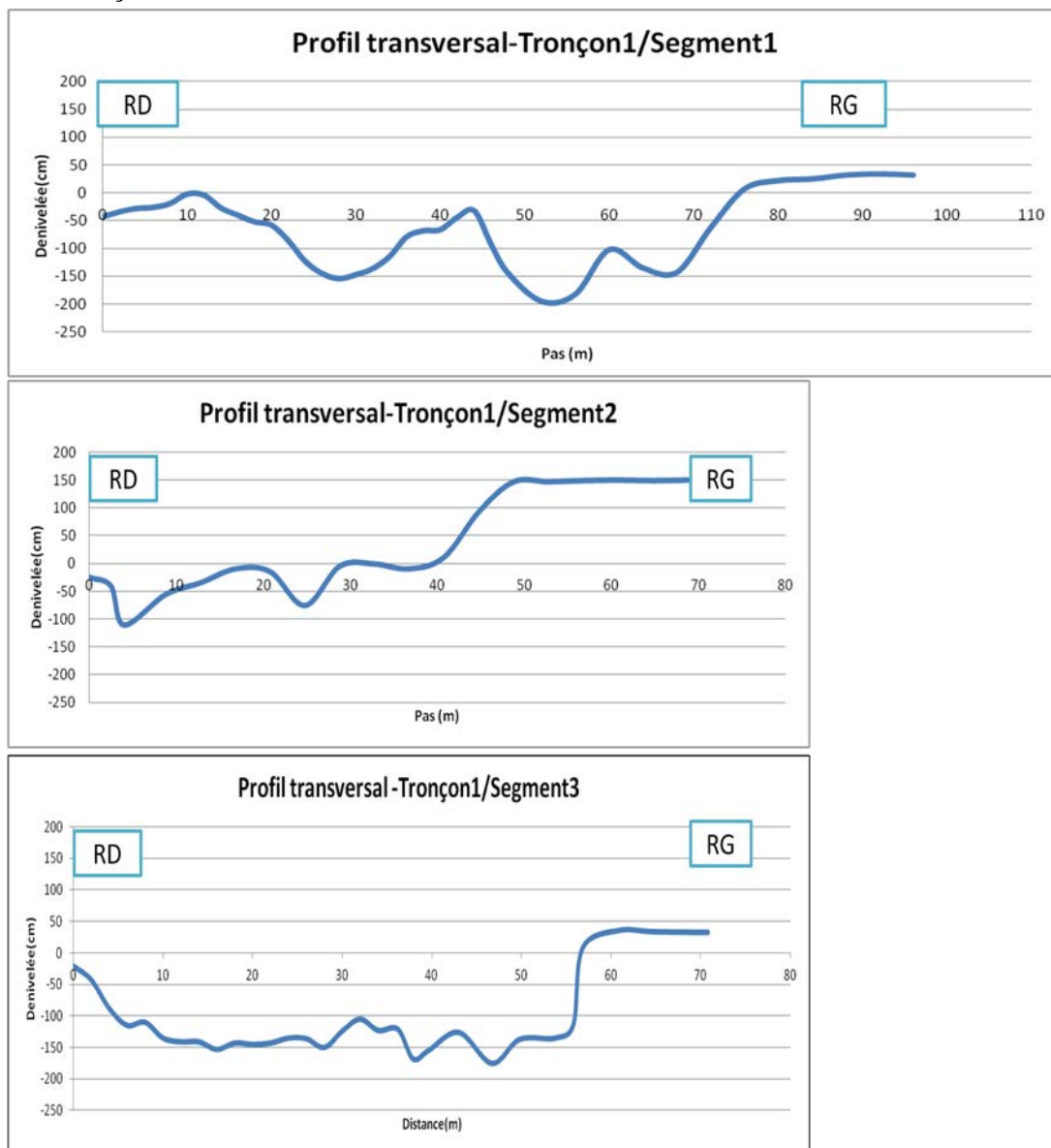


Figure 12 : Profils transversaux des trois Segments du tronçon 1

L'on observe une étendue plus importante de la section transversale au segment 1 par aux autres. Celles se retrouvent réduites avec leur proximité avec le piémont au niveau de la berge droite. Les segments 2 et 3 présentent un talus plus abrupt au niveau de l'extrémité de la berge gauche (figure 10)

□ Tronçon2

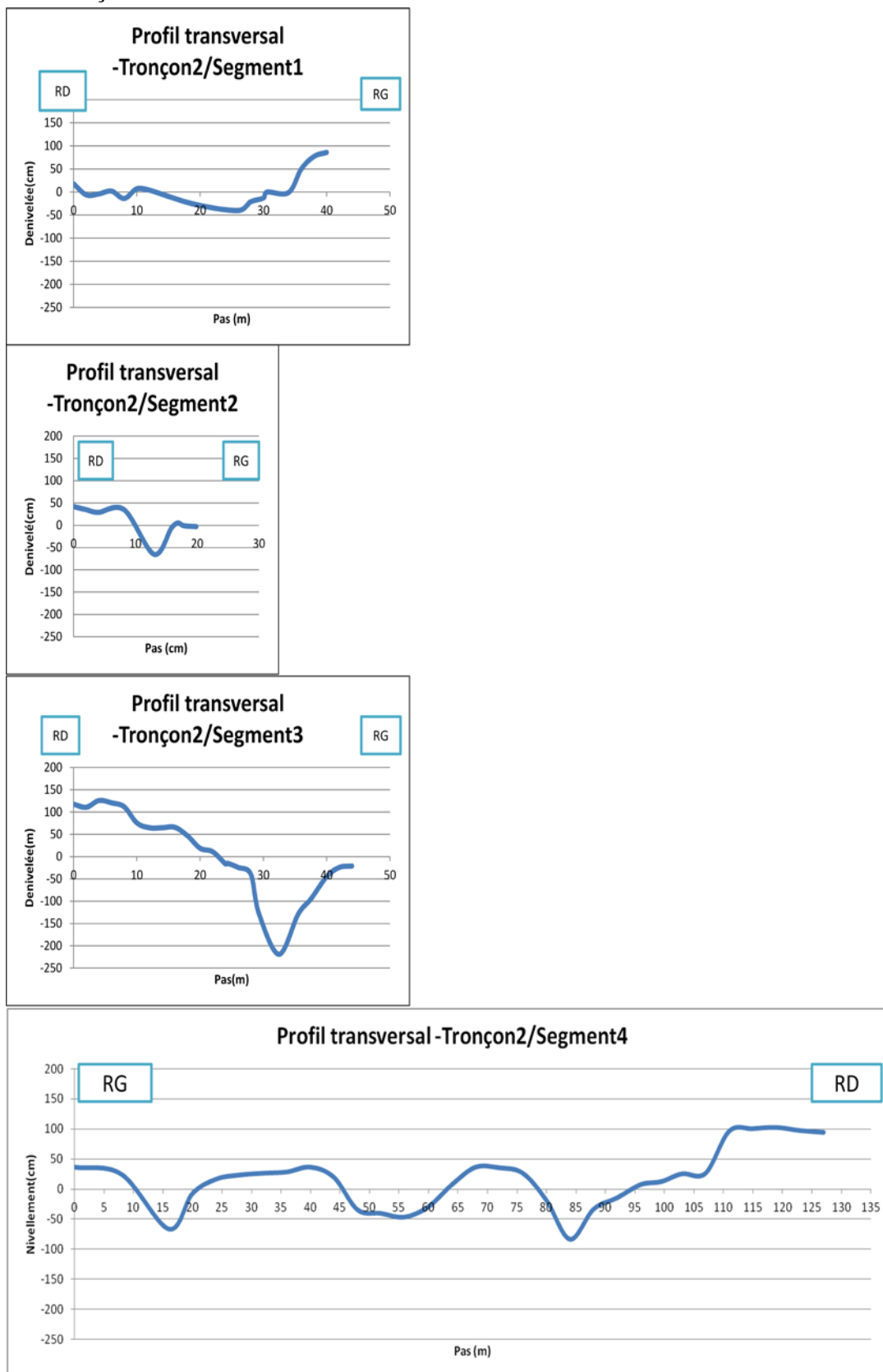


Figure 13 : Profils transversaux des quatre segments du tronçon 2

Les sections transversales connaissent une évolution croissante de leur étendue de l'amont du tronçon 2 (Messier, 2007) à l'aval. Une exception est observée au niveau du segment 2 avec la présence d'implantation humaine par des terrasses. Les trois premiers segments de ce tronçon présentent une caractéristique commune, qu'est la présence de la route au niveau des plaines alluviales réduisant la réelle étendue des sections.

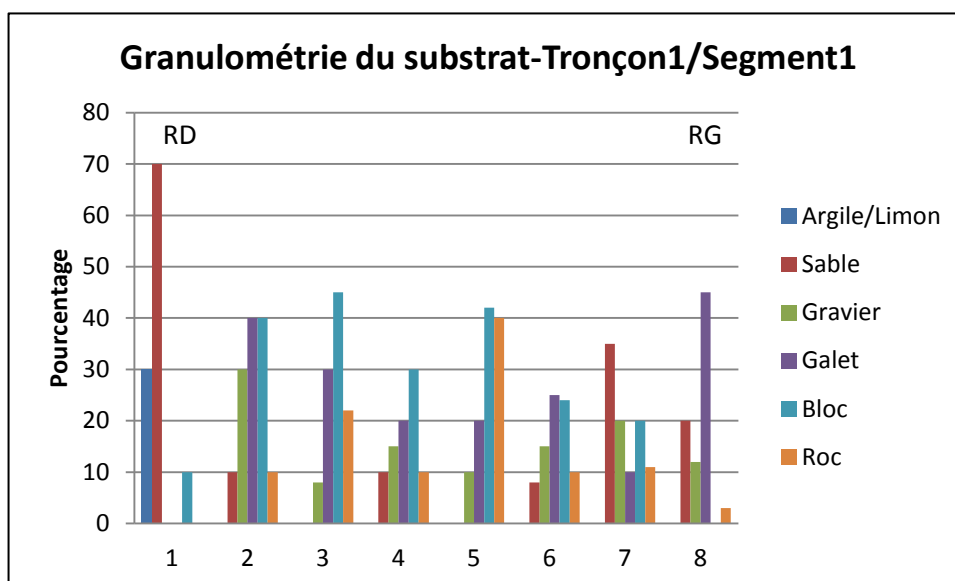
« La section transversale constitue le lieu de l'écoulement du cours d'eau. C'est une coupe perpendiculaire à l'écoulement représentant la morphologie transversale du cours d'eau à un lieu précis » (Messier, 2007). L'analyse de la morphologie des sections transversales du cours d'eau permet d'observer tout d'abord une diversité de l'écoulement du cours d'eau.

Il est plus rapide dans la partie du fait de l'exiguïté de son lit dû à la proximité du piémont avec les berges en amont et plus lent lorsqu'on tend vers l'aval. Ainsi, cela explique la plus forte propension des berges des zones en altitude à un affouillement important.

3.1.2. Granulométrie du substrat des berges

□ Tronçon1

Au niveau du segment 1, le sable est plus important au niveau de la partie extrême de rive gauche (RD) tandis que le galet, est dominant au niveau de celle de droite (RG). Lorsqu'on se rapproche du milieu de la section transversale, les blocs et les galets prédominent au niveau de la partie droite tandis que les blocs et les rocs surpassent les autres dans la partie gauche (figure 14).



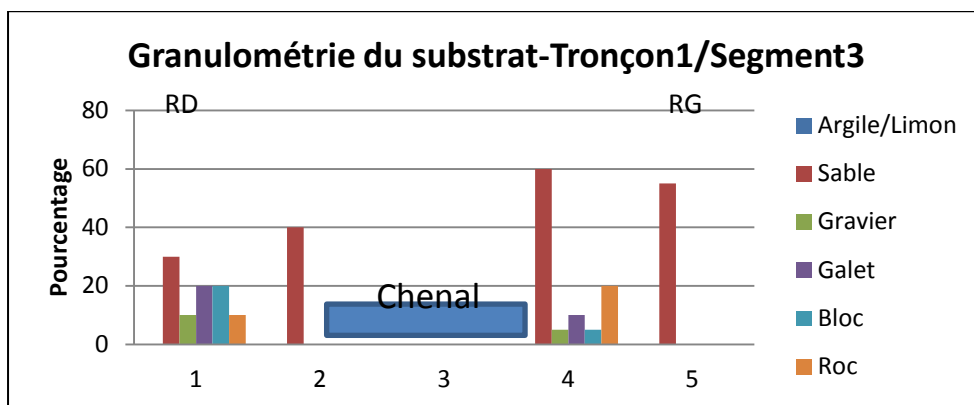
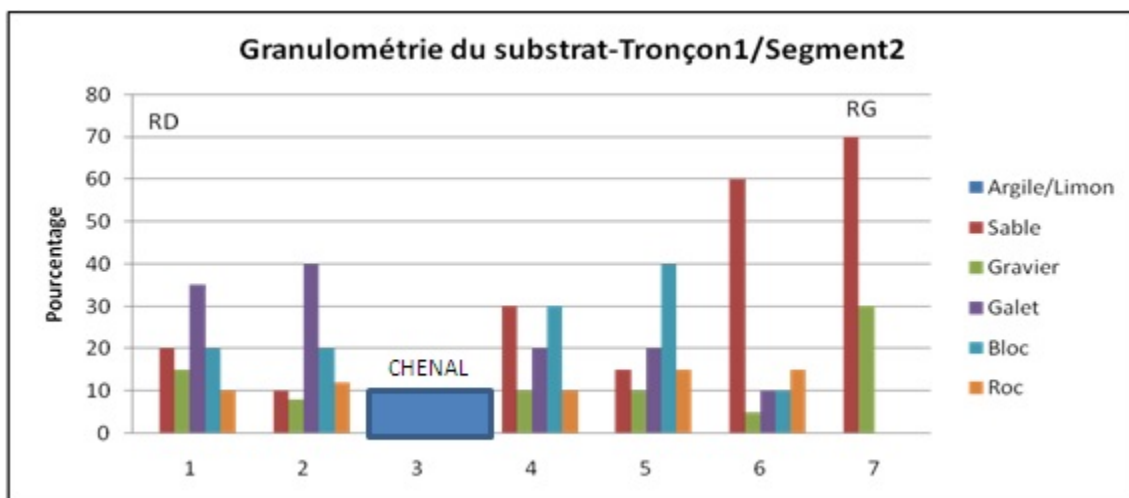
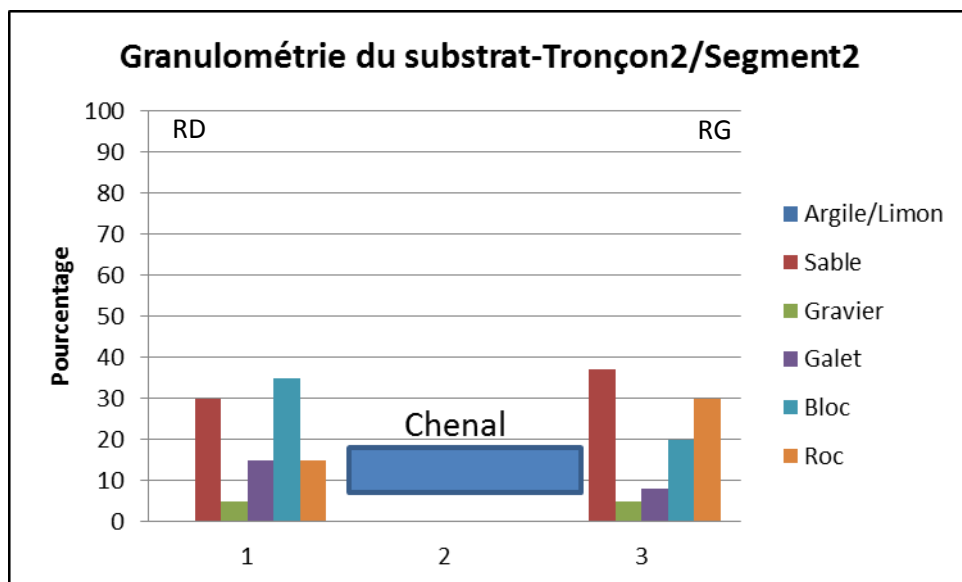
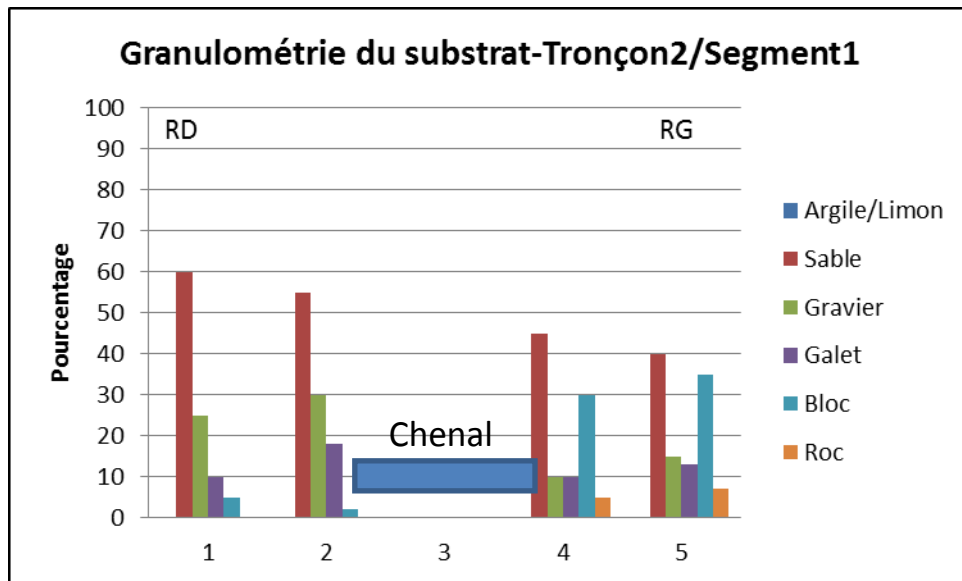


Figure 14 : Granulométrie du substrat des trois segments du tronçon 1 (T1)

En ce qui concerne, le segment 2, le galet est dominant au niveau de la berge droite (environ 40%) alors que le sable est le présent sur la berge opposée (environ 60 %).

Le segment 3 est caractérisé par une prédominance du sable sur les deux berges (de 30 à 60 %) (Figure 14).

□ Tronçon 2



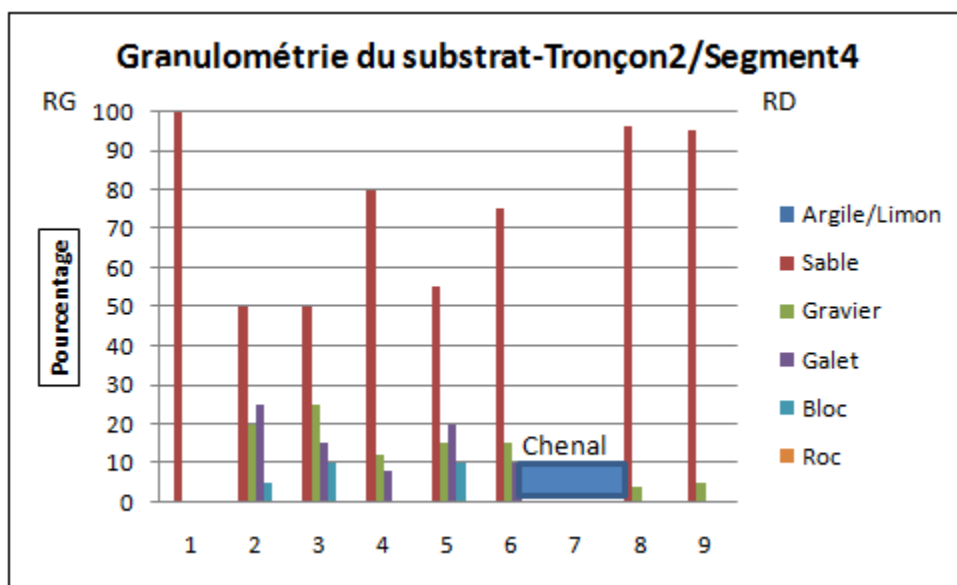
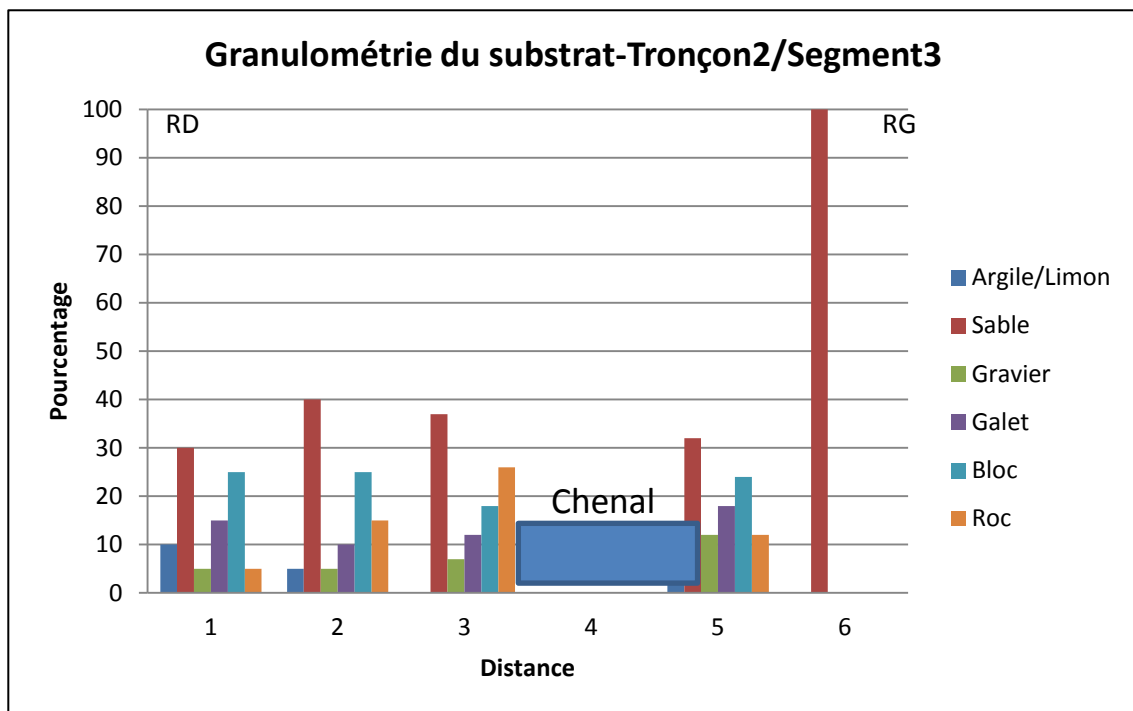


Figure 15 : Granulométrie du substrat des quatre segments du tronçon 2 (T2)

Pour le segment 1 du tronçon 2, le sable est le substrat le plus important et connaît une décroissance de la berge droite (RD) vers celle de gauche (RG) de 60 à 40 % ; le galet est le type de substrat dont la présence devient importante avec cette diminution (30 à 35 %) sur la berge gauche.

Au niveau du segment 2, les blocs (35 %) dominent au niveau de la berge droite suivis du sable (30%) alors que le sable prend le dessus sur la berge opposée (38 %) suivi par les rocs (30%).

Le segment 3 du tronçon 2 est caractérisé par un substrat en sable dominant par rapport aux autres et qui connaît une évolution de la berge droite à celle de gauche de 30 à 100 %).

Le segment 4 du tronçon 2 est celui présentant le taux le plus important en sable de tous les segments étudiés. De même, il varie de 50% au niveau des excavations présentes dans la section transversale à 70 à 95 voire 100 % au niveau de l'extrémité de la berge droite.

2.2 Type de granulométrie

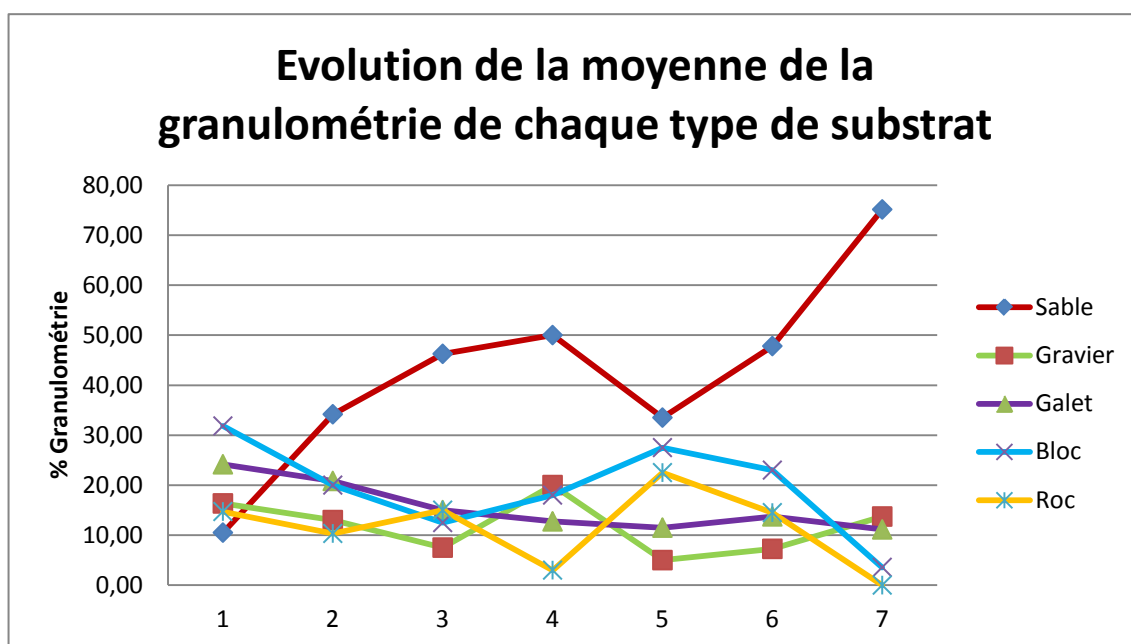


Figure 16 : Evolution du pourcentage moyen de la granulométrie de chaque type de substrat des segments des deux tronçons (Sens : Amont-Aval)

□ Sable

Le pourcentage d'occupation des berges par le sable varie d'un segment à un autre. Le segment 1 du premier tronçon est celui qui présente le pourcentage le plus faible. Celui-ci augmente jusqu'au troisième segment, ensuite une stabilisation est observée au niveau de la zone de jonction entre les deux tronçons, marquant le contact avec un tributaire important de l'oued Ourika, Assif Amlouggui. Par la suite, le pourcentage de sable baisse légèrement au niveau du segment 1 du tronçon 2 puis augmente jusqu'à atteindre le maximum au niveau du segment 4 où les plaines alluviales sont les plus

grandes. Ce qui indique un milieu plus propice à l'installation de la végétation (courbe sable, figure 14)

□ Gravier

Le gravier occupe une place relativement faible au niveau des berges. Son pourcentage maximum est de 20 % observé au niveau du premier segment du Tronçon 2. Ceci pourrait être expliqué par l'apport provenant d'Assif Amlougui (point de jonction entre les deux segments).

□ Galet

Le pourcentage de présence de galet, quant à lui est plus élevé au niveau du segment 1 du Tronçon 2 tend à une légère baisse au niveau des suivants puis se stabilise au niveau des autres segments.

□ Bloc

Il connaît une évolution régressive tout le long du Tronçon 1 ; de sa valeur la plus importante au niveau du Segment 1, elle baisse et connaît une recrudescence avec la rencontre d'Assif Amlougui à la limite entre les deux tronçons. Cette tendance rechute en se dirigeant vers l'aval.

□ Roc :

Il a une valeur pratiquement constante au niveau du tronçon 1, connaît une baisse au niveau du segment 1 du tronçon2 puis connaît son pic au segment suivant à cause des éboulis provenant des événements hydrologiques précédents.

3.1.3. Occupation de berges

L'observation du type de l'occupation des berges a été réalisée au niveau des profils transversales et a permis d'observer d'amont en aval, une variabilité de cette dernière ; trois contextes sont ici matérialisés (amont, médiane, aval) :

Au niveau de l'amont, la rareté voire l'absence de la végétation naturelle rivulaire a été notée. La section transversale montre la présence du *Juglans regia*, qui est une espèce fixatrice des berges associée à des cultures céréalières (blé)

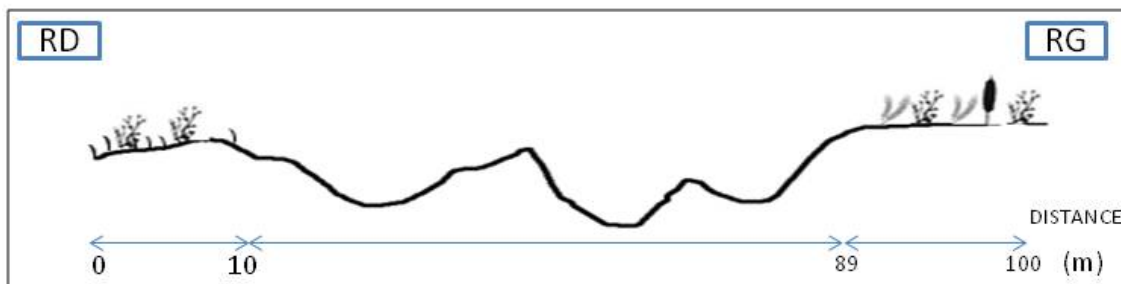


Figure 17: Profil transversal de l'occupation de la végétation rivulaire du Segment 1 du Tronçon 1

Lorsqu'on tend vers la partie médiane du cours d'eau au niveau de la rencontre avec Assif Amlougui, la situation s'améliore. Quelques pieds de *Populus nigra* sont observés au niveau de la berge droite à proximité du piémont (RD, figure 18) ; à proximité du cours d'eau, la berge est occupé par de la végétation herbacée puis par de la végétation arborée et herbacée pour une meilleure protection des berges

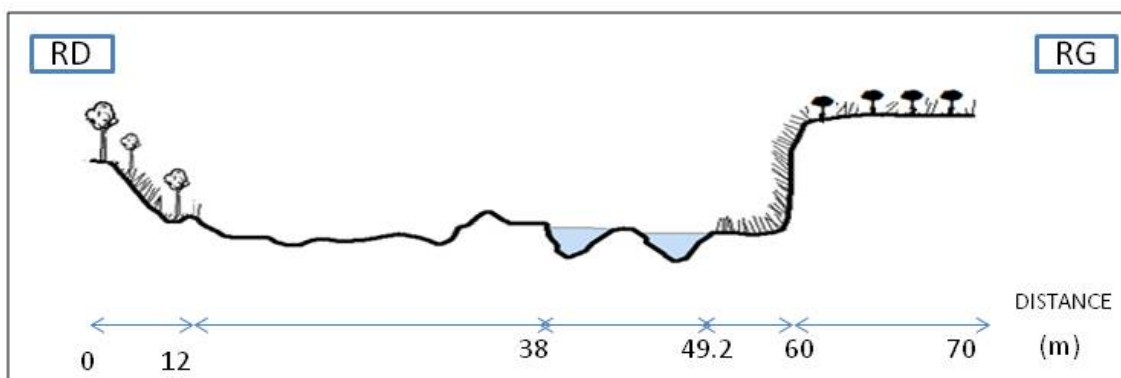


Figure 18 : Profil transversal de l'occupation de la végétation rivulaire du Segment 3 du Tronçon 1

Au niveau de la partie aval de l'Oued Ourika, les plaines alluviales sont plus étendues et malgré la présence humaine (arboriculture et habitations), il est à noter une variabilité en termes de nombre d'espèces et d'une meilleure occupation des berges par la végétation rivulaire telle *Populus nigra*, *Populus alba*, *Salix* spp. (figure 19).

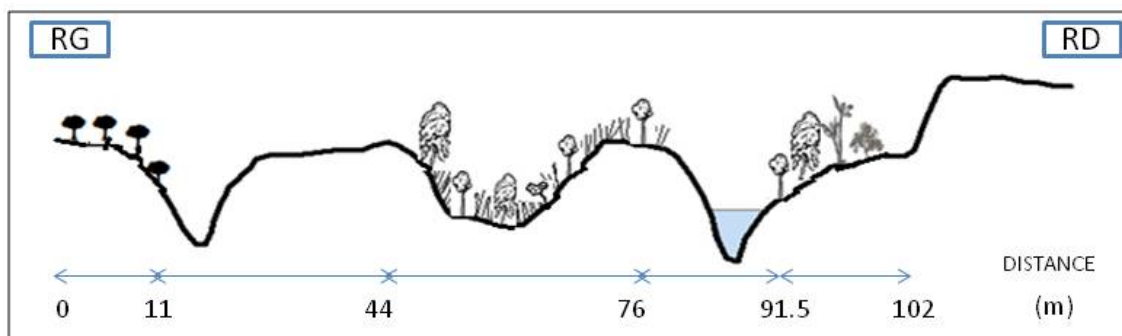


Figure 19 : Profil transversal de l'occupation de la végétation rivulaire du Segment 4 du Tronçon 2

NB : Les distances mentionnées au niveau des figures (17 à 19) représentent les amplitudes (en mètres) d'une berge à l'autre correspondantes au changement du type d'occupation des berges

Conclusion

L'étude des paramètres biophysiques du milieu rivulaire de l'Oued Ourika a permis de mieux appréhender les conditions y régnant en relation avec la végétation s'y développant dans l'optique de comprendre les corrélations de cette dernière avec son milieu. Il en est ressorti une variabilité au niveau des sections transversales exprimant un changement dans l'hydrodynamique du cours d'eau influençant la granulométrie du substrat et le type d'occupation. De même, il est ressorti, une meilleure protection des berges à l'aval par la végétation surtout lorsque l'anthropisation ne touche que quelque peu le milieu.

3.2. Etude phytoécologique de la végétation rivulaire

Introduction

La phytoécologie est la description des groupements végétaux. Les groupements végétaux désignent les combinaisons d'espèces végétales que l'on trouve en un lieu sans préjuger de leur statut. Il existe schématiquement deux types d'approches pour décrire les groupements végétaux à savoir les associations végétales et les groupes écologiques. Le relevé phytoécologique permet d'établir la composition floristique des groupements. Ces relevés phytoécologiques sont réalisés suivant le système de Braun-Blanquet (Diop, 2010).

3.2.1. Détermination et caractérisation des groupements végétaux

Le résultat obtenu avec ce genre d'analyse de classification présenterait les mêmes traits qu'avec la méthode des tableaux dite « manuelle » (Bouzillé, 2007). Une analyse visuelle d'entrée de jeu a permis de constater que deux espèces sont constantes (environ 90% des relevés) à savoir *Populus nigra* et *Rubus ulmifolius*.

Au niveau du premier groupe, l'on peut distinguer assez clairement que les espèces dominantes sont : *Populus nigra*, *Rubus ulmifolius*, et *Festuca elatior*. Celui-ci peut être scindé en deux sous-groupes :

Les espèces fréquentes qui permettent de différencier ce sous-groupe sont *Festuca elatior*, et *Cerastium cerastioides*. L'on retrouve aussi *Bryonia dioica* et *Glyceria fluitans*. Ainsi, peut-on définir le :

- Groupement à *Cerastium cerastioides* et *Bryonia dioica* (G1).

Les espèces caractéristiques de ce groupement sont : *Cerastium cerastioides*, *Bryonia dioica* et *Festuca elatior*

Les relevés appartenant à ce groupement sont mentionnés au niveau de l'annexe. Les recouvrements moyens de chacune des strates arborées, arbustive et herbacée sont respectivement 20%, 9% et 25%. La granulométrie du substrat est répartie comme telle : Sable (35,56 %), Graviers (13,78%), Galets (19,8 %), Blocs (19,77%) et Roc (11,09 %). La largeur moyenne des berges s'étend 15 m et 75 m (23,75 m en moyenne). La gamme altitudinale varie entre 1412 m et 1848 m et la pluviométrie varie entre 600 mm et 800 mm/an. En termes d'occupation du sol du milieu environnant la zone rivulaire, l'on retrouve 1,4 % par les cultures et arboricultures, 12,5 % par les matorrals et vides asylvatiques, 78,95% est du sol nu et 7,16 % par de la forêt.

L'indice de Shannon de ce groupement est de 1,2 et l'équitabilité est de 0,75.

Le second sous-groupe se différencie du précédent par la présence d'*Inula viscosa*, *Festuca elatior*, *Nerium oleander*. Son cortège floristique est formé de *Poa bulbosa* et *Diplotaxis tenuifolia*, et *Juncus acutus*.

□ Groupement à *Diplotaxis tenuifolia* et *Juncus acutus* (G2)

Les espèces caractéristiques de ce groupement sont : *Festuca elatior*, *Inula viscosa*, *Diplotaxis tenuifolia* et *Juncus acutus*.

Le recouvrement du couvert végétal est 42 % pour la strate arborée, pour la strate arbustive, 13 % et herbacée (33%).

La granulométrie du substrat est composée : Sable (40,23%) Graviers (13%), Galets (13,57%), Blocs (21%) et Roc (12,2 %). La largeur moyenne des berges s'étend 15 m et 30 m (23 m en moyenne). L'altitude varie entre 1234 m et 1803 m et la pluviométrie varie entre 500 mm et 700 mm/an. En termes d'occupation du sol du milieu environnant au la zone rivulaire, l'on retrouve 3,44 % par les cultures et arboricultures, 38,13 % par les matorrals et vides asylvatiques, 25,3% est du sol nu et 33,14 % par de la forêt. L'indice de Shannon de ce groupement est de 1,31 et l'équitabilité est de 0,75.

Pour le second groupe, *Populus nigra*, *Rubus ulmifolius* constituent toujours les espèces dominantes. Toutefois, il y existe des espèces différentielles permettant de les scinder en deux sous-groupes :

Populus alba, *Nerium oleander*, *Ficus carica*, *Fraxinus dimorpha*, *Arundo donax* constitueraient avec les deux précédentes, la combinaison d'espèces caractéristiques. Les autres espèces accompagnatrices sont *Glyceria fluitans*, *Lolium perenne*, *Papaver rhoeas*

□ Groupement à *Populus alba* et *Arundo donax* (G3) :

Les espèces caractéristiques de ce groupement : *Populus alba*, *Ficus carica*, *Arundo donax*, *Ranunculus repens*

Les recouvrements moyens des strates arborée, arbustive et herbacée sont respectivement de 47%, 10% et 56 %. La granulométrie du substrat est répartie comme telle : Sable (54,77 %) Graviers (9 %), Galets (12,03 %), Blocs (14,26%) et Roc (9,95 %). La largeur moyenne des berges s'étend 15 m et 80 m (46,31 m en moyenne). La gamme altitudinale varie entre 954 m et 1831 m (1186 m en moyenne) et la

pluviométrie annuelle varie entre 400 mm et 700 mm/an. Pour ce qui est de l'occupation du sol du milieu environnant au la zone rivulaire, l'on retrouve 9,68 % pour les cultures et arboricultures, 58,48 % pour les matorrals et vides asylvatiques, 20,72 % est du sol nu et 11,13 % par de la forêt. L'indice de Shannon du groupement à *Populus alba* et *Arundo donax* est de 1,38 (cela indique que ce groupement est le plus riche spécifiquement parlant) et l'équitabilité est de 0,74.

L'autre sous-groupe est caractérisé par la présence de *Fraxinus angustifolia* avec comme espèces compagnes : *Salix pedicellata*, *Trifolium repens*.

- Groupement à *Fraxinus angustifolia* et *Hedera helix* (G4)

Les espèces caractéristiques de ce groupement sont : *Fraxinus angustifolia*, *Hedera helix*, *Lonicera biflora*.

Les recouvrements des différentes strates sont les suivantes : Strate arborée (26 %), les strate arbustive (4%) et Strate herbacée (14%) sont inférieures à 25 %. La granulométrie du substrat est de 49,375 % de sable ; 14,75 % de graviers ; 14,375 % de galets ; 13,5 % de blocs et 8 % de rocs. La largeur des berges varie entre 20 et 40 m (30 m en moyenne). La pluviométrie varie entre 600 et 700 mm/an et l'altitude va de 1336 et 1533 m. Pour ce qui est de l'occupation du sol du milieu environnant au la zone rivulaire, l'on retrouve 1,37 % par les cultures et arboricultures, 32,57 % par les matorrals et vides asylvatiques, 38 % est du sol nu et 28,06 % par de la forêt. L'indice de Shannon de ce groupement est de 1,33 et l'équitabilité est de 0,86.

3.2.2. Schéma syntaxonomique des groupements végétaux

Les groupements végétaux identifiés se situent au niveau des classes forestières à distribution azonale liées aux conditions édaphiques (Massenet, 2013). Ils appartiennent à la classification phytosociologique suivante :

- Classe : SALICETEA PURPURAE Moor 1958 :

Associations arbustives ou arborescentes de saules (saulaies ou saussaies) ou de peupliers fréquemment inondés (végétation riveraine à bois tendre)

- Ordre : SALICETALIA ALBAE Th. Müller & Görs 1958 ex Rameau :

Saulaies et peupleraies (saulaies blanches et peupleraies noires) des étages méso- et supra-méditerranéens.

Pour ce qui de l'alliance, la consultation de la bibliographie n'a permis de situer les groupements végétaux déterminés dans aucune des Alliances déjà définies, toutefois, les

espèces *Populus nigra* et *Rubus ulmifolius* pourraient servir à cet effet dans le cadre d'études ultérieures plus approfondies.

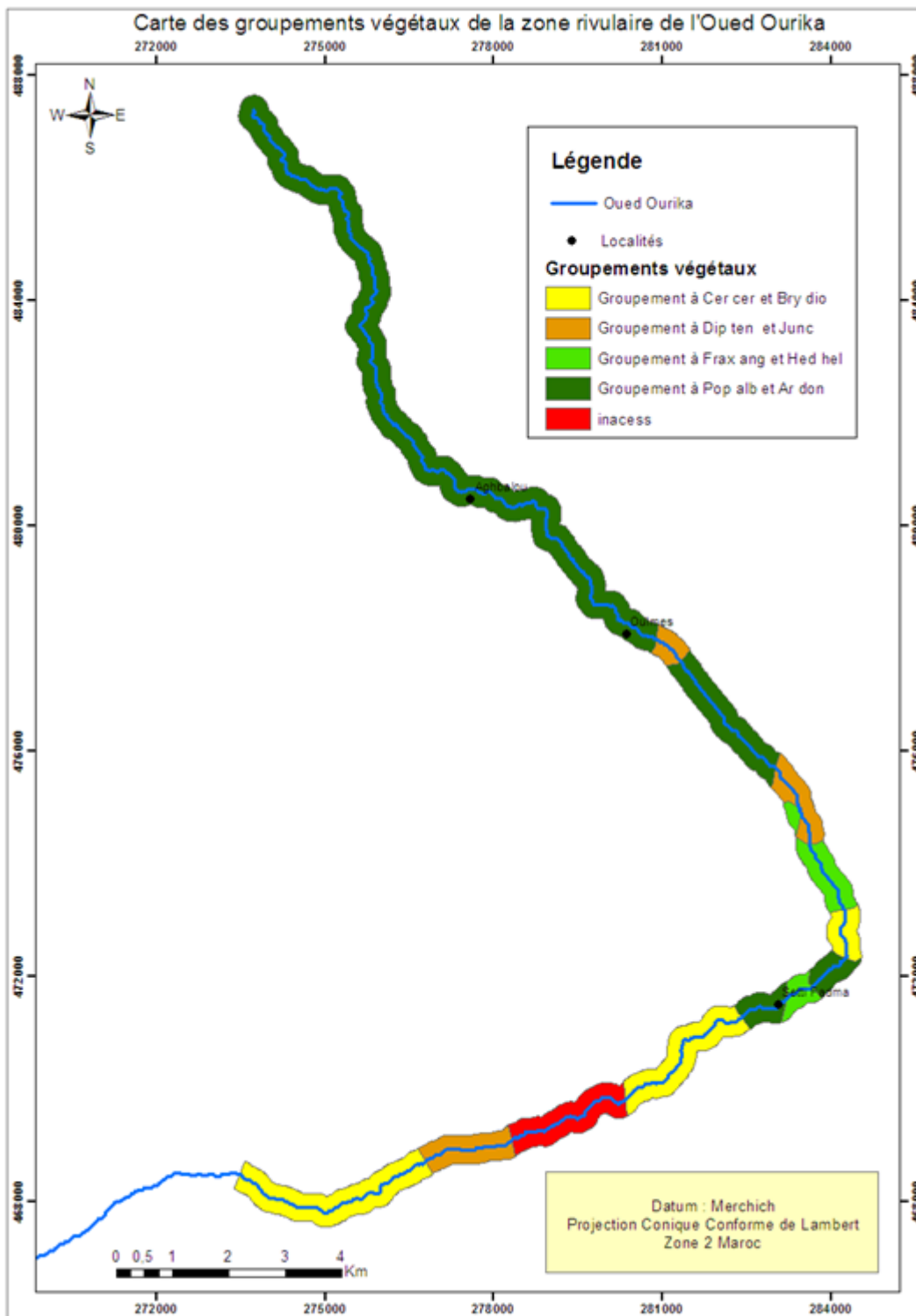


Figure 20 : Carte des groupements végétaux du milieu rivulaire de l'Oued Ourika

(Cer cer : *Cerastium cerastioides* et Bry dio : *Bryonia dioica*, en jaune ; Dip ten : *Diploaxis tenuifolia* et Junc : *Juncus acutus* en orange ; Frax ang : *Fraxinus angustifolia* et Hed hel : *Hedera helix* en vert clair ; Pop alb : *Populus alba* et Ar don : *Arundo donax* en vert foncé ; inaccess : frange non prospectée à cause de l'inaccessibilité du terrain)

3.2.3. Analyse des données

3.2.3.1. Analyses d'ordination

□ Analyse Factorielle des Correspondances

L'AFC des données floristiques a permis d'expliquer les gradients écologiques qui influencent la variabilité des espèces au sein des différents relevés. Le résultat est illustré au niveau du tableau ?.

Tableau 8 : Valeurs propres et inertie résultant de l'AFC

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,506	0,453	0,421
Inertie (%)	9,301	8,316	7,734
% cumulé	9,301	17,617	25,351

Les valeurs propres des trois premiers axes sont relativement élevées. La première valeur propre est de l'ordre de 50.9 % avec un taux d'inertie correspondant de 9.30 % pour le premier axe. Le pourcentage de l'inertie cumulé des deux premiers axes est relativement faible (< 20%). Cela peut s'expliquer par une hétérogénéité de présence d'une espèce d'un relevé à l'autre. Ceci n'empêche tout de même pas la prise en considération des gradients écologiques exprimés par les axes (Natta, 2003) (Figure 20).

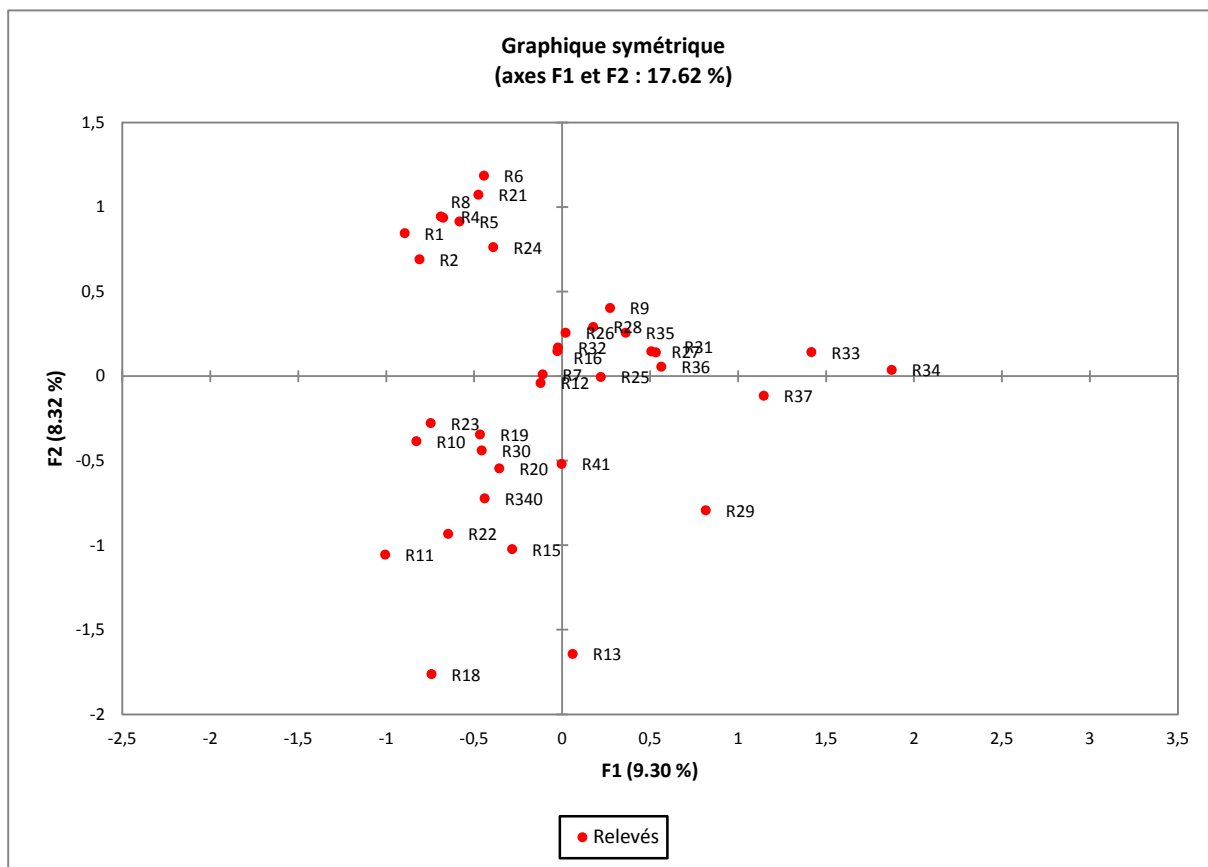


Figure 21 : Représentation des relevés floristiques dans le plan factoriel F1*F2

L'axe F1 est corrélé positivement par la présence de *Festuca elatior* (relevés 1, 2, 5,6 situés en amont) et négativement par la présence de *Fraxinus angustifolia* (plus en aval). L'on constate que cela correspond à un gradient altitudinal (amont-aval) (figure 21).

L'axe F2 est corrélé positivement par la présence de *Populus alba*, *Arundo donax* (relevés 33, 34 et 37) et négativement par la présence de *Cerastium cerastioides* et *Inula viscosa*. Un gradient d'humidité est ainsi exprimé (Figure 20).

- Analyse canonique des correspondances

Résultats du test de permutation

Tableau 9 : Test de permutation de l'ACC

Permutations	1000
Pseudo F	1,325
p-value	< 0,0001
alpha	0,050

Interprétation du test :

H0 : Les données sites/objets ne sont pas linéairement liées aux données sites/variables

Ha : Les données sites/objets sont linéairement liées aux données sites/variables.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

Le test permet de conclure que les données relevés/espèces sont liées linéairement aux données relevés/variables avec niveau de signification de 5%. On remarque que le p-value est très inférieur au niveau de signification choisi (0,0001 de 0,05). Ainsi, l'on peut conclure de façon exacte. De plus, il serait intéressant de déterminer si cela est le cas pour toutes les variables, ou si certaines sont plus performantes que d'autres.

L'analyse des valeurs propres de l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) permet de voir qu'une bonne partie de l'inertie est représentée par le premier axe. Avec le second axe, on obtient 52,758 % de l'inertie (plus de la moitié). Ainsi, la représentation de l'ACC en deux dimensions peut être suffisante pour analyser les relations entre les sites, les espèces et les variables.

Tableau 10 : Valeurs propres de l'ACC

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,382	0,318	0,229
Inertie contrainte (%)	28,810	23,949	17,262
% cumulé	28,810	52,758	70,020
Inertie totale	6,803	5,655	4,076
% cumulé (%)	6,803	12,458	16,534

La représentation graphique permet de visualiser le lien entre les espèces, les relevés et les variables environnementales. Ayant un nombre important, il a été jugé utile de faire deux représentations graphiques espèces/variables environnementales et relevés /variables environnementales pour mieux distinguer les différents gradients.

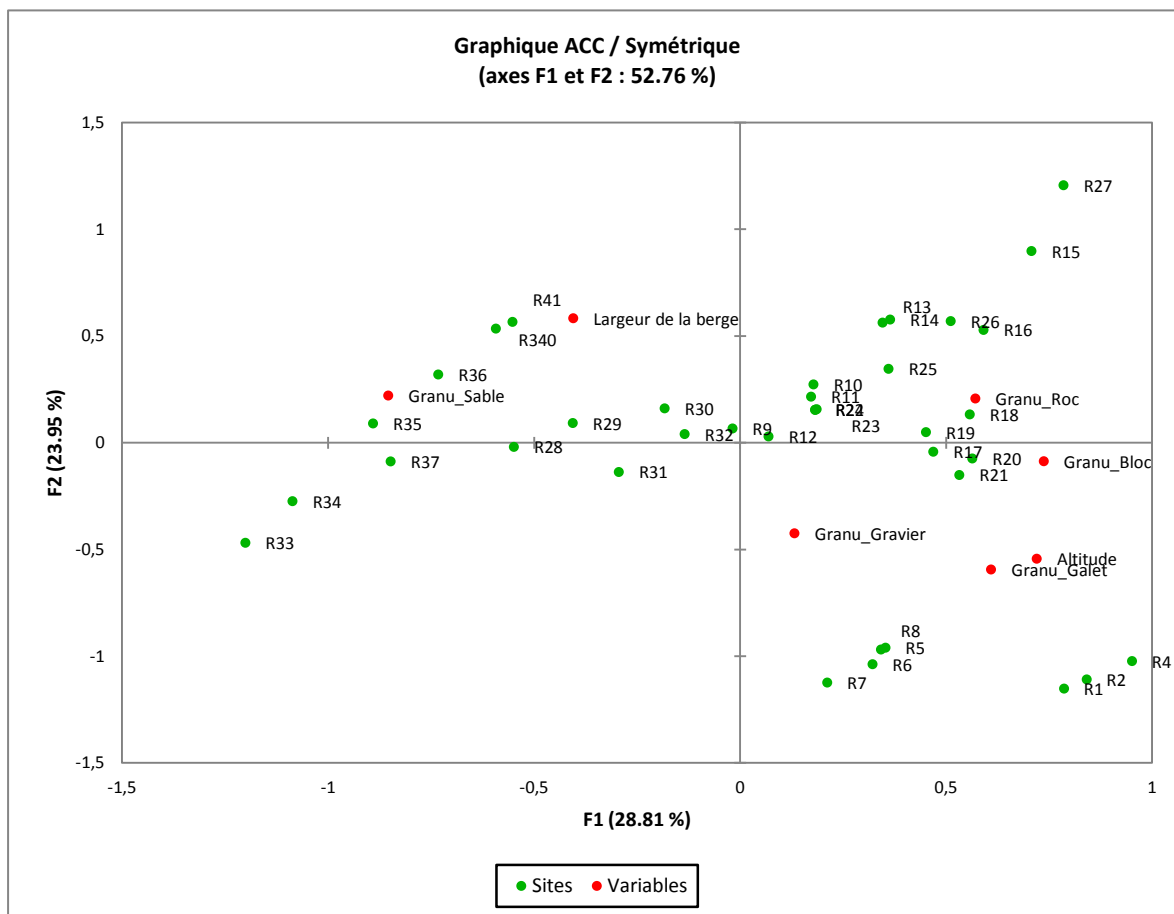


Figure 22 : Représentation graphique des variables écologiques et des relevés avec l'ACC

Le premier axe (F1) exprime un gradient altitudinal et la granulométrie en galet (corrélation positive).

Le second axe (F2) est corrélé positivement par la largeur de la berge et par l'importance de présence du sable

L'on constate que les relevés 1, 2 et 4, par exemple, situés en altitude ont un taux de recouvrement en galets et en blocs assez important et une amplitude des berges plus réduite.

D'un autre côté, les relevés 33, 34, 37 situés en basse altitude ont un taux de recouvrement de sable élevé et des berges d'amplitude importante (figure 22)

En ce qui concerne, les espèces, force est de constater qu'*Arundo donax*, *Populus alba*, *Papaver rhoeas* affectionnent les milieux de basse altitude et recouverts de sable tandis que d'autres telles que *Festuca elatior*, *Cerastium cerastioides* se retrouvent

majoritairement en haute altitude avec la granulométrie du substrat plus important en galets et blocs (figure 23).

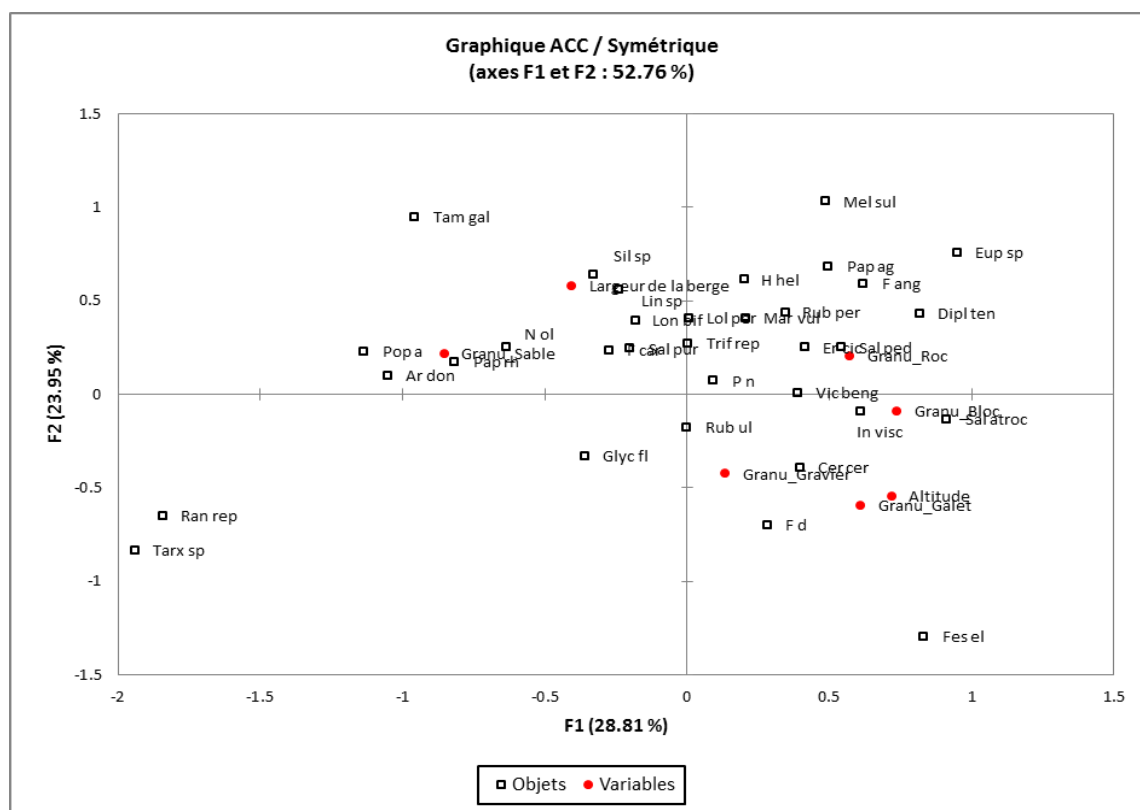


Figure 23 : Représentation graphique des variables écologiques et des espèces par l'ACC

Il ressort de l'ACC, tout d'abord que les variables possèdent des affinités entre elles à savoir : Aux altitudes les plus importantes correspondent les granulométries de substrat de roc, bloc et galet ; de même, aux altitudes les plus faibles, les berges sont plus larges ainsi que le recouvrement de sable en est plus important. Ce qui corrobore, l'analyse effectuée au niveau du chapitre sur les paramètres physiques du milieu riverain. Ces résultats cadrent avec ceux trouvés au niveau de l'AFC.

3.2.4. Diversité floristique

Le nombre d'espèces retrouvées dans la zone ripisylve du bassin versant de l'Ourika est de 91 espèces (taxons) appartenant 76 genres et 31 familles. (Liste complète, Annexe B).

Les familles les représentées sont les suivantes : les *Graminae* avec 10.5 % du total des espèces étudiées, ensuite viennent les *Fabaceae* (8.2 %) et les *Asteraceae* (8,1%) puis les *Lamiaceae* (7,9 %). Les autres taxons appartenant aux familles ci-après : *Apiaceae*,

Apocynaceae, Araliaceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Caprifoliaceae, Caryophyllaceae, Cistaceae, Cucurbitaceae, Cupressaceae, Cyperaceae, Ephedraceae, Equisetaceae, Euphorbiaceae, Geraniaceae, Juncaceae, Moraceae, Oleaceae, Papaveraceae, Pinaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae, Tamaricaceae et *Urticaceae* forment les 65,3 % restants du total.

Les dicotylédones (angiospermes) sont les plus importantes en termes de présence au niveau de la végétation rivulaire de l'Oued Ourika avec 82 % des espèces (Tableau 11) suivies par les monocotylédones avec un pourcentage de 17 %. Les Gymnospermes et Ptéridophytes sont minoritaires avec 6 % de l'effectif.

Tableau 11: Importance taxonomique de la végétation riveraine de l'Oued Ourika

Division	Pteridophyta		Spermatophyta					Total	
			Gymnospermes		Angiospermes				
					Monocotylédones		Dicotylédones		
Classe									
Sous-classe									
	Effectif	Pourcentage	Effectif/Pourcentage	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Familles	1	3.2	3/9.7	3	9.7	24	77.4	31	100
Genres	1	1.3	3/3.9	11	14.3	61	80.5	76	100
Espèces	1	1.12	4/4.49	15	16.85	75	82.02	91	100

Pour la strate arborée, le peuplier noir *Populus nigra* est l'espèce la plus représentée (présente dans 90 % des relevés).

En ce qui concerne, la strate arbustive (les lianes y inclus), la ronce *Rubus ulmifolius* (71% de présence) est la dominante suivie de *Nerium oleander* (20 %) et *Ficus carica* (19%)

Pour ce qui est de la strate herbacée, *Festuca elatior* (22% des relevés) est l'espèce dominante, plus présente à l'amont de l'Oued Ourika suivie de *Papaver rhoeas* (20%), retrouvée principalement entre la mi-portion et l'aval de ce dernier.

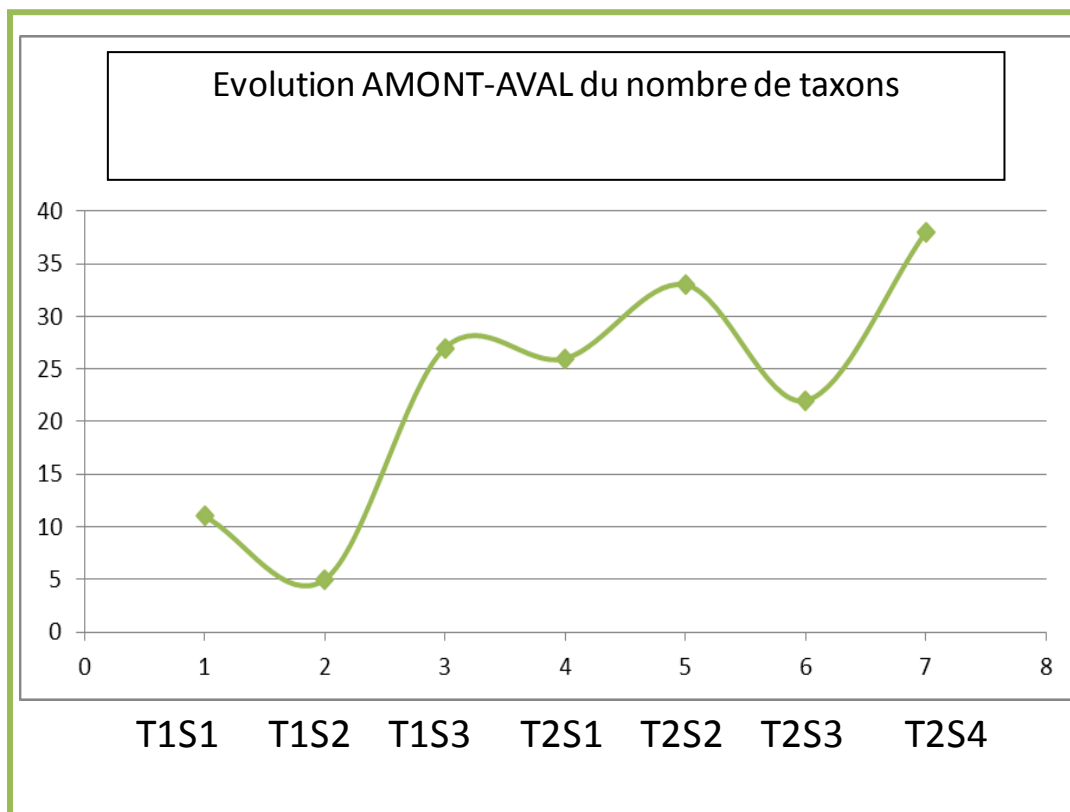


Figure 24 : Variation Amont-Aval du nombre de taxons au niveau de chaque segment

Les stations à l'amont au niveau des segments T1S1 et T1S2 sont les moins fournies en termes d'espèces avec des pourcentages respectifs de 12 et 5,6% du total des espèces rencontrées. D'autre part, les segments T2S2 (37%) et T2S4 (42,7%) sont ceux qui comportent le plus de taxons (figure 24). Ainsi, de façon générale, le nombre de taxons augmente de l'amont vers l'aval de l'Oued Ourika.

3.3. Evaluation de la qualité de la végétation ripicole

3.3.1. Evaluation par l'Indice QBR

L'évaluation de la qualité de la végétation ripisylve a permis de déceler différentes classes de qualité au niveau de la zone rivulaire de l'Oued Ourika. Toutefois, le constat qui s'impose est la forte dégradation de la zone s'exprimant par de « basses qualités ».

Tableau 12 : Nombre et représentativité des stations au sein de chaque indice QBR

CLASSES QBR	Nombre de Stations	Classe de qualité	Pourcentage
0-25	4	Pire qualité	11,4
30-50	13	Mauvaise qualité	37,1
50-70	10	Qualité moyenne	28,6
75-90	8	Bonne qualité	22,9
95-100	0	Habitat à l'état naturel	-

L'on constate qu'environ 11,5 % (4) des stations échantillonnées sont de la « Pire qualité » (indice QBR compris ≤ 25), 37,1% (13) sont de « Mauvaise qualité ». Cependant, 28,6 % (10) des zones étudiées sont de qualité passable et presque 23% (8 Stations) sont de bonne qualité ($50 < \text{indice QBR} \leq 70$) (Tableau 12).

Il est à déplorer l'absence de station présentant des caractéristiques d'habitat naturel c'est-à-dire ayant un indice QBR ≥ 95 .

La distribution spatiale des valeurs d'indice indique une augmentation de la qualité du milieu riverain de l'amont à l'aval de l'Oued Ourika (coefficient de

corrélation entre l'altitude et la valeur QBR, $r = -0,676$, $p < 0,01$) Cependant, le lien entre l'altitude et les valeurs de l'indice (Figure 24) montre une distribution relativement uniforme des points d'échantillonnage dans toute la gamme QBR.

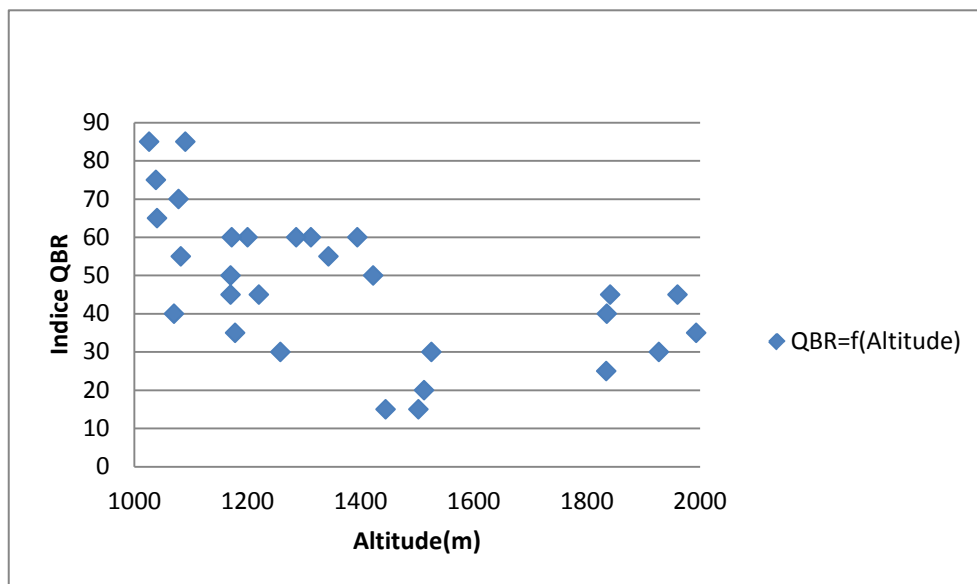


Figure 25 : Evolution de l'indice QBR en fonction de l'altitude au niveau des stations échantillonnées

□ Analyse statistique

L'analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée sur une matrice de 34 stations d'échantillonnage. Cette analyse explique 81% de la variance totale dans les deux premiers axes (tableau 13). Le premier axe est défini positivement par le score QBR total, et trois parties qui la composent : la couverture (QBR 1), la structure (QBR 2), la qualité de la couverture (QBR 3), et négativement par l'altitude, l'expression de la dépendance à l'égard de la qualité de la végétation riveraine (corrélation forte et inverse). Le deuxième axe a été défini de manière positive par le degré de naturalité du cours d'eau (QBR 4) (tableau 14). La répartition des échantillons dans le plan défini par l'axe I et II est représenté sur la

Figure 26. L'analyse organise les stations en termes de gammes de qualité pour l'indice total QBR.

Tableau 13 : Variance cumulative et les valeurs propres des deux premiers axes de l'ACP effectuées sur l'ensemble de matrice de données.

	Axe 1	Axe 2
% Variance expliquée	62,990	18,600
% Variance	62,990	81,590

Tableau 14: Pourcentage de Variance expliquée par les deux premières composantes et les coefficients de corrélation entre les variables initiales et entre les axes

	Axe 1	Axe 2
Altitude	0,908	0,177
Score1	0,915	0,118
Score2	0,898	0,104
Score3	0,615	0,190
Score4	0,070	0,979
Indice QBR	0,871	0,483

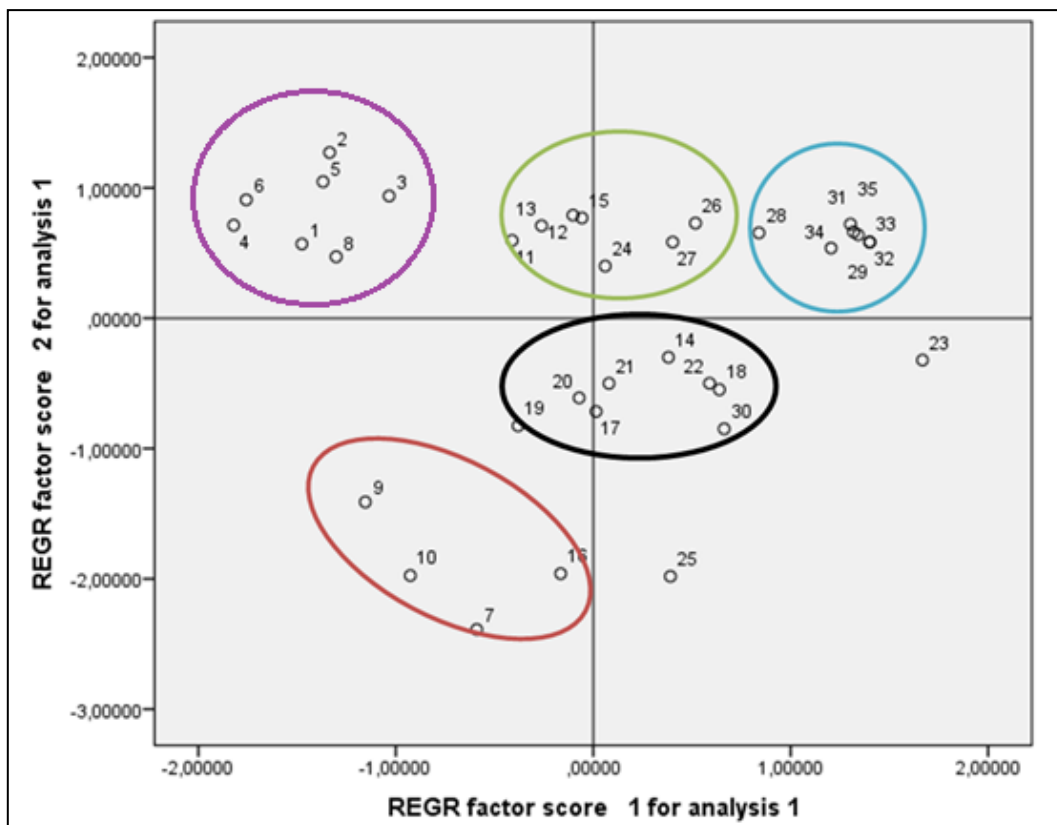


Figure 26 : Représentation graphique de l'ACP des classes de qualité et de l'altitude des stations échantillonnées (Nombres : 11 à 34 : stations) et Cercle en rouge (couvert assez faible) ; cercle violet (altitude élevée, QBR de mauvaise qualité) ; cercle noir (altitude moyenne et couvert végétal moyen) ; cercle vert (bon couvert végétal ; cours d'eau en bon état) ; cercle bleu (QBR de bonne qualité, bon couvert et bonne structure de la végétation)

□ Discussion et Interprétation

Il est à noter que les stations situées au niveau de l'amont de l'Oued Ourika (encerclées en violet) (figure 26) sont celles aux altitudes les plus importantes des stations sont celles présentant un indice de mauvaise qualité ($25 < \text{QBR} < 50$). Cela est dû tout d'abord à un faible couvert végétal au niveau des plaines alluviales et d'une importante présence de pratiques agro-pastorales telles que l'arboriculture (notamment du noyer, de pommier, pêcher) ainsi que des cultures fourragères pour le bétail en l'occurrence. Ceci abonde dans le même sens que Valero *et al.*, (2014).

La dégradation des zones riveraines serait plus forte vers l'amont en présence de fortes pressions dues aux activités agro-pastorales. Ces résultats concorderaient avec ceux de Valero *et al.*, (2014). Toutefois, il apparaît que la dégradation des berges serait plus intense dans les parties inférieures des cours d'eau qu'au niveau de leur source avec l'augmentation de la pression humaine dans ces zones (habitations, routes) (Stella *et al.*, 2013).

Pour ce qui est des stations encerclées en rouge (au nombre de 4), elles diffèrent des précédentes tout d'abord par une baisse de l'altitude et un couvert assez faible (marqué par la présence non négligeable d'espèces exotiques telles que *Salix babylonica*) et influencé par une forte implantation d'infrastructures comme les hôtels et les restaurants au niveau des plaines alluviales.

Ensuite, le groupe délimité en noir est quant à lui, caractérisé par des altitudes médianes, une couverture végétale relativement moyenne et présentent des altérations au niveau du cours d'eau (et de ses environs) telles que la présence de routes, murs de soutènement pour la protection contre les crues. Les activités anthropiques influent négativement sur la qualité du milieu rivulaire.

Le groupe encerclé en vert (figure 26) présente un meilleur couvert végétal (indice QBR : qualité moyenne avec la présence d'influences néfastes à une bonne qualité du milieu riverain tel que la présence d'espèces exotiques et quelques constructions : restaurants, habitations. L'on note aussi, que c'est une zone sujette à des glissements de terrain, marqué par la présence de blocs (éboulis) au niveau du lit mineur du cours d'eau. Cependant, les stations concernées sont celles présentant un degré de naturalité du cours d'eau meilleur que les précédentes.

Enfin, les stations encerclées en bleu, sont les meilleurs en termes d'indice de qualité (bonne qualité) et présentent un bon couvert végétal en termes de qualité et de structure au niveau des plaines alluviales. Elles sont situées en aval de l'oued (altitudes les plus basses). Toutefois, elles sont marquées par une présence d'arboriculture et de cultures implantées au sein de la végétation ripisylve ainsi des habitations au niveau des terrasses fluviales.

Les impacts directs des pratiques agricoles, pastorales, de l'urbanisation réduirait le couvert végétal rivulaire, influencerait la composition floristique (Vasilopoulos *et al.*, 2007) et/ou faciliterait l'augmentation de la fréquence et de la couverture des espèces des espèces exotiques. Ceci cadre avec la forte présence d'arboriculture à base de *Juglans regia* (surtout dans la partie amont de l'Oued Ourika) au niveau des berges et des terrasses et celle du saule pleureur (à partir de la partie médiane de l'Oued Ourika) présent au niveau de restaurants et hôtels en lieu et place de la végétation naturelle. La conversion de l'utilisation des terres et d'autres activités sont généralement associées à des réductions de l'étendue de la zone riveraine, ainsi que celles de la complexité de l'habitat, la dispersion et la fonction (Gonzalez *et al.*, 2010), bien que ces effets puissent être difficiles à séparer des autres variables environnementales.

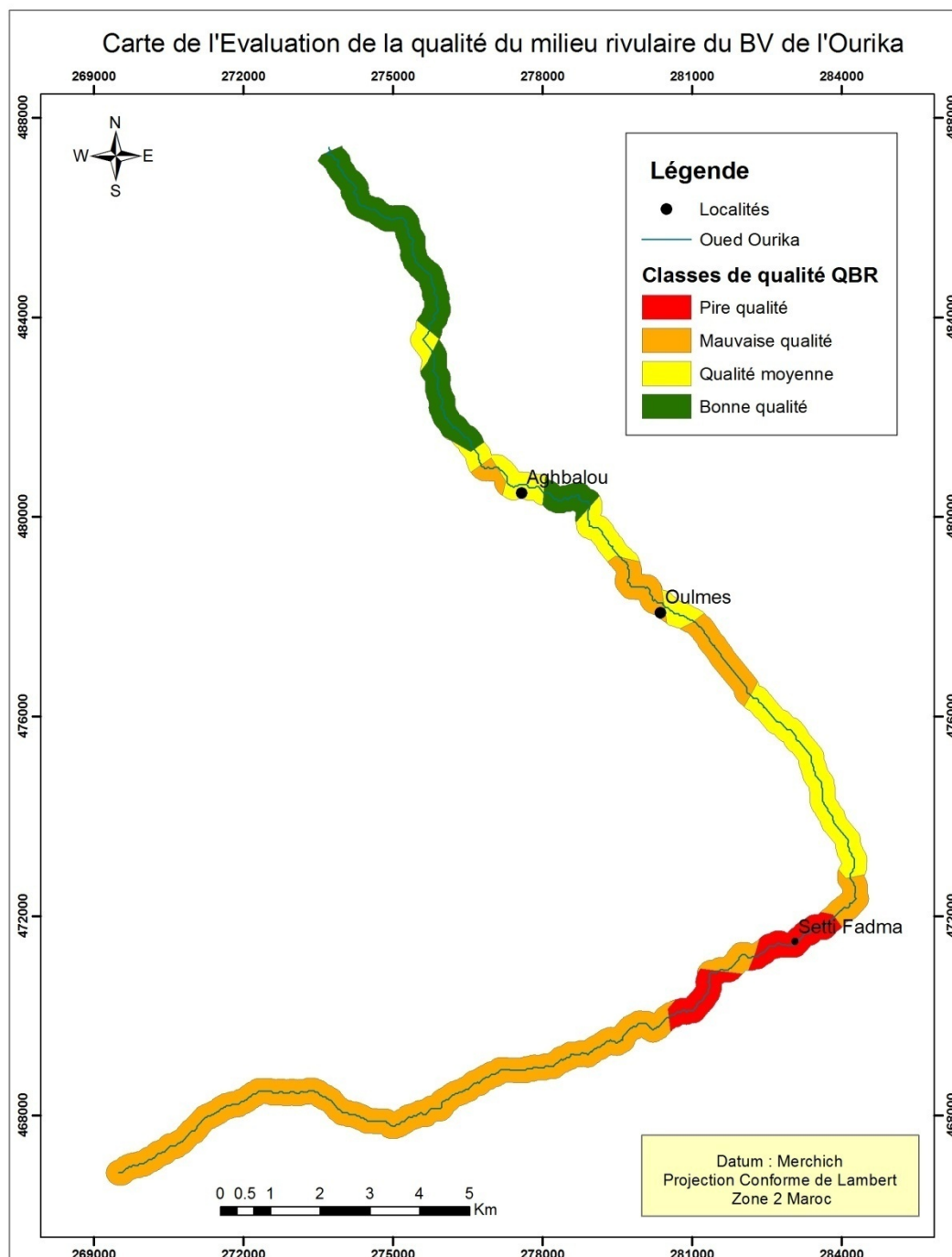


Figure 27 : Carte de l'évaluation de la qualité du milieu rivulaire de l'Oued Ourika

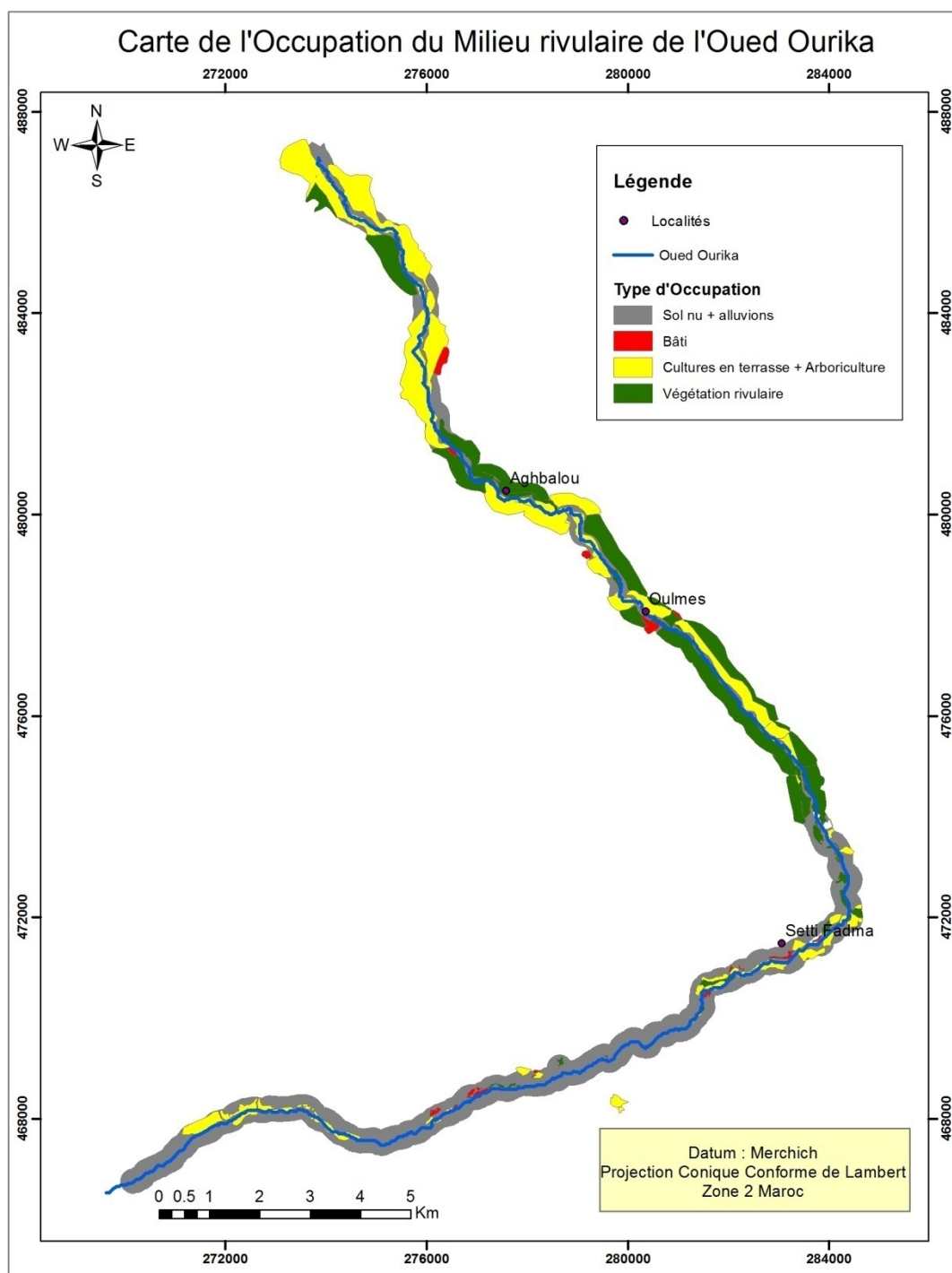


Figure 28 : Carte de l'occupation des berges de l'Oued Ourika

3.3.2. Analyse des relations entre les groupements végétaux, l'indice de qualité QBR et les variables environnementales

Cette analyse avait pour but de déterminer les relations qui existent entre les groupements identifiés et les facteurs écologiques qui sont responsables dans la répartition de la végétation ainsi que les classes de qualité QBR. Aussi, il a été question de mettre en évidence les variables écologiques prépondérantes dans le déterminisme des groupements en lien avec les classes de qualité du milieu riverain. Tout ceci permettra de proposer des mesures de conservation ou de restauration en tenant compte de diverses interactions entre les variables précitées.

Le recouvrement de la strate arborée a une corrélation négative avec l'Équitabilité ($r = 0,657$). La richesse spécifique (nombre d'espèces) a une bonne corrélation avec les classes de qualité QBR (0,412) et fortement avec l'indice de Shannon-Wiener (0,791). Ceci indique que les groupements les riches en espèces sont généralement ceux qui possèdent les meilleurs indices de qualité du milieu rivulaire.

- Analyse des Correspondances Multiples entre les groupements et variables écologiques

Tableau 15 : Valeurs propres de l'Analyse en Correspondances Multiples en les variables écofloristiques et les classes de qualité QBR

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,618	0,531	0,423
Inertie (%)	12,878	11,054	8,805
% cumulé	12,878	23,932	32,737
Inertie ajustée	0,273	0,171	0,077
Inertie ajustée (%)	33,844	21,159	9,596
% cumulé	33,844	55,003	64,599

❖ Interprétation des axes factoriels

Dans cette analyse, le plan factoriel (F1xF2) est suffisant, puisqu'il absorbe le maximum d'informations et explique 55 % de la variation totale.

L'axe F1 exprime un gradient de recouvrement de la végétation.

L'axe F2 exprime un gradient de qualité QBR du « Bon » (côté négatif) au « Mauvais » (côté positif)

❖ Analyse des correspondances multiples (ACM) entre les variables précédentes a permis d'identifier un certain nombre de tendance :

La classe de qualité « Pire qualité » est caractérisé par le recouvrement de la strate arboré la plus faible (7.5%), un recouvrement arbustif de 5% et herbacé de 17.5%. Ces paramètres entrent en compte dans la distinction du Groupement à *Fraxinus angustifolia* et *Hedera helix*.

La classe de qualité « Mauvaise qualité » présente un recouvrement arboré de 5 à 37.5 %, celui arbustif de 17.5 % et herbacé (7.5%). Elle caractérise le Groupement à *Cerastium cerastioides* et *Bryonia dioica*.

La classe « Qualité moyenne » serait caractérisée par un recouvrement moyen arborée de 62.5%, et celui herbacé entre 2.5 et 12.5 %. Elle est représentée au niveau du Groupement à *Diplotaxis tenuifolia* et *Juncus acutus*.

La classe « Bonne qualité » (la meilleure) présente un recouvrement de la strate arborée de l'ordre de 17.5 à 87.5 %, celui de la strate arbustive connaît sa valeur maximale (37.5%) et de la strate herbacée (87.5 à 100%). Ceci caractérise au mieux le groupement à *Populus alba* et à *Arundo donax*.

Tableau 16: Correspondance des groupements végétaux aux classes de qualité QBR

Groupement végétal	Classe de Qualité QBR
G à <i>Populus nigra</i> et <i>Arundo donax</i>	Bonne Qualité
G à <i>Diplotaxis tenuifolia</i> et <i>Juncus acutus</i>	Qualité Passable
G à <i>Cerastium cerastioides</i> et <i>Bryonia dioica</i>	Mauvaise Qualité
G à <i>Fraxinus angustifolia</i> et <i>Hedera helix</i>	Pire qualité

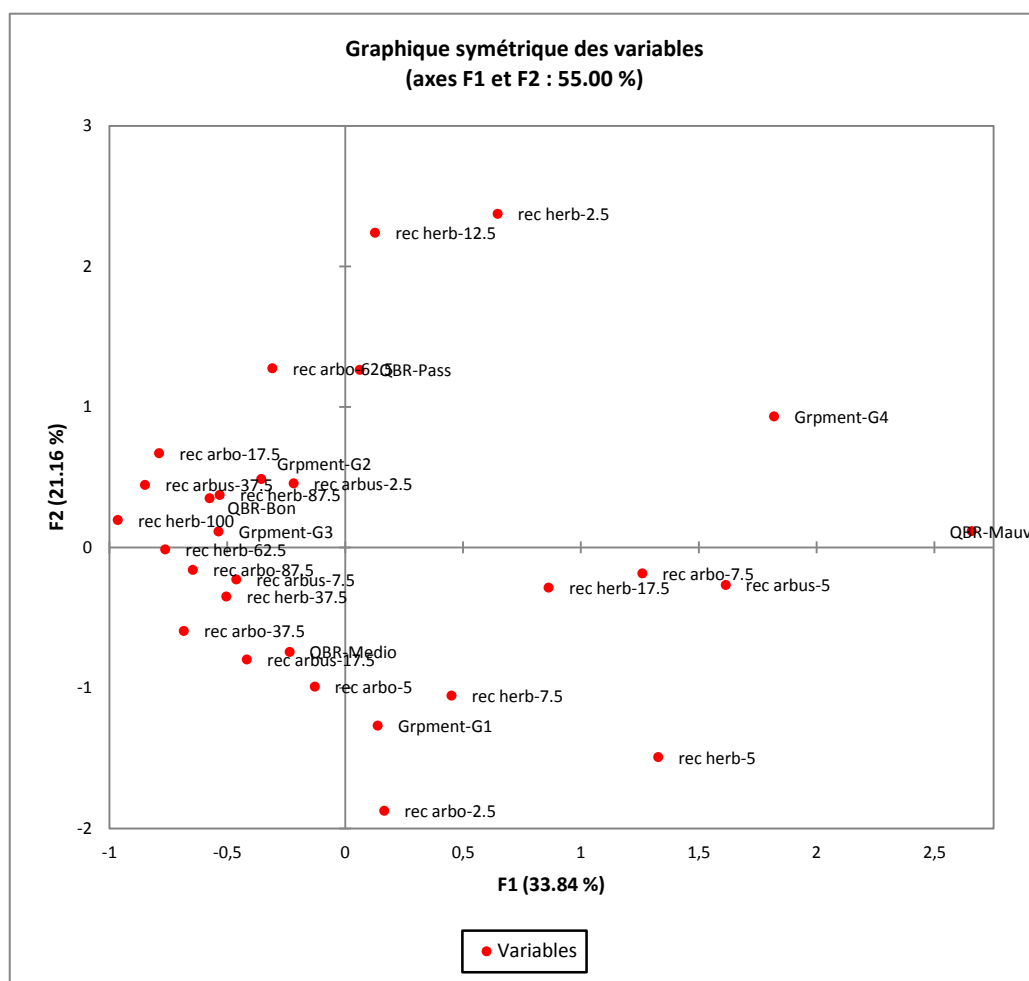


Figure 29 : Représentation graphique du plan factoriel (ACM) des groupements, des recouvrements floristiques et des classes de qualité QBR

- Analyse des Correspondances Principales des variables écofloristiques et de l'indice de qualité QBR

Tableau 17: Pourcentage de représentation de chaque variable au niveau de chaque axe de l'ACP

	F1	F2
rec arboré	0.006	0.809
rec arbustif	0.036	0.111
rec herbacé	0.091	0.216
QBR	0.392	0.000
Rich floristique	0.766	0.093
H'	0.858	0.041
Equitabilité	0.010	0.707

- Détermination des espèces caractéristiques de chaque classe qualité QBR
- ❖ Caractérisation des classes de qualité QBR par les espèces dominantes de chaque relevé

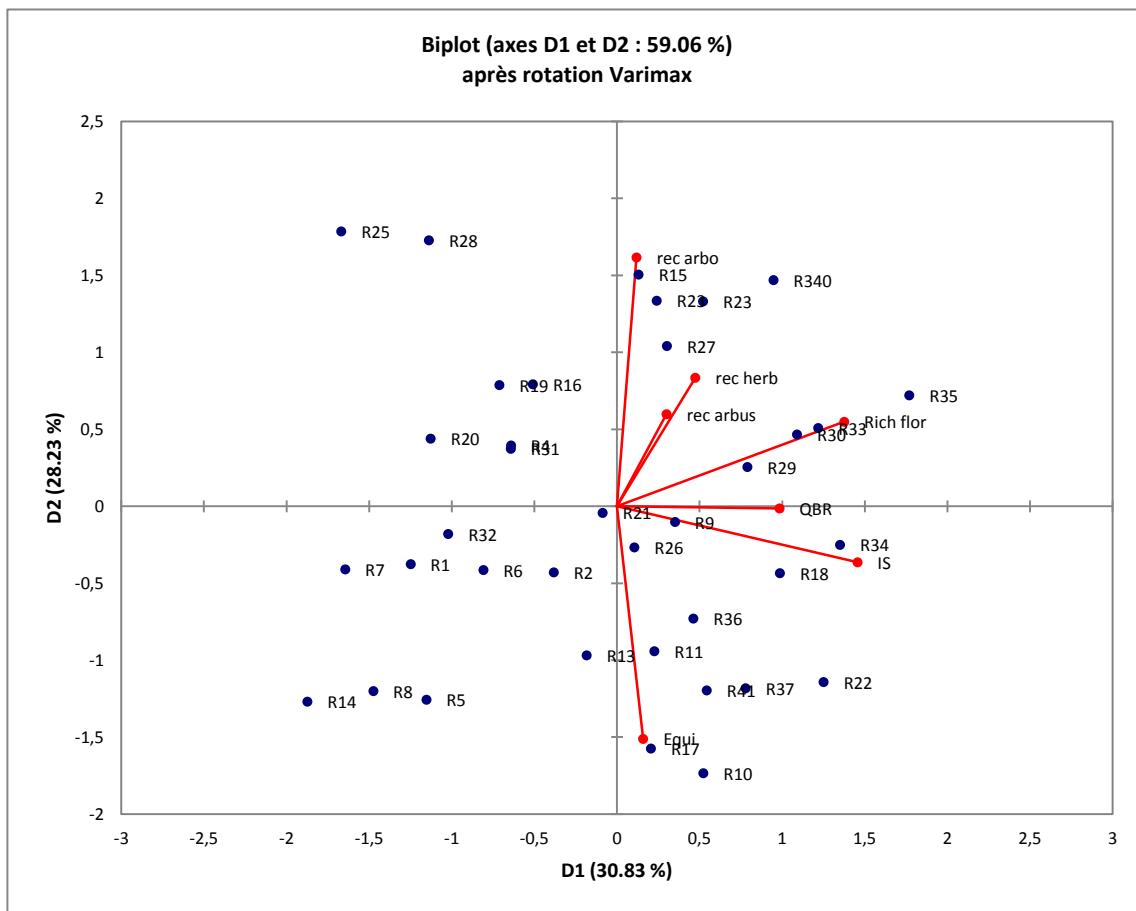


Figure 30 : Représentation graphique du plan factoriel (ACP) des groupements, des recouvrements floristiques et des classes de qualité QBR

La caractérisation entre les espèces dominantes de chaque relevé phytoécologique et leur classe de qualité QBR a montré :

Populus nigra est présent au niveau de presque toutes les classes de qualités (Médiocre à bon). Cela montre qu'elle est moins sensible aux variations de condition du milieu et plus adapté que les autres espèces.

Cependant lorsque les conditions deviennent plus défavorables (QBR « Pire Qualité »), *Fraxinus angustifolia* remplace *Populus nigra*, comme espèce dominante.

Les espèces comme *Arundo donax*, *Populus alba*, *Tamarix gallica* n'ont été retrouvées comme dominantes dans des relevés que la qualité du milieu est la meilleure (« Bonne qualité »). Ceci indique que ces espèces ne se développent bien que dans de bonnes conditions et pourraient être considérées comme indicatrices de ce niveau de qualité.

Diploaxis tenuifolia et *Inula viscosa* sont dominantes dans leur relevé respectif au niveau de la classe de « Qualité moyenne » et caractérisent les milieux de ce type.

Festuca elatior (3 relevés), *Glyceria fluitans* (2 relevés), *Rubus ulmifolius* (4 relevés) sont caractéristiques de la classe de qualité « Mauvaise qualité ».

Ranunculus repens est dominant dans les classes de qualité « Mauvaise qualité » et « Bonne qualité » (Tableau 18).

Tableau 18 : Caractérisation de l'espèce dominante de chaque relevé en fonction de la classe de qualité QBR du milieu rivulaire

Espèce	Pire Qualité	Mauvaise Qualité	Qualité moy	Bonne qualité	Fréquence spécif
<i>Arundo donax</i>	0	0	0	1	1
<i>Diploaxis tenuifolia</i>	0	0	1	0	1
<i>Festuca elatior</i>	0	3	0	0	3
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	1	0	0	0	1
<i>Glyceria fluitans</i> (L) R. Br	0	2	0	0	2
<i>Inula viscosa</i>	0	0	1	0	1
<i>Populus alba</i>	0	0	0	2	2
<i>Populus nigra</i>	0	9	6	3	18
<i>Ranunculus repens</i>	0	1	0	1	2
<i>Rubus ulmifolius</i>	0	4	0	0	4
<i>Tamarix gallica</i>	0	0	0	2	2

❖ Détermination des espèces caractéristiques/indicatrices de chaque classe de qualité QBR

□ Classe « Pire qualité »

L'analyse de la fréquence de chaque espèce a montré que *Populus nigra* et *Fraxinus angustifolia* sont les plus abondantes de cette classe de qualité. Toutefois, lorsqu'elles se retrouvent ensemble, *Fraxinus angustifolia* demeure la plus dominante (comme l'indique l'analyse précédente). Ainsi, elle serait l'espèce indicatrice de la « Pire qualité ». De plus, un constat fait au niveau de cette zone, est l'importante action anthropique nuisible consistant en la présence de terrasses (arboriculture et cultures fourragères) ainsi de constructions de restaurants et habitations au niveau de la zone rivulaire.

□ Classe « Mauvaise qualité »

Populus nigra est plus abondante au niveau de cette classe (20/22 relevés) suivi par *Rubus ulmifolius* (16/22). Cependant, elles sont aussi abondantes au niveau d'autres classes de qualité.

Toutefois, *Glyceria fluitans* et *Festuca elatior* qui sont les espèces dont la présence spécifique est plus importante au niveau de cette classe de qualité. Elles seraient indicatrices de la « Mauvaise qualité ».

□ Classe « Qualité moyenne »

Les espèces *Salix pedicellata* et *Salix atrocinerea* ne sont pratiquement présentes qu'au niveau du milieu de « Qualité moyenne » avec 40% de présence de l'effectif des espèces rencontrées au niveau de cette gamme de qualité.

□ Classe « Bonne qualité »

Les espèces comme *Arundo donax*, *Populus alba*, *Tamarix gallica* sont presque exclusives et indiqueraient cette classe de qualité confirmant l'analyse précédemment réalisée.

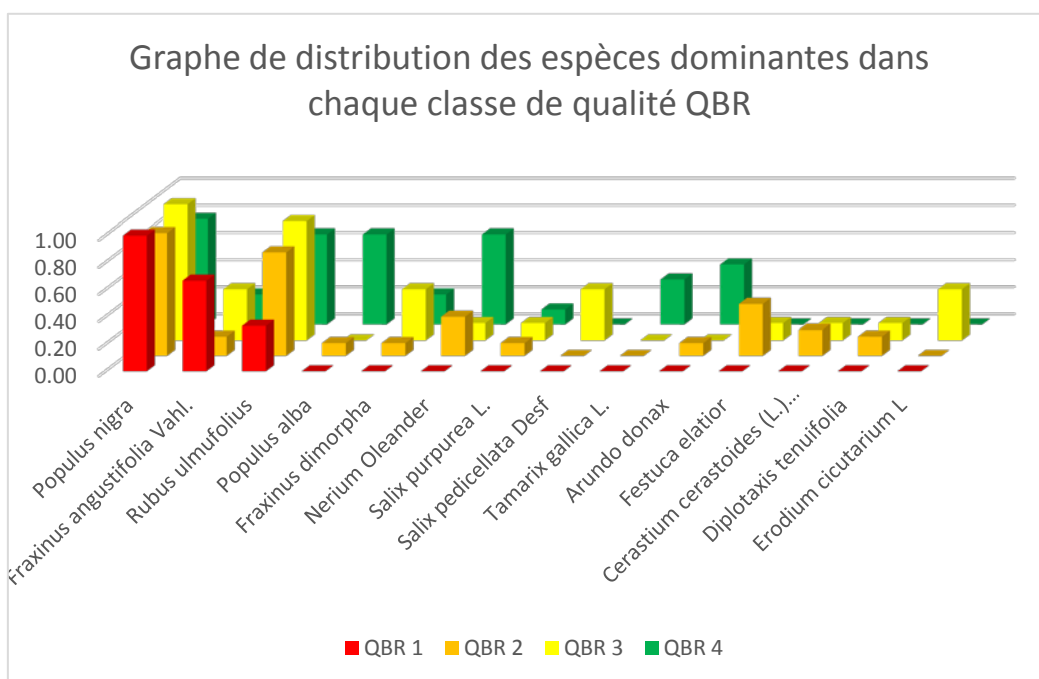


Figure 31 : Représentation graphique de la distribution des fréquences des espèces dominantes de chaque classe de qualité QBR

Conclusion :

L'évaluation de la qualité a permis de connaître l'état du milieu rivulaire. Les différents facteurs naturels ou anthropiques sous-jacents ont été soulevés en mis en relation avec la diversité floristique du milieu.

3.4. Propositions de mesures de conservation et de restauration du milieu rivulaire

3.4.1. Objectifs des mesures

La structure des communautés végétales riveraines dépendrait principalement des pratiques de gestion récentes, tandis que la composition floristique serait le résultat à la fois des pratiques de gestion passées et récentes. La connaissance de la dynamique passée de paysages rivulaires se révèle être un indicateur pertinent de l'état écologique des écosystèmes d'amont qui pourrait être utilisé pour améliorer la restauration écologique à la place de pratiques de gestion classiques de la végétation riveraine.

En outre, l'influence locale de la végétation riveraine restaurée pourrait fournir à la fois des services environnementaux de frein des crues et d'amélioration de l'habitat de la faune (Griggs, 2009).

3.4.3. Mesures de restauration par tronçons et segments:

Les études préalablement réalisées ont permis la détermination des groupements végétaux de la zone rivulaire du BV de l'Ourika par le recensement des espèces végétales hygrophiles et leur caractérisation dans leurs contextes écologiques respectifs. Aussi, l'évaluation de la qualité, quant à elle a servi à mettre en évidence l'état dans lequel se trouve cette végétation (bonne, moyenne, mauvaise, pire). Ainsi, la détermination des espèces caractéristiques de chaque classe de qualité a permis les espèces s'adaptant à des contextes particuliers dans la perspective d'élaboration d'un plan de gestion.

En suivant un gradient amont-aval, les propositions suivantes peuvent être formulées :

□ Tronçon 1

❖ Segments 1 et 2

Au niveau de l'amont du cours d'eau (Tronçon 1), les conditions défavorables du milieu caractérisées par des plaines alluviales exigües, une granulométrie du substrat à fort taux de galets et de blocs. S'ajoutent à cela, une occupation des berges et des terrasses par l'arboriculture (*Juglans regia*) et des cultures fourragères. Cette exigüité des berges aggravée par le type d'occupations a contribué à une mauvaise qualité de la végétation ripisylve. En effet, il se trouve que *Populus nigra* et *Rubus ulmifolius* soient les mieux adaptés.

Au niveau de ces deux segments situés à l'amont de l'Oued Ourika, il est souhaitable, si les conditions le permettent, de favoriser l'installation de la végétation ripisylve. Cependant, au niveau de certaines zones du segment 2 où le cours d'eau se retrouve entre deux piémonts, aucune action ne sera à entreprendre.

❖ Segments 3

Ensuite, au niveau de la partie aval du tronçon 1 de l'Oued Ourika, précisément au niveau de Setti Fadma, se trouve le milieu rivulaire le plus dégradé. Cela s'explique par la forte implantation humaine (Hôtels, restaurants) et la forte présence au niveau des berges de *Salix babylonica* en tant qu'espèce exotique et espèce d'agrément et d'ornement. Celle-ci influence négativement la qualité du milieu rivulaire.

Généralement, aucune action ne peut être entreprise au niveau de cette zone très anthropisée par la présence de restaurants et hôtels. Toutefois, il pourrait être recommandé au moins de maintenir les quelques rares pieds de *Populus nigra* y présents.

□ Tronçon 2

❖ Segment 1

A ce niveau, la végétation ripisylve est plus ou moins en bon état. Toutefois, la qualité du milieu rivulaire est influencée négativement par la présence d'espèces telles qu'*Eucalyptus spp*, *Salix babylonica*. L'action à entreprendre est celle ciblant la réduction de ces espèces pour favoriser celles autochtones.

❖ Segment 2 et 3

Les mêmes actions précédemment mentionnées sont à entreprendre à l'exception des zones de commerce et services socio-économiques.

Il est à remarquer la présence de la route influençant négativement la qualité obligeant le cours d'eau à modifier son chenal. Il advient d'importants dégâts lors des événements de crue. Il est à suggérer, la mise en place de « haies vertes » le long du cours d'eau pour protéger les murs de soutènement. Aussi, il convient de souligner la forte implantation de restaurants le long du cours d'eau qui impacte négativement sur le comportement du cours d'eau. Il est à préconiser l'interdiction de quelque activité au niveau du lit mineur.

❖ Segment 4

C'est la partie présentant la meilleure qualité de végétation ripisylve. Il y a une abondance de larges berges, de sédiments fins, de terrasses anciennes et récentes occupées par le l'arboriculture, l'agriculture et autres activités tout en fournissant de l'eau d'irrigation et du bois de service, entre autres.

Il conviendrait de renforcer la présence d'espèces telles que *Populus alba*, *Salix pedicellata* pour renforcer la stabilité des berges. De même, il serait souhaitable d'inciter la population à ne pas empiéter sur la végétation des berges.

La sensibilisation de la population environnante est un point phare de ces mesures. Il conviendrait d'expliquer le bien-fondé de celles-ci : la réduction de l'érosion des berges et le frein aux crues par la végétation rivulaire serait un point positif pour les agriculteurs ; l'amélioration de la qualité de l'eau bénéficierait à tous.

Les dégâts causés par les crues au niveau des murs de soutènement (figure 32) tandis que les berges sont plus ou moins stabilisées par la présence de *Populus nigra* (figure 33). Ceci conforte la nécessité de prise de mesures pour la restauration de la végétation rivulaire



Figure 32 : Illustration des dégâts causés par les crues de l'Ourika (Segment 1 /Tronçon 2) AFFO, 2015



Figure 33 : Berge fixée par *Populus nigra* au niveau de la zone rivulaire de l'Oued Ourika (Segment 1 /Tronçon 2) AFFO, 2015

Conclusion

La restauration écologique du milieu rivulaire de l'Ourika s'impose afin de pérenniser les services environnementaux rendus. Globalement, la réduction des espèces exotiques et celle des cultures ainsi qu'une meilleure organisation spatiale des activités humaines, sont les principales actions à entreprendre. Pour cela, la mise en place d'un plan bien ficelé en concertation avec la population riveraine permettrait amplement d'améliorer significativement les résultats à atteindre.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS :

Le Bassin versant de l'Ourika est une zone très sujette à des récurrents épisodes de crues. Ceci entraînant d'énormes pertes en vies humaines et d'importants dégâts matériels. Il est néanmoins possible de réduire ces dégâts. C'est ainsi que la végétation ripisylve dont le rôle de stabilisation des berges et frein aux crues grâce à son système racinaire. Cependant, il n'existait pas d'information concernant la végétation rivulaire de l'Ourika (composition floristique, état).

C'est ainsi que la présente étude avait pour but d'étudier la végétation rivulaire, dans l'optique de déterminer les groupements végétaux dans toutes leurs composantes ainsi que sa caractérisation par les variables environnementales ainsi que d'évaluer la qualité du milieu riverain. Tout ceci servant d'informations utiles pour une meilleure perspective d'aménagement de la zone rivulaire dans la perspective de conservation des services écosystémiques rendus.

Une première partie du travail a consisté en la caractérisation physique du milieu riverain à travers à la mesure des sections transversales, de la granulométrie du substrat ainsi que de l'occupation de ces dernières. Elle a permis de comprendre le comportement du cours d'eau à travers son hydrodynamique.

Il s'en est suivi une étude phytoécologique, qui a permis de recenser deux espèces dominantes que sont *Populus nigra* et *Rubus ulmifolius* et de définir quatre groupements végétaux dont les caractéristiques ont été établies ; l'affiliation selon la syntaxonomie phytosociologique de Braun-Blanquet a été établie : la classe des *Salicetea purpurea*, l'ordre des *Salicetalia purpurea*.

Les analyses de diversité floristique au niveau de chaque segment du cours d'eau ainsi les paramètres telles que l'Indice de Shannon-Wiener et l'Equitabilité de Piélu traduisant la répartition des abondances des espèces au sein des relevés ont

été réalisés. Ainsi, il est ressorti une phytodiversité plus importante en aval de l'Oued Ourika qu'à l'amont.

Un autre volet du travail a concerné l'évaluation de la qualité de la ripisylve de l'Oued grâce à l'indice QBR de Munné *et al.*, 2003. Cette dernière a permis de caractériser l'habitat grâce à des gammes de qualité : «Pire qualité » (11,5 % de la zone rivulaire) ; « Mauvaise qualité » (37%) ; « Qualité moyenne » (28,6%) et « Bonne qualité » (23%). Il a été constaté l'absence de la classe de qualité proche d'un habitat naturel.

Ensuite, une étude de corrélation entre les groupements et leurs compositions avec les classes de qualité QBR a été réalisée afin de caractériser chaque classe de qualité par les différents groupements végétaux et les espèces les plus importantes y retrouvées. Ainsi, il a été mis en évidence, que le groupement à *Fraxinus angustifolia* et *Hedera helix* caractérise la classe de qualité « Pire qualité », le groupement à *Cerastium cerastioides* et *Bryonia dioica* est représentative de la « Mauvaise qualité », le groupement à *Diplotaxis tenuifolia* et *Juncus acutus* caractérise la classe « Qualité moyenne » ; et le groupement à *Populus alba* et *Arundo donax*, celle de la « Bonne qualité ».

Tout ceci a permis la suggestion de mesures à entreprendre afin d'améliorer les services environnementaux rendus par la végétation ripisylve du BV de l'Ourika. La restauration écologique s'est révélée être la solution sine qua non à cet effet, tout en ne négligeant pas une approche participative, gage d'une réussite plus probante des actions à entreprendre.

Au regard de tout ce qui précède, pourrions-nous formuler un certain nombre de recommandation en approfondissant cette étude par la réalisation d'autres travaux tels :

- Etendre cette étude à la végétation d'autres bassins versants voisins (N'Fis, Rheraya, Zat par exemple)

- Evaluer l'impact du changement de l'utilisation des terres sur les écosystèmes ripisylves
- Evaluer l'effet de la végétation ripisylve sur les processus hydrologiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aguiar, F. C., Ferreira, M. T., Albuquerque, A., Rodriguez-Gonzalez, P. M., & Segurado, P. (2009).** Structural and functional responses of riparian vegetation to human disturbance: performance and spatial scale dependence. *Fundamental and Applied Limnology* 175: , 249–267.
- Anonyme. (2010).** *CarHyCE : CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau : Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle stationnelle.* Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
- Anonyme. (2002).** Riparian areas: functions and management. *National Academy Press, Washington, D.C.*
- Atbib, M. (1979).** *Etude phytoécologique de la réserve biologique de Mehdia (littoral atlantique du Maroc), la végétation hygrophile de la Merja Sidi Bou Ghaba.* Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat. 4 : 99-188.
- Ater, M., Radi, M., Kadiri, M., Hmimsa, Y., Achtak, H., & Qninba, A. (2008).** *Structure et diversité de l'avifaune des ripisylves du bassin versant de l'Oued Laou.* Bayed A. & Ater M. (éditeurs). Du bassin versant vers la mer : Analyse multidisciplinaire pour une gestion durable Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale, 2008, n°5, 27-35.
- Bangirinama, F., Havyarimana, F., & Masharabu, T. (2013).** Etude et classification hiérarchique des groupements végétaux caractéristiques de la végétation des jachères du Burundi. *Bull. sci. Inst. natl. Environ. conserv. nat.* 11: , 14-19.
- Bendâanoun, M. (1991).** *Contribution à l'étude écologique de la végétation halophile, halohygrophile et hygrophile des Estuaires, Lagunes, Delta et Sebkhass au littoral atlantique et méditerranéen et du domaine continental du Maroc : Analyse climatique, pédologique et chimique; phytoécologique , phytosociologique et phytogéographique.Perspective de gestion , d'aménagement et de développement .* Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences. Faculté des sciences, Marseille, 680 p.
- Boone Kauffman, J., Beschta, R., Otting, N., & Lytjen, D. (1997).** An Ecological Perspective of Riparian and Stream Restoration in the Western United States. *Fisheries*, 22:5 , 12-24.
- Bouzillé, J.-B. (2007).** *Gestion des habitats naturels et biodiversité.* Editions TEC & DOC, Lavoisier.

- Caballero-Deloya, M. (1985).** Riparian ecosystems in Mexico : status and future direction. *General technical report RM Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station United States Forest Service* :20 , 9-12.
- Carone, M. T., Simoniello, T., Coppola, R., D'Emilio, M., Lanfredi, M., Proto, M., Carranza M., Loy L., Macchiato M. (2010).** Analysis of landscape structure and connectivity at watershed scale. *Fresenius Environmental Bulletin* 19: , 2361–2366.
- Commission Européenne. (2000).** *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy.* Brussel, Belgium: Official Journal of the European Communities.
- Décamps, H., & Décamps, O. (2002).** Ripisylves méditerranéennes. *Conservation des zones humides méditerranéennes* (12), 140 p.
- Diop, F. (2010).** *Module de formation sur le suivi de la flore et de la végétation aquatiques.* Intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement de l'Afrique. Journal, pp.?
- Doukkali el Amajidi, O. (2003).** *Evaluation de la longévité et de la performance des techniques de Conservation des Eaux et des Sols dans le Bassin Versant de l'Ourika-DREF du Haut-Atlas.* Mémoire du 3^o cycle de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé, Salé.
- Dufour, S., Barsoum, N., Muller, E., & Piégay, H. (2007).** Effects of channel confinement on pioneer woody plant community structure, composition and diversity along the River Drome (SE, France). *Earth Surfaces Processes and Landforms.* 32: 1244–1256 .
- Elzinga, C. L., Salzer, D., & Willoughby, J. (2001).** *Measuring and Monitoring Plants Populations.* BLM Technical Reference 1730-1.
- Ennabili, A. (1999).** *Végétation hygrophile du Maroc méditerranéen : écologie , socio-économie et rôle potentiel dans l'épuration des eaux usées.* Ph-D Thesis, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Belgique, 253 p. .
- Ennabili A., Nabil L. & Ater M. (1996a).** Importance socio-économique des hygrophytes au Nord-ouest du Maroc. *Al Biruniya, Rev. Mar. Pharm.* 12(2) : 95-120.
- Ennabili A. & Ater M. (1996b).** Flore (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) des zones humides du Maroc méditerranéen : Inventaire et Ecologie. *Acta Botanica Malacitana* 21 : 221-239.

- Ennabili A. & Gharnit N. (2003).** Effets d'aménagements du littoral tétouanais (Nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (*Spermatophyta*). *Acta Bot. Barc.* 48 : 199-216.
- Fernández, L., Rau, J., & Arriagada, A. (2009).** Calidad de la vegetacion ribereña del Rio Maullin utilizando el indice QBR. *Gayana Botánica* 66(2): , 269-278.
- Francoeur, S. (2006).** *Analyse canonique, graphique biplot et application.* Mémoire de maitrise en mathématiques de l'UQAM, Canada.
- González del Tanago, M., & Anton, N. (1998).** *Plan forestal de la Comunidad de Madrid. Subprograma de rios y riberas.* Madrid: E.T.S Ingenieros de Montes, UPM:.
- Gonzalez del Tanago, M., & Garcia de Jalon, D. D. (2006).** Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica* 25: 389–402 .
- Gonzalez, E., Gonzalez-Sanches, M., Cabezas, A., A, C. F., & Muller, E. (2010).** Recent changes in the riparian forest of a large regulated Mediterranean river: implications for management. *Springer-Verlag* , 669-681.
- Gounot, M. (1969).** Méthodes quantitatives de la végétation. *Masson, Paris:* , 314 p.
- Griggs, G. (2009).** *California Riparian Habitat.* Restoration Handbook, Second Edition, July 2009.
- Halse, S. A., Scanlon, M. D., Cocking, J. S., Smith, M. J., & Kay, W. (2007).** *Factors affecting river health and its assessment over broad geographic ranges: the Western Australian experience.* Environmental Monitoring and Assessment 134: 161–175.
- Harrelson, C., Rawlins, C., Potyondy, L., & John, P. (1994).** *Stream channel reference sites: an illustrated guide to field technique.* Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Hemstrom, M. A., Smith, T., Evans, D., Clifton, C., Crowe, E., & Aitken, M. (2002).** *Midscale analysis of streamside characteristics in the upper Grande Ronde subbasin, northeastern Oregon.* Portland: Res. Note PNW-RN-534. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

- Hill, M. O. (1979).** TWINSPAN: A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. (C. University, Éd.) *Section of Ecology and Systematics*.
- Holmes, N. T., Newman, J. R., Dawson, F. H., Chadd, S., Rouen, K. J., & Sharp, L. (1999).** *Mean trophic rank: a user's manual*. Bristol: Environment Agency.
- Hughes, F., & Rood, S. (2003).** *Allocation of river flows for restoration of floodplain forest ecosystems: a review of approaches and their applicability in Europe*. *Environmental Management* 32: 12–33.
- Ilmen, R. (2004).** *Contribution à l'étude de la fréquentation récréative de la vallée de l'ourika en vue de son aménagement*. Mémoire du 3^e cycle de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé.
- Joby, P. (2014).** Taxonomy distribution and ecology of the riparian flora of Pamba river Kerala. *PhD. Thesis* University? p.?
- Libiad, M., Khabbach, A., & Ennabili, A. (2015).** Etat de la végétation riveraine des cours d'eau du bassin versant de l'oued Inaouène (NO du Maroc). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (1): 34-45 .
- Libiad, M., Khabbach, A., & Ennabili, A. (2012).** Végétation ripicole et gestion des eaux de surface, cas du bassin versant de l'oued Inaouène (NO du Maroc). *Revue AFN Maroc* 6-8: 35-63.
- Lohman, K. (2004).** *Wildlife use of riverine wetland habitats. In: Wetland and riparian areas of the intermountain west: ecology and management (McKinstry MC, Hubert WA, Anderson SH, Eds)*. Austin, Texas: University of Texas Press.
- Magdaleno, F., & Martinez, R. (2014).** Evaluating the quality of riparian forest vegetation: the Riparian Forest Evaluation (RFV) index . *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) Forest Systems* 23(2): 259-272.
- Massenet, J.-Y. (2013).** Les forêts riveraines en France. Notes de cours de *Phytosociologie de l'Université du Havre du 08-10-2013, France* .
- Meddour, R. (2011).** *La méthode phytosociologique sigmatiste ou braun-blanketo-tüxenienne*. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Algérie.
- Messier F. (2007).** Détermination de la ligne des hautes eaux dans le cadre de l'application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines

inondables. Le cas des petits cours d'eau non instrumentés, Maîtrise en sciences géomatiques, Université Laval, Canada

- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974).** *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, New York. .
- Munné, A., Prat, N., Sola, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003).** A simple Method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater ecosystems* pp.?.
- Naiman, R., & Décamps, H. (1997).** *The ecology of interfaces- riparian zones*. Annual Review of Ecology and Rychener, L. R. Levick, Systematics 28: 621–658.
- Narumalani, S., Zhou, Y., & Jensen, J. (1997).** *Application of remote sensing geographic information system to the delineation and analysis of riparian buffer zones*. Aquatic Botany 58: 393–409.
- Ouhammou A. (1982).** Introduction à l'étude phytoécologique du Bassin versant de l'Ourika, Mémoire pour l'obtention du Certificat d'Etudes Approfondie en Ecologie générale et humaine : Option Phytoécologie, Fac des Sc., Université Cadi Ayyad, Marrakech
- Natta, A. (2003).** *Ecological assessment of riparian forests in Benin: Phytodiversity, phytosociology, and spatial distribution of tree species*. PhD. thesis, Wageningen University, Netherland.
- Petersen, R. C. (1992.).** The RCE: a riparian, channel, and environmental landscape. *Freshwater Biology* 27: , 295–306.
- Prat, N., Munné, A., Sola, C., Rieradevall, M., Bonada, N., & Chacon, G. (1999).** *La qualitat ecologica del Llobregat el Besos i el Foix*. Informe 1997. Estudis de la Qualitat Ecologica dels Rius, vol. 6. Diputacio de Barcelona, Area de Medi Ambient.
- Prat, N., Munné, A., Sola, C., Rieradevall, M., Bonada, N., & Chacon, G. (2000).** *La qualitat ecologica del Llobregat, el Besos, el Foix i la Tordera*. Informe 1998. Estudis de la Qualitat Ecologica dels Rius, vol. 7. Diputacio de Barcelona. Area de Medi Ambient.
- Quezel, P., & Médail, F. (2003).** *Valeur Phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes*. Forêt Méditerranéenne, XXIV(3): pp.?.
- Rihane, R. (2015).** *Contribution à l'évaluation des services hydrologiques de la forêt et des aménagements anti-érosifs dans le Bassin versant de*

l'Ourika. Mémoire du 3^e cycle de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé,

- Rodriguez-Gonzalez, P. M., Ferreira, M. T., & Espirito Santo, D. (2003).** Aplicação de um índice multimétrico para avaliação da qualidade ecológica de habitats e de galerias ribeirinhas. *Recursos hídricos 24*: , 80–88.
- Saadi, Z., & Baou, A. (2005).** *Conséquences géographiques et socio-économiques des inondations dans la vallée de l'Ourika (Maroc), Exemple des crues du 17/08/1995 et du 28/10/1999*. Mémoire de fin d'études de Master en Sciences Techniques en Hydrogéologie, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech.
- Salinas, M. J., Blanca, G., & Romero, A. T. (2000).** Riparian vegetation and water chemistry in a basin under semiarid Mediterranean climate, Andarax River, Spain . *Environmental Management 26*: 539–552.
- Sawtschuk, J., Delisle, M., Mesmin, X., & Bernez, I. (2014).** How past riparian management practices can affect composition and structure of vegetation. *Acta Botanica Gallica: Botany Letters, 161:3* , 309-320.
- Schlesinger, W. H., & Melack, J. M. (1981).** Transport of organic carbon in the world's rivers. *Tellus 33*:172-187.
- Sieben, E., & Reinecke, M. (2008).** Description of reference conditions for restoration projects of riparian vegetation from the species-rich fynbos biome, South Africa. *Journal of Botany 74*: 401–411.
- Somman, S., Beyeler, S., Kraft, S., Thomas, D., & Winstanley, D. (2007).** Ecosystems services from riparian areas: a brief summary of literature review , Draft.
- Stella, J., Rodriguez-Gonzalez, P., Dufour, S., & Bendix, J. (2013).** Riparian vegetation research in Mediterranean-climate regions : common patterns , ecological processes and considerations for management. *Hydrobiologia, the International Journal of Aquatic Science 719*: 291-315.
- Stromberg, J. C., Lite, S. J., Rychener, T. J., Levick, L. R., Dixon, M. D., & Watts, J. M. (2006).** Status of the riparian ecosystem in the upper San Pedro River, Arizona: application of assessment model. *Environmental Monitoring and Assessment 115*: 145–173.
- Suárez, M.-L., Vidal-Abarcal, M.-R., Sánchez-Montoya, M., Alba-Tercedor, J., M., Á., Avilés, J., Bonada, N., Casa J., Jáimez-Cuellar P., MunnéA., Pardo I., Prat N., Rieradevall M., M Salinas M J., Toro y**

- Soledad Vivas M. (2002).** *Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR*. *Limnetica*, vol.21, num 3-4, p. 135-148
- Sweeney, B. W., & Czapka, S. (2004).** Riparian forest restoration: why each site needs an ecological prescription. *BioLogical Conservation* 192(2-3): 1-373.
- Tanghe, M. (2011).** Groupements végétaux ou associations végétales relativement bien défini(e)s, caractéristiques de la réserve naturelle provinciale de Gentissart (Mellery). *Gentissart*, 8 p.
- Ter Braak, C. (1986).** Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5): 1167-1179.
- Tichý, L. (2002).** JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13: 451-453.
- Valero, E., Picos, J., & Álvarez, X. (2014).** Characterization of riparian forest quality of the Umia River for a proposed restoration. *Ecological Engineering* 67: 216–222.
- Van Aardt, A. (2010).** Phytosociological study of the riparian and associated wetland vegetation along the Vet River, Free State Province, South Africa. *Magisters Scientiae, University of the Free State Bloemfontein, South Africa*.
- Vasilopoulos, G., Tsiripidis, I., & Karagiannakidou, V. (2007).** Do abandoned tree plantations resemble natural riparian forests? A case study from northeast Greece. *Botanica Helvetica* 117: 125–142.
- Zaimis, G.N., Gounaridis D., Iakovoglou V., Emmanouloudis D., (2011).** Riparian area studies in Greece: a literature review. *Fresenius Environmental Bulletin* 20 :1470-1477.
- Zogaris, S., Chatzinikolaou, Y., & Dimopoulos, P. (2009).** Assessing environmental degradation of montane riparian zones in Greece. *Journal of Environmental Biology* 30: 719–726.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

Ater, M., Kadiri, M., & Taiqui, L. (2005). *Les ripisylves de Oued Laou: Structure et diversité.* Consulté le 29 Août, 2014, sur medcore.unifi.it: <http://www.medcore.unifi.it/conference/PDFComunicazConvegno/5-ATER%20KADIRI%20TAIQUI.pdf>

Climate Data (2011). Données de température <http://fr.climate-data.org/> (consulté le 16 Janvier 2015)

Khamlichi, A., Ajbilou, R., & Ater, M. (2008). Ripisylves et qualité du milieu riverain du bassin versant de Tahadart. *Rapport intermédiaire* . Consulté le 29/08/14, sur http://www.wadi.unifi.it/results_ater_et_al_ripisylves_tahaddart.pdf

MNT Aster GDEM (2014). Modèle Numérique de terrain du BV de l'Ourika , <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/> (Consulté le 20 Septembre 2014)

Tortosa N. (2009). La ripisylve, Dossier pédagogique, Conservatoire du littoral, <http://infos.etangberre.free.fr/news> (consulté le 02 Septembre 2014)

ANNEXES

ANNEXE B: Etude de la végétation

Fiche de terrain 2 : Mesures des paramètres biotiques

Date : _____	Heure : _____	Auteur(s) : _____

Localité(Douar) : _____	Station : Tronçon	Segment
Strate		
Coordonnées GPS : _____	Nord	Altitude : _____ mètres
_____	Ouest	
Surface du relevé : _____	Pente : _____	
Granulométrie du substrat : _____		
Largeur de la berge (m) : _____		

- ✚ Strate arborée :
- ✓ RECOUVREMENT(%) :
 - ✓ DENSITE :
 - ✓ HAUTEUR MAX (cm) :
 - ✓ CIRCONFERENCE (cm) :

Espèces	A-.D / Sociabilité	Observations

- ✚ Strate arbustive
- ✓ RECOUVREMENT(%) :
 - ✓ HAUTEUR MAX (cm) :

Espèces	A-.D / Sociabilité	Observations

Liste des espèces reconnues au niveau des ripisylves de l'oued Ourika selon la nomenclature de la flore du Maroc

Familles	Genre	Taxa
Apiaceae	<i>Apium</i>	<i>Apium nodiflorum</i> (L.) Lag
	<i>Petroselinum</i>	<i>Petroselinum</i> sp Mill
	<i>Daucus</i>	<i>Daucus carota</i> L.
	<i>Thapsia</i>	<i>Thapsia transtagana</i> Biot
Apocynaceae	<i>Nerium</i>	<i>Nerium oleander</i> L.
Araliaceae	<i>Hedera</i>	<i>Hedera helix</i> subsp. <i>maroccana</i> (McAll.) M. Fennane
Asteraceae	<i>Artemisia</i>	<i>Artemisia mesantlantica</i> Maire
	<i>Echinops</i>	<i>Echinops spinosus</i> L
	<i>Hedypnois</i>	<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L) F W Schmidt
	<i>Inula</i>	<i>Inula viscosa</i> (L) Aiton
	<i>Launaea</i>	<i>Launaea</i> L.
	<i>Taraxacum</i>	<i>Taraxacum obovata</i> F.H. Wigg
	<i>Glebionis</i>	<i>Glebionis coronaria</i> (L) Spatch
	<i>Xanthium</i>	<i>Xanthium spinosum</i> L.
Boraginaceae	<i>Lithospermum</i>	<i>Lithospermum arvense</i> L
Brassicaceae	<i>Isatis</i>	<i>Isatis tinctoria</i> L
	<i>Biscutella</i>	<i>Biscutella laevigata</i> L.
	<i>Diplotaxis</i>	<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.
	<i>Nasturtium</i>	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.
	<i>Capsella</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L) Medik
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i>	<i>Lonicera arborea</i> Boiss
		<i>Lonicera biflora</i> Desf
Caryophyllaceae	<i>Cerastium</i>	<i>Cerastium cerastioides</i> (L.) Britton
		<i>Cerastium</i> sp
	<i>Paronychia</i>	<i>Paronychia argentea</i> Lam
	<i>Herniaria</i>	<i>Herniaria cinerea</i> DC.
	<i>Silene</i>	<i>Silene gallica</i> L.
Cistaceae	<i>Cistus</i>	<i>Cistus salvifolius</i> L
Cucurbitaceae	<i>Bryonia</i>	<i>Bryonia dioica</i> Jacq

<i>Cupressaceae</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> L
<i>Cyperaceae</i>	<i>Scirpus</i>	<i>Scirpus holoschoenus</i> L
	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus rotundus</i> L
<i>Ephedraceae</i>	<i>Ephedra</i>	<i>Ephedra</i> sp L
<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum</i>	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbia arvalis</i> Boiss et Heldr
		<i>Euphorbia peplus</i> L.
		<i>Euphorbia</i> sp L
<i>Fabaceae</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i> sp L.
	<i>Melilotus</i>	<i>Melilotus sulcata</i> Desf
	<i>Adenocarpus</i>	<i>Adenocarpus anagyriifolius</i> Coss et Balansa
	<i>Vicia</i>	<i>Vicia benghalensis</i> L
	<i>Lotus</i>	<i>Lotus corniculatus</i> L
	<i>Ononis</i>	<i>Ononis atlantica</i> Ball
	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium repens</i> L.
	<i>Coronilla</i>	<i>Coronilla viminalis</i> Salisb
<i>Geraniaceae</i>	<i>Erodium</i>	<i>Erodium stellatum</i> L
<i>Graminae</i>	<i>Arundo</i>	<i>Arundo donax</i> L.
	<i>Festuca</i>	<i>Festuca elatior</i> L
		<i>Festuca ovina</i> L.
	<i>Glyceria</i>	<i>Glyceria fluitans</i> (L) R. Br
	<i>Lamarckia</i>	<i>Lamarckia aurea</i> (L) Moench
	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L
	<i>Phragmites</i>	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.
	<i>Holcus</i>	<i>Holcus lanatus</i> L
<i>Poa</i>	<i>Poa trivialis</i> L	
	<i>Poa bulbosa</i> L	
<i>Juncaceae</i>	<i>Juncus</i>	<i>Juncus acutus</i> L,
<i>Lamiaceae</i>	<i>Stachys</i>	<i>Stachys</i> sp
	<i>Ajuga</i>	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb.
	<i>Lamium</i>	<i>Lamium</i> sp L
	<i>Marrubium</i>	<i>Marrubium vulgare</i> L
	<i>Mentha</i>	<i>Mentha</i> sp

		<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh
	<i>Salvia</i>	<i>Salvia officinalis</i> L
<i>Moraceae</i>	<i>Morus</i>	<i>Morus alba</i> L
	<i>Ficus</i>	<i>Ficus carica</i> L
<i>Oleaceae</i>	<i>Fraxinus</i>	<i>Fraxinus dimorpha</i> Coss. & Durieu
		<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.
<i>Papaveraceae</i>	<i>Papaver</i>	<i>Papaver rhoeas</i> L
	<i>Fumaria</i>	<i>Fumaria</i> sp
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus pinaster</i> ssp <i>hamiltonii</i> (Ten.) Villar
		<i>Pinus halepensis</i> Mill
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculus</i> sp.
		<i>Ranunculus muricatus</i> L
		<i>Ranunculus repens</i> L
<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i>	<i>Rosa canina</i> L
	<i>Rubus</i>	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott
	<i>Sanguisorba</i>	<i>Sanguisorba minor</i> Scop
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium</i>	<i>Galium</i> sp
	<i>Rubia</i>	<i>Rubia peregrina</i> L
<i>Salicaceae</i>	<i>Populus</i>	<i>Populus alba</i> L
		<i>Populus nigra</i> L
	<i>Salix</i>	<i>Salix atrocinerea</i> Brot
		<i>Salix purpurea</i> L.
		<i>Salix pedicellata</i> subsp. <i>hesperia</i> Maire & Weiller
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Scrophularia</i>	<i>Scrophularia jalui</i> (Gattef. & Weiller) Ibn Tattou
	<i>Linaria</i>	<i>Linaria bipartita</i> (Vent.) Willd.
		<i>Linaria</i> sp
<i>Tamaricaceae</i>	<i>Tamarix</i>	<i>Tamarix gallica</i> L.
<i>Urticaceae</i>	<i>Urtica</i>	<i>Urtica dioica</i> L
<i>Valerianaceae</i>	<i>Valerianella</i>	<i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterr.

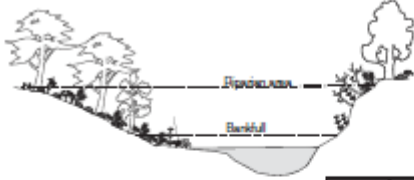
<i>Ononis atlantica</i>					1.2		1
<i>Poa bulbosa</i>						1.2	1
<i>Rosa canina</i>					2.2		1
<i>Rubia peregrina</i>			1.1	+	1.1		3
<i>Salix purpurea</i>					+		1
<i>Sanguisorba minor</i>			1.1				1
<i>Scirpus holoschoenus</i>			+		1.1		2
<i>Scrophularia jalui</i>					+		1
<i>Urtica dioica</i>					+		1

Groupement à *Fraxinus angustifolia* et *Hedera helix* (G4)

Relevé		R13	R14	R17	R18	R20	Présence
ALTITUDE		1503	1498	1377	1368	1336	
SUBSTRAT		SUB2	SUB2	SUB3	SUB3	SUB3	
Surface du relevé		100*40	100*40	100*30	100*40	100*20	
Strate arborée	Hauteur(m)	8.75	8.9	4.5	5.5	6.82	
	Circonf(cm)	101	95	61	52.5	78	
Strate arbustive	Hauteur	1.2	1.1				
Espèces caractéristiques du groupement							
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.		2.2	1.2	1.1	1.1	1.1	5
<i>Hedera helix</i>		+		+	+		3
<i>Autres espèces</i>							
<i>Populus nigra</i>		+	1.2	+	+	2.3	5
<i>Rubus ulmifolius</i>		1.1		+	+		3
<i>Salix pedicellata</i> ssp <i>hesperia</i>						1.1	1
<i>Adenocarpus anagyriifolius</i>						1.1	1
<i>Bryonia dioica</i>		+					1
<i>Ephedra</i> sp						1.1	1
<i>Equisetum ramosissimum</i>						+	1
<i>Erodium stellatum</i> L						+	1
<i>Euphorbia</i> sp						1.1	1
<i>Lonicera biflora</i>		1.1				+	2
<i>Ranunculus muricatus</i> L						+	1
<i>Rubia peregrina</i>		+					1
<i>Trifolium repens</i>						+	1
<i>Vicia benghalensis</i>					+	1.1	2

ANNEXE C : Evaluation de la qualité du milieu rivulaire

Fiche de terrain

APPENDIX: FIELD SHEET				
<h1 style="margin: 0;">QBR INDEX</h1> <h2 style="margin: 0;">Riparian habitat quality</h2>				
Score of each part cannot be negative or exceed 25				
Station	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Date	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Section 1: Total riparian cover Section 1 Score				
Score	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
25	>80% of riparian cover (excluding annual plants)			
10	50–80% of riparian cover			
5	10–50% of riparian cover			
0	<10% of riparian cover			
+ 10	If connectivity between the riparian forest and the woodland is total			
+ 5	If the connectivity is higher than 50%			
– 5	Connectivity between 25% and 50%			
– 10	Connectivity lower than 25%			
Section 2: Cover structure Section 2 Score				
Score	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
25	>75% of tree cover			
10	50–75% of tree cover or 25–50% tree cover but 25% covered by shrubs			
5	Tree cover lower than 50% but shrub cover at least between 10% and 25%			
0	<10% of either tree or shrub cover			
+ 10	At least 50% of the channel has helophytes or shrubs			
+ 5	If 25–50% of the channel has helophytes or shrubs			
+ 5	If trees and shrubs are in the same patches			
– 5	If trees are regularly distributed and shrubland is >50%			
– 5	If trees and shrubs are distributed in separate patches, without continuity			
– 10	Trees distributed regularly, and shrubland <50%			
Section 3: Cover quality (the geomorphological type should be first determined^a) Section 3 Score				
Score	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
25	Number of native tree species	Type 1	Type 2	Type 3
10	Number of native tree species	>1	>2	>3
5	Number of native tree species	1	2	3
0	Number of native tree species	0	1	1–2
0	Absence of native trees	–		
+ 10	If the tree community is continuous along the river and covers at least 75% of the edge riparian area			
+ 5	The tree community is nearly continuous and covers at least 50% of the riparian area			
+ 5	If the riparian community is structured in gallery			
+ 5	When the number of shrub species is	>2	>3	>4
– 5	If there are some man-made buildings in the riparian area			
– 5	If there are some isolated species of non-native ^b trees			
– 10	Presence of communities of non-native ^b trees			
– 10	Presence of garbage			
Section 4: Channel alteration Section 4 score				
Score	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
25	Unmodified river channel			
10	Fluvial terraces modified and constraining the river channel			
5	Channel modified by rigid structures along the margins			
0	Channelized river			
– 10	River bed with rigid structures (e.g., wells)			
– 10	Transverse structures into the channel (e.g., weirs)			
Final score (sum of four section scores)				
	<input style="width: 100%;" type="text"/>			

^a Type of the riparian habitat (to be applied at level 3, cover quality)

The score is obtained by addition of the scores assigned to left and right river margins according to their slope. This value can be modified if islands or hard substrata are present.

		Score		
		Left	Right	
Slope and form of the riparian zone				
Very steep, vertical or even concave (slope >75°), very high, margins are not expected to be exceeded by floods. Slope is the angle subtended by the line between the top of the riparian area and the edge of the ordinary flooding of the river.			6	6
Similar to previous category but with a bankfull which differentiates the ordinary flooding zone from the main channel.			5	5
Slope of the margins between 45° and 75°, with or without steps. (a > b)			3	3
Slope between 20° and 45°, with or without steps. (a < b)			2	2
Slope <20°, large riparian zone.			1	1
Presence of one or several islands in the river				
Width of all the islands 'a' > 5 m.			-2	
Width of all islands 'a' < 5 m.			-1	
Percentage of hard substrata that can make impossible the presence of plants with roots				
> 80%			Not applicable	
60 – 80%			+ 6	
30 – 60%			+ 4	
20 – 30%			+ 2	
Total Score				

Geomorphological type according to the total score

>8	Type 1	Closed riparian habitats. Riparian trees, if present, reduced to a small strip. Headwaters.
5–8	Type 2	Headwaters or midland riparian habitats. Forest may be large and originally in gallery.
<5	Type 3	Large riparian habitats, and potentially extensive forests. Lower courses.

^b Non-native tree species in the study area

(This should be listed for each study area)

e. g. in the studied area of Catalonia the following species are considered non-native: *Populus deltoides*, *Populus x canadensis*, *Populus nigra ssp. italica*, *Salix babilonica*, *Ailanthus altissima*, *Celtis australis*, *Robinia pseudo-acacia*, *Platanus x hispanica*.