



المدرسة الوطنية الغابوية للمهندسين بسلا

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

**EVALUATION DE LA VULNERABILITE ENVIRONNEMENTALE
AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR UNE MEILLEURE
GESTION INTEGREE DES RESSOURCES NATURELLES DU
BASSIN VERSANT DE L'OURIKA, MAROC**

MEMOIRE DE 3^{ème} CYCLE

Présenté par : Mr. LAAROUSSI Driss

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

OPTION : Aménagement des Forêts

Soutenu publiquement le 11 Juillet 2016 à 16h00 devant le jury :

MM :

Pr. ZINE EL ABIDINE A.

(E.N.F.I)

Président

Pr. KHATTABI A.

(E.N.F.I)

Rapporteur

Pr. LAHSSINI S.

(E.N.F.I)

Co-Rapporteur

Pr. HLAL E.

(E.N.F.I)

Examineur

Dr. RIFAI N.

(H.C.E.F.L.C.D)

Examineur

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

Dédicace

A mes chères père et mère

En reconnaissance des énormes sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. À part leur profonde affection, leur soutien, leur grande patience et leurs lourds sacrifices, ils m'ont toujours encouragé et aidé, ce travail leur est dédié en modeste témoignage de ma gratitude infinie.

A mes frères Rida, Amine et Ismail Mes Sœurs Assia et Ibtissam

Vous qui m'avez toujours défendu, aidé et soutenu le long de mon cursus de formation, veuillez trouver dans ce modeste travail le témoignage de mon profond respect et de mon dévouement.

A tous les membres de la famille LAAROUSSI

A tous mes amis

A tous mes amis de la promotion 67^{ème} de l'ENAM

A tous les lauréats de la 45^{ème} promotion de l'ENFI que j'estime beaucoup

A tous les étudiants de la 46^{ème}, 47^{ème} et 48^{ème} promotion de l'ENFI que j'estime beaucoup

A tous ceux qui me sont chers.

Remerciements

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de mon travail de fin d'étude, et Dieu sait qu'ils sont nombreux.

C'est de mon devoir de présenter ma reconnaissance et ma gratitude au Professeur **KHATTABI A.**, Enseignant à l'E.N.F.I, qui a bien voulu assuré l'encadrement de ce travail et qui n'a pas cessé de me guider et d'orienter de très près les différentes phases de cette étude, tout en consacrant le temps nécessaire avec une modestie sans égale. J'ai toujours pu compter sur son adépte appui, j'ai trouvé auprès de lui une écoute sans faille. 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 tous mes respects.

Je tiens à adresser aussi mes vifs remerciements au Professeur **LAHSSINI S.**, Enseignant à l'E.N.F.I, pour les critiques et le soutien qu'il a apporté à ce travail. Qu'il en soit vivement remercié et qu'il trouve à travers ces mots ma profonde reconnaissance pour sa disponibilité sans faille. C'est pour moi une grande fierté de l'avoir comme co-encadrant dans mon jury.

Je tiens à adresser aussi mes vifs remerciements au Professeur **ZINE EL ABIDINE A.**, Enseignant à l'E.N.F.I, qui a accepté d'honorer ma soutenance par sa présidence. Qu'il trouve ici l'expression de ma haute considération la plus distinguée.

Mes chaleureux et grands remerciements sont également adressés à Pr. **HLAL E.**, Enseignant à l'E.N.F.I, qui a honoré de sa présence en acceptant évaluer ce travail. Qu'il trouve ici ma considération et l'expression de tous mes respects et ma vive gratitude.

J'adresse mes sincères remerciements au Dr. **RIFAI N.**, Ingénieur principal au H.C.E.F.L.C.D., je lui remercie d'avoir accepté de juger ce travail et l'enrichir par ses critiques et ses suggestions constructives. Je lui présente ma profonde gratitude et ma reconnaissance pour ses conseils, ses directives et ses remarques constructives.

Enfin, j'adresse mes remerciements à l'ensemble du corps professoral ainsi qu'à l'ensemble du corps militaire de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs pour tous les efforts qu'ils ont consentis pour ma formation.

Merci à tous.

Résumé

Le travail effectué au niveau du bassin versant de l'ourika, a visé d'évaluer la vulnérabilité environnementale dans le contexte actuel des changements climatiques et l'apport d'aide à une meilleure gestion intégrée des ressources naturelles du bassin.

Ce travail a pour but d'évaluer le niveau de vulnérabilité du bassin aux changements climatiques, et d'apporter quelques recommandations qui peuvent aidés de mettre en place des stratégies pour une meilleure gestion des ressources naturelles au niveau de la zone d'étude.

L'EVI (Indice de Vulnérabilité Environnementale) est l'outil utilisé pour évaluer le niveau de vulnérabilité de la zone qu'il a classé comme une zone Hautement vulnérable avec un score de 355, ce modèle utilise 50 indicateurs qui sont regroupés par catégories (le temps et climat, géologie, géographie, ressources et services et population humaine). Et les scores sont à la fois individuel et global. Ces indicateurs sont aussi répartis sous formes de sous indices (changement climatiques, eau, agriculture et pêche, biodiversité, population humaine, désertification et enfin l'exposition aux désastres naturels).

Le score individuel, relatif à chaque indicateur utilisé, concerne une gamme allant de la faible vulnérabilité avec un score de (1) et une vulnérabilité extrême avec un score de sept (7). Tandis que le score global, obtenu par toutes les indicateurs utilisés, renseigne sur une gamme allant de la résilience (score=0) à l'extrême vulnérabilité (score=365) et traduit le niveau de vulnérabilité de la zone géographique étudiée.

Sur la totalité des indicateurs requis par le modèle, seuls 84% des données collectées, toutes catégories confondues, ont permis de valider les résultats obtenus sachant que l'EVI exige 80% des données pour la validation des résultats.

La présente étude a permis d'établir un niveau de priorités en matière de politique de gestion, compte tenu des scores obtenus pour chaque élément analysé. Il s'agit de la santé humaine (5,2) ; l'eau (4,15) ; la biodiversité (3,53) ; l'agriculture et la pêche (3,13) ; l'exposition aux désastres naturels (3,11) ; les changements climatiques (2,82) ; enfin désertification (2). plus faible est le score, moins imminente est l'intervention.

Mots clés : Vulnérabilité environnementale, gestion intégrée, Ressources naturelles, bassin versant de l'ourika, Indice de Vulnérabilité Environnementale.

Abstract

The work takes place in the watershed d'ourika of, aimed to assess the environmental vulnerability in the current context of climate change and the provision of aid to a better integrated management of natural resources in the basin.

This work aims to assess the vulnerability of the basin level to climate change, and to make some recommendations that can help to put in place strategies for better management of natural resources in the study area.

The EVI (Environmental Vulnerability Index) is the tool used to assess the level of vulnerability of the area that was classified as a highly vulnerable area with a score of 355, this model uses 50 indicators are grouped by categories (time and climate, geology, geography, resources and services and human population) .and scores are both individual and global. These indicators are also distributed in the form of sub indices (climate change, water, agriculture and fisheries, biodiversity, human population, desertification and finally exposure to natural disasters).

The individual score on each indicator used, involves a range from the low vulnerability with a score of (1) and extreme vulnerability with a score of seven (7) .tandis the overall score obtained by all indicators used, information about a range of resilience (score = 0) to the extreme vulnerability (score = 365) and reflects the vulnerability of the geographical area studied.

Of all the indicators required by the model, only 84% of the data collected in all categories, were used to validate the results obtained knowing the ITS requires 80% of the data for the validation of results.

This study has established a level of priorities for management policy, given the scores for each element analyzed. This is of human health has (5,2); water (4.15); Biodiversity (3.53); agriculture and fishing (3.13); exposure to natural disasters (3.11); climate change (2.82); Finally Desertification (2) .Low score means less imminent intervention.

Keywords: environmental vulnerability, integrated management, natural resources, watershed ourika, Environmental Vulnerability Index.

ملخص

لقد أنجز هذا العمل في الحوض المائي لأوريكا، حيث أن الهدف المتوخى من ورائه هو تقييم هشاشة البيئة في ظل السياق الحالي لتغيرات المناخية وذلك من أجل الملائمة من أجل تسيير مندمج للموارد الطبيعية التي يتوفر عليها الحوض .

هذا العمل هدفه هو تقييم مستوى هشاشة الحوض المائي لأوريكا للتغيرات المناخية بالإضافة إلى تقديم بعض التوصيات التي يمكن أن تساعد على وضع استراتيجيات تمكن من إدارة أفضل للموارد الطبيعية في منطقة الدراسة.

مؤشر الهشاشة البيئية هو الوسيلة التي استعملت من أجل تقييم مستوى هشاشة المنطقة حيث صنفها كمنطقة هشة للغاية بنتيجة 355، هذا النموذج (مؤشر الهشاشة البيئية) يستعمل خمسون (50) مؤشرا، والتي تم تجميعها حسب الفئات التالية (الوقت والمناخ، الجيولوجيا، الجغرافيا، الموارد والخدمات وأخيرا صحة الإنسان) لكل مؤشر نتيجة وصنفت كذلك هاته المؤشرات حسب مؤشرات فرعية والتي هي كالاتي (تغير المناخ، المياه، الفلاحة والصيد، التنوع البيولوجي، جانب الصحة البشرية، التصحر، وأخيرا التعرض للكوارث الطبيعية)

النتيجة المتعلقة بكل مؤشر مستعمل على حدة تتأرجح من هشاشة ضعيفة بنتيجة (1)، إلى هشاشة عالية بنتيجة (7). في حين أن النتيجة العامة المحصل عليها بواسطة جميع المؤشرات المستعملة تدل على مقدرة التأقلم إن كانت النتيجة العامة هي 0، بيد أن نتيجة 365 تدل على هشاشة كبيرة، وهي الحالة التي توجد عليها المنطقة المدروسة.

من بين كل المعلومات التي يتطلبها النموذج فقط 84 بالمائة من هاته المعلومات هي التي تم إدخالها إلى النموذج الشبكي الذي مكن من التحقق من مدى صحة النتائج المحصل عليها، وجبت الإشارة إلى أن النموذج يتطلب 80 بالمائة من أجل التأكد من صحة النتائج.

الدراسة مكنت أيضا من تحديد مستوى الأولويات في سياسة التسيير حيث أن هاته الأولويات حددت وفق النتيجة المحصل عليها للعناصر التي تمت دراستها ويتعلق الأمر بقطاع الصحة البشرية (2,5) ; المياه (4,15)، التنوع البيولوجي (3,53)، الفلاحة والصيد بنتيجة (3,13)، التعرض للكوارث الطبيعية بنتيجة (3,11) ; تغير المناخ بنتيجة (2,82) ; وأخيرا التصحر بنتيجة (2).

الكلمات الرئيسية: الهشاشة البيئية، الإدارة المتكاملة، الموارد الطبيعية، الحوض المائي لأوريكا، مؤشر الهشاشة البيئية.

Sommaire

Dédicace	III
Remerciements	IV
Résumé	VI
Abstract.....	VII
ملخص	VIII
Liste des tableaux.....	XIII
Liste des Figures.....	XIV
Liste des annexes	XVI
Liste des abréviations	XVII
Introduction générale	1
Partie I : Synthèse bibliographique.....	4
Chapitre 1. Etat de l'environnement au Maroc dans le context actuel des changements climatiques	5
1.1. Introduction	5
1.2. Potentialités environnementale du Maroc	5
1.3. L'état des principales ressources au Maroc	5
1.3.1. Ressource eau	5
1.3.2. Les sols	6
1.3.3. Air et atmosphère	6
1.3.4. Littoral et milieu marin	7
1.3.5. Biodiversité, écosystèmes forestiers et zones humides	7
1.4. L'Environnement marocain confronté aux nombreux défis.....	8
1.4.1. Défis climatiques	8
1.4.2. Défis anthropiques	8
1.5. Vulnérabilité environnementale aux changements climatiques	9
1.5.1. Vulnérabilité de l'environnement marocain aux changements climatiques	9
1.5.2. Nécessité et utilité de mesurer la vulnérabilité environnementale et climatique au Maroc	9
1.5.3. Objectifs de l'évaluation de la vulnérabilité environnementale aux changements climatiques	10
1.5.4. Difficultés d'une étude de vulnérabilité environnementale aux changements climatiques	11
1.6. Conclusion	12
Chapitre 2. Vulnérabilité.....	13
2.1. Vulnérabilité	13
2.1.1. Définitions	13

2.2. Indicateurs de vulnérabilité	14
2.3. Indicateurs de vulnérabilité du Maroc	15
2.4. Méthodologies d'études de vulnérabilité.....	16
2.5. Quelques méthodologies d'analyse de vulnérabilité des écosystèmes : une revue de littérature	17
2.5.1. La Méthodologie commune.....	17
2.5.2. L'US country program.....	17
2.5.3. Le Manuel du Programme des Nations Unies pour l'Environnement.....	17
2.5.4. La Méthodologie des Iles du Pacifique Sud (MIPS) : une approche indicielle.....	19
2.6. Outils d'études de vulnérabilité.....	19
2.6.1. Outils habituels d'étude de vulnérabilité	19
2.7. Autres outils d'études de vulnérabilité	21
2.7.1. Cartographie –Indicateurs	21
2.7.2. Indices	22
2.7.2.1. Indices existants	22
Chapitre 3. Indice de Vulnérabilité Environnementale : 'Environmental Vulnerability Index' (EVI).....	26
3.1. Introduction	26
3.2. Indice de vulnérabilité de l'environnement.....	26
3.3. Expériences étrangères	31
3.4. Atouts et faiblesses de l'EVI	32
3.5 Justification du choix de l'EVI par rapport aux autres alternatives	34
Partie II: Zone d'étude et Approche méthodologique.....	36
Chapitre 4. Zone D'étude	37
4.1. Introduction	37
4.2. Situation générale du BV de L'Ourika	37
4.2.1. Situation géographique	37
4.2.2. Situation administrative	38
4.2.3. Situation forestière	39
4.3. Facteurs écologiques	39
4.3.1. Climat.....	39
4.3.1.1. Précipitations.....	39
4.3.1.2. Température	39
4.4. Milieu biophysique.....	40
4.4.1. Structure géologique du bassin	40
4.4.2. Caractéristiques pédologiques	40
4.4.3. Hydrologie du bassin	41

4.4.4. Occupation du sol	41
4.5. Données socio-économiques	44
4.5.1. Milieu humain.....	44
4.5.2. Agriculture	44
4.5.3. Elevage.....	45
4.5.4. Tourisme	45
4.6. Risques naturels auxquels est exposés la zone	45
4.6.1. Crues	45
4.7. Conclusion.....	46
Chapitre 5. Approche Méthodologique.....	47
5.1. Délimitation de la zone d'étude.....	50
5.2. Collecte et analyse des données	50
5.2.1. Collecte des données climatiques	51
5.2.2. Collecte des données géologiques	51
5.2.3. Collecte des données géographiques	51
5.2.4. Collecte des données sur les ressources et services.....	51
5.2.5. Collecte des données sociodémographiques.....	51
5.3. Sources des données	52
5.4. Description de quelques indicateurs climatiques utilisés	55
5.4.1. Indice 1 : Vent.....	55
5.4.2. Indice 2 : Sécheresse.....	55
5.4.3. Indice 4 : Chaleur.....	56
5.4.4. Indice 5 : Froid.....	56
5.5. Analyse des données collectées.....	57
Partie III : Résultats et discussions	58
Chapitre 6. Résultats et discussions.....	59
6.1. Classe et degré de vulnérabilité pour le bassin versant de l'Ourika.....	60
6.2. Répartition des scores des indicateurs effectifs par catégorie pour le bassin versant de l'ourika	64
6.3. Répartition des indicateurs effectifs selon le niveau de vulnérabilité et le score pour le bassin versant de l'Ourika	70
6.4. Score global des aspects de vulnérabilité pour le bassin versant de l'Ourika ..	75
6.5. Facteurs analysés	77
6.6. Indicateurs montrant une grande vulnérabilité environnementale du bassin versant de l'Ourika	78
6.7. Indicateurs montrant une grande résilience environnementale du bassin versant de l'Ourika.....	85
6.8. Politique appropriée aux sous-indices pour le bassin versant de l'Ourika.....	90

Conclusion générale	98
Références bibliographiques	103
Webographie	109
Annexes	110

Liste des tableaux

Tableau 1	: Quelques indicateurs de vulnérabilité (adapté de HELIO INTERNATIONAL,S.D.....	14
Tableau 2	: Présentation des indicateurs de vulnérabilité du Maroc	15
Tableau 3	: Trois niveaux d'analyse de vulnérabilité des écosystèmes (Adapté de Klein et Nicholis, 1998.....	18
Tableau 4	: Les 50 indicateurs EVI sont regroupés en catégories, aspects et sous indices.....	28
Tableau 5	: Les températures extrêmes du BV de l'Ourika.....	39
Tableau 6	: Répartition des exploitations (DREF-HA, 2000) au niveau du BV de l'Ourika.....	44
Tableau 7	: Résumé des principales sources d'informations collectées.....	53
Tableau 8	: la somme des températures des jours où la température moyenne maximale est supérieurs à la moyenne des températures moyennes maximales des 30 dernières années.....	56
Tableau 9	: le déficit de température par rapport à la moyenne annuelle des trente années (1981-2011).....	57
Tableau 10	: Les scores des indicateurs pour la zone d'étude.....	59
Tableau 11	: Configuration de la répartition des indicateurs effectifs du bassin versant de l'ourika par niveau de vulnérabilité et par catégorie.....	71
Tableau 12	: Le pourcentage d'intervention de chaque sous-indice dans le modèle EVI.....	77
Tableau 13	: Indicateurs de grande vulnérabilité (Ordre décroissant d'intervention).....	79
Tableau 14	: Les six indicateurs intervenant dans la grande résilience du bassin.....	86
Tableau 15	: Evolution de l'effectif des ruminants et de la Production animale dans le bassin durant les cinq dernières années.....	86
Tableau 16	: Pourcentages des différents types d'assainissement dans les trois communes.....	92
Tableau 17	: État de l'assainissement solide.....	92
Tableau 18	: Superficies des terres au niveau des trois communes rurales (ha).....	95

Liste des Figures

Figure 1	: Etape d'étude de vulnérabilité (adaptée de Winograd, 2006).....	11
Figure 2	: Outils pour l'étude de la vulnérabilité en fonction des échelles et du processus (adaptée de Dowing et Ziervodel, 2004).....	20
Figure 3	: Nature des indicateurs de l'EVI.....	28
Figure 4	: Echelle relative de degré de vulnérabilité allant du score 1 moins vulnérable (plus résilient) au score 7 plus vulnérable (moins résilient).....	31
Figure 5	: Le score global de l'EVI en points.....	31
Figure 6	: Carte globale du sous-indice CC de l'indice de vulnérabilité environnementale (CC-EVI) (Kaly et al. 2003).....	32
Figure 7	: Situation géographique du bassin versant de l'Ourika.....	37
Figure 8	: Communes rurales du bassin versant de l'ourika.....	38
Figure 9	: Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika.....	41
Figure 10	: Répartition de l'occupation du sol dans le bassin versant d'Ourika (Rihane, 2015).....	43
Figure 11	: Les principales étapes de traitement des données.....	48
Figure 12	: Fiche de Mise à l'échelle.....	49
Figure 13	: Profil de vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.....	62
Figure 14	: Répartition du nombre d'indicateurs EVI par catégorie pour le bassin versant de l'ourika.....	63
Figure 15	: Répartition générale des indicateurs EVI.....	64
Figure 16	: Représentation des scores des indicateurs effectifs de la catégorie Temps et climat pour le bassin de l'ourika.....	65
Figure 17	: Représentation des scores des indicateurs effectifs de la catégorie Géologie pour le bassin versant de l'ourika.....	66
Figure 18	: Représentation des scores des indicateurs effectifs de la catégorie Géographie pour le bassin versant de l'ourika.....	67
Figure 19	: Représentation des scores des indicateurs de la catégorie Ressources et services pour le bassin versant de l'ourika.....	68
Figure 20	: Représentation des scores des indicateurs de la catégorie Population Humaine pour le bassin versant de l'ourika.....	69
Figure 21	: Répartition des indicateurs effectifs EVI par niveau de vulnérabilité pour le bassin versant de l'ourika.....	70
Figure 22	: Répartition des indicateurs effectifs du bassin versant de l'ourika par niveau de vulnérabilité et par catégorie.....	71
Figure 23	: Répartition du nombre d'indicateurs par aspects pour le bassin versant de l'ourika.....	72
Figure 24	: Représentation des scores des indicateurs de l'aspect risque pour le bassin versant de l'ourika.....	73
Figure 25	: Représentation des scores des indicateurs du sous-indice Résistance pour le bassin versant de l'ourika.....	74
Figure 26	: Représentation des scores des indicateurs du sous-indice Dégradation pour le bassin versant de l'ourika.....	75
Figure 27	: Les aspects du profil de la vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.....	76

Figure 28	: Répartition générale du nombre d'indicateurs EVI par aspects.....	77
Figure 29	: Représentation du nombre d'indicateurs intervenant pour une grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.....	78
Figure 30	: Score des catégories d'indicateurs pour le bassin versant de l'ourika.....	79
Figure 31	: Les indicateurs intervenant pour une grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.....	80
Figure 32	: Evolution de la population au niveau du BV de l'Ourika (1994, 2004, 2014).....	84
Figure 33	: Nombre d'indicateurs intervenant dans une grande résilience du bassin versant de l'ourika.....	85
Figure 34	: Les indicateurs qui ne contribuent pas trop à la vulnérabilité du bassin versant.....	85
Figure 35	: Evolution de l'effectif des ruminants (ovin, bovin, caprin) dans le bassin versant de l'ourika durant les cinq dernières années.....	87
Figure 36	: Evolution de la production moyenne des viandes rouges en tonne/a durant les cinq dernières années dans le bassin de l'ourika.....	87
Figure 37	: Carte des douars qui ont des problèmes à propos des ressources naturelles dans le bassin versant de l'Ourika.....	89
Figure 38	: Les sous-indices des 50 indicateurs EVI pour le bassin versant de l'ourika.....	90
Figure 39	: Cartes des communes qui sont vulnérables vis – à – vis de l'assainissement dans le bassin versant de l'ourika (adaptée de la carte de ABHT, 2011).....	91
Figure 40	: Déchets rejetés dans l'Oued de l'Ourika 2016.....	93

Liste des annexes

Annexe 1 : Comparaison des différentes méthodologies d'analyse de vulnérabilité (adaptée de Nicholls, 1998).....	111
Annexe 2 : Tableau représentant les sources et les valeurs introduites pour chaque indicateur dans le modèle EVI.....	113
Annexe 3 : Carte montrons la localisation des stations climatiques situées dans la zone d'étude.....	117
Annexe 4 : Carte montre l'étendue du parc qui est inclus dans le bassin versant de l'ourika.....	118
Annexe 5: Carte géologique du bassin versant de l'ourika.....	119
Annexe 6: Carte hypsométrique du bassin versant de l'ourika.....	120
Annexe 7: Indicateurs EVI.....	121
Annexe 8 : Répartition des indicateurs de l'EVI pour le bassin versant de l'ourika	140

Liste des abréviations

°C	: Degré Celsius
°F	: Fahrenheit
ABHT	: Agence du Bassin Hydraulique du Tensift
AF	: Agriculture and Fisheries
An	: Année
BV	: Bassin Versant
CBD	: Convention sur la Diversité Biologique
CC	: Changements Climatique
CCA	: Centre de Conseil Agricole
CCD	: Convention sur la lutte contre la désertification
CNI-Maroc	: Communication Nationale Initiale
DARA	: Organisation Humanitaire (DARA)
DMN	: Direction de la météoéologie nationale
DPA	: Direction Provanciale d'Agriculture
DREFCCD-H A	: Direction Régionale aux Eaux et Forêts et à la lutte contre la désertification de Haut Atlas
DRHT	: Direction régionale Hydraulique de Tensift
EM-DAT	: The International disaster Database
EVI	: Environmental Vulnerability Index
FAO	: Food and Agriculture Organization
FNUAP	: Fiche des Nations Unies pour les activités en matière de population
GIEC	: Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HH	: Human Health
IFDD	: Instituts de la Francophonie pour le Développement Durable
IPCC	: Intergouvernemental Panel on Climate Change
MIPS	: Méthodologie des Iles du Pacifique Sud
NA	: Not Applicable
ND	: No Data
ONG	: Organisation non gouvernementale
ONSSA	: Office National de sécurité sanitaire et alimentation
ORMVAH	: Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Haouz Marrakech
PA	: Planning Assessment
PIB	: Produit Intérieur Brut
PNUE	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
RGPH	: Recensement General de la Population et de l'Habitat
SA	: Screening Assessment
SAU	: Surface Agricole Utile
SINUPC	: Stratégie Nationale des Nations Unies pour la Prévention des Catastrophes
SO2	: Dioxyde de soufre
SOPAC	: Commission Océanienne de Recherche Géoscientifiques Appliquées
US	: United State
VA	: Vulnerability Assessment
ZEE	: Zone Economique Exclusive

Introduction générale

A partir des années 1950, beaucoup de changements observés sans précédent depuis des décennies à savoir le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, la diminution de la couverture de neige et de glace, l'élévation du niveau des mers, la concentration des gaz à effet de serre, font penser sans équivoque à un réchauffement du système climatique (GIEC, 2013). Toutefois, ce n'est qu'au début des années 1990 que le thème des changements climatiques est devenu une préoccupation scientifique entrée dans le domaine de la conscience publique (Beniston, 2009).

Le Maroc n'est pas épargné de ces changements. Sa situation dans le bassin méditerranéen impliquant des irrégularités du climat le rend plus vulnérable aux impacts des changements climatiques qui se déclinent par la diminution des ressources en eaux, la baisse des rendements agricoles et le déséquilibre des écosystèmes, particulièrement les écosystèmes forestiers (Anonyme, 2001).

Les mesures d'adaptation au changement climatique deviennent de plus en plus une urgente nécessité pour tous les pays en voie de développement, le Maroc a procédé à l'évaluation de la vulnérabilité, pour mieux ancrer les évaluations des impacts des changements climatiques dans les processus de la planification du développement et des stratégies d'adaptation (Ben Salem, 2013). Des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité ont été développées au cours des dernières décennies pour les catastrophes naturelles, la sécurité alimentaire, l'analyse de la pauvreté, la durabilité des moyens de subsistance et des domaines associés (Rochdane, 2013). Ces approches, chacune avec ses propres nuances, fournissent un ensemble de bonnes pratiques pour utilisation dans les études de vulnérabilité aux changements climatiques et d'adaptation (Anonyme, 2013). Bien que des projections climatiques futures à l'échelle du pays existent et fournissent une base suffisante pour la sélection d'options d'adaptation dites « sans regrets », la différence climatiques entre les régions et les spécificités locales suggèrent la nécessité d'agir à l'échelle régionale afin de mieux cibler la vulnérabilité et la planification de politiques d'utilisation des ressources naturelles et d'aménagement des territoires en fonction des spécificités de la région (Banque mondiale, 2013). C'est suivant cette logique (d'évaluer la vulnérabilité sur une échelle réduite) que s'inscrit ce travail sous tendant d'analyser le

niveau de vulnérabilité du bassin versant de l'oued d'ourika et ce pour mieux tenir compte de ses spécificités.

Le bassin fait partie des zones montagneuses marginalisées, sous-équipées et où les problèmes d'environnement prévalent. Ces derniers sont d'une part, liés à la combinaison de l'agressivité climatique, la fragilité du milieu physique, et la précarité des populations qui y vivent et d'autre part au dérèglement des systèmes de production, de consommation et de gestion de l'espace. Ces conditions sont conjuguées à l'absence d'équipements satisfaisant et d'institutions de gestion efficace menant ainsi à une certaine dégradation des ressources naturelles : Eau, Forêt et Sol (Bouarais, 2015). L'impact des changements climatiques au niveau de la zone se fait de plus en plus ressentir, avec une augmentation de la fréquence et l'intensité des inondations et des sécheresses qui ont causé et causent encore une dégradation des ressources naturelles. Sur un autre registre, vu l'absence du réseau d'assainissement le long de l'oued d'ourika, les latrines creusées contribuent à la contamination fécale des eaux de l'oued et à leur pollution bactériologique. L'ensemble de ces facteurs sont en train de bouleverser irrémédiablement l'écosystème, d'où le besoin urgent d'adopter nouvelles méthodes de planification et de gestion de ses ressources si l'on veut renverser le processus de dégradation de l'environnement au niveau de cette zone.

Jusqu'en 2016, aucune étude n'a concerné l'évaluation de la vulnérabilité naturelle face aux changements climatiques au niveau du bassin versant de l'oued d'ourika, malgré la forte pression sur le milieu naturel et une dégradation avancée de l'environnement, ajoutée à tout cela, l'absence quasi-totale du tissu associatif œuvrant dans la protection de l'environnement.

La présente étude traite le développement d'un concept d'indices de vulnérabilité aux changements climatiques au niveau régional. Elle a pour objectif de discuter de l'ensemble des éléments caractéristiques propres à l'environnement et à la société, expliquant la vulnérabilité d'un système territorial. Plus précisément, l'intérêt est ici de proposer une approche rénovée du concept de vulnérabilité en l'inscrivant dans le contexte des « menaces lentes » que porte la question du changement climatique. Les multiples incertitudes sur les évolutions climatiques à attendre aux échelles locales posent en effet la question des outils à mettre en place pour se préparer et à travers elle, celle des stratégies d'adaptation pertinentes. L'indice de vulnérabilité environnementale (EVI) est

un outil qui fournit une nouvelle approche de gestion de la vulnérabilité, il utilise 50 indicateurs pour saisir les éléments clés de la vulnérabilité environnementale. Ces indicateurs détectent le degré de vulnérabilité au niveau de différents secteurs : le climat, la biodiversité, la population, l'eau, l'agriculture, la santé humaine, la désertification et l'exposition aux catastrophes naturels. EVI est suffisamment flexible pour être utilisé à des fins comparatives, ainsi que d'être adaptable à des usages différents dans le pays, selon les besoins de chaque région. D'une façon un peu plus détaillée on a procédé à l'étude de la vulnérabilité du bassin versant de l'ourika en élaborant un indice de vulnérabilité environnementale à l'aide du modèle EVI.

Les objectifs visés dans ce travail c'est de :

- Evaluer la vulnérabilité de l'environnement du bassin versant ;
- Expliquer la vulnérabilité/résilience de l'environnement du bassin versant de l'ourika en se basant sur le degré d'exposition de l'environnement aux dégâts et à la dégradation ;
- Proposer des recommandations pour les parties prenantes du bassin versant de l'ourika.

Le présent document s'articule autour de trois parties. Après une succincte revue de la bibliographie sur l'état de l'environnement marocaine dans le contexte actuel des changements climatiques et la vulnérabilité environnementale, nous présenterons brièvement la zone d'étude « le bassin versant de l'ourika » dans son contexte avant d'exposer la méthodologie adoptée pour enfin aboutir aux résultats.

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1. Etat de l'environnement au Maroc dans le contexte actuel des changements climatiques

1.1. Introduction

Le Maroc est, depuis les vingt dernières années, en pleine transition économique, politique et sociale. La trajectoire de développement adoptée s'est traduite par des impacts sur l'environnement. L'objectif de ce chapitre est d'identifier, les principales sources de pressions ainsi les impacts et effets en retours de la dégradation de l'environnement surtout de voir sa vulnérabilité dans le contexte actuel des changements climatiques et de donner un aperçu sur l'état des principales ressources et les différentes pressions exercés sur ces derniers.

1.2. Potentialités environnementale du Maroc

Le Maroc bénéficie d'une position géographique privilégiée. Il dispose de deux façades maritimes donnant à l'Ouest sur l'Océan Atlantique et au Nord sur la mer Méditerranée et il est caractérisé par une variété de conditions climatiques (Benabid, 2000). Les régions montagneuses constituent l'ossature du pays aussi les vastes plaines et plateaux, les zones côtières, et les formations basses confèrent au pays une grande diversité géologique (Benabid, 2000). L'environnement au Maroc est riche et varié et il a servi de base au développement d'un certain nombre d'activités, notamment l'agriculture, la pêche, le tourisme, l'artisanat, mais également l'Industrie et les mines.

1.3. L'état des principales ressources au Maroc

1.3.1. Ressource eau

Selon le rapport d'état de l'environnement au Maroc publié en 2015. La ressource en eau est confrontée à plusieurs défis notamment la rareté, l'irrégularité des précipitations et la distribution spatiale inégale. Ces défis sont accentués par le changement climatique et, d'année en année, les indicateurs témoignent d'une situation parfois critique voire alarmante. A cela, s'ajoute des pressions anthropiques croissantes et continues sur les ressources hydriques souterraines et superficielles qui en affecte la disponibilité et la qualité. Les pressions se manifestent selon les trois axes suivants : des prélèvements excessifs, des rejets polluants et des gaspillages très importants. Cette situation résulte en partie de la nécessité de satisfaire la croissance des besoins en eau qui accompagne l'augmentation de la population, le développement socio-économique et les changements de modes de consommation. La hausse des prélèvements en eau a conduit à la

surexploitation et à la contamination de la ressource dans de nombreuses régions sans que les besoins en eau des écosystèmes ou leurs capacités de régénération ne soient véritablement pris en compte.

1.3.2. Les sols

Les sols marocains sont diversifiés et vulnérables à l'érosion en particulier dans les zones arides, les pertes en sol sont estimées de 40 tonne/ha/an au Nord du pays. L'une des premières pressions sur les sols est issue des besoins en sol pour l'agriculture (Laouina, 2006). Elle se traduit par des défrichements, de la déforestation et des modifications significatives du couvert végétal, associée aux mauvaises pratiques agricoles et à l'érosion éolienne et hydraulique naturelle (elles-mêmes en forte augmentation du fait du changement climatique), une telle situation peut conduire à des spirales de dégradations menant à un processus de désertification ayant des impacts parfois irréversibles (Anonyme, 2015). Les terres agricoles irriguées sont aussi soumises à d'importantes pressions, conséquences de l'intensification de l'utilisation d'intrants et de mauvaises pratiques. De plus, le développement urbain est responsable de la perte en terres agricoles. De même le développement des infrastructures et les diverses activités économiques transforment l'occupation et l'organisation du milieu naturel et sont sources de pollution des sols. A l'exception des sols des grandes plaines alluviales comme le Gharb et le Saïs, les sols marocains sont fragiles, pauvres en eau et peuvent accumuler des sels solubles (Na Cl, calcaire et gypse).

1.3.3. Air et atmosphère

Sur les quinze dernières années, le développement du Maroc s'est accompagné d'une hausse très rapide des émissions de polluants atmosphériques locaux et globaux aux points qu'ils sont devenues aujourd'hui une préoccupation nationale avec des répercussions sur la santé et sur le cadre de vie de la population vivant dans les zones fortement urbanisées ou industrielles (Anonyme, 2015).

Au-delà de ce qui précède, il convient toutefois de rappeler selon (Anonyme), 2016 que le Maroc contribue faiblement au réchauffement climatique et que, grâce à ses récentes politiques de promotion des énergies renouvelables et à ses émissions restant relativement basses, il dispose d'un bon classement à l'indice de performance du changement climatique (indice qui reflète la performance en termes de protection du climat).

Bien que l'émission du Maroc est négligeable pour le Gaz à Effet de Serre (G.E.S). Le Royaume s'est engagé à parvenir à une réduction d'au moins 13 % de ses émissions prévues de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 par rapport à 2010.

1.3.4. Littoral et milieu marin

L'espace maritime national, occupant 66 000 km² pour les eaux territoriales et 1 170 000 km² pour la Zone Economique Exclusive (ZEE) recèle un potentiel biologique important, une flore et une faune riches et variées, des sites naturels exceptionnels, des écosystèmes diversifiés, et des côtes qui diffèrent profondément d'une région à l'autre suivant le substrat géologique, la tectonique et les facteurs dynamiques d'édification ou d'érosion des rivages (Ouammou,2016).

De par sa situation entre terre et mer, le littoral marocain constitue un pôle d'attraction socio-économique d'intérêt national ; il s'agit également d'un espace vers lequel convergent les pressions. Il se caractérise par une forte urbanisation, par une attractivité pour les projets de tourisme et de résidences secondaires, par une concentration grandissante d'infrastructures (routes, ports, ponts, etc.) et enfin par de nombreuses installations industrielles (Ouammou, 2016).

1.3.5. Biodiversité, écosystèmes forestiers et zones humides

Le Maroc jouit d'une grande diversité bioécologique ainsi qu'une variété de milieux naturels, ces milieux sont exposés à des pressions qui ne cessent de croître notamment en lien avec la croissance démographique, le développement économique, l'urbanisation et la littoralisation (dont le tourisme est une composante importante) ainsi qu'avec le changement climatique (Benabid, 2000). L'ensemble de ces facteurs implique une surexploitation des ressources, déforestation et défrichement, une aggravation de la désertification, des incendies plus fréquents, des pollutions affectant la qualité du patrimoine naturel. L'état de la forêt et des milieux écologiquement sensibles tels que les zones humides se dégradent et leur résilience est affectée (Laouina, 2006). Les impacts (perte et/ou recul des écosystèmes, désertification, baisse de productivité) de la dégradation des écosystèmes se font ressentir sur la biodiversité et rendent caducs les efforts et mesures pour la préservation de la faune et la flore (DREF HA, 2000). Les populations diminuent et le nombre d'espèces en danger augmente (Cuzin, 2010). Les services rendus par les écosystèmes (en particulier épuration, régulation des inondations, conservation des sols, lutte contre l'érosion, protection de la biomasse, récréation) perdent

de leur efficacité et la diversité biologique diminue avec des conséquences économiques et humaines (en particulier sur la santé) significatives (Anonyme, 2015).

1.4. L'Environnement marocain confronté aux nombreux défis

1.4.1. Défis climatiques

La vulnérabilité de l'environnement marocain au changement climatique est élevée et pourrait potentiellement s'amplifier dans le futur. Le changement climatique accélère en effet un certain nombre de phénomènes en cours (ex. : érosion des sols) vecteur de conséquences potentiellement catastrophiques sur les activités humaines et la société marocaine (GIEC, 2013). Le coût économique des évolutions climatiques est déjà perceptible. Les pertes directes associées aux catastrophes liées à la variabilité et aux changements du climat ont été évaluées à environ 3 milliards de dollars US pour l'année 2010 (DARA, 2010). Le produit intérieur brut des différentes zones à risque pourrait enregistrer des pertes sévères suites aux inondations, tempêtes et glissements de terrains à venir à hauteur de 0,11 milliard de dollars US (EM-DAT, 2013). Selon la même source, plus de 7 millions de marocains sont également exposés aux risques de sécheresse accrus, depuis plusieurs décennies, le pays dans son ensemble est confronté à des périodes de sécheresses et à une hausse moyenne des températures de 0,16°C/décennie (DMN, 2007). Sur la période 1960-2005, les températures moyennes annuelles ont augmenté de 1,0°C à plus de 1,8°C et les précipitations ont subi un déclin qui varie entre 3 et 30% avec une baisse de -26% sur la région Nord-Ouest du pays considérée comme la zone la plus humide du Maroc ces changements auront un impacts sur les écosystèmes, les ressources en eau, le littoral et l'agriculture.

1.4.2. Défis anthropiques

Le développement économique soutenu qu'a connu le pays durant les dernières décennies a néanmoins eu des répercussions importantes sur l'état de l'environnement, générant des pressions qui se sont ajoutées à celles issues de l'urbanisation, de la croissance démographique et du changement climatique (Anonyme, 2015). Les dernières avancées institutionnelles, réglementaires et techniques réalisées dans le domaine de la préservation de l'environnement ont été importantes, mais n'ont pas permis d'endiguer les émissions de polluants ni les exploitations non raisonnées, avec des impacts sur la disponibilité des ressources et sur le cadre de vie des populations (Anonyme, 2016).

1.5. Vulnérabilité environnementale aux changements climatiques

1.5.1. Vulnérabilité de l'environnement marocain aux changements climatiques

Le Maroc de part sa géographie est située dans une région très vulnérable aux changements climatiques, à cause de l'aridité de son climat, la dépendance de son économie et de sa sécurité alimentaire vis-à-vis de l'agriculture et de la pêche maritime (Balaghi et al ; 2009).

Cette situation est accentuée par l'une des caractéristiques des écosystèmes forestiers marocains relatives à leur évolution rapide à cause des contraintes d'ordre écologique, social et économique qui entraînent différentes formes de dégradation. Actuellement, on ne dispose par exemple que très peu de statistiques sur les changements intervenus dans les massifs forestiers vu que ces derniers ont lieu généralement au niveau des zones difficilement accessibles (Bijaber et Ahlafi, 2005). En effet, des études de projections de productivité agricole au Maroc, découlant des changements climatiques (Gommes et al ; 2009) prévoient que le pays se retrouvera dans une situation critique pour sa sécurité alimentaire. Cette situation naitrait en raison des prévisions d'augmentation de l'aridité de son climat malgré qu'il soit doté de ressources naturelles conséquentes qui contribuent à sa sécurité alimentaire et à son économie. A cet égard, il est devenu impératif de faire recours à des études de vulnérabilité en vue de mesurer l'ampleur du phénomène (Bijaber et Ahlafi, 2005).

1.5.2. Nécessité et utilité de mesurer la vulnérabilité environnementale et climatique au Maroc

Les communications nationales (CNI et SNC) ainsi que la majorité des rapports consultés en relation avec les CC au Maroc n'ont pas traité le concept de vulnérabilité comme défini par le GIEC (exposition, sensibilité, capacité adaptative) (Ben Salem, 2013). Le terme vulnérabilité est a priori souvent avancé subjectivement pour désigner différents sens: impact, dommage, résilience, sensibilité etc.

L'évaluation de la vulnérabilité est nécessaire pour: i) identifier l'importance et la localisation des menaces à court et à long termes, ii) répondre aux impacts des désastres naturels et des CC, iii) faciliter l'alerte précoce face aux désastres naturels et l'adaptation face aux CC, iv) comprendre la vulnérabilité d'adaptation, v) aider à identifier et à classer les besoins actuels et potentiels en matière d'adaptation et vi) guider et appuyer les interventions appropriées.

Dès lors l'évaluation de la vulnérabilité est un élément clé pour l'ancrage des évaluations des impacts et incidences des CC dans les processus de la planification du développement et des stratégies d'adaptation. Pour cette raison, il est nécessaire d'avoir des éléments d'évaluation objective qui permettront de mieux prendre en compte la vulnérabilité dans les stratégies et plans d'actions pour l'adaptation. Ces éléments d'évaluation pourront guider le Gouvernement dans ses décisions (Banque mondiale, 2013).

Comme l'évaluation de la vulnérabilité n'a pas encore été abordée dans le détail, l'ensemble de ces constats impliquent de nouveaux défis pour le Maroc et suggère plusieurs actions à mettre en place, notamment:

- Proposer et Créer une échelle de mesure de la vulnérabilité afin de prévoir quelles sont les régions les plus fragiles face à un CC et qui pourraient, à cause de cela, contribuer sensiblement à rendre le pays de plus en plus fragile et désorganisé et potentiellement instable;
- Trouver des outils pour évaluer la vulnérabilité et adopter des stratégies "sans regret ni remord" telles que l'augmentation des capacités de gestion de l'eau; préparer des réponses adaptatives; explorer les implications locales.

1.5.3. Objectifs de l'évaluation de la vulnérabilité environnementale aux changements climatiques

Souvent, les objectifs des études de la vulnérabilité consistent à transformer les données en informations pertinentes puis l'information en actions et doivent permettre une meilleure prise de conscience de la population (Winograd, 2006).

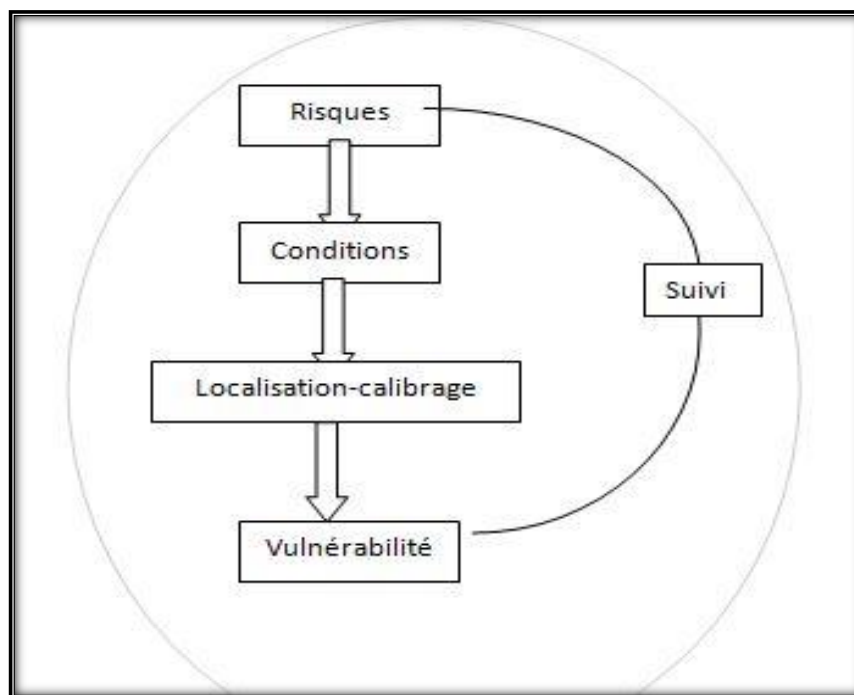


Figure 1. Etape d'étude de vulnérabilité (adaptée de Winograd, 2006)

A partir de cette figure, il ressort qu'en matière d'évaluation de vulnérabilité, le suivi reste l'élément central. Il faut noter également que pour ce qui est de l'étude de la vulnérabilité, elle passe par la détermination du risque auquel est soumis le système à étudier, lequel système est accentué par les conditions dans lesquelles survient ce risque. Dans une telle perspective, il faut choisir alors dans le processus d'évaluation de la vulnérabilité, un cadre, une méthodologie et des outils en fonction de besoins et du contexte de l'évaluation et des utilisateurs qui, permettent au moins :

- L'identification des problèmes, la prise de conscience et l'amélioration des connaissances, la définition et le développement de politiques.
- La planification stratégique et la définition d'objectifs, l'esquisse de programmes et la mise en œuvre opérationnelle de projets.
- L'évaluation et le suivi de la mise en œuvre des politiques, projets et programmes (Winograd, 2004).

1.5.4. Difficultés d'une étude de vulnérabilité environnementale aux changements climatiques

Les études de vulnérabilité rencontrent des difficultés (William et al, 2000). Jadis, la recherche savante sur la vulnérabilité a commencé à mûrir et à produire des résultats cumulatifs qui sont potentiellement exploitable, mais la recherche axée sur la vulnérabilité par les chercheurs était menée de manière séparée et se concentrait

généralement sur une échelle régionale des interactions hommes-environnement. Que ce soit la vulnérabilité au sens large ou la vulnérabilité dans le cadre des changements climatiques, l'usage encore restreint de la vulnérabilité dans des études appliquées provient entre autres d'un manque d'identification (Nicolai, 2008). D'une façon plus concrète, toute la difficulté d'étude de la vulnérabilité réside dans la capacité de pouvoir étudier avec, une méthode donnée différents systèmes à différentes échelles spatiales. Il s'agit donc de mener des études de vulnérabilité accentuées sur les écosystèmes, mais applicables au même moment à différentes échelles spatiales (William et al, 2000).

1.6. Conclusion

Au Maroc les milieux naturels sont fortement soumis à la pression anthropique, L'accroissement démographique a eu comme premier impact l'accentuation de la pression sur Les ressources naturelles : eau, sol..., ce qui menace la disponibilité future de ces ressources surtout dans le context actuel de changement climatique qui accélère le processus de dégradation des ressource est le rend de plus en plus vulnérable. Il est donc nécessaire d'avoir une idée claire sur le degré de vulnérabilité des ressources naturelles, mais ce concept de vulnérabilité n'a pas été trop étudié. D'où l'intérêt de donner une définition clair à ce concept et d'avoir une idée sur les méthodes et les outils d'analyse et de mesure de vulnérabilité.

Chapitre 2. Vulnérabilité

2.1. Vulnérabilité

2.1.1. Définitions

La notion de vulnérabilité ne peut pas être définie et bien comprise sans parler de ce qu'on appelle risque. Selon Chastan et al. (1995), le risque constitue la combinaison de deux composantes que sont l'aléa et la vulnérabilité. Ofella va plus loin en disant qu'il n'y a pas de risque sans aléa et sans élément vulnérable exposé (Ofella, 2004, in Loudiyi, 2009).

➤ L'aléa

L'aléa peut être défini comme étant un phénomène physique, naturel et non maîtrisable, d'occurrence (fréquence) et d'intensités données.

➤ La vulnérabilité

La vulnérabilité est relative à des enjeux qui peuvent être par exemple des personnes, des biens, des activités, etc.

Les conséquences de l'aléa sur ces enjeux peuvent être positives (par exemple, des zones défavorables qui peuvent être rendues exploitables pour l'agriculture avec les changements climatiques), ou négatives (sécheresses qui induisent un manque d'eau pour les plantes). La vulnérabilité a trait aux conséquences négatives.

On peut ainsi définir la vulnérabilité comme exprimant l'importance des dommages potentiels que peuvent subir des enjeux face à un aléa donné (Loudiyi, 2009).

Une deuxième composante de la vulnérabilité à part le risque est la capacité d'adaptation. En fait, l'effet de l'aléa sur l'enjeu peut être atténué par la capacité d'adaptation de l'enjeu à l'aléa en question. Cette notion de capacité d'adaptation est remarquable dans la définition de la SINUPC (Stratégie Internationale des Nations Unies pour la Prévention des Catastrophes) qui définit la vulnérabilité comme faisant référence aux caractéristiques et circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un aléa. Ces caractéristiques sont la résultante de la sensibilité et la capacité d'adaptation.

2.2. Indicateurs de vulnérabilité

Un indicateur est une grandeur mesurable permettant de mesurer l'état ou la tendance d'un objectif ou d'un phénomène donné. IL permet d'en évaluer et de suivre, les changements et les tendances dans le temps (Jansen, 2010).

Néanmoins, la plupart des chercheurs butent sur la mesurabilité elle-même. Il est donc important de souligner la difficulté dans le choix de ces indicateurs qui, souvent sont autant la résultante que la cause de la vulnérabilité la dimension « systémique » rend délicate l'interprétation de ces indicateurs (Nicolai, 2008).

En général, il existe différents types d'indicateurs selon qu'il s'agisse d'indicateurs sociaux, environnementaux, économique, institutionnels, etc. Ces indicateurs peuvent également être, soit de simples instruments d'évaluation, soit des regroupements d'indicateurs connus sous cette appellation, Le tableau n°1 montre quelques indicateurs de vulnérabilité.

Tableau 1. Quelques indicateurs de vulnérabilité (adapté de HELIO INTERNATIONAL, S.D).

Secteur	indicateurs
Environnement	Evolution de schémas de précipitations
	Variation des températures
Economie	Ménages ayant acquis un accès à l'électricité durant les deux dernières décennies.
	PIB
	Niveau d'accroissement de l'autonomie énergétique.
Technique	Evolution du montant d'énergie provenant de sources renouvelables.
	Niveau de diversité des sources et des technologies d'énergies renouvelable.
Social	Evolution de la prévalence des maladies.
	Evolution de l'emploi
Civique (gouvernance)	Amélioration de la réforme agraire
	Evolution de la participation publique au processus de planification

Source (Tchokpon, 2010)

Ce tableau regroupe certains indicateurs pouvant être utilisés pour exprimer l'état de certains secteurs dont l'environnement, le social, etc.

Comme exemples d'indicateurs regroupant d'auteurs indicateurs, on a :

✓ **Des indicateurs du développement durable**

Ils visent à élaborer un indice de développement durable et a été présenté lors du sommet mondial sur le développement durable qui s'est tenu à Johannesburg(2002).Il est fondé sur un ensemble d'indicateurs mis au point par la commission des Nations Unies sur le développement durable (CDD) qui comprend 19 indicateurs sociaux,20 environnementaux,14 économique et 8 institutionnels. Sa dernière version, dite RioJo, permet d'établir une comparaison entre la situation qui prévalait pendant la tenue du sommet de rio en 1992, et la situation actuelle du développement durable à travers le monde (Bovar et al ; 2008).

✓ **L'empreinte écologique**

Cet indicateur donne une mesure de la surface écologique productive nécessaire au maintien durable de la population à son niveau de vie actuel (fourniture d'énergies et matières premières, absorption des déchets avec les technologies existantes, services écologiques rendus par l'eau potable, les forêts...). L'empreinte écologique s'est alourdie au Maroc passant de 1 à 1,47 hectare global (hag) par habitant. Selon cet indicateur, depuis le début des années 2000, le mode de développement a ainsi été responsable d'une hausse marquée des pressions sur les ressources rapport (IFDD, 2013).

2.3. Indicateurs de vulnérabilité du Maroc

Les indicateurs de vulnérabilité du Maroc varient selon qu'il s'agisse de l'agriculture, du littoral, des forêts, de l'aspect de santé humaine et sont présentés dans le tableau n°2.

Tableau 2. Présentation des indicateurs de vulnérabilité du Maroc

Catégorie d'indicateurs	Indicateurs
Agriculture (Fortement tributaire du climat)	Les SAU destinées à l'agriculture pluviale (presque 83%) largement supérieures aux SAU pour l'agriculture irriguée (17%) ;
	Contribution de l'agriculture dans le PIB (l'agriculture : secteur principal d'emploi et de création de revenus contribue pour 13 à 23% du PIB selon les années) ;
	Le PIB agricole : fortement tributaire du climat ;
	L'occupation du sol (dominée par les céréales) dont le rendement est fortement corrélé avec la quantité et la répartition saisonnière des précipitations ;
	L'agriculture irriguée : sensible à travers sa dépendance des ressources en eau ;
	La production animale tributaire du climat liée à la production végétale des terres de parcours, elle-même fortement tributaire du climat) ;

	La sensibilité du rendement de certaine culture (arboriculture) à la température et plus précisément à la disponibilité en heures de froid ;
	La sensibilité des cycles de certains ravageurs de culture aux variations climatiques, fréquents au Maroc ;
Littoral (fortement sous pression anthropique)	Forte littoralisation (la concentration des activités socioéconomiques dans le littoral, aussi bien atlantique que méditerranéen) ;
	Le littoral fortement fragilisé ;
	La variation du niveau marin, dans différents segments côtiers, entraînant un retrait sensible du rivage soit par érosion ou par submersion ;
	L'intrusion des eaux marines conduisant à des formes de dégradation par salinisation dans des terrains étendus exploités par l'agriculture côtières ;
	Les ouvrages littoraux des aménagements portuaires, lagunaires et d'assainissement aussi vulnérables à l'élévation du niveau de la mer ;
	L'élévation du niveau de la mer ayant des conséquences sur l'environnement mais aussi sur différents secteurs de l'économie dont en particulier le tourisme et obligeant à des interventions (protection, réhabilitation) ;
Forêts (fortes pression)	La dynamique de la forêt marocaine se métamorphosant suite au recul des pluies : de la surface forestière et un changement de l'état dynamique à un état statique avec un équilibre très précaire.
Santé (système sanitaire presque défaillant)	L'abri des foyers des maladies risquant d'être aggravées par les changements climatiques : Paludisme, Bilharziose, Leishmaniose, ect.
	Les facteurs non climatiques favorables à la prolifération des maladies ; ✓ Infrastructure sanitaire, accès aux infrastructures de base, ect.

Source (Anonyme, 2009)

Ces quelques exemples montrent les indicateurs souvent utilisés au Maroc pour l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique.

2.4. Méthodologies d'études de vulnérabilité

L'étude de la vulnérabilité peut être conduite selon deux groupes pour les évaluations de celle-ci :

- ❖ Les méthodologies par composantes, comme celles des moyens d'existence qui analysent la vulnérabilité, les stratégies de substance des composantes ou encore les 'actifs' du développement (capital social, capital naturel, capital humain, capital financier, capital physique) ;
- ❖ Les méthodologies multi-échelles et multi-niveaux comme celle du diagnostic, de la prévision (pronostic) et des réponses ou celles de sensibilité, exposition, résilience, qui analysent la vulnérabilité et les stratégies et réponses d'adaptation à plusieurs

échelles des ressources et niveaux de prises de décisions. Dans la pratique, le choix des méthodologies, est non seulement lié aux cadres utilisés, mais aussi au contexte, au type et à la portée de l'évaluation (Brooks et Adger ,2003)

Le choix des méthodologies dans la pratique n'est pas lié forcément aux cadres utilisés, mais plutôt au contexte, au type et à la portée de l'évaluation (Winograd, 2006).

2.5. Quelques méthodologies d'analyse de vulnérabilité des écosystèmes : une revue de littérature

Chaque étude de vulnérabilité nécessite l'utilisation des méthodes afin d'analyser la vulnérabilité des écosystèmes pour se faire il y a un certain nombre de méthodes à savoir :

2.5.1. La Méthodologie commune.

La Méthodologie commune a pour objet de mesurer différents impacts causés par l'exposition d'un système aux risques naturels : pertes d'écosystèmes, de sites historiques et /ou touristiques, de terres, de biens et des vies dans des zones inondables et de déterminer jusqu'à quel point la remise en usage de certains systèmes nécessiterait des modifications dans l'occupation de l'espace et de nouvelles dépenses en investissement (Fouche et Cherizar,2005).Elle détermine ainsi les impacts en se basant sur des scénarios qui considèrent alternativement le fait qu'on mette en place des stratégies de réponse ou non , puis construit sur cette base un profil de vulnérabilité qui varie sur une échelle relative à quatre niveaux : faible , moyen ,élevé et critique .Cependant, en l'analysant d'une façon plus approfondie , la Méthodologie commune mettre l'accent en particulier sur les mesures de protection au lieu de considérer l'ensemble des mesures (techniques , institutionnelles , économiques et culturelles) d'adaptation.

2.5.2. L'US country program

Préparé par Leathermn et Yohe (1996), l'US country Program est une approche globale d'évaluation de vulnérabilité. Cette approche emprunte certains éléments à la Méthodologie commune et leur adjoint un module d'analyse financière pointu.

2.5.3. Le Manuel du Programme des Nations Unies pour l'Environnement

L'IPCC a développé des lignes directrices servant de guide à l'évaluation des impacts des changements climatiques et au développement de mesures d'adaptation (Carter et al ; 1994 b).Ces lignes offrent un cadre générique d'analyse destiné à être appliqué à n'importe quel système naturel ou socioéconomique qui pourrait avoir à subir les

conséquences des variations climatiques. Le programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a ensuite adapté ces directives, les a renforcées pour en faire un manuel dont l'objectif est de permettre des études de la vulnérabilité de neuf systèmes physiographiques et socioéconomiques. Le manuel du PNUE permet de considérer un éventail plus large de scénarios. Ces scénarios sont basés sur des changements climatiques et non climatiques divers en distinguant nettement les scénarios purement environnementaux de ceux à dominante socioéconomique, ce qui le rend très flexible. Cette flexibilité de mise en application lui permet d'examiner l'importance relative d'un ensemble de scénarios de changements climatiques incluant le phénomène étudié.

Dans l'utilisation du Manuel, Klein et Nicholis (1998) recommandent d'adopter une approche itérative afin de construire progressivement l'ensemble des données qui font souvent défaut dans les analyses de ce type. Ils suggèrent en ce sens de considérer trois niveaux d'analyse croissants en complexité : reconnaissance et acquisition de données (SCREENING ASSESSMENT, SA) ; analyse de Vulnérabilité (Vulnerability Assessment, VA) et Planification (Planning Assessment, PA) comme mentionné dans le tableau n°3.

Tableau 3. Niveaux d'analyse de vulnérabilité des écosystèmes (Adapté de Klein et Nicholis, 1998).

Niveau d'analyse	Paramètres d'Analyse		
	Temps (mois)	Niveau de détail	Information requises (analyses préalables)
Reconnaissance (SA)	3	faible	aucune
Analyse vulnérabilité (AV)	6-12	Moyen	Moyennes (SA ou VA)
Planification	Processus commun	Elevé	Elevée

De ce tableau, il ressort que plusieurs paramètres peuvent permettre d'analyser la vulnérabilité d'un écosystème et que mieux l'information collectée est adéquate détaillé quand le temps d'analyse est long.

Dans le cadre d'un pays, l'étude devrait commencer par la « reconnaissance » dont les résultats peuvent être utilisés pour une analyse plus profonde de la vulnérabilité qui

fournira les éléments généraux d'informations concernant les impacts à craindre et les mesures d'adaptation à adopter.

2.5.4. La Méthodologie des Iles du Pacifique Sud (MIPS) : une approche indicielle

La rareté de certaines informations de base, la caractéristique principale des économies (de subsistance) des petites îles pacifique Sud, de même que l'aménagement de leur territoire, ne facilitent pas l'utilisation de méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes comme la méthodologie commune ou le Manuel du PNUE. Certains analystes ont, de préférence, développé une approche indicielle qui a été utilisée avec succès pour ces endroits (Kay et Hay 1993 ; Yamada et al.1995).

Afin de ressortir les avantages et les inconvénients des utilisations de l'une ou l'autre de ces méthodologies, une comparaison a été faite (Annexe1).

2.6. Outils d'études de vulnérabilité

Les démarches pour étudier la vulnérabilité des écosystèmes aux changements climatiques via d'outils tiennent compte de la mise en place d'un processus rigoureux, qui, permette d'utiliser les méthodes appropriées pour évaluer la situation et situer ces outils et l'information dans un contexte pertinent pour les politiques et leur mise en œuvre (Kelly and Adger ,2000).Dans la pratique , cela signifie qu'il est nécessaire que la vulnérabilité soit défini de manière adéquate (O'brien et al ; 2004). Après avoir choisi à cet effet le cadre et la méthodologie, l'étape d'après est la sélection des outils appropriés capables de permettre de mener à bien l'étude de la vulnérabilité.

2.6.1. Outils habituels d'étude de vulnérabilité

La figure n°2 ci-dessous, qui n'est pas exhaustive, présente les principaux outils qui sont disponibles en fonction, de l'échelle de l'étude en question (globale, régionale, nationale ou locale)-représentées en ordonné-et des étapes du processus (évaluation de la vulnérabilité- évaluation de l'adaptation) – représentées en abscisse (Winograd, 2006).Elle montre que les outils utilisés différent selon l'échelle de l'étude.

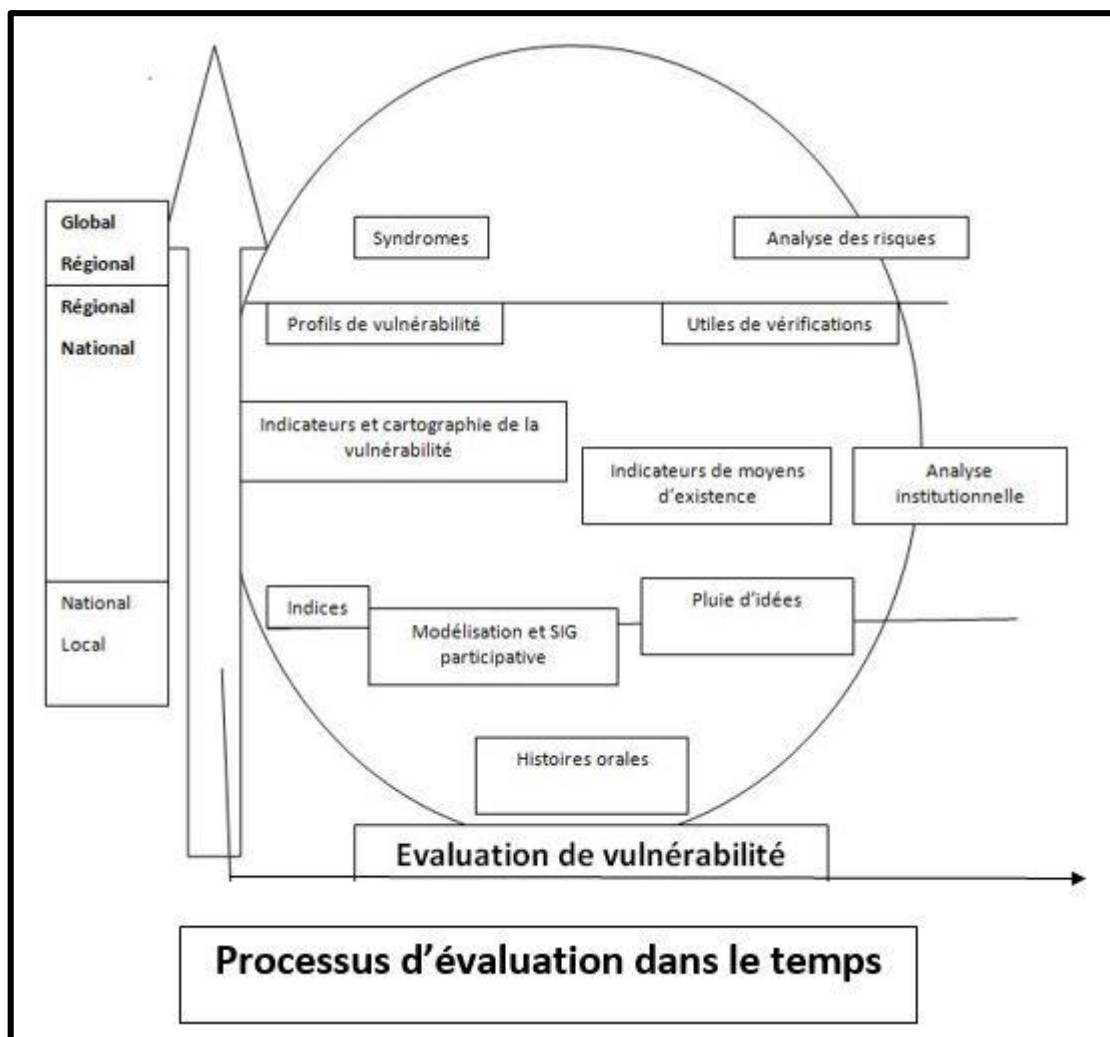


Figure 2. Outils pour l'étude de la vulnérabilité en fonction des échelles et du processus (adaptée de Dowling et Ziervodell, 2004).

Les efforts pour étudier la vulnérabilité doivent prendre en compte le contexte et les processus qui permettent la participation des acteurs. En effet, ceux-ci sont les plus vulnérables et c'est eux qui doivent s'adapter; il est donc nécessaire de les consulter pour comprendre leurs contraintes et leurs besoins, connaître leurs perceptions et leurs connaissances (Downing et Ziervogel, 2004).

Les histoires orales et les groupes focaux par exemple, sont des outils adaptés pour rechercher et analyser, de manière participative, la vulnérabilité et connaître la perception des acteurs à l'échelle locale (individus, familles, villages). Si en revanche, l'évaluation de la vulnérabilité doit être menée à des échelles spatiales plus grandes, telle que l'échelle municipale, département ou nationale, des outils comme les indicateurs de moyens d'existence peuvent aider à distinguer et analyser les typologies et caractéristiques des

groupes les plus caractéristiques en matière de risques et de vulnérabilité (Dilley et al ; 2005).

Il ressort de la figure que les études de vulnérabilité varient également selon le niveau. Il en va de même pour les outils d'évaluation. En effet, la répartition de ces outils a été faite selon leur efficacité et du niveau de décision. C'est ce qui fait d'ailleurs que les indicateurs par exemple ont été catégorisés au niveau régional, national, mais leur emploi au niveau local n'est pas proscrit.

C'est le cas avec le modèle EVI (Environmental Vulnerability Index) qui utilise des indicateurs et qui permet l'évaluation de la vulnérabilité au niveau local comme national avec la particularité que les décisions relatives au niveau local relèvent d'un système de gestion beaucoup plus large et ne se limitent pas uniquement au niveau local (exemple de la gestion d'un bassin versant, d'un barrage).

2.7. Autres outils d'études de vulnérabilité

2.7.1. Cartographie –Indicateurs

Comme autres types d'outils d'évaluation, les indicateurs et la cartographie de la vulnérabilité peuvent être les outils les plus appropriés pour l'évaluation à différentes échelles spatiales. L'utilisation de Systèmes d'Information Géographique (SIG), d'indicateurs et d'indices peut permettre de cartographier la vulnérabilité et ainsi d'identifier des « points chauds » de vulnérabilité pour différentes catégories de ressources ou différents groupes d'individus et ceci aux niveaux local, national ou régional (Downing et al ; 2005).

En effet, la télédétection (Remote Sensing ou RS) et les systèmes d'informations géographiques (Geographic Information System ou SIG) constituent un outil pour l'évaluation environnementale à une échelle macroscopique (Krivtsov, 2004 ; Macmillan et al ; 2004 ; Store et Jokimä, 2003). Une caractéristique importante de la RS et SIG est la capacité de produire de nouvelles informations en intégrant les ensembles de données diverses existants partageant un système de référence spatial (Goudchild ,1993). La présentation d'études de vulnérabilité pour la protection de l'environnement dans une région sous forme de cartes est idéale en utilisant les SIG, méthodes dans lesquelles les informations sous forme de couches multiples peuvent être intégrées à travers des combinaisons différents.

Bien que la RS et la technologie SIG aient déjà été largement utilisés pour évaluer le risque écologique régional (Gaudet, 1994 ; XU et al ; 2004), la dégradation environnementale (Bastin et al ; 1995 ; Holm et al ; 2003), et les changements de paysage (Gobster et al ; 2000 ; Gustafson et al ; 2005), les études s'orientant vers les études de la vulnérabilité environnementale régionale sont limités.

2.7.2. Indices

Considérés comme des signes apparents marquant l'existence, la probabilité d'une chose, les indices sont, pour la plupart du temps, des chiffres permettant d'exprimer le niveau et le degré de probabilité d'un événement.

Différents indice permettent d'exprimer la vulnérabilité des écosystèmes aux changements climatiques. La raison d'utilisation de ces indices est de fournir une méthode rapide et standardisée pouvant conduire à la caractérisation de la vulnérabilité dans un sens complet et identifier les questions qui peuvent être catégorisées dans chacun des trois piliers de durabilité, dont les aspects dans le développement d'un pays sont : environnementaux, économiques et sociaux (SOPAC, 2005).

2.7.2.1. Indices existants

Gestion de l'environnement et développement durable

Les indicateurs du développement durable

Ce projet qui vise à élaborer un indice de développement durable a été présenté lors du sommet mondial sur le développement durable qui s'est tenu à Johannesburg. Il est fondé sur un ensemble d'indicateurs mis au point par la commission des Nations Unies sur le développement durable (CDD) qui comprend 19 indicateurs sociaux , 20 environnementaux 14 économique et 8 institutionnels. La dernière version, dite RioJo, permet d'établir une comparaison entre la situation qui prévalait pendant la tenue du sommet de Rio en 1992, et la situation actuelle du développement durable à travers le monde.

L'Indice de durabilité de l'environnement

Cet indice vise à mesurer l'ensemble des progrès accomplis au niveau mondial en matière de durabilité de l'environnement. Couvrant actuellement quelque 142 pays, l'évaluation menée en 2002 dans le cadre de l'ESI s'est basée sur 20 indicateurs principaux. L'ESI

mesure les succès réalisés par chaque pays quant au respect des cinq principaux indicateurs du système de l'environnement : réduction de la tension, réduction de la vulnérabilité de l'Homme, capacité sociale et institutionnelle et sauvegarde du patrimoine naturel mondial.

L'Evaluation des écosystèmes en début de millénaire

L'évaluation des écosystèmes en début de millénaire analyse la capacité d'un écosystème à fournir les biens et les services nécessaires au développement humain. Le plus important centre d'intérêt est l'écosystème lui-même. Cet indice a été mis en place pour mesurer la capacité des écosystèmes à fournir différents biens et services et évaluer les compromis entre eux.

L'Indice de performance environnementale

L'indice de performance environnementale (IPE) qui a été élaboré en 2002, permet d'établir des comparaisons entre les efforts déployés par les différents pays pour atteindre un ensemble précis d'objectifs ayant trait aux qualités de l'air et de l'eau, aux changements climatiques et à la durabilité des écosystèmes. L'IPE permet également de mesurer les progrès accomplis en vue d'atteindre les objectifs immédiats qui ont été fixés par les politiques nationales, et d'évaluer la performance environnementale. Il sert en outre à identifier les performances qui peuvent nécessiter des interventions ou des enquêtes.

Développement humain durable

L'indice du développement humain

L'indice du développement humain (IDH) qui a été créé par le PNUD, évalue les réalisations des pays relatives aux trois aspects du développement humain : l'espérance de vie, le taux de scolarisation et les conditions de vie. Bien qu'il soit un instrument utile, cet indice ne suffit pas pour évaluer le niveau de développement des pays. Pour arriver à dresser le tableau général du développement humain dans un pays donné, il faudrait se baser sur d'autres indicateurs de développement humain et disposer de plus d'informations.

L'indice de pauvreté humaine

L'indice de pauvreté humaine dans les pays en développement (IPH-1), mis en place par le PNUD, évalue les reculs et les privations notées quant aux trois paramètres du

développement humain (espérance de vie, taux de scolarisation et conditions de vie). L'indice de pauvreté Humain dans les pays industrialisés (IPH-2) ajoute à ces trois paramètres l'exclusion sociale. De nombreux rapports nationaux sur le développement humain appliquent l'IPH aux régions et aux groupes linguistiques pour identifier les régions où les groupes sociaux sont les plus défavorisés du pays en termes de pauvreté. Les résultats obtenus de ces études qui peuvent être surprenants, créent des débats nationaux et contribuent à réexaminer les politiques suivies dans ce domaine.

L'indice d'insécurité humaine

IL s'agit d'un système de classification des pays selon le niveau de vulnérabilité et d'insécurité de chacun. Cet indice se base sur les indicateurs utilisés pour l'évaluation du développement humain, même si les indicateurs de bien-être humain et les indicateurs sociaux présentent de nombreuses similarités.

✚ .Réduction des risques de catastrophe et gestion de l'environnement

L'Indice de pénurie d'eau

Cet indice évalue la répartition des ressources en eau dans le monde en examinant tant les facteurs physiques que socio-économiques qui contribuent aux pénuries de cette ressource naturelle. L'élaboration de l'indice est fondée sur six variables qui déterminent le niveau de pénurie d'eau : ressources, accès, capacités, utilisation, données environnementales et données géospatiales. La majorité de la moitié des 147 pays qui disposent de données relativement complètes, sont soit développés soit en voie de développement.

L'indice de vulnérabilité de l'environnement

L'indice de vulnérabilité de l'environnement (EVI ou Environmental Vulnerability Index) qui est élaboré par la commission océanique de recherche Géoscientifiques Appliquées (SOPAC) fait partie des premiers projets qui ont été mis en place pour se concentrer aussi bien sur la gestion environnementale que sur les décisions ont une incidence sur l'environnement.

L'indice utilise 50 indicateurs pour évaluer la vulnérabilité de l'environnement à l'échelle nationale, mais également local. Il a été élaboré pour configurer la vulnérabilité de l'environnement des pays, et pour mesurer le degré d'exposition de l'environnement aux

dégâts et à la dégradation. Cet indice ne porte pas sur la vulnérabilité de l'environnement social, culturel ou économique.

Dans ce travail, on a utilisé l'EVI pour analyser les informations collectées pour le bassin versant de l'ourika et ressortir la part des indicateurs dans la vulnérabilité des écosystèmes présents dans le bassin versant.

Chapitre 3. Indice de Vulnérabilité Environnementale : 'Environmental Vulnerability Index' (EVI)

3.1. Introduction

Si le changement climatique ou l'évolution de la biodiversité sont difficiles à mesurer, que peut-on dire à propos des interactions entre les pratiques humaines et les dynamiques naturelles? Ces interactions ne peuvent être approchées qu'avec des indicateurs, souvent très indirects. C'est le cas de l'indice de vulnérabilité environnementale.

3.2. Indice de vulnérabilité de l'environnement

L'indice de vulnérabilité de l'environnement (EVI) qui est élaboré par la Commission Océanienne de recherches géoscientifiques appliquées (SOPAC) fait partie des premiers projets qui ont été mis en place pour se concentrer aussi bien sur la gestion environnementale que sur les décisions qui ont une incidence sur l'environnement. L'indice de vulnérabilité environnementale est un outil important pour les responsables gouvernementaux, les chercheurs, les écologistes, et les organismes environnementaux, qui tentent de mesurer l'état de l'environnement par rapport à un point de référence prédéterminé. Il aide aussi à mettre en évidence les zones de préoccupation au sein de l'environnement, pour une gestion plus efficace de ces ressources. C'est un indice composite de vulnérabilité humaine et environnementale. Il utilise 50 indicateurs qu'on appelle « smart indicators » ou « end-points » qui visent à capturer un grand nombre d'éléments dans un système interactif complexe, il est suffisamment souple pour être appliquée à tous les niveaux (région, pays, province ou plus petite zone à condition d'existence des données à ce niveau).

L'EVI tente de résumer une grande variété de données sur la vulnérabilité environnementale pour une région. Les données nécessaires englobe un éventail de facteurs environnementaux à partir des: données climatiques, température de surface de la mer, information géologique et géographique, espèces biologiques et les données de l'habitat, réserves, activités humaines, population, législation, aspects de santé humaine, etc.

La nature diverse et variée de ces données signifie que les sources sont très dispersées et nécessitent souvent des efforts pour identifier, collecter et compiler des informations nécessaires pour les calculs de la vulnérabilité environnementale.

L'indice utilise 50 indicateurs pour évaluer la vulnérabilité de l'environnement à l'échelle nationale. Il a été élaboré pour configurer la vulnérabilité de l'environnement des pays, et pour mesurer le degré d'exposition de l'environnement aux dégâts et à la dégradation. La description succincte des indicateurs est fournie en annexes 7.

Il y a trois aspects distincts reconnaissables de la vulnérabilité pour les aspects environnementaux, économiques et sociaux des régions, qui doivent tous être évalués pour donner une idée générale des questions en jeu. Ce sont les risques liés aux aléas, à la résistance et à la vulnérabilité acquise (dommage). Le premier aspect a trait à la probabilité des risques en jeu, tandis que les deux derniers aspects sont liés à la capacité de l'environnement à supporter les effets des risques. Dans EVI, les indicateurs ont été spécialement choisis, sur la base de jugement d'experts, pour garantir que l'information sur ces trois aspects soit incorporée dans la vulnérabilité globale du pays ou du site étudié. Il y a 32 indicateurs de risques, 8 de résistance et 10 qui mesurent les dommages. Les indicateurs de risques liés à la fréquence et l'intensité des phénomènes de hasards. Les indicateurs de la résistance réfèrent aux caractéristiques intrinsèques de la région qui aurait tendance à la rendre plus ou moins capable de faire face aux risques naturels et anthropiques. L'hypothèse sous-jacente est que plus les écosystèmes d'une région sont dégradés (en raison de l'exposition aux dernières catastrophes naturelles et anthropiques), plus la région est susceptible d'être vulnérables aux risques futurs.

Les indicateurs ont été également sélectionnés pour assurer une bonne diffusion de l'information entre les différents éléments qui composent et / ou affectent les écosystèmes. Des indicateurs sur les conditions météorologiques et climatiques (6 indicateurs), de la géologie (4), la géographie (6), des ressources de l'écosystème et les services (28) et les populations humaines (6) ont été choisis pour assurer une bonne action transversale des processus écologiques, y compris les interactions de l'homme survenant dans la région.

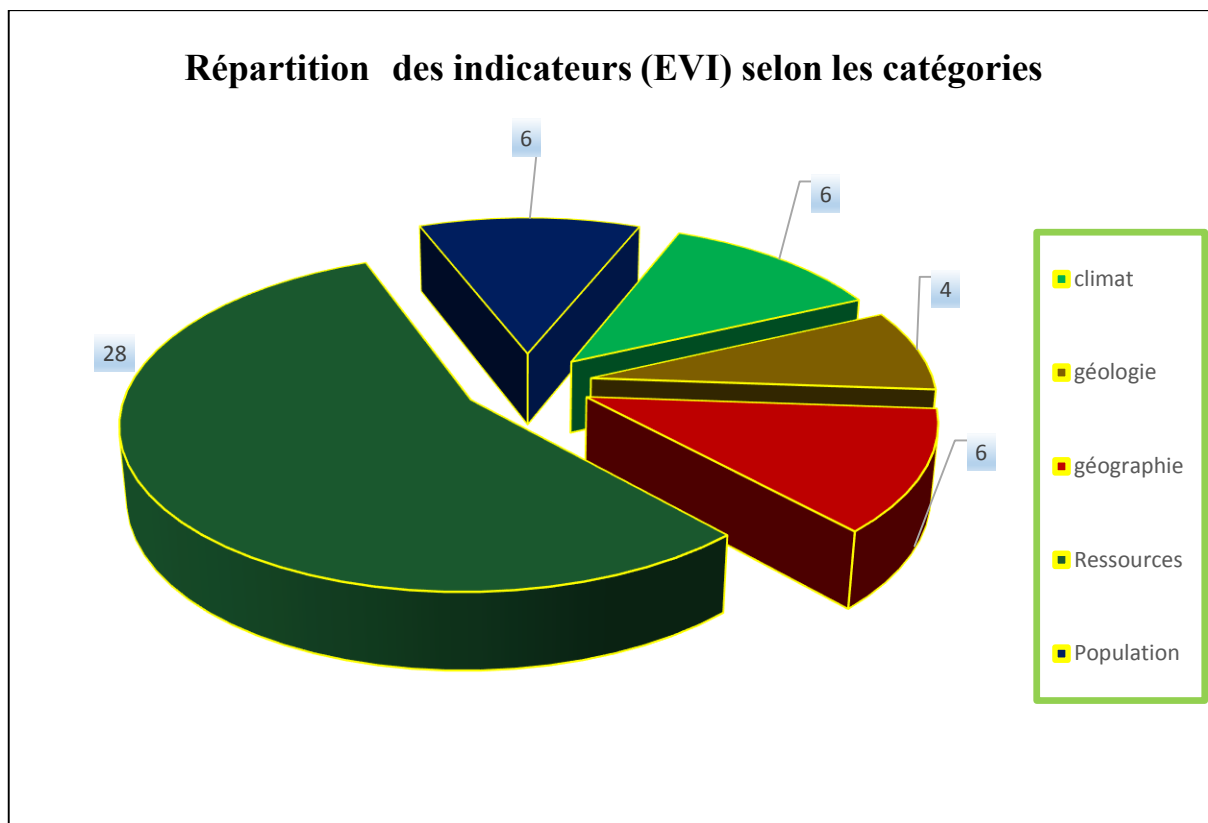


Figure 3. Nature des indicateurs de l'EVI

Tableau 4. Les 50 indicateurs EVI sont regroupés en catégories, aspects et sous indices.

	EVI	category	aspects	Sub-index						
				CC	D		AF	W	CCD	CBD
1	Vitesse du vent	Climat	Hazards	CC	D				CCD	
2	Périodes sèches	Climat	Hazards	CC	D		AF	W	CCD	
3	Périodes humides	Climat	Hazards	CC	D		AF	W	CCD	
4	Périodes chaudes	Climat	Hazards	CC	D				CCD	
5	Périodes froides	Climat	Hazards		D				CCD	
6	Température de surface de la mer ou de l'océan	Climat	Hazards	CC			AF			CBD
7	Indice d'explosivité de volcans	géologie	Hazards		D					
8	Tremblement de terre	géologie	Hazards		D					
9	Tsunamis	géologie	Hazards		D					
10	Glissement de terrains	géologie	Hazards		D					
11	Surface terrestre totale	géographie	Resistance	CC						CBD
12	Dispersion de la région	géographie	Resistance	CC						CBD
13	Isolation	géographie	Resistance							CBD

14	Relief	géographie	Resistance	CC					CCD	CBD
15	Terres basses	géographie	Resistance	CC					CCD	CBD
16	Frontières	géographie	Resistance							CBD
17	Déséquilibre des écosystèmes	Resources & services	Damage				AF			CBD
18	Ouverture environnementale	Resources & services	Hazards				AF			CBD
19	Migrations	Resources & services	Resistance				AF			CBD
20	Endémisme	Resources & services	Resistance							CBD
21	Introduction	Resources & services	Damage				AF			CBD
22	Espèces en danger	Resources & services	Damage							CBD
23	Extinction	Resources & services	Damage				AF			CBD
24	Couverture végétale	Resources & services	Damage	CC			AF	W	CCD	CBD
25	Perte de couverture	Resources & services	Hazards				AF	W	CCD	CBD
26	Fragmentation des habitats	Resources & services	Damage				AF			CBD
27	Dégradation	Resources & services	Damage					W	CCD	
28	Réserves terrestres	Resources & services	Hazards				AF	W		CBD
29	Réserve marines	Resources & services	Hazards				AF			CBD
30	Agriculture intensive	Resources & services	Hazards				AF	W		
31	Fertilisants	Resources & services	Hazards			HH	AF	W		
32	Pesticides	Resources & services	Hazards			HH	AF			
33	Biotechnologie	Resources & services	Hazards				AF			
34	Production de pêche en surplus	Resources & services	Hazards				AF			
35	Effort de pêche	Resources & services	Hazards				AF	W		
36	Eau renouvelable	Resources & services	Hazards			HH	AF		CCD	
37	Emission de Dioxyde de soufre	Resources & services	Hazards			HH				

38	Production perdu	Resources & services	Hazards							
39	Traitement de déchets	Resources & services	Hazards			HH		W		
40	Industrie	Resources & services	Hazards							
41	Déversement	Resources & services	Hazards							
42	Exploitation minière	Resources & services	Hazards							
43	Système sanitaire	populations humaines	Hazards			HH		W		
44	Véhicules	populations humaines	Hazards							
45	Population	populations humaines	Damage	CC	D			W		
46	Taux d'accroissement	populations humaines	Hazards					W		
47	Touristes	populations humaines	Hazards							
48	Habitations côtières	Human & populations	Damage	CC	D					
49	Accords environnementaux	populations humaines	Hazards							
50	Conflits	populations humaines	Damage							

Source (SOPAC, 2003)

Avec : CC= changement climatique, CBD= Biodiversité, W= Eau, AF= Agriculture et pêche, HH= la santé humaine, CCD= Désertification, D= l'exposition aux catastrophes naturelles

Les indicateurs environnementaux sont de nature hétérogène, ils comprennent des variables pour lesquelles les réponses sont quantitatives, qualitatives et à différentes échelles (linéaire, non linéaire, ou avec différents alignements). Ces indicateurs ont différentes unités de mesure, par conséquent pour être en mesure de les agréger en une valeur globale, il est exigé de convertir tous ces derniers sur une échelle de vulnérabilité environnementale commune. Cette échelle est relative allant du score 1 moins vulnérable (plus résilient) au score 7 plus Vulnérable (moins résilient) (figure 4) (Anonyme, 2003).

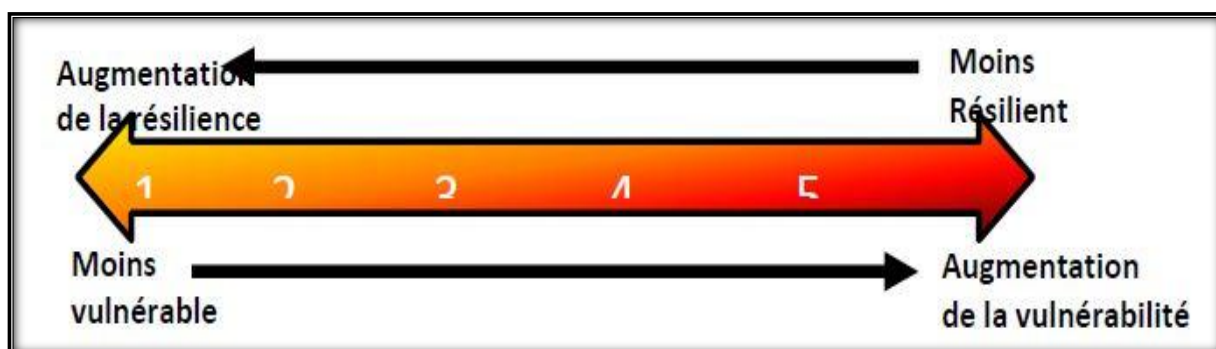


Figure 4. Echelle relative de degré de vulnérabilité allant du score 1 moins vulnérable (plus résilient) au score 7 plus vulnérable (moins résilient).

Les résultats de l'EVI pour les régions sont organisés en une seule page, représentant le profil de la région et fournissant un dense bulletin d'information (fig.13). L'information disponible sur le rapport comprend un score global de l'EVI en points, avec un pourcentage des données sur lesquelles il a été calculé et une classification de la vulnérabilité globale. Le classement, ci-dessous (fig. 5), identifie rapidement le degré de vulnérabilité de la région

Extrêmement vulnérable	365+
Hautement vulnérable	315+
Vulnérable	265+
À risque	215+
Résistant	<215

Figure 5. Le score global de l'EVI en points

3.3. Expériences étrangères

L'EVI a été largement appliqué au sein du globe mais surtout à l'échelle nationale (figure 6). Son application à l'échelle régionale se heurte souvent au non disponibilité de données nécessaires pour mener convenablement une analyse de vulnérabilité. Il est rare, voire exceptionnel, que la totalité des données pour les 50 indicateurs soit disponibles ou applicables pour une seule région. L'absence ou le non applicabilité De données pour une région n'altère pas le calcul. La valeur moyenne et donc le score de L'EVI ne prend en considération que les données introduites. Cette flexibilité, néanmoins Considère que 80 % de données doivent être disponibles pour tirer profit et interpréter avec sécurité les résultats (Kaly et al. 2003). Les régions ayant moins de 80% de données ne sont pas pour autant écartées des études, mais doivent être interprétées avec précaution et discutées pour

la raison de manque de données et peuvent même constituer un atout pour développer des bases de données pour cette région (Rochdane, 2013).

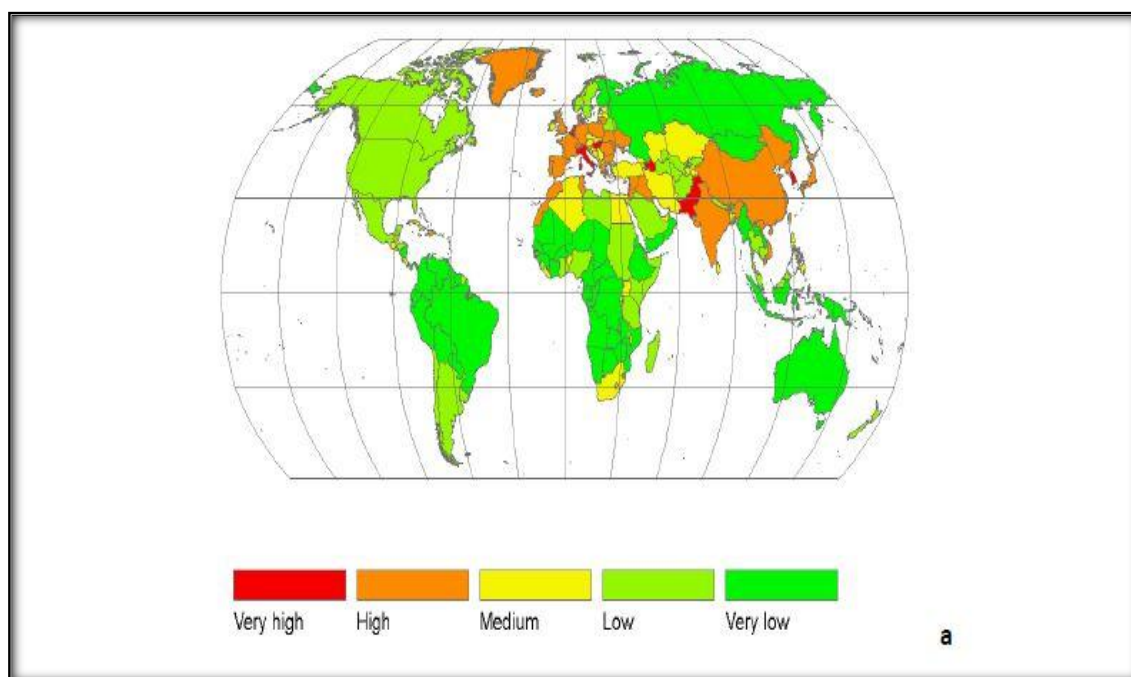


Figure 6. Carte globale du sous-indice CC de l'indice de vulnérabilité environnementale (CC-EVI) (Kaly et al. 2003).

Il ressort de cette figure que l'EVI a classé le Maroc comme un pays à vulnérabilité élevée en 2003, suite à l'état dégradé de son environnement, mais actuellement Le Maroc a consentis beaucoup d'effort en matière de protection et de préservation de l'environnement en vue de réduire cette degré de vulnérabilité en élaborant des stratégies qui visent la protection et la préservation de l'environnement à l'échelle du pays.

3.4. Atouts et faiblesses de l'EVI

L'EVI étant agrégatif permet l'estimation des vulnérabilités-clés potentielles pour chaque région. L'indice de vulnérabilité est suffisamment souple pour être appliquée à n'importe quelle échelle. L'EVI été conçu pour être souple à la gamme de conditions dans le monde entier et de fournir une évaluation de la vulnérabilité globale de l'environnement d'une région. Il est axé sur les risques de dommages à l'environnement naturel dans la mesure où l'environnement naturel est le fondement des structures économiques et sociales d'une région (SOPAC, 2005).

En tant que tel l'indice de vulnérabilité est un aspect essentiel pour une meilleure compréhension de l'environnement et des influences des variables sociales et économiques sur la durabilité, et est nécessaire pour compléter l'information sur l'empreinte écologique et l'état de l'environnement. En outre, l'EVI utilise un système de notation mis au point pour permettre aux chercheurs d'évaluer instantanément la vulnérabilité globale ou sectorielle d'une région, et en termes d'aspects particuliers des risques à des aléas; les caractères intrinsèques; les dégâts du passé et des influences de la météorologie, des événements géologiques, la biodiversité et des facteurs anthropiques.

L'attribution d'une valeur de vulnérabilité à un indicateur (1 à 7) est basée sur la notion de seuil. Les points de déclenchement ne sont pas connus pour de nombreux indicateurs, mais le cadre décrit ici nous oblige à penser en ces termes et de trouver des valeurs de déclenchement approprié avec d'autres recherches. La base de données est certainement lourde, 30 années de données climatiques sont nécessaires pour valider la valeur de l'indice. Il est intéressant et important de souligner que cette même base de données peut être transférée dans n'importe quel programme pour générer des scénarios climatiques de la région. Cette même base peut être exploitée, indépendamment de l'EVI pour d'autres besoins.

Les résultats et données de l'EVI peuvent être couplés avec des outils d'aide à la décision tel que CRiSTAL (Outil d'identification des risques au niveau communautaire – Adaptation et moyens d'existence) pour promouvoir la réduction des risques et l'adaptation aux changements climatiques dans les projets communautaires. La force de l'EVI réside également dans le fait qu'il fournit simultanément la valeur globale de la région, sous forme d'une moyenne des indicateurs ainsi que la valeur de chaque indicateur isolément et les valeurs des sous indices. Ces sous-indices englobent les secteurs pour lesquels le Maroc accorde une importance particulière dans l'ensemble de sa politique envers la question des changements climatiques : le changement climatique, les dommages, la biodiversité, l'eau, l'agriculture, les aspects de la santé humaine, la désertification, et l'exposition aux catastrophes naturelles.

Les limitations de l'approche globale EVI comprennent ceux qui sont associés à l'utilisation d'indicateurs et d'indices, à savoir la simplification d'une réalité complexe et intrinsèquement il n'existe aucun moyen direct pour valider les indices composés d'indicateurs disparates. Parce que les sous-composantes sont exprimées par une

composante principale moyenne, l'approche d'indexation ne tient pas compte de la variance entre les indicateurs étudiés. En outre, la sélection des sous-composants et l'attribution de la directionnalité du moins au plus vulnérables implique un jugement normatif (Vincent, 2007).

3.5 Justification du choix de l'EVI par rapport aux autres alternatives

L'EVI est avant tout un outil qui contribuera à la stimulation de l'échange de réflexions et la collaboration entre scientifiques, acteurs politiques et ONGs, ainsi qu'entre différentes institutions à l'échelle régionale et nationale.

C'est aussi un exercice pour approfondir la réflexion sur les thèmes d'actualité relatifs au CC afin d'orienter le débat politique et privilégier la question des interactions entre acteurs/activités, tant dans l'espace (partage des ressources entre usages, ...) que dans le temps (transition d'une situation à une autre, intégration du long terme pour la planification,...), et des moyens d'ajustement correspondants (y compris via les systèmes de gouvernance).

En outre, l'EVI utilise un système de notation mis au point pour permettre aux utilisateurs d'évaluer instantanément la vulnérabilité globale ou sectorielle d'une région, et en termes d'aspects particuliers des risques à des aléas, les caractères intrinsèques, les dégâts du passé et des influences de la météorologie, des événements géologiques, la biodiversité et des facteurs anthropiques.

L'attribution d'une valeur de vulnérabilité à un indicateur (1 à 7) est basée sur la notion de seuil. Les points de déclenchement ne sont pas connus pour de nombreux indicateurs, mais le cadre décrit ici nous oblige à penser en ces termes et de trouver des valeurs de déclenchement approprié avec d'autres recherches. L'EVI est un outil précieux qui vise à assurer le futur en montrant aux décideurs et aux gestionnaires comment ajuster et à adapter leurs actions visant à réduire la vulnérabilité de l'environnement d'une région. Une valeur d'un indicateur pour laquelle nous sommes vulnérables aujourd'hui ne sera pas considérée comme tel dans cinq ans. Cette possibilité de modifier les seuils dans la feuille de calcul fait de l'EVI un outil capable de tracer la dynamique de la vulnérabilité à travers le temps en réponse non seulement à l'exposition mais aussi à la capacité d'adaptation.

- Facilité : ne nécessite pas de technicien car facile à utiliser et à interpréter
- Durabilité : les répétitions de calcul toutes les 5 années
- Fournit plusieurs sorties à la fois un profil général, des profils pour chacun des 7 sous-indices et les contributions de tous les indicateurs utilisés.
- A la différence des autres méthodes l'EVI est souple et peut fournir des profils de vulnérabilité à partir de 80% de données, alors que la majorité des indices exigent 100% pour une évaluation de la vulnérabilité.
- La base de données est certainement lourde, 30 années de données climatiques étant nécessaires pour valider la valeur de l'indice. Il est intéressant et important de souligner que cette même base de données peut être transférée dans n'importe quel programme pour générer des scénarios climatiques de la région (par ex SDSM). Cette même base peut être exploitée, indépendamment de l'EVI pour d'autres besoins.

- L'EVI malgré certaines limites qu'il présente, constitue un bon outil qui se distingue de l'ensemble des autres indices par la flexibilité de son utilisation mais surtout par le fait qu'il possède une durée de vie limitée, ce qui signifie que les utilisateurs doivent alimenter la base de données régulièrement pour suivre l'évolution des différents indicateurs d'une part et pour vérifier aussi l'impact des actions d'adaptation prises sur l'atténuation des différents moteurs et facteurs induisant la vulnérabilité .
- Les résultats et données de l'EVI peuvent être couplés avec des outils d'aide à la décision tel que CRiSTAL (Outil d'identification des risques au niveau communautaire – Adaptation et moyens d'existence) pour promouvoir la réduction des risques et l'adaptation aux CC dans les projets communautaires.
- La force de l'EVI réside également dans le fait qu'il fournit simultanément la valeur globale de la région, sous forme d'une moyenne des indicateurs ainsi que la valeur de chaque indicateur isolément et les valeurs des sous-indices. Ces sous-indices englobent les secteurs pour lesquels le Maroc accorde une importance particulière dans l'ensemble de sa politique envers la question des CC : le CC, les dommages, la biodiversité, l'eau, l'agriculture et la pêche, les aspects de la santé humaine, la désertification, et l'exposition aux catastrophes naturelles.

Partie II: Zone d'étude et Approche méthodologique

Chapitre 4. Zone D'étude

4.1. Introduction

Le bassin versant de l'Ourika est apparu pertinent pour évaluer la vulnérabilité des Ressources naturelles pour plusieurs raisons:

- Cette région est très fragilisée du point de vue environnemental (forte pression anthropique sur le milieu, déforestation, dégradation des sols, exposition aux catastrophes naturelles est très particulièrement aux risques des inondations etc.).
- Le milieu montagnard a été aussi choisi pour faire ressortir la nécessité urgente de stratégies d'adaptation au changement climatique qui atténuent le risque de catastrophe en montagne.

4.2. Situation générale du BV de L'Ourika

4.2.1. Situation géographique

L'étude a concerné le bassin versant de l'Ourika. Ce bassin est situé dans le Haut Atlas central, dit aussi Atlas de Marrakech et qui constitue un sous bassin atlasique du grand bassin versant du Tensift.

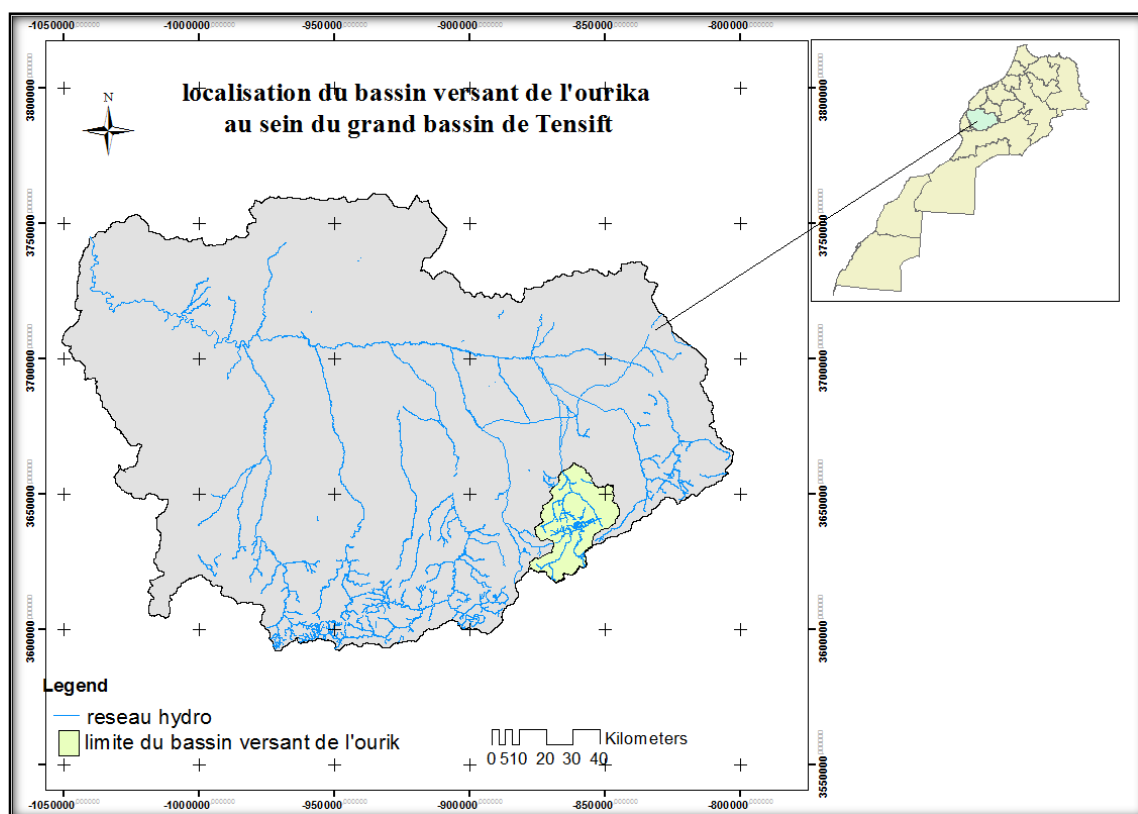


Figure 7. Situation géographique du bassin versant de l'Ourika

Ce bassin s'étend sur une superficie de 576 km². Il est localisé entre les latitudes 31° et 31°21' Nord et les longitudes 7°30' et 7°60' Ouest. Il est limité au Sud par le haut bassin de l'Oued Souss, au Nord par la plaine du Haouz, à l'Est par le bassin versant de Zat et à l'Ouest par le bassin versant de la Rhéraya (Saidi et al ; 2006).

4.2.2. Situation administrative

Le BV fait partie de trois provinces selon la (DREF-H A, 2000) :

- ✓ Les 9/10ème de sa superficie font partie de la province d'Al Haouz,
- ✓ Le reste fait partie des provinces d'Ouarzazate et de Taroudant.

D'après le découpage administratif de 1994, le BV de l'Ourika s'étend sur neuf communes rurales (figure 8):

- ✓ Province d'Al Haouz : Communes d'Iguerferouane, Ourika, Tighdiouine, Setti Fadma et Oukaimden,
- ✓ Province d'Ouarzazate : Communes de Igherem, N'Ougdal et Tidili,
- ✓ Province de Taroudant : Commune de Toubkal.

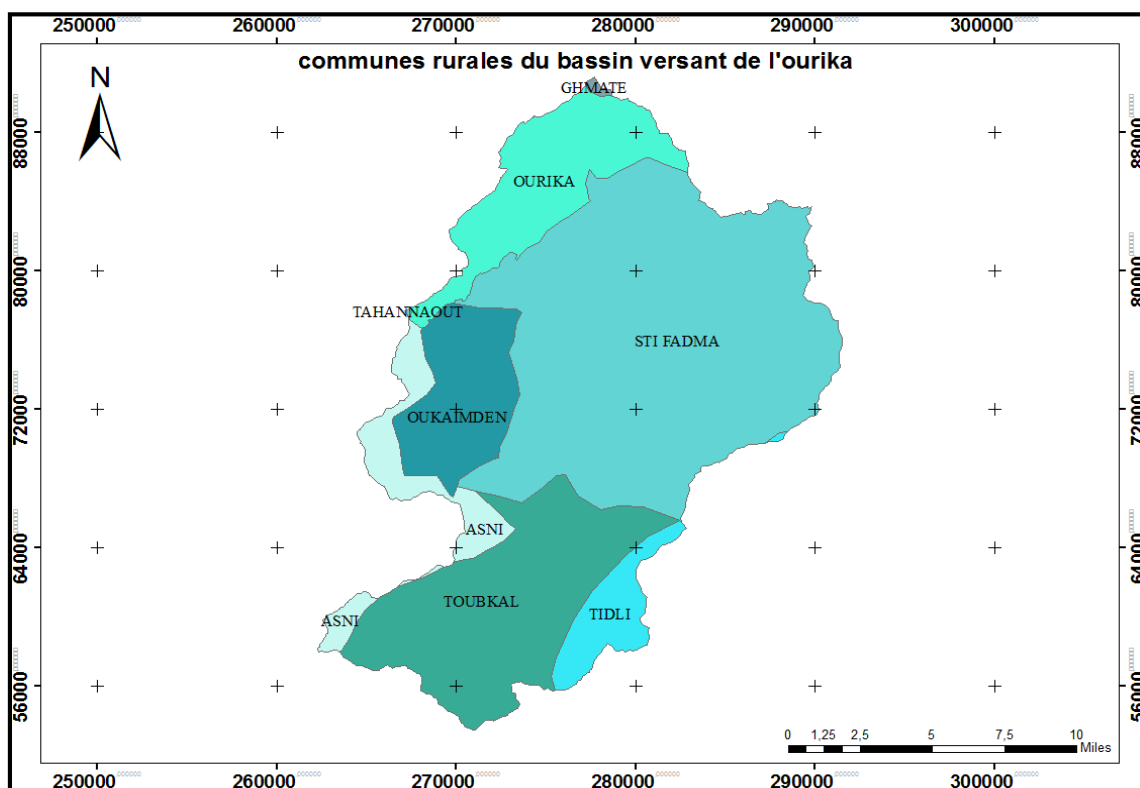


Figure 8. Communes rurales du bassin versant de l'ourika

4.2.3. Situation forestière

Le BV de l'Ourika relève de la compétence de la DREF du Haut Atlas, de la DPEF de Marrakech. Cinq secteurs forestiers couvrent la zone: i- Aghbalou, ii- Oukaimden, iii- Tiguenin-N-Oumzil et Tnine et Setti Fadma et enfin v- Agaiouar.

4.3. Facteurs écologiques

4.3.1. Climat

4.3.1.1. Précipitations

Le climat du bassin versant de l'Ourika est caractérisé par sa grande variabilité spatiotemporelle. La précipitation annuelle est en moyenne de 500 mm Cette pluviométrie augmente avec l'altitude. Elle est de l'ordre de 400 mm au piedmont et peut dépasser 700 mm par an sur les hauts sommets du bassin (Doukkali, 2003). Il y a eu lieu de signaler l'existence d'orages très fréquents entre les mois de juillet et octobre, causant des dégâts importants au niveau des vallées de montagnes. Pour ce qui est de l'enneigement, il commence dès le mois d'octobre et se poursuit jusqu'au mois de mai. Cependant, leur durée reste très variable selon la position géographique et l'orographie.

4.3.1.2. Température

La station d'Agaiouar dispose seule des données de températures très anciennes (1925-1949) (Tableau 5). Il est important de considérer les températures extrêmes, qui conditionnent le plus souvent les seuils de développement de la végétation selon (Benabid ; 1995).

Tableau 5. Les températures extrêmes du BV de l'Ourika

Station	M (°C)	m (°C)	M – m
Agaiouar	29,5	0,5	29

Pour les maxima les températures moyennes varient de 21,5 à 32°C et elles varient de 4 à 5,7°C pour les minima. On note aussi que les mois de décembre et janvier sont les mois les plus froids tandis que les mois de juillet et août sont les mois les plus chauds de l'année.

4.4. Milieu biophysique

4.4.1. Structure géologique du bassin

Le bassin versant d'Ourika est situé sur le flanc nord de l'Atlas de Marrakech. Il présente 4 unités structurales (DREF-HA, 2002), de l'Est-Nord-Est vers l'Ouest-Sud-Ouest.

- ✓ Zone des pieds-monts : elle est formée d'une zone subatlantique, constitué par un ensemble de plateaux plus ou moins élevés, de collines et de cuvettes. Elle est caractérisée par la dominance des formations à base de conglomérats datant du lias jusqu'au crétacé, du calcaire, du grès rouge friables (1ère unité permotrias) et des flysch viséens.
- ✓ Zone du Haouz : cette zone d'articulation entre la plaine et la zone subatlasique est constituée d'un substratum primaire recouvert par une épaisse série détritique tertiaire et quaternaire.
- ✓ Zone axiale : elle correspond à la zone la plus élevée du Haut Atlas de Marrakech, formée de terrains précambriens à base de l'andésite de Toubkal et de granite rose.
- ✓ Zone des hauts plateaux : cette zone est une 2ème unité permo-triasique, constituée par une épaisse formation de grès, de marnes rouges et de conglomérats. La formation de granite rose reste dominante dans cette zone.

4.4.2. Caractéristiques pédologiques

Sous l'influence de la végétation et des facteurs climatiques, la nature lithologique des substrats donne naissance à différents types de sols. On distingue 4 types de roche mère (DREF-HA, 2002) dans la zone donnant naissance aux types de sol suivants:

- ✓ Sols sur formations permo-triasique de grès rouge et de marnes : ils s'étendent sur une aire assez importante du bassin. Sous des conditions chaudes, l'altération des grès aboutit à la formation d'un manteau argilo-sableux donnant naissance à des sols rouges fertialitiques.
- ✓ Sols sur roches éruptives : les roches magmatiques sont altérables et peuvent aboutir à des sols plus ou moins profonds et riches.
- ✓ Sols sur flysch shisto-gréseux : l'évolution de ces types de sols reste liée aux conditions écologiques et leur altération donne naissance à un sol zonal.

- ✓ Sols sur calcaire : ces substrats donnent naissance à des rendzines vraies ou brunifiées jusqu'à la formation d'un sol brun calcaire sous la végétation. Sur les colluvions profondes marno-calcaire, des sols fersialitiques caractérisés par la présence de sel gemme se forment.

4.4.3. Hydrologie du bassin

Le BV est parcouru par un cours d'eau à régime interne et irrégulier qui est considéré comme le plus important de toute la zone du grand bassin versant de Tensift.

Sur une longueur de 52 Km, l'oued Ourika draine une superficie de 522 km² et présente les pentes les plus aiguës de la région causant des dégâts considérables. L'analyse statistique réalisée par la station DRHT et JICA (2001) a montré que la période de retour des débits maximaux approche les 30 ans.

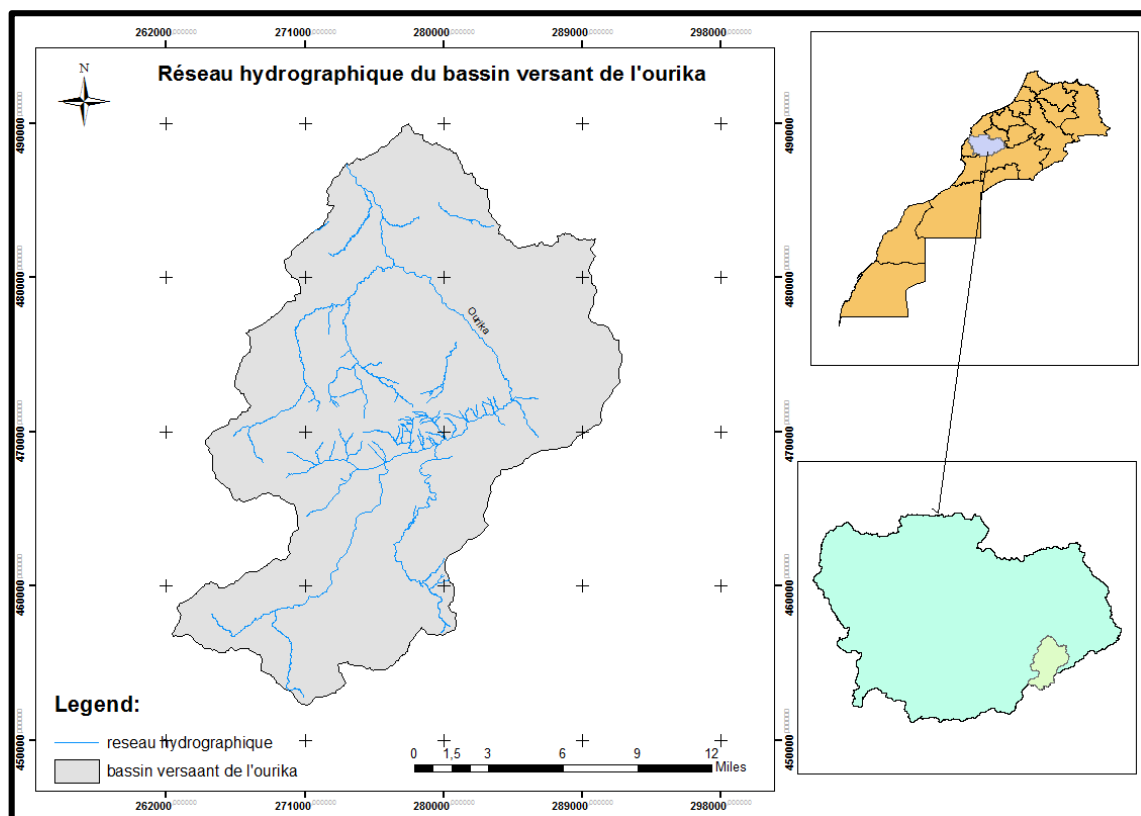


Figure 9. Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika

4.4.4. Occupation du sol

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

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

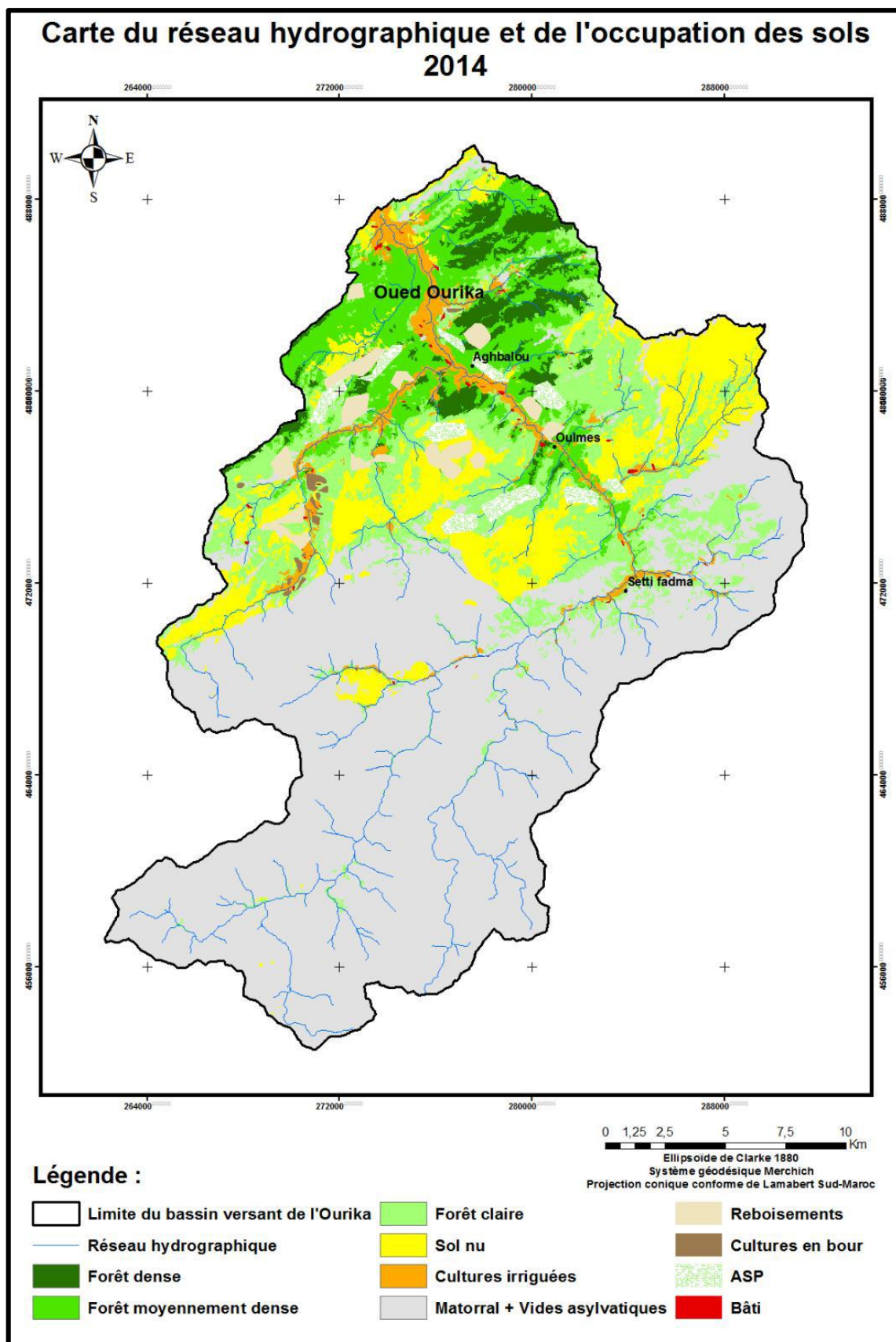


Figure 10. Répartition de l'occupation du sol dans le bassin versant d'Ourika (Rihane, 2015)

4.5. Données socio-économiques

4.5.1. Milieu humain

La population du bassin versant est estimée lors du recensement 2014 à 66306 habitants, répartie sur 12659 foyers, avec une densité de 115 habitants/Km² en considérant que la superficie du BV est de l'ordre de 576 Km². La zone est caractérisée par une population jeune. Environ 36,3% de la population est âgée de moins de 15 ans (RGPH, 2004). Elle est aussi marquée par un exode rural soutenu par cette tranche d'âge, ce qui a pour conséquence le vieillissement de la population et la densification des villes d'accueil comme Marrakech et Essaouira.

Sur le plan social, le taux d'analphabétisme s'est élevé à 64,7% selon le recensement de la population et de l'habitat de 2004. Le taux le plus élevé a atteint la valeur de 72.1% à Sti fadma, le taux le plus bas est enregistré à Ourika (54,1%). On signale également que ce taux est plus élevé chez les femmes que chez les hommes, il est de 77,9% pour la première catégorie et de 51,46% pour la deuxième catégorie. Les taux de scolarisation, déjà insuffisants, baissent avec le niveau d'étude. En effet, le taux de déperdition scolaire entre le niveau primaire et le niveau collège dépassait les 60% en 2010 (Bouarais, 2015).

Dans la zone, les femmes sont plus nombreuses, plus pauvres, plus analphabètes et n'ont pas accès au marché du travail rémunéré. Des inégalités entre genres persistent dans le bassin, à l'image du monde rural marocain.

4.5.2. Agriculture

D'après l'étude socio-économique réalisée dans le cadre du projet de développement du bassin versant, le tableau 6 ci-dessous présente le pourcentage des exploitations par classe de taille :

Tableau 6: Répartition des exploitations (DREF-HA, 2000) au niveau du BV de l'Ourika

Classe de surface (ha)	Pourcentage
< 5	95%
5 – 10	3,40%
10 – 20	1,10%
20 – 50	0,30%
> 50	0,20%

Source (DREF-HA, 2000)

Les principales cultures sont les céréales avec des rendements assez faibles. Ces cultures occupent 80 % des terrains agricoles dont 45 % sont cultivés en orge seulement. La zone d'arboriculture est de loin la plus rémunératrice.

4.5.3. Elevage

L'élevage est aussi important au niveau du B.V d'ourika. Surtout dans les zones montagneuses. Ainsi le cheptel est constitué par des (DREF-HA, 2000):

- ✓ Ovins localisés dans la partie aval du bassin avec 19 800 têtes,
- ✓ Caprins prédominent la zone de haute altitude, avec 17 700 têtes,
- ✓ Bovins avec 4 640 têtes.

Les parcours forestiers représentent la source principale d'alimentation du cheptel durant une longue période de l'année. Le troupeau vit sur les produits d'écimage durant l'hiver et en été les éleveurs transhument vers les hauts plateaux en quête de pâturages.

4.5.4. Tourisme

Le Haut Atlas présente des paysages naturels uniques par les reliefs, les contrastes entre la couverture végétale des vallées et l'aspect minéral des sommets.

Actuellement, le tourisme de : i- montagne au niveau de l'oukaimden et ii- de la vallée de l'Ourika connaissent un succès sans précédent et jouent à présent un rôle dynamisant d'une économie locale par la promotion des activités liées à ce secteur ; les gîtes d'étapes, restaurations aux pieds dans l'eau et l'hébergement constituent aussi une source de revenu importante.

4.6. Risques naturels auxquels est exposés la zone

4.6.1. Crues

La nature géologique du sol, le caractère raide des pentes et le régime pluviométrique avec des orages qui assujettissent le bassin versant d'Ourika à des risques de crues violentes qui deviennent très fréquentes surtout lors de la période estivale.

Les données hydrologiques recueillis dans la station d'Aghbalou ont montré que la zone d'Ourika pourrait être soumise aux crues d'automne, d'hiver et de printemps, provoquées par les fontes de neiges et les pluies. Dans son rapport intitulé «Mémoire», la DRHT montre que les crues les plus importantes ont eu lieu en 1925, 1949, 1967 et 1980 mais

sans information supplémentaire. Récemment, le BV a connu des crues importantes en 1995 et 1999 et qui ont causés des dégâts importants. Crue d'Août 1995 : l'intensité des précipitations a été estimée à 100 mm/h, sur une superficie de 228 km² en amont de Setti Fadma. Le temps du trajet de la crue a été très court. Les dégâts ont été estimés à 210 personnes disparues dont la plupart sont des touristes et des dégâts matériels qui s'élèvent à environ à 70 millions de DH.

Crue d'octobre 1999 : la zone a connu deux crues durant le mois d'octobre.

Une crue survenue les 11, 12 et 13 octobre avec une intensité de 62,4 mm/j, avec un débit de 561 m³/s causant la destruction de la route principale d'Ourika.

Une autre le 28 octobre, beaucoup plus importante car le jour même une intensité de pluie a été enregistré dans les stations de Tourcht et Amenzal de 108,3mm/j et 103,8 mm/j respectivement. Cette crue a eu un temps de base hydrographique plus modéré que ceux de la crue de 1995.

4.7. Conclusion

Le bassin versant de l'Ourika d'une superficie d'environ 576 km² et d'une densité de population estimée à 115 habitants/Km² lors du recensement 2014. Le sous bassin versant de l'Ourika renferme une séquence de paysages d'une beauté remarquable et attirante. La population locale pratique de nombreuses activités économiques, comme l'agriculture, l'élevage et le tourisme qui s'y développé d'une façon assez importante. Devant les potentialités dont dispose la zone, le bassin est Menacé par les phénomènes de crues torrentielles. Ces crues sont exacerbées par l'effet conjugué de la pression anthropique, la configuration physique du terrain et les précipitations orageuses qui y règnent. Ainsi, son environnement et ses ressources naturelles (eau, forêt, sol..) se dégradent progressivement à cause des pressions engendrées par les activités anthropiques. Le bassin est donc vulnérable sur tous les plans d'où l'intérêt de trouver une méthodologie d'évaluation de son vulnérabilité environnementale surtout dans le contexte actuel des changements climatiques.

Chapitre 5. Approche Méthodologique

Afin d'atteindre les objectifs du présent travail, l'étude a été scindée en trois phases et plusieurs sous-phases. Il s'agit de :

- ✓ Délimiter la zone d'étude, recueillir puis synthétiser les informations obtenues sur l'ourika par cinq différents domaines qui sont :
- ✚ Le temps et le climat ; la géologie ; la géographie ; les ressources et services ; la population humaine.
- ✓ Analyser les informations recueillies sur la zone d'étude à travers l'utilisation du modèle EVI ;
- ✓ Interpréter le niveau de vulnérabilité (classification et degré) obtenu par l'EVI pour le bassin versant de l'ourika et mise en relation par rapport aux réalités au niveau du bassin versant d'ourika et aux caractéristiques du bassin.

Avant d'arriver à l'étape de l'analyse et de l'interprétation des scores obtenus pour chaque indicateur en utilisant le modèle EVI on a suivi le cheminement présenté dans la figure n° 11:

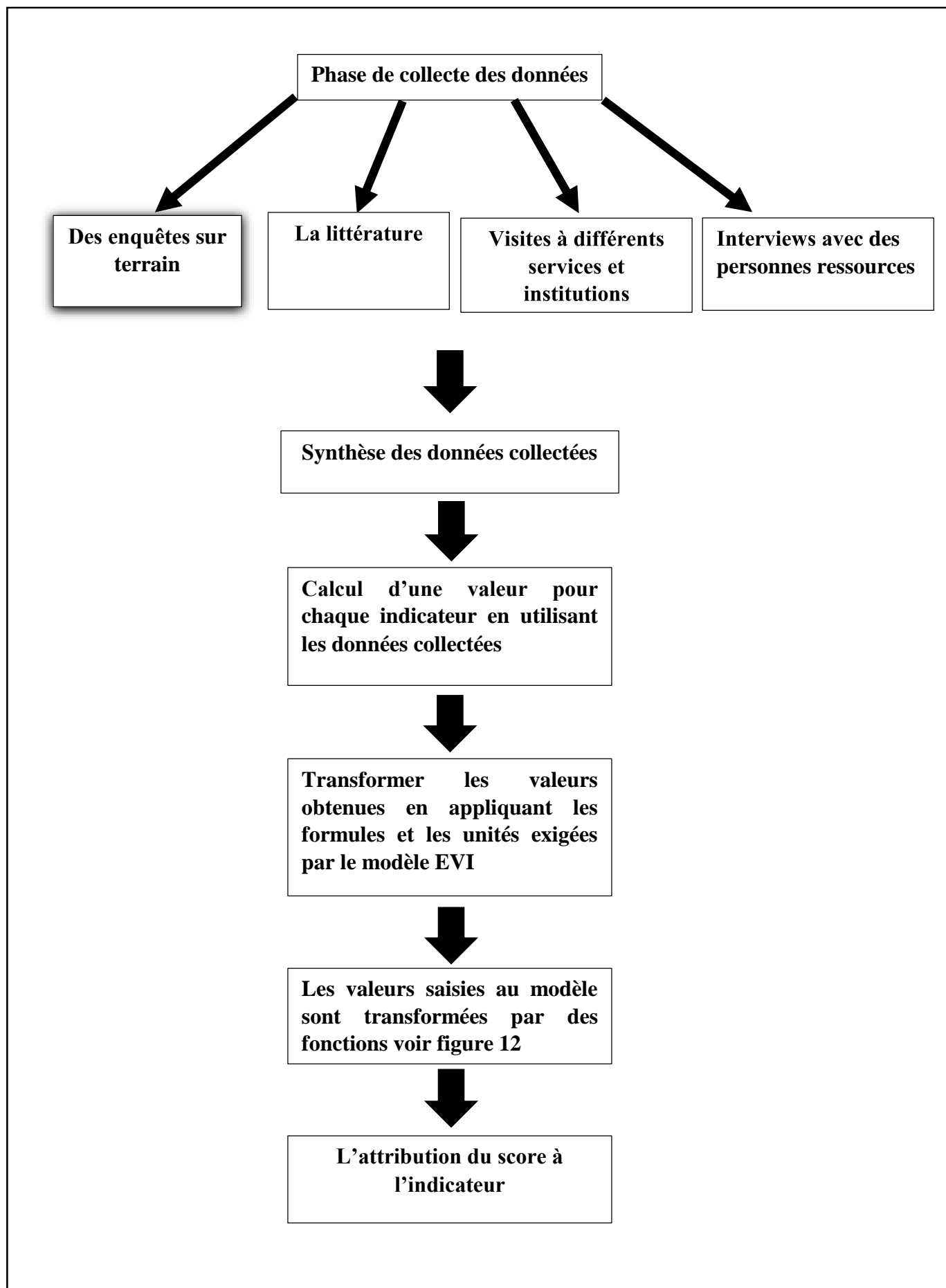


Figure 11. Les principales étapes de traitement des données

Name		EVI	Raw value	Transformed value	Transform used	EVI scaling on transformed data						
						1	2	3	4	5	6	7
7	Wind	1	85,4	4,45	LN(X)	$X \leq 5$	$5 < X \leq 5,3$	$5,3 < X \leq 5,6$	$5,6 < X \leq 5,9$	$5,9 < X \leq 6,1$	$6,1 < X \leq 6,4$	$6,4 < X$
2		2	-66,37	4,20	Absolute value, LN(X)	$X \leq 4$	$4 < X \leq 4,5$	$4,5 < X \leq 5$	$5 < X \leq 5,5$	$5,5 < X \leq 6$	$6 < X \leq 6,5$	$6,5 < X$
3		6	220,02	14,83	sqrt(X)	$X \leq 5$	$5 < X \leq 7$	$7 < X \leq 9$	$9 < X \leq 11$	$11 < X \leq 13$	$13 < X \leq 15$	$15 < X$
4	Hot	3	70,88	4,27499806	LN(X+1)	$X \leq 3,5$	$3,5 < X \leq 4$	$4 < X \leq 4,5$	$4,5 < X \leq 5$	$5 < X \leq 5,5$	$5,5 < X \leq 6$	$6 < X$
5	Cold	2	36,86	3,63389515	LN(X+1)	$X \leq 3,5$	$3,5 < X \leq 4$	$4 < X \leq 4,5$	$4,5 < X \leq 5$	$5 < X \leq 5,5$	$5,5 < X \leq 6$	$6 < X$

Figure 12. Fiche de Mise à l'échelle

Cette figure 12 montre la manière avec laquelle le modèle utilisé EVI transforme les valeurs brutes introduites à un score qui varie de 1 à 7, cette seconde feuille d'EVI affiche :

- Le nom de l'indicateur et son rang
- La valeur brute introduite par l'opérateur, générée par la première feuille de calcul $X=85.4$
- La valeur transformée et le type de transformation $LN(85.4)=4.45$
- La mise à l'échelle des valeurs transformées, une valeur (1à7) est attribuée à l'indicateur tenant compte de la valeur transformée $X \leq 5$ Alors l'indice du vent à un score de 1.

En effet, la première phase de l'étude a permis, dans un premier temps, d'obtenir des informations relatives aux indicateurs utilisés par l'EVI tout en faisant ressortir les principales potentialités de la zone ainsi que ses contraintes. Dans un deuxième temps, ces informations collectées ont été synthétisées afin de pouvoir effectuer l'analyse de vulnérabilité qui constitue la deuxième phase de cette étude. A ce niveau, une phase de pré-calcul a été faite avant l'entrée des données dans le modèle. Le pré-calcul a consisté à utiliser la méthode de calcul donné par l'EVI relative aux entrées des valeurs d'indicateurs conformément aux unités que nécessite l'EVI. Les deux phases ont ensemble permis d'obtenir la classification du score de vulnérabilité du bassin versant d'ourika et son degré de vulnérabilité. Ces deux dernières informations sur le bassin ont

permis d'aboutir à la troisième phase qui a été l'interprétation des informations obtenues sur le bassin versant de l'ourika.

5.1. Délimitation de la zone d'étude

La délimitation en général a pour objectif de localiser le travail pour lequel le chercheur s'apprête à déployer ses énergies. La délimitation de la zone d'étude, a permis de ressortir les limites naturelles du bassin versant d'ourika afin de circonscrire les interventions afférentes. Elle a conduit donc à :

- ❖ Cadrer le bassin versant l'ourika qui est limité au nord par la plaine du Haouz, au sud par le haut bassin de l'oued Souss, à l'est par le bassin versant d'oued Zat et à l'ouest par les bassins versants des oueds Rheraya ;
- ❖ Ressortir les caractéristiques physiques, biologiques, géologiques, géographiques, sociologiques du bassin versant de l'ourika.

5.2. Collecte et analyse des données

Cette phase de collecte de données consiste en la mise en place d'une stratégie d'obtention des données sur lesquelles porte le travail, lesquelles données ont été analysées compte tenu des objectifs fixés au départ dans le cadre du travail. Les données sont relatives aux cinq dernières années, comme le nécessite l'EVI .

Néanmoins, les indicateurs de la catégorie temps et climat (données climatiques) ont nécessités des séries de données pour la plupart du temps journalières et allant jusqu'aux cinquante dernières années. La collecte de données a conduit donc à prendre contact avec les différents services au niveau desquels on a obtenu les informations selon la catégorie dont il s'agit.

A titre de rappel, signalons que l'obtention systématique de toutes les données à utiliser dans le modèle n'a pas été effective, étant donné l'absence de données précises sur le bassin versant d'ourika. On s'est consacré donc à l'analyse des données disponibles dans la limite de leur disponibilité. Ces données ne sont pas toujours regroupées, mais ont été obtenues à travers nos visites à différents services dans le sens de leur regroupement.

En résumé, la collecte d'information a permis de valider les résultats relatifs à la classification et au niveau de vulnérabilité du bassin.

5.2.1. Collecte des données climatiques

L'utilisation du modèle EVI nécessite l'utilisation des données climatiques détaillées. En effet, sur le plan climatique, l'utilisation de l'EVI permet de comprendre en général les effets du climat sur la vulnérabilité du bassin versant d'ourika. Les valeurs mises entre parenthèses sont les scores et les autres sont celles qui permettent d'obtenir les scores (annexe 7).

5.2.2. Collecte des données géologiques

Elle concerne les données relatives au mouvement de terres. Il s'agit de trouver les informations concernant les phénomènes d'explosion de volcan, le tremblement de terre, les informations relatives à l'apparition de tsunamis au niveau du bassin versant d'ourika.

5.2.3. Collecte des données géographiques

Elle concerne les données relatives aux caractéristiques (relief, les terres basses ...) de la zone d'étude.

5.2.4. Collecte des données sur les ressources et services

Elle concerne les ressources naturelles (biodiversité, les espèces endémique, introduites, eau, Forêt..) dont dispose la zone d'étude.

5.2.5. Collecte des données sociodémographiques

Afin de pouvoir ressortir l'évolution de la population entre les années 2004 à 2014 pour fournir les données nécessaires au modèle EVI à travers son effectif global, le taux d'accroissement, la densité de la population et celle des touristes, on a utilisé le Recensement Général de la Population (RGP) obtenu auprès de la Direction de la Statistique entre les années 2004 et 2014 pour les plus récents. Ces données ont permis de ressortir selon les projections, le sens d'évolution de la population dans les différentes communes entre lesquelles se situent le bassin versant d'ourika et d'évaluer l'impact de la population locale mais également étrangère au bassin versant d'ourika sur les ressources existantes.

D'une façon plus détaillée, on a obtenu :

- L'effectif de la population entre 2004 et 2014 pour les trois communes que comprend le bassin et calculé par une simple règle de trois les évolutions de cette

population entre les années 2011, 2012,2013, 2014,2015 en supposant que le taux d'accroissement reste constant entre ces années depuis 2004,2014 jusqu'à 2015 ;

- son taux d'accroissement ;
- sa densité en nombre d'habitants par km² ;
- le nombre de touristes probablement reçu dans la zone d'étude,

5.3. Sources des données

Afin de calculer les 50 indicateurs, une base de données a été établie pour la zone d'étude et plusieurs visites auprès des institutions ayant ce type de données ont été réalisées, les institutions visités sont :

-Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz Marrakech.

- Agence du bassin hydraulique du Tensift

- Le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification.

- Direction Régionale des Eaux et Forêts du Haut-Atlas.

-La Délégation Régionale de Tourisme.

-Observatoire Régional de l'Environnement et de Développement Durable Tensift-Haouz.

Et d'autres données ont été obtenues à travers des enquêtes ou via l'internet.

Tableau 7. Résumé des principales sources d'informations collectées

N°	Indicateurs	Source des données	L'année de données
1	Vitesse du vent	station climatiques situées dans la zone (Donnée calculée)	(1981-2011)
2	Périodes sèches	station climatiques situées dans la zone (Donnée calculée)	(1981-2011)
3	Périodes humides	station climatiques situées dans la zone (Donnée calculée)	(1981-2011)
4	Périodes chaudes	station climatiques situées dans la zone (Donnée calculée)	(1981-2011)
5	Périodes froides	station climatiques situées dans la zone (Donnée calculée)	(1981-2011)
6	Température de la mer	NA	NA
7	Volcans	Ministère de l'équipement, communication personnelle avec les techniciens des communes rurales.	2016
8	Tremblement de terre	Ministère de l'équipement, communication personnelle avec les techniciens des communes rurales	2016
9	Tsunamis	Ministère de l'équipement	NA
10	Glissement de terrains	Ministère de l'équipement	2016
11	Superficie de terrain	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	2016
12	Dispersion des territoires	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	2016
13	Isolement	Observatoire régionale	2016
14	Relief	MNT, Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	2016
15	Territoires bas	MNT, Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	2016
16	Frontières	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	2016
17	Déséquilibre de l'écosystème	ND	ND
18	Ouverture de l'environnement	Enquête sur terrain (Donnée calculée)	2016
19	Migrations	Littérature (Fabrice CUZIN, 2010)	2010
20	Endémisme	Littérature (OUHAMMOU, 2005) (Donnée calculée)	2005
21	Introduction	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (Donnée calculée)	2000
22	Espèces en danger	Littérature (OUHAMMOU, 2005) (Donnée calculée)	2005
23	Extinction	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (Donnée calculée)	ND
24	Couverture végétale	Carte d'occupation de sol, littérature (RIHANE ,2015) (Donnée calculée)	2015
25	Perte de couverture	Carte d'occupation de sol, littérature (RIHANE ,2015) (Donnée calculée)	2015
26	Fragmentation des habitats	Utilisation de Google earth 2016 (Donnée calculée)	2016
27	Dégradation	Image satellite, littérature (RIHAN ,2015) (Donnée calculée)	2015

28	Réserves terrestres	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	2016
29	Réserve marines	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification.	NA
30	Agriculture intensive	ONSSA (Donnée calculée)	(2010-2015)
31	Fertilisants	DPA, ORMVAH, enquête avec les revendeurs (Donnée calculée)	2016
32	Pesticides	DPA, ORMVAH, enquête avec les revendeurs (Donnée calculée)	2016
33	Biotechnologie	DPA, ORMVAH (Donnée calculée)	2016
34	Productivité de surpêche	Direction provinciale des eaux et forêts	ND
35	Effort de pêche	Enquête avec le responsable d'une station piscicole le 6/04/2016 (Donnée calculée)	2016
36	Eau renouvelable	ABHT, ORMVAH, enquête (Donnée calculée)	2016
37	Emission de Dioxyde de soufre	Observatoire Régional de l'Environnement et de Développement Durable.	ND
38	Production perdu	Monographie communale, enquête sur terrain, le 4/04/2016 (Donnée calculée)	2016
39	Traitement de déchets	Monographie communale, enquête sur terrain le 4/04/2016 (Donnée calculée)	2016
40	Industrie	Monographie communale (Donnée calculée)	2016
41	Déversement de produit	Monographie communale, enquête sur terrain le 4/04/2016 (Donnée calculée)	2016
42	Exploitation minière	Monographie communale	2016
43	Système sanitaire	Monographie communale ; RGP, 2014 (Donnée calculée)	2014
44	Véhicules	Ministère de l'équipement centre de tahnout	2015
45	Densité population humaine	RGP, 2014 (Donnée calculée)	2014
46	Taux d'accroissement	RGP, 2014 (Donnée calculée)	2014
47	Touristes	Littérature (Malki, 2015)	2015
48	Habitations côtières	N'est pas applicable sur la zone d'étude ;	NA
49	Accords environnementaux	Interview avec les présidents des trois communes inclus dans la zone à savoir oukaimden, setti fadma, ourika le 5/04/2016 ;	2016
50	Conflits	Interview avec des personnes ressources (données calculée) la date de l'interview : 5/04/2016	2016

5.4. Description de quelques indicateurs climatiques utilisés

5.4.1. Indice 1 : Vent

La vulnérabilité aux cyclones, tornades, tempêtes, dommages aux habitats. Cet indicateur représente la probabilité de dommages causés par des vents plus fréquents et plus graves qui peuvent créer des ondes de tempête, diffuser la pollution atmosphérique et interagir avec d'autres agents stressants.

L'indice du vent est calculé comme suivant : Moyenne annuelle des vents au cours des cinq dernières années (en additionnant les vitesses pour les jours pendant lesquels la vitesse du vent maximale enregistrée est supérieure à 20% à la moyenne des vitesses maximum du vent des 30 années) en moyenne sur toutes les stations climatiques de référence.

5.4.2. Indice 2 : Sécheresse

La vulnérabilité à la sécheresse, des vagues de sécheresse, le stress sur les ressources en eau de surface. Cet indicateur rend compte non seulement du nombre de mois où les précipitations sont significativement plus faibles, mais aussi l'importance du déficit.

Deux régions peuvent avoir le même nombre moyen de mois au cours des 5 dernières années, avec moins de 20% inférieur à la moyenne mensuelle des précipitations, avec une ayant un léger déficit, tandis que l'autre un très grand déficit.

Cet indicateur veille à ce que la quantité de pluie "ratée" soit capturée. Des mois de sécheresse fréquents et plus graves pourraient indiquer des changements dans les modèles météorologiques et climatiques, et pourrait affecter négativement la résistance d'une région à d'autres risques (par exemple les incendies, les mouvements de l'eau, la capacité des écosystèmes à atténuer la pollution).

L'indice de sécheresse est calculé comme suivant : La moyenne du déficit pluviométrique annuel (mm) enregistré au cours des 5 dernières années pour tous les mois avec un pourcentage supérieur à 20% de déficit de pluie que la moyenne mensuelle sur 30 ans (1981-2011), en moyenne sur toutes les stations climatiques de référence.

5.4.3. Indice 4 : Chaleur

Cet indicateur est conçu pour capturer l'impact des périodes de températures élevées sur les surfaces terrestres, aquatiques et côtières peu profondes. Ces impacts peuvent affecter la productivité, le niveau d'oxygène, la pollution, la reproduction et les relations symbiotiques entre les espèces.

Dans les écosystèmes terrestres, ces périodes de hautes températures peuvent également entraîner des effets interactifs tels que les incendies.

Tableau 8. La somme des températures des jours où la température moyenne maximale est supérieure à la moyenne des températures moyennes maximales des 30 dernières années pour la période de (1981-2011).

Années/mois	sep	oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
2006-2007	3,1	4,6	0,3	0,0	0,0	0,1	1,1	0,0	3,2	0,0	4,0	5,8
2007-2008	0,0	4,6	1,7	0,0	1,7	1,1	1,0	3,0	2,0	8,5	3,8	0,0
2008-2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	2,2	6,0	0,6
2009-2010	0,0	2,0	2,3	0,0	2,6	2,4	1,5	2,5	0,0	0,0	5,5	2,6
2010-2011	0,0	1,8	0,0	3,3	0,2	1,5	4,7	3,9	0,8	5,6	5,8	0,0

Cet indicateur est calculé comme suit : La somme des températures mensuelles des 5 dernières années est calculée pour capturer le degré de vague de chaleur de chaque année.

La moyenne des sommes de températures annuelles enregistrées durant les 5 dernières années donne la vulnérabilité aux hautes chaleurs soit 70, 88 °F ou 21,6°C, pour la zone d'étude.

5.4.4. Indice 5 : Froid

La vulnérabilité au froid, aux gelées inhabituelles, et leurs impacts sur les ressources en eau, le taux d'atténuation de la pollution et le succès de la reproduction. Cet indicateur est conçu pour capturer l'impact des périodes de températures basses sur les surfaces terrestres, aquatiques et côtières peu profondes, ces impacts peuvent affecter la productivité, le niveau d'oxygène, la pollution, la reproduction et les relations symbiotiques entre les espèces.

Tableau 9. Déficit de température par rapport à la moyenne annuelle des trente années (1981-2011).

Années/mois	sep	oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
2006-2007	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007-2008	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
2008-2009	0,0	1,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	1,2	0,0	0,0
2009-2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010-2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

La somme des températures mensuelles des 5 dernières années est calculée pour capturer le degré des périodes froides de chaque année. La moyenne des sommes de températures annuelles enregistrées durant les 5 dernières années donne la vulnérabilité à températures plus basse pour le bassin versant de l'ourika.

5.5. Analyse des données collectées

L'analyse des informations obtenues a été faite en utilisant le modèle EVI. Elle a concerné :

- Les données effectivement utilisées, le score et le niveau de vulnérabilité pour l'ourika ;
- la classification EVI (le niveau de vulnérabilité) de l'Ourika ;
- les aspects de vulnérabilité de l'Ourika ;
- les sous-indices de politiques appropriés au bassin versant d'Ourika ;
- les sources de la vulnérabilité du bassin versant de l'Ourika ;

Ces analyses ont été appuyées par différentes réalités du bassin, mais aussi aux entrées de l'EVI à savoir :

- La répartition générale des indicateurs de l'EVI ;
- les scores EVI pour les valeurs d'indicateurs remplies (pour le bassin versant ; d'Ourika) ;
- l'applicabilité/disponibilité ou non des indicateurs.

Partie III : Résultats et discussions

Chapitre 6. Résultats et discussions

Les scores des indicateurs pour la zone d'étude (bassin versant de l'ourika), sont compilés dans le tableau 10 La description détaillée des indicateurs est fournie en annexe 7.

Tableau 10. Les scores des indicateurs pour la zone d'étude

Indicateurs	No.EVI	Type	Unité	Score
Vitesse du vent	1	REI	Days/year	1
Périodes sèches	2	REI	mm/station/year	2
Périodes humides	3	REI	mm/station/year	6
Périodes chaudes	4	REI	degrees/year	3
Périodes froides	5	REI	degrees/year	2
Température de la mer	6	REI	degrees/year	NA
Volcans	7	REI	VEI Units /million sq km	1
Tremblement de terre	8	REI	Number ML >=6, Depth <=15km	1
Tsunamis	9	REI	Number since 1900 >2m runup	NA
Glissement de terrains	10	REI	Slides / million sq km land	7
Superficie de terrain	11	REI	sq km	3
Dispersion des territoires	12	REI	km / 1000 sq km	5
Isolement	13	IRI	Km	1
Relief	14	IRI	M	3
Territoires bas	15	IRI	%	1
Frontières	16	IRI	number	3
Déséquilibre de l'écosystème	17	IRI	number	ND
Ouverture de l'environnement	18	IRI	USD Thousands/ sq km land	1
Migrations	19	IRI	Spp / 1000 sq km land	6
Endémisme	20	IRI	Spp / 1, 000,000 sq km land	7
Introduction	21	IRI	Spp / 1,000 sq km land	7
Espèces en danger	22	IRI	Spp / 1,000 sq km land	7
Extinction	23	IRI	Spp / 1,000 sq km land	ND
Couverture végétale	24	IRI	% of original cover	1
Perte de couverture	25	IRI	% change	1
Fragmentation des habitats	26	REI	km / sq km	2
Dégradation	27	REI	%	1
Réserves terrestres	28	REI	% of land area	5
Réserve marines	29	REI	%	NA

Agriculture intensive	30	REI	t / sq km / year	6
Fertilisants	31	REI	kg / sq km / yr	4
Pesticides	32	REI	kg / sq km / yr	7
Biotechnologie	33	REI	Total number trials	1
Productivité de surpêche	34	REI	tC / sq km / yr : t fish/sq km/yr	ND
Effort de pêche	35	REI	fishers / yr / km coast	1
Eau renouvelable	36	REI	%	1
Emission de Dioxyde de soufre	37	REI	t / sq km / yr	ND
Production perdu	38	REI	t/km2/year	3
Traitement de déchets	39	REI	%	7
Industrie	40	REI	toe / km2	1
Déversement de produit	41	REI	Number of spills/million Km coasts	2
Exploitation minière	42	REI	t / km2 / yr	1
Système sanitaire	43	REI	people / km2	7
Véhicules	44	REI	vehicles / km2	4
Densité population humaine	45	REI	people / km2	5
Taux d'accroissement	46	EDI	%	7
Touristes	47	REI	people/km2/yr	7
Habitations côtières	48	REI	people/km2	NA
Accords environnementaux	49	REI	treaties	1
Conflits	50	REI	Average conflict years / decade	7

Avec :

REI = l'exposition aux risques naturels ou humains;

EDI = Indice de dégradation de l'environnement. Cet indice mesure la situation actuelle de la «santé» de l'environnement. Il est basé sur l'hypothèse que les impacts passés affectent la capacité de l'environnement de tolérer de nouveaux impacts;

IRI = Indice de la résilience intrinsèque dont les indicateurs environnementaux sont de nature hétérogène. Ils comprennent des variables pour lesquelles les réponses sont quantitatives, qualitatives et à différentes échelles (linéaire, non linéaire, ou avec différentes gammes). Plusieurs indicateurs différents sont utilisés conduisant à une large variété de différentes unités de mesures;

6.1. Classe et degré de vulnérabilité pour le bassin versant de l'Ourika

Sur la base de l'analyse des données collectées, l'indice de vulnérabilité environnementale globale pour le bassin versant de l'Ourika montre que le score total de la région est de **355** ce qui classe la région comme une région **Hautement vulnérable** (figure 13). 84%

des données ont été fournies pour le calcul du profil de vulnérabilité. On n'a pas atteint le 100% de données car 4 indicateurs ne sont pas applicables à la région (**6**: Ecart moyen annuel des températures de surface de la mer, **9** : Tsunamis, **29** : Aires marines protégées, et **48** : agglomérations côtières), et les données nécessaires pour calculer 4 indicateurs ne sont pas disponibles (**17** : Déséquilibre écologique, **23** : Extinction, **34** : Pêche, et **37** : Emission de dioxyde de soufre). Les 84% de données collectées sont suffisantes, étant donné que l'EVI exige la disponibilité de 80% des données pour une évaluation crédible (Kaly et al. 2003).

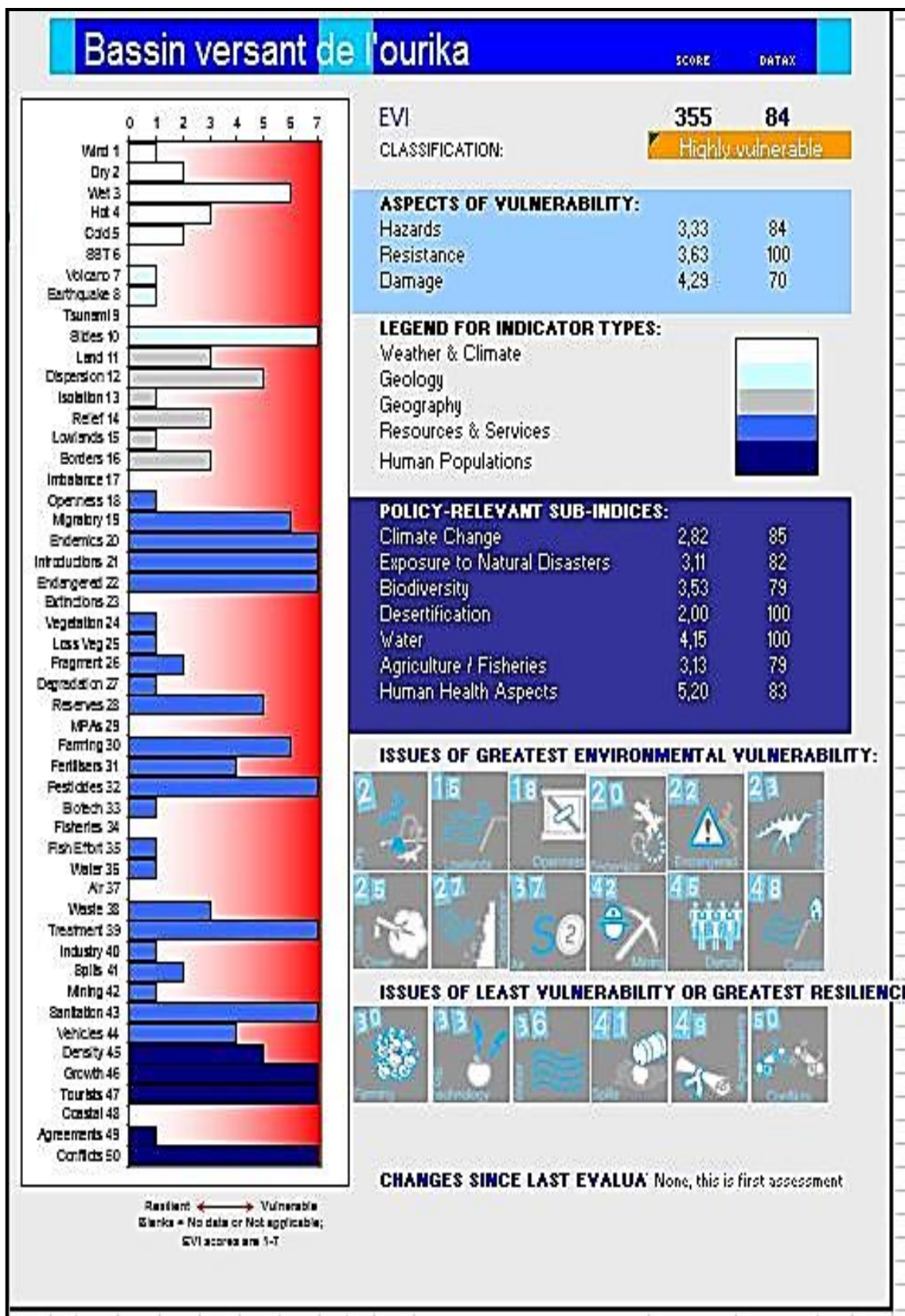


Figure 13. Profil de vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

Les valeurs NA (Non Applicable) ou ND (No Data) tels que suggéré par l'EVI sont représentées sur la figure 13 par des vides.

L'analyse de la figure 13 ressort que la répartition des indicateurs effectifs pour la zone d'étude se présente sur la figure 14

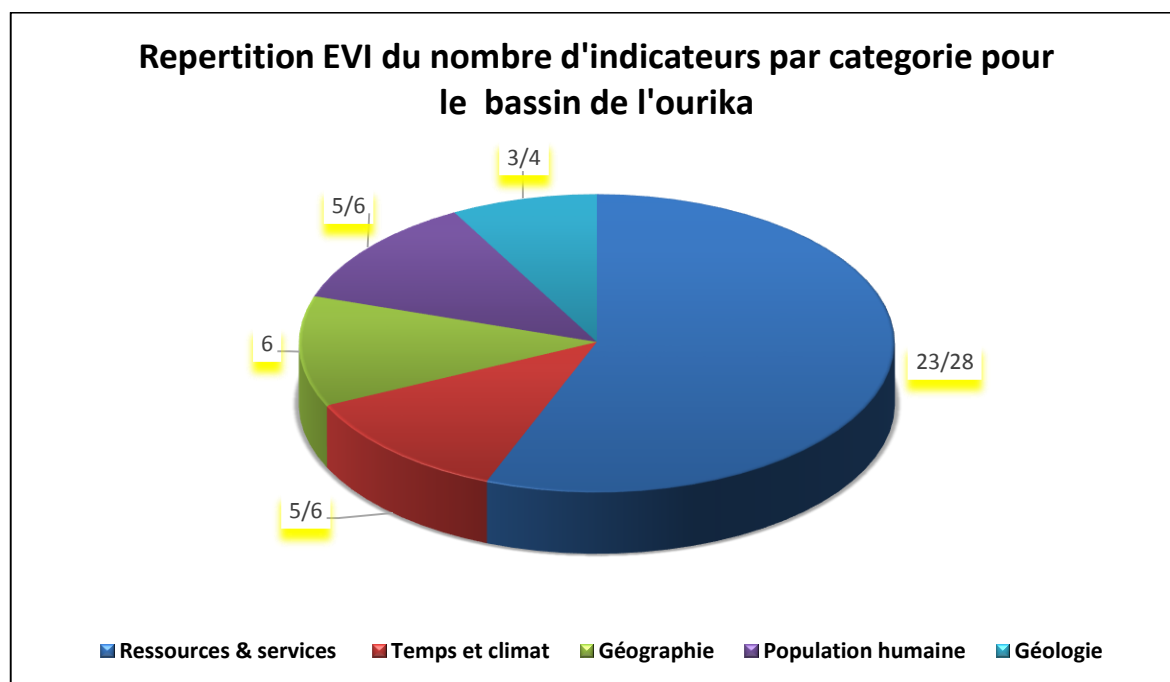


Figure 14. Répartition du nombre d'indicateurs EVI par catégorie pour le bassin versant de l'ourika.

(ex. 23/28 signifie 23 indicateurs sur les 28 que compte la catégorie Ressources et Services ont été utilisés pour le bassin de l'ourika)

Au total, Toutes les catégories sont représentées, en dehors de la catégorie des Ressources et Services pour lesquels cinq (5) indicateurs non valide aussi trois (3) indicateurs non valide pour chacun de ces catégories suivantes : géologie, temps et climat ainsi que la population humaine.

En effet, une comparaison des résultats de cette analyse avec la répartition générale des indicateurs EVI (figure 15) montre que, seuls 8 indicateurs, qu'on a appelés non valides, n'ont en réalité pas été utilisés. Ces indicateurs non valides se retrouvent dans la catégorie Ressources et sévices, géologie, Temps et Climat et enfin population humaine.

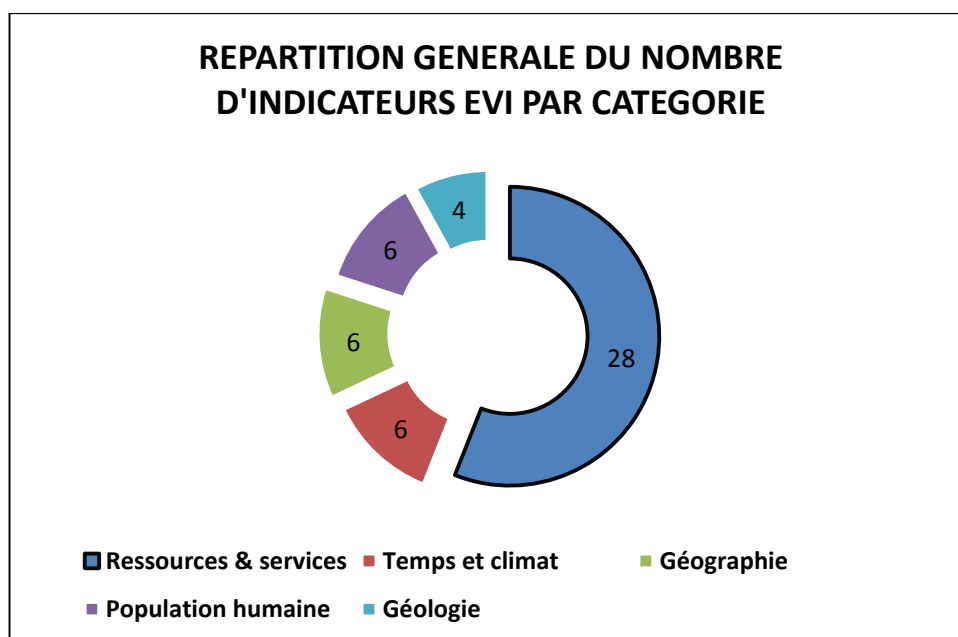


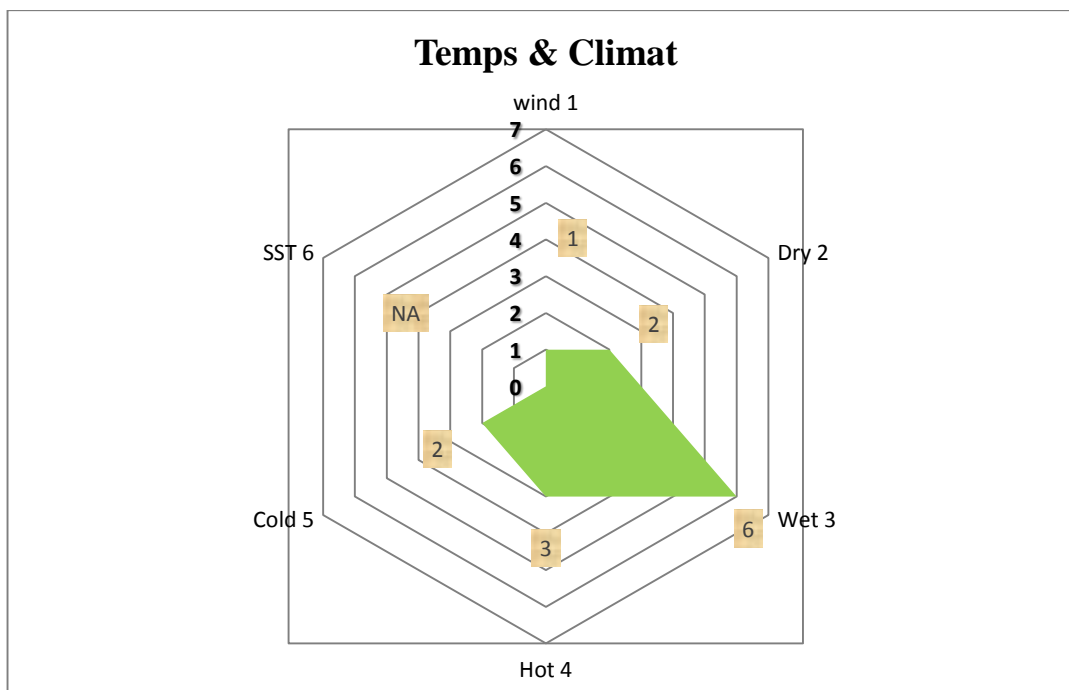
Figure 15. Répartition générale du nombre d'indicateurs EVI par catégorie

Il ressort de cette figure que la répartition générale des indicateurs par catégorie est inégale. La catégorie la plus représentée est les Ressources et Services.

En gros, les indicateurs incorporés dans le modèle EVI, sont inégalement répartis de façon générale en catégorie et en aspect ou sous indices.

6.2. Répartition des scores des indicateurs effectifs par catégorie pour le bassin versant de l'ourika

Selon Kally et Pratt (2004), les scores représentent les données numériques du modèle EVI. La répartition des scores des indicateurs par catégorie a été faite pour le bassin versant de l'Ourika. Les catégories existantes sont : Temps et climat, Ressources et Services, Géologie, Géographie, Population humaine.



Wind= vitesse du vent ; Dry = période sèche ; Wet= période humide ; Hot = période chaude ; cold = période froide ; Tp surf Océan = Température de la surface de l'océan ;

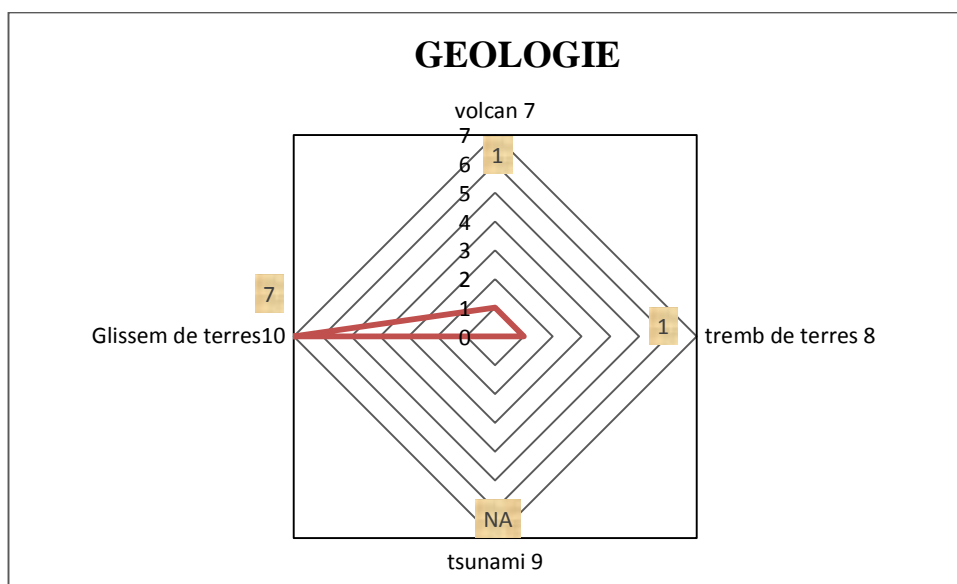
Figure 16. Représentation des scores des indicateurs effectifs de la catégorie Temps et climat pour le bassin de l'ourika.

Les indicateurs météorologiques et climatiques leur score varie entre 1 et 6 (force du vent: 1, Périodes sèches: 2, périodes humides: 6, périodes chaudes: 3 et périodes froides: 2).

La force du vent n'a pas dépassé le premier seuil de la grille d'attribution des valeurs des indices (1 à 7) durant les cinq dernières années, par rapport aux 30 dernières années. Les vitesses maximales de vent enregistrées doivent donc correspondre à une variabilité et non à un changement pour cet indicateur dans le bassin de l'ourika. Le bassin versant est résilient pour cet indicateur.

Pour l'indicateur des périodes sèches, il a un score de (2). La fréquence et la sévérité de la sécheresse peut avoir un effet sur la résilience de la région à d'autres risques (par exemple incendies, mouvements de l'eau et capacité des écosystèmes à atténuer la pollution). Les incidences socioéconomiques des sécheresses peuvent résulter de l'interaction entre les conditions naturelles et les facteurs humains, comme le changement d'affectation des terres et la modification de la couverture terrestre, de la demande en eau et de son utilisation.

Les résultats montrent aussi une vulnérabilité du bassin à l'indicateur des périodes humides l'EVI a attribué la valeur (6) ce qui signifierait que l'excès de pluie caractérise le plus cette catégorie et serait l'élément qui interviendrait plus dans les changements climatiques. Selon ce résultat, il est clair que le risque d'inondation a augmenté d'une manière inquiétante, sur toute l'étendue du bassin. De même l'EVI a accordé une valeur de 3 pour l'indicateur de période chaude ce qui confirme l'hypothèse de la hausse de la température dans la zone d'étude. Cet indicateur est conçu pour mettre l'accent sur les impacts de l'augmentation des températures sur les écosystèmes (productivité, niveau d'oxygène, pollution, reproduction, relations symbiotiques...).



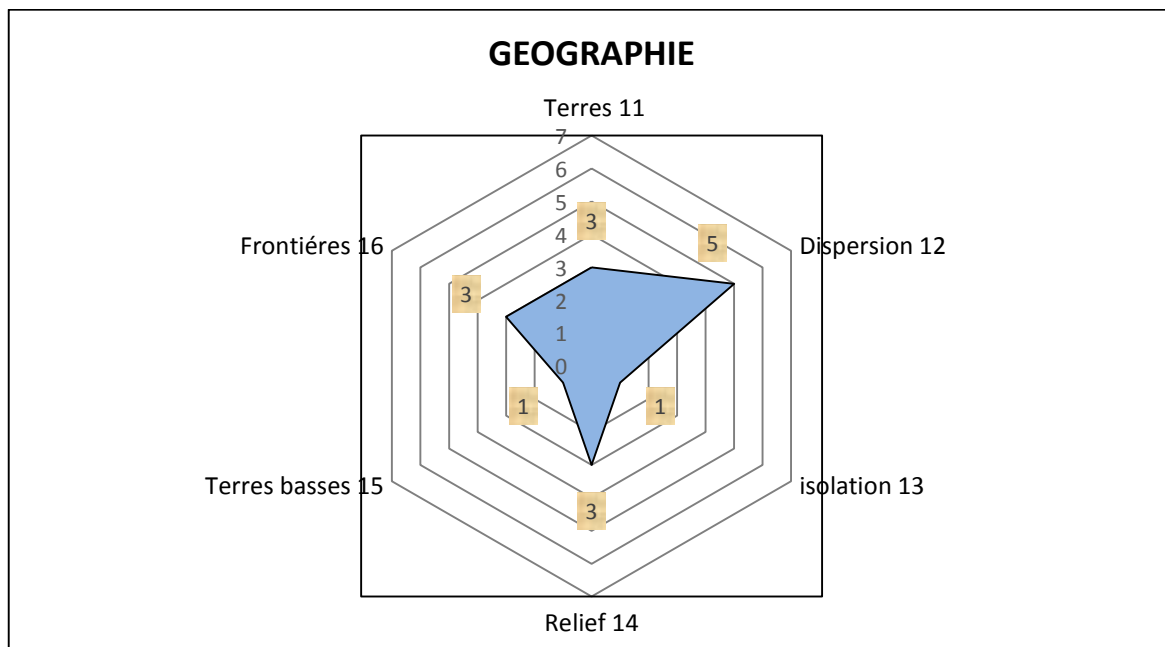
Tremb de terres = tremblements de terres ; Glissem de terres = glissement de terres ;
Tsunami9 (1) = indicateur tsunami, numéro =9, score = 1

Figure 17. Représentation des scores des indicateurs effectifs de la catégorie Géologie pour le bassin versant de l'ourika.

La catégorie Géologie est représentée par quatre indicateurs dont celui qui porte le score le plus élevé est l'indicateur de glissement de terrains auquel l'EVI a accordé un score de 7. Malgré le petit nombre d'indicateurs que cette catégorie rassemble, ces indicateurs ne sont pas les moins importants.

Un glissement de terrain est le mouvement d'une masse de roche, de débris ou de sol, le long d'une pente (www.bme.gouv.ht). Le bassin versant de l'Ourika a enregistré un nombre très élevé des glissements de terrains dont la cause principale est les fortes précipitations enregistrées lors des saisons pluvieuses ou suite aux averses enregistrées

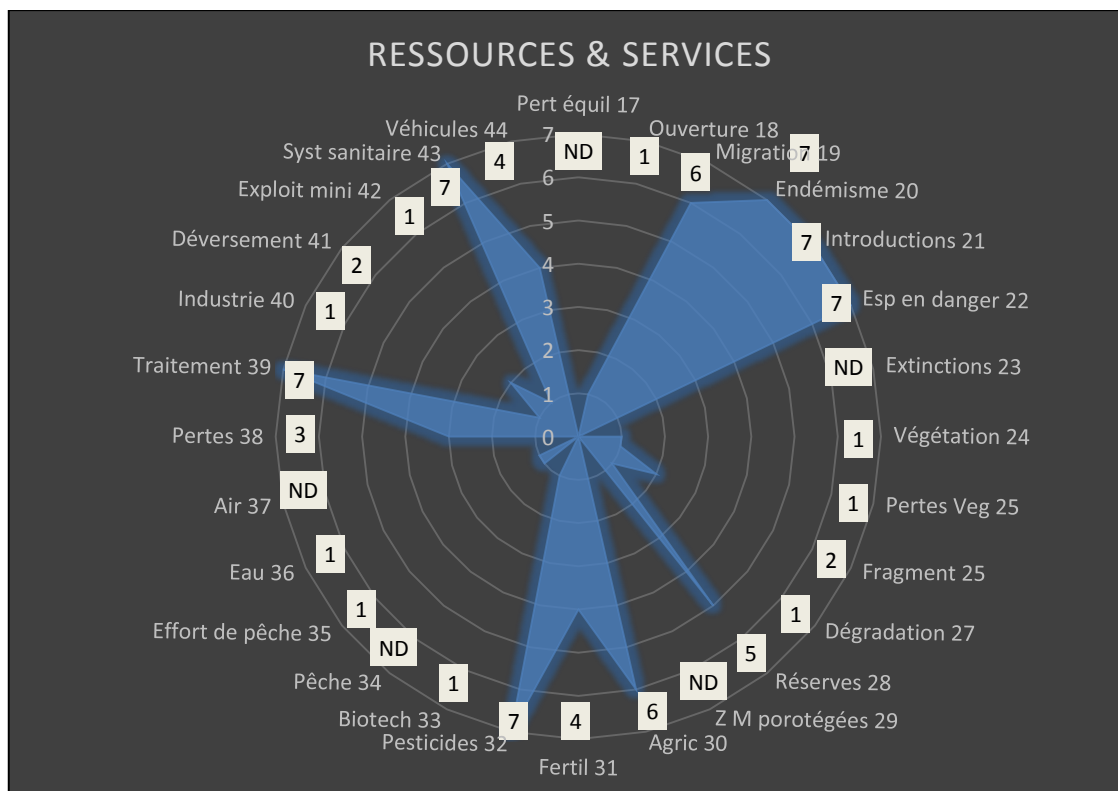
lors de l'été, ce facteur météorologique demeure le principal responsable de la majorité des glissements.



Isolation 13 (1) = indicateur isolation, numéro occupé = 13, score = 1

Figure 18. Représentation des scores des indicateurs effectifs de la catégorie Géographie pour le bassin versant de l'ourika.

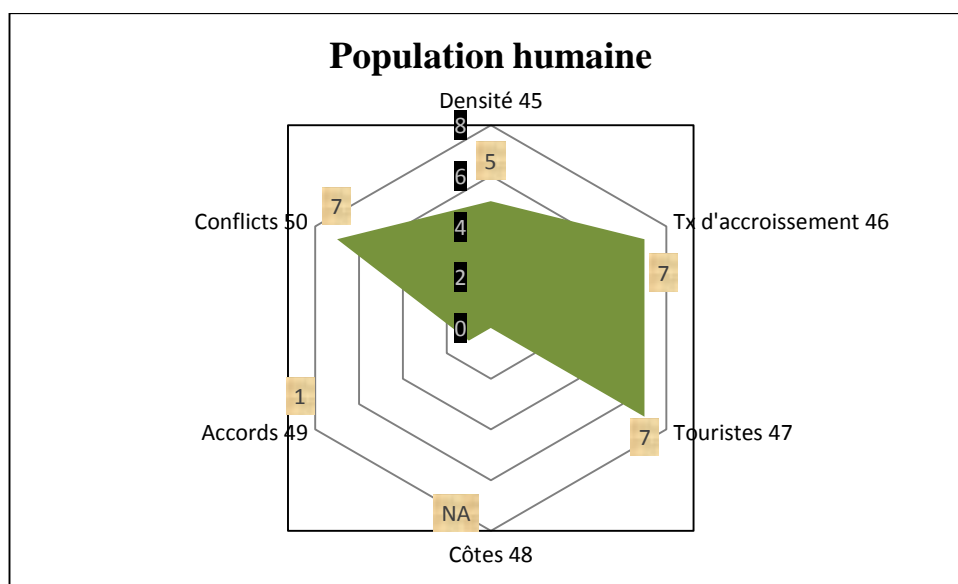
La catégorie géographie est représentée par l'indicateur dispersion auquel l'EVI a accordé un score de 5. Cet indicateur capte le degré auquel la surface terrestre d'une région est fragmentée et dispersée, selon le score obtenu pour cet indicateur on peut dire que la zone peut être sujette à une multitude d'effets transfrontaliers.



Pert équil = pertes d'équilibre ; Ouverture= ouverture de l'environnement ; Introduction = espèces introduites ; Esp en danger = espèces en danger ; Pertes vég = pertes de végétation ; Fragment = fragmentation ; Z M protégées = zone marine protégées ; Agric =agriculture ; Fertil = fertilisants ; Exploit mini = exploitation minière ; Syst sanitaire = système sanitaire ; Fertil 31 (7) = indicateur fertilisant, numéro occupé = 31, et score = 4

Figure 19. Représentation des scores des indicateurs de la catégorie Ressources et services pour le bassin versant de l'ourika.

Comme déjà signalé plus haut, cette catégorie (Figure 19) est la principale compte tenu du nombre d'indicateurs qu'elle regroupe. Les indicateurs qui représentent le plus sont ceux liés à la perte de biodiversité et à l'agriculture. Les espèces migratrices, en dangers, introduites et les endémismes auxquels l'EVI a attribué un score plus élevé 7. Aussi les indicateurs relatives à l'agriculture ont aussi enregistrés des score très élevés à savoir : l'indicateur de l'utilisation des fertilisants, les pesticides etc. à partir de la figure on peut dire que la biodiversité est vulnérable avec un score allant de 1 à 7. La biodiversité et les services écosystémiques sont profondément altérés en raison de la surexploitation des ressources et de l'introduction d'espèces invasives dans la région, surtout avec la propagation de l'arboriculture sur toute l'étendue du bassin ce qui a augmenté le nombre d'espèces introduites. La chasse et le braconnage représentent les menaces majeures sur la faune, Le changement climatique aura aussi un impact sur la Biodiversité, il modifie notamment la répartition des espèces, les époques de floraison et les migrations d'oiseaux.



Tx d'accroissement = taux d'accroissement ; Accord 49 (1) = indicateur Accords numéro 49 et score = 1

Figure 20. Représentation des scores des indicateurs de la catégorie Population Humaine pour le bassin versant de l'ourika.

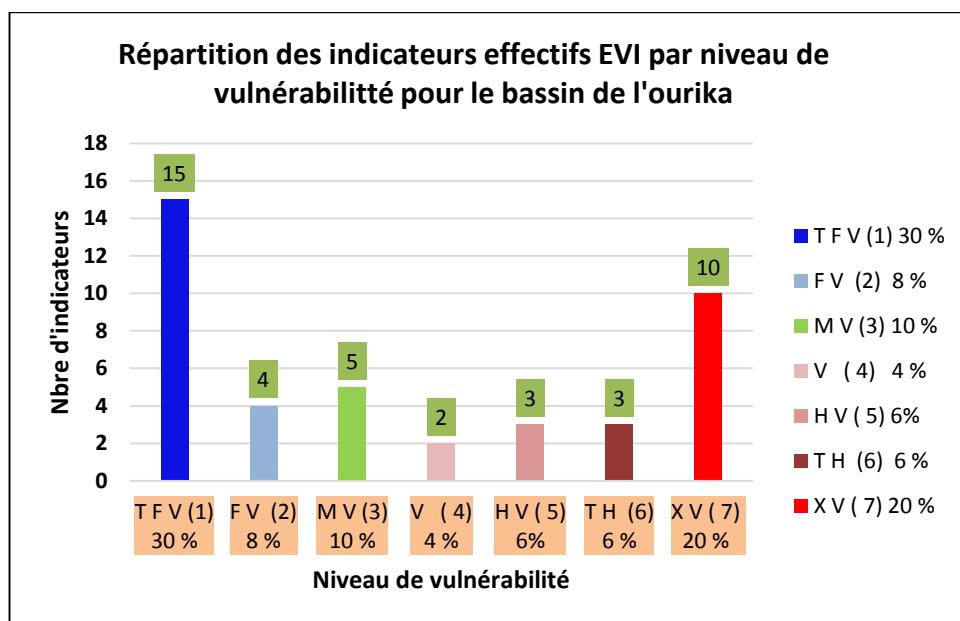
La catégorie Population Humaine (Figure 20) rassemble les ressources humaines que possède le bassin de l'ourika, cette catégorie exerce une pression sur les ressources naturelles via une expansion urbaine sans prise en considération des systèmes naturels, la modernisation des douars sans respect de leurs caractéristiques et formes de construction traditionnelles et la surexploitation des nappes phréatiques par des motopompes ne sont que quelques-unes des tendances qui détériorent considérablement le patrimoine culturel et naturel du bassin versant de l'ourika.

La figure 20 montre que le bassin versant de l'ourika se trouve confronté avec une acuité sans cesse aux beaucoup de défis de croissance de la population auquel l'EVI a accordé un score de 7 pour le taux d'accroissement et un score de 5 pour la densité de la population, Concernant le tourisme, le score est de 7, le nombre de visiteurs de la zone est très élevé puisque le bassin est connu par ses atouts environnementaux et touristiques, présentant ainsi les traits d'un espace attractif pour les amateurs de la découverte de la nature et la pratique de différentes activités sportives et de loisirs. Mais ce nombre élevé de visiteurs exerce une pression sur les ressources du bassin et en accélère le processus de dégradation de ces ressources naturelles.

En dehors de la répartition des indicateurs effectifs du bassin versant de l'ourika selon la catégorie, il a été possible d'obtenir une répartition de ces mêmes indicateurs selon le niveau de vulnérabilité (score) et la catégorie.

6.3. Répartition des indicateurs effectifs selon le niveau de vulnérabilité et le score pour le bassin versant de l'Ourika

La répartition des indicateurs effectifs EVI par niveau de vulnérabilité pour le bassin de l'ourika a permis de connaître l'allure de la répartition des indicateurs selon le niveau de vulnérabilité qu'ils confèrent au bassin (Figure 21).



TFV = très faible vulnérabilité (1), FV = faiblement vulnérable(2) ; MV = moyennement vulnérable (3) ; V = vulnérable (4) ; HV = hautement vulnérable (5) ; THV = très vulnérable (6) ; XV = Extrêmement vulnérable (7).

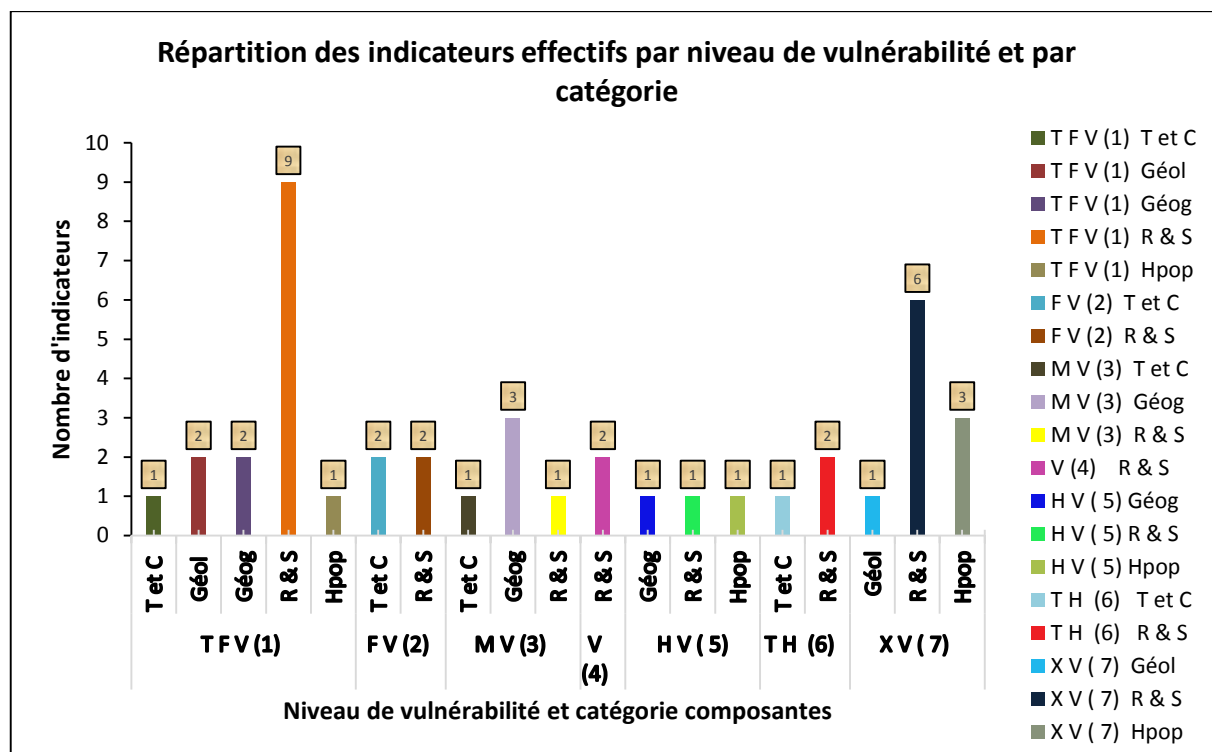
Figure 21. Répartition des indicateurs effectifs EVI par niveau de vulnérabilité pour le bassin versant de l'ourika.

Selon la figure 21, il ressort que, en dehors des 42 indicateurs qui ont été représentés sur la figure avec leur répartition, les 8 indicateurs restants correspondent aux ND (4 indicateurs) et NA (4 indicateurs), soit 16 % pour les indicateurs restants.

Les valeurs non valides s'expliquent par l'indisponibilité des informations sur la zone d'étude pour ces indicateurs ou pour le non applicabilité de ces indicateurs pour le bassin.

A part les 16 % d'indicateurs non utilisés ou valorisés, 54 % sont compris entre vulnérabilité moyenne et extrême d'ailleurs on le voit clairement dans la valeur de l'EVI pour le bassin de l'ourika. Juste 30 % des indicateurs sont très faiblement vulnérables. En résumé sur la totalité des indicateurs effectifs (les 84 % représentant cette fois-ci les 100% des indicateurs vraiment effectifs soit le total des 42), plus des 64 % (représentés par les 27 indicateurs) sont compris entre moyennement vulnérable à extrêmement

vulnérable. Ces derniers sont à la base du niveau de vulnérabilité du bassin versant de l'Ourika et expliqueraient clairement ce haut niveau obtenu pour ce bassin versant.



T et C = Temps et climat ; Géol = géologie ; géog = géographie ; Hpop = population humaine ; R & S= ressources et services ; T F V (1) = très faiblement vulnérable (score 1) ; Faiblement vulnérable(2)=(score 2) ; M V (3) = moyennement vulnérable (score 3) ; V (4) = vulnérable (score 4) ; H V (5) = hautement vulnérable (score 5) ; T H V (6) = très hautement vulnérable (score 6) ; X V (7) = extrêmement vulnérable (score 7).

Figure 22. Répartition des indicateurs effectifs du bassin versant de l'ourika par niveau de vulnérabilité et par catégorie.

Il ressort de la figure 22, selon la répartition des indicateurs par catégorie en se basant sur le niveau de vulnérabilité, la configuration obtenue (tableau 11) en ce qui concerne les catégories les plus représentées est :

Tableau 11. Configuration de la répartition des indicateurs effectifs du bassin versant de l'ourika par niveau de vulnérabilité et par catégorie.

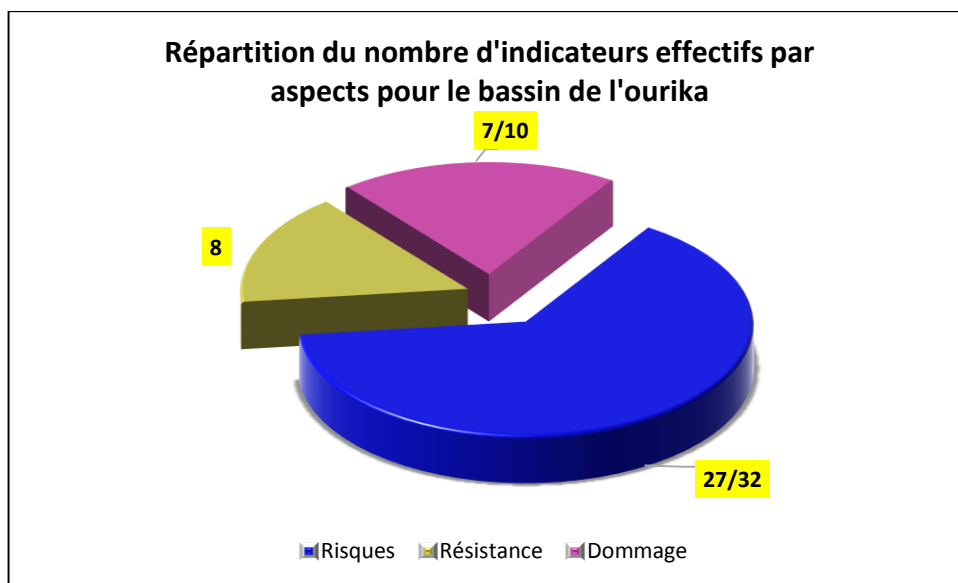
Catégorie	Niveau de vulnérabilité						
	T F V	F V	M V	V	H V	T H	X V
Ressources et services	9	2	1	2	1	2	6
Temps et climat	1	2	1	–	–	1	–
Géologie	2	–	–	–	–	–	1
Géographie	2	–	3	–	1	–	–
Population humaine	1	–	–	–	1	–	3

La répartition des indicateurs par aspects ou sous –indices représente la présentation des indicateurs utilisés par l'EVI selon le Risque, Résistance et Dégradation a été appliquée également au bassin de l'ourika.

➤ **Répartition du nombre d'indicateurs effectifs EVI par aspect pour le bassin versant de l'ourika**

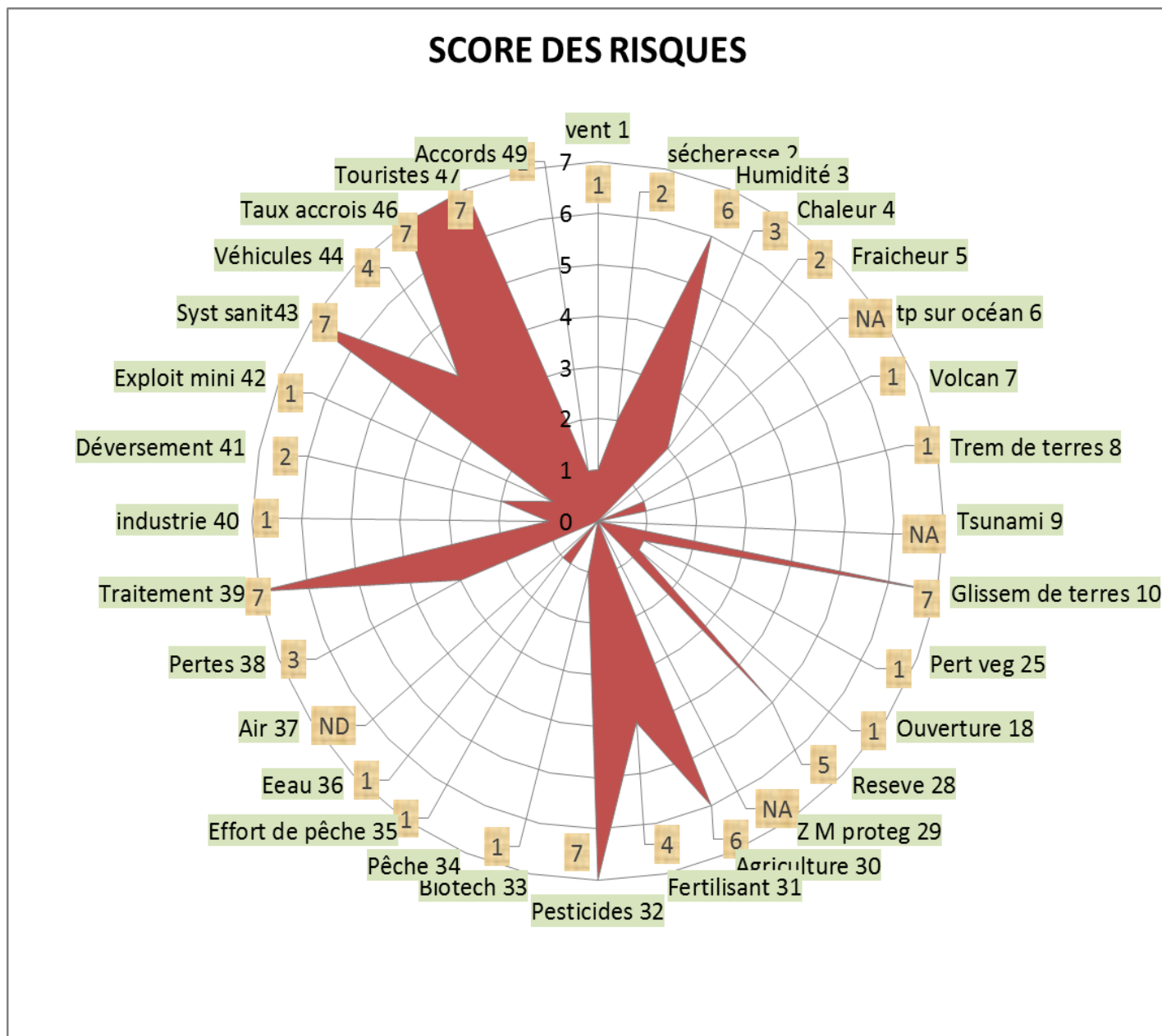
Les indicateurs EVI sont répartis suivant trois aspects à savoir :

Les risques (Hazards ou H), Les Dégradations (Dommage ou D) et la Résistance (Résistance ou R)



(Exemple : 7 indicateurs sur 10 ont été utilisés pour l'aspect Dommage et 27 indicateurs sur 32 pour Les risques)

Figure 23. Répartition du nombre d'indicateurs par aspects pour le bassin versant de l'ourika.



Tp surf océan = température de surface de l'océan ; trem de terre = tremblement de terres ; glissem de terres = glissements de terres ; Pert veg = pertes de végétation ; Z M proteg = zone marine protégée ; Exploit mini = exploitation minière ; Syst sanit = système sanitaire ; Taux accrois = taux d'accroissement ; Tsunami 9 (NA) = tsunami indicateur numéro 9 score non appliqué.

Figure 24. Représentation des scores des indicateurs de l'aspect risque pour le bassin versant de l'ourika.

Il ressort de la figure n° 23 que en dehors de la résistance pour laquelle tous les indicateurs ont été effectivement utilisés, les indicateurs non valides sont au nombre de Cinq (05) pour l'aspect risques et trois (03) dans la dégradation.

A partir de la figure 24 les indicateurs composant cette catégorie sont répartis suivant : le temps & climat, les mouvements de terrains, les facteurs intervenant dans les ressources

et services dont la biodiversité ect. Leurs scores varient de 1 à 7 avec la majorité des « 7 » (obtenu pour un niveau de vulnérabilité extrêmement vulnérable) se retrouvant ici. Néanmoins, la plupart des indicateurs se retrouvent dans le niveau très faiblement vulnérable à faiblement vulnérable (plus de 50 %).

Selon EVI, les risques sont constitués par des indicateurs pouvant avoir un effet important sur le bassin. L'importance de ce sous-indice résiderait dans son influence directe sur les ressources dont dispose le bassin versant et la menace que pourraient constituer les fortes valeurs de ces indicateurs sur le bassin. Pour ce bassin versant, le niveau de risque serait en majorité dû aux indicateurs portant un score de vulnérabilité très élevé à voir le pourcentage de niveau de vulnérabilité dominant. Ces indicateurs de forts scores de vulnérabilité seraient les plus à la base des risques encourus par le bassin de l'ourika.

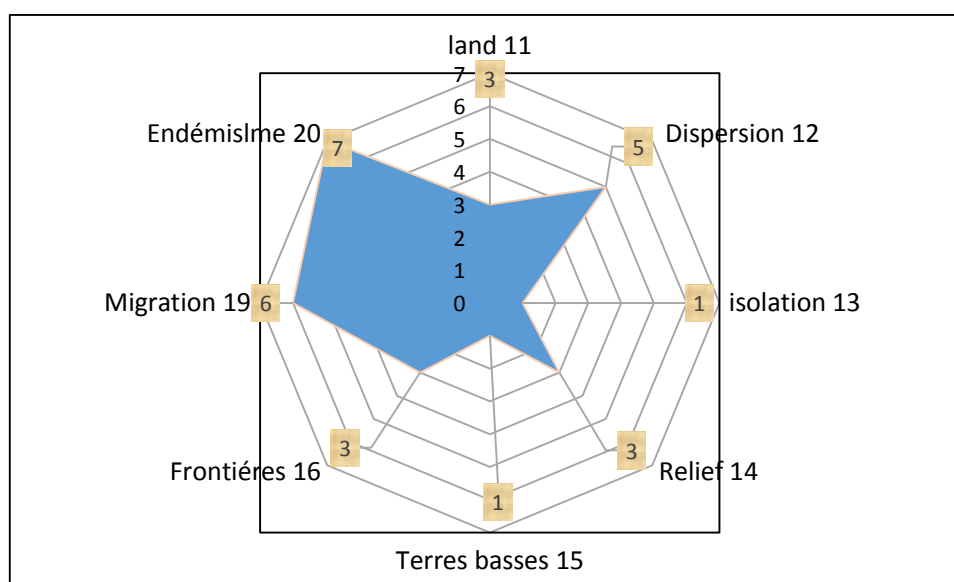


Figure 25. Représentation des scores des indicateurs du sous-indice Résistance pour le bassin versant de l'ourika.

La plupart des scores dans cette rubrique sont plus ou moins également répartis. Néanmoins, en terme de niveau de vulnérabilité, la plupart des indicateurs de ce sous-indice se retrouvent dans la catégorie faiblement vulnérable score de 3 à extrêmement vulnérable score de (7) avec un pourcentage de 75% (6/8 indicateurs).

En effet, la résistance regroupe les indicateurs d'un certain nombre de catégorie dont la biodiversité, les terres, les frontières ect. Ce sous-indice interviendrait dans la résistance du bassin versant si elle était composée d'indicateurs ayant en majorité des scores 1. La

présence de score supérieur à 1 influencerait la résistance du bassin et expliquerait entre autres le fort taux de vulnérabilité du bassin.

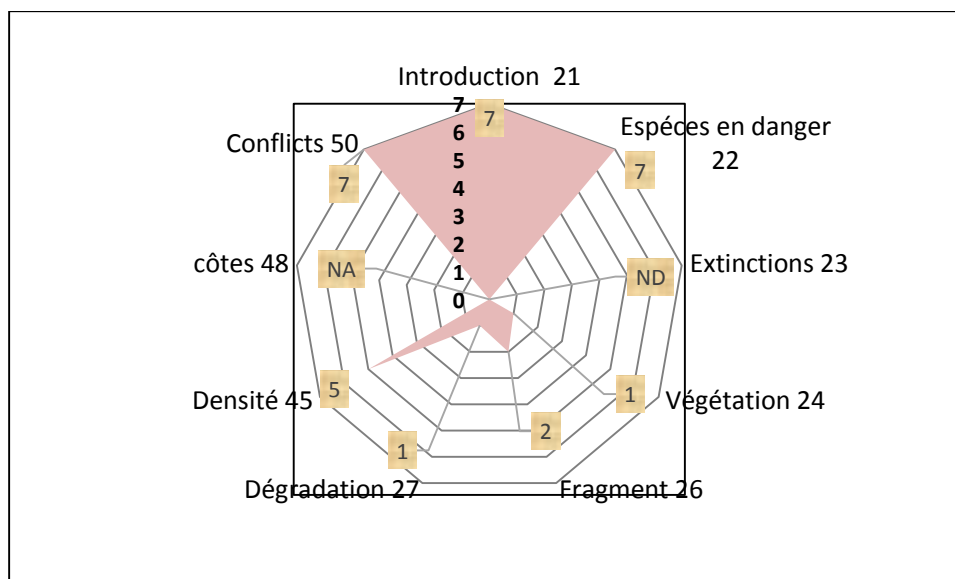


Figure 26. Représentation des scores des indicateurs du sous-indice Dégradation pour le bassin versant de l'ourika.

L'indicateur « déséquilibre » figurant dans cette catégorie et portant, pour le bassin versant de l'ourika, la valeur ND n'a pas été représentée sur cette figure.

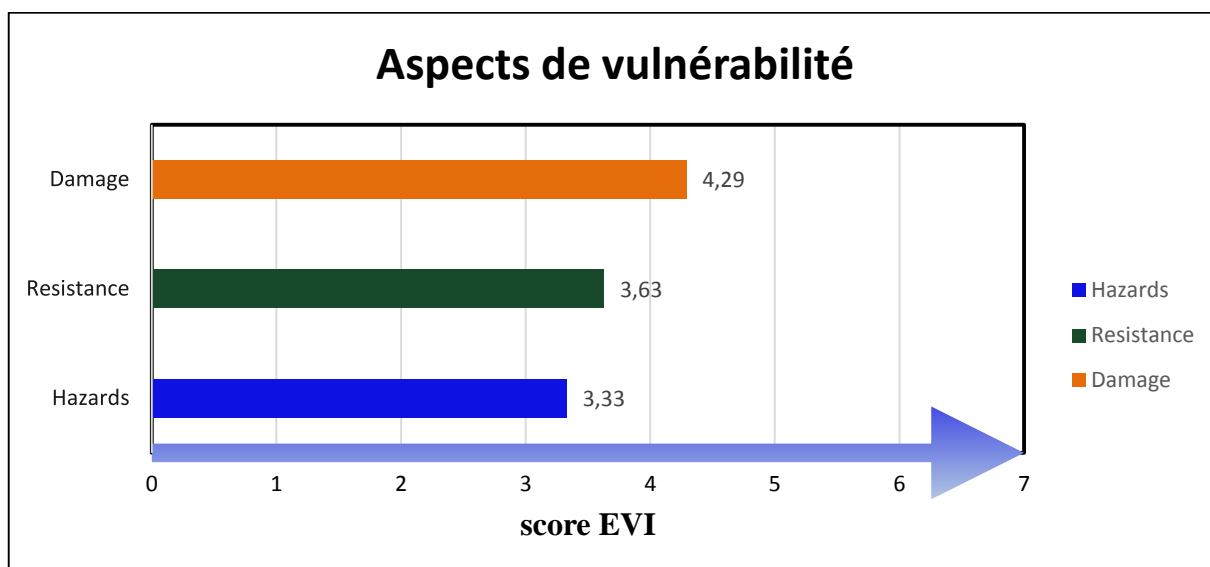
A partir de cette figure, la majorité des indicateurs se trouvent dans la catégorie vulnérable score de (5) à extrêmement vulnérable score de (7) (40%= 4 indicateurs sur les 10 totaux du sous-indice ou alors près de 50% des indicateurs effectifs).

En effet, en majorité, les indicateurs relatifs à la résistance font partie de la biodiversité et expliquerait en partie la présence de la biodiversité parmi les facteurs que la politique doit mettre en place pour une meilleur gestion des ressources du bassin versant.

En somme, l'inégale répartition générale des indicateurs EVI selon qu'il s'agisse de la catégorie ou de l'aspect pourrait s'expliquer par le poids inégal des indicateurs qu'ils (catégories ou aspects) regroupent dans le modèle EVI, mais également par la valeur que représente cette catégorie ou cet aspect dans l'analyse de vulnérabilité de l'environnement aux changements climatiques. Il est question ici du risque, la catégorie la plus représentée.

6.4. Score global des aspects de vulnérabilité pour le bassin versant de l'Ourika

Pour le bassin versant de l'ourika, les aspects (risques, dégradation, résistance) ont été ressortis par l'EVI. Ils sont consignés à la figure 27.



Hazard= Exposition aux risques naturels ou humains, Damage = Indice de dégradation de l'environnement et Resistance = Indice de la résilience intrinsèque

Figure 27. Les aspects du profil de la vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

La figure 27 montre que le modèle EVI a attribué à l'aspect Dégradation le score le plus élevé (4,29), suivi de la résistance avec un score de 3,63 et finalement les risques avec un score de 3,33. Ces scores signifieraient donc, qu'en terme de vulnérabilité, les risques interviendraient moins dans la vulnérabilité du bassin versant. la dégradation serait plus à la base de la vulnérabilité du bassin versant.

En effet , les pourcentage de données collectées pour chacun des aspects révèlent que seuls 84% des données relatives aux risques ont permis de lui accorder à ce dernier le score le plus bas (3,33). 100 % des données relatives à la résistance ont un score de 3,63, et seulement 70 % des données relatives à la dégradation ont conduit à un score de 4,29. On pourrait avoir plus d'explication si on avait les mêmes pourcentages de données pour toutes les catégories. Et cette différence de score pourrait s'expliquer par la différence observée au niveau des pourcentages de données collectées.

Mais, il est important de noter à ce niveau, que la résistance pour laquelle la totalité des données a été obtenue, le score est de 3,63 et traduirait une intervention assez importante de cet aspect dans le niveau de vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

Toutefois, une rétrospective sur la répartition générale d'indicateur EVI par sous – indices (figure 28) montre que ces derniers sont inégalement répartis avec par ordre d'importance : les risques, la dégradation, la résistance.

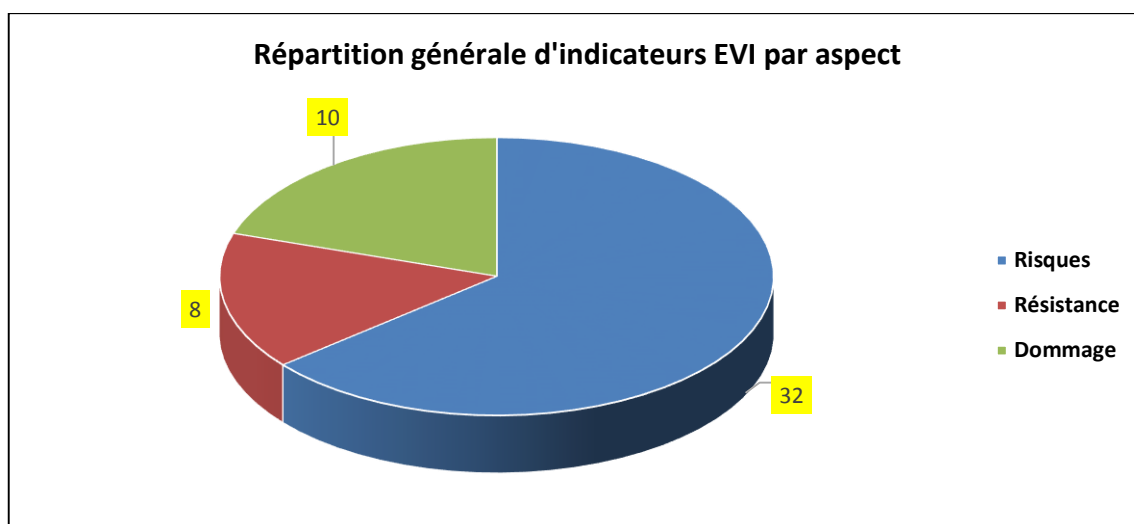


Figure 28. Répartition générale du nombre d'indicateurs EVI par aspects.

On analyse la figure n° 28 on voit que les risques représentent plus de la moitié des indicateurs (64 %). La dégradation les 20 % et la Résistance les 16 % du total. Cette inégale répartition des aspects pourraient avoir une influence sur le niveau de vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

6.5. Facteurs analysés

Les calculs effectués à ce niveau (Tableau 12) ressortent les pourcentages d'intervention de chaque facteur dans le modèle EVI. Les facteurs à ce niveau sont les causes de vulnérabilité sur lesquelles se base plus une évaluation par l'EVI.

Tableau 12. Le pourcentage d'intervention de chaque sous-indice dans le modèle EVI

Elément analysés	Pourcentage d'intervention des indicateurs dans l'EVI
CC (changement climatique)	13 = 26 %
D (Disasters = Exposition aux risques naturels)	11 = 22 %
HH (Human Health = Santé Humaine)	6 = 12 %
AF (Agriculture and Fisheries = Agriculture et pêche)	19 = 38 %
W (water = Eau)	15 = 30 %
CCD (désertification)	11 = 22 %
CBD (Biodiversité)	19 = 38 %

L'EVI permet en général d'analyser l'importance de la Biodiversité dans un environnement, c'est pour cela ce facteur rassemble un pourcentage important d'indicateur soit 38 % de l'ensemble des indicateurs, permis aussi l'analyse de la

vulnérabilité de cet environnement face aux changements climatiques qui a un pourcentage de 26 % de l'ensemble des indicateurs ,aussi la valeur et l'importance de l'eau dans la région et enfin les impacts de la désertification et les risques naturels sur cet environnement. Il permet également d'analyser les aspects de la santé humaine et en dernier ressort l'un des secteurs les plus importants qui est le secteur de l'agriculture et de la pêche.

Concernant la zone à étudier, l'intervention de ces facteurs ou sous- indices, citons la biodiversité, les changements climatiques ect... est variable d'une zone à l'autre selon plusieurs contraintes tel que la disponibilité des données que contient chaque facteurs. Ce qui fait d'ailleurs l'un des atouts de l'EVI qui est de ressortir les indicateurs le plus et le moins dans le niveau de vulnérabilité de la zone d'étude pour une meilleure prise de décision.

6.6. Indicateurs montrant une grande vulnérabilité environnementale du bassin versant de l'Ourika

Ce sont les indicateurs à la base d'une grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika, ils sont au nombre de 12 (figure n°29) et répartis, selon la catégorie de la façon suivante:

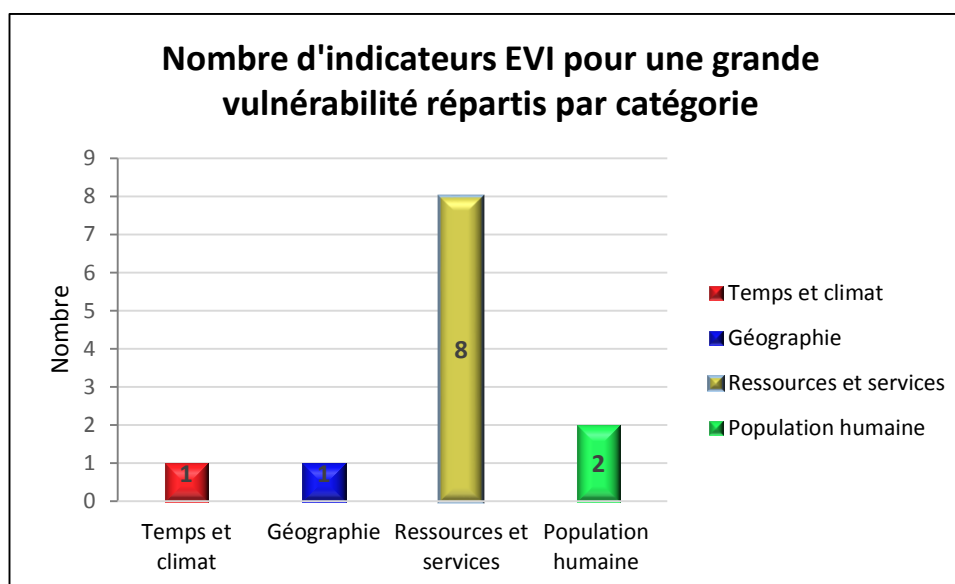


Figure 29. Représentation du nombre d'indicateurs intervenant pour une grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

A partir de la figure 29 on remarque que les indicateurs sont répartis comme suit un (01) indicateur dans la catégorie Temps et climat, un (01) dans la catégorie Géographie, huit (08) dans la catégorie Ressources et services et deux (02) dans Population Humaine.

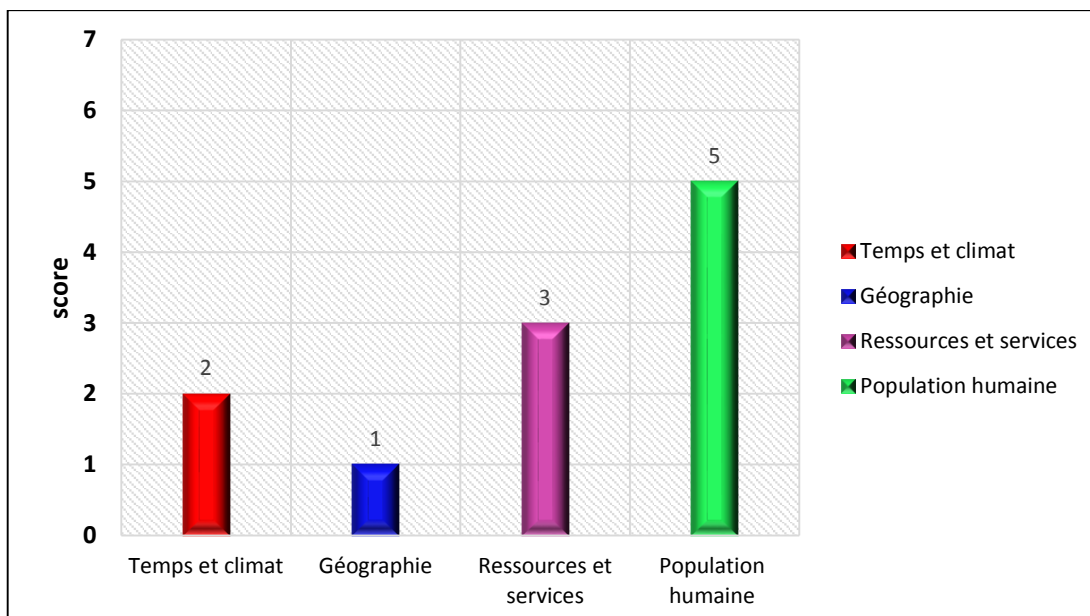


Figure 30. Score des catégories d'indicateurs pour le bassin versant de l'ourika.

La figure 30 met en évidence de façon parfaitement clair, la différence qui réside dans le score des différentes catégories, il s'agit respectivement des scores 2, 1, 3, 5 pour le Temps et climat, la géographie, les Ressources & Services et finalement population humaine. Cette répartition s'explique par les différents indicateurs intervenant dans la grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika que sont (Tableau 13) :

Tableau 13. Indicateurs de grande vulnérabilité (Ordre décroissant d'intervention)

Indicateurs	Nombre	Score
1-sécheresse(Dry)	2	2
2- Terres basses (Lowland)	15	1
3-Ouverture environnement (Openess)	18	1
4- Endémisme (Endemics)	20	7
5- Espèces en danger (Endangered)	22	7
6- Extinctions (Extinctions)	23	ND
7- Perte de couverture (Loss cover)	25	1
8- Dégradation (degradation)	27	1
9- Emission SO2 (Air)	37	ND
10- Exploitation minière (Mining)	42	1
11- Densité (Density)	45	5
12- Densité population côtière (Coastal)	48	NA

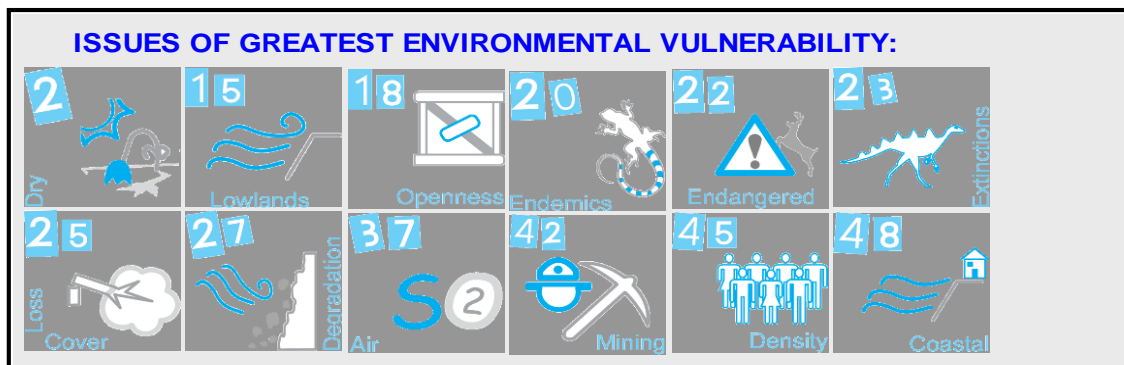


Figure 31. Les indicateurs intervenant pour une grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

Dans le contexte général il faut accorder plus d'attention à ces indicateurs de grande vulnérabilité puisque ces derniers interviennent le plus dans le niveau de vulnérabilité et ils ont l'aptitude de déterminer le degré de vulnérabilité de la zone étudiée. Ils sont en outre utilisés aux fins de l'analyse pour prendre la décision convenable est déterminer là où il réside le problème en résumé le calcul de ces indicateurs constituent un système d'alerte précoce.

En effet il s'agit par ordre d'intervention de :

➤ Sécheresse :

Cet indicateur ce n'est que le résultat des changements climatiques. En effet ce phénomène météorologique extrême prend de plus en plus de la fréquence, de l'intensité et la durée. L'ampleur et la fréquence accrues des sécheresses dans ces dernières décennies accentueront la pression sur les ressources en eau dans le bassin versant. La vulnérabilité de la zone est accentuée par la forte dépendance à l'égard des cultures pluviales, et par la recrudescence des sécheresses et des crues et par la pauvreté, enfin par la capacité limitée à s'adapter.

➤ Les terres basses

Elles représentent les surfaces de terre dont le relief est situé à moins de 50 m au-dessus du niveau de la mer. Ces surfaces sont les plus vulnérables à l'inondation, aux effets de crues et sont les plus sujets aux calamités naturelles. Au niveau du bassin les zones de l'aval se trouvent confrontées à des inondations et des crues susceptibles d'engendrer des dégâts humains matériels non négligeables (Saidi et al. 2006).

➤ Ouverture de l'environnement

Cet indicateur est retenu parmi les indicateurs intervenant dans la grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika.

Ceci pourrait s'expliquer par les combinaisons possibles avec cet indicateur qui capte le risque de dégâts pour la région concernée par l'étude à travers l'importation de matériels étrangers (physique , chimique , et biologique) par la terre , l'air ou la mer pour de grands volumes de fret qui se déplacent annuellement sur le globe.il faut mettre un accent particulier sur la gestion des déchets dans la zone d'étude afin de limiter les risques de transmission des maladies dues aux rejet des déchets des produits importés de l'extérieur de la zone pour mettre à l'abri la santé de la population et aussi protégé l'environnement de l'impact des produits chimiques ,biologiques jetés qui peuvent engendrer des répercussion grave sur les écosystèmes du bassin et sur la santé.

➤ Endémisme, l espèces en dangers et espèces éteintes

Les indicateurs tels que l'endémisme, les espèces en dangers et les espèces éteintes interviennent dans la vulnérabilité de la biodiversité et pourrait impacter la richesse du bassin à cause de leur disparition. Il s'agirait à ce niveau de mettre plus l'accent sur la protection et la conservation des espèces dont dispose le bassin versant à travers une sensibilisation de la population sur la richesse existant et sur les avantages qui découleraient de la présence de cette richesse.

➤ La dégradation de l'environnement

Cet indicateur traduit le pourcentage de terre sévèrement dégradé dans la zone d'étude. En effet le thème de dégradation se réfère aux pertes de valeurs connues à un élément. Elle est accentuée par les effets du climat dont les changements climatiques (BAOLIMO, 2009).

Au niveau de la zone les ressources forestières ont fortement régressé et dégradés au cours de la période 1984-2014. En effet, le couvert forestier représentait 32.45 % de la superficie du bassin en 1984, tandis qu'en 2000, il n'en représentait que 25.89 %. Par la suite, une évolution a été constatée pour présenter, en 2014, l'équivalent de 31.41 % de la superficie du bassin versant (Rihane ; 2015).

La surface agricole a évolué pendant les trente années étudiées en passant de 1.51% en 1984 à 3.91 % en 2014 au détriment de la forêt, donc Les terrains de culture ont progressé de 107.60 %. Ceci renseigne sur une anthropisation très accélérée du bassin versant de l'Ourika (2.03 % de la surface du bassin convertie en culture sur une période de 14 ans) (Bouarais, 2015).

L'environnement du bassin versant connaît une dégradation progressive qui se manifeste par une dégradation de la couverture végétale des écosystèmes forestiers qui est due à de sévères conditions topo-édapho-climatiques conjuguées à une forte pression anthropique exercée sur ces milieux. Pour faire face à cette évolution régressive de l'état d'environnement dans la zone il faut mettre en place une stratégie dite « préventive » en vue de préserver et d'améliorer les différents écosystèmes de la zone, mais aussi et surtout contribuer à un changement de mentalité de la population à travers des actions de sensibilisation.

➤ L'émission de SO₂

Malgré que l'indicateur émission de SO₂ n'ait pas été valorisée, il a été retenu parmi les indicateurs de grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika ceci pourrait s'expliquer par le nombre très élevé des voitures qui entrent dans la zone ces derniers émettent des quantités importante de ce gaz mais l'absence des outils de quantification et de mesures de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère n'a pas permis de trouver une estimation de la quantité émise dans l'atmosphère de la zone d'étude.

Le dioxyde de soufre, polluant gazeux provenant principalement de la combustion des combustible fossiles (charbon, fiouls ...), se transforme principalement en acide sulfurique, qui se dépose au sol et sur la végétation (Airpl ,2010). Ceci contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification et à l'appauvrissement des milieux naturels.

Les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) dans l'atmosphère contribuent, avec les oxydes d'azote (NO_x) et l'ammoniac (NH₃), à la pollution acide. Sous l'effet des vents et des précipitations, les retombées acides entraînent l'acidification des milieux qui peut entraîner des chutes de feuilles ou d'aiguilles, des nécroses et influencer de façon

importante les milieux aquatiques. Les pluies acides contribuent également à la dégradation des sols.

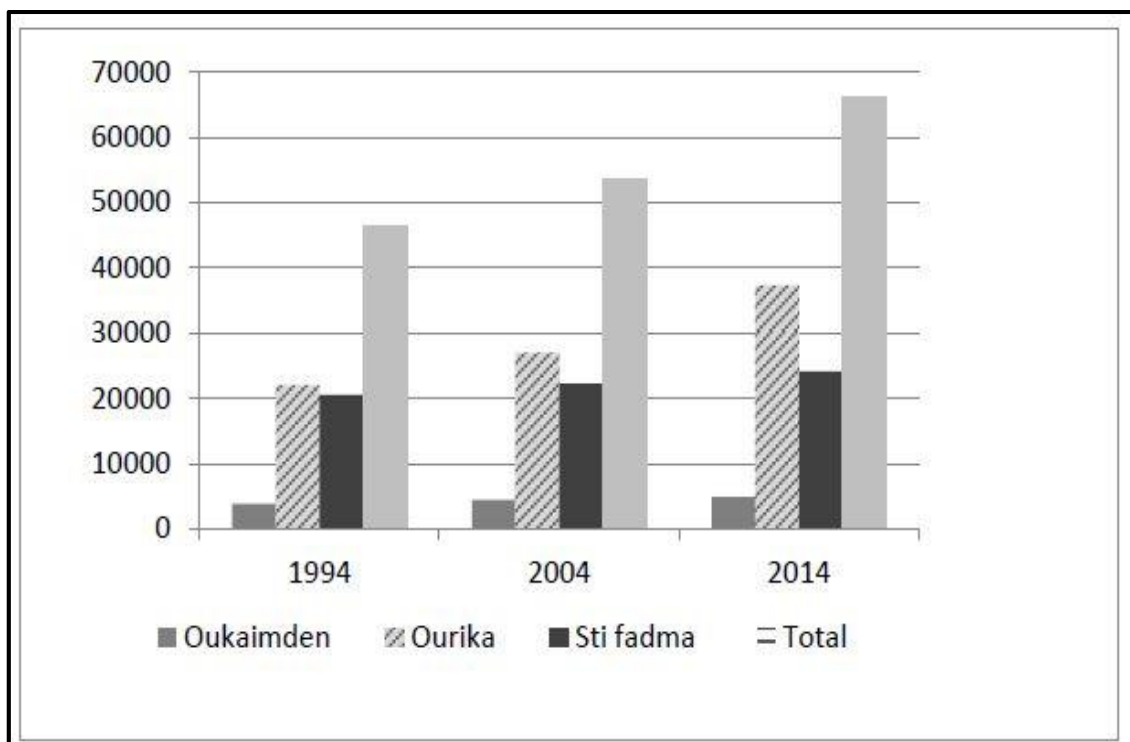
➤ La densité de la population

Elle traduit le nombre d'habitants par km² de terres. Elle a un impact sur le développement économique, sur l'environnement et sur les ressources de la Terre. La densité de population est un facteur clé de la menace pesant sur les espèces, les activités humaines ont accéléré le rythme normal d'extinction des espèces c'est-à-dire le rythme auquel on pourrait s'attendre en l'absence de l'influence de l'humanité (Mace, 1998 ; Vines, 1999). Si la population mondiale continue à croître au rythme actuel, la planète connaîtra une augmentation de 7 % du nombre des espèces menacées dans les vingt prochaines années et du double de ce chiffre d'ici à 2050 (Anonyme , 2003).

En effet, dans une étude portant sur de 50 pays d'Asie et d'Afrique de 1980 à 1990, le fonds des Nations Unies pour les activités en matière de population (FNUAP) a constaté que la perte des habitats naturels était la plus grande dans les zones à forte densité de population et elle est plus faible dans celles faiblement peuplées. Dans les 10 pays qui avaient perdu le plus d'habitats (85% en moyennes), la densité moyenne de la population était proche de 200 personnes au Kilomètre carré. Dans les 10 pays qui avaient perdu le moins d'habitats (41 % en moyenne), la densité moyenne de la population était à peine 29 habitants au kilomètre carré (Harrison, 1998).

Au niveau du bassin versant, le phénomène social majeur est l'accroissement de la population, malgré l'exode rural et l'émigration toujours très active. La densité de la population atteint 115 habitants/Km² fait partie des plus fortes au Maroc.

En considérant la population des trois communes Ourika, Sti fadma et Oukaimeden qui constituent principalement le bassin versant de l'Ourika, nous pouvons constater une augmentation remarquable passant de 46 325 habitants en 1994 à 66 306 habitants en 2014 (figure 32).



Source (Bouarais ,2015)

Figure 32. Evolution de la population au niveau du BV de l'Ourika (1994, 2004, 2014).

L'accroissement des populations montagnardes, encore très dépendantes d'une économie de subsistance, se traduit par une dépendance économique de l'exploitation des ressources naturelles. Ce qui présage une perspective de pressions sur le couvert forestier et sur les ressources en eau et des sols. La dégradation des ressources est d'autant plus forte que le cercle vicieux alliant la croissance de la population, à la déforestation et à l'érosion s'exerce dans des milieux sensibles à l'érosion. Cette sensibilité est liée à la fragilité de la couverture végétale et à la violence des pluies torrentielles de printemps et d'automne (Bouarais ,2015).

Ces fortes densités dans le bassin sont à la base d'importants retards en matière d'assainissement et explique ce fort taux de la population humaine n'ayant pas accès à une hygiène saine. La dispersion des douars, le coût et le contexte géologique sont des causes, entre autres, des problèmes d'installation d'un système d'assainissement, raison pour laquelle les habitants des douars se dirigent vers la défécation et l'urination, et rejettent les eaux domestiques dans la nature, ce qui entraîne un véritable problème d'hygiène et environnemental Les eaux usées sont déversées dans l'oued ou infiltrées dans la nappe ou rejetées dans le sol.

➤ La densité de la population côtière

Pour l'EVI, l'utilisation de la densité côtière parmi les indicateurs traduit les impacts de l'installation de la population au niveau du littoral cet indicateur est n'est pas appliqué à la zone d'étude.

6.7. Indicateurs montrant une grande résilience environnementale du bassin versant de l'Ourika

Ces indicateurs sont ceux qui ne contribuent pas trop à la vulnérabilité du bassin, mais intervenant le plus dans sa résilience. Ils sont au nombre de 6 répartis sur deux catégories à savoir : (4) quatre indicateurs pour la catégorie Ressources & Service, et (2) deux pour la Population humaine comme les montre la figure 33 pour le bassin versant de l'ourika.

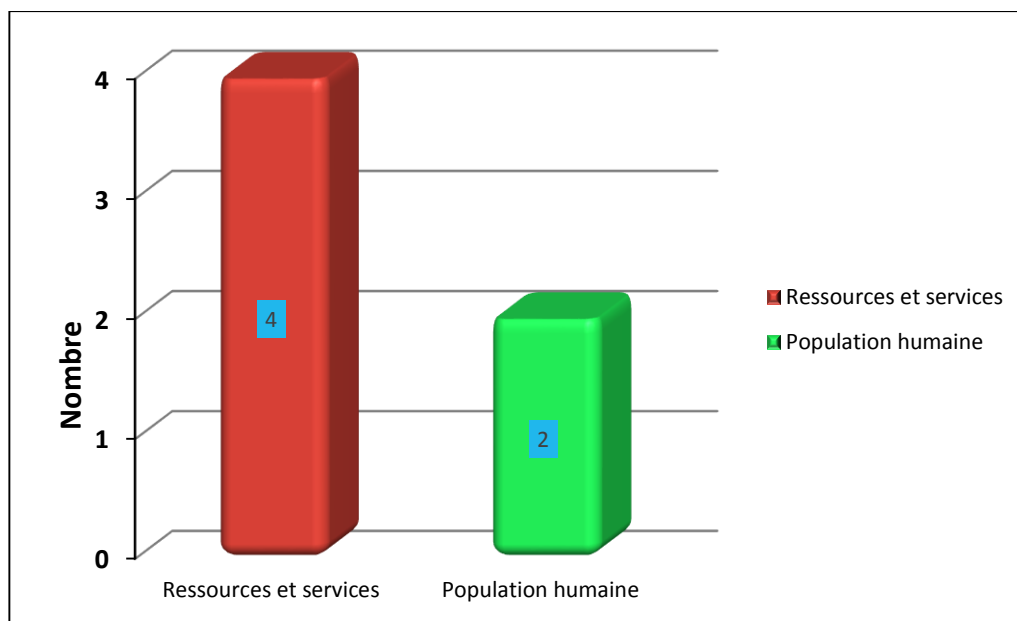


Figure 33. Nombre d'indicateurs intervenant dans une grande résilience du bassin versant de l'ourika.



Figure 34. Les indicateurs qui ne contribuent pas trop à la vulnérabilité du bassin versant.

Les six indicateurs intervenant dans la grande résilience du bassin versant se répartissent comme suit (Tableau 14) :

Tableau 14. Les six indicateurs intervenant dans la grande résilience du bassin

Indicateurs	Numéro	Score	Représentation
1- Agriculture (Farming)	30	6	AG&FISH
2- Biotechnologie (Biotechnology)	33	1	AG&FISH
3- Eau (water)	36	1	CC/DESERT/WAT/AG&FIH/HH
4- Déversement (spills)	41	2	
5- Accords (Agreements)	49	1	
6- Conflits	50	7	

Les indicateurs cités dans le tableau 16 sont indiqué par :

Pour l'agriculture : partout dans le monde l'élevage intensif est considéré l'un des causes principales des problèmes environnementaux majeurs d'après un rapport de la FAO (FAO,2006), en effet le secteur de l'élevage est socialement et politiquement très important dans le bassin: il nourrit et fait vivre un pourcentage très important de la population du bassin ,ces animaux sont souvent la seule source de moyens d'existence, des gens même si les habitants de la zone exercent un peu d'arboriculture et d'autres activités touristiques (guide touristique, travail dans les restaurants et cafés ...) mais l'élevage occupe une place importante dans l'économie des foyers .d'après les statistiques obtenus auprès de la battoir de la zone d'étude on voit que la quantité produite en viande rouge a augmentée d'une manière significative en 2015 dans le bassin (tableau 15) cette augmentation est dû à l'utilisation des compléments. Ce qui explique que la population s'adonne de plus en plus à l'élevage intensif.

Tableau 15. Evolution de l'effectif des ruminants et de la Production animale dans le bassin durant les cinq dernières années

Année	Effectif bovin	Effectif ovin	Effectif caprin	Production animale moyenne en tonne /an
2010	1200	5436	1149	362,508
2011	937	6121	1056	322,492
2012	1126	3222	1143	303,356
2013	1038	4402	762	304,784
2014	1250	3441	839	328,888
2015	1529	2910	951	375,412

Source (ONSSA, 2016)

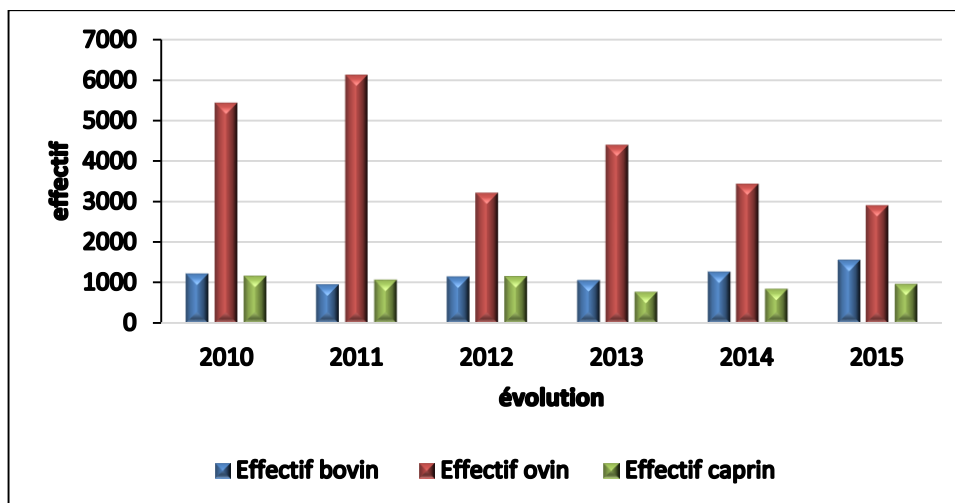


Figure 35. Evolution de l'effectif des ruminants (ovin, bovin, caprin) dans le bassin versant de l'ourika durant les cinq dernières années.

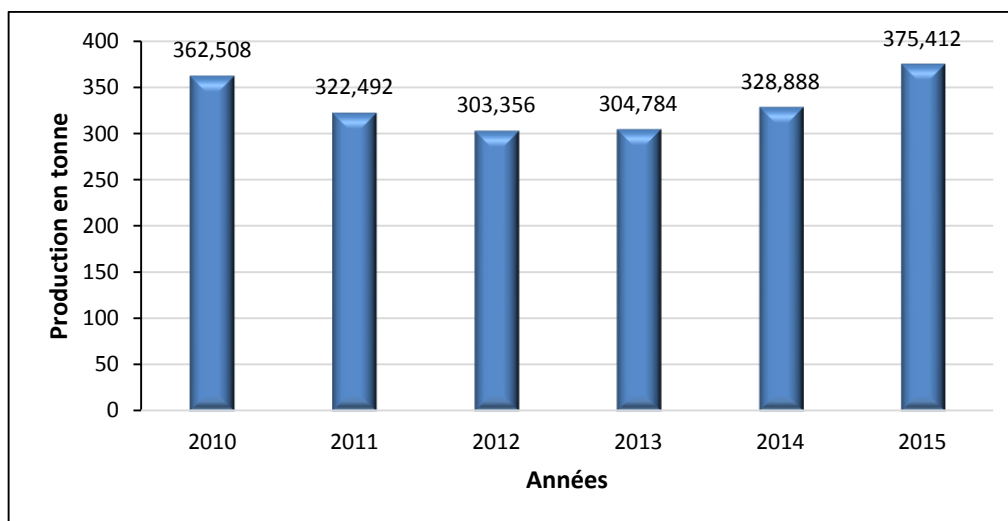


Figure 36. Evolution de la production moyenne des viandes rouges en tonne/an durant les cinq dernières années dans le bassin de l'ourika.

Il ressort de la figure 35 et 36 que la production moyenne des viandes rouges atteinte le maximum en 2015 malgré la chute du nombre de cheptels des ovins et caprins mais on remarque une augmentation de l'effectif des bovins c'est la raison pour laquelle que la production a cette valeur (375,412 tonne / an) en 2015.

Une valeur de 6 a été attribuée à cet indicateur vu son impact négatif sur l'environnement. L'expansion des effectifs du bétail est un facteur clé de déboisement au niveau du bassin versant de l'ourika. L'état des parcours considérée comme dégradée, surtout à cause du surpâturage, de la compaction des sols et de l'érosion induite par les activités pastorales.

Concernant la biotechnologie pour laquelle il n'existe pas de champs d'essais d'organismes génétiquement modifiés, ensuite vient l'eau pour la quantité utilisée dans la zone.

En ce qui concerne les déversements, on a obtenues des valeurs de cet indicateur tout en prenant en compte la consommation mensuelle en eau des cafés et restaurants et même des Hôtels qui se trouvent le long de l'oued puisque toutes les eaux consommées sont rejetés sous forme d'eaux usées dans l'oued.

Pour les accords, sont représentés par les accords signés en vue de la protection et de la conservation des ressources du bassin et expriment des efforts fournis dans la gestion des ressources du bassin versant.

Quant aux conflits, des accrochages relatives aux ressources naturelles ont été enregistrées entre la population et avec les forces de l'ordre. Des problèmes énormes que même les forces de l'ordre n'arrivent pas à résoudre surgissent entre les douars concernés.

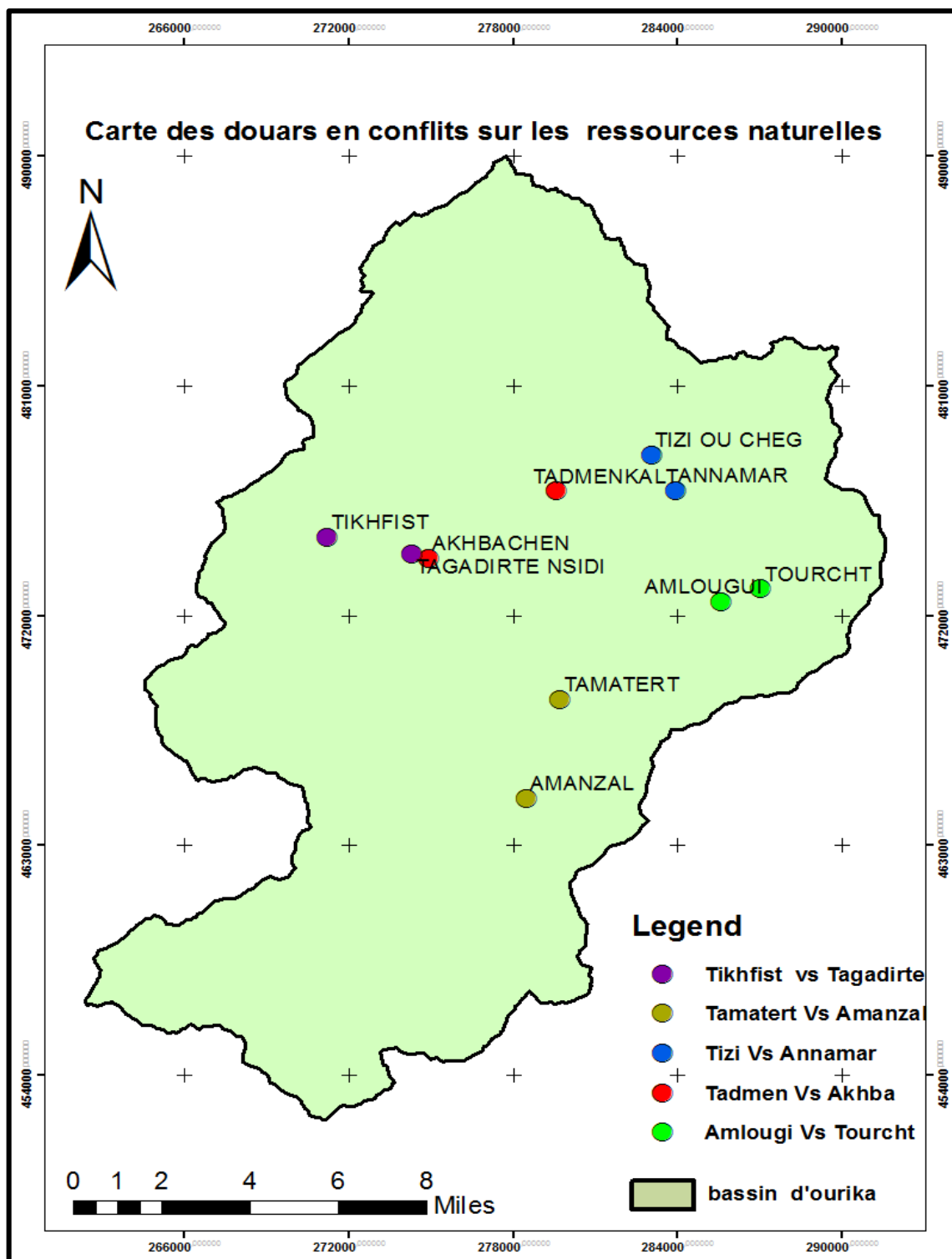


Figure 37. Carte des douars qui ont des problèmes à propos des ressources naturelles dans le bassin versant de l'Ourika.

Ces conflits se rapportent à l'eau. C'est le cas de ces deux douars TIZI OU CHEG et ANNAMAR. Le problème date depuis 1990 jusqu'à présent et persiste à cause de la divergence des intérêts. Ainsi l'eau est la cause principale du conflit entre Akhbachen et

TADMENKAL le problème a commencé depuis 1988 est résolu en 1998. La majorité des problèmes persistes jusqu'à présent cela est probablement dû aux certaines règles coutumières ancestrales tel que le droit prioritaire de l'amont sur l'aval qui peuvent parfois freiner toute tentative de résoudre certains conflits entre douars.

L'EVI a attribué une valeur de 7 à cet indicateur suite au nombre important d'années le long du quels les problèmes ont persisté.

6.8. Politique appropriée aux sous-indices pour le bassin versant de l'Ourika

La politique appropriée aux sous – indices est relative aux éléments sur lesquels les politiques doivent le plus s'axer. Cette étape de l'analyse a été mentionnée sur la figure 38 et traduit cette politique pour le bassin versant de l'ourika.

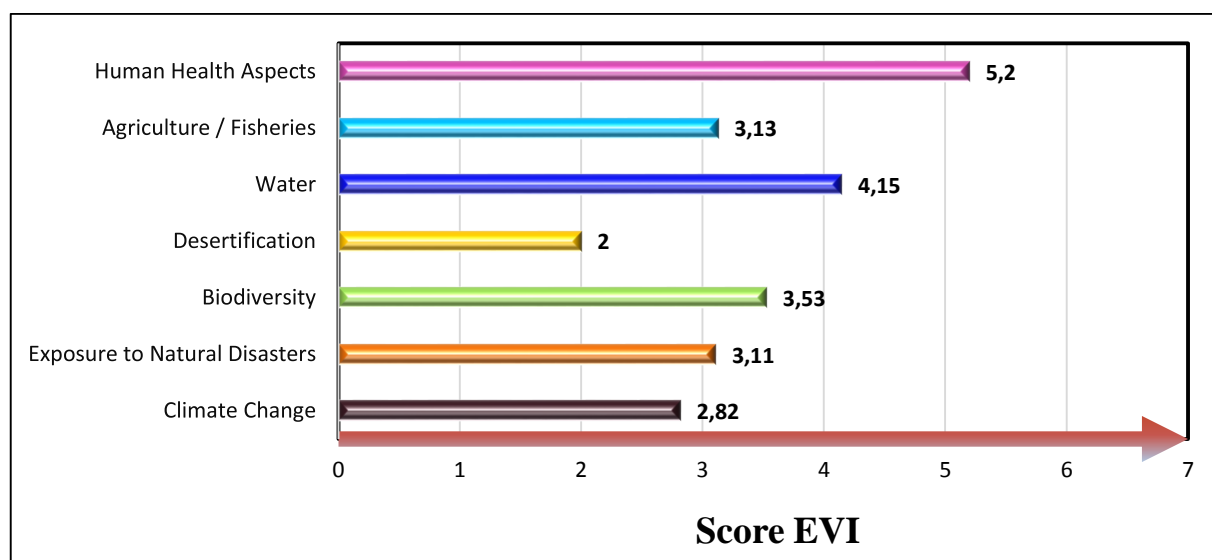


Figure 38. Les sous-indices des 50 indicateurs EVI pour le bassin versant de l'Ourika.

Il ressort de la figure 38 que les sous-indices indiquent une vulnérabilité croissante dans l'ordre suivant : la désertification (2) le pourcentage de données obtenu est de 100%, les changements climatiques (2,82) avec 85 % de données , l'exposition aux désastres naturels (3,11) avec 82 % de données , l'agriculture et la pêche (3,13) avec 79% de données , la biodiversité (3,53) avec 79% des données, l'eau (4,15) avec 100 %des données , enfin le secteur santé humaine (5,2) le plus vulnérable avec 83 % des données.

En ce qui concerne cette politique, l'élément qui devrait être pris en compte en premier lieu est la santé humaine.

Pour les aspects de santé humaine, ils sont surtout en rapport avec l'accès, de la population à une forme d'assainissement correct et de qualité. Ce système sanitaire qualifié de Hautement vulnérable par l'EVI au niveau de cette zone, les problèmes de l'assainissement prennent un relief particulier dans le bassin à cause de la dispersion des douars et les conditions géologiques difficiles font que ces milieux ruraux n'accèdent pas facilement à un système d'assainissement correct. Le bassin versant comprend en intégralité trois Communes Rurales : Ourika, Sti Fadma, et Oukaimden, et couvre aussi des portions des trois autres communes rurales : Toubkal, Asni et Tidli ces communes sont très vulnérables vis –à vis de l'assainissement (figure 39 et le tableau 16). La figure ci-dessous présente la vulnérabilité des communes de point de vue assainissement:

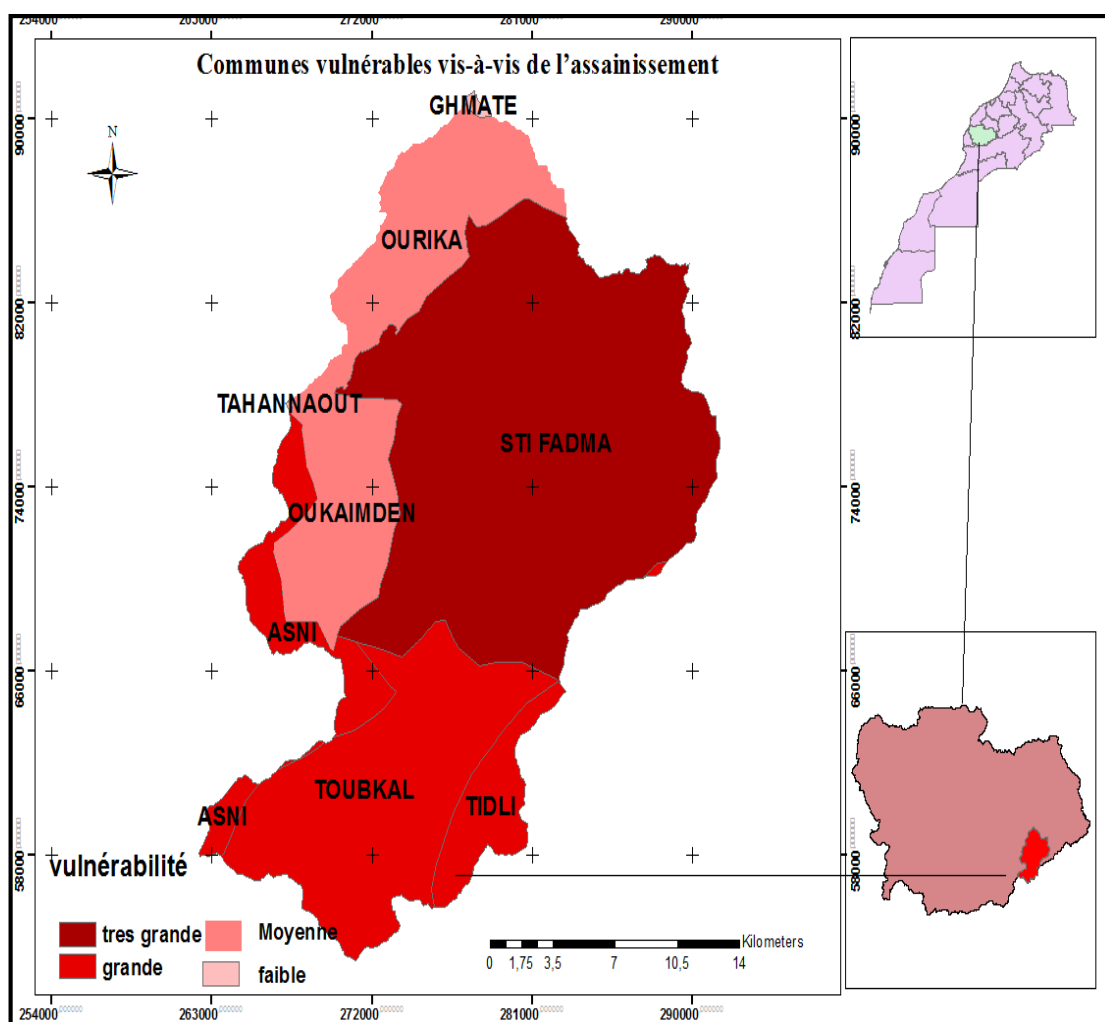


Figure 39. Cartes des communes qui sont vulnérables vis – à – vis de l'assainissement dans le bassin versant de l'ourika (adaptée de la carte de ABHT, 2011).

Tableau 16. Pourcentages des différents types d'assainissement dans les trois communes.

Communes	Douars avec réseau collectif	Douars avec assainissement autonome		Assainissement à l'air libre	Douars non assainis
		Latrines	Puits perdus		
Oukaimden	2%	7%	30%	8%	53%
Ourika	0%	4%	50%	22%	24%
Sti Fadma	0%	8%	20%	32%	40%

Source (ABHT, 2011)

La figure 39 et le tableau 16 montrent que les communes les plus vulnérables (couleurs foncées) ont un taux d'assainissement autonome faible et aucun réseau collectif la quasi-totalité de la population de la zone n'ont pas un système d'assainissement de qualité d'où la nécessité d'installation d'un système d'assainissement correct. Sur ce problème s'ajoute le problème de rejets des déchets ce qui menace davantage la santé de la population et aussi l'environnement le tableau ci-dessous montre la quantité des déchets rejetés quotidiennement dans les trois communes.

Tableau 17. État de l'assainissement solide

Communes	Production (t/j)	Existence de décharge	Localisation décharge	Projet de création d'une décharge
OUKAIMDEN	2,36	1 Décharge sauvage	située à Marrakech	
OURIKA	14,98	1 Décharge sauvage	située à Marrakech	En cours d'étude
STI FADMA	11,77	1 Décharge sauvage	située à Marrakech	

Source (Waman Consulting, 2009)



Figure 40. Déchets rejetés dans l'Oued de l'Ourika 2016.

Parmi les décharges solides et les points noirs (lieux de rejets individuels situés généralement à côté des ménages et sont de petite quantité par rapport aux décharges), ceux qui se situent sur des ressources en eau superficielles ou souterraines (figure 40), Le contexte environnemental mondial considère toute décharge sauvage non contrôlée comme étant une source de pollution et menace pour l'environnement. La situation dans le bassin est alarmante surtout dans une époque où les catastrophes et les pandémies annoncées ne cessent de se multiplier.

L'état de l'assainissement rural dans le bassin est critique, ce qui engendre des problèmes sanitaires dans les douars et affecte négativement l'environnement. C'est pour cette raison que l'EVI à classer l'aspect de la santé humaine comme hautement vulnérable.

L'eau : Pour le cas des ressources en eau du bassin versant de l'ourika, le score obtenu est de 4,15 et signifie que la ressource est vulnérable. Les changements des précipitations, des modes de fonte des glaces auront une incidence sur les niveaux des rivières et des lacs, limitant l'accès à l'eau potable. Ceci est d'une importance vitale dans les régions qui tirent leur eau potable de la neige et de la glace fondue des montagnes, ce qui est le cas pour le bassin versant de l'ourika. Sous l'effet conjugué de l'augmentation de la demande en eau (due à l'expansion des périmètres irrigués, à un fort développement démographique et au développement du tourisme) et à la réduction des ressources

(sécheresse passagère et/ou liée aux changements environnementaux), les ressources en eau connaissent une forte exploitation (Boudhar, 2009). D'où la nécessité d'établir rapidement une stratégie de gestion de cette précieuse ressource si nous voulons en assurer la pérennité.

La biodiversité : la biodiversité est faiblement vulnérable avec un score de 3,53. L'explosion démographique est l'une des causes principales de l'érosion de la biodiversité. En effet, avec un taux d'accroissement relativement élevé de l'ordre de 2,36% par an, la population en majorité rurale, exploite davantage les ressources dont elle est tributaire. Elle occupe également plus d'espaces pour ses cultures et son habitation, détruisant ainsi de vastes écosystèmes, de la flore et de la faune dans le bassin. Le changement climatique aura aussi un impact sur la biodiversité, on estime que toute augmentation d'1°C de la température conduit à la migration d'espèces jusqu'à 160 km de la zone où ils se trouvaient, parce que les graines sont dispersées et les habitats modifiés (Laubier et al. 2003). Aussi L'élevage et la transhumance causent énormément de dégâts à la biodiversité, suite à la charge trop élevée sur les terrain de parcours, on assiste à des phénomènes de graves tassements des sols le long des parcours empêchant la régénération de la végétation naturelle. Toutes ces activités ont pour conséquence, une perte importante de la biodiversité au niveau du bassin.

L'agriculture et la pêche : l'agriculture en général, et l'élevage en particulier, constituent l'activité économique principale de la région. Selon l'EVI l'agriculture au niveau du bassin est vulnérable avec un score de 3,13. En effet dans la région les terroirs irrigués ou semi-irrigués (irrigation printanière) ont fait, et font toujours, l'objet d'un investissement énorme de la part des communautés paysannes pour façonner les terroirs terrassés irrigués et les équipements hydrauliques gravitaires.

Les sols arables se situent dans les basses altitudes, ou à l'entourage des douars sur des pentes plus ou moins de degré faible. Leur superficie est très réduite. Les principales contraintes qui s'opposent au développement de l'espace agricole sont la rareté des sols et leur mauvaise qualité comme le soulignent toutes les études effectuées dans la région d'ourika (Bouarais, 2015).

La superficie agricole utile est à 59,05% en irrigué, soit 2875 ha. Le reste est en Bour et ne représente qu'environ 40,95% de la S.A.U totale (Tableau 18). Les surfaces irriguées

sont situées en majorité aux bords des oueds. Ces terres répondent aux besoins des agriculteurs en produits maraîchers et en fourrages verts.

Tableau 18. Superficies des terres au niveau des trois communes rurales (ha).

Communes	Superficie des terres en (ha)			
	SAU	Irriguée	Bour	Parcours
Oukaimden	634	350	284	10636
Ourika	4000	2400	1600	1000
Sti fadma	2630	1630	1000	7135

Sources (CCA d'Amez Miz, ORMVAH, 2014)

Actuellement, les terres irriguées deviennent de plus en plus importante dans la zone comparativement aux terres bour particulièrement au niveau des communes rurales de l'Ourika et d'Oukaimden dont les modes d'utilisation du sol sont parfaitement adaptés aux conditions et contraintes imposées par la topographie, le climat, le substrat géologique, la disponibilité en eau ou la couverture végétale (Bouarais , 2015) .

En ce qui concerne la pêche : la direction provinciale des eaux et forêt de Marrakech déverse chaque année presque 3000 truitelle dans l'oued de l'Ourika pour l'enrichissement du patrimoine ichtyologique et pour La promotion de la pisciculture continentale et encourager la pêche sportive mais malheureusement et selon des témoins il y a une exploitation abusive de la part des braconniers puisque la majorité des douars qui se trouve proche de l'oued pratique la pêche sans autorisation ceux-ci prélèvent des quantités importantes de la truite arc-en-ciel ce qui constitue une menace pour cette espèce.

En résumé, que ce soit l'agriculture ou la pêche, les deux secteurs souffrent de plusieurs pressions et amènent à se pencher sur les questions d'utilisation des terres afin d'augmenter le revenu des populations pour lesquelles l'agriculture reste la principale source de revenu malgré son aspect traditionnel.

L'exposition aux désastres naturels : les désastres naturels sont les catastrophes, les calamités ou les risques naturels. Pour le bassin de l'ourika, ce paramètre à un score de 3,11 qui rend compte d'une faible vulnérabilité. La zone est exposée au risque d'inondation ou crues d'origine pluviale. Celles-ci résultent généralement de fortes averses localisées dans l'espace. Le milieu physique du bassin versant offre un environnement propice au développement de fortes crues: les pentes sont fortes, les sols

peu perméables et le couvert végétal est très discontinu. Plusieurs autres facteurs naturels agissent sur les temps de base et de montée: le bassin est compact et le réseau hydrographique est bien hiérarchisé. Cette configuration morphologique contribue à amplifier les débits de pointe observés à l'exutoire (Saidi *et al* ; 2003). Dans ces dernières décennies la fréquence et l'intensité des inondations a augmenté d'une façon remarquable ce qui rend la zone plus exposé à ce risque malgré l'installation d'un système de prévision et d'alerte les inondations continuent a provoqué énormément de dégâts. En effet, les impacts des crues de l'Ourika sont considérables et visibles sur les voies de communication, les terrains agricoles et les bâtiments (Saidi *et al.*, 2003). Ainsi, l'amélioration de la gestion de ce risque est considérée parmi les actions définies pour une meilleure protection de l'environnement, de la santé humaine et pour un développement durable en faveur d'une population qui continu a subsister malgré les conditions difficiles dont elle vit.

Changement climatique : le score obtenu par ce paramètre est faiblement vulnérable. En effet, selon des études effectuées le climat du bassin est connu par sa sévérité. A ce niveau, les précipitations souvent d'intensités fortes, présentent de très grandes irrégularités tant au niveau d'une même année que d'une année à une autre. Les sécheresses répétitives et parfois longues constituent une véritable contrainte. La période froide est longue et parfois très sévère (Meliho, 2015). Les températures ont globalement augmenté, et auront des conséquences néfastes directes et indirectes sur le potentiel en ressources en eau, sur les besoins en eau et sur l'efficacité d'utilisation de cette ressource. Les écosystèmes auront à faire face à des températures et à un régime de précipitation différent des conditions actuelles. Face à cette situation l'adaptation est une nécessité. Il s'agirait de mettre en place des mesures d'atténuation des effets des changements climatiques. Ces mesures nécessitent le recensement des secteurs les plus vulnérables au changement climatique, l'analyse des facteurs influençant le plus le secteur en question et les mesures probable pouvant conduire à une amélioration des apports du secteur.

La désertification : Selon la définition qu'en donne la Convention Internationale de Lutte contre la Désertification c'est la dégradation des terres dans les zones, arides, semi arides et sub-humides sèches résultant de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines. Au niveau du bassin il ressort que les indicateurs qui interviendraient le plus dans ce phénomène sont les facteurs d'origine climatiques la végétation, le relief et les activités anthropiques qui accentuent le processus de

désertification. Ce paramètre a un score de 2 Ce qui le classe comme faiblement vulnérable. Le surpâturage constitue l'une des causes directes de la désertification. Il touche des écosystèmes déjà fragiles caractérisés par des sols pauvres et squelettiques ce qui induit a une diminution du couvert végétal exposant ainsi les sols à une intense érosion hydrique, la surcharge provoque aussi le compactage des sols, ces conséquences ne peuvent qu'accélérer le phénomène de désertification au niveau du bassin.

Conclusion générale

D'après cette étude en utilisant le modèle EVI, le bassin versant de l'ourika est classé comme une région hautement vulnérable avec un score de 355. Cette valeur obtenue pour le bassin est différente de celle 287 affectée à la totalité du Maroc dans le rapport SOPAC (SOPAC, 2003). Les principaux résultats obtenus montrent que le bassin est très vulnérable à cause de l'effet conjugué de l'action anthropique qui exerce un impact plus important que celui induit par le climat, ce dernier accélère le processus de vulnérabilité.

A partir de l'analyse du profil de vulnérabilité du bassin, il ressort que les indicateurs qui interviendraient le plus dans la vulnérabilité du bassin versant de l'ourika sont :

La sécheresse, les terres basses, l'ouverture de l'environnement, l'endémisme, les espèces en danger, les espèces éteintes, les pertes de couverture végétales, la dégradation de l'environnement, les émissions de SO₂, les exploitations minières, la densité de la population humaine et la densité de la population côtière.

A partir de ces indicateurs, on pourrait comprendre que le bassin versant de l'ourika doit sa vulnérabilité à l'influence des facteurs sus-cités qui sont regroupés dans les facteurs climatique (sécheresse), le relief, la biodiversité (représentée par l'endémisme, les espèces en danger , les espèce éteintes, les espèces migratrices), la végétation (contenant les pertes en couverture végétal, la dégradation de l'environnement), la pollution atmosphérique (par les émission de dioxyde de soufre), les aspects de santé humaine (à travers la densité de la population).

Ces indicateurs, ont des scores varient entre faiblement a hautement vulnérable d'autres ne sont pas applicables ou l'information sur leurs valeurs est indisponibles, mais malgré la non applicabilité ou l'indisponibilité de l'information à propos de ces indicateurs sont mentionnés par EVI avec les autres indicateurs disponibles comme les plus qui ont d'influences sur la vulnérabilité du bassin.

En ce qui concerne la signification de la vulnérabilité du bassin versant en termes d'indicateurs intervenant plus dans la résilience du bassin versant de l'ourika, on pourrait conclure que, malgré la grande vulnérabilité du bassin versant de l'ourika, il existe des indicateurs qui viennent l'atténuer. Il s'agit de :

L'agriculture, la biotechnologie, l'eau, les déversements, les accords et les conflits.

Les indicateurs énumérés par l'EVI comme facteur intervenant dans la résilience ont des scores très faibles et contribuent moins dans le score final de la zone.

Ces indicateurs répertoriés dans la résilience seraient en majorité ceux qui n'auraient pas été valorisés ou qui ne pourraient pas être utilisés dans la zone. Ces indicateurs qui auraient été répertoriés dans cette résilience pourraient ne pas être réellement à leur place. Néanmoins, les accords signés montreraient les efforts dans la conservation des ressources naturelles et pourraient expliquer par exemple un ralentissement dans l'érosion de la biodiversité et aussi dans l'aspect de gestion de l'eau puisque les accords signés ont pour but aussi de gérer l'eau et de rationaliser la consommation de cette précieuse ressource.

L'absence de biotechnologie, représentée par les champs d'essais, empêcherait les introductions de variétés végétales non connues et limiterait les contaminations par des essences exotiques.

En terme des grands axes de la politique de gestion du bassin versant de l'ourika, le modèle EVI ressort les points les plus importants à prendre dans les politiques de gestion de la zone étudiée. Il a énuméré, par ordre d'importance, les questions sur lesquelles il faudrait intervenir :

-les aspects de la santé humaine suivi par le secteur de l'eau, la biodiversité, l'agriculture et la pêche, les expositions aux catastrophes naturelles, changement climatiques, et enfin la désertification.

Il est le temps d'agir pour améliorer la situation de vie de la population en premier et de protéger l'environnement puisque la vie de l'homme dépend de son entourage, donc la politique de gestion du bassin de l'ourika il faut que les gestionnaires dans cette zone mettent un accent particulier sur :

Les aspects de la santé humaine :

Les problèmes liés à la santé sont aggravés par l'absence d'un système d'assainissement, la quasi-totalité de la population n'ont pas accès à un système d'assainissement adéquat donc on recommande de faire une étude dont l'objectif est de déterminer les douars qui nécessitent le plus un système d'assainissement, en se basant sur ces critères tels que la population totale du douar, la dispersion des habitations, les maladies liées à l'eau dans le

douar et la densité de la population puisque plus la population d'un douar est importante et groupée plus ce douar est prioritaire à l'assainissement.

L'eau

Cette ressource dans la zone est gérée d'une manière anarchique par des associations chaque douar a une association qui gère l'eau. la plupart des habitants utilisent l'eau des sources et des puits et pour les douars qui se trouvent le long de l'oued utilisent l'eau de l'oued malgré qu'il est pollué dans les besoins domestiques. Pour préserver cette précieuse ressource On recommande de brancher la population du bassin a un réseau de fourniture en eau potable en réglementant les usages de l'eau pour éviter le gaspillage de la ressource. Le branchement pourrait limiter les risques de maladies liées à l'eau.

Aussi il faut préserver les multiples fonctions et usages de cette ressource, il faudrait donc intégrer la « nouvelle donne climatique » dans les schémas d'aménagement et de gestion des eaux au niveau des bassins versants, ainsi que dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux réalisés à l'échelle des agences de l'eau.

La biodiversité

Les activités humaines ont causé des modifications aux écosystèmes avec un rythme rapides et plus étendues dans la zone, entraînant une perte substantielle de la diversité biologique sur terre, qui serait souvent irréversible. Dans ce contexte il est nécessaire de faire face à un défi de telle ampleur, la prise de conscience des interrelations qui nous unissent à la nature paraît indispensable.

On recommande pour ce qui est de la biodiversité :

- De cartographier les classes des taux d'endémisme et de présence des espèces rares qui se trouvent dans la zone afin de déduire les zones d'intervention prioritaires.
- Stopper Les pratiques de ramassage de plantes médicinales par l'arrachage ou le déracinement les menacent de disparition.
- Actualiser les informations par un nouveau recensement des espèces existantes et de mettre en place une politique de gestion basée sur des plans d'actions afin de préserver les principaux habitats et ces espèces.
- Pour les espèces menacées, il faudrait identifier la nature de ces menaces, et prendre les mesures de protection et de limitation.

L'agriculture et la pêche

- Pour les pratiques agricoles, il serait intéressant que la DPA encourage ces agriculteurs à faire des analyses de sol pour améliorer le raisonnement de la fertilisation pour produire mieux et éviter la dégradation des sols et une utilisation excessive des fertilisants qui contribuent à la pollution de l'environnement.
- Améliorer les techniques de conceptions des terrasses pour qu'elles soient plus résistantes aux aléas climatiques qui se sont intensifiés ces dernières années et qui impactent négativement la trésorerie des paysans (frais de réparation des terrasses endommagées).

Pour le secteur de pêche continentale on recommande d'augmenter les quantités déversées annuellement dans l'oued et de réouvrir la station piscicole pour le rôle qu'elle jouet que ce soit pour l'environnement ou bien pour l'écotourisme.

L'exposition aux désastres naturels

Le bassin versant de l'Ourika de par sa situation géographique et son climat est exposé aux risques d'inondation, de crues torrentielles, aux glissements de terrain, érosion, sécheresse. La protection contre les inondations constitue l'un des défis majeurs de gestion des ressources en eau au niveau du bassin versant de l'Ourika. La zone est exposé plus au risque d'inondation c'est pour cela on recommande :

- De protéger les berges des cours d'eau en plusieurs points noirs par des murs de soutènement, pour favoriser la stabilisation de ces berges contre l'érosion et éviter les débordements des eaux de crues ;
- d'aménager des seuils pour l'amortissement des flux parfois torrentiels des affluents chargés de débris plus ou moins grossiers ;
- De réaliser des ouvrages d'art et d'assainissement routiers ;
- d'aménager des zones de refuge et d'une piste en crête hors d'atteinte des crues.

Changement climatique

Ils sont l'objet de plusieurs recherches de nos jours. A cet effet, on recommande d'Organiser et de sensibiliser les populations sur les risques et les mécanismes d'adaptation aux changements climatiques, aussi faire des études dans la zone afin d'améliorer la connaissance et le suivi des impacts du changement climatique.

La désertification

- On recommande des études sur les surfaces ayant perdues leurs couvertures végétales et les raisons de cette perte.
- Reboiser les zones à haut risque d'érosion pour freiner le phénomène d'érosion en y associant si nécessaire des seuils pouvant permettre l'installation de la végétation;
- Procéder à des améliorations pastorales pour atténuer la pression sur les ressources forestières.

Références bibliographiques

- Ahlafi Z., Bouhaloua M., Benzyan M. 2005.** Critères et indicateurs de développement durables des forêts marocaines.HCEFLCD.MAROC.
- Anonyme, 2001.** Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Rapport du ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, Maroc. Octobre 2001, 100p.
- Anonyme, 2007:** Plan d'aménagement intégré des ressources en eau de Tensift, Marché ABHT de Marrakech
- Anonyme, 2013.** Développement d'un concept d'Indice de Vulnérabilité au Changement Climatique et Environnementale au Niveau Régional. Banque mondial. Décembre 2013.Maroc.
- Anonyme, 2015.** 3 ème rapport sur l'état de l'environnement du Maroc 2015.ministère délégué auprès du ministre d'énergie des mines, de l'eau et de l'environnement ,chargé de l'environnement. Maroc, pp : 44-101.
- Anonyme, 2016.**3 ème Communication Nationale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. ministère délégué auprès du ministre d'énergie des mines, de l'eau et de l'environnement ,chargé de l'environnement, Maroc, pp :176-195.
- Balaghi R., Badjeck R M-C, BakarI D., de pauw E., Defourny P., Donato S., Gommes R., Jlibene M., Ravelo A.C., Sivakumar M.V.K., Telahigue N., Tychon B.2009.**Managing climatique risks for enhanced Food Security : key information capabilities.Word climate conference 3. Geneva, Switerland, 31 August- 4 Septembre 2009. [En ligne] disponible sur <http://www.wmo.int/wcc3/>.
- Bastin N., Pickup G., Pearcf G., 1995.** Utility of AVHRR data for land degradation assessment : a case study. International journal of Remote Sensing 16,651-672.
- Ben Salem A., 2013.** Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques dans les oasis de la région de Tafilalet- Maroc. Thèse de Doctorat, université cadi ayyad, Marrakech, Maroc.
- Benabid A., 1995.** Les problèmes de la préservation des écosystèmes forestiers Marocains en rapport avec le développement Socio-économiques, Série colloques et séminaires, Fac. Des lett. et sci. Hum. Univ. Mohamed V, Rabat Maroc vol 55 : Pp 109-124
- Benabid A., 2000.** Flore et écosystème du Maroc, Evaluation et présentation de la biodiversité. Editions Ibis press 359 P. Pp 236.
- Beniston M., 2009.** Changements climatiques et impacts. Presses polytechniques et universitaires romandes, 247p.

- Bijaber et Ahlafi, 2005.** Projet FORMA : Etudes détaillées pour la cartographie des changements dans le cadre de l'inventaire Forestier National.
- Bijaber N., et Ahlafi Z.2005.**Projet FORMA : Etudes détaillées pour la cartographie des changements dans le cadre de l'inventaire Forestier National.
- 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 3ème cycle. Aménagement des forêts. Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs. Salé,24-26p.
- Boudhar A., 2009.** Télédétection du manteau neigeux et modélisation de la contribution des eaux de fonte des neiges aux débits des Oueds du Haut Atlas de Marrakech. Thèse de Doctorat, université cadi ayyad, Marrakech, Maroc.
- Bourrelrier P. H., Deneufbourg G., Vanssay (de) B. 2000.**Les catastrophes naturelles, le grand cafouillage. Ed. Osman Eyrolles, Santé & Société, 262 p.
- Bovar O., Demotes-Mainard M., Dormoy C., Gasnier L., Marcus V ., Panier I ., Tregouet B.2008.**Les indicateurs de développement durable. Edition L'économie française.france.
- Brooks N., Adger N. 2003.** Country level risk measures of climate – related natural disasters and implications for adaptation to climate change, Tyndall Centre Climate Change Research, Working Paper 26.
- Carter T.R., et al... EDS.1994b.** Technical Guidelines for Assessing climate change impact and adaptation. Report of Working Groupe II of the Intergovernmental Panel on climate change.
- Cuzin F., 2010.** L'avifaune de très haute altitude du Parc National du Toubkal (Haut Atlas, Maroc). B.P. 1172 Bab Agnaw, 40.000 Marrakech, Maroc. Email: fabcuzin@yahoo.fr
- Dilley M., Chen R., Deichman U. et al.2005.** Natural Disaster Hotspots : A Global Risk Analysis, Disaster Risk Management Series # 5, The ord Bank, Washington, D.C.
- Doukkali O., 2003.** Evaluation de la longévité et de la performance des techniques de conservation des eaux et des sols dans le bassin versant de l'Ourika- DREF du Haut Atlas-Maroc. Mémoire de 3ème cycle ENFI, Salé, Maroc, 113 p.
- Dowing T., et Ziervodel G.2004.**Choosing and adapting tools for vulnerability and Adaptation Assessment Training, Training materials produced for ENDA, SEI Oxford.
- Downing T., Patw Ardhan A., Klein R., Muskhala E., Stephen L., Winograd M., Ziervogel G.2005.** Vulnerability assessment for climate adaptation. In : Lim and Spanger-Siegfried (eds) Adaptation Policy Framework for Climate Change : Developing Strategies, Policies and Measures, Cambridge University Press, Cambridge, Technical Paper 3,24 pp.
- DREF du haut Atlas, 2000.** Projet de développement du B.V d'Ourika (partie amont) Direction Régionales des eaux et forêt du Haut Atlas-Marrakech, Maroc. 22p, Pp 17.

- DREF du haut Atlas, Benhiba M., 2002.** Le parc national du Toubkal : Situation actuelle et perspective, Avril2002. Pp : 14.
- El Malki O., 2015.** Contribution à la compréhension des enjeux et défis liés à l'utilisation des ressources par l'activité récréative dans la vallée de l'Ourika. Mémoire de 3ème cycle Gestion des Parcs Nationaux. Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs. Salé, 17p.
- FAO ,2002a.** Etudes de la FAO sur des aspects sélectionnés des négociations de l'omc sur l'agriculture. Division des produits et du commerce international organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome.
- Fouche P.P., Cherizard T. 2005.** Une proposition de méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité du littoral : une application sur la frange côtière Mariani-Gressier.Mémoire de fin d'études présentées à la faculté des sciences de Génie et d'Architecture de l'Université Quisqueya pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Civil.
- Gaudet C., 1994.** Framework for Ecological Risk Assessment at Contaminated Sites in Canada : Review and Recommendations.Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, pp : 1-95.
- GIEC, 2007a.**climate change 2007 : the physical science basis. Contribution du Groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du GIEC.Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press
- GIEC, 2013.** Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport l'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, 27p.
- Gobster H., Shriner D., 2000.** Landscape change in the Midwest : an integrated research and development program. Journal of Forestry 98,pp : 9-15.
- Gommes R., Hairech (EI) T., Balaghi R. 2009.** Impact of climate change on agricultural yields in Morocco study on the impact of climate change on the agricultural sector. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).Roma, Italy.105p.
- Goudchild M., 1993.**The state of GIS for environmental problem solving. In : Goodchild, M.F., Parks, B.O., Steyaert, L.T (Eds), Environment Modelling with GIS. Oxford University Press, New York, pp. 8-15.
- Gustafson et al., 2005.** The relationship between environmental amenities and human settlement patterns between 1980 and 2000 in the Midwestern USA. Landscape Ecology 20,773-789.
- Harrison P., 1998.**Population and sustainable development : Five years after Rio. New York, United Nations Population Fund (UNFPA), 1997. (Advocacy Series Collection No.ii) 38 p.96.HERTSGAARD, M. Earth odyssey. New York, Broadway Books, 1998.355 p.
- Holm M., Cridland W., Roderick L., 2003.** The use of time-integrated NOAA NDVI data and rainfall to assess landscape degradation in the arid shrubland of western Australia.*Remote Sensing of Environment* 85,145_158.

- Jica, 2001.** Etude du plan directeur sur le système de prévision et d'alerte aux crues pour la région du Haut Atlas (Maroc). Rapport pour la Direction Générale de l'Hydraulique, Rabat. 350 p. 256-258.
- Kaly U., Pratt C. & Mitchell J. 2004.** The Environmental Vulnerability Index (EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384. Suva, Fiji: South Pacific Applied Geoscience Commission. 2004.
- Kaly, U.L., Pratt, C.R., Mitchell, J. et Howorth, R.** The Demonstration EVI: Results for 235 countries. SOPAC Technical Report 356. 2003.
- Kaly, U.L., Pratt, C.R., Mitchell, J. et Howorth, R. 2003.** The Demonstration
- Kay R.C et Hay J. E. 1993.** A decision support approach to coastal vulnerability and resilience assessment : a tool for integrated coastal zone management. In Mc Lean R.F & Mimura N. eds. Proceedings of the IPCC/WCC'93 Eastern Hemisphere Workshop, Tsukuba, 3-6 Aout 1993. Department of Environment, Sport and Territories, Canberra.
- Klein R. J. T., et Nicholis R. J., 1998.** Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change 174,37-54.
- Krivtsov V., 2004.** Investigations of indirect relationships in ecology and environmental sciences : a review and the implications for comparative theoretical analysis. *Ecological Modelling* 174, 37-54.
- Laouina A., 2006.** Gestion durable des ressources naturelles et de la biodiversité au Maroc, prospective « Maroc 2030 ». mars 2006.
- Laubier, L., Pérez, T., Lejeusne, C., Garrabou, J., Chevaldonné, P., Vacelet, J., Boury-Esnault, N. et Harmelin, J.G. 2003.** Is the Mediterranean warming up? *Marine Life* (13) 71-81. 2003.
- Leatherman S.P & Yohe G.W. 1996.** Coastal impact and adaptation assessment. In Benioff R., Guil S., Lee J. eds. Version 1.1 Dordrecht : Kluwer Academics Publication.
- Loudiyi M., 2009.** Evaluation de la vulnérabilité et mesures d'adaptations aux changements climatiques (Cas des communes limitrophes de la lagune de Nador-Nord du Maroc). Mémoire de troisième cycle, ENFI, Salé. 100p.
- MACE G., 1998.** Getting the measure of extinction. *people & the Planet* 7(4) :9.1998.
- Macmillan A., Jones R.-K., McNabb D.-H., 2004.** Defining a hierarchy of spatial entities for environmental analysis and modeling using digital elevation models (DEMs). *Computers, environment and Urban Systems* 28, 175-200.
- Meliho M., 2015.** Formations forestières et préforestiers du bassin versant de Tensift : Potentialités écologiques, analyse diachronique, facteurs de changement et vulnérabilité aux changements climatiques. . Mémoire de 3ème cycle. Ecologie et Gestion des Ressources Naturelles. Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs. Salé. 134p.
- Nicolai J-P. 2008.** Le concept de vulnérabilité (Article Risque). [En ligne] Disponible sur <http://www.otc-conseil.fr/fre/High/publications/lettre-oct/lettre-n-37-septembre-2007/2171/concept-vulnerabilite.pdf>.

- O'brien K., Eriksen S., Schjolden A., Nygaard L.2004.** What's in a Word ? Conflcting Interpretations of Vulnerability in climate research, CICERO Working Paper, Norway.
- Ouammou A.,** 2016. Intégration des moyens d'adaptation et d'atténuation des effets des changements climatiques, Politiques publiques et changement climatique au Maroc.
- Ouammou A., 2003.** Richesse spécifique et endémisme de la flore vasculaire dans la zone d'altitude du parc national de Toubkal, Haut-Atlas de Marrakech, Maroc. *Naturallia Maroccana* (1) 49-45. 2003.
- Ouammou A., 2005.** Flore et végétation du Parc National de Toubkal (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc) : typologie, écologie et conservation. . Thèse de Doctorat, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.
- PNA, 2006 :** Revue Stratégique du Programme National d'Assainissement Mai 2008, 127, p2.
- Pnud-Hydraumet, 2009.** Conférence nationale sur les changements climatiques au Maroc. Défis et opportunités. Aperçu général sur l'état de la vulnérabilité du Maroc face aux changements climatiques – Présentation des premiers résultats de l'étude de V&A sous la SCN.centre d'Accueil et de Conférence CAC-Hay Riad.Rabat.MAROC.
- RESING, 2010 :** Monographie des ressources en eau Province D'Al Haouz, ABHT
- RGPH, 2004.** Recensement général de la population et de l'habitat, Haut-Commissariat au Plan.
- RGPH, 2014.** Recensement général de la population et de l'habitat, Haut-Commissariat au Plan.
- Rihane R., 2015.** Contribution à l'évaluation des services hydrologiques de la forêt et des aménagements antiérosifs dans le bassin versant de l'Ourika. Mémoire de 3ème cycle. Aménagement des forêts. Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs. Salé.19-25p.
- Rochdane S., 2013.** Vulnérabilité au changement climatique au Maroc : Sécurité alimentaire nationale et profils de vulnérabilité environnementale et hydrique du bassin Versant Rheraya. Thèse de Doctorat, université cadi ayyad, Marrakech, Maroc, 89p.
- Saidi et al., 2006.** Etude dynamique et statistique des crues du Haut Atlas de Marrakech (Maroc), Cas des bassins versants du N'Fis, de la Ghiraya et de l'Ourika.
- Saidi M., Daoudi L., Aresmouk M., Fniguire F., Boukrim S., 2010.** Les crues de l'oued Ourika (Haut Atlas, Maroc): Événements extrêmes en contexte montagnard semi-aride. *Comunicações Geológicas*, 2010, t. 97, pp : 113-128.
- Salem (Ben) A., Messouli M., Yacoubi-Khebiza M.2010.**Evaluation de la vulnérabilité éco-environnementale et adaptation aux changements climatiques dans la région de Tafilalet (Sud Est du Maroc. Rencontre régionale : Adaptation aux changements climatiques au Maghreb : Bilan et perspectives. Casablanca, MAROC.48-52p.
- Sauvage, 1963.** Etages bioclimatiques. Atlas du Maroc, sect. II, pl. n*6b, 1carte et 2 cartons couleur, notice explic. Pp : 44.

- SOPAC, 2005.** An Investment for Sustainable Development in Pacific Island Countries. Disaster Reduction : Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. A Framework for Action 2005-2015. Draft Report, 16 March 2005. South Pacific Applied Geoscience Commission : Suva.
- SOPAC-UNEP.2004.** EVI : Description of Indicators.20 Décembre 2004.61pp
- Store R., Jokimä J., 2003.**A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling ecological modelling 169, 1-15.
- Tchokpon K., 2010.** Evaluation de la vulnérabilité environnementale aux changements climatiques pour une meilleure gestion intégrée des ressources naturelles du bassin versant de Tahdart.MAROC. Mémoire de 3ème cycle. Aménagement des forêts. Ecole Nationale Forestière d'ingénieurs. Salé.31-34p.
- Vincent K., 2007.** Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale.
- Vines G.1999.** Mass extinction. New Scientist (Special Supplement) : 1-4.Dec.11, 1999.
- Waman Consulting ,2009 :** Étude du schéma directeur de gestion des déchets solides dans la Province d'Al Haouz- Marché N° 05/2009/ABHT
- Water management consulting ,2008 :** Monographie d'Al Haouz, ABHT.
- Wiliam C. et al., 2000.** Assessing vulnerability to global environmental risks. Report of the workshop on vulnerability to Global Environmental Change : Challenges for Research, Assessment and Décision Making.22-25 May, Airlie Housse, Warrenton, Virginia. Research and Assessment Systems for Sustainability Program, Belfer Center for Science and International Affairs(BCSIA), Kennedy of Government, Harvard University.
- Winograd M., 2004.**Evaluations et Indicateurs de Vulnérabilité : Comment transformer les données en réponses politiques et actions d'adaptation, Vulnerability and Adaptation Training Project, UNITAR, Genève, Switerland.
- Winograd M.2006.**Rappel sur les cadres, méthodologies et outils pour les évaluations de vulnérabilité et adaptation : comment passer des approches réactives à des approches proactives (CIAT, Colombie).
- XU X., Lin H., Fu Z., 2004.** Probe into the method of regional ecological risk assessment- a case study of wetland in the Yellow River Delta in China.Journal of Environmental Management 70,pp :253-262.
- Yamada K. et al., 1995.** Methodology for the Assessment of Vulnerability of South Pacific Island Countries to sea level rise. Journal of Global Environment Engineering ; 1, pp : 101-125.

Webographie

<http://www.sopac.org/EVI> (consulté le 10 mars 2016)

EVI indicators descriptions

Centre d'Echange d'Information sur la Biodiversité du Maroc. Convention sur la diversité Biologique.

http://www.olf/gouv/qc/ca/ressources/bibliotheque/dictionnaire/terminologie_risque.html (consulté le 2 avril 2016)

Définition exposition.

<http://www.decideo.fr/datavisual/> (consulté le 24 avril 2016)

Les risques naturels : cyclones, tsunamis, volcans séismes...

<http://www.vedura.fr/environnement/> (consulté le 6 avril 2016)

La dégradation de l'environnement, cas du Tchad

http://www.airpl.org/cles/origine_des_polluants/le_dioxyde_de_soufre_so2 (consulté le 15 avril 2016)

Le dioxyde de soufre SO₂, La qualité de l'air dans les pays de la Loire :

http://www.ec.gc/pluies_acides/towards_f.html (consulté 2 mai 2016)

Environnement Canada,

www.bme.gouv.ht (consulté 25 avril 2016)

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Dioxyde-de-soufre-SO2.html>

Impact de la densité de population

<http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/actu/d/developpement-durable-impact-accroissement-population-mondiale-biodiversite-animale-2196/> (consulté le 10 mai 2016)

<http://www.fao.org/ag/fr/magazine/0612sp1.htm> (consulté le 25 mai 2016)

<http://panorapost.com/article.php?id=10765> (consulté le 27 juin 2016)

Annexes

Annexe 1: Comparaison des différentes méthodologies d'analyse de vulnérabilité (adaptée de Nicholls, 1998)

Méthodes	Nature	Étapes	Avantages	Inconvénients
Méthodologie Commune	Méthodologie	<ul style="list-style-type: none"> - Délimiter la zone d'étude; - Faire un bilan des caractéristiques de la zone sous étude; - Identifier les facteurs déterminants de développement socio-économique; - Evaluer les transformations physiques de la zone; - Formuler les stratégies de réponse; - Evaluer le Profil de Vulnérabilité de la zone; - Identifier les besoins futurs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure logique mais contraignante ; - Produit des résultats cohérents. 	<ul style="list-style-type: none"> - Non flexible, met l'emphase sur l'analyse de sensibilité et non de vulnérabilité ; - Les outils d'analyse ne sont pas présentés ; - Les options d'adaptation ne sont pas suffisamment élaborées. - Met l'emphase sur la protection.
US Country Studies Program	Confusion de rôles entre outils et étapes.	<ul style="list-style-type: none"> - Dépistage (Screening) Préliminaire ; - Analyse de Vulnérabilité à l'aide de Vidéos Aériennes de la Zone; - Analyse financière ; - Analyse d'Adaptation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Certains outils y sont décrits ; - Utilisation de vidéos aériennes de la zone d'étude ; - Un guide d'utilisateur accompagne le document. 	<ul style="list-style-type: none"> - Confusion entre les étapes et les outils ; - Ne s'intéresse qu'aux impacts sur les terres qui se perdent ; - Met l'emphase sur la susceptibilité et pas assez sur la vulnérabilité.
Manuel du PNUE	Méthodologie incluant des directives sur les outils à utiliser	<ul style="list-style-type: none"> - Définir le problème que l'on veut étudier; - Choisir une méthode d'évaluation; - Tester la méthode; - Sélectionner des scénarios; 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne base conceptuelle ; - Tous les impacts possibles sont considérés ; - Des orientations sont données sur l'utilisation à faire des outils proposés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Doit être testée sur une plus large échelle.

		<ul style="list-style-type: none"> - Evaluer les impacts biogéophysiques et socio-économiques; - Explorer les possibilités d'ajustement autonomes; - Evaluer les stratégies d'adaptation possibles. <ul style="list-style-type: none"> o Définir les objectifs; o Répertoire les impacts climatiques à considérer; o Identifier les options d'adaptation; o Quantifier les mesures et formuler des stratégies alternatives; o Soupeser les objectifs et les coûts d'opportunité; o Recommander les mesures d'adaptation appropriées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Préconise de tester toute méthode retenue pour l'analyse de vulnérabilité ; - Favorise l'évaluation des mesures d'adaptation autonome. 	
Méthodologie des îles du Pacifique Sud	Méthodologie utilisant des outils qualitatifs.		<ul style="list-style-type: none"> - Utile dans les zones où les informations ne sont pas disponibles ; - Permet de quantifier les différents aspects de la vulnérabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les résultats varient de qualitatifs à semi quantitatifs. - Doit subir des modifications pour s'adapter à différentes zones d'étude.

Annexe 2 : tableau représentant les sources et les valeurs introduites pour chaque indicateur dans le modèle EVI

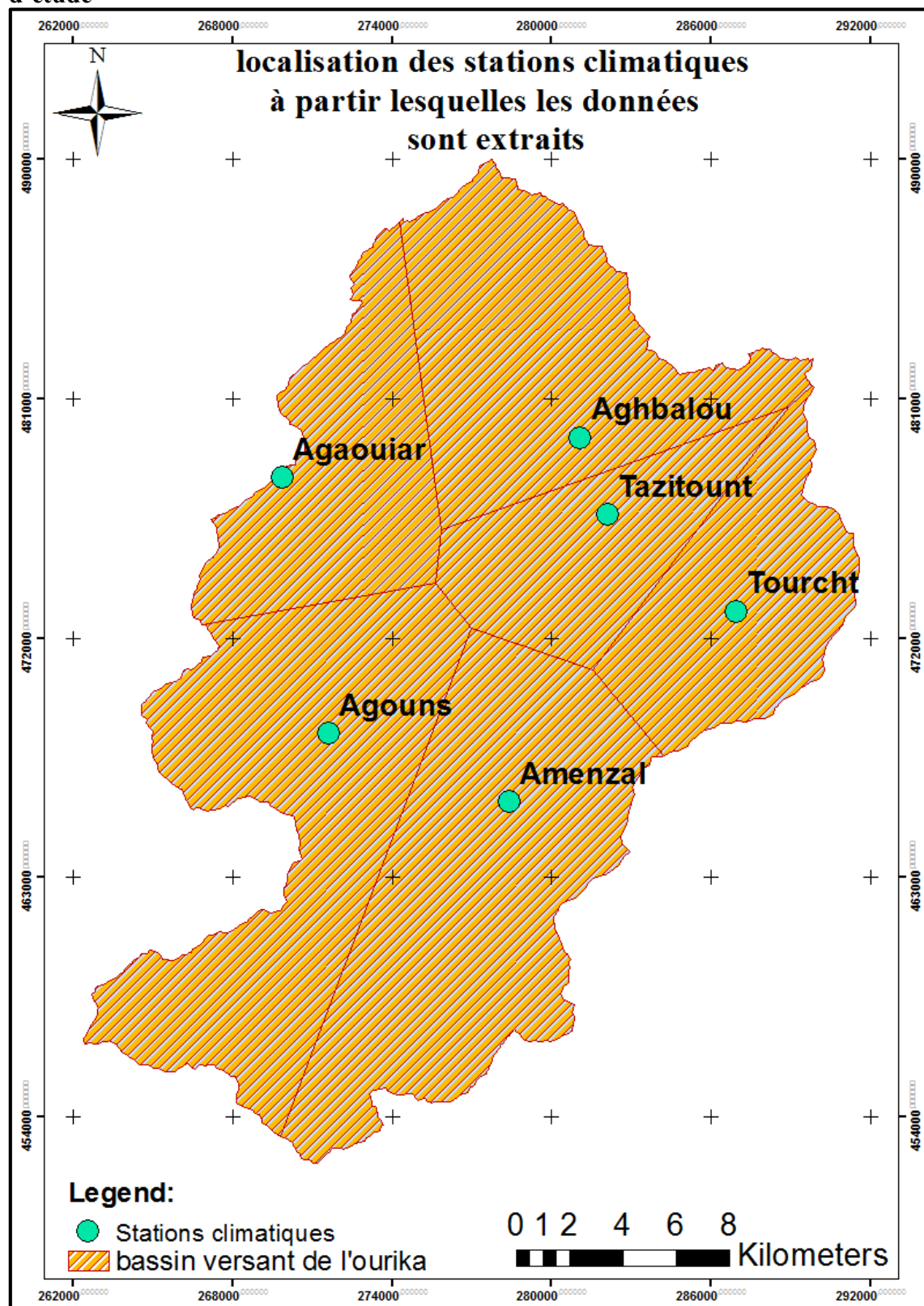
Indicateur	Source	Les valeurs
1. Vitesse du vent	station climatiques situées dans la zone (Donnée calculée)	85,4 jr/an
2. Périodes sèches	station climatiques situées dans la zone (depuis 1981-2011) en utilisant 6 stations (Donnée calculée)	-66,37 mm/an
3. Périodes humides	station climatiques situées dans la zone (depuis 1981-2011) en utilisant 6 stations (Donnée calculée)	220,02 mm/an
4. Périodes chaudes	station climatiques situées dans la zone (depuis 1981-2011) en utilisant 6 stations (Donnée calculée)	70,88°F
5. Périodes froides	station climatiques situées dans la zone (depuis 1981-2011) en utilisant 6 stations (Donnée calculée)	36,86°F
6. Température de surface de la mer ou de l'océan	NA	NA
7. Indice d'explosivité de volcans	Ministère de l'équipement	0
8. tremblement de terre	Ministère de l'équipement	0
9 .Tsunamis	NA	NA
10. glissement de terrains	Ministère de l'équipement, donné pour l'année 2015	5 glissements enregistrés durant l'année 2015.
11. Surface terrestre totale (km²)	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	576 km ²
12. Dispersion de la région	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	232,29 km / 1000 sq km
13. Isolation (km)	Observatoire régionale	0 km
14 .Relief	MNT, Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	3146 m

15. Terres basses	MNT, Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	0 %
16. Frontières	Logiciel ArcGis (Donnée calculée)	4
17. Déséquilibre des écosystèmes	ND	ND
18. Ouverture environnementale	Enquête sur terrain le 2/04/2016 (Donnée calculée)	0,38 USD Thousands / sq km land
19. Migrations	Littérature (Fabrice CUZIN, 2010) (Donnée calculée)	24,31 Spp / 1000 sq km land
20. Endémisme	Littérature (OUHAMMOU, 2005) (Donnée calculée)	284722,22 Spp / 1, 000,000 sq. km land (164 espèces)
21. Introduction	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (Donnée calculée)	19,10 Spp / 1,000 sq km land
22. Espèces en danger	Littérature (OUHAMMOU, 2005) (Donnée calculée)	312,5 Spp / 1,000 sq km land 180 espèces
23. Extinction	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (Donnée calculée)	ND
24. Couverture végétale	Carte d'occupation de sol, littérature (RIHANE ,2015) (Donnée calculée)	31.41%
25. Perte de couverture	Carte d'occupation de sol, littérature (RIHANE ,2015) (Donnée calculée)	5,52%
26 .Fragmentation des habitats	Utilisation de Google earth 2015 (Donnée calculée)	0,34 km / sq km
27. Dégradation	Image satellite, littérature (RIHAN ,2015) (Donnée calculée)	3,37%
28. Réserves terrestres	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification, ArcGis (Donnée calculée)	0,26 %
29. Réserve marines	Direction Régionale des Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification,	NA

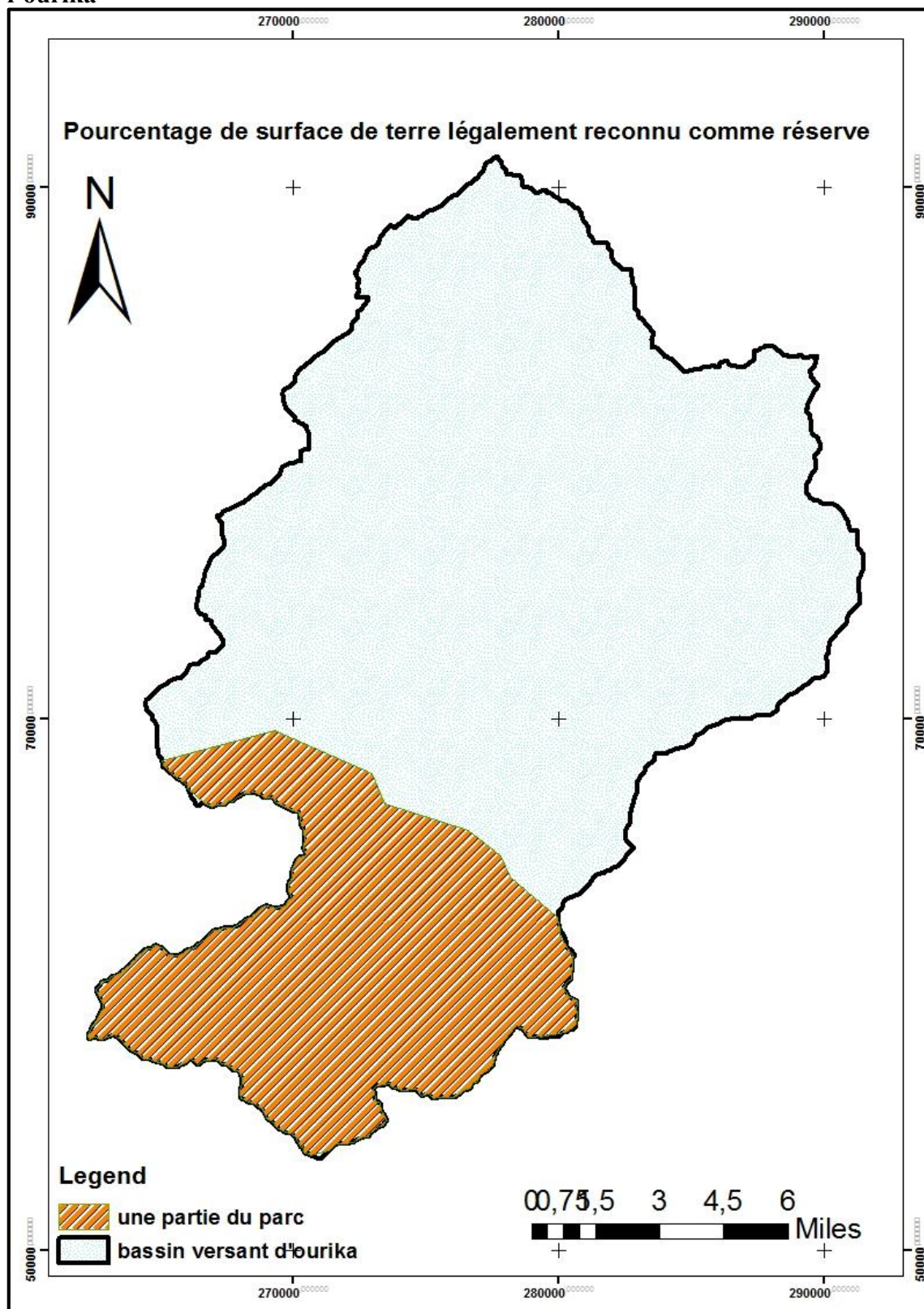
	ArcGis (Donnée calculée)	
30. Agriculture intensive	ONSSA les données issues sont depuis 2010 jusqu'au 2015(Donnée calculée)	693,56 t/km ² /an
31. Fertilisants	DPA, ORMVAH, enquête avec les revendeurs, les données de l'année de 2015 (Donnée calculée)	2615,63kg/km ² /an
32. Pesticides	DPA, ORMVAH, enquête avec les revendeurs, les données de l'année de 2015 (Donnée calculée)	67,45kg/km ² /an
33 .Biotechnologie	DPA, ORMVAH	0
34. Production de pêche en surplus	Direction provinciale des eaux et forêts	ND
35. Effort de pêche	Interview avec le responsable d'une station piscicole le 6/04/2016 (Donnée calculée)	2,36 pêcheurs / an / km côte
36. Eau renouvelable	ABHT, ORMVAH, ONEP, enquête (Donnée calculée)	6,22%
37. Emission de Dioxyde de soufre	Observatoire Régional de l'Environnement et de Développement Durable.	ND
38. Production perdu	Monographie communale, enquête sur terrain, le 3/04/2016 (Donnée calculée)	15,30t/km ² /an
39. Traitement de déchets	Monographie communale, enquête sur terrain, le 3/04/2016 (Donnée calculée)	0%
40. Industrie	Monographie communale	0
41. Déversement	Monographie communale, enquête sur terrain le 3/04/2016 (Donnée calculée)	0,02 Déversements / Million km côte
42. Exploitation minière	Monographie communale données actualisées	0
43. Système sanitaire	Monographie communale ; RGP, 2014 (Donnée calculée)	114,94 personnes / km ²

44. Véhicules	Ministère de l'équipement centre de tahnaout données de 2015	7,05 véhicules / km2
45. Population	RGP, 2014 (Donnée calculée)	115,11 people / km2
46. Taux d'accroissement	RGP, 2014 (Donnée calculée)	2,36 %
47. Touristes	Littérature (Malki, 2015) ;	5069,44 people / km2/an
48. Habitations côtières	N'est pas applicable sur la zone d'étude ;	NA
49. Accords environnementaux	Interview avec les présidents des trois communes inclus dans la zone à savoir oukaimden, setti fadma, ourika le 4/04/2016 ;	78
50. Conflits	Interview avec des personnes ressources (données calculée) la date de l'interview : 5/04/2016	8

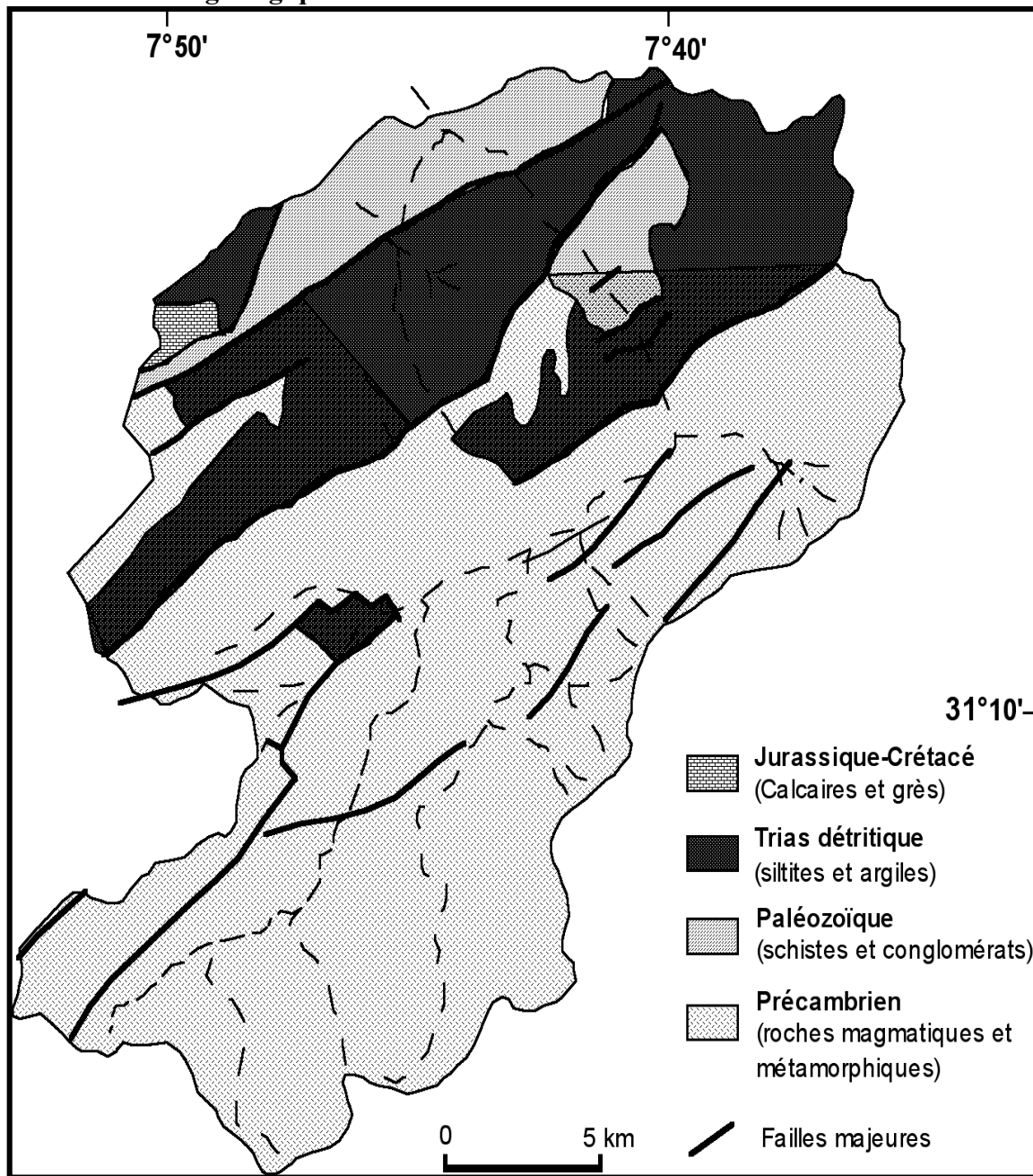
Annexe 3: carte montrons la localisation des stations climatiques situées dans la zone d'étude



Annexe 4: carte montre l'étendue du parc qui est inclus dans le bassin versant de l'ourika

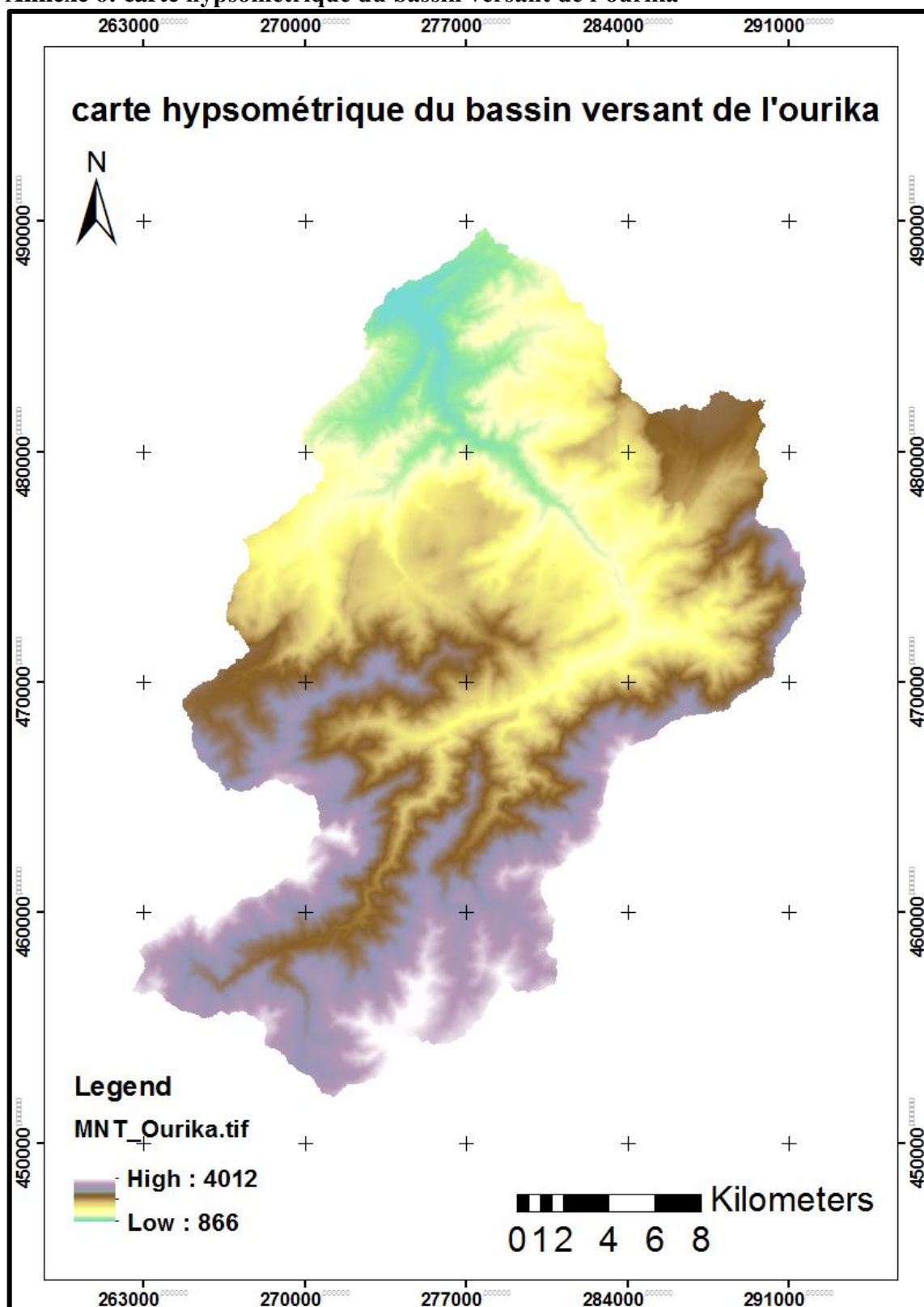


Annexe 5: carte géologique du bassin versant de l'ourika



Esquisse géologique du bassin versant de l'Ourika.
(Saidi et al ,2010)

Annexe 6: carte hypsométrique du bassin versant de l'ourika



Annexe 7: Indicateurs EVI

➤ Vitesse du vent (jours/an)

Ce paramètre est étudié dans le sens de capter la probabilité qu'apparaisse une dégradation due à un vent fréquent et sévère pouvant affecter les forêts, conduire à des ventilations de feux, créer des vagues de tempêtes, la sécheresse des sols, étendre la pollution atmosphérique et interagir avec d'autres stress. Elle traduit la vulnérabilité aux cyclones, aux tornades, aux tempêtes, à l'érosion, à la dégradation des habitats et aux perturbations ;

Echelle d'indicateur :



➤ Période sèche (mm de déficit de pluie annuelle)

Elles traduisent la vulnérabilité à la sécheresse, aux périodes sèches, au stress des ressources en eau superficielles. Les sécheresses mensuelles fréquentes et sévères pourraient indiquer un changement du climat, et pourraient affecter négativement la résilience d'une région à d'autres risques (ex : les feux, les mouvements de l'eau, l'habilité d'écosystèmes à atténuer la pollution) ;

Echelle d'indicateur :



➤ Périodes humides (mm d'excès de pluie annuelle)

Elle traduit la vulnérabilité aux inondations, aux cyclones, aux périodes humides, le stress sur des surfaces de terre et des écosystèmes soumis aux inondations et à des perturbations. Cet indicateur capte non seulement le nombre de mois ayant eu de fortes averses significatives, mais aussi la quantité de l'excès ;

Echelle d'indicateur :



➤ **Périodes chaudes (degrés d'excès de chaleur annuelle)**

Elle traduit la vulnérabilité aux vagues de vents chauds , à la désertification, aux pertes des ressources en eau , aux stress dus à la température .cet indicateur est conçu pour capter le stress sur des surfaces de terre et des environnement aquatiques littoraux ou aux périodes des fortes températures qui peuvent affecter la productivité , les niveaux d'oxygène , la pollution, la reproduction ,les relations symbiotiques et conduire à une mortalité massive ;

Echelle d'indicateur :



➤ **Périodes froides (degré Celsius de déficit de chaleur annuelle)**

Elles traduisent la vulnérabilité aux pressions froides, aux gels inhabituels, les effets sur les ressources en eau, les stress thermiques, le taux d'atténuation de pollution. Cet indicateur est conçu pour capter le stress sur des surfaces de terre et presque le rivage ou aux périodes des températures basses qui peuvent affecter la productivité, les niveaux d'oxygène, la pollution, la reproduction et des relations symbiotiques et mener à la mortalité massive ;



➤ **Température de surface de la mer ou de l'océan (degré/an)**

Cet indicateur capte la vulnérabilité aux fluctuations dans la productivité, la pêche, des cyclones et des tempêtes. L'indicateur capte l'ensemble des anomalies dans SST, comme l'excès ou le déficit (en utilisant de valeurs absolues). Des écarts fréquents et sévères pourraient annoncer des changements dans le climat et pourraient négativement affecter

la résistance d'une région étudiée à d'autres dangers (par exemple pour des mouvements d'eau, la diffusion et la capacité des écosystèmes à atténuer la pollution) ;

Echelle d'indicateur :



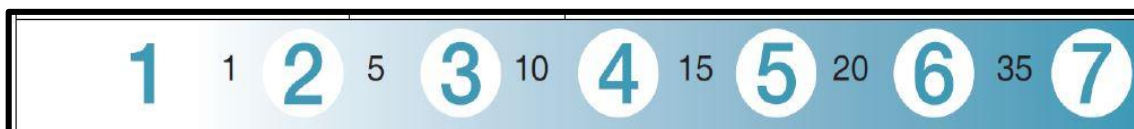
Données géologiques

Elle concerne les données relatives aux mouvements de terres. Il s'agit de trouver les informations concernant les phénomènes d'explosion de volcan, les tremblements de terre, les informations relatives à l'apparition de tsunamis au niveau du bassin versant de l'ourika. De manière plus concrète, la collecte concernée :

➤ **Indice d'explosivité de volcan (pondération en nombre de volcans VEI 2+**

Qui traduit la vulnérabilité aux éruptions, glissements de terrain, geysers, aux gaz (par exemple Dioxyde de soufre SO₂ de carbone CO₂), aux feux, à la poussière, la biodiversité des habitats et des espèces, le potentiel de répétition et du long terme des perturbations. Cet indicateur capte le risque de dégâts physique chimique et biologique des écosystèmes face à des perturbations associées aux éruptions volcaniques. Etant donné que le risque est associé aux variances des volcans selon leur taille, leur type, le signal incorpore le nombre de volcans capables d'affecter une région concernée par l'étude et son potentiel face à des dégâts.

Echelle d'indicateur :



➤ **Tremblement de terre (les valeurs utilisées sont en nombre et tremblements de terre de magnitude (ML) \geq 6, profondeur \leq 15 km)**

Cet indicateur capte le risque de dégradation de l'environnement provenant d'une large échelle de perturbations telle que la fluidification des sols et des vases (boues), la déviation des rivières, les tsunamis. Il permet d'appréhender la vulnérabilité aux

perturbations des habitats à travers les mouvements de terre, de l'eau et des glissements de terrain.

Echelle d'indicateur :



➤ **Tsunamis (nombre de tsunamis/ vague avec une augmentation de plus de 2m du niveau de l'eau)**

Cet indicateur capte le potentiel de pertes de littoral, d'écosystèmes côtiers et de ressources, de pertes d'espèces dues à une augmentation catastrophique de l'eau de mer vers les terres côtières. Les régions en étude dans ce contexte sont celles qui sont en risque de fréquents et sévères tsunamis ou de dégradations permanentes de leur biodiversité, de leur productivité et de leur résilience.

Echelle d'indicateur :



➤ **Glissements de terrains (nombre de glissement de terrain enregistré au cours des cinq dernières années)**

Ils traduisent la vulnérabilité aux perturbations et à la persistance des écosystèmes et des espèces provenant de changements catastrophiques sur la surface terrestre. Les effets primaires et cumulatifs des glissements de terrain pourraient être spécialement importants s'il y a beaucoup d'espèces en danger, des écosystèmes sensibles et des interactions sus aux impacts de déplacements humains.

Echelle d'indicateur :

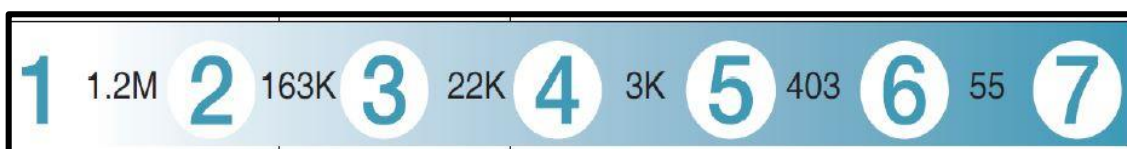


Données géographiques

➤ Surface terrestre totale (km²)

Cet indicateur capte la richesse en type d'habitats et en diversité biologique, la disponibilité en refuges lorsqu'une dégradation survient. Il est généralement considéré que les vastes régions auront plus de collectifs de défenses des systèmes écologiques face aux stress. Ceci pourrait également représenter plus d'options pour la population humaine de pouvoir allouer des espaces endommagés à une plantation.

Echelle d'indicateur :



M= millions, k=1000

➤ Dispersion de la région (ration de longueur de frontières (maritimes et terrestre) à la surface terrestre totale)

Cet indicateur capte le degré auquel la surface terrestre d'une région est fragmentée et dispersée. Les régions hautement fragmentées telles que les îles, les péninsules, ou les surfaces terrestres éparpillées peuvent probablement être sujette à une multitude d'effets transfrontaliers.

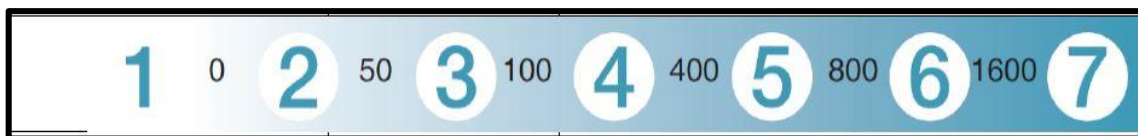
Echelle d'indicateur :



➤ Isolation (km)

Cet indicateur capte la proximité entre la région en étude et le continent le plus proche. Notons que si une région se situe à l'intérieur d'un continent cette est égale à zéro (0).les régions isolées peuvent avoir de grands risques de pertes de types d'écosystèmes et d'espèces au cours d'une période de stress s'ils sont loin de leur refuge ou des sources de recolonisation.

Echelle d'indicateur :



➤ **Relief (m d'altitude)**

Cet indicateur examine la vulnérabilité d'une zone en ce qui la diversité des habitats et des espèces mais également le potentiel de perturbation des habitats à travers les mouvements de l'eau et des glissements de terrains.

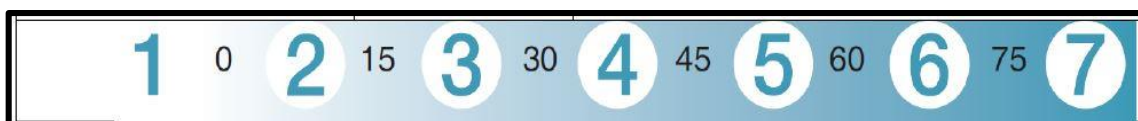
Echelle d'indicateur :



➤ **Terres basses (Pourcentage de surfaces de terre inférieur ou égal à 50 m au-dessus du niveau de la mer)**

Cet indicateur se focalise sur la présence de terres basses (altitudes inférieure à 50) dans une région. Cette région pourrait subir les impacts associés à la pollution, aux perturbations des écosystèmes, aux inondations et à la vulnérabilité côtière. Ces espaces sont ceux qui tendent à être les premiers sujets aux inondations, et qui tendent à fournir un important point pour la nappe phréatique lorsque les côtes marines ou les lacs peuvent être sujet à des vagues de tempêtes, tsunamis, ou des élévations du niveau de la mer.

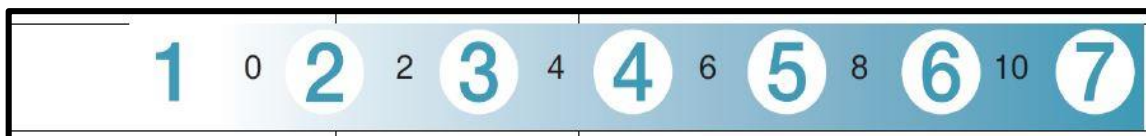
Echelle d'indicateur :



➤ **Frontières (le nombre de connexion avec d'autres régions avoisinantes)**

Cet indicateur capte le risque des écosystèmes terrestres et aquatiques provenant des risques transfrontaliers incluant les introductions d'espèces, le manque de contrôle d'effets de confinement de la région concernée par l'étude, le manque de contrôle des migrations de personnes (par exemple des réfugiés).

Echelle d'indicateur :



Données sur les ressources et services

➤ Déséquilibre des écosystèmes (en valeur de changements de niveau trophique)

Cet indicateur capte le risque du stress d'écosystème, la perte de diversité et la perte d'équilibre. Il se concentre sur le risque des écosystèmes aquatiques associés au changement dans les relations naturelles, la diversité et les flux d'énergie parmi des écosystèmes.

Echelle d'indicateur :



➤ Ouverture environnementale (Moyenne annuelle des frets d'imports)

Cet indicateur capte le risque de dégâts pour une région dû à l'importation de matériels étrangers (physique, chimique et biologique) par voie terrestre, aérienne, marine pour de grands volumes de frets se déplaçant annuellement sur le globe.

Echelle d'indicateur :



➤ Migrations (Nombre d'espèces connues qui migrent)

Cet indicateur se focalise sur les espèces qui passent en dehors des frontières d'une région et qui, durant ce temps peuvent être affectées par les actions environnantes de la région éloignée les utilisant comme ressource. Il se focalise sur la biodiversité, la résilience, et la persistance des espèces ayant une large variation dans le nombre de population et / ou qui sont susceptibles d'extinctions au niveau local.

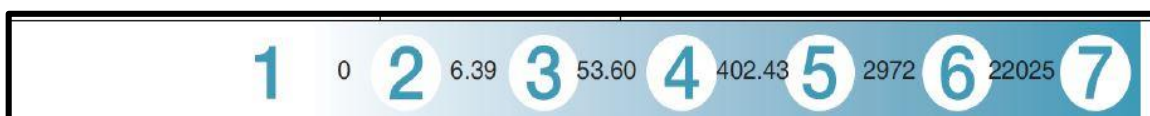
Echelle d'indicateur :



➤ **Endémisme (Nombre d'espèces endémique)**

Cet indicateur se focalise sur la biodiversité et le risque de pertes d'espèces uniques, les espèces les plus endémiques d'une région sont les plus vulnérables, ceci parce que les extinctions localisées ne peuvent plus être compensées à nouveau par la nature ou augmentées par des recolonisations. Les pertes d'espèces clés affecter les fonctions écosystémiques et les biens et services qu'elles fournissent.

Echelle d'indicateur :



➤ **Introduction (Nombre d'espèces introduites)**

Cet indicateur capte les introductions d'espèces passées dans une région avec les impacts que cela implique sur la biodiversité et sur l'intégrité des écosystèmes. Ce qui peut inclure les impacts au niveau de la population, la génétique, les espèces et les écosystèmes à travers les interactions écologiques complexes.

Echelle d'indicateur :



➤ **Espèces en danger (Nombre d'espèces en danger et vulnérables)**

Cet indicateur se focalise sur ces espèces qui peuvent devenir des espèces en danger ou menacées dans une région avec les impacts que cela implique sur la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes. Ce sont des espèces qui peuvent s'éteindre plus probablement, ce qui peut résulter de la réduction de leur nombre provenant d'impacts à un niveau de population, à la génétique, aux espèces et aux écosystèmes à travers une interaction écologique complexe.

Echelle d'indicateur :



➤ **Extinctions (Nombre d'espèces connues éteintes)**

Cet indicateur se focalise sur les espèces qui sont éteintes dans une localité avec les impacts que cela implique sur la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes. La perte de ces espèces résulte de la perte de biodiversité, et peut résulter également d'impacts sur les structures des écosystèmes, et leur fonction à travers des interactions écologiques complexes et pourrait négativement affecter la résilience des écosystèmes aux risques futurs.

Echelle d'indicateur :



➤ **Couverture végétale (pourcentage de couverture végétale naturelle et de plantation)**

Cet indicateur se focalise sur les pertes de couverture de végétation naturelle avec les impacts que cela implique sur la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes. Cette perte de végétation naturelle résulte de la perte de biodiversité et peut également résulter d'impacts sur les fonctions écologiques.

Echelle d'indicateur :



➤ **Perte de couverture (pourcentage net de changement dans la couverture végétale)**

Cet indicateur mesure le taux de perte ou de gain de couverture végétale dans une zone. Il se focalise sur la biodiversité, la résilience des écosystèmes, la capacité d'une région à atténuer la pollution, la prévention des pertes de sols et le développement de rotation de sols, la recharge des eaux superficielles et de la formation des sols.

Echelle d'indicateur :



- **Fragmentation des habitats (longueur totale de toutes les routes la région divisée par la surface de terre)**

Ceci est une mesure approximative de la pression sur les écosystèmes résultant de la fragmentation à l'intérieur de pièces discontinues. La fragmentation affecte probablement la biodiversité, les espèces ayant des nombres de population variable, les espèces susceptibles de s'éteindre localement, les espèces qui utilisent des corridors de migrations et la persistance d'espèces ayant une large échelle d'habitats.

Echelle d'indicateur :



- **Dégradation (Pourcentage de surface de terre qui est soit sévèrement ou très sévèrement dégradé)**

Cet indicateur capture le statut de pertes d'écosystèmes dans la région. La dégradation des terres signifie que ces terres ne peuvent plus revêtir leur écosystème naturel sans une réhabilitation active et coûteuse à cause des échecs permanents de dégradations que peuvent être les érosions hydrique et éoliennes les détériorations physiques et chimiques, l'agriculture, la déforestation et le pâturage. Cet indicateur fait ressortir la défaillance des écosystèmes qui conduit à la perte de biodiversité, la diminution de la qualité des sols, la résilience contre les événements naturels et la capacité d'assimilation et l'environnement.

Echelle d'indicateur :



- **Réserve terrestres (Pourcentage de surface de terre légalement reconnu comme réserve)**

Les données se réfèrent à la surface de terres spécialement dédiées à la protection et le maintien de la diversité biologique, des ressources naturelles et culturelles associées, lesquelles sont gérées à travers une signification légale ou effective. Cet indicateur capture les limites de pertes de biodiversité et de refuges procurées par la présence de réserves terrestres adéquates (incluant les écosystèmes aquatiques localisés à l'intérieur de la surface de terre) dans la zone d'étude.

Echelle d'indicateur :



➤ **Réserve marines (Pourcentage net de zone continentale conservée légalement comme surface marine protégée)**

Cet indicateur capture l'augmentation de la résilience, les fonctions d'atténuation de pollution et de production de poissons, les limites de pertes de biodiversité et de refuges améliorées par la présence de réserve marines adéquates dans la région d'étude.

Echelle d'indicateur :



➤ **Agriculture intensive (Tonnage annuel de productions animales intensives)**

Cet indicateur capture le risque de pollution, d'eutrophisation, de pertes d'écosystèmes ou de dégradation et le risque de maladies (affection) et de pestes. Il se focalise sur les terres en utilisation pour l'agriculture intensive, lesquelles on définira comme celles dans lesquelles les pertes produites au – delà des terres sont excessives pour l'habilité de ces mêmes espaces de terres à les atténuer. L'agriculture intensive inclut l'élevage de porcs, volailles, poissons, de bétails et d'autres cheptels auxquels on donne une alimentation de maintien et d'engraissement en quantité.

Echelle d'indicateur :



➤ **Fertilizants (kg/an/km² de surface)**

Cet indicateur capture le risque pour les écosystèmes terrestres, aquatiques et la nappe phréatique dû à l'utilisation de produits chimiques tels que des fertilizants en NPK. Cet indicateur est la mesure de dégradation des écosystèmes de l'eau de la qualité du sol, des récifs coralliens, et d'autres organismes sensibles à travers leur eutrophisation, pollution, la dégradation des sols et la salinisation.

Echelle d'indicateur :



➤ **Pesticides (Moyenne annuelle de pesticides utilisée en kg/km²/an)**

Cet indicateur capture le risque pour les écosystèmes terrestres, aquatiques, et la nappe phréatique provenant de l'utilisation massive de produits chimiques tels que des pesticides. Il se focalise sur la dégradation et la pollution des écosystèmes, des sols, de reproduction des organismes, les pertes d'espèces, les dégradations d'organismes aquatiques tels que les poissons et les récifs coralliens.

Echelle d'indicateur :



➤ **Biotechnologie (Nombre cumulatif de champ d'essais délibéré d'organismes génétiquement modifiés)**

Cet indicateur capture les risques de diversité génétique, de pollution génétique et d'effets imprévisibles pour les écosystèmes dû à l'introduction non complètement testés et/ou d'organismes de bio-ingénierie dans l'environnement. Il inclut les organismes ayant de nouveaux comportements, possédant de nouvelles toxines s'ils sont souvent utilisés comme méthode de contrôle biologiques de pertes.

Echelle d'indicateur :



➤ **Production de pêche en surplus (en tonnes de poissons pêches/km²/an)**

Cet indicateur capture le risque de dégradation des stocks de pêche par examen des quantités extraites en relation avec le potentiel environnemental à réapprovisionner ses stocks. Si les captures sont élevées et la productivité faible, il existe un grand risque que la totalité de stock de poissons disparaisse. Il est utilisé en combinaison avec les efforts de pêche.

Echelle d'indicateur :



M= millions ; k = 1000

➤ **Efforts de pêche (Moyenne annuelle du nombre de pêcheurs)**

Cet indicateur capture le risque de dégradation des stocks de poissons à travers la surcapacité des efforts de pêche.

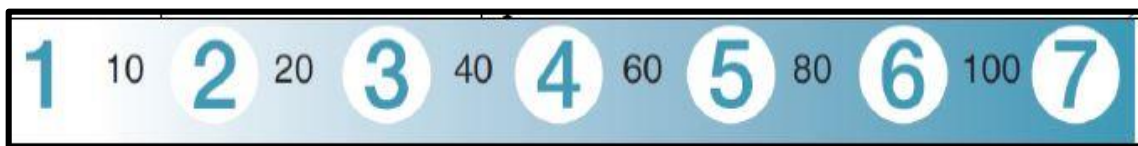
Echelle d'indicateur :



➤ **Eau renouvelable (utilisation d'eau en pourcentage de la ressource en eau renouvelable disponible)**

Cet indicateur capture le risque aux environnements terrestres, aux écosystèmes aquatiques et à la nappe phréatique provenant d'une sur-extraction de ressources d'eau douce. Il se focalise sur les utilisations durables des surfaces d'eau libre et de nappe phréatique et les dégradations à travers la salinisation, l'extraction de la nappe phréatique non – fonctionnelle et des dégradations de rivières lacs et autres habitats.

Echelle d'indicateur :



➤ **Emissions de Dioxyde de soufre (SO₂) (tonnes/km²/an)**

Cet indicateur capture le risque de bien-être des écosystèmes provenant de la pollution atmosphérique, incluant les effets en aval. Les quantités élevées d'émissions de gaz provenant d'industrie présentent des risques à tous les aspects de l'environnement à travers une méthode diffuse incluant la déposition par la pluie.

Echelle d'indicateur :



➤ **Production perdue (Moyenne annuelle de quantité de produits toxiques générés et importés, dangereux et des déchets municipaux en tonnes par km² de surface de terre)**

Cet indicateur capture le risque provenant de déchets toxiques et municipaux pour les écosystèmes terrestres, aquatiques et la nappe phréatique. Tous les déchets quels qu'ils soient nécessitent un espace de terre convenable et suffisant ou un volume d'eau pour leur éventuelle atténuation. Les grandes décharges présentent un risque énorme pour l'environnement.

Echelle d'indicateur :



➤ **Traitement de déchets (Moyenne de pourcentage annuelle de déchets dangereux, toxiques et municipaux effectivement gérés et traités en pourcentage de déchets traités)**

Cet indicateur capture la proportion de déchets rendus moins nocifs. La vulnérabilité est en relation avec les risques des écosystèmes terrestres et aquatiques et la nappe phréatique provenant de déchets toxiques et municipaux et de la manière dont ils sont traités. Tous

les déchets nécessitent un espace suffisant ou un volume d'eau leur atténuation éventuelle.

Echelle d'indicateur :



➤ **Industrie (Moyenne annuelle d'utilisation d'électricité pour les industries en tonne/km²/an)**

Cet indicateur capture les potentiels majeurs des produits chimiques et d'autres polluants chimiques qui pourraient causer des dommages significatifs provenant d'accidents et de pollution diffuse incluant les pluies acides non enregistrées de façon normale de pertes de déchets. Il capture d'électricité générée et/ou utilisée spécialement dans le but des industries qui en elles-mêmes ont de conséquences écologiques.

Echelle d'indicateur :



➤ **Déversements (Nombre total de déversement d'huiles et de substances dangereuses supérieur de 1000/millions de km²)**

Cet indicateur capture les risques des écosystèmes marins, estuariens, des lacs de la nappe phréatique et terrestres face aux déversements d'hydrocarbures et d'autres liquides toxiques. Seuls les déversements supérieurs à 1000 litres sont inclus. Les effets de déversements de produits chimiques toxiques sont d'une signification spéciale pour les espèces en danger, les écosystèmes sensibles, les interactions provenant d'impacts de déplacements humains.

Echelle d'indicateur :



➤ **Exploitation minière (Moyenne annuelle de production minière tonnes/km²/an)**

Cet indicateur capture le risque aux écosystèmes terrestres et aquatiques et à la nappe phréatique provenant des effets de perturbation des écosystèmes, des accidents et des déversement d'huiles et de processus provenant d'exploitation des carrières de tous genres.

Echelle d'indicateur :



➤ **Système sanitaire (Densité de la population sans accès à une hygiène saine)**

Cet indicateur est une mesure approchant la manière dont les déchets humains sont traités avant qu'ils soient enterrés en environnement. Il inclut la connexion aux égouts publics, les systèmes domestiques tels que les fosses et les latrines traditionnelles, les fosses septiques les toilettes communes et autres.

Echelle d'indicateur :



➤ **Véhicules (Nombre de véhicules par km² de surface terrestres)**

Cet indicateur capture le risque dans la forme de dégradation d'habitats, de fragmentation d'habitats de pertes de biodiversité, de pollutions dangereuses par de déchets et les industries, incluant la pollution atmosphérique terrestre et dans les lignes de partage des eaux pour les écosystèmes terrestres.

Echelle d'indicateur :



➤ Population

Elle est une mesure approximative de la pression sur l'environnement résultant du nombre de personnes supporté par unité de surface. Les grands nombres de populations augmentent la pression sur les ressources de l'environnement, pour l'atténuation des déchets et des perturbations physiques de l'environnement.

Echelle d'indicateur :



➤ Taux d'accroissement

Cet indicateur se focalise sur le potentiel d'endommagement de l'environnement en relation avec l'expansion de la population humaine. Il signale le taux d'accroissement des dégradations d'habitats, d'exploitation des ressources naturelles et d'élimination de déchets. Il capture les risques de non aptitudes pour des infrastructures à garder les demandes des questions telles que les traitements de déchets.

Echelle d'indicateur :



➤ Touristes

C'est une mesure du changement additionnel de tous les impacts associés aux visiteurs internationaux et non reportés dans les statistiques de la population humaine. Les touristes imposent une pression additionnelle à l'environnement à travers l'augmentation de la demande sur les ressources locales et à travers la création de pollution aussi bien que les

perturbations physiques sur l'environnement. il est possible que leur charge environnementale soit supérieure à celles des résidents.

Echelle d'indicateur :



➤ **Habitations côtières**

Cet indicateur capture les objets de stress sur les écosystèmes côtiers, souvent les surfaces vivantes les plus productives dans la région, à travers la pollution, l'eutrophisation, les pertes de ressources et la dégradation d'habitats. Les pays ayant une densité élevée de personnes vivant au niveau des côtes sont probablement les plus sujets à la dégradation de leurs espaces plus productifs et ces divers espaces sont négativement affectés par la résilience de leur pays aux dégâts naturels tels que les cyclones, les tsunamis.

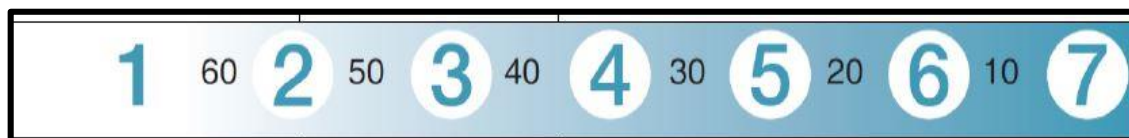
Echelle d'indicateur :



➤ **Accords environnementaux**

Cet indicateur capture le niveau de gestion et d'intendance de l'environnement d'une région. Deux aspects de législation sont nécessaires : le message à un public stipulant que l'environnement est nécessaire, et l'effectivité du contrôle. Les bénéfices de la bonne gestion seraient spécialement importants s'il y a des espèces en danger, des écosystèmes fragiles.

Echelle d'indicateur :



➤ **Conflits**

Cet indicateur capture le risque pour les écosystèmes terrestres aquatiques et la nappe phréatique en relation avec les conflits humains. Les conflits peuvent résulter de la perturbation et de la dégradation, de la pollution et de la rupture complète dans la gestion environnementale.

Echelle d'indicateur :



Annexe 8 : Répartition des indicateurs de l'EVI pour le bassin versant de l'ourika

Category	Sub-index Name		EVI	score	Climate Change	Exposure to Natural Disasters	Biodiversity	Desertification	Water	Ag Fish	Human Health Aspects
Weather & Climate	Hazards	1	Wind 1	1	Y	Y		Y			
Weather & Climate	Hazards	2	Dry 2	2	Y	Y		Y	Y	Y	
Weather & Climate	Hazards	3	Wet 3	6	Y	Y		Y	Y	Y	
Weather & Climate	Hazards	4	Hot 4	3	Y	Y		Y			
Weather & Climate	Hazards	5	Cold 5	2		Y		Y			
Weather & Climate	Hazards	6	SST 6	NA	Y		Y			Y	
Geology	Hazards	7	Volcano 7	1		Y					
Geology	Hazards	8	Earthquake 8	1		Y					
Geology	Hazards	9	Tsunami 9	NA		Y					
Geology	Hazards	10	Slides 10	7		Y					
Geography	Resistance	11	Land 11	3	Y		Y				
Geography	Resistance	12	Dispersion 12	5	Y		Y				
Geography	Resistance	13	Isolation 13	1			Y				
Geography	Resistance	14	Relief 14	3	Y		Y	Y			
Geography	Resistance	15	Lowlands 15	1	Y		Y	Y			
Geography	Resistance	16	Borders 16	3			Y				
Resources & services	Damage	17	Imbalance 17	ND			Y			Y	
Resources & services	Hazards	18	Openness 18	1			Y			Y	
Resources & services	Resistance	19	Migratory 19	6			Y			Y	
Resources & services	Resistance	20	Endemics 20	7			Y				
Resources & services	Damage	21	Introductions 21	7			Y			Y	
Resources & services	Damage	22	Endangered 22	7			Y				
Resources & services	Damage	23	Extinctions 23	ND			Y				
Resources & services	Damage	24	Vegetation 24	1	Y		Y	Y	Y	Y	
Resources & services	Hazards	25	Loss Veg 25	1			Y	Y	Y	Y	
Resources & services	Damage	26	Fragment 26	2			Y			Y	
Resources & services	Damage	27	Degradation 27	1				Y	Y	Y	
Resources & services	Hazards	28	Reserves 28	5			Y		Y		
Resources & services	Hazards	29	MPAs 29	ND			Y			Y	

Resources & services	Hazards	30	Farming 30	6						Y	
Resources & services	Hazards	31	Fertilisers 31	4				Y		Y	Y
Resources & services	Hazards	32	Pesticides 32	7				Y		Y	Y
Resources & services	Hazards	33	Biotech 33	1						Y	
Resources & services	Hazards	34	Fisheries 34	ND						Y	
Resources & services	Hazards	35	Fish Effort 35	1						Y	
Resources & services	Hazards	36	Water 36	1	Y			Y	Y	Y	Y
Resources & services	Hazards	37	Air 37	ND							Y
Resources & services	Hazards	38	Waste 38	3							
Resources & services	Hazards	39	Treatment 39	7					Y		Y
Resources & services	Hazards	40	Industry 40	1							
Resources & services	Hazards	41	Spills 41	2							
Resources & services	Hazards	42	Mining 42	1							
Resources & services	Hazards	43	Sanitation 43	7					Y		Y
Resources & services	Hazards	44	Vehicles 44	4							
Human populations	Damage	45	Density 45	5	Y	Y			Y		
Human populations	Hazards	46	Growth 46	7					Y		
Human populations	Hazards	47	Tourists 47	7							
Human populations	Damage	48	Coastal 48	NA	Y	Y					
Human populations	Hazards	49	Agreements 49	1							
Human populations	Damage	50	Conflicts 50	7							

