

ROYAUME DU MAROC

المملكة



المغربية

المدرسة الوطنية الغابوية للمهندسين بسلا

**ECOLE NATIONALE FORESTIERE  
D'INGENIEURS DE SALE**

**Évaluation qualitative des corrections mécaniques des ravins  
réalisées au niveau de la rive gauche de l'oued Ourika : État des  
lieux et propositions de restaurations**

**MEMOIRE DE 3<sup>ème</sup> CYCLE**

*Présenté par : M. ESSOUSSI Iheb*

**POUR L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR DES EAUX ET FORETS**

**OPTION : Aménagement des forêts**

Soutenu publiquement le 12/07/2017 à 10h00 devant le jury :

MM :

Pr. SABIR M.

(E.N.F.I)

Président

<b>Pr. KHATTABI A.</b>	<b>(E.N.F.I)</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Pr. LAHSSINI S.</b>	<b>(E.N.F.I)</b>	<b>Co-Rapporteur</b>
<b>Pr. BAKHIYI B.</b>	<b>(E.N.F.I)</b>	<b>Examineur</b>
<b>Pr. HLAL E.</b>	<b>(E.N.F.I)</b>	<b>Examineur</b>

ENFI, PB : 511, Bd. Moulay Youssef, Tabriquet, Salé, Maroc – Tél : 0537861149, Fax : 0537862607

**Ce travail a été réalisé dans le cadre de la convention entre l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé et l'Association Marocaine des Sciences Régional (AMSR), relative à la mise en œuvre de certaines activités du Projet GIREPSE ([www.gire.pse.com](http://www.gire.pse.com)) financé par le Centre de Recherche et de Développement Internationale, Canada.**

## ***Dédicace***

***A mon très cher père***

***A ma très chère mère***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

***A mes frères et sœurs : Aymen et Salima***

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.*

*Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.*

***A tous mes amis, spécialement : Salhi A., Zamouri I, Ferchichi B., Yahya L., Khalid A., Yaâgoubi B, Benyahya H et Fedouaki A.***

*A mes camarades; en particulier : Mabchour C, Jadal K, Jaouad Y, Khalid J., Mesaoudi A, Khazae A, Gharbi A., Jlassi R, Abbessi E, Jmeii N et Lbehri R.*

*A mes camarades de la 44, 45, 47, 48 et 49 ème promotion*

*A mes amis sans exception*

*Aux lecteurs de ce document*

*A tous ceux qui me sont chers*

### ***Remerciements***

Au terme de ce travail, je tiens à adresser mes vifs et sincères remerciements à tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à sa réalisation. Ainsi, je remercie :

Le Professeur **KHATTABI A.**, Enseignant chercheur à l'E.N.F.I, qui a bien voulu mettre toute chose à ma disposition pour la réalisation de ce travail. C'est pour moi l'opportunité de lui exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements.

Le Professeur **LAHSSINI S.**, Enseignant chercheur à l'E.N.F.I, qui a bien voulu assurer l'encadrement de ce travail et qui n'a cessé de me guider et de m'orienter le long de cette étude. Les résultats de ce travail doivent beaucoup aux exigences de sa rigueur scientifique, à ses orientations, ses conseils et ses critiques pertinents. Qu'il trouve ici l'expression de mes profondes reconnaissances.

Le Professeur **SABIR M.**, Enseignant chercheur à l'ENFI, pour sa contribution à la réalisation de ce travail et d'avoir bien voulu évaluer et présider le jury de ce mémoire. C'est pour moi l'opportunité de lui exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements pour ses précieux conseils tant sur le plan pratique que scientifique, ainsi que pour sa bonne disposition.

Le Professeur **BAKHIYI B.**, Enseignant chercheur à l'E.N.F.I, qui a accepté d'examiner ce présent travail. Je le remercie d'avoir participé à ma formation. Qu'il reçoive à travers ces lignes l'expression de ma profonde gratitude.

Le Professeur **ELAID H.**, Enseignant chercheur à l'ENI, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner le présent travail. Qu'il reçoive à travers ces lignes l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre m'ont apporté leur aide, leurs conseils et leur soutien dans la réalisation de ce travail, que je ne saurais citer.

Je tiens à la fin de ce travail à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi pour achever mes études et ma famille, surtout mes parents pour leurs sacrifices de poursuivre mes études universités

## Résumé

Le bassin versant de l'Ourika a connu de nombreuses crues effrayantes notamment celle de 1995 qui est la plus dévastatrice sur les plans humain et matériels. Pour pallier les impacts de ces crues, des différentes techniques de lutte contre les érosions ont été mises en œuvre au niveau du bassin versant de l'Ourika dont l'objectif est de réduire les problèmes liés aux érosions. Parmi les techniques antiérosives l'installation des seuils au niveau des ravins du bassin versant de l'Ourika. Ces ouvrages n'ont jamais été évalués depuis leurs installations. Ce présent travail vise à évaluer l'état actuel des travaux de correction mécanique réalisés au niveau de la rive gauche de l'Oued Ourika, afin de proposer des actions de restauration et de réhabilitation ensuite l'identification de ravins présentant un danger et qui nécessitent des interventions selon l'avis de la population. La visite sur terrain permet de prospecter 272 seuils différents. L'évaluation de l'état des lieux de ces seuils inventoriés montre que 83 % des seuils nécessitent des entretiens, soit 73% qui sont fonctionnels et 10% moyennement endommagés nécessitent un entretien spécialisé et 17% nécessitent un entretien de reconstruction. L'étude montre que les seuils en gabions sont vulnérables au niveau de la cage et déversoir alors que les seuils en maçonneries le radier c'est la partie la plus. L'étude de les facteurs qui agissent sur le fonctionnement montre que la dégradation de la couvert végétale avec la pente sont les deux facteurs les plus prépondérantes qui ont un effet direct sur l'état des seuils tandis que la lithologie agit juste sur les seuils en pierres sèches les seuils. Les seuils en gabions commencent à fragilisés sur une pente si elle dépasse 50% et les seuils en pierres sèche si la pente si elle dépasse 20%. A travers les enquêtes qui ont été auprès de la population sur le niveau d'acceptabilité social pour les travaux de corrections mécaniques des ravins, on note que 48% des enquêtés expriment leur forte satisfaction, 28 % présentent une satisfaction moyenne et que 24 % exprime leurs refus. Pour valoriser les données relatives pour chaque seuils notamment la défaillance structurelle et les propositions des entretiens. Un système d'information géographique de correction mécanique des ravins « **SIGCMR.BVO** » a été conçu et réalisé pour offrir aux gestionnaires une flexibilité pour le suivi des seuils et la mise à jour des informations relatives à chaque seuil et l'aide à la décision pour l'ensemble des ouvrages afin de prolonger d'avantage leurs durées de vie et maintiens les seuils de jouer pleinement leurs rôles.

**Mots clés :** Bassin versant, Ourika, traitements, mécaniques, évaluation, état des lieux, entretiens, facteurs, agissants base de données, SIGCMR.BVO.

### **Abstract**

is the most devastating in human and material terms. To mitigate the impacts of these floods, various erosion control techniques have been implemented in the Ourika watershed, the aim of which is to reduce erosion-related problems. Among the anti-erosion techniques, the installation of the thresholds at the level of the ravines of the Ourika catchment. These structures have never been evaluated from their facilities. This work aims at evaluating the current state of the mechanical correction work carried out on the left bank of Oued Ourika, in order to propose restoration and rehabilitation actions and then the identification of gullies presenting a danger and which require Of the interventions according to the opinion of the population. The field visit allows exploring 272 different thresholds. The assessment of the inventory of these thresholds shows that 83% of thresholds require maintenance, 73% functional and 10% moderately damaged, require specialized maintenance and 17% require reconstruction maintenance. The study shows that the gabion thresholds are vulnerable at the level of the cage and weir while the masonry thresholds the raft is the most part. The study of the factors influencing the functioning shows that the degradation of the vegetation cover with the slope are the two most important factors which have a direct effect on the state of the thresholds whereas the lithology acts just on the thresholds in Dry stones thresholds. The gabion thresholds begin to weaken on a slope that exceeds 50% and the dry stone thresholds if the slope exceeds 20%. Through the surveys that have been conducted with the population on the level of social acceptability for mechanical corrections Of the ravines, 48% of the respondents express their high satisfaction, 28% have average satisfaction and 24% express their refusals. To evaluate the relative data for each threshold, in particular the structural failure and the interview proposals. A geographical information system for the mechanical correction of gullies "SIGCMR.BVO" was designed and implemented to provide managers with flexibility for monitoring thresholds and updating information on each threshold and decision support for all structures in order to extend their lifetimes further and maintain thresholds to fully play their roles.

**Keywords:** Watershed, Ourika, treatments, mechanics, evaluation, state of place, interviews, factors, acting database, SIGCMR.BVO.

## ملخص

عرف الحوض الساكب لأوريكة مجموعة من الفيضانات الخطيرة خصوصا فياضان 1995 الذي كان الأكثر تدميرا على مستوى الأرواح والممتلكات. من أجل الحد من تأثير هذه أفيضانات تم وضع مجموعة من التقنيات للحد من انجراف التربة بهذا الحوض الساكب والتي تهدف إلى تقليل المشاكل المتعلقة بانجراف التربة. من بين هذه التقنيات تم وضع مجموعة من السدود والتي لم تخضع لأي تقييم منذ بنائها. يهدف هذا العمل إلى تقييم الحالة الراهنة لإشغال التصحيح الميكانيكي بالضفة اليسرى لوادي اوريكة، من أجل اقتراح اعمال اصلاح وإعادة تأهيل ثم تحديد المسالك المائية التي تشكل خطرا على حد رأي الساكنة. الزيارات الميدانية مكنت من الاطلاع على 272 سدا مختلفا. تقييم الحالة الراهنة لهذه السدود بين أن 83 % منها يحتاج أصلاحي حيث أن 73 % في حالة خدمة و10 % متهترئة وتحتاج إلى إصلاح متخصص أما 17 % فتحتاج إلى إصلاح وإعادة بناء. بينت الدراسة أن السدود المدعمة بالأسلاك هي الأكثر تعرضا للتلغف على مستوى الشبكة والمصب، فيما يخص السدود الحجرية فإن منطقة الجناح هي الأكثر حساسية. تدهور الغطاء النباتي ودرجة الانحدار هما العاملان الأكثر تأثيرا على حالة السدود أما حالة التربة فلا تأثر إلا على السدود الحجرية. تبدأ السدود المدعمة بالأسلاك في الاهتراء إذا تجاوزت درجة الانحدار 50 %، بالنسبة للسدود الحجرية فتبدأ في الاهتراء غا تجاوزت درجة الانحدار 20 %. من خلال التحقيقات التي تم إنجازها مع الساكنة حول مدى قبولهم للاصطلاحات الميكانيكية المنجزة تبين أن 48 % يعبرون عن مستوى رضى جيد 28 % يعبرون عن رضى متوسط أما 24 % فيعبرون عن رفض. من أجل تنمين البيانات المتعلقة بكل سد خصوصا الخلل البنيوي واقتراحات الإصلاح تم وضع نظام معلومات جغرافية يتعلق بالتصحيات الميكانيكية للمسالك المائية « SIGCMR.BVO » من اجل اعطاء المديرين مرونة في تتبع السدود وتحيين المعلومات المتعلقة بكل سد والمساعدة في اتخاذ القرار المناسب لكل الاشغال وذلك من أجل تمديد مدة خدمتها وجعلها تلعب الدور المنوط بها على أكمل وجه.

**الكلمات المفاتيح** الحوض الساكب لاوريكة، معالجة ميكانيكية الوضعية الحالية تقييم، صيانة، عوامل مؤثر، قاعدة بيانات،

SIGCMR.BVO

## Sommaire

<i>Dédicace</i> .....	iii
<b>Résumé</b> .....	v
<b>Abstract</b> .....	vi
<b>ملخص</b> .....	vii
<b>Liste des tableaux</b> .....	xii
<b>Liste des figures</b> .....	xiii
<b>Liste des abréviations</b> .....	xv
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b> .....	3
<b>Chapitre 1 : Aménagement du Bassin Versant</b> .....	3
1.1. Définition d'un Bassin Versant .....	3
1.2. Concept de l'aménagement du Bassin versant (ABV) .....	3
<b>Chapitre 2 : Aperçu générale sur le phénomène de l'érosion hydrique</b> .....	4
2.1. Définition.....	4
2.2. Facteurs de l'érosion hydrique .....	5
2.2.1. Facteurs climatiques .....	5
2.2.2. Facteurs anthropiques.....	6
2.2.3. Facteurs topographiques.....	6
2.2.4. Facteurs lithologiques .....	7
2.2.5. Végétations.....	8
2.3. Processus d'érosion hydrique .....	9
2.3.1. Détachement ou désagrégation.....	9
2.3.2. Mise en mouvement .....	10
2.3.3. Sédimentation.....	10
<b>Chapitre 3 : Correction torrentiel de ravins</b> .....	11
3.1. Définition.....	11

3.2.	Correction par seuils en pierres sèches.....	11
3.3.	Correction par seuils en gabion .....	11
3.4.	Correction par seuils en maçonnerie .....	12
3.5.	Mise en place des seuils.....	12
3.6.	Les aménagements mécaniques antiérosifs du Bassin versant de l’Ourika.....	13
3.7.	Les règles pour les aménagements des ravins .....	14
<b>Partie 2 : Matériel et méthode.....</b>		<b>15</b>
<b>Chapitre 1 : Présentation de la zone d’étude.....</b>		<b>15</b>
1.1.	Introduction .....	15
1.2.	Caractéristiques du Bassin Versant de l’Ourika .....	16
1.2.1.	Situation géographique.....	16
1.2.2.	Situation administratives .....	16
1.2.3.	Contexte climatique.....	16
1.2.4.	Synthèse bioclimatique .....	18
1.5.	Milieu physique .....	19
1.5.1.	Altitude.....	19
1.5.2.	Pente .....	20
1.5.3.	Lithologie .....	21
1.5.4.	Pédologie .....	22
1.5.5.	Exposition.....	22
1.6.	Caractéristiques morphométrique .....	22
1.7.	Les crues .....	23
1.8.	Données socio-économiques .....	24
<b>Chapitre 2 : Approche méthodologique .....</b>		<b>25</b>
2.1.	Phase avant projet.....	25
2.1.1.	Recherche bibliographie.....	25

2.1.2.	Visite de prospection .....	25
2.1.3.	Elaboration de fiches .....	26
2.2.	Phase terrain .....	26
2.2.1.	Evaluation l'état actuel des seuils .....	26
2.2.2.	Détermination les ravins à aménager .....	27
2.2.3.	L'acceptabilité sociale.....	27
2.3.	Phase bureau.....	28
2.3.1.	Traitement les données.....	28
2.3.2.	Elaboration des cartes.....	28
2.3.3.	Elaboration d'un système d'information géographique « SIGCMR.BVO » .....	28
2.3.3.5.	Tests de validation de système .....	29
<b>Partie 3 : Résultat et discussion .....</b>		<b>31</b>
<b>Chapitre 1 : Etude des seuils .....</b>		<b>31</b>
1.1.	Evaluation de l'état des lieux des ouvrages de correction antiérosif au niveau de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika.....	31
1.1.1.	Introduction .....	31
1.1.2.	Inventaire des techniques .....	31
1.1.3.	Diagnostic de l'état des ouvrages de correction mécanique inventoriés.....	32
<b>Chapitre 2 : Propositions des entretiens des seuils.....</b>		<b>36</b>
2.1.	Introduction .....	36
2.2.	Entretien courant : .....	36
2.3.	Entretiens spécialisés (Réparation).....	37
2.3.1.	Cas de seuil fonctionnel .....	37
2.3.2.	Cas de seuils partiellement endommagés.....	37
2.4.	Entretiens de reconstruction .....	37
<b>Chapitre 3 : Evaluation de l'efficacité des seuils pour la réduction des crues.....</b>		<b>38</b>
3.1.	Rétention des sédiments .....	38

3.2.	Mise en place de la végétation.....	39
3.3.	Rétention des charriages.....	44
<b>Chapitre 4 : Acceptabilité social et proposition des ravins à aménager .....</b>		<b>44</b>
4.1.	Acceptabilité sociale.....	44
4.2.	Détermination les ravins à aménager.....	46
<b>Chapitre 5 : Détermination des facteurs agissant sur le fonctionnement des seuils .....</b>		<b>49</b>
5.1.	Pente .....	49
5.2.	Lithologie.....	51
5.3.	Dégradation de couvert végétale .....	52
5.4.	Analyse de composante principale .....	53
<b>Chapitre 6 : Conception et réalisation d'une base de données .....</b>		<b>57</b>
6.1.	Analyse et conception du système.....	57
6.1.1.	Langage de conception et de modélisation unifié (UML).....	57
6.1.2.	Modélisation conceptuel de la base de données.....	58
6.2.	Développement et réalisation de système « SIGCMR.BVO ».....	62
6.2.1.	Environnement du système .....	62
6.2.2.	Réalisation du système « SIGCMR.BVO » .....	64
<b>Conclusion et recommandation.....</b>		<b>69</b>
<b>Références bibliographies.....</b>		<b>71</b>
<b>Webographie : .....</b>		<b>77</b>
<b>ANNEXES.....</b>		<b>78</b>
<b>ANNEXE 1 : Fiches de terrain.....</b>		<b>79</b>
<b>ANNEXE 2 : Ravins à aménager .....</b>		<b>83</b>
<b>ANNEXE 3 : Cartes de répartition des seuils.....</b>		<b>86</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1: Evolution de l'érosion et le ruissellement en fonction de la pente sur un sol ferrallitique sableux et sol ferrugineux tropical (en % de précipitation) .....	7
Tableau 2: Influence du couvert végétal sur le ruissellement .....	8
Tableau 3: quantité de seuils réalisée au niveau des différents sous Bassins Versants (m3).....	13
Tableau 4: Précipitations moyennes mensuelles dans les stations de référence en (mm).....	17
Tableau 5: Caractéristiques morphométrique du bassin versant de l'Ourika.....	22
Tableau 6: Nombre de seuils prospectés de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika.....	32
Tableau 7: Etat des lieux des seuils en maçonneries dans les différents douars du bassin versant de l'Ourika .....	32
Tableau 8: Etat des lieux des seuils en gabions dans les différents douars du bassin versant de l'Ourika .....	33
Tableau 9: Etat des lieux des seuils en pierres sèches dans les différents douars du bassin versant de l'Ourika.....	33
Tableau 10: Lieux de destruction observé au niveau du différent type des seuils en (%) .....	35
Tableau 11: Table des entretiens proposés.....	37
Tableau 12: Lieux de destructions observés au niveau du différent type des seuils en (%) .....	38
Tableau 13: Espèces installées au niveau des seuils exprimé en (%) .....	43
Tableau 14: Table du niveau de satisfaction par les ouvrages .....	45
Tableau 15: Table des variables .....	53

## Liste des figures

Figure 1: Présentation des sous bassins Atlasiques du Bassin Versant du Tensift .....	15
Figure 2: Diagramme ombro-thermique de la station d'Agaiouar .....	18
Figure 3: Carte des altitudes au niveau du Bassin Versant de l'Ourika.....	19
Figure 4: Carte des pentes du Bassin Versant de l'Ourika .....	20
Figure 5: Carte de lithofaciés du Bassin Versant de l'Ourika .....	21
Figure 6: Pourcentage de durée des crues de BVO.....	23
Figure 7: Mise en place de la végétations (Poacées) derrière de seuil en maçonnerie à Chiker....	40
Figure 8: Mise en place de la végétations (Adenocarpus anagyriifolius) derrière de seuil en maçonnerie à Chiker.....	40
Figure 9: Absence de la végétation derrière de seuil en pierre sèche à Chiker.....	40
Figure 10: Mise en place de la végétations (Xérophytes épineux) derrière de seuil en maçonnerie à Chiker .....	40
Figure 11: Végétalisation du seuil en gabion par la <i>Jencus maritimus</i> à Asgaouer.....	41
Figure 12: Végétalisation du seuil en gabion par des Poacées avec des PAM à Asgaouer .....	41
Figure 13: Végétalisation du seuil en maçonnerie par le <i>Populus alba</i> à Oulmes .....	42
Figure 14: Végétalisation du seuil en gabion par le <i>Nerium oleander</i> à Taljerfet .....	42
Figure 15: Végétalisation du seuil en maçonnerie par le <i>Ficus indica</i> à Taljerfet .....	42
Figure 16: Végétalisation du seuil en maçonnerie par le <i>Phragmites australis</i> à Igri Foudden ....	42
Figure 17: Végétalisation du seuil en maçonnerie par le <i>Pinus halepensis</i> à Imine El Ghar.....	43
Figure 18: Végétalisation du seuil en maçonnerie par le <i>Pinus halepensis</i> à Imine El Ghar.....	43
Figure 19: Seuil en gabion affouillé par des matériaux de grande taille à Om Lahwae .....	44
Figure 20: Blocs de grande taille derrière un seuil en maçonnerie à Oulmes .....	44
Figure 21: Carte des ravins proposées à aménager dans la CR d'Oukeïmden.....	47
Figure 22: Carte des ravins proposées à aménager dans la CR d'Oukeïmden.....	47
Figure 23: Carte des ravins proposées à aménager dans la CR de Seti Fadam.....	48
Figure 24: Effet de la pente sur l'état des seuils .....	49
Figure 25: Seuil en pierre sèche construit par des roches sphériques à Okeïmden.....	50
Figure 26: Seuil en pierres sèche construit par des roches amorphes à Chiker.....	50
Figure 27: Effet de la lithologie sur l'état de fonctionnement des seuils.....	51
Figure 28: Effet de l'état de seuil sur dégradation de couvert végétal.....	52
Figure 29: Carte factorielle de superposition .....	54

Figure 30: Diagramme de cas d'utilisation .....	59
Figure 31: Diagramme de classe .....	60
Figure 32: Diagramme de séquence (mise à jour).....	61
Figure 33: Composante de l'interface principale .....	66
Figure 34: Barre d'outils du système .....	66
Figure 35: Exportation des données vers Excel .....	67
Figure 36: Impression des données .....	68
Figure 37: Ravins proposés pour correction à Tazitount .....	83
Figure 38: Ravins proposés pour correction à Elkri.....	83
Figure 39: Ravins proposés pour correction à Igunane.....	84
Figure 40: Ravins proposés pour correction à Tekhfist .....	84
Figure 41: Ravins proposés pour correction à Imine Teddert .....	85
Figure 42: Ravins proposés pour correction à Asgaouer .....	85
Figure 43: Carte de répartition des seuils en maçonnerie dans la rive gauche du bassin versant de l'Oued Ourika.....	87
Figure 44: Carte de répartition des seuils en gabion dans la rive gauche du bassin versant de l'Oued Ourika.....	88
Figure 45: Carte de répartition des seuils en pierres sèche dans la rive gauche du bassin versant de l'Oued Ourika.....	89

## Liste des abréviations

- **A** : Absent
- **BVO** : Bassin versant de l'Ourika
- **CR** : Commune rurale
- **E.** : Entretien
- **ME** : Moyennement endommagé
- **PE** : Pas endommagé
- **SG** : Seuil en gabion
- **SM** : Seuil en maçonnerie
- **SPS** : Seuil en pierre sèche
- **TE** : Totalelement endommagé

## INTRODUCTION GENERALE

L'érosion hydrique est un phénomène écologique désastreux dans ces dernières années, elle constitue 34% de catastrophes naturelles mondiales (ULC, 2007).

Le climat de la région sud méditerranéenne est à dominance semi-aride. Les capitaux hydriques et en sol y sont vulnérables. Le sol est considéré comme une ressource lente sur le plan du renouvellement mais parfois non renouvelable, dû aux menaces de l'érosion. Dans cette région l'érosion hydrique est un phénomène plus répandu. Elle est dû à l'association de plusieurs facteurs (climatique, topographique, nature du sol), et le facteur anthropique qui agit par son système de culture d'une part et par sa croissance démographique accrue d'autre part (AL Ali, 2007).

Le Maroc est l'un des pays de la région méditerranéenne le plus touché par l'érosion. Les facteurs topographiques, climatiques et anthropiques y exacerbent ce phénomène qui menace la plupart des bassins versant du pays ; l'érosion est considérée comme un facteur principal de la dégradation des sols. En effet, près de 12 millions d'hectares de terres sont exposés à l'érosion hydrique (Bassoumori, 1992). Cette dégradation des ressources naturelles entraîne des impacts négatifs sur le développement et la qualité de vie (Benabid, 1995).

Le bassin versant de l'Ourika (BVO) est soumis à des crues désastreuses, dont celle de 1995 qui reste mémorable. Ceci s'explique par les dégâts destructifs sur des infrastructures, de la production agricole et les activités humaines. En 1999, la Direction Provinciale de l'Agriculture de Marrakech a enregistré des dégâts très lourds, la superficie de terrains agricoles endommagés s'élevait à 210 hectares de qui était l'équivalent d'une perte de 2,26 Millions de dirhams, 1147 caprins et 1725 bovins et ovins qui ont été perdus soit l'équivalent de 12,57 Millions de dirham, sur le plan immobiliers, 194 maisons ont été détruites soit un coût évalué à 11,64 millions de dirham), 83 véhicules emportés soit un coût approximatif de 6,23 Millions de dirham. La totalité des dommages matériels ont été estimés à environ 15 millions de dollars US, sans parler des pertes humaines qui atteignaient 289 victimes (Saidi et al. 2010).

Des aménagements antiérosifs pour la correction torrentielle ont ainsi été réalisés au niveau des ravins du BVO. Ces aménagements avaient visés d'amortir la vitesse des torrents et entraver les charriages emportés par les crues. Ces ouvrages sont considérés comme une source de soulagement aux paysans. Malheureusement ces ouvrages souffrent de difficultés et de dysfonctionnements

résultants de l'absence des études d'évaluation qualitatives depuis leurs installations ainsi que le manque des programmes de réhabilitation.

C'est dans ce contexte qui s'inscrit ce travail. L'objectif principal de cette étude, est d'évaluer l'état actuel de ces corrections mécaniques des ravins réalisées au niveau de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika, en vue de proposer des actions d'entretien ou de restauration pour les ouvrages, et l'identification de ravins présentant un danger et qui nécessitent des interventions selon l'avis des populations. Pour arriver à ces objectifs, certains objectifs spécifiques ont été assignés :

- Inventaire spatial pour des différents ouvrages de corrections mécaniques réalisées dans le bassin versant de l'Ourika.
- Evaluation du degré d'acceptabilité sociale des paysans de ces aménagements, selon les impacts socio-économiques et biophysiques.
- Réalisation de cartes des différents types de seuils, des états de destructions, et des ravins à aménager pour établir les programmes d'entretiens convenables.
- Elaboration de système d'information géographique qui aide les gestionnaires dans leurs décision et qui leur facilite le suivi des seuils dans le temps et dans l'espace.

## **Partie 1 : Synthèse bibliographie**

### **Chapitre 1 : Aménagement du Bassin Versant**

#### **1.1. Définition d'un Bassin Versant**

L'étymologie de « **bassin versant** » est d'origine latin « **Baccinus** », qui signifie la vase, mais le concept d'un bassin versant est introduit par le géographe Philippe Buade (**Ramada, 1993**).

Le bassin versant à plusieurs définitions, il se définit comme une unité hydrologique qui est utilisée comme unité socio-économique, physico-biologique et politique dans le but de planifier la gestion et l'usage des ressources naturelles (**Benchahad, 1999**).

En écologie, le bassin versant se définit, comme « le territoire sur lequel toutes les eaux de surface qui s'écoulent qui proviennent des réseaux hydriques en amont et se dirigent vers un seul point appelé exutoire du bassin versant » (**Banton et Bangoy, 1997 cités dans Gangbazo, 2004**).

En autre terme un bassin versant est défini comme une entité géographique délimitée par une ligne de crête, les eaux qui tombent se concentrent au niveau de talwegs à travers un réseau hydrographique et rejoignent l'exutoire, qu'est la partie la plus basse dans un bassin versant (**Olivry. et al., 1995**).

#### **1.2. Concept de l'aménagement du Bassin versant**

L'aménagement des bassins versant est l'ensemble des pratiques qui sont appliquées pour assurer une meilleur gestion des ressources naturelles en eaux et sols et pour répondre aux principaux problèmes liés à l'usage de la ressource hydrique par les différents secteurs d'activités. Il consiste à construire une vision globale réunissant d'une part, les ressources en eau et les facteurs physiques et d'autre part, humains ayant un pouvoir d'agir et d'influencer la gestion de ces ressources (**Bourgoin, 2010**).

## **Chapitre 2 : Aperçu générale sur le phénomène de l'érosion hydrique**

La dégradation du sol est un phénomène mondial, irréversible et dévastateur. Les pertes en sol à l'échelle mondiale est estimée entre 5 à 7 million d'hectares par an (**GTZ, 1998**). La perte de la surface de couvert végétal forestier et sylvo-pastoral est estimée entre 30 à 60 milles hectare par an (**Sabir et al., 1999**). Cette perte s'explique principalement par le phénomène d'érosion et en l'occurrence l'érosion hydrique touchant avec des intensités différentes tous les pays du monde.

### **2.1. Définition**

Erosion provient du latin « **ERODERE** » qui signifie « ronger ». L'érosion ronge la terre comme un chien acharné sur un os. Certains auteurs pessimiste décrivent l'érosion comme une lèpre qui ronge la terre jusqu'à ne laisser qu'un squelette blanchi. Dans la région méditerranéenne, particulièrement les montagnes calcaires illustrent bien le processus de décharnement des montagnes. Le processus d'érosion est naturel ; si l'arrêt de l'érosion n'est pas souhaitable, lutter contre ce processus implique sa réduction à un niveau acceptable et tolérable (**Roose, 1994**).

L'érosion hydrique est désignée comme un processus par lesquels la pluie et le ruissellement détachent et transportent les particules de la surface du sol et les déposent ailleurs (**Heusch, 1971**). L'érosion se différencie selon ses formes (érosion en nappe, en masse, en rigole...) et en fonction de ses processus (détachement, transport et sédimentation) dont l'intensité et la manifestation varient dans le temps et dans l'espace (**Clark, 1999**).

L'érosion hydrique permet la formation de plaines fertiles et l'engraissement des vallées (**Roose, 1994**). Néanmoins le sol ne s'épaissit pas ; il reste fertile s'il y a un équilibre entre la formation de sol à partir de la roche mère et l'érosion. Cet équilibre n'arrêtera jamais ce phénomène de l'érosion mais le réduit à un niveau acceptable. Quant la vitesse de l'érosion dépasse celle de formation du sol, elle devient plus dangereuse ; la couche superficielle de sol devient très mince et s'épuise rapidement (**Ruellan et Targulin, 1992**).

## **2.2. Facteurs de l'érosion hydrique**

L'érosion se produit suite à l'interaction de plusieurs facteurs comportant :

- Facteurs climatiques ;
- Facteurs anthropiques ;
- Facteurs topographiques ;
- Facteurs lithologiques ;
- Facteurs biotiques.

### **2.2.1. Facteurs climatiques**

Les précipitations jouent un rôle important dans le processus de l'érosion hydrique. Ils sont considérés, d'une façon incontestable, la cause majeure de l'érosion hydrique. Sur les versants d'une pente moyenne à faible, l'énergie des gouttes de pluies déclenchent le processus de destruction des agrégats du sol ; le ruissellement n'assure que le transport des particules détachées.

#### **2.2.1.1. Intensité de précipitations**

Une pluie de 10 mm d'un orage fait plus de dégâts qu'une pluie normale de 40 mm, qui d'ailleurs favorise le milieu fragile (**Soltner, 1999**). En effet, les gouttes de pluies sont définies par leurs énergies cinétiques proportionnelles à leurs tailles et leurs vitesse (cette énergie est égale à 10 000 j/m<sup>2</sup>/an, pour une précipitation de 600 mm/an). Elles facilitent le transport en suspension et la destruction des agrégats (**Merzouk, 2007**).

L'érosion due au ruissellement de l'eau constitue une grave menace pour les sols méditerranéens. Tant que l'eau ruisselle en nappes, les transports solides sont limités (1 à 5 g/l). Les sols couverts de cailloux en surface résistent relativement bien au détachement par le ruissellement en nappe. L'action de l'eau se concentre au niveau des ravines et des oueds, la charge solide devient importante (5 à 130 g/l) et, l'érosion devient significative (**Roose, 1991**).

#### **2.2.1.2. Fréquence et la durée de précipitations**

La fréquence et la durée des précipitations sont deux facteurs essentiels. Deux pluies qui tombent dans des intervalles différents mais avec des caractéristiques similaires ont des effets variables. Cette variabilité dépend de l'état du sol résultant de la dernière pluie. Une fréquence élevée des

précipitations peut engendrer des ruissellements et par conséquent une érosion plus importante (Fournier, 1960).

### 2.2.2. Facteurs anthropiques

Les phénomènes de l'érosion hydrique est liée aux problèmes socio-économiques : le fort accroissement démographique dans des zones rurales pauvres entraîne la surexploitation des ressources naturelles (labour de zones marginales de pente très sensibles à l'érosion, surpâturage, surexploitation du bois de feu). Ceci rend le sol dénudé et aggrave les effets de l'érosion. La diminution de la teneur en matière organique, est un facteur aussi qui exacerbe le phénomène à travers la perte de la stabilité des agrégats du sol (PNUE, 2003).

Ces actions humaines sont parfois bénéfiques (aménagement de versants en terrasses par exemple), mais trop souvent elles entraînent une dégradation plus ou moins poussée (pertes de matière organique, déstructuration, érosion hydrique ...) qui peut aboutir, dans les cas extrêmes, à la quasi disparition des couches meubles du sol (Roose, 1991).

### 2.2.3. Facteurs topographiques

Le facteur topographique est essentiel dans le processus de l'érosion. Il dépend des paramètres géométriques de la pente. Celle-ci joue un rôle fondamental et intervient par sa longueur, sa forme et surtout par son inclinaison sur le développement de l'érosion (Fournier, 1967).

#### 2.2.3.1. Longueur de pente

La détermination de la perte en sol est en fonction de la longueur de pente. Elle est difficile à mesurer. Aux états unis, des études ont montré que le rapport entre la longueur de pente et les pertes en terre est à peu près égale à la racine carrée de la longueur de pente (FAO, 1967). Au contraire en Afrique ce facteur ne joue pas un rôle prononcé, mais il varie en fonction de la végétation qui couvre le versant (Tableau 1).

**Tableau 1:** Evolution de l'érosion et le ruissellement en fonction de la pente sur un sol ferrallitique sableux et sol ferrugineux tropical (en % de précipitation)

<b>Adiopodoumé (Cote d'Ivoire). Sol nu de 1968 à 1972. Sol ferrallitique très désaturé sur sable tertiaires</b>	Pente 4,5 %	7 %	20 %
Erosion moyenne (t/ ha/an)	60	138	570
Ruissellement moyenne/an (%)	35	33	24
Ruissellement maximum (%)	74	74	68
Ruissellement maximum exceptionnel (%)	98	95	76
<b>Séfa (Sénégal). Culture sarclée de 1955 à 1962, Sol ferrugineux tropical lessivé à tache et concrétions</b>	Pente 1,25 %	1,50 %	2 %
Erosion moyenne (t/ha/an)	5	8,6	12
Ruissellement moyenne/an	16	22	30

(Source : Roose et Lelong, 1976)

#### 2.2.3.2. Intensité de pente

La perte de sol augmente d'une façon exponentielle en fonction de l'escarpement de la pente (Delaite et Pastor, 1997). D'après Roose (1970), l'érosion est étroitement liée à la pente. Si la pente dépasse 15%, les pertes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison de la pente.

#### 2.2.3.3. Forme de pente

L'intensité, la longueur et la forme de pente agissent directement sur le phénomène de l'érosion hydrique. Des études montrent, si la pente est uniforme l'érosion augmente vers l'aval (Foster et Mayer, 1977).

Pour la pente convexe l'érosion augmente vers l'aval de la pente et diminue en amont. L'apport des Sédiments est plus important que pour la forme concave. Celle-ci réduit le transport des sédiments (EL Amajidi, 2003).

#### 2.2.4. Facteurs lithologiques

Les types des roches et leurs structures donnent des indications sur leur capacité d'infiltration ; ce qui nous amène à déterminer la quantité de sol érodée (FAO, 1980). Deux facteurs principaux interviennent pour déterminer le degré de l'érosion du sol : la capacité d'infiltration et la stabilité structurale permettent par conséquent de déterminer la capacité maximale d'infiltration de l'eau

dans le sol qui régule par la suite la quantité de l'eau ruisselée et ce en fonction du couvert végétal, de la pierosité et la battance (**Bara, 2012**).

La stabilité structurale du sol est un bon indicateur de la sensibilité à la battance et à l'érosion hydrique des sols, elle est exprimé en fonction des plusieurs facteurs, notamment : la texture et la teneur en matière organique et la pratique culturales (**Amezketta et al., 1996; Bissonnais et al., 2002; Leguédouis et Le Bissonnais, 2004**).

Les sols limoneux cultivés, qui ont une teneur en matières organiques faible. Ils sont caractérisés par une faible stabilité structurale ; et par conséquent une grande fragilité constitutive, du fait de leur texture, et les matières organiques y sont le principal agent agrégeant (**Le Bissonnais et Arrouays, 1997; Tessier et al., 1998**).

#### 2.2.5. Végétations

L'action des végétations n'est pas moindre dans la lutte contre l'érosion. Sa contribution émane du rôle de l'arbre qui transforme l'effet des précipitations violentes en écoulements lents diminuant ainsi l'intensité des crues (**Heusch, 1971**). Leurs effets interviennent aussi bien sur les processus de transfert hydrologique et érosif, tels que l'infiltration, le ruissellement, la production, l'entraînement ou le piégeage de sédiments (**Tableau 2**) (**Marston, 2010**).

**Tableau 2:** Influence du couvert végétal sur le ruissellement

Nature de couvert végétale	Ruissellement / Infiltration *100
Forêt	2%
Prairie	5%
Blé	25%
Mais	50%

(**Soltner, 1999**)

En Afrique des études ont montrés que le ruissellement passe de 1% sous végétations naturelles à 25% sous les cultures sarclées et même dépasser dans les fortes averses 75% (**Roose, 2000**).

Au niveau des zones arides et semi aride, l'absence de végétation est considérée comme un agent qui déclenche l'érosion. Dans ces cas, la végétation est un facteur primordial pour protéger les sols contre l'érosion hydrique grâce à ces rôles :

- Augmentation de la stabilité structurale du sol par son enrichissement en matière organique par l'intermédiaire des débris végétaux gisants sur le sol.
- Les feuilles diminuent la vitesse des gouttes d'eau ce qui dissipe leur énergie cinétique et réduit l'intensité de l'effet « Splash ». Le système racinaire, augmente la capacité d'infiltration du sol et assure la fixation des sédimentations, il maintient ainsi la stabilité de sol.

### 2.3. Processus d'érosion hydrique

Les processus de l'érosion hydrique des sols sont divisés en deux catégories : le **détachement** et le **transport** (Ellison, 1944 ; Rose, 1985; Kinnell, 2000).

#### 2.3.1. Détachement ou désagrégation

Le détachement et la désagrégation sont deux processus concomitants sur la surface des sols. L'impact d'une goutte d'eau peut provoquer à la fois une déstructuration des agrégats et un détachement de particules (Leguédois, 2010).

##### 2.3.1.1. Détachement

Selon Ellison (1944), le détachement est défini comme une libération des particules de sol qui ont une taille transportable d'une façon progressive depuis leurs sites d'origines. Lorsque les gouttes d'eaux entrent en contact avec le surface sol, elles provoquent la fragmentation des mottes, ces fragments devient facilement transportable par l'effet Splash (Foster et Mayer, 1977 in Nafaa, 1994). Pour que le détachement ait lieu, l'énergie de pluie doit être supérieure à la force de cohésion des agrégats ; soit, une précipitation de 25 mm/h d'intensité (Roose, 1977).

##### 2.3.1.2. Désagrégation

La désagrégation est une déstructuration des agrégats présents en surface aboutissant à la production de fragments de sol plus fins (agrégats ou particules élémentaires) sous l'effet de la pluie. Celle-ci agit sur la cohésion interne des agrégats et sur les liaisons entre les particules ; le détachement agit sur la masse de sol présente à la surface et sur les liaisons entre les agrégats (Leguédois, 2010).

### **2.3.2. Mise en mouvement**

La mise en mouvement des fragments de sol est due aux gouttes de pluie et au ruissellement. **(Rose, 1985 et Sharma, 1996).**

#### **2.3.2.1. La mise en mouvement par les gouttes de pluie**

La mise en mouvement, suite à l'impact des gouttes de pluie, est un processus qui a lieu sur une surface de sol libre et sous une lame d'eau peu épaisse **(Green & Houk, 1980 ; Moss & Green, 1983)**. Ce mécanisme est expliqué par le choc élastique lors de contact des gouttes d'eau avec la surface du sol **(Park et al., 1982)**, ou bien par l'entraînement conjoint entre les particules de sol et l'effet « Splash » **(Al-Durrah & Bradford, 1982)**

#### **2.3.2.2. La mise en mouvement par ruissellement**

La mise en mouvement par le ruissellement dépend des conditions de ruissellement et de la cohésion interne. La résistance au cisaillement du sol est souvent utilisée pour déterminer le matériau soumis à l'érosion **(Torri & Borselli, 1991 ; Sharma, 1996)**.

### **2.3.3. Sédimentation**

La sédimentation est considérée comme le mécanisme qui gouverne la quantité de sédiments exportés à partir de ses origines. Elle est influencée par le fait que la lame d'eau soit soumise ou non à l'impact des gouttes de pluie **(Hairsine & Rose, 1992)**. Le taux de sédimentation est prédit à partir de la différence entre la capacité de transport et la charge en sédiments. Quand la charge en sédiments est inférieure à la capacité de transport, le mécanisme de transport est déclenché. Si la charge est supérieure à la capacité de transport, les sédiments se déposent. Cette approche est celle adoptée dans le modèle WEPP **(Foster, 1990; Foster et al., 1995)**.

## **Chapitre 3 : Correction torrentiel de ravins**

### **3.1. Définition**

La correction torrentielle est définie comme une transformation du profil en long d'un ravin en série d'escaliers à faible inclinaison vers l'aval, par la construction des seuils (**Besson, 1996**). En effet, les seuils sont des ouvrages installés d'une façon transversale sur les ravins pour corriger leur pente de ravin pour réduire la vitesse des crues et assurer le dépôt des sédiments (**Sogetha, 1968**).

L'activité des ravins varie selon le degré de dégradation et selon la région ; la correction torrentielle permet de réduire la vitesse des torrents et piéger les sédiments (**Zobiri, 2004**). La mise en place de ces techniques, permet de :

- Stabiliser le profil en long de ravin
- Retenir les sédiments
- Lister le volume de transport solide
- Réduire l'approfondissement des ravins

### **3.2. Correction par seuils en pierres sèches**

Le seuil en pierres sèches est un ouvrage construit par des pierres non cimentées, ancrées sur les berges des ravins de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> se situant en générale en amont. L'encrage de ces seuils se fait de façon à augmenter la cohésion et la rigidité. La mise en place des pierres sèches est faite soigneusement, avec une profondeur allant jusqu'à 1,50 mètre pour stabiliser l'ouvrage. Ces seuils permettent d'avoir un ouvrage filtrant, qui permet le passage de l'eau à partir de ses parois.

### **3.3. Correction par seuils en gabion**

Les seuils en gabions sont des caisses en grillage formées essentiellement des pierres qui doivent avoir une masse spécifique, la dimension optimale de ces caisses est de 1,50 à 2 fois la dimension intérieure de la maille du grillage ce qui empêche la sortie des pierres à l'extérieur du grillage. Ce dernier est en acier à maille hexagonale à double torsion qui possède une grande résistance mécanique, cette résistance est assurée par la galvanisation.

### 3.4. Correction par seuils en maçonnerie

Les seuils en maçonnerie ne sont pas moins importants que les autres barrages. Ces ouvrages sont construits par de la pierre cimentée et sont installés sur les gros ravins. Les seuils en maçonneries sont réalisés à travers de lit. Ils permettent d'éviter le creusement du lit et maintiennent la stabilité des berges et des versants. Si le torrent au niveau du ravin est important et les charriages n'ont pas la chance d'arrêter, il est nécessaire d'installer des seuils en pierres sèches en amont pour renforcer leurs efficacités.

L'installation des seuils en maçonnerie, vise à :

- Retenir les éléments charriés ;
- Limiter l'enfoncement du torrent dans son lit ;
- Réduire les divagations latérales des écoulements et l'érosion ;
- Réduire les vitesses et volumes d'éventuels écoulements solides ;
- Assurer la stabilisation des berges instables ;
- Ajuster le transport des sédiments.

### 3.5. Mise en place des seuils

Le nombre de seuils installés sur un ravin est en fonction de deux paramètres. Le premier est lié au ravin et l'autre est lié au seuil proprement dite.

- **Paramètres liés au ravin** : longueur du ravin, sa pente et sa profondeur ; Plus la pente est élevée, plus l'écartement entre les seuils est faible et le nombre de seuils est élevé.
- **Paramètres liés au seuil** : la hauteur effective choisie pour les seuils.

La compréhension de la distance requise entre les seuils est nécessaire pour la planification et la conception optimale des barrages luttant efficacement contre l'érosion (**Hassanali et Beecham, 2009**). L'écartement entre-seuils est déterminé par la formule de (**Heede et Mufich, 1973**) est comme suite : (**Tableau 3**).

$$E = He / (K * Sc \times \cos \alpha)$$

- E: distance entre les seuils en (m)
- He: hauteur effective du seuil en (m)

- $Sc$ : pente initiale du lit en tant que rapport ( $\tan \beta$ )
- $\alpha$ : l'angle de pente
- $K$ : coefficient empirique pour les conditions locales.

$K$  change avec deux groupes de gradients comme suit :  $K = 0.3$  si  $Sc \leq 0.2$   $K = 0.5$  si  $Sc > 0.2$

### 3.6. Les aménagements mécaniques antiérosifs du Bassin versant de l'Ourika

Pour faire face à la dégradation du milieu physique du bassin versant de l'Ourika, des techniques de traitements mécaniques des ravins ont été installés pour réduire la vitesse des torrents et pour retenir les sédiments. Parmi ces techniques figurent les techniques biologiques et les techniques mécaniques. Ainsi et depuis 2001, date du lancement de projet Ourika et jusqu'en 2006, 48 279 842 Dirhams ont été investis avec un volume réalisé en matière de traitement mécanique de 156 741 m<sup>3</sup> de matériaux (comportant aussi bien des SPS, SG et SM) et dont le coût de réalisation ces traitements s'élève à 50 973 600 Dirhams (**Tableau 3**).

**Tableau 3:** quantité de seuils réalisée au niveau des différents sous Bassins Versants (m3)

Sous Bassin versant	Seuils en maçonnerie		Seuils en gabion		Seuils en pierres sèche		Total	
	Quantité (m3)	Nombre	Quantité (m3)	Nombre	Quantité (m3)	Nombre	Quantité (m3)	Nombre
Aït Machkour	200	3	700	6	1100,00	138	2000,00	147
Anins	935,5	3	1061,37	9	2002,50	139	3999,37	151
Tizi N'Oucheg	500,27	3	4185,69	27	2626,5	352	7312,51	382
Anammar	367,71	2	1696,60	20	12 466,34	1171	14 530,65	1193
Ouigrene	1910,00	10	1754,01	12	6778,13	516	10 422,14	538
Amloughi	1803,08	17	11 346,87	81	21 335,67	1011	34,485,2	1109
Assni	2404,67	15	9318	75	2590,69	198	14 313, 52	288
Assif Noussel	1548,89	19	3773,05	29	6604,26	587	45 930,20	635
Assif Nouzrou	254,38	5	2773,55	25	1514,96	175	4288,51	200
Chiker			514,11	8	2356,99	145	3125,48	158
Tighziret			4888,09	52	12 630,77	1152	20 531,76	1217
Agouns	3012,90	13	901,35	4	3910,04	336	4811,93	340
Om Lahoua			1600,00	8				
Aït Amer				12	1400	88	3000,00	100
Agaiouar			1600,00				0	0
<b>Total</b>	<b>12 937,40</b>	<b>90</b>	<b>46116,85</b>	<b>368</b>	<b>77 316,90</b>	<b>6008</b>	<b>136371,15</b>	<b>6466</b>

(Source, DREF, 2010)

### 3.7. Les règles pour les aménagements des ravins

Selon **Roose (1994)**, il existe 10 règles pour les aménagements des ravins

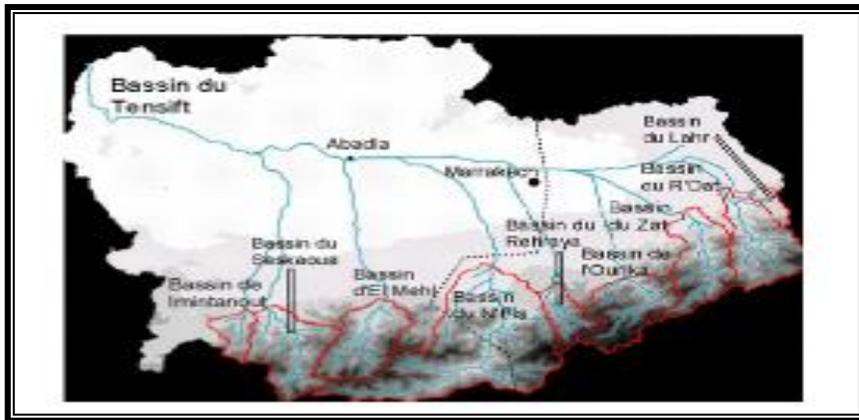
1. Tant qu'on n'a pas amélioré l'infiltration sur le bassin versant, il ne faut pas tenter de reboucher la ravine (sinon elle trouvera un autre lit), mais prévoir un canal stable capable d'évacuer les débits de pointe de la crue décennale (au minimum).
2. L'aménagement mécanique et biologique d'une ravine peut être réalisé progressivement en 1 à 6 ans, mais il doit concerner tout le bassin dès la première année. La fixation biologique d'une ravine vient consolider les versants et le fond de ravine stabilisé par différents types de seuils ; si on inverse l'ordre, les plantes sont emportées avec les terres lors des crues.
3. L'emplacement des seuils doit être choisi avec soin selon l'objectif visé. Si on cherche seulement à rehausser le fond de ravine pour que les versants atteignent la pente d'équilibre naturel, il faut choisir un verrou, une gorge étroite où de nombreux seuils légers pourront s'appuyer sur des versants solides. Si on cherche à fixer le maximum de sédiments ou à récupérer des espaces cultivables, il faut choisir les zones à faible pente, les confluent de ravines secondaires, les versants évasés et construire de gros ouvrages-poids qui seront rehaussés progressivement.
4. L'écartement entre les seuils est fonction de la pente du terrain. Le déversoir aval doit être à la même altitude que la base du seuil amont, à la pente de compensation près (1 à 10 % selon la nature du fond de ravine) qui peut s'observer sur place (zone stable sans creusement ni sédimentation). Dans un premier temps on peut doubler cet écartement et construire les seuils intermédiaires dès que la première génération de seuil est comblée de sédiments : stabiliser immédiatement les sédiments piégés avec des plantes basses dans l'axe d'écoulement et des arbres sur les versants.
5. Pour éviter la pression hydrostatique des coulées, il vaut mieux drainer les seuils (grillage, chicanes ou pierres libres).
6. Les seuils doivent être ancrés dans le fond et les flancs de ravine (tranchée de fondation) pour éviter les renards et contournements. Au contact entre le sol limono-argileux et les pierres des seuils, il faut prévoir une couche filtrante de sable et de gravier pour éviter que les sous-pressions n'entraînent les particules fines et la formation de renards.
7. Le courant d'eau doit être bien centré dans l'axe de la ravine par les ailes du seuil, plus élevées que le déversoir central. Ce déversoir doit être renforcé par de grosses pierres plates + cimentées ou par des ferrailles pour résister à la force d'arrachement des sables, galets et roches qui dévalent à vive allure au fond des ravines.
8. L'énergie de chute de l'eau qui saute du déversoir doit être amortie par une bavette (enrochement, petit gabion, grillage + touffes d'herbes) ou par un contre-barrage (cuvette d'eau) pour éviter les renards sous le seuil ou le basculement du seuil.
9. Tenir le bétail à l'écart de l'aménagement : il aurait vite fait de détruire les seuils et de dégrader la végétation. En compensation, on peut permettre des prélèvements de fruits, de fourrages et plus tard de bois, en échange de l'entretien de l'aménagement.
10. L'aménagement mécanique n'est terminé que quand on a éteint les sources de sédiments, stabilisé les têtes de ravine et les versants. La végétalisation doit alors se faire naturellement si on a atteint la pente d'équilibre, mais on peut aider la nature en couvrant rapidement les sédiments (herbe) et en les fixant à l'aide d'arbres choisis pour leurs aptitudes écologiques et leur production. Il faut passer de la simple gestion des sédiments à la valorisation des aménagements.

## Partie 2 : Matériel et méthode

### Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

#### 1.1. Introduction

Le Haut Atlas marocain est une chaîne montagneuse dont le plus haut sommet atteint 4165 m (Toubkal). Son emplacement géographique limité par les plaines arides du Haouz au Nord, Sous au Sud-ouest et d'Ouarzazate au Sud-est (**Saidi el al., 2006**). Cette chaîne montagneuse fait partie du bassin versant de Tensift. Elle est traversée par l'oued Tensift de l'Est en Ouest. Ce dernier est alimenté par ses affluents de sa rive gauche qui est la plus active que celle de droite qui ne joue qu'un rôle hydrologique secondaire, dû à l'absence des cours d'eaux permanentes. La rive gauche est composée d'un ensemble de sous bassins versants représentant incontestablement un véritable château d'eau de la zone avec un régime hydrologie de surface actif. Le Tensift reçoit de nombreuses affluents : bassin du Lahr, R'dat, Zat, Rheraya, N'fis, EL Mehi, Imine tanout et Chichaoua et Ourika (**Boudhar, 2006**) (**Figure 1**).



**Figure 1:** Présentation des sous bassins Atlasiques du Bassin Versant du Tensift (Source : **Boudhar A., 2006**)

## **1.2. Caractéristiques du Bassin Versant de l'Ourika**

### **1.2.1. Situation géographique**

Le bassin versant de l'Ourika fait partie des bassins versants de la rive gauche de Tensift. Il s'étend sur une superficie de 503 Km<sup>2</sup>. Il est limité au nord par la plaine de Haouz, au sud par le bassin de Tifnout, Zat à l'Est et Rheraya à l'Ouest, son orientation vers le Nord et le Nord-Ouest ce qui rend ce bassin bien arrosé et vulnérable aux perturbations pluvieuses d'origine océanique (**Saidi et al, 2006**).

### **1.2.2. Situation administratives**

Le bassin versant de l'Ourika couvre trois provinces. 90% de cette surface fait partie de province d'AL Haouz et 10% fait partie des provinces de Taroudant et Ouarzazate. Le bassin versant de l'Ourika s'étend sur neuf communes rurales :

- **Province d'AL Haouz** : communes de Setti Fadma, Ourika, Okeïmden et Iguerferouane ;
- **Province d'Ouarzazate** : communes de Ighermem, N'goudal et Tidili ;
- **Province de Taroudant** : commune de Toubkal.

### **1.2.3. Contexte climatique**

#### **1.2.3.1. Précipitations**

Les précipitations peuvent être caractérisées soit par leur quantité annuelle ou mensuelle, par le nombre des jours pluvieux ou bien par leurs répartitions. Les données pluviométriques mensuelles moyennes montrent que les précipitations varient entre 431 mm au niveau de la station de Dar Louriki à 662 mm dans la station d'Agaiouar, la moyenne est autour de 500 mm. Cette variation est due aux facteurs topographiques notamment l'altitude et l'exposition. La zone d'étude Il est donc exposé aux flux perturbés océaniques en provenance du Nord et du Nord-Ouest.

L'intensité des précipitations et leurs distributions géographiques varient en fonction de l'altitude, et ont une moyenne annuelle est de 541 mm, elles dépassent 700 mm vers les points culminants des en amont de bassin et 400 mm en piémont du Haute Atlas, avec un coefficient de variation de 34% (**Saidi et al., 2010**).

Les résultats des données pluviométriques montrent une période estivale sèche (juillet et août) au niveau des cinq stations et où la moyenne mensuelle est de 5,6 mm ; la période la plus pluvieuse s'étale entre le mois de février et août (**Tableau 4**).

**Tableau 4:** Précipitations moyennes mensuelles dans les stations de référence en (mm)

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jlt.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Asloun	65,80	79,70	80,70	45,00	30,70	12,50	12,40	8,20	16,20	38,70	56,00	40,70	486,44
Dar Louriki	48,86	55,88	76,02	47,30	35,93	21,93	4,13	6,76	18,64	25,39	42,59	47,88	431,3
Agaiouar	74,24	78,08	91,43	76,57	74,02	64,17	10,69	14,60	22,92	49,05	59,54	46,20	661,50
Ifghane	53,14	65,61	70,28	71,18	27,55	22,16	13,60	22,23	13,22	35,33	545,9	40,33	491,21
Aghbelou	76,25	709,6	83,79	52,45	40,06	15,91	5,75	9,66	19,14	49,21	55,38	49,13	52768
Moyenne	64,86	70,03	94,12	58,39	38,09	28,16	5,6	7,64	19,48	38,09	46,44	46,91	517,81

Source : (HCEFLCD, 2005)

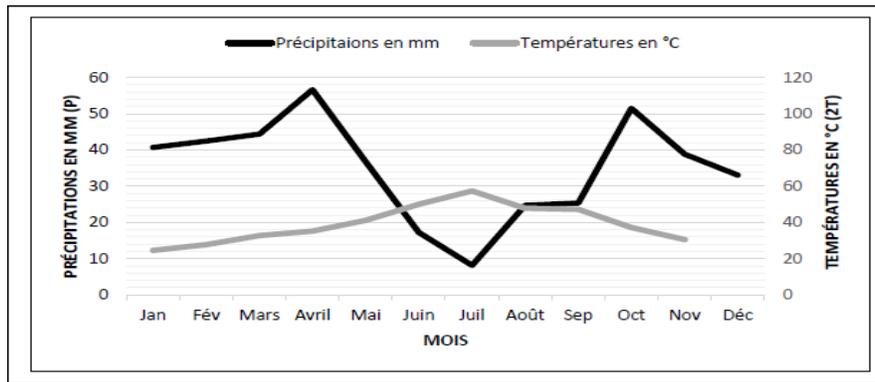
### 1.2.3.2. La température

D'après le tableau ci-dessus, les données thermiques de la station d'Agaiouar montrent que la température varie entre 0,5°C enregistré au cours du mois de janvier à 30°C au cours du mois d'août. La période la plus chaude de l'année s'étale entre les mois de mai et octobre.

Dans le bassin versant de l'Ourika, les précipitations nivales tombent en automne lorsque la température est au niveau le plus bas. Au début du printemps, au cours des mois de mai, juin et juillet où la température est entre 21 et 35 °C, la fonte des neiges d'automne et d'hiver augmente les débits de l'écoulement qui devient plus important. La fonte des neiges prolonge l'augmentation des débits d'hiver en dessinant un pic au printemps. D'où l'origine des crues.

#### 1.2.4. Synthèse bioclimatique

D'après le diagramme de Bagnouls et Gausсен montre que le bassin versant de l'Ourika subit une période de sécheresse estivale qui dure trois mois. Selon le quotient d'Emberger, le bioclimat du bassin versant de l'Ourika varie de semi-aride tempéré au subhumide frais (**Figure 2**).



**Figure 2:** Diagramme ombro-thermique de la station d'Agaiouar

## 1.5. Milieu physique

### 1.5.1. Altitude

L'altitude du bassin versant d'oued Ourika dans son ensemble est élevée. Le cours d'eau principal prend naissance à partir de 3000 mètre. 75 % de la surface du bassin se trouve à une altitude entre 1600 et 3200 m, et l'altitude moyenne dépasse 2400 mètre (Figure 3) (Saidi *et al.*, 2010).

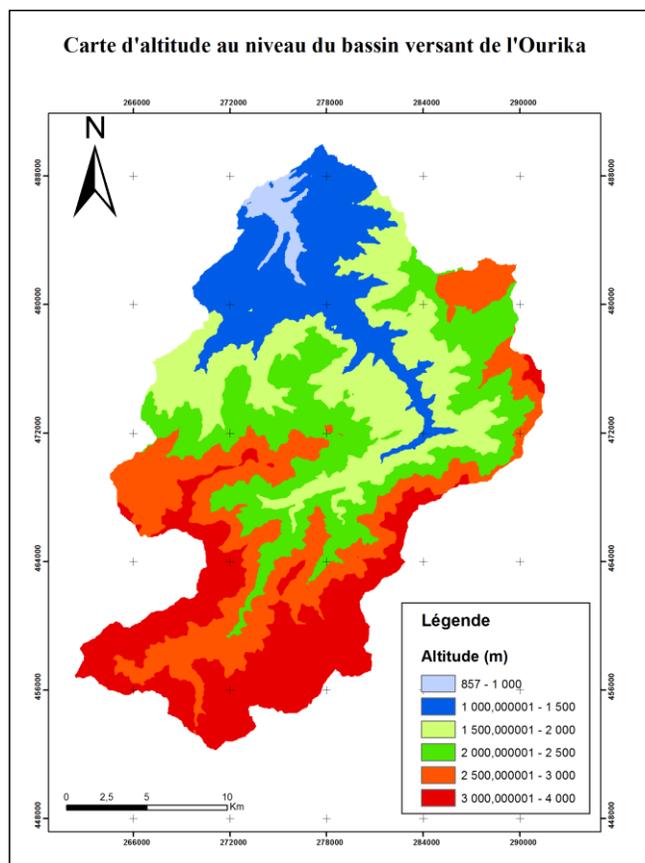
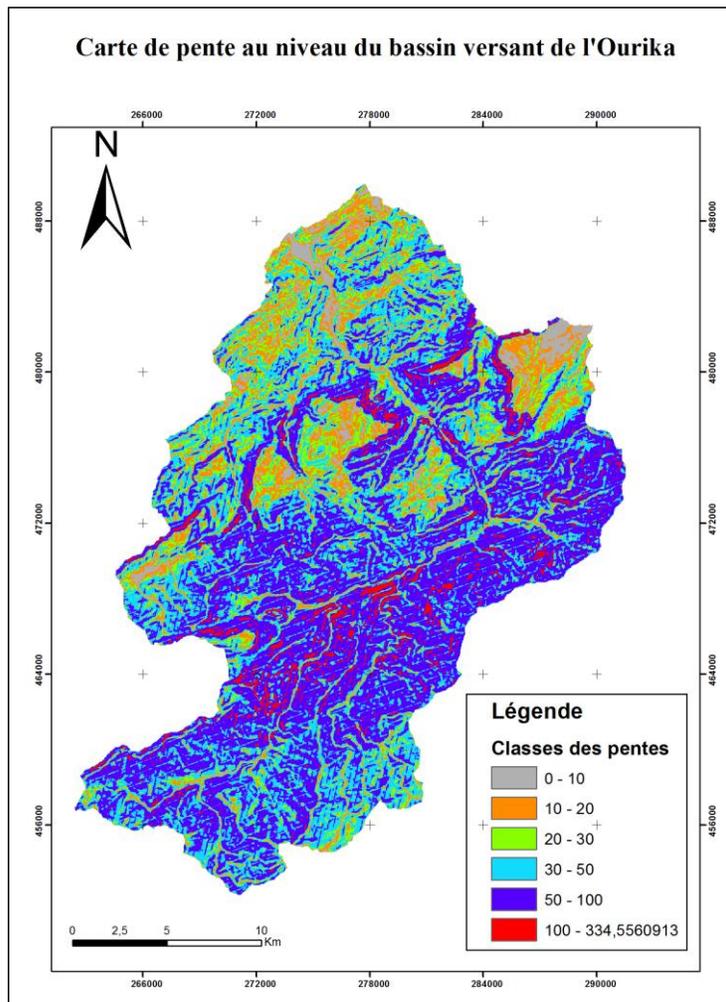


Figure 3: Carte des altitudes au niveau du Bassin Versant de l'Ourika

### 1.5.2. Pente

La pente est généralement forte dans le BV de l'Ourika. Alors que celle du cours d'eau principal est relativement modérée et ne dépasse pas 5%. En particulier en amont du bassin, la pente atteints 30 à 40% : cas de l'Oufra et du Tifni, ce qui exacerbe la violence des torrents (**Figure 4**) (Saidi et al., 2010).



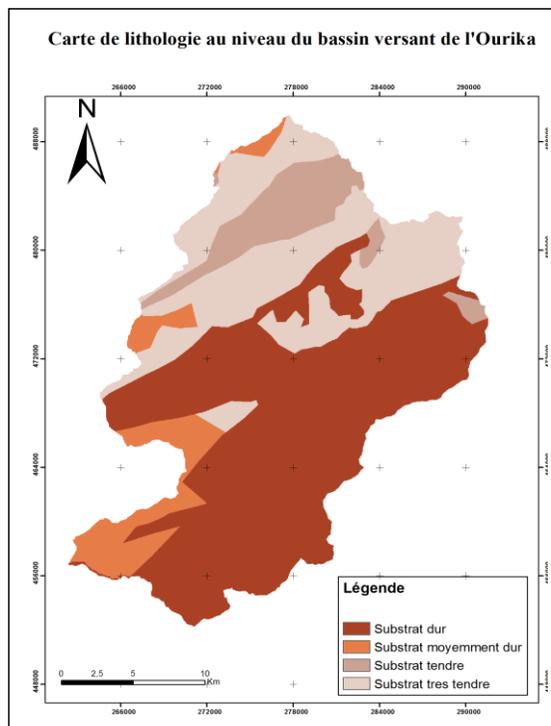
**Figure 4:** Carte des pentes du Bassin Versant de l'Ourika

### 1.5.3. Lithologie

Le bassin versant de l'Ourika est composé de deux grands types de faciès :

- Une partie méridionale, située à des altitudes supérieures à 2000 m, constituée de roches magmatiques et métamorphiques, appartenant au socle de la chaîne atlasique ; on y rencontre des roches plutoniques, notamment des granites et granodiorites, des roches volcaniques (andésites, rhyolites...) et métamorphiques (gneiss et migmatites).
- Une partie septentrionale, située à des altitudes inférieures à 2000 m, composée de dépôts permotriasiques et quaternaires plus tendres (**Biron, 1982 In Saidi et al., 2010**).

Les roches tendre et moyennement tendre (argileuses, marneuses et calcaires) représentent une étendue d'environ de 33 %, alors que les roches dures (cristallines) représentent près de 67 % de l'étendue du bassin (**Figure 5**) (**Saidi et al., 2010**).



**Figure 5:** Carte de lithofaciés du Bassin Versant de l'Ourika

#### 1.5.4. Pédologie

Le bassin versant de l'Ourika présente quatre types de roches mères :

- Roche éruptive ;
- Roche flysch shisto-gréseux ;
- Roche humique ;
- Roche minéraux bruts.

#### 1.5.5. Exposition

Le bassin de l'Ourika est orienté vers le Nord et le Nord-Ouest et reste exposé aux perturbations atlantiques qui peuvent générer des pluies importantes et intenses.

#### 1.6. Caractéristiques morphométrique

Le bassin versant de l'Ourika a une forme légèrement allongée avec un indice de compacité de 1,3. Ce bassin est alimenté par un cours d'eau principale de 45,5 Km de longueur orienté vers le NE puis vers le NW. Le réseau hydrographique du bassin est d'une longueur de 1550 Km. Il est dense (3,1 Km/Km<sup>2</sup>) et bien hiérarchisé atteignant l'ordre 6 à l'exutoire du bassin (**Tableau 5**).

**Tableau 5:** Caractéristiques morphométrique du bassin versant de l'Ourika

Périmètre (Km)	104,00
Surface (Km <sup>2</sup> )	503,00
Indic de compacité	1,30
Longueur de cours principale (Km <sup>2</sup> )	45,50
Altitude maximale (m)	4001,00
Altitude minimale (m)	1070,00
Altitude moyenne (m)	2500,00
Pente moyenne de cours d'eau (%)	2,15
Pente moyenne des principaux affluents (%)	9,35
Pente moyenne des versants montagneux (%)	35,00

Source : Saidi et al., 2010

## 1.7. Les crues

Le milieu physique du bassin versant offre un environnement propice au développement de fortes crues notamment : l'escarpement des pentes, les sols peu imperméables et la discontinuité de couvert végétal. Cette configuration morphologique (compacité du bassin et hiérarchisation du réseau hydrique) amplifie les débits à l'exutoire (Saidi *et al.*, 2003). La durée des crues de l'Ourika est généralement courte. Sur 36 événements entre 1970-71 à 2003-2004, les temps de base (ou durées de crues) est de quelques heures à quelques dizaines d'heures, mais les plus fréquents sont de 4 à 30 heures ; les classes 10-20h et 20-30h sont les plus fréquentes (Figure 6) (Saidi *et al.*, 2010).

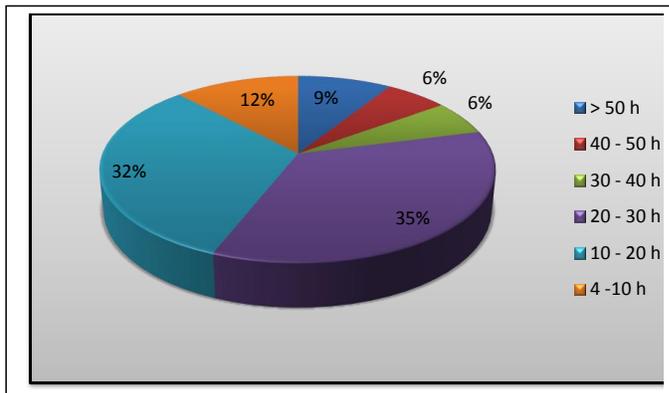


Figure 6: Pourcentage de durée des crues de BVO

Le bassin versant de l'Ourika a connu des crues importantes notamment :

- **La crue du 17/10/1995** : est la plus désastreuse dans l'histoire moderne du Maroc. La précipitation est estimée à 100 mm/h en amont de Setti Fadma. La température dépassait 40°C au temps de midi, un soulèvement brutal résultant de la convection thermique d'une part et d'autre part de l'effet des conditions de milieu. La crue n'a duré que 3 heures, avec un temps de montée très bref : dix minutes. A la station d'Aghbelou, un débit de 1030 m<sup>3</sup>/S a été enregistré. 680 m<sup>3</sup>/S a été enregistré à Tahanaout. Les dégâts ont été estimés à 210 personnes disparues majoritairement des touristes, et des dégâts matériels de 70 million de Dirham.

- **La crue du 28 octobre 1999** : a été caractérisée par volume d'eau mobilisé dépassant 26 millions de mètres cubes d'eau enregistrée dans l'exutoire du bassin. Les débits ont atteint une pointe de 762 m<sup>3</sup>/s. Ils ont passé de 62 à 579 m<sup>3</sup>/s en trois heures seulement (de 11 h à 14 h), un pic de 762 m<sup>3</sup>/s a été atteint à 17 h 30. La crue a duré 23 heures et a surtout provoqué des dégâts matériels : 15 maisons détruites et des dizaines d'hectares de terres agricoles endommagés.

### **1.8. Données socio-économiques**

Selon le dernier recensement (RGPH, 2014), la population du bassin versant de l'Ourika est estimée à 66306 habitants, répartie sur 12659 foyers. La densité est de 115 habitants/Km<sup>2</sup>. La majeure partie vit de l'agriculture. 95% des exploitations ont des surfaces inférieures à 5 hectares. Le maraîchage et l'arboriculture à base de noyer, pommier et du cerisier sont les plus rentable et les plus pratiqués. L'élevage est extensif et le cheptel s'élève à 17700 têtes caprines et 19800 têtes ovines qui pâturent principalement en forêt. Les ressources forestières contribuent significativement aux moyens de subsistance des populations locales (**Bourrais, 2015**).

## **Chapitre 2 : Approche méthodologique**

L'objectif principal de ce travail consiste à faire une description de l'état de lieu des corrections mécaniques des ravins mis en œuvre par le projet de développement du bassin versant d'oued Ourika, afin d'avoir une idée générale sur l'efficacité de ces infrastructures, tout en prenant en considération les besoins des populations et la particularité de zone. La démarche méthodologique est articulée en 3 grandes axes :

❖ **Phase avant-projet : consiste à la**

- Recherche bibliographie ;
- Visite de prospection sur terrain ;
- Elaboration des fiches.

❖ **Phase terrain : récolte les données brutes ;**

❖ **Phase bureau : traitement et analysé des données récoltées sur terrain**

### **2.1. Phase avant-projet**

#### **2.1.1. Recherche bibliographie**

Cette phase est nécessaire pour mieux comprendre le phénomène d'érosion (causes et conséquences), les facteurs qui aggravent la situation au niveau du bassin versant de l'Ourika d'un côté et les méthodes qui permettent d'enrayer ce fléau d'un autre côté. Ceci s'est basé sur l'analyse de l'ensemble des travaux antérieurs décrivaient l'érosion hydrique dans la zone, et les différentes techniques mis en œuvre, notamment les techniques de correction mécanique des ravins. Cette analyse nous a permis de nous armer pour mieux comprendre et interpréter les cas de terrain in situ.

#### **2.1.2. Visite de prospection**

La visite de prospection sur terrain, n'est pas de moindre importance. Elle nous a permis d'avoir une idée générale sur les particularités de la zone d'étude, les différents endroits et de toucher de près la problématique centrale de façon concrète.

Cette visite a été effectuée dans des différents endroits de bassin versant, accompagné par des encadrant, responsables forestiers et des paysans tout en discutant avec eux la spécificité physique

de la zone, les potentialités écologiques et les problèmes auxquelles font face les aménagements mécaniques des ravins.

### **2.1.3. Elaboration de fiches**

#### **2.1.3.1. Fiches descriptives et d'évaluation qualitatives des seuils**

A la lumière du terrain et pour répondre à notre objectif de travail qui se focalise sur l'évaluation qualitative des travaux de correction mécanique antiérosifs existants au niveau des ravins de bassin versant de l'Ourika, deux fiches par ravin ont été établies. La première destinée aux variables qui expliquent l'état de seuil, tel que lieu et le degré de destruction. La deuxième évalue l'efficacité des seuils face à l'érosion notamment, leur rôle à réduire l'effet dévastateur à travers le blocage des charriages.

#### **2.1.3.2. Elaboration des entretiens**

La concertation avec les populations est très importante, c'est dans cet esprit, nous avons procédé à des entretiens avec les populations qui habitent dans le bassin versant de l'Ourika, afin de savoir les dégâts enregistrés par les inondations, et le degré de satisfaction des populations par ces installations vis-à-vis les impacts physique et socio-économie, en prenant en considération. Aussi, les suggestions proposées par les paysans pour améliorer le milieu biophysique lors de l'érosion ont été relevées.

#### **2.1.3.3. Fiches pour les ravins à aménager**

Pour atténuer les risques des crues dans la vallée de l'Ourika, il serait souhaitable de signaler les ravins n'ayant pas subis des corrections torrentielles et qui présentent un danger imminent aux populations avoisinantes.

## **2.2. Phase terrain**

### **2.2.1. Evaluation l'état actuel des seuils**

Au niveau du bassin versant de l'Ourika, les aménagements de correction torrentielle sont répartis sur 18 ravins et s'élèvent à 272 seuils, dont, 58 seuils en gabion, 41 seuils en maçonnerie et 173 seuils en pierres sèches.

Dans cette phase nous avons étudié à la fois, l'état des aménagements de correction torrentielle des ravins par l'observation de toutes les parties qui forme chaque type de seuil, le radier et le déversoir

pour les seuils en maçonneries, et le radier, déversoir, grillage et les différentes couches qui le forme à la fois pour les seuils en gabion que pour les seuils en pierres sèches.

Pour atteindre les objectifs escomptés de ce travail, les paramètres caractérisant l'ouvrage et son état de chaque ont été récoltés. Il s'agit du type d'ouvrage, les renseignements généraux sur le ravin à étudier, le nom de commune et le nom de douar où se trouve le ravin, leur ordre et le degré d'urgence, selon leur impacts engendré suite à une inondation, le degré et les lieux de destruction, les entretiens adéquates et l'année de construction et de destruction si disponible. Après on évalue leur efficacité d'accomplir ses rôles, selon des indicateurs qui sont fixés: présence ou absence de végétation, nombre des espèces qui s'y développe et leurs recouvrement en amont et en aval, la présence ou l'absence de charriages en mentionnant leurs calibres en amont et en aval, et le niveau de remplissage des seuils par les sédimentations. Ceci permet d'éclairer les décisions éventuelles quant aux entretiens à programmer selon la nature de seuil et le degré de sa démolition (Voir Annexe 1).

#### **2.2.2. Détermination les ravins à aménager**

On a besoin de déterminer d'abord le nom de commune, en précisement le nom de douar où se trouve le ravin, l'ordre et le degré d'urgence, selon l'impact des crues, les coordonnées géographiques du ravin par le système de positionnement global (GPS), ainsi que la pente et sa longueur pour tracer le profil en long pour permettre ensuite de planifier des actions de correction mécanique conforme à la particularité de chaque zone. (Voir Annexe 2).

#### **2.2.3. L'acceptabilité sociale**

Les enquêtes se sont déroulées sur terrain, dans des différents douars, avec les populations cibles, qui souffraient des inondations. Pour initier la discussion, les particularités du milieu (caractéristiques biophysique), les principales activités économiques qui caractérise la région d'une part, et la visions envers l'érosion et le niveau d'entendement sur l'importance, des ces aménagements face aux érosions d'autre part ont été abordés avec les paysans.

## **2.3. Phase bureau**

### **2.3.1. Traitement les données**

Après le relevé des données de terrain, la description de l'état actuel des seuils. Le traitement de ces données a fait appel aux logiciels « XL Stat » qui permet d'analyser les facteurs qui agissent sur l'état des seuils par l'utilisation de l'analyse de correspondance multiple (ACM) pour ressortir le facteur le plus prépondérante qui a l'effet le plus significatif sur l'état des seuils qui conduit les causes de défaillance de ces aménagements.

### **2.3.2. Elaboration des cartes**

En second lieu, des cartes, spatialisant chaque type de seuil à élaborer par le logiciel Arc Gis. Ceci pour mieux représenter, interpréter et analyser afin de tirer des conclusions et recommandations et de présenter aux gestionnaires des cartes comportant les ravins à aménager et qui présentent un risque éventuel aux populations.

### **2.3.3. Elaboration d'un système d'information géographique « SIGCMR.BVO »**

Pour faciliter le suivi de ces travaux de correction mécaniques qui ont été implantés au niveau des ravins du bassin versant de l'Ourika et pour avoir une vision panoramique sur l'ensemble des ces ouvrage. On a recouru à développer un système d'information géographique pour faciliter les taches aux gestionnaires de prendre la bon décision.

#### **2.3.3.1. Etude le l'existence et sélection des acteurs**

Cette étape consiste principalement à identifier l'environnement d'application d'un futur système d'information. Elle consiste à faire un diagnostic complet et à analyser les données existantes disponibles qui doivent être complétées par des entretiens avec les futurs utilisateurs du système.

#### **2.3.3.2. Analyse et définition des besoins**

L'analyse et la définition des besoins permettent de produire un système compatible à nos objectifs. A cet effet le recours d'utiliser le cas d'utilisation « Use case » durant cette phase est important par ce qu'il permet d'assurer une bonne implication de l'utilisateur en facilitant la communication entre les acteurs et le système.

#### **2.3.3.3. Modélisation conceptuelle de la base de données**

Le modèle conceptuel des données est une représentation graphique du résultat d'un choix de structuration des données, à savoir :

##### **❖ Diagramme de cas d'utilisation : mode fonctionnelle**

Le diagramme de cas d'utilisation est une représentation fonctionnelle nécessaire aux utilisateurs. Il permet de définir les possibilités d'interaction entre le système et les acteurs. Les principaux composants du diagramme de cas d'utilisation sont les acteurs et les cas d'utilisation.

##### **❖ Diagramme de séquence : mode dynamique**

Les diagrammes de séquences permettent de décrire comment les éléments du système interagissent entre eux et avec les acteurs. Le diagramme de séquence est une représentation dynamique de l'information échangée entre le système et l'utilisateur. En effet ces informations sont des messages échangés entre les lignes de vie, présentés dans un ordre chronologique ([www.1](#)).

##### **❖ Diagramme de classe : mode statique**

Le diagramme de classe est une représentation statique de tous les éléments qui forment un système et de leurs relations qui représentent la structure interne de logiciel. Il consiste à identifier les différentes classes, leurs attributs, leurs opérations et leurs associations.

#### **2.3.3.4. Réalisation de système**

Après avoir rassemblé les données dans une base de données, vient le rôle de l'élaboration de l'interface qui doit être conviviale et confortable à l'utilisateur. Le développement de l'application qui considéré comme l'étape fondamentale pour que le système fonctionne d'une façon complète.

#### **2.3.3.5. Tests de validation de système**

Dans cette étape, l'utilisateur a besoin d'évaluer la démarche adoptée dès le début en procédant à des tests de l'application développée et à prendre itérativement en considération les changements potentiels pour produire un système valable aux futurs utilisateurs.

#### **2.3.3.6. Réalisation les cartes**

La cartographie des ressources naturelles est indispensable d'une part elle offre une meilleure visibilité spatiale aux utilisateurs et d'autre part un outil indispensable à la prise de décision c'est la raison pour laquelle on l'a intégré dans le SIG.

## **Partie 3 : Résultat et discussion**

### **Chapitre 1 : Etude des seuils**

#### **1.1. Evaluation de l'état des lieux des ouvrages de correction antiérosif au niveau de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika**

##### **1.1.1. Introduction**

Les aménagements antiérosifs, et en particulier de correction torrentielle, consistent en la construction d'une série de seuils, pour transformer le profil en long du torrent en une série de marches d'escalier faiblement inclinées vers l'aval (**Besson, 1996**). Ces travaux antiérosifs sont indispensables pour atténuer l'érosion violente et pour retenir le maximum des sédiments à l'amont. Parmi ces travaux de correction mécanique, on peut citer les seuils en maçonneries, les seuils en gabion et les seuils en pierres sèches. Ces seuils forment un petit barrage pour briser l'énergie du torrent et arrêter les charriages transportés par les crues.

On se penchera dans ce chapitre sur l'évaluation de l'état actuel des ouvrages de correction mécanique édifiés au niveau des ravins des différents douars de bassin versant de l'Ourika. Ceci est basé sur le constat des visites de ces ouvrages pour analyser leur état et leur fonctionnement.

##### **1.1.2. Inventaire des techniques**

Pour évaluer les ouvrages installés dans le cadre du projet de développement de l'Ourika mis en œuvre par le HCEFLCD, six douars ont été prospectés au niveau de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika (Igri Foudden, Taljerfet, Oulmes, Asgaouer, Okeïmden et Chiker). Au niveau de ces douars, un ensemble de 272 seuils ont été inventoriés et évalués. Ces seuils consistent en 41 en maçonneries, 58 en gabions et 173 seuils en pierres sèches (**Tableau 6**).

Lors des travaux d'évaluation et pour chaque type de seuil, les coordonnées géographiques, l'état de chaque composant du seuil : radier et déversoir pour ceux en maçonneries et pour le gabion on y ajoute l'état des différentes couches, les sédiments retenus, le type de végétations installée ainsi que la taille des charriages arrêtés par les ouvrages sont notés (Voir annexe 1).

**Tableau 6:** Nombre de seuils prospectés de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika

Douar	Nombre des seuils en maçonnerie	Nombre des seuils en gabion	Nombre des seuils en pierre sèche	Nombre total des seuils
Igri Foudden	08	09	0	17
Imine El Ghar	00	08	04	12
Om Lahwae	00	09	08	17
Aït Amor	00	00	20	20
Oulmes	19	0	0	19
Taljerfet	06	11	0	17
Asgaouer	03	08	19	30
Chiker	05	13	122	140
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>58</b>	<b>173</b>	<b>272</b>

### 1.1.3. Diagnostic de l'état des ouvrages de correction mécanique inventoriés

#### 1.1.3.1. Diagnostic de l'état des seuils en maçonneries

41 seuils en maçonneries présentent environ 16% des seuils prospectés. Les résultats du (Tableau 7) montrent que les seuils en maçonnerie restent, dans l'ensemble, encore fonctionnels, soit un pourcentage de 95% des seuils qui ne sont pas dégradés. Selon les douars, ces seuils fonctionnels sont localisés à 46% au niveau d'Oulmes, 19% à Igri Foudden, 15% à Taljerfet, 7% à Asgaouer et le même chiffre à Chiker. Les 5% des seuils restant sont moyennement détruits ; deux de ces seuils se localisent à Chiker.

**Tableau 7:** Etat des lieux des seuils en maçonneries dans les différents douars du bassin versant de l'Ourika

Douar	Non endommagé		Moyennement endommagé		Totalement endommagé		Total
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	
Igri Foudden	8	19%	0	0%	0	0%	8
Imine El Ghar	00	0%	00	0%	00	0%	00
Om Lahwae	00	0%	00	0%	00	0%	00
Aït Amor	00	0%	00	0%	00	0%	00
Oulmes	19	46%	0	0%	0	0%	19
Taljerfet	6	15%	0	0%	0	0%	6
Asgaouer	3	7%	0	0%	0	0%	3
Chiker	3	7%	2	5%	0	0%	5
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>95%</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>41</b>

### 1.1.3.2. Diagnostic sur l'état de lieu des seuils en gabions

D'après les résultats du (**Tableau 8**), la partie gauche du bassin versant de l'Ourika est couverte par 58 seuils en gabions qui présentent 21% parmi ses seuils inventoriés. 8 de ces seuils sont partiellement endommagés soit 14% ; dont 4% de ces seuils sont localisés à Okeïmden, 5% à Asgaouer et 5% à Chiker, et 26% sont totalement endommagés soit 16% en Om Lahwae et 10% en Chiker.

**Tableau 8:** Etat des lieux des seuils en gabions dans les différents douars du bassin versant de l'Ourika

Douar	Non endommagé		Moyennement endommagé		Totalement endommagé		Total
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	
Igri Foudden	09	15%	0	0%	0	0%	9
Imine El Ghar	06	10%	02	4%	00	0%	08
Om Lahwae	00	0%	00	0%	09	16%	09
Aït Amor	00	0%	00	0%	00	0%	00
Oulmes	0	0%	0	0%	0	0%	0
Taljerfet	11	19%	0	0%	0	0%	11
Asgaouer	5	9%	3	5%	0	0%	8
Chiker	4	7%	3	5%	6	10%	13
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>60%</b>	<b>8</b>	<b>14%</b>	<b>15</b>	<b>26%</b>	<b>58</b>

### 1.1.3.3. Diagnostic de l'état des seuils en pierres sèches

D'après le (**Tableau 9**), le nombre total des seuils en pierres sèches inventoriées au niveau de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika s'élève à 173, soit 64% des seuils visités.

**Tableau 9:** Etat des lieux des seuils en pierres sèches dans les différents douars du bassin versant de

Douar	Pas endommagé		Moyennement endommagé		Totalement endommagé		Total
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	
Igri Foudden	00	0%	0	0%	00	00%	0
Imine El Ghar	00	0%	04	2%	00	00%	04
Om Lahwae	07	4%	01	1%	00	00%	08
Aït Amor	16	9%	04	2%	00	00%	20
Oulmes	0	00%	0	0%	0	00%	0
Taljerfet	0	00%	0	0%	0	00%	0
Asgaouer	9	6%	6	3%	4	2%	19
Chiker	58	34%	48	28%	16	9%	122
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>53%</b>	<b>58</b>	<b>36%</b>	<b>16</b>	<b>11%</b>	<b>173</b>

Par ailleurs l'examen de la (**Tableau 10**) montre que 53% des seuils en pierres sèches sont encore fonctionnels. 13% de ces seuils se localisent à Okeïmden, 34% à Chiker et 6% à Asgaouer. Cependant, 36% des seuils sont moyennement détruits ; on y compte 28% de ces seuils à Chiker, 5% à Okeïmden et 3% à Asgaouer. Le reste qui représente 11% de l'effectif total des seuils en pierres sèches prospectés, et il est réparti entre Chiker (9%) et Asgaouer (2%).

Les ouvrages de correction mécanique ont pour fonction primordiale d'impacter les mécanismes de transport des matériaux solides et de cela, ils favorisent de façon directe la sauvegarde des vies et des biens. Cependant, les ouvrages doivent avoir une structure coriace pour faire face aux écoulements liquides et solides pour remplir pleinement les fonctions qui leur sont assignés (**Tacnet et al., 2009**).

Les dégâts observés au niveau des seuils sont dus essentiellement à l'action mécanique des charriages qui sont transportés par les écoulements. Ces charriages, avec forte énergie cinétique, aggravent les défaillances structurelles des différents types de seuils. Ce paramètre doit être pris en considération lors de construction des ouvrages (**Tacnet et al., 2009**).

Le nombre total des seuils est de 112. Soit 45% de l'effectif global des seuils font partie d'un programme d'entretiens, soit deux seuils en maçonnerie et 23 seuils en gabions. Les défaillances structurelles de ces ouvrages ; les seuils en gabion semblent être plus fragiles comparativement aux seuils en maçonneries.

95% des seuils en maçonneries qui ont prospectés jouent pleinement leurs rôles et 5% sont moyennement dégradés. Le radier est la partie le plus touché par le processus de destruction.

Environ de 14% des seuils en gabion sont moyennement endommagés et 26% sont totalement détruits. La détresse est localisée en particulier au niveau de radier et le grillage, c'est-à-dire la dégradation des seuils en gabion est entamée par la rupture du grillage qui est considéré la base de seuil qui engendre leur effondrement sous l'effet des chocs produites par les blocs emportés par les écoulements

Les seuils en maçonneries sont encore fonctionnels, mais ils possèdent une défaillance partielle au niveau de radier et du déversoir mais dans l'ensemble ils sont fonctionnels et continuent à remplir leurs rôles.

Environ de 60% des seuils en gabion sont moyennement à totalement détruits. 14% de ces seuils sont moyennement dégradés et 26% sont complètement endommagés. Le processus de destruction des seuils en gabion commence par la rupture des grillages des différentes couches sous l'effet de l'énergie cinétique des charriages transportés par les eaux des crues (**Tableau 12**).

**Tableau 10:** Lieux de destruction observé au niveau du différent type des seuils en (%)

Douar	Seuil	Nombre total	Nombre des seuils détruits	Moyennement endommagé		
				Rad.	Dévers.	Grillage
Igri Foudden	SM	8	0	0	0	A
	SG	9	0	0	0	0
	SPS	A	A	A	A	A
Imine El Ghar	SM	A	A	A	A	-
	SG	8	2	0	6	11
	SPS	4	4	A	A	A
Om Lahwae	SM	A	A	A	A	A
	SG	9	0	0	0	0
	SPS	8	1	A	A	A
Aït Amor	SM	A	A	A	A	A
	SG	A	A	A	A	A
	SPS	20	4	A	A	A
Oulmes	SM	19	0	0	0	A
	SG	A	A	A	A	A
	SPS	A	A	A	A	A
Taljerfet	SM	6	0	0	0	A
	SG	11	0	0	0	0
	SPS	A	A	A	A	A
Asgaouer	SM	3	0	0	0	A
	SG	8	3	16	11	11
	SPS	19	A	A	A	A
Chiker	SM	5	2	11	5	-
	SG	13	3	11	6	16
	SPS	113	44	A	A	A
<b>Total</b>		<b>272</b>	<b>69</b>	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>37</b>

A : Absent

## **Chapitre 2 : Propositions des entretiens des seuils**

### **2.1. Introduction**

Les ouvrages d'art font partie des techniques de lutte contre l'érosion. Ils ont une importance capitale pour sauvegarder le milieu naturel. Toutefois, le constat de terrain relève que ces ouvrages ont besoins d'entretiens pour les consolider face aux crues torrentielles et pour assurer qu'ils remplissent pleinement leurs fonctions. Le but du présent chapitre est de décider des actions nécessaires à la maintenance des ouvrages de traitements mécanique et de fournir en accord avec les politiques budgétaire un plan d'entretien et de suivi.

Le recensement des ouvrages d'art de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika permet d'obtenir une image fiable de l'état du patrimoine, identifier les risques encourus par les usagers et mettre en œuvre une politique d'entretien et de préservation des infrastructures.

Pour planifier les entretiens des ouvrages en tenant compte des considérations budgétaires afin de choisir la technique appropriée et compatibles avec l'état et le type du seuil, trois types d'entretiens ont été définis : entretien courant, entretien spécialisé et entretien de réparation. Le niveau et le lieu de désordres sont donnés par le fiche de diagnostic en explicitant le type de réhabilitation adéquat.

### **2.2. Entretien courant :**

L'entretien courant des aménagements de correction mécanique (seuil en gabion et en maçonnerie) consiste à charger des techniciens spécialisés en correction mécanique de réaliser une prospection sur terrain. Celle-ci doivent être périodiques et suite à une période pluvieuse, où après une grande averse. Au cours de cette prospection, il y a lieu de mentionner les dégâts des torrents sur les seuils en utilisant une fiche appropriée. Les éléments à vérifier sont :

- ✓ Vérifier après chaque forte pluie la stabilité du seuil et de l'encrochement
- ✓ Renforcer la base amont du seuil au besoin pour éviter le sapement
- ✓ Renforcer les ailes au besoin pour éviter le phénomène de contournement
- ✓ Vérifier l'état des fils de fer des cages métalliques et au niveau des joints et les renforcer au besoin
- ✓ Inspecter périodiquement la stabilité du seuil par rapport au sapement et au contournement

## 2.3. Entretien spécialisés (Réparation)

### 2.3.1. Cas de seuil fonctionnel

Cette intervention s'intéresse aux seuils encore fonctionnels et qui ne présentent pas de défaillances dans leurs structures. Ces seuils continuent à réduire l'effet des crues mais sont comblés par les sédiments ; ils ne peuvent plus supporter des sédiments supplémentaires. Dans ces cas et vu le rôle de la végétation contre l'érosion à l'échelle des ravines, il est recommandé de stabiliser les sédiments via des plantes basses au niveau de l'axe d'écoulement et des arbres au niveau des berges (Roose, 1994). Dans cette mise en œuvre, il faut prendre en considération les conditions de milieu ; notamment écologique (Température, Précipitations, et sol) et physique tel que la présence ou l'absence des charriages de grandes tailles ainsi que l'agressivité de l'érosion.

### 2.3.2. Cas de seuils partiellement endommagés

Dans le cadre de gestion des crues, les ouvrages ont un rôle fondamental sur le transport des matériaux solides permettant de protéger les vies et les biens humains. Dans le bassin versant, la réponse des seuils diffère d'un ouvrage à l'autre. Pour que les seuils reprennent leur rôle d'une façon efficace, les ouvrages doivent être entretenus. A cet effet, elle a un objet de réparation du lieu de défaillance au niveau de chaque seuil.

## 2.4. Entretien de reconstruction

Ces entretiens concernent les ouvrages dysfonctionnels suite à leur destruction totale aboutissant à l'incapacité d'amortir la vitesse des crues. Ces actions s'imposent pour mieux gérer les risques futurs des crues.

Tableau 11: Table des entretiens proposés

Entretien	Etat	Seuil en maçonnerie		Seuil en gabion		Seuils en pierres sèche	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Spécialisé	Fonctionnel	39	24	35	22	86	54
	Dysfonctionnel	2	3	8	12	58	85
Reconstruit	Totalement dégradé	0	0	15	50	16	50

L'analyse de (Tableau 11) permet de constater que 24% des seuils en maçonneries, 22% des seuils en gabions et 54% des seuils en pierres sèche qui sont fonctionnels ont besoin des entretiens

spécialisés, qui consiste à la plantation des espèces herbacées au niveau des seuils. La végétalisation doit alors se faire naturellement si on a atteint la pente d'équilibre, mais on peut aider la nature en couvrant rapidement les sédiments (herbe) et en les fixant à l'aide d'arbres choisis pour leurs aptitudes écologiques et leur production. C'est le passage de simple gestion des sédiments vers la valorisation des aménagements. En outre 3% des seuils en maçonneries qui sont moyennement endommagés ont besoin à l'entretien spécialisé au niveau de déversoir et radier. 12% des seuils en gabion sont appelés à l'entretien pour améliorer leurs consolidations face aux crues ; 38% au niveau de grillage, 23% de déversoir et 17% au niveau de radier (**Tableau 12**). La région de Chiker est la région la plus touchée par le phénomène de défaillance structurelle car la pente dans cet endroit est la plus raide par rapport aux autres endroits.

**Tableau 12:** Lieux de destructions observés au niveau du différent type des seuils en (%)

Douar	SM		SG		
	Radier	Déversoir	Radier	Déversoir	Grillage
<b>Imine El Ghar</b>	A	A	0	6	11
<b>Asgaouer</b>	0	0	6	11	11
<b>Chiker</b>	11	5	11	6	16
<b>Total</b>	11	5	17	23	38

### Chapitre 3 : Evaluation de l'efficacité des seuils pour la réduction des crues

#### 3.1. Rétention des sédiments

La majorité des ouvrages en gabions et en maçonnerie sont totalement comblés par les sédiments des crues survenues au niveau du bassin versant. Les matériaux charriés atterrissant au niveau de

L'ouvrage sont importants au niveau des lits des grands ravins, ceci qui conduit à une stabilité des ravins et engendre des corrections de pentes importantes (**Chrif et Edderkaoui, 2014**).

Les ouvrages de la correction mécanique des ravins sont utilisés pour contrôler les écoulements de l'eau qui transporte entre autre des éléments solides. L'efficacité de ces seuils émane de leur capacité à répondre aux objectifs pour lesquels ils ont été installés, l'un de ces objectifs la rétention des sédiments a été révélé grâce aux sédiments retenus par les seuils, on a assisté à un arrêt de creusement et une. Le fait que les seuils se succèdent dans les ravins a changé le profil initial des ravins en un profil en escalier ou la pente atteint à l'équilibre. Même si ces seuils sont déjà remplis et ne pourront donc pas retenir d'autres sédiments participent toujours à la réduction de la vitesse des écoulements et ainsi à l'atténuation de la violence des crues. Les ravins du bassin versant de l'Ourika sont actifs en termes de production des sédiments, ce qui explique que la plupart des seuils sont totalement comblés.

### **3.2. Mise en place de la végétation**

L'action de la végétation est impotent sur le sol pour lutter contre l'érosion, stabiliser le sol, et assure la régulation hydrologique (**Martinez-Mena et al., 1999**). Ainsi, la végétation lutte contre le ruissellement produit au niveau de bassin versant (**Humbert et Najjar, 1992 ; Fleuriel, 1998 ; Fort, 1999 ; Lavabre et Andréassian, 2000**). Cette fonction de régulation s'explique par l'interception de la végétation des gouttes de pluie et son action dans l'augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol. La végétation permet par conséquent de réduire la quantité, l'intensité et la vitesse du ruissellement. Elle permet ainsi d'écarter et d'étaler le ruissellement (**Combes et al, 1995**) ainsi que de fixer les sédiments et d'arrêter les charriages.

En se basant sur les constats de la reprise de végétation dans les différentes régions du bassin versant, les espèces rencontrés au niveau des ravins sont différents d'une zone à l'autre, et ce en fonction des conditions écologiques de milieu.

#### **➤ Douar de Chiker**

La région de Chiker est située sur une altitude très élevé qui atteint à 3000 mètre on y trouve des espèces adaptés à ses conditions ou il y a plus de froid et moins d'humidité. On y rencontre des :

- Xérophytes épineuses sur 18% des seuils sont retenues dans la région de Chiker (**Fig.10**).

- Poacées représentant 28% du nombre total des seuils prospectés (**Figure 7**).
- 15% des espèces arbustives (*Adenocarpus anagyriifolius*) (**Figure 8**).
- 39% de ses seuils sont encore vide ou il n'y a pas la végétation derrière les seuils (**Fig.9**).



**Figure 8:** Mise en place de la végétations (*Adenocarpus anagyriifolius*) derrière de seuil en maçonnerie à Chiker



**Figure 7:** Mise en place de la végétations (Poacées) derrière de seuil en maçonnerie à Chiker



**Figure 10:** Mise en place de la végétations (Xérophytes épineux) derrière de seuil en maçonnerie à Chiker



**Figure 9:** Absence de la végétation derrière de seuil en pierre sèche à Chiker

A un niveau altitudinal inférieur, entre 1200 et 1500 mètre d'altitude on y trouve des végétations telles que les Poacées qui représentent 80% (**Figure 12**) et quelque pied des arbustes de *Jencus maritimus* soit 10% .Des plantes aromatiques et médicinales tel que le Thym peuvent être observés (**Figure 13**).



**Figure 12:** Végétalisation du seuil en gabion par des Poacées avec des PAM à Asgaouer

**Figure 11:** Végétalisation du seuil en gabion par la *Jencus maritimus* à Asgaouer

➤ **Douar d'Oulmes, Igri Foudden et Taljerfet**

Dans les ravins d'Oulmes, Igri Foudden et Taljerfet ou il y a beaucoup d'humidité par rapport les autres stations, des espèces ripisilves sont bien présentés avec un indice de présence fort. Parmi les espèces rencontrés dans ces endroits on remarque l'existence de : *Populus alba*, *Nerium oleander*, *tamarix* et *Phragmites australis* ; avec quelques pieds de *Ficus indica*, *Ceratonia seliquia*.



**Figure 13:** Végétalisation du seuil en maçonnerie par le *Populus alba* à Oulmes



**Figure 14:** Végétalisation du seuil en gabion par le *Nerium oleander* à Taljerfet



**Figure 15:** Végétalisation du seuil en maçonnerie par le *Ficus indica* à Taljerfet

**Figure 16:** Végétalisation du seuil en maçonnerie par le *Phragmites australis* à Igri Foudden

#### ➤ En Okeïmden

Le constat sur l'efficacité des différentes techniques au niveau des douars de la commune rurale d'Okeïmden montre qu'environ de 33% des seuils ont permis l'installation de la végétation. Le Laurier rose est l'espèce la plus répondue au niveau des ravins de la commune d'Okeïmden.

Sur le plan technique, les seuils en pierres sèches sont installés au niveau des ravins secondaires et sont stabilisés après atterrissage des sédiments dans la partie amont de l'ouvrage. Ceci a permis de réduire l'ampleur du phénomène d'érosion surtout dans les cas où la correction mécanique a été combinée avec le traitement biologique qui permet de stabiliser le sol ; c'est le cas du douar d'Aït Amor où des reboisements résineux (*Pin d'Alep*) ont été installés sur les seuils de pierre sèche (**Figure 18**). Et la mis en place des certaines espèces telles que « *Nerium oleander* » (**Figure 17**).



**Figure 18:** Végétalisation du seuil en maçonnerie par le *Pinus halepensis* à Imine El Ghar

**Figure 17:** Végétalisation du seuil en maçonnerie par le *Pinus halepensis* à Imine El Ghar

**Tableau 13:** Espèces installées au niveau des seuils exprimé en (%)

Douar	Plantes arbustives		Plantes arborés		Vide
	Espèce	%	Espèce	%	
<b>Chiker</b>	Xérophytes épineux	18	-	-	39
	Poacées	28	-	-	
	<i>Adenocarpus anagyriifolius</i>	15	-	-	
<b>Asgaouer</b>	Poacées	80	-	-	10
	<i>Jencus maritimus</i>	10	-	-	
<b>Taljerfet</b>	<i>Pistachia lentiscus</i>	30	Ceratonia seliquia	10	20
	<i>Nerium oleander</i>	15	Ficus indica	10	
	<i>Phragmites australis</i>	15			
<b>Igri Foudden</b>	<i>Nerium oleander</i>	100	-	-	-
<b>Oulmes</b>	<i>Pistachia lentiscus</i>	25	Populus alba	74	-
	<i>Nerium oleander</i>	75			
<b>Imine El Ghar</b>	<i>Nerium oleander</i>	78	-	-	22
<b>Om Lahwae</b>	<i>Nerium oleander</i>	71	-	-	29
<b>Aït Amor</b>	<i>Jencus maritimus</i>	9	-	-	91

Le tableau ci-dessus (**Tableau 13**) nous permet de donner une idée sur les pourcentages des certaines espèces existantes dans la rive gauche de l'Oued Ourika. A partir de ce tableau on constate que les endroits de Igri Foudden, Taljerfet et Oulmes sont les endroits qui caractérisés par une grande diversité des végétations alors que la commune d'Okeïmden c'est la région le plus pauvre écologiquement cela qui explique la variabilité de l'efficacité des ouvrages de consolidation entre les zones. Le nombre des espèces celle le recouvrement est l'un de critère qui explique l'efficacité technique des seuils. On peut conclure alors que les traitements mécaniques au niveau de trois

endroits ensemble (Igri Foudden, Taljerfet et Oulmes) sont très efficaces en terme de rétention des sédiments par rapport des autre régions et en particulier qui se trouvent en Okeïmden.

### 3.3. Rétention des charriages

Ce critère permet d'évaluer l'efficacité des seuils et leur capacité future à remplir correctement les objectifs qui leur sont assignés. En effet, de grandes quantités de matériaux de tailles et dimensions volumineuse (pouvant atteindre trois à quatre mètres) sont retenues en amont des ouvrages. Dans ces cas, les seuils en maçonneries résistent mieux et sont plus adaptés que les seuils en gabions (Figure19), tandis que les seuils en gabions sont moins résistants et parfois inefficaces face aux charriages des grandes tailles métriques qui engendrent l'effondrement de seuils (**Figure 20**).



**Figure 20:** Blocs de grande taille derrière un seuil en maçonnerie à Oulmes



**Figure 19:** Seuil en gabion affouillé par des matériaux de grande taille à Om Lahwae

### 4.1. Acceptabilité sociale

Pour analyser l'acceptabilité sociale des techniques de correction mécanique des populations situées aux alentours de chaque ouvrage, des enquêtes avec 64 personnes ont eu lieu. L'objectif principal assigné à ces enquêtes est de savoir le degré de satisfaction des enquêtés par ces édifices et la contribution de ces derniers à stabiliser les sols et à réduire la dégradation et les dégâts sur les vies et les biens des populations aussi les ravins présentant un danger imminent aux populations et qui nécessitent des travaux d'aménagements ont été relevés (**Tableau 14**).

Par douar, les enquêtés sont réparties comme suit :

- 12% : Igri Foudden
- 12% : Imine El Ghar
- 12% : Om Lahwae
- 14% : Aït Amor
- 12% : Oulmes
- 12% : Taljerfet
- 14% : Asgaouer
- 12% : Chiker

**Tableau 14:** Table du niveau de satisfaction par les ouvrages

<b>Douar</b>	<b>Forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>	<b>Total</b>
<b>Igri Foudden</b>	8	0	0	<b>8</b>
<b>Imine El Ghar</b>	0	5	2	<b>7</b>
<b>Om Lahwae</b>	0	6	3	<b>9</b>
<b>Aït Amor</b>	0	3	3	<b>6</b>
<b>Oulmes</b>	8	0	0	<b>8</b>
<b>Taljerfet</b>	8	0	0	<b>8</b>
<b>Asgaouer</b>	7	2	1	<b>10</b>
<b>Chiker</b>	0	2	6	<b>8</b>
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>64</b>

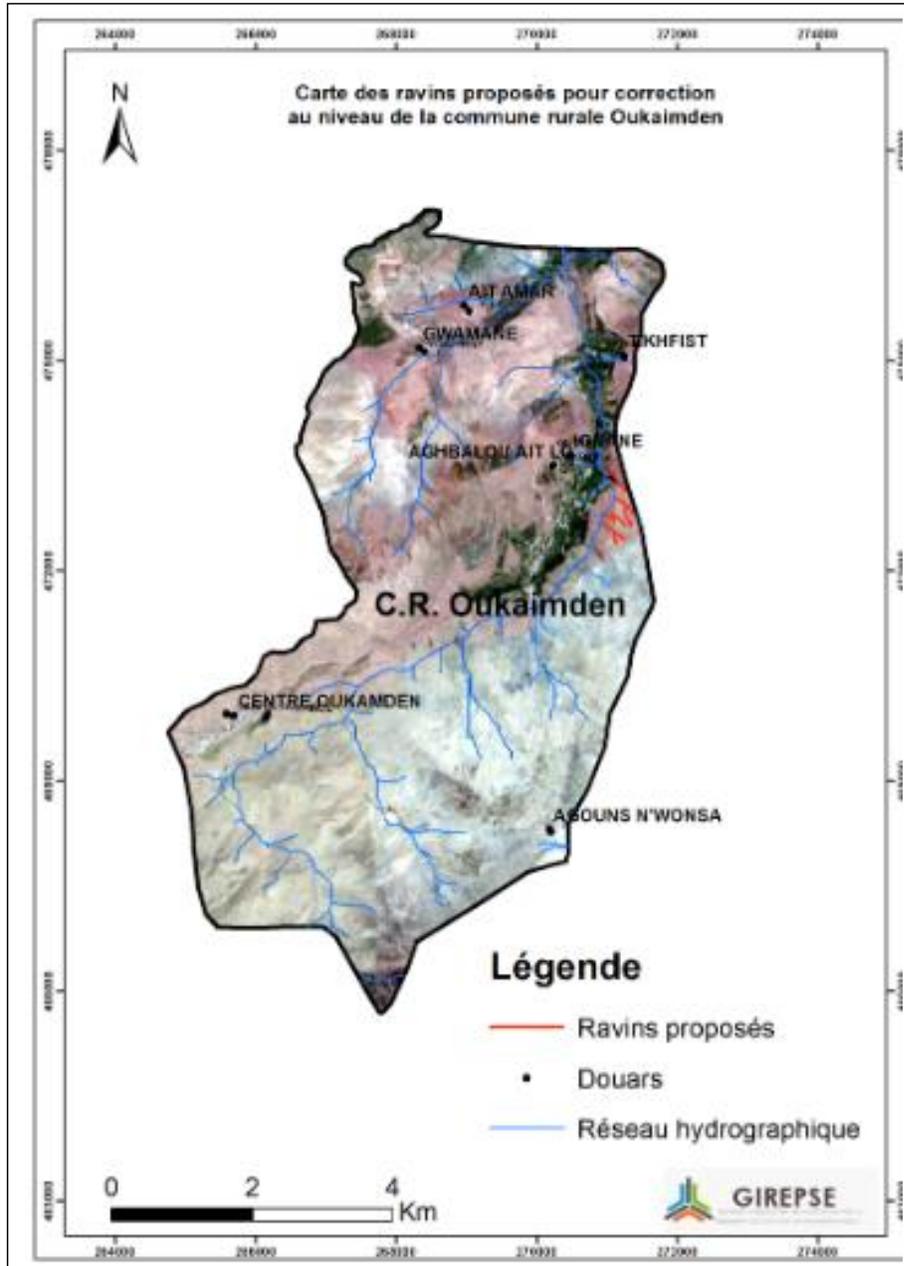
Cette étude est focalisé l'avis des populations sur le niveau d'acceptabilité des populations envers les corrections mécaniques des ravins. A travers le (**Tableau 14**), il ressort les informations suivantes :

- 48% des enquêtés exprime leurs satisfaction envers les aménagements de correction torrentiel. Soit Igri Foudden (12%), Oulmes (12%), Asgaouer (12%) et Taljerfet (12%).
- 28% parmi les enquêtés total ont une satisfaction moyenne dont ; 22 % en Okeïmden, Chiker (3%) et (3%) en Asgaouer.
- 24% de l'effectif global exprime ses désaccords auprès de ces installations ; avec 13% en Okeïmden, 2% en Asgaouer et 9% en Chiker.

En outre les avis des populations face aux travaux de correction mécaniques ont été différents du douar à autre. De fait on note que les réponses des enquêtés sont basés sur le type de seuil et leurs capacités de s'adapter avec leurs milieux en plus selon leurs nombres. Les endroits ou les populations interrogés exprimes leurs accord face aux traitements mécaniques existants sont des douars qui possèdent des seuils en maçonneries (Oulmes) ou bien des seuils en maçonneries associés avec des seuils et en gabions qui sont dépourvues à des défaillances structurelles particulier (Taljerfet, Igrî Foudden), en contre partie notamment les endroits ou les enquêtés qui reflètent une désaccord absolu, ils sont contre ses édifices vu que ces aménagements n'ont pas adéquates aux conditions de milieu et l'inefficacité, de ce faite il est noté à cette niveau que les enquêtés sont de provenance Okeïmden, Asgaouer ou il y a les seuils en gabions qui sont la plus parts dégradés par les chocs de charriages ; ainsi les seuils en pierres sont incapables d'arrêter les charriages en grandes taille et parfois ils sont devenus une source de catastrophe pour les populations de l'aval surtout aux périodes des fortes crues torrentielles malgré que 53% sont encore en bonne état et fonctionnelles.

#### **4.2. Détermination les ravins à aménager**

La prise de décision dans le domaine de lutte contre l'érosion ne dépend pas uniquement sur les problèmes s'il y a des ravins nécessitent des aménagements mais est ce que ces ravins présentent un danger directes sur la vie des hommes avec leurs bien et leurs services. Pour ce faire des réunions de validation ont été faites au niveau de la commune rurale de Setti Fadma et Okeïmden. Ces ateliers ont assistés par les représentants des différents douars pour les deux communes pour valider les ravins qui ont été marqués préalablement comme une source de danger d'une part et discuter ensemble est ce qu'il y a des autres ravins qui font partie au travail de l'aménagement des corrections contre l'érosion (**Figure 21 et 22**).



**Figure 21:** Carte des ravins proposées à aménager dans la CR d'Oukeimden

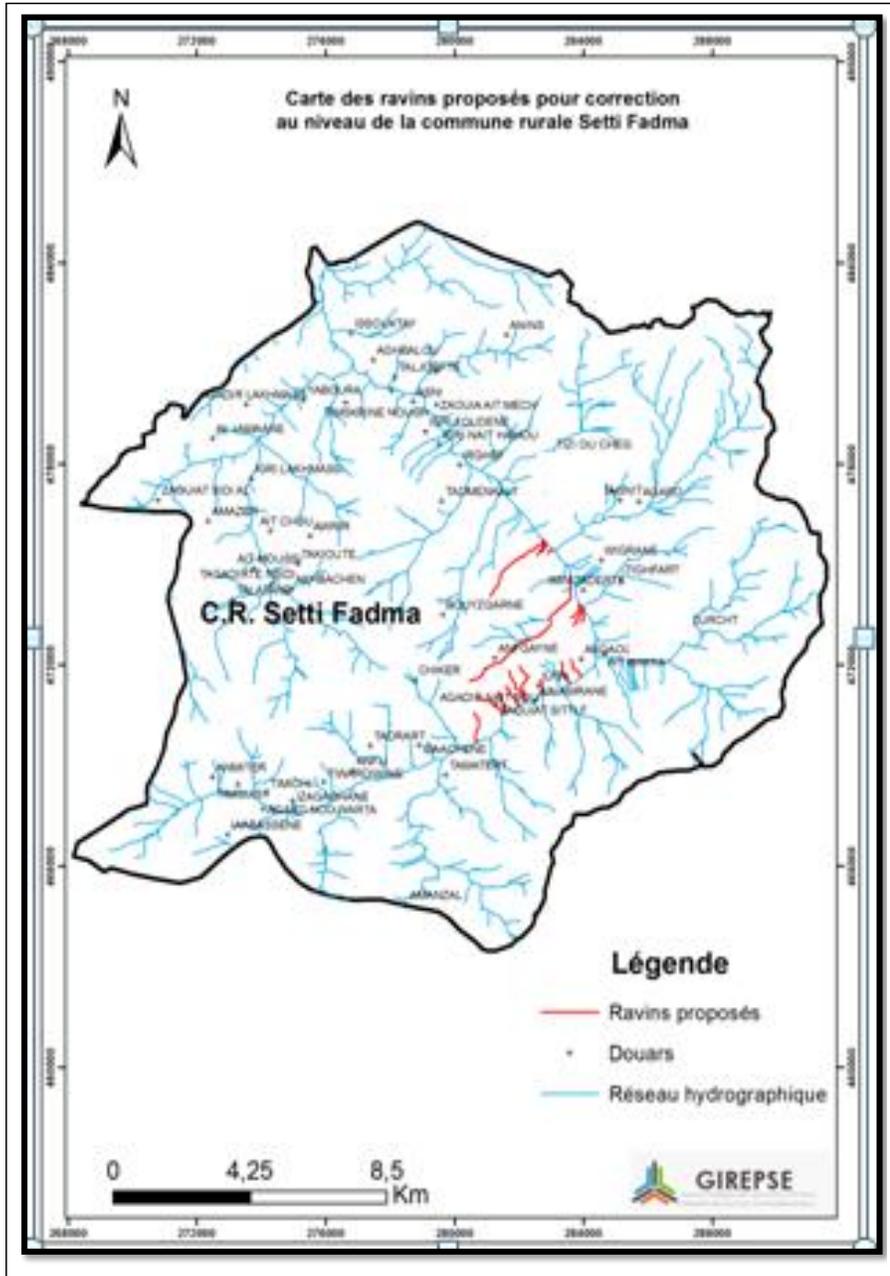
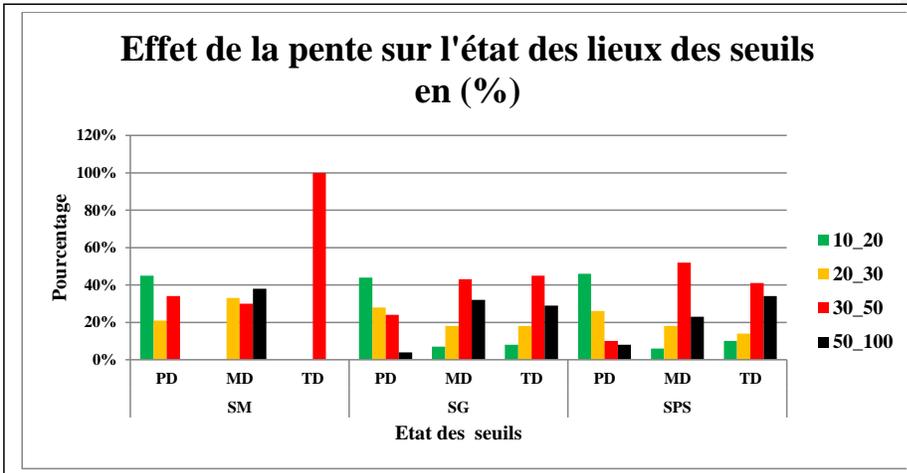


Figure 23: Carte des ravins proposées à aménager dans la CR de Seti Fadam

## Chapitre 5 : Détermination des facteurs agissant sur le fonctionnement des seuils

### 5.1. Pente



SM : Seuil en maçonnerie, SG : Seuil en gabion, SPS : Seuil en pierres sèche

PE : Pas endommagé, ME : Moyennement endommagé, TE : Totalement endommagé

Figure 24: Effet de la pente sur l'état des lieux des seuils

A partir de la (Figure 23) on peut constater que le facteur pente a aucune effet sur l'état de lieu des SM car ces dernières sont installées dans la partie basse de ravin et par conséquent les dégâts observés sur les seuils est le résultat des charriages qui proviennent de la partie amont de ravin qui accélère la vitesse des charriages qui amplifie par la suite leurs énergies cinétique qui engendre des dommages lors de choc avec l'édifice mais ils restent des dommages limité qu'ils n'arrive pas aux ampleurs graves.

Les seuils en gabions sont implantés à mi- ravin. A cet effet les dégâts observés sur la situation des ouvrages sont expliqués par l'action de la pente qui situé vers l'amont qui dépasse 50% qui considéré comme un facteur agit négativement sur l'état de seuil à travers des charriages qui sont emportés lors des crues de l'amont vers l'aval.

Le seuil de pierres sèches est très vulnérable dans les zones où la pente est très sévère, dans ce contexte les seuils en pierres sèches qui subissent un dysfonctionnement total sont les seuils qui se trouvent où la pente est dépassée à 20% (**Figure 25**) ; en plus la forme géométrique des certains seuils qui ne sont pas adéquate à leurs milieu. En effet on trouve des seuils ont des formes amorphiques, cette situation est très fréquente au niveau de douar de Chiker qui a des pentes relativement les plus fortes par rapport les autre régions ou bien sphériques dans la commune d'Okeïmden (**Figure 24**).

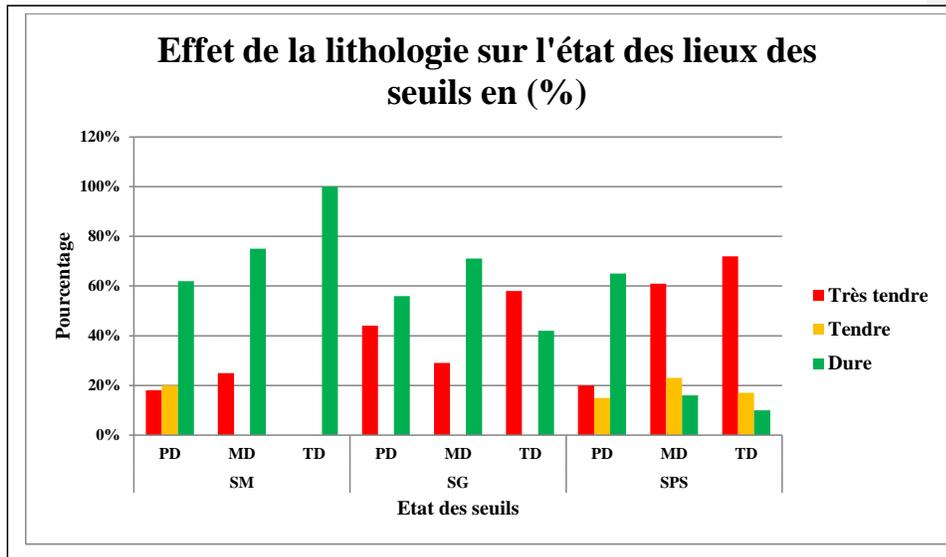


**Figure 26:** Seuil en pierres sèche construit par des roches amorphes à Chiker



**Figure 25:** Seuil en pierre sèche construit par des roches sphériques à Okeïmden

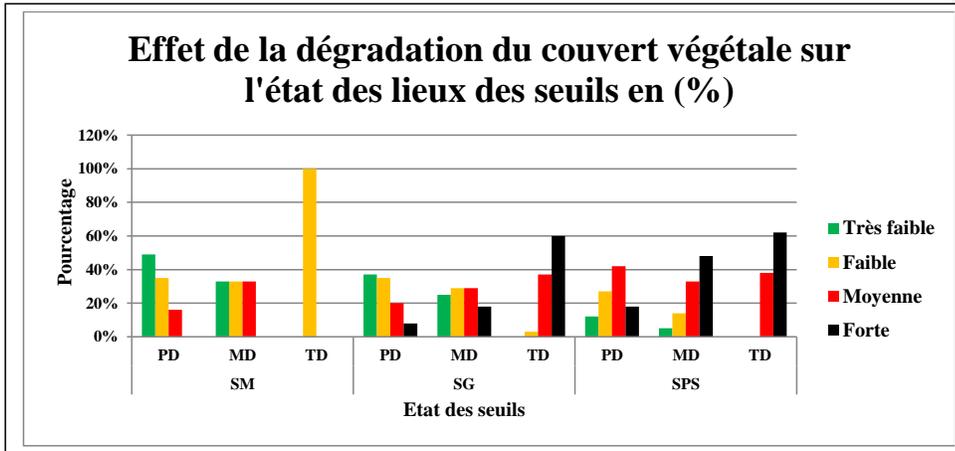
## 5.2. Lithologie



**Figure 27:** Effet de la lithologie sur l'état des lieux des seuils

La lithologie est considérée comme un facteur qui agit sur l'état des seuils ; d'après les résultats de la (Figure 27) il est constaté que les SG et SM sont adaptés sur tout type de substrats. À contrepartie le substrat tendre et le très tendre sont considérés comme un facteur limitant et qui agit négativement sur l'ensemble des seuils en pierres sèches. En effet les seuils en pierres sèches qui subissent des dégradations partielles ou totales sont présents le rapport le plus élevé est celui de les autres types de seuils ont trouvés sur le substrat tendre à très tendre on constate que grande pourcentage est situé sur les substrats très tendre à tendre.

### 5.3. Dégradation de couvert végétale



**Figure 28:** Effet de l'état de seuil sur dégradation de couvert végétal

La couvert végétale est facteur n'est pas moindre important sur l'état des ouvrages. D'après l'analyse des résultats de la (**Figure 28**) il ressort **une** grande partie des seuils qui sont totalement détruits sont localisés dans la région ou la dégradation est forte soient 60% pour les SG et 62% pour les SPS ; et entre 29% à 33% des seuils qui sont moyennement endommagés se trouvent dans les endroits ou la dégradation de la couvert végétale est moyenne. En outre entre 12% des seuils en pierres sèches et 49% des seuils en maçonneries qui sont fonctionnelles s'existent sur les périmètres ou la dégradation de couvert végétale de très faible à faible. Bien que les seuils en gabions sont considérer comme un traitement de correction mécanique des grandes ravins mais ils souffrent des problèmes de dysfonctionnement contre le phénomène de ravinement due à la régression de la couvert végétale.

#### 5.4. Analyse de composante principale

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) est une méthode qui permet d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives. Elle permet d'aboutir une représentation dont lesquelles on peut observer les proximités entre les catégories des variables qualitatives et les observations. Dans cette étude on a utilisé cette analyse pour savoir le facteur le plus prépondérante sur l'état des seuils (Lithologie, pente et la dégradation du couvert végétale) (**Tableau 15**). A cet égard nous allons effectuer cette analyse à pour objectif de savoir statistiquement l'effet de chaque nature de facteur sur l'état des seuils ; à ce niveau on a retenu les classes suivantes ; cette étude est effectuée sur 52 seuils qui répartie d'une façon égale en fonction du pourcentage de chaque type de seuil et de chaque son état.

**Tableau 15:** Table des variables

Facteurs	Catégories	Code
Lithologie	Très tendre	1
	Tendre	2
	Dure	3
Pente	0-20	1
	20-30	2
	30-50	3
	50-100	4
Dégradation de couvert végétale	Très faible	1
	Faible	2
	Moyenne	3
	Forte	4



L'analyse des résultats de la (**Figure 29**) montre qu'il ya quatre groupes différents selon les variables :

Le premier groupe qui est en bleu montre que contient les variables suivants :

- Dégradation du CV 2 et 3,
- Lithologie 3,
- Pente 2.

Dans ce groupe on constate qu'il y a 14 seuils, soit 64% dans ce groupe sont fonctionnelles, 22% sont moyennement endommagés et 14% sont totalement dégradés.

On peut conclure qu'à partir de ce groupe la pente avec le couvert végétal agit positivement sur l'état et le fonctionnement des seuils ; dégradation de couvert végétal entre faible à moyenne et pente de 20 à 30% l'information qu'on peut ressortir que malgré la pente est relativement forte la couvert végétale il est capable de jouer pleinement son rôle pour assurer le maintien des ouvrages.

Pour le deuxième groupe qui est en jaune ou les variables sont comme suite :

- Dégradation du CV 4,
- Pente 3 et 4.

Au niveau de cette groupe on a trouvé 19 type d'observations, soit 25% seuils non endommagés, 25% seuils totalement endommagés et 50% des seuils sont moyennement endommagés.

L'analyse de résultat de ce groupe on observe que 75% des seuils sont moyennement et totalement endommagés, ce résultat est inévitable car les seuils sont trouvés dans des endroits ou les conditions de milieu qui résignent offrent un milieu propice aux inondations, dégradation de couvert végétale est forte avec une pente très raide entre 50 et 100% qui conduisent finalement aux fortes crues et à ce niveau les ouvrages de consolidations restent limités pour atténuer les risques des érosions ;

Concernant le troisième groupe qui est en rouge sachant que les variables sont :

- Lithologie 1,
- Pente 1,
- Dégradation du CV 1.

Dans cette groupe ou la dégradation de couvert végétale est très faible et sur une pente faible on remarque qu'il ya 15 seuils ; avec 60% sont en bonne état, 30% sont moyennement détruits et 10% sont totalement dégradés.

On peut ressortir la pente et la dégradation des couverts végétales sont deux facteurs en parallèles c'est-à-dire si on a une pente forte la dégradation des couverts végétales est forte est pour cela il faut des travaux intensifs de reboisement par des espèces très bien adéquates et ont une excellente adaptation face aux conditions écologique et physique de milieu.

Pour le quatrième groupe qui est en vert ; ce groupe est exprimé en fonction de la lithologie de catégorie 2. L'effectif retenu à ce niveau est de l'ordre 4, dont 75% des seuils sont moyennement endommagés et 25% non endommagés.

Une analyse plus approfondie pour savoir le facteur plus prépondérante sur la situation actuel des seuils ; il est constaté que quel que soit la type de seuil la couvert végétale ainsi la pente sont les deux facteurs qui engendre les phénomènes de ravinement. Ainsi que la relation entre la pente et la dégradation de couvert végétale sont étroitement liées, tandis que la pente est facteur physique naturel qu'on ne peut pas le changé donc il reste que les travaux de plantation des versants par des espèces bien adaptés selon les propriétés physiques et écologique de la zone est le recours ultime pour la lutte contre le phénomène de ravinement.

## **Chapitre 6 : Conception et réalisation d'une base de données**

### **6.1. Analyse et conception du système**

#### **6.1.1. Langage de conception et de modélisation unifié (UML)**

##### **6.1.1.1. Définition**

UML (Unified Modelling Language) langage de modélisation unifié est une approche orientée objet. Elle est née de la fusion des trois méthodes Booch orientées objet, les techniques de modélisation objet « Object Modelling Technique » (OMT) et ingénierie logiciel d'orienté objet « Object Oriented Software Engineering » (OOSE), conçues par Grady Booch, James Rumbaugh et Ivar Jacobson (**Fernandez, 1998**).

Pour avoir un modèle d'une application informatique les auteurs d'UML ont adopté une approche qui s'appelle « Processus unifié ». Le processus unifié est un processus utilisé dans le domaine de développement des logiciels : il englobe les tâches qui permettent de transformer les besoins d'un utilisateur en système logiciel (**Frédéric, 2001**). Selon (**Sunier, 2005**) les caractéristiques essentielles du processus unifié sont les suivantes :

##### **❖ Le processus unifié est piloté par les cas d'utilisation**

L'objectif du système logiciel est de servir ses utilisateurs. Le succès du développement de ce système, nécessite la compréhension des besoins et désirs de ses utilisateurs futurs. Un cas d'utilisation est une caractéristique du système qui décrit les exigences fonctionnelles du système.

##### **❖ Le processus unifié est centré sur l'architecture**

L'architecture est conçue pour répondre aux besoins exprimés dans les cas d'utilisation. La mise en place d'une architecture conduit à le réussite du développement.

##### **❖ Le processus unifié est itératif et incrémental**

Le développement d'un produit logiciel est un processus qui pourrait prendre beaucoup de temps. Il ne faut pas couper le travail en plusieurs parties qui sont autant de mini-projets. Chacun d'entre eux représente une itération qui donne lieu à un incrément. Les itérations désignent les étapes d'une série d'activités, tandis que les incréments correspondent à des stades de développement du produit.

### **6.1.1.2. Caractéristique de l'UML**

#### **6.1.1.2.1. Les points forts d'UML**

- UML est un langage formel et normalisé
- ✓ Gain de précision
- ✓ Gage de stabilité
- ✓ Encourage l'utilisation d'outils
- UML est un support de communication performant
- ✓ Il cadre l'analyse.
- ✓ Il facilite la compréhension de représentations abstraites complexes.
- ✓ Son caractère polyvalent et sa souplesse en font un langage universel.

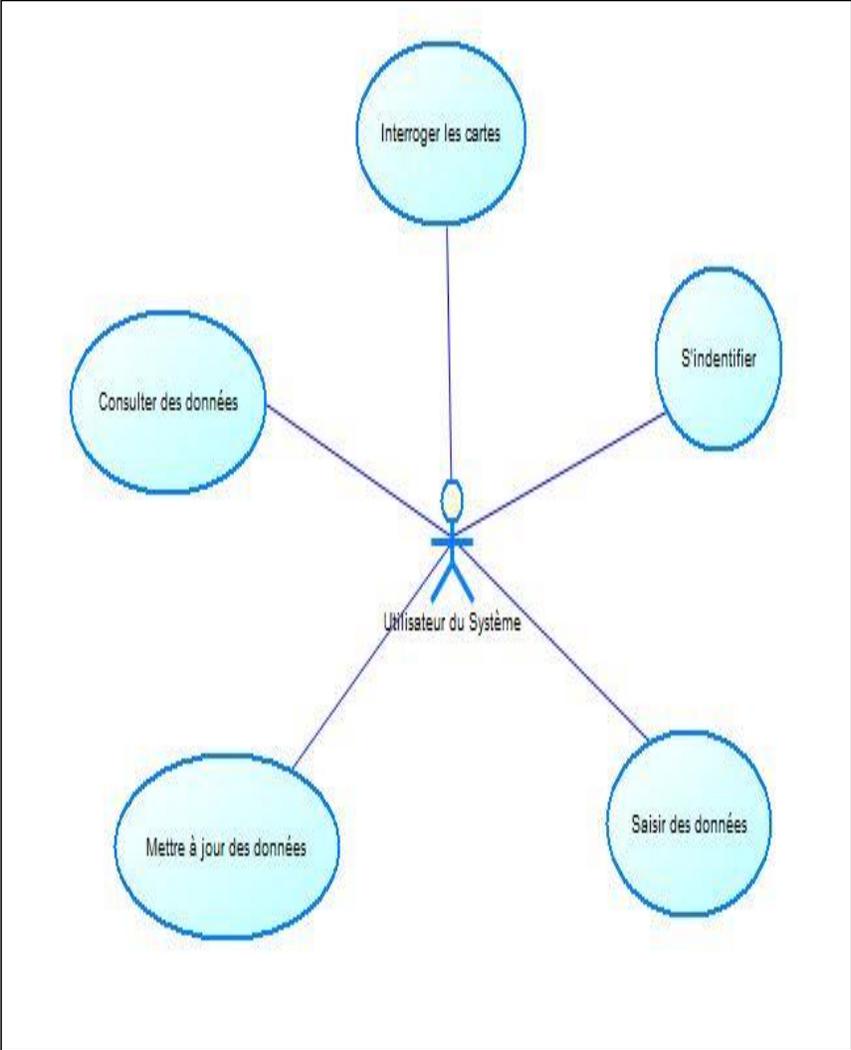
#### **6.1.1.2.2. Les points faibles d'UML**

- UML nécessite un apprentissage et passe par une période d'adaptation.
- Le processus (non couvert par UML) est une autre clé de la réussite d'un projet.

### **6.1.2. Modélisation conceptuel de la base de données**

#### **6.1.2.1. Elaboration du diagramme de cas d'utilisation**

Les cas d'utilisation permettent de décrire les exigences fonctionnelles entre les systèmes et les acteurs. En effet, un cas d'utilisation est une description des interactions qui vont permettre à l'utilisateur du système d'atteindre son objectif à travers d'utilisation de système. **(Figure 30).**



**Figure 30:** Diagramme de cas d'utilisation

### 6.1.2.2. Elaboration du diagramme de classe

Le diagramme de classe est un schéma qui permet de déterminer les données qui sont pris en charge par le système et leur organisation en classes. Il décrit la structure interne de cette classe en termes d'attribut, opération et association. Ce diagramme permet d'afficher les relations statiques entre les classes. (Figure 31).

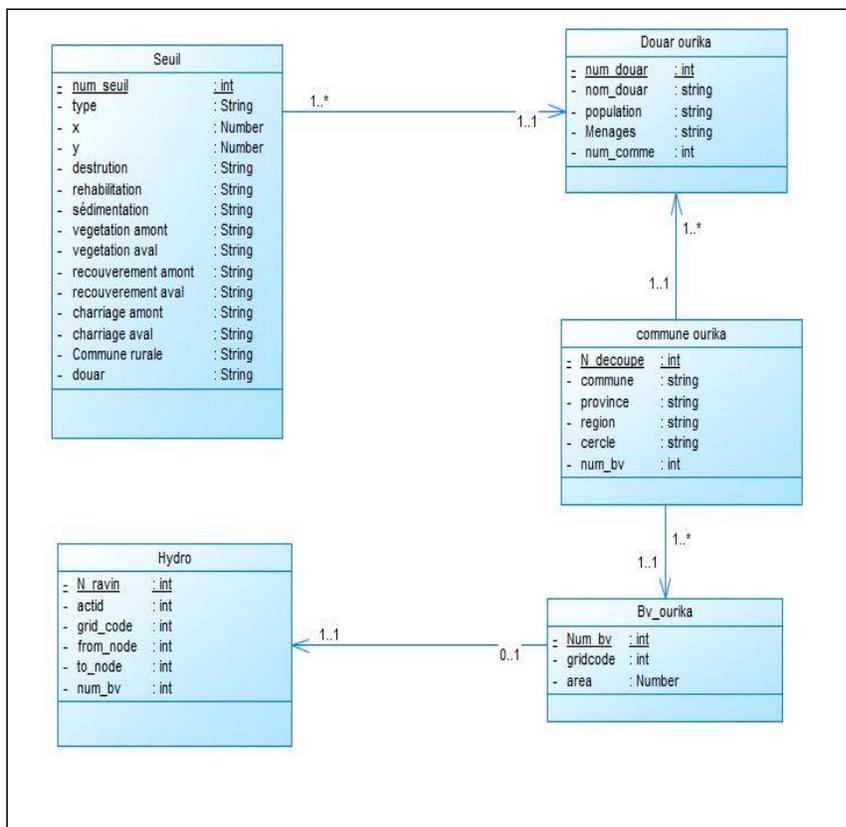


Figure 31: Diagramme de classe

### 6.1.2.3. Elaboration du diagramme de séquence

Diagramme de séquence est un graphique qui permet décrire les interactions entre les différentes parties du système avec l'utilisateur. Le diagramme de séquence montre deux dimensions. La première dimension est verticale dans laquelle les messages échangés entre les différentes parties de système sont organisés par ordre chronologique. La seconde est horizontale, elle montre les informations échangés entre les l'utilisateur et le système. L'exemple suivant illustre un diagramme de séquence mise à jour, dans ce système de communication 11 informations sont mises en œuvre. (Figure 32).

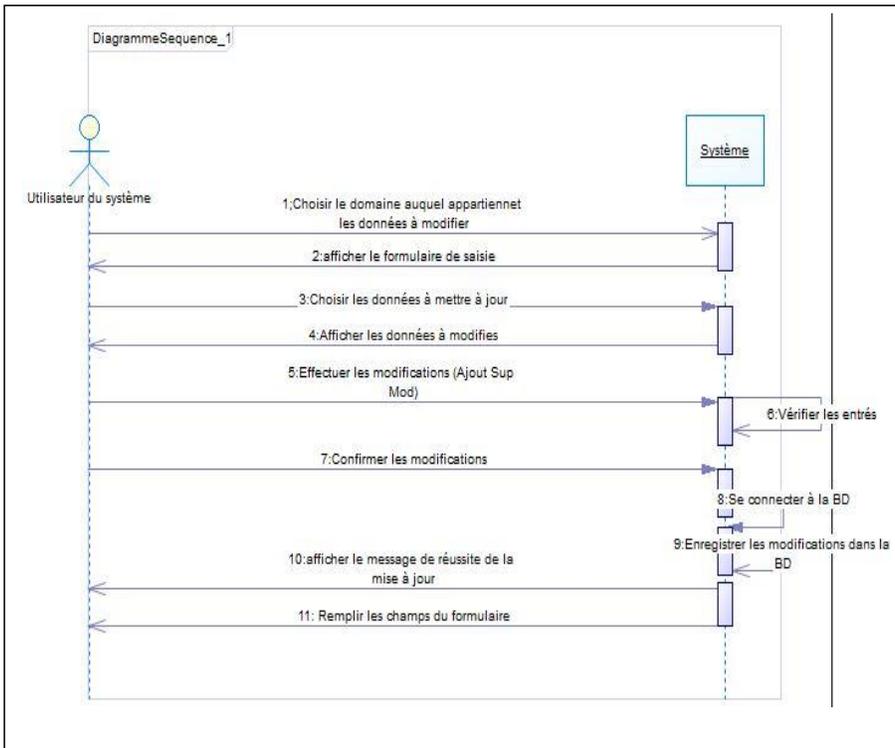


Figure 32: Diagramme de séquence (mise à jour)

## **6.2. Développement et réalisation de système « SIGCMR.BVO »**

### **6.2.1. Environnement du système**

#### **6.2.1.1. Le langage SQL**

Le **SQL** (Structured Query Language) est un « standard » informatique utilisé pour l'interrogation des bases de données relationnelles. SQL.sh vise à fournir des cours compatibles avec le maximum de Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD), y compris MySQL, Postgre SQL, SQL Server ou encore Oracle (**www.1**). Ce langage définit des instructions nécessaires à la création des bases de données et de leurs objets de bases, à l'exécution des fonctions de base de gestion des données : insertion, modification et suppression à travers un jeu de requêtes simples ou complexes (**www.2**). Pour ce faire, le SQL dispose d'une syntaxe axée sur trois composantes :

#### **❖ Définition des données**

SQL est un langage de définition de données (LDD) permettant de créer, modifier ou supprimer des tables dans une base de données relationnelle.

#### **❖ Manipulation de données**

SQL est un langage de manipulation de données (LMD) permettant de sélectionner, modifier insérer, ou supprimer des données dans une table de la base de données relationnelle.

#### **❖ Protections d'accès**

SQL permet de définir les autorisations aux objets de la base de données pour chaque utilisateur. On parle alors de DCL (Data Control Language). SQL server a été retenu pour le déploiement du système pour les considérations suivantes :

- Fournit une plateforme de gestion plus facile et plus sûre ;
- Fournit une plateforme fiable pour les applications stratégiques ;
- Permet au développeur de gagner du temps pour le stockage et le traitement des données (**Microsoft Cooperation, 2008**).

### **6.2.1.2. Arc Gis 10.2**

#### **6.2.1.2.1. Définition**

Le logiciel Arc Gis est un SIG complet développé par la société ESRI (Environmental System Research Institut) qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques.

#### **6.2.1.2.2. Utilité de l'Arc Gis dans les différents domaines**

Arc GIS est utilisé dans un large éventail d'applications, y compris la planification et l'analyse, la gestion d'actifs, les opérations sur le terrain : l'inspection et le déploiement d'urgence, et la gestion des ressources. Arc GIS, en tant que SIG, aide à résoudre des problèmes, Prendre de meilleures décisions et faire un meilleur usage des ressources, anticiper et gérer le changement, planifier avec succès, exécuter des opérations d'une manière efficace. ([www.3](#))

#### **6.2.1.2.3. Avantages de l'Arc Gis**

Le programme Arc GIS permet de :

- ✓ Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes ;
- ✓ Rassembler les informations géographiques ;
- ✓ Créer et gérer des bases de données géographiques ;
- ✓ Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale ;
- ✓ Créer des applications basées sur la carte ;
- ✓ Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

### **6.2.1.3. Power Designer**

#### **6.2.1.3.1. Définition**

**POWER AMC** est un outil de la société Sybase utilisé pour la modélisation des processus, des bases de données, des liens entre données et processus, de cartographie des actions et des étapes des processus. Il comporte un générateur de la documentation.

#### **6.2.1.3.2. Avantage**

- ✓ Simple à utiliser ;
- ✓ Permet une documentation des développements ;
- ✓ Permet une retro-documentation de l'existant ;
- ✓ Génère des graphiques exportables et importables facilement via le format XML.

#### **6.2.1.4. Visuel Basic**

Il appartient à la nouvelle génération de langage de programmation de Microsoft. Il constitue une programmation d'orienté objet très performant. Il est utilisé pour le développement des applications d'une manière rapide pour les systèmes d'exploitation en réduisant l'erreur et faciliter le déploiement.

#### **6.2.1.5. Infragistics Net Advanatage for Windows Forms**

L'interface d'une application informatique est l'un des critères de son succès. Elle doit être efficace, confortable, simple, attractive, et cohérente pour l'utilisateur final. Compte tenu de l'importance ergonomique de l'environnement de travail sur le succès, les éditeurs offrent des contrôles libres et riches permettent de produire des applications facilement utilisables parmi ces éditeurs on trouve la société Infragistics qui est l'un des leaders dans la conception des packs de contrôles d'interface utilisateur pour les solutions .NET. Cette solution, prise en charge dans Visual Studio 2010 par le Framework .Net 4, permet aux utilisateurs d'avoir des outils nécessaires au développement d'applications avec des aspects similaires à ceux de Microsoft Office 2010, Windows 7, Visual Studio 2010 ou Windows Vista, grâce aux différents thèmes existants dans le Pack. ([www.4](http://www.4)).

### **6.2.2. Réalisation du système « SIGCMR.BVO »**

#### **6.2.2.1. Implémentation de la base de données sous SQL Server**

Pour faire l'implémentation de la base de données sous Microsoft SQL Server, la démarche suivante a été adoptée :

- Les classes représentant les entités du modèle relationnel ont été transformées en tables ;
- Les attributs des classes sont transformées en colonnes dans les tables ;

- Les associations ont été transformées selon les règles de transformation, soit en relations entre les tables, soit en nouvelles tables comportant les attributs propres à l'association.

#### **6.2.2.2. Préparation des données cartographiques**

La cartographie est un composante quintessentielle. Elle confère au SIGCMR.BVO de bonnes possibilités de visualisation des données spatiales et facilite aux utilisateurs du système la prise de décision. Les cartes utilisées sont :

- ✓ Découpage des Communes ;
- ✓ Carte des Seuils dans l'Ourika ;
- ✓ Carte des Ravin d'Ourika ;
- ✓ Carte des Douars ;
- ✓ Carte bassin versant de l'Ourika.

#### **6.2.2.3. Création de la base de données géographique**

Cette étape consiste à élaborer une connexion entre Arc Catalogue et le SQL Server à travers ArcSDE, ensuite à procéder à la création de la géodatabase pour assurer les mises à jour des données géographiques.

#### **6.2.2.4. Fonctionnement de « SIGCMR.BVO »**

##### **6.2.2.4.1. Présentation de l'écran d'accueil**

L'accès au système « SIGCMR.BVO » est assuré via la page d'accueil. L'utilisateur est appelé à spécifier son identifiant et son mot de passe.

##### **6.2.2.4.2. Interface principale**

C'est la partie de système qui contient toutes les fonctionnalités et informations nécessaires à consulter et/ou à gérer. **(Figure 33)**.

- **Interface Seuil** : est la partie qui permet à l'utilisateur d'accéder aux informations concernant les seuils.
- **Interface Carte** : est la partie qui présente les couches géographiques du système.

Ravin Ourika

Vider Ajouter Modifier Supprimer Imprimer Excel Word PDF Carte Galerie Quitter

Information Seuil

N° Seuil : 6

Type Seuil : Seuil en gabion

Coordonnée géographique

X : -7,67080000

Y : 31,25440000

Entretien : Courant

Commune : Setti Fadma

Sédimentation : Absent

Douar : Imine Teddert

Recouvrement de VG

Amont : Moyennement dense : (

Aval : Faible : 25% > R

Espèces

Amont : Pistacia lentiscus

Aval : Pistacia lentiscus

Calibre de Charriage

Amont :

Aval : \_

Dégré de Destruction : Pas endommagé

Réhabilitation : \_

Ordre de Ravin : 2

Image

Agrandir Parcourir Ajouter

<< < 5 | 6 > >>

N°Seuil	Type Seuil	Y	X	Destruction	Rehabilitation	Entretien	Sedimentations	Recouvrement Vg Ar
3	Seuil en gabion	31,25450000	-7,66980000	Pas endommagé	_	Courant	Absent	rien
4	Seuil en gabion	31,25450000	-7,67060000	Pas endommagé	_	Courant	Absent	Moyennement dense :
5	Seuil en gabion	31,25440000	-7,67060000	Pas endommagé	_	Courant	Absent	Dense : 50 < R< 75%
6	Seuil en gabion	31,25440000	-7,67080000	Pas endommagé	_	Courant	Absent	Moyennement dense :

Figure 33: Composante de l'interface principale

Dans chaque interface, la barre d'outils permet aux utilisateurs disposant de droits de faire les mises à jour qu'ils souhaitent. Elle permet de (Figure 34).

- ✓ Vider, ajouter, modifier, supprimé et imprimer les données
- ✓ Exportations en format (Word, Excel et PDF)
- ✓ Afficher les cartes et les photos des seuils

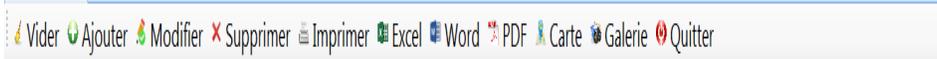
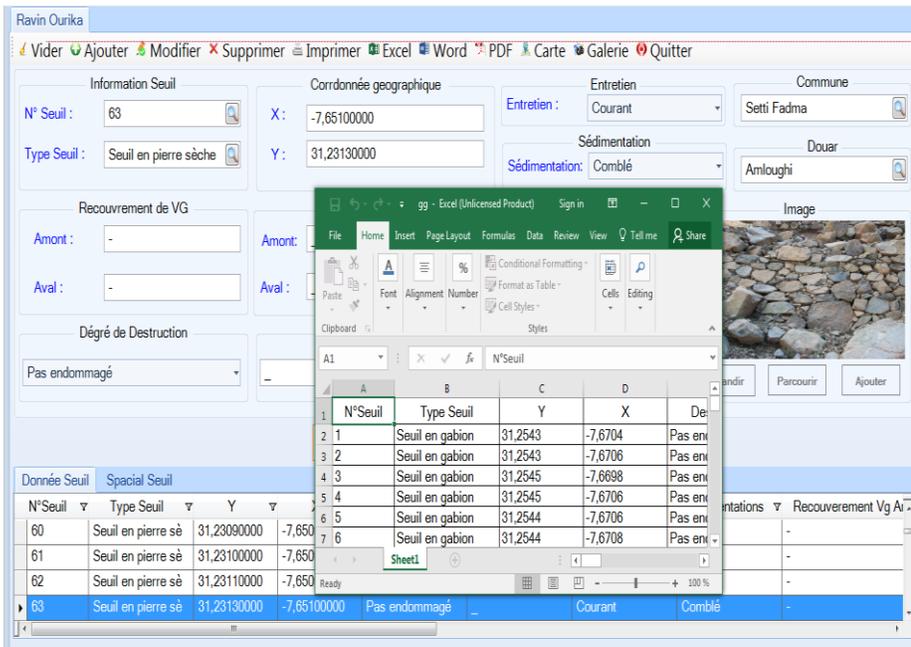


Figure 34: Barre d'outils du système



**Commenté [sL1]:** C'est quoi un MXD ????????.  
A revoir l'intitulé de la figure.

Il faudrait développer un texte sur les figures suivantes

**Figure 35:** Exportation des données vers Excel

Ravin Ourika

Vider Ajouter Modifier Supprimer Imprimer Excel Word PDF Carte Galerie Quitter

Information Seuil

N° Seuil : 6

Type Seuil : Seuil en gabion

Corrdonnée geographique

X : -7,67080000

Y : 31,25440000

Entretien : Courant

Sédimentation : Absent

Commune : Setti Fadma

Douar : Imine Teddert

Recouvremet de VG

Amont : Moyennement dense :

Aval : Faible : 25% > R

Dégré de Destruction

Pas endommagé

Image

Agrandir Parcourir Ajouter

Donnée Seuil Spacial Seuil

N°Seuil	Type Seuil	Y
3	Seuil en gabion	31,254300
4	Seuil en gabion	31,254300
5	Seuil en gabion	31,254300
6	Seuil en gabion	31,254300

Print Preview

File View Tools

100 %

N°Seuil	Type Seuil	Y
1	Seuil en gabion	31,254300
2	Seuil en gabion	31,254300
3	Seuil en gabion	31,254500
4	Seuil en gabion	31,254500
5	Seuil en gabion	31,254400
6	Seuil en gabion	31,254400
7	Seuil en gabion	31,254500

Page: 1 of 10

Sédimentations Recouvrement Vg Av

Absent	rien
Absent	Moyennement dense :
Absent	Dense : 50 < R< 75%
Absent	Moyennement dense :

**Figure 36:** Impression des données

## **Conclusion et recommandation**

Le bassin versant de l'Ourika s'étend sur 576 Km<sup>2</sup>. Ce hydro système a connu plusieurs phénomènes d'érosion. On peut rappeler la crue de 1995 considérée comme la plus catastrophique dans l'historique de la zone sous l'effet du recoupement des plusieurs facteurs : anthropique, propriété physique de terrain, précipitations orageuses. Pour pallier ce phénomène, des travaux de correction mécanique des ravins ont été entrepris dans le cadre de projet de développement du bassin versant de l'Ourika. Ces corrections ont consisté à l'implantation de 6466 seuils dont 90 seuils en maçonneries, 386 seuils en gabions et 6008 seuils en pierres sèches.

Mieux comprendre la capacité de ces seuils à remplir leurs rôles d'atténuation des risques des crues constitue une première préoccupation de la présente étude. Celle-ci s'inscrit dans le cadre de l'évaluation qualitative des seuils pour identifier les facteurs qui agissent sur leur état, pour proposer des entretiens à ces ouvrages et déterminer, en concertation avec les populations locales, les ravins prioritaires qui nécessitent des travaux d'aménagements.

La première partie est focalisée sur l'évaluation qualitative des seuils au niveau de la rive gauche du bassin versant de l'Ourika. 272 seuils ont été évalués comportant 41 SM, 58 SG et 143 SPS. Il ressort que les déversoirs des seuils en maçonneries sont encore fonctionnels, 74% des seuils en gabion sont fonctionnels mais sont vulnérables au niveau de leurs radiers. Quant aux seuils en pierres sèches, 33% de ces ouvrages ont subis une dégradation partielle.

Le degré de satisfaction des populations vis-à-vis des aménagements des ravins est indépendant du douar. La variabilité diffère d'un douar à l'autre et ce en fonction du type de seuil installé.

Les facteurs qui agissent sur l'état physique des seuils comportent la pente qui agit directement sur les seuils en gabion, si la pente derrière le seuil dépasse 50%, elle conduit à l'effondrement des charriages existant en l'amont. La fragilité des seuils en pierres sèches commence dès que la pente dépasse 20%.

Pour améliorer l'efficacité de tous ces ouvrages, la couvert végétal a un rôle substantiel dans le maintien des seuils. La plus part des seuils totalement détruits se trouvent dans des endroits où le couvert végétal fait défaut.

Les seuils en pierres sèches sont très vulnérables à la lithologie ; notamment, sur sols tendres et très tendres l'efficacité des seuils en pierre sèches se trouve entaché. Par contre, les seuils en gabion et en maçonneries sont plus adéquats.

Pour contourner le dysfonctionnement du système de correction mécanique et pour assurer un bon rétablissement du service des ouvrages, il est recommandé de :

- Entreprendre un programme d'entretien de tout ces système pour garantir leur fonctionnement pour lutter contre l'érosion.
- Aménager les ravins que la population qualifie de dangereux pour sécuriser durablement leurs édifices.
- Affecter un technicien expert dans le domaine de correction mécanique chargé de suivre et de maintenir en permanence les ouvrages pour augmenter leur durabilité.
- Consolider les capacités de rétention des seuils par la végétalisation de la partie amont de l'ouvrage pour assurer une meilleure rétention des sédiments.
- Réaliser des travaux de reboisement des versants par des espèces adéquates à la zone pour améliorer la stabilité du sol d'une part et pour amortir la vitesse des blocs d'autre part afin d'améliorer particulièrement la capacité antiérosive des pierres sèches.
- Mise en place les seuils en pierres sèches sur le substrat dur, pente faible qui ne dépasse pas 20% en utilisant des pierres qui doivent avoir une forme géométrique idéale (cubique).

## Références bibliographiques

**AL Ali Y., 2007 :** Les aménagements de conservation des eaux et des sols en banquettes. Analyse, fonctionnement et essai de modélisation en milieu méditerranéen (EL-Gouazine, Tunisie centrale).

**Al-Durrah, M. M. & Bradford, J. M., 1982:** The mechanism of raindrop splash on soil surfaces. Soil Science Society of American Journal, 46:1086–1090 pp.

**Amezketta, E., Singer, M.J. and Le Bissonnais, Y., 1996:** Testing a new procedure for measuring water stable aggregation. Soil Science Society of America Journal, 60: 888-894

**Banton et Bangoy, 1997 cités dans Gangbazo, 2004 :** La gestion intégrée par bassin versant en tant que stratégie de conservation des écosystèmes aquatiques du bassin versant de la rivière Ixcán dans le nord-ouest de Guatemala, essai présenté au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale (maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale), faculté des sciences, Département de biologie, Sherbrooke, Québec, Canada, septembre, 2010, chap. 1, 4p.

**Bara F., 2012 :** Elaboration une base de données géographiques pour l'étude de la vulnérabilité des sols marocains à l'érosion hydrique, mémoire de fin d'étude, 12 p.

**Bassoumori, 1992 :** Evaluation de l'efficacité de la défense et restauration des sols dans le bassin versant de Nekor, Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Ecole nationale forestière d'ingénieurs.

**Belaïd A., 2004 :** Visual Basic, Cours VB, Université Nancy, 2 P.

**Benabid A., 1995 :** Les problèmes de la préservation des écosystèmes forestiers marocains en rapport avec le développement socio-économique.

**Benchahad A., 1999 :** Evaluation à posteriori des projets en matière de conservations des eaux et des sols dans le nord de Maroc (Cas de projet de développement agricole intégré du Loukkos et des aménagements antiérosifs du bassin versant du Nekor. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle de l'ENFI, 110 p.

**Besson L., 1996 :** Les risques naturels en montagnes, Edition artés, Grenoble, France.

**Biron, P. E., 1982 :** Le Permo-Trias de la région de l'Ourika (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc). Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle de l'université scientifique et médicale de Grenoble, 170 p.

**Bissonnais, Y.I., Cros-Cayot, S. and Gascuel-Odoux, C., 2002:** Topographic dependence of aggregate stability, overland flow and sediment transport. *Agronomie*, 22(5).

**Blali A., 2011 :** Guide de traitement des ravins à l'usage des acteurs communautaires, DREFLCD de Haute Atlas.

**Bouarais S., 2015 :** Contribution à la compréhension des enjeux environnementaux et les jeux d'acteurs qui conditionnent l'exploitation et la gestion des ressources naturelles dans le bassin versant de l'Ourika. Mémoire de la 3<sup>ème</sup> cycle de l'ENFI- Salé.

**Boudhar A., 2006 :** Suivi spatio-temporel de la couverture neigeuse dans le haut atlas de Marrakech à l'aide des images spot-végétation (période 1998-2005), 3 p.

**Bourgoin Ph., 2010 :** La gestion intégrée par bassin versant en tant que stratégie de conservation des écosystèmes aquatiques du bassin versant de la rivière Ixcán dans le nord-ouest de Guatemala, essai présenté au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale (maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale), faculté des sciences, Département de biologie, Sherbrooke, Québec, Canada, septembre, 2010, chap. 1, 3p.

**Chrif S. et Edderkaoui R., 2014 :** La lutte contre l'érosion dans le bassin versant de l'Ourika Protection mécanique et biologique, 22 p.

**Clark A., 1999 :** Approche géométrique pour la classification des paysages et applicabilité des modèles des pertes des sols : Bassin versant du Simeto, Sicile, Italie. Thèse M. Sc., Uni. Sherbrooke, Québec, Canada, 91 p.

**Combes F., Hurand A., Meunier M., 1995 :** La forêt de montagne : un remède aux crues. In Comptendu de recherches n°3. BVRE de Draix. Cemagref éditions, Grenoble, pp. 113-121. Congress, Ljubljana (Yugoslavia), IUFRO.

**Delaite B. et Pastor M., 1997 :** Manuel des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) au Sahel, CLISS et PRECONS, 345 p. DREF : Projet de développement du bassin versant de l'Ourika. Rapport interne, 2010. 40p.

**EL Amajidi O.D., 2003 :** Evaluation de la longévité et la performance des techniques de conservation des eaux et de sols dans le bassin versant de l'Ourika –DREF du Haute Atlas. Mémoire de Fin d'Etude, 9p.

**Ellison, W. D., 1944 :** Studies of raindrop erosion. *Agricultural Engineering*, 25:131–136, 181–182.

**FAO, 1967** : La défense et la restauration des terres cultivées contre l'érosion hydrique, Bull. Erosion 8 : 202p.

**FAO, 1980** : Carte d'aptitude des sols pour la culture du Mill, manioc, maïs, arachide, igname, et du coton. Feuille centre et feuille nord. Projet agro- pédologique FAO/PNUD, Rome, 180 p.

**Fernandez A., 1998** : UML le langage de modélisation objet unifié, Piloter.org, Piloter la performance.

**Fleuriel M., 1998** : Synthèse bibliographique : forêt et écoulement des eaux. Aix-en-Provence : Université de Provence, 29 p. (Mémoire de DEA).

**Fort C., 1999** : L'eau et la forêt. Bulletin Technique de l'ONF, n°37 spécial, 240 p.

**Foster G. et R. Mayer, 1977**: A runoff erosivity factor and variable Slope length exponents for soil loss estimates, earth science journal, 268: 45- 69 pp.

**Foster, G. R., 1990**: Process-based modelling of soil erosion by water on agricultural land. Dans Boardman, J., Foster, I. & Dearing, J., éditeurs, Soil erosion on agricultural land, page, 429–445.

**Foster, G. R., Flanagan, D. C., Nearing, M. A., Lane, L. J., Risse, L. M. & Finkler, S. C., 1995**: Hillslope erosion component. Dans Flanagan & Nearing (1995), pages 11.1–11.12.

**Fournier F. , 1967** : La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. Sols africains, vol. 12, no 1, p. 5-53.

**Frédéric D.G., 2001** : Méthodologie des systèmes d'information - UML Cours du Cycle Probatoire, Méthodologie UML - Cours du cycle B du Cnam.doc, 6 p.

**Green, T. & Houk, D., 1980**: The resuspension of underwater sediment by rain. Sedimentology, 27:607–610.

**GTZ, 1998** : Causes de la dégradation des sols et approches pour la promotion d'une utilisation durable des sols, edit, Markgraf Verlag, Allemagne, 98 p.

**Hairsine, P. B. & Rose, C. W., 1992**: Modeling water erosion due to overland flow using physical principles. II. Rill flow. Water Resource Research, 28(1).

**Hassanli A. M. et Beecham S., 2009**: Criteria for optimizing check dam location et maintenance requirements, Chap. 2.

**Heede, B.H. et Mufich J.G., 1973**: Functional Relationships and a Computer Program for Structural Gully Control. Journal of Environmental. Management. Vol.1, pp. 321-344.

**Heusch B., 1971** : le contrôle de l'érosion hydraulique au Maroc, Rapport final de mission Sogetho, FAO, Rome, Italie, 25p.

**Heusch, 1970** : l'érosion dans le Prérif : Une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du Prérif continentale. Annale de recherche forestières, 9-176 pp.

**Hudson, N.W., 1987**: soil and water conservation-book, Cornell university press, Ithaca, New York, USA, 320 p.

**Humbert J., Najjar G. 1992** : Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré : une analyse de la littérature francophone. Strasbourg: CEREG, 85 p.

**Kinnell, P. I. A., 2000**: A discourse on rainfall erosion processes and modeling on hillslopes)). Occasional paper 6, Centre for Australian Regolith Studies.

**Lavabre J., Andreassian V. 2000** : La forêt : un outil de gestion des eaux ? Cemagref Editions, Paris, 116 p.

**Leguédois S., 2010** : Mécanismes de l'érosion diffuse des sols. Modélisation du transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés. Sciences de la Terre. Université d'Orléans, 2003.

**Leguédois, S. and Le Bissonnais, Y., 2004** : Size fractions resulting from an aggregate stability test, interrill detachment and transport. Earth Surface Processes and Land forms, in press.

**Marston, R. A., 2010**: Geomorphology and vegetation on hill slopes: Interactions, dependencies, and feedback loops, Geomorphology 116 (34), 206 – 217.

**Martinez-Mena M., Alvarez Rogel J., Albaladejo J., Castillo V.M. 1999** : Influence of vegetal cover on sediment particle size distribution in natural rainfall conditions in a semiarid environment. Catena, vol. 38, pp. 175-190.

**Merzouk A., 2007** : Cours de conservation des eaux et des sols, 5ème année sciences de sol IAV Hassan II, Rabat.

**Microsoft Cooperation, 2008** : SQL server 2008 : Vos données disponibles partout à toute instant 1-2 pp.

**Moss, A. J. & Green, P., 1983**: Movement of solids in air and water by raindrop impact. Effects of drop-size and water-depth variations. Australian Journal of Soil Research, 21:257–269 pp.

**Park, S. W., Mitchell, J. K. & Budenzer, G. D., 1982:** Splash erosion modeling: Physical analyses transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 25(2): 357–36 pp.

**Pascon P., 1977 :** Le Haouz de Marrakech. Thèse de Doctorat d'Etat, 2 tomes, 693 p., Rabat. Peloncillo Mountains, New Mexico. Soil Science Society of America Journal, vol. 64, pp. 1055-1067.

**PNUE, 2003 :** Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens, Etude bibliographique, Plan Bleu Centre d'activités régionales, Mai, 2003, 3 p.

**Ramade F., 1993 :** Dictionnaire encyclopédique de l'Ecologie et des Sciences de l'Environnement. Edi science international, Paris, 1993.

**Roose E. , 2000 :** Evolution des stratégies de lutte antiérosives vers la gestion de conservation de l'eau de la biomasse et de la fertilité (GCES), Actes de la journée scientifique du 15/10/2000 organisé à l'ENFI, Salé, Maroc, sous le thème « Les stratégie et méthodes traditionnelles et modernes de lutte antiérosives » 35-44 pp.

**Roose E. et Lelong F., 1976 :** Les facteurs de l'érosion hydrique en Afrique tropical, Etude sur petites parcelles expérimentale de sol, 371 p.

**Roose E., 1991 :** Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES-Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, vol. XXVI, n°2,145-181pp.

**Roose E., 1994 :** Introduction à la gestion à la gestion conservatoire, de l'eau de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin pédologique de la FAO, n°70, Rome, Italie, 422p.

**Roose, 1970 :** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), Bulletin pédologique de la FAO, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**Roose, 1977:** Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesure en parcelle expérimentales. Travaux et Doc. ORTROM Paris, 108 p.

**Roose, 1994 :** Introduction à la GCES, Bulletin pédologique, FAO, 240 p.

**Rose, C. W., 1985:** Developments in soil erosion and deposition model. Advances in Soil Science, 2:2–63

**Ruellan A. et Targullin V., 1992 :** La dégradation des sols, terre patrimoine commun. Edit. Le découvert, Paris, France. pp : 36-44.

**Sabir M., 2011** : Utilisation des terres et risques de ruissellement et l'érosion dans les montagnes méditerranéennes du Maroc, Colloque sur l'érosion hydrique et la vulnérabilité au Maghreb : Etat des lieux et perspectives, IAV H. II, Rabat, Maroc.

**Sabir M., Roose E., Merzouk A. et Nouri A., 1999** : Techniques traditionnelles de gestion de l'eau et de lutte antiérosif dans deux terroirs du Rif occidentale, Maroc, Bulletin ORSTO, Rome, Italie, 139-147 pp.

**Saidi M.E.M., Agoussine M. & Daoudi L., 2006** : Effet de la morphologie et de l'exposition sur les ressources en eau superficielle de part et d'autre du Haut Atlas (Maroc) ; exemple des bassins versants de l'Ourika et du Marghène. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, 2006, n°28, 41-49.

**Saidi M.E.M., Daoudi L., Aresmouk M.E.H., Fniguir F., et Boukrim S., 2010** : Les crues de l'oued Ourika (Haut Atlas, Maroc): Événements extrêmes en contexte montagnard semi-aride.

**Saidi, M. E., Daoudi, L., Aresmouk, M. E. & Blali, A., 2003** : Rôle du milieu physique dans l'amplification des crues en milieu montagnard, exemple de la crue du 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika (Haut Atlas, Maroc). Sécheresse, Volume **14-2**, 107-114.

**Sharma, P. P., 1996**: Interrill erosion. Dans Agassi, M., éditeur, Soil érosion, conservation, and réhabilitation, Chapitre 7, pages 125–152. Dekker, New York.

**Sogetha, 1968** : Les ouvrages en gabion, techniques rurales en Afrique, 58 p.

**Soltner D., 1999** : Les bases de la production végétale, T III, la plante et son amélioration. 2ème édition, Edition sciences et techniques agricoles « le clos Lorelle » 49130 Saint-Gemmes Sur-Loire., 304 p.

**Sunier A., 2005** : Méthodologies de développement de logiciels de gestion. Chapitre 6 : Le Processus unifié de développement logiciel, Partie I : Les concepts.

**Tacnet J., Berthet Rambaud P., Liman A., Perrotin P. & Tonello J., 2009** : Action des avalanches sur les ouvrages de génie civil. Pratiques et connaissances actuelles : lacunes et enjeux associés, rapport d'études, CEMAGREF/INSA/CETE/ESIGEC/Tonello I.C., MEEDAT/DIREN Rhône-Alpes, P. 91.

**Tessier, D., Bruand, A., Le Bissonnais, Y. and Dambrine, E., 1998**: Chemical and physical properties of soils in France. Spatial context and evolution. *Geologica Carpathica*, 6: 121-131.

**Therriault M., 1995 :** Système d'information géographique, Concept fondamentaux, note de cours n°12, LATIG, Département de géographie, Université Laval, Québec, 165 p.

**Torri, D. & Borselli, L., 1991:** Overland flow and soil erosion: some processes and their interactions. Dans Bork, H.-R., de Ploey, J. & Schick, A. P., éditeurs, Erosion, transport and deposition processes. Theories and models, volume 19 de Catena supplement, pages 129-137.

**ULC, 2007 :** Type de catastrophes survenues dans le monde de 1990-2007. 5p. Van-Dijk P.M., Kwaad F.J.P.M., Klapwijk M., 1996: Retention of water and sediment by grass strips. Hydrological Processes, vol. 10, pp. 1069-1080.

**Zobiri M., 2004 :** Analyse et évaluation des aménagements de conservation de l'eau et du sol à l'amont du Barrage EL IZDIHAR de SIDI ABDELLI, Tlemcen Algérie, Mémoire pour l'obtention de magistère en foresterie, 34 p.

#### **Webographie :**

[www.1: http://sql.sh/2143-cours-sql-pdf](http://sql.sh/2143-cours-sql-pdf)

[www.2: http://www.i3s.unice.fr/~edemaria/cours/c4.pdf](http://www.i3s.unice.fr/~edemaria/cours/c4.pdf)

[www.3: http://resources.arcgis.com/fr/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm](http://resources.arcgis.com/fr/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm)

[www.4: http://rdonfack.developpez.com/tutoriels/dotnet/presentation-composants-webforms-et-winforms-Infragistics-netadvantage-2010-volume-3/](http://rdonfack.developpez.com/tutoriels/dotnet/presentation-composants-webforms-et-winforms-Infragistics-netadvantage-2010-volume-3/)

# **ANNEXES**

## **ANNEXE 1 : Fiches de terrain**







## ANNEXE 2 : Ravins à aménager



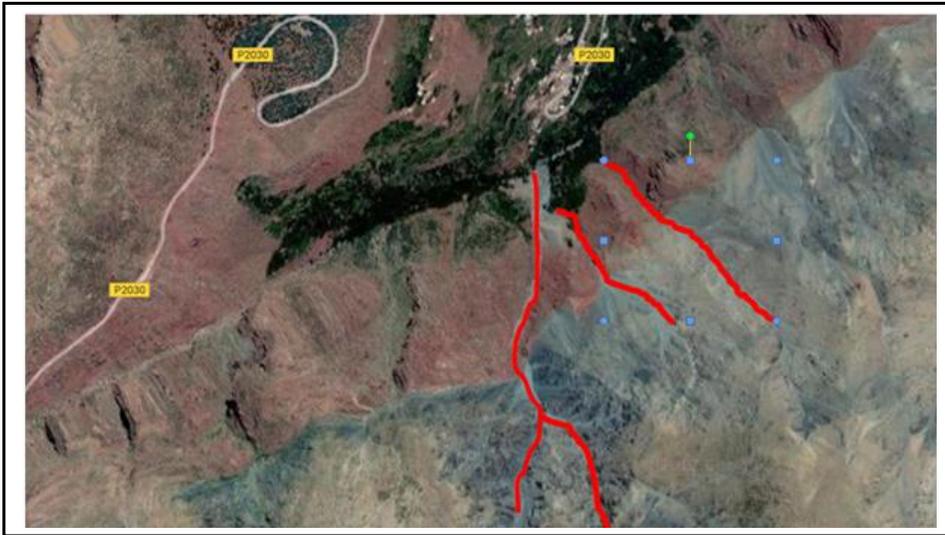
Figure 37: Ravins proposés pour correction à Tazitount



Figure 38: Ravins proposés pour correction à Elkri



**Figure 39:** Ravins proposés pour correction à Igunane



**Figure 40:** Ravins proposés pour correction à Tekhfist

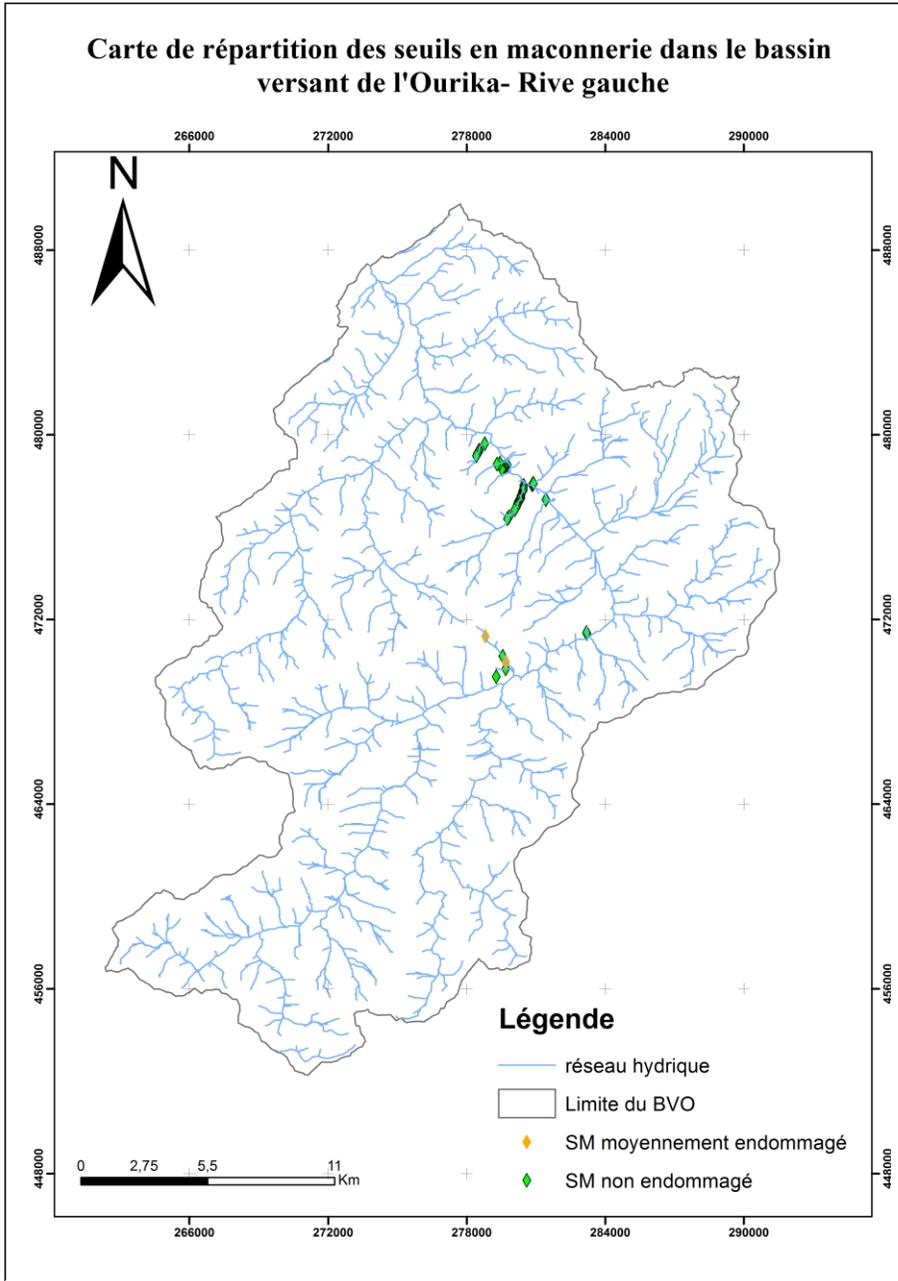


**Figure 41:** Ravins proposés pour correction à Imine Teddert

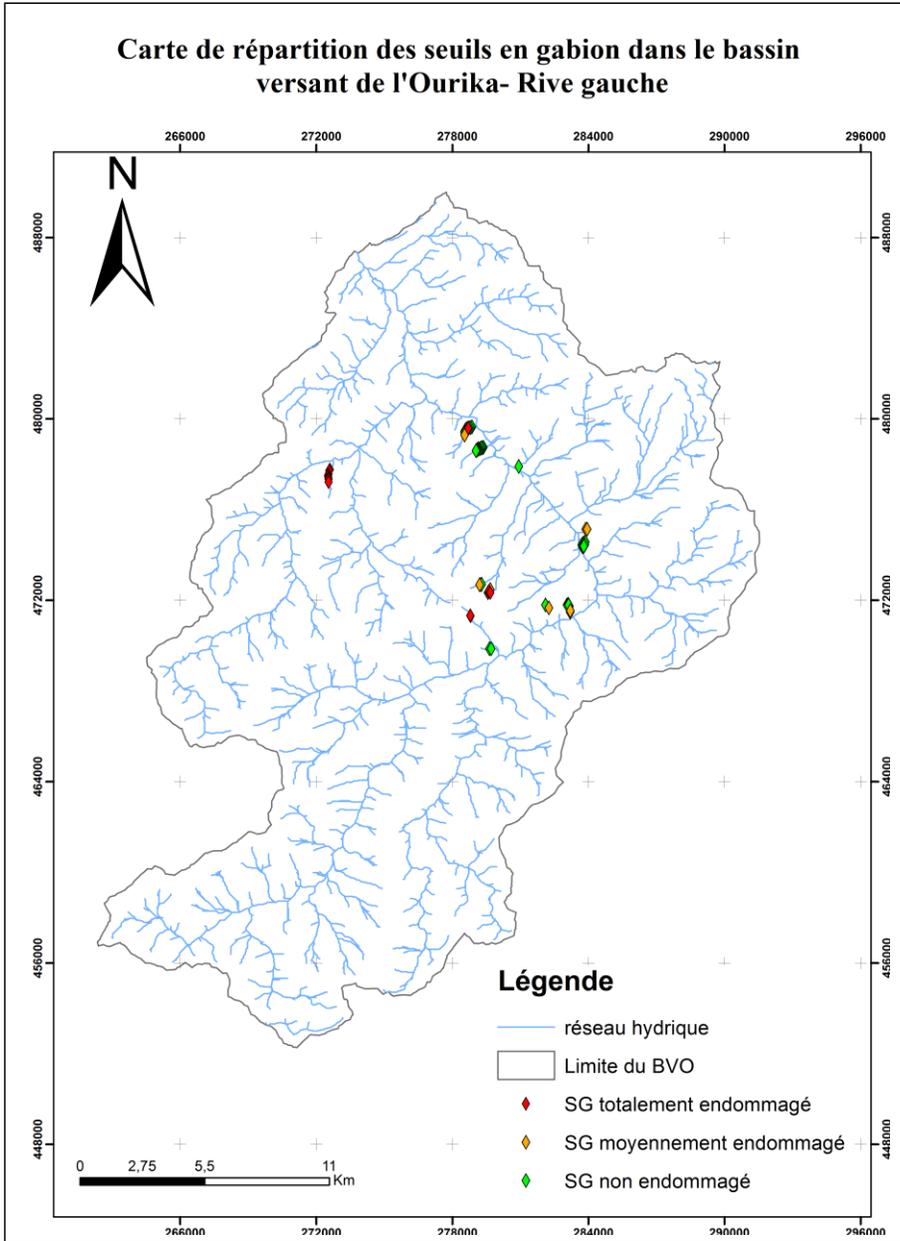


**Figure 42:** Ravins proposés pour correction à Asgaouer

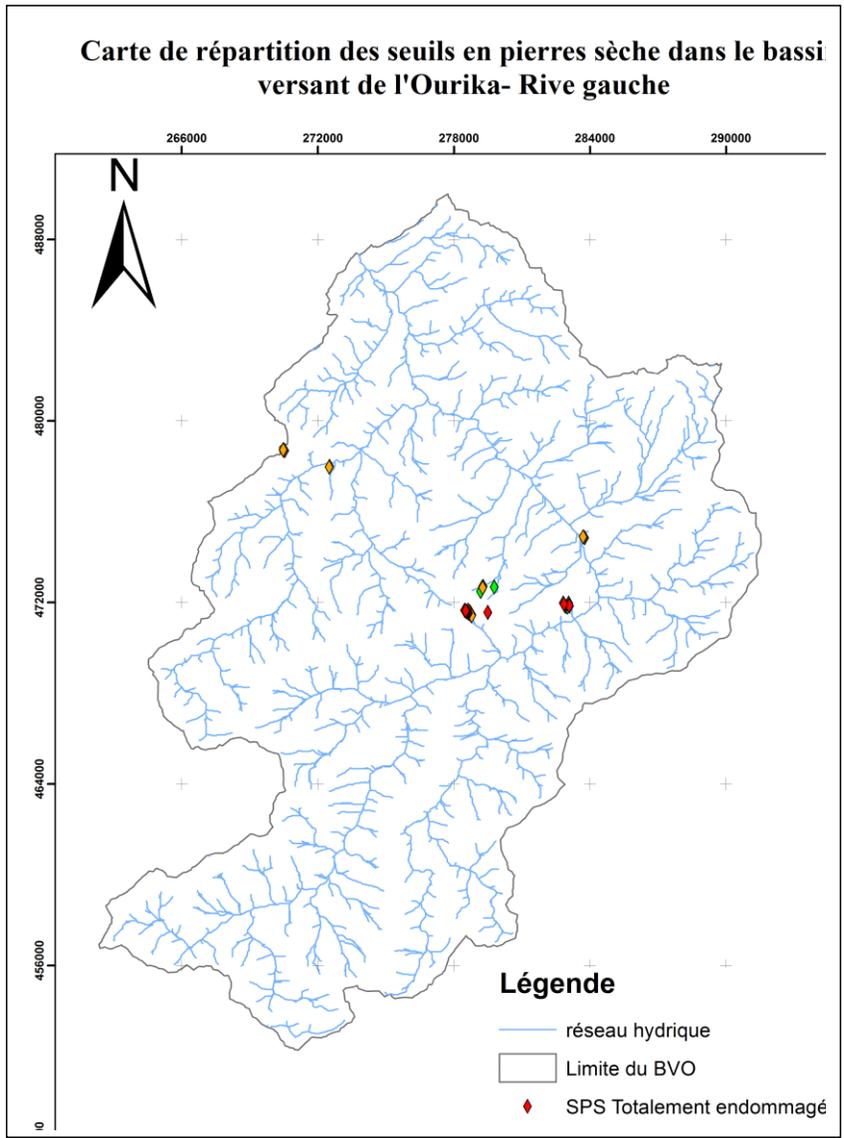
**ANNEXE 3 : Cartes de répartition des  
seuils**



**Figure 43:** Carte de répartition des seuils en maçonnerie dans la rive gauche du bassin versant de l'Oued Ourika



**Figure 44:** Carte de répartition des seuils en gabion dans la rive gauche du bassin versant de l'Oued Ourika



**Figure 45:** Carte de répartition des seuils en pierres sèche dans la rive gauche du bassin versant de l'Oued Ourika