



وكالة الؤوض المائي لتانسيفت

Agence du Bassin Hydraulique du Tensift



Master en Eau et Environnement

Faculté des Sciences et Techniques

Département des Sciences de la Terre

Laboratoire de Géosciences et Environnement

L'eau dans les bassins versants de Chichaoua et Assif El Mal. Evaluation et gestion de la ressource

Réalisé Par : **ICHOU Abir**

Encadrée Par:

Mr. SAIDI Mohamed El Mehdi : FST Marrakech

Mr. JADOUD Mourad : Agence du bassin versant de Tensift



Dédicace



Je dédie ce mémoire à :

A mes très chers parents ICHOU Mohamed et IFQUIRANE Saida qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, de tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour me permettre de suivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessé de m'encourager tout au long de mes années d'étude.

A ma sœur Afaf et mon frère Ahmed, à ma grande mère et mes tantes et mon oncle pour leur soutien et encouragement continus A toutes mes amies et tous mes amis pour leur disponibilité inconditionnelle, leur aide inestimable et amitié rare,

A tous ceux qui ont contribué à ma formation, partant du primaire et arrivant à mes professeurs au sein de la FSTG Je dédie ce modeste travail

Remerciements

En préambule à ce mémoire, Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apportées leur aide et qui ont contribuées à l'élaboration de ce mémoire Je tiens à remercier sincèrement Monsieur Mr. SAIDI Mohamed El Mehdi, pour avoir bien voulu accepter de m'encadrer tout au long de ce travail.

Cet acte a été le gage de la réussite de ce projet. Et sincèrement, ce travail n'aurait pas été possible sans la disponibilité, le conseil, l'aide et les facilités qu'il m'a accordés. s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, concernant les orientations de notre mémoire.

Un énorme merci à tout le personnel de l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift, et plus particulièrement Monsieur JADOUD Mourad , pour m'avoir apporté assistance tout au long de ce travail.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes amis, mes parents et mes proches, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes

Table des matières

Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Liste des photos	7
Introduction.....	8
Chapitre I : Généralités sur l'eau	11
L'eau dans le monde	11
Le cycle de l'eau.....	12
L'utilisation de l'eau	13
L'eau au Maroc.....	15
Etat de l'eau au Maroc	16
Chapitre II : Présentation globale du secteur d'étude	20
1. Contexte Général	20
2. Contexte géologique et topographique	21
3. Contexte climatologique	23
3.1. Température.....	23
3.2. L'évaporation.....	24
3.3. Le vent	24
3.4. La végétation	24
4. Le contexte socio-économique	24
Chapitre III : Etude hydromorphologique des deux bassins versants Chichaoua et Assif el mal.....	28
I. Morphologies des deux bassins versants Chichaoua et Assif el mal.....	28
1. L'indice de forme	28
2. Le temps de concentration	29
3. La pente moyenne du bassin versant	30
4. Hypsométrie.....	33
5. Le rectangle équivalent.....	38
6. Le réseau hydrographique	38
II. Le régime pluviométrique des deux bassins versants.....	40
1. Le régime pluviométrique des 3 stations.....	40
2. Corrélation entre les précipitations annuelles des 3 stations	46
3. Corrélation entre les précipitations mensuelles des 3 stations.....	48
III. Analyse statistique des débits des 3 stations.....	50
1. Analyse des débits mensuels des 3 stations	51
2. Analyse des débits maximas instantanés	52

Chapitre IV : Quantification des ressources en eau dans les bassins versants de Chichaoua et Assif El Mal.....	56
I. Bilan des eaux de surface dans la région	56
1. Le réseau hydrographique	56
2. Hydrologie des sources	56
3. Etat actuel de l'aménagement des ressources en eau	58
II. Bilan des eaux souterraines de la région.....	59
1. Secteurs géo structuraux	59
2. Carte piézométrique de la région	61
3. Evolution du niveau piézométrique dans les piézomètres IRE 1886/52 et IRE 1602/52 (période 2007)	62
Chapitre V : Gestion des ressources en eau dans les bassins versants Chichaoua et Assif El Mal	64
1. Introduction.....	64
2. Aperçu sur l'approche de gestion intégrée des ressources en eau	65
3. Problématique de la gestion des ressources en eau dans la région de Chichaoua	67
L'alimentation en eau potable et l'irrigation	67
4. Aménagements hydrauliques proposés pour la gestion des ressources en eau	70
a. Les ouvrages de stockage.....	70
b. Les ouvrages de transport.....	71
c. Les ouvrages de distribution	71
5. Recommandations pour la gestion d'eau dans la région	72
a. L'alimentation en eau potable et l'irrigation	72
b. Développement de la ressource	72
c. Action en partenariat.....	73
d. Gestion de la demande	73
e. Cadre réglementaire	74
Conclusion	75
Références bibliographiques	77

Liste des figures

<i>Figure 1 : Cycle de l'eau</i>	12
<i>Figure 2 : état de la qualité de l'eau de surface (Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau)</i>	17
<i>Figure 3 : état de la qualité de l'eau souterraine (Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau)</i>	18
<i>Figure 4 : situation géographique du secteur d'étude</i>	21
<i>Figure 5 : Carte géologique des deux bassins versants (de la carte géologique de Marrakech 1/500000)</i>	22
<i>Figure 6 : variation des températures dans la région de Chichaoua</i>	23
<i>Figure 7 : figure montrant l'indice de compacité de Gravelius et sa relation avec la forme du bassin</i>	29
<i>Figure 8 : Carte des pentes du bassin Assif el mal (en degré)</i>	31
<i>Figure 9 : Carte des pentes du bassin Chichaoua (en degré)</i>	32
<i>Figure 10 : Carte hypsométrique du bassin Assif El Mal</i>	34
<i>Figure 11 : Carte hypsométrique du bassin Chichaoua</i>	35
<i>Figure 12 : Courbe hypsométrique du bassin assif el mal</i>	36
<i>Figure 13 : Courbe hypsométrique du bassin Chichaoua</i>	37
<i>Figure 14 : Carte du réseau hydrographique des deux bassins versants</i>	39
<i>Figure 15 : Précipitations moyennes mensuelles aux trois stations (1989-2010)</i>	41
<i>Figure 16 : Précipitations moyennes saisonnières dans les 3 stations</i>	43
<i>Figure 17 : Précipitations annuelles à la station Chichaoua (1971-2010)</i>	44
<i>Figure 18 : Précipitations annuelles à la station Illoudjane (1989-2011)</i>	44
<i>Figure 19 : Précipitations annuelles à la station Sidi Bouatmane (1989-2011)</i>	45
<i>Figure 20 : Corrélation entre les précipitations annuelles des deux stations Chichaoua et Illoudjane</i>	46
<i>Figure 21 : Corrélation entre les précipitations annuelles des deux stations Chichaoua et Sidi Bouatmane</i>	47
<i>Figure 22 : Corrélation entre les précipitations annuelles des deux stations Illoudjane et Sidi Bouatmane.</i>	48
<i>Figure 23 : Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Illoudjane et Chichaoua</i>	49
<i>Figure 24 : Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Sidi Bouatmane et Chichaoua</i>	49
<i>Figure 25 : Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Sidi Bouatmane et Illoudjane</i>	50
<i>Figure 26 : variation des débits mensuels dans les trois stations.</i>	51
<i>Figure 27 : ajustement à la loi de Gamma pour la station d'Illoudjane.</i>	53
<i>Figure 28 : ajustement à la loi de Gamma pour la station de Sidi bouatmane.</i>	54
<i>Figure 29 : Volume de la retenue du barrage Abou Abbas Essabti en Mm³</i>	59
<i>Figure 30 : Carte piézométrique de la nappe au mois mai 2010</i>	61
<i>Figure 31 : évolution du NP dans l'année 2007 (piézomètre IRE : 1886/52)</i>	62
<i>Figure 32 : évolution du NP dans l'année 2007 (piézomètre IRE : 1602/52)</i>	62

Liste des tableaux

Tableau 1 : tableau montrant la répartition de l'eau dans le monde.....	11
Tableau 2 : tableau des températures dans la région de Chichaoua.....	23
Tableau 3 : Répartition de la population dans la région de Chichaoua.....	25
Tableau 4 : Tableau des valeurs du rectangle équivalent.....	38
Tableau 5 : tableau récapitulatif des caractéristiques des deux bassins versant Chichaoua et Assif el mal.....	40
Tableau 6 : Les coordonnées Lambert (m) des trois stations.....	40
Tableau 7: Précipitations moyennes saisonnières à Chichaoua.....	42
Tableau 8: Précipitations moyennes saisonnières à Illoudjane.....	42
Tableau 9 : Précipitations moyennes saisonnières à Sidi bouatmane.....	42
Tableau 10 : Les lois d'ajustement utilisé et leurs critères de comparaison.....	52
Tableau 11 : période de retour et valeurs de débits obtenues par la loi de Gamma pour la station d'Illoudjane	53
Tableau 12 : Les lois d'ajustement utilisé et leurs critères de comparaison.....	54
Tableau 13 : période de retour et valeurs de débits obtenues par la loi de Gamma pour la station de Sidi bouatmane.....	54
Tableau 14 : débits des sources dans la province de Chichaoua.....	57
Tableau 15 : prélèvements d'eau à partir des oueds en Mm^3	67

Liste des photos

Photo 1 : la source d'Ain abaiïnou.....	57
Photo 2 : photo illustrant la source Ain abaiïnou.....	57

Introduction

L'eau est présente partout sur la Terre, appelée la planète bleue. Elle est pourtant très mal répartie et représente aujourd'hui une ressource de plus en plus convoitée. Cette source qui est indispensable à la vie et à toutes les activités humaines est abondante mais sa répartition inégale rend l'accès à cette richesse différenciée selon les sociétés et les états.

La maîtrise de l'eau est un enjeu majeur pour le développement des sociétés humaines, de ce fait La gestion rationnelle des eaux, constitue de nos jours une inquiétude primordiale de tout usager. En effet, les ressources en eau deviennent de plus en plus limitées pour des raisons de demande croissante et concurrentielle des différents secteurs utilisateurs (eau potable, irrigation, industrie, etc...). surtout que la zone centrale du Maroc connaît un climat aride à semi-aride qui limite les apports de l'eau superficielle pour alimenter les nappes.

L'eau prend de plus en plus une importance croissante dans notre vie, cependant apprendre à gérer cette ressource ça revient en fait à maîtriser sa rareté mais aussi son excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle sans oublier de maintenir sa qualité et la préserver. Cette gestion exige l'élaboration de méthodes adéquats et l'usage d'outils afin de minimiser les risques d'inondation et d'étiages.

A l'instar des pays de la rive sud du bassin méditerranéen, le Maroc étant un pays à climat essentiellement semi-aride à aride dans la majeure partie de son territoire fait face aux problèmes de gestion des ressources en eau, malgré que ce pays dispose d'une large ouverture maritime ainsi que d'importantes chaînes de montagnes, ses ressources en eau restent limitées vis-à-vis la forte demande résultante d'une croissance démographique, le développement industriel....

Devant ces contraintes le Maroc a immobilisé depuis les années soixante de remarquables efforts de mobilisation de son potentiel hydrique et a fait face aux différents challenges sur le plan socio-économique. Cependant ces efforts nécessitent en plus une maîtrise des aléas climatiques extrêmes notamment les phénomènes de sécheresse et les crues par l'établissement de plan d'action à l'échelle de chaque bassin afin d'adopter des stratégies plus adéquates pour satisfaire la demande en eau sans altérer sa qualité ainsi qu'améliorer les performances des infrastructures (barrage, forages de captage...) et aussi penser à des aménagements innovants pour optimiser la gestion de ces ressources.

A cet effet, l'objectif de cette étude est, entre autre, de quantifier les ressources en eau et d'analyser leur gestion dans les bassins versants de Chichaoua et d'Assif El Mal et évaluer

l'efficacité des mesures d'optimisation de la ressource en un milieu semi aride et à grande variabilité hydro-climatique. Il s'agira donc:

- En premier lieu, de donner une idée générale sur la région concernée.
- En deuxième lieu, de réaliser une étude des caractéristiques hydro-morphologiques des deux bassins versants.
- En troisième lieu, de quantifier les ressources en eaux de la région d'étude en vue d'avoir un aperçu sur le potentiel hydrique qui caractérise la région de Chichaoua et d'Assif El Mal.
- Et enfin, mettre le point sur l'état de la gestion des ressources en eau de façon à proposer des recommandations pour optimiser cette gestion.

A rectangular box with a black border containing a background image of blue water ripples. The ripples are concentric and spread out from the center, creating a sense of movement and depth. The colors range from light blue to dark blue.

Chapitre I : **Généralités sur l'eau**

Chapitre I : Généralités sur l'eau

L'eau dans le monde

L'eau est un composé chimique omniprésent en tout lieu sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants.

72 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs), sous forme liquide dans les océans, par exemple) mais sous forme gazeuse (vapeur d'eau), liquide et solide. Ailleurs que dans les zones humides plus ou moins tourbeuses ou marécageuses, dans les mers et océans, l'eau est présente dans les lagunes, lacs, étangs, mares, fleuves, rivières, ruisseaux, canaux, réseaux de fossés, de watingues comme eau interstitielle du sol.

L'humidité de l'air provient de l'évaporation des mers et eaux douces et de l'évapotranspiration des plantes.

La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par le cycle de l'eau. En tant que composé essentiel à la vie, l'eau a une grande importance pour l'Homme mais aussi toutes les espèces végétales et animales. Source de vie et objet de culte depuis les origines de l'Homme.

Le corps humain est composé à 65 % d'eau pour un adulte, à 75 % chez les nourrissons et à 94 % chez les embryons de trois jours. Les animaux sont composés en moyenne de 60 % d'eau et les végétaux à 75 %. On retrouve néanmoins des extrêmes : la méduse (98 %) et la graine (10 %).

Le volume approximatif de l'eau de la Terre (toutes les réserves d'eau du monde) est de 1 360 000 000 km³

Tableau 1 : tableau montrant la répartition de l'eau dans le monde

Réservoirs	Volume (10 ⁶ km ³)	Pourcentage du total
Océans	1 320	97.25
Calottes glaciaires et glaciers	29	2.05
Eau souterraine	9.5	0.68
Lacs	0.125	0.01
Humidité des sols	0.065	0.005
Atmosphère	0.013	0.001
Fleuves et rivières	0.0017	0.0001
Biosphère	0.0006	0.00004

Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (ou cycle hydrologique) est un modèle représentant le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines et les glaciers. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges.

La science qui étudie le cycle de l'eau est l'hydrologie. Elle peut se décomposer en hydrogéologie, hydrologie de surface, hydraulique urbaine, etc.

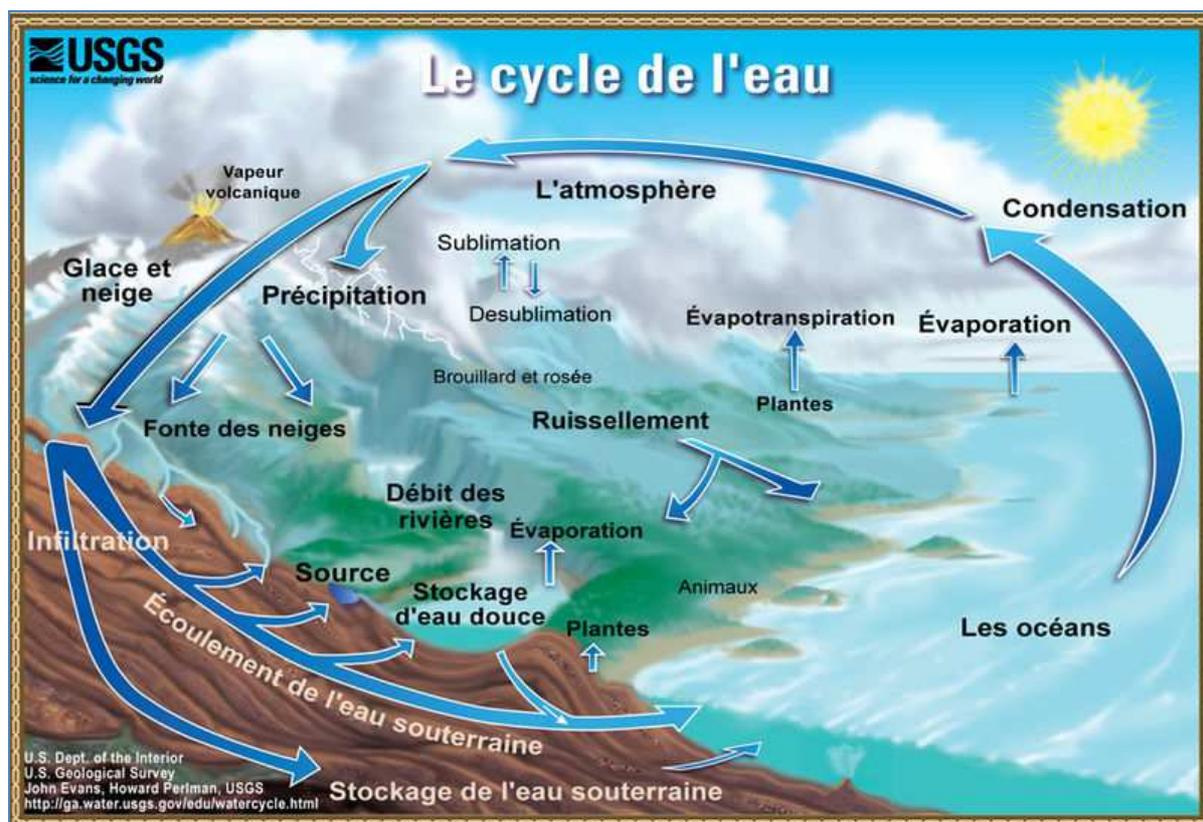


Figure 1 : Cycle de l'eau

La perturbation de ce cycle peut avoir eu lieu à l'issue de différentes causes :

Augmentation du ruissellement

La déforestation, les pratiques agricoles dominantes, l'urbanisation ont pour effet d'augmenter le ruissellement car non seulement les racines ne retiennent plus les sols, qui n'absorbent donc pas les précipitations, mais les sols eux-mêmes sont déstructurés (humus), qui eux aussi absorbent les eaux de pluies).

Cela peut avoir pour conséquence de rendre les inondations plus fréquentes.

Diminution de l'évapotranspiration

La déforestation a pour effet de diminuer l'évapotranspiration.

Épuisement des nappes

Le prélèvement de l'eau dans les nappes peut ne pas avoir de conséquence s'il respecte le quota d'eau apportée par les pluies qui atteindra la nappe. Il est à noter que les nappes profondes sont rechargées par la météo de plusieurs décennies voire de plusieurs siècles et que les nappes superficielles se rechargent généralement très rapidement en quelques jours, en quelques mois ou en quelques années.

Détournement de l'eau des cours d'eau

L'irrigation par des canaux ou par recouvrement est une méthode qui utilise le détournement l'eau et l'apport d'eau en grande quantité sur une durée très courte. Cette méthode est extrêmement consommatrice d'eau, contrairement à des systèmes d'aspersion (pivots, enrouleurs, quadrillage...) ou de goutte à goutte, qui apportent l'eau sur une durée plus importante. Un exemple fort d'irrigation par canaux est celui qui a eu pour conséquence la baisse du débit des fleuves, et l'assèchement de la mer d'Aral.

Bien évidemment lorsqu'on détourne l'eau d'une mer intérieure par des canaux qui utilisent plus d'eau que celle de la croissance végétale, on risque de faire baisser la mer intérieure. Cet exemple ne doit pas servir de publicité pour pomper les nappes phréatiques en se justifiant de réduire le gaspillage par la technique de la goutte à goutte. L'eau des cours d'eau est le surplus des eaux d'un bassin versant dont le débit varie tout au long de l'année. Détourner l'eau des cours d'eau qui se jettent dans les grands océans est différent et n'est pas aussi grave que la même action sur une mer intérieure.

L'utilisation de l'eau

L'alimentation humaine :

L'eau potable est une eau destinée à la consommation humaine, qui répond à des normes précises (physico-chimiques, bactériologiques) et qui peut donc être bue sans provoquer de maladies.

Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques et les pays (et selon l'autorité en charge de cette définition dans certains pays). Le concept de « potabilité » varie à

travers le monde, fruit d'un contexte historique, scientifique et culturel local. Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisqu'une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain

L'Homme a un besoin moyen au niveau mondial de 20 à 50 litres d'eau par jour (alimentation, hygiène, etc.). Un enfant dans un pays développé consomme en moyenne 30 à 50 fois plus d'eau que dans un pays en voie de développement.

Plus de 780 millions de personnes restent exclues d'un approvisionnement en eau potable (essentiellement en Asie et en Afrique) alors que 2,5 milliards de personnes manquent encore de services d'assainissement améliorés.

3,6 millions de personnes, soit 7 par minute, meurent chaque année du manque de salubrité de l'eau. Il s'agit ainsi de la toute première cause de mortalité non reliée à l'âge, d'après l'Organisation Mondiale de la Santé

L'irrigation :

L'agriculture est aussi un secteur fortement consommateur d'eau douce. Une tonne de céréales nécessite en moyenne 1 000 tonnes d'eau³, et produire de la viande nécessite plus d'eau encore.

En 2000, dans le monde, l'agriculture pluviale consommait 5 000 km³ d'eau par an sur une superficie de 1 240 millions d'hectares. L'agriculture irriguée consommait 1 500 km³ d'eau par an, sur une superficie de 264 millions d'hectares. Au rythme d'extension actuel de la superficie irriguée, on atteindrait, en 2050, 331 millions d'hectares irrigués, consommant environ 500 km³ par an d'eau de plus qu'aujourd'hui. Or, la demande en eau complémentaire en 2050 est estimée à 4 500 km³ par an du fait des prévisions d'accroissement démographique. Le seul recours à l'irrigation ne pourra donc pas satisfaire les besoins mondiaux⁵. En outre, environ 10 % de l'eau actuellement utilisée pour l'irrigation provient de sources non renouvelables (nappes phréatiques profondes)

L'industrie :

L'eau est aussi utilisée dans beaucoup de processus industriels et de machines, tels que la turbine à vapeur ou l'échangeur de chaleur : on peut ajouter à cela son utilisation comme solvant chimique. Dans l'industrie, les rejets d'eau usée non traitée provoquent des pollutions qui incluent les rejets de solutions (pollution chimique) et les rejets d'eau de refroidissement

(pollution thermique). L'industrie a besoin d'eau pure pour de multiples applications, elle utilise une grande variété de techniques de purification à la fois pour l'apport et le rejet de l'eau.

La lutte contre les incendies :

C'est parce que les combustibles se combinent avec l'oxygène de l'air qu'ils brûlent et dégagent de la chaleur. L'eau ne peut pas brûler puisqu'elle est déjà le résultat de la réaction de l'hydrogène avec l'oxygène.

Elle aide à éteindre le feu pour deux raisons :

- lorsqu'un objet est recouvert d'eau, l'oxygène de l'air ne peut pas parvenir jusqu'à lui et activer sa combustion ;
- la seconde, est que l'eau peut absorber une grande quantité de chaleur lorsqu'elle se vaporise et de ce fait, abaisser la température de la matière en combustion au-dessous de son point d'ignition.

L'eau au Maroc

Les ressources en eau au Maroc sont principalement des ressources conventionnelles (eaux de surface et souterraine). Pourtant des ressources en eau non conventionnelles telles que la réutilisation des eaux usées traitées et le dessalement de l'eau de mer se développent de plus en plus.

Les ressources en eau au Maroc sont, en moyenne, d'environ 22 milliards de m³ par an. Les ressources en eau mobilisables sont de 20 milliards de m³ dont 16 milliards sont des eaux de surface et 4 milliards des eaux souterraines. Les usages de l'eau se répartit suivant la proportion suivante : 83 % pour l'agriculture et 17 % pour l'industrie et l'eau potable.

Le Maroc dispose de 128 grands barrages dont la capacité de stockage est de 17 milliards de m³, soit plus que le débit annuel de toutes les eaux de surface. En 2004, environ 13,5 milliards de m³ d'eau étaient utilisées, soit environ 67 % de des ressources mobilisables. Les usages de l'eau se répartissent suivant la proportion suivante : 83 % pour l'agriculture et 17 % pour l'industrie et l'eau potable. Ce constat doit être relativisé car les ressources ne sont pas réparties également dans l'espace (le nord du pays étant moins aride), ni dans le temps (les pluies sont concentrées en hiver). La qualité de la ressource est dégradée dans plusieurs bassins.

Les usages industriels et domestiques représentaient 2,28 millions m³ en 2003, desquels 0,7 millions de m³ (31 %) sont produits à partir de ressources souterraines et 1,58 millions de m³ (69 %) à partir d'eau de surface. Les ressources en eau souterraine sont surexploitées, en particulier dans le Sous-Massa où l'irrigation à l'échelle industrielle domine.

La loi sur l'eau n° 10-95 :

La loi sur l'eau a pour objectif de rendre le processus de gestion des ressources en eau dynamique, interactif et durable. Elle vise à mettre en place une politique nationale de l'eau basée sur une vision prospective qui tient compte d'une part de l'évolution des ressources et d'autre part des besoins nationaux en eau. Elle prévoit des dispositions légales visant la rationalisation de l'utilisation de l'eau, la généralisation de l'accès à l'eau, la solidarité inter-régionale, la réduction des disparités entre la ville et la campagne dans le cadre de programmes dont l'objectif est d'assurer la sécurité hydraulique sur l'ensemble du territoire Royaume.

Etat de l'eau au Maroc

Potentialité en eau

- **Potentiel en eau par habitant**

Le taux de ressources en eau naturelle par habitant, qui exprime la richesse ou la rareté relative de l'eau d'un pays, avoisine déjà au Maroc le seuil de 1.000 m³/hab/an, communément admis comme seuil critique indiquant l'apparition de pénuries et de crise latente d'eau.

Les ressources en eau naturelle par habitant à l'échelle du pays se situeraient autour de 720 m³/hab./an vers l'horizon 2020. A cette date 14 millions d'habitants, soit 35 % de la population totale du pays, disposeraient de moins de 500 m³/hab/an. Ces indicateurs montrent que la pénurie chronique d'eau est une donnée structurelle dont il faut tenir compte, à l'avenir, dans les politiques et les stratégies de gestion des ressources en eau.

- **Eaux de surface**

Les apports en eau de surface se chiffrent en année moyenne en quelques millions de m³ pour les bassins les plus démunis au sud du Maroc (30 Mm³), et en milliards de m³ pour les bassins les plus favorisés qui sont situés au nord (5000 Mm³).

Ces écoulements se produisent généralement sous forme de crues violentes et rapides. Ces écoulements sont généralement enregistrés au cours d'une période estimée en moyenne de 20 à 30 jours pour les bassins du sud et de deux à trois mois pour les bassins du Nord.

Les ressources en eau superficielle sont évaluées en année moyenne à près de 19 milliards de m³ (tableau n°5). Les ressources assurées neuf années sur dix ou quatre années sur cinq sont largement inférieures à cette moyenne. En année sèche, les apports d'eau peuvent diminuer à moins de 30 % de la moyenne.

- **Eaux souterraines**

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique national. Les investigations réalisées permettent d'estimer le potentiel en eau souterraine, au niveau de près de 80 nappes souterraines identifiées, à près de 4 milliards de m³ par an qui peuvent être considérés mobilisables dans des conditions techniques et économiques acceptables.

- **Evaluation qualitative**

La qualité globale des eaux de surface observée est bonne au niveau de 46 % des stations de mesure, et moyenne au niveau de 9 %. Par contre, elle est dégradée au niveau de 45 % des stations échantillonnées.

Pour ce qui concerne les eaux souterraines la qualité globale des nappes est bonne au niveau de 20% des stations échantillonnées, moyennes sur 29% et dégradées sur 51%. En général la mauvaise qualité est due à une forte minéralisation des eaux et à des teneurs élevées en nitrates.

Qualité de l'eau de surface

■ excellente ■ bonne ■ moyenne ■ mauvaise ■ très mauvaise

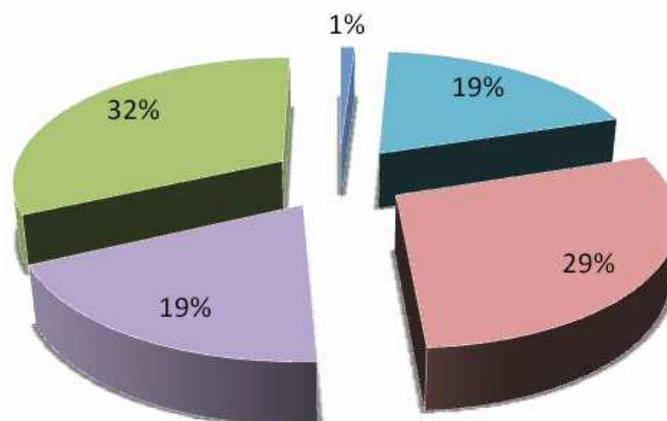


Figure 2 : état de la qualité de l'eau de surface (Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau)

Qualité de l'eau souterraine

■ excellente ■ bonne ■ moyenne ■ mauvaise ■ très mauvaise

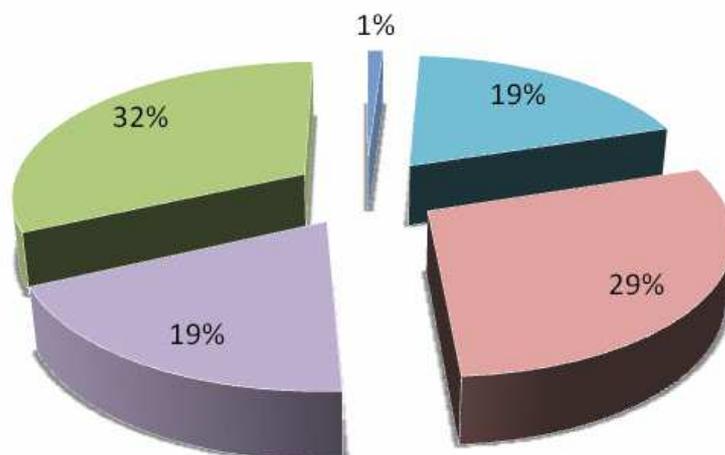


Figure 3 : état de la qualité de l'eau souterraine (Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau)

A close-up photograph of a water splash, showing a crown-like shape of water droplets rising from a pool of water, with concentric ripples spreading outwards. The entire image is tinted with a light blue color.

Chapitre II :
Présentation globale du
secteur d'étude

Chapitre II : Présentation globale du secteur d'étude

1. Contexte Général

La province de Chichaoua a été créée en 1991 et fait partie de la Wilaya de Marrakech, ses limites administratives sont:

- Au Nord, la province de Safi
- Au Sud la province de Taroudant
- A l'Ouest, la province d'Essaouira
- A l'Est, la préfecture Marrakech Ménara et la province d'Al Haouz

Sa position géographique privilégiée constitue un passage obligé vers le Sud du Royaume et vers l'Ouest en destination d'Essaouira et Safi (fig.). Le périmètre de Chichaoua amont s'inscrit dans l'unité physiographique du piémont haut-atlasique avec une altitude d'environ 339 m. Il est constitué par les basses terrasses longeant l'oued Chichaoua et ses affluents.

Selon le découpage administratif de 1992, la province de Chichaoua comporte :

- 4 cercles : Imin Tanout, Chichaoua, Mejjate, M'touga
- 15 Caïdats
- 35 Communes dont 2 urbaines (Chichaoua et Imin Tanout) et 33 rurales.

Les villes et centres les plus importants sont Chichaoua, Sidi El Mokhtar, Imintanout et Guemassa.

- La superficie de la province est de 6872 Km²
- La population est de 311800 habitants (recensement de 1994)
- Le nombre de douars est 1105

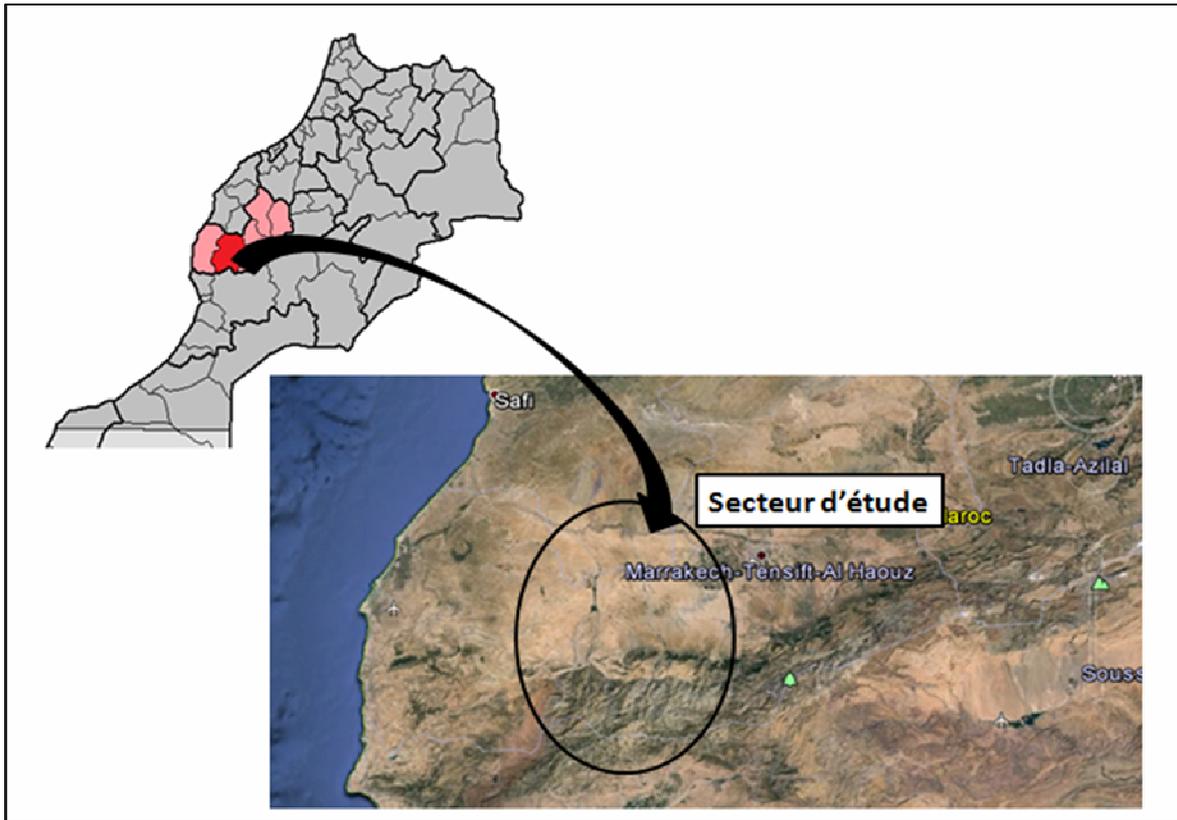


Figure 4 : situation géographique du secteur d'étude

2. Contexte géologique et topographique

Concernant les caractéristiques géologiques on distingue quatre unités individualisées sont à distinguer:

- La plaine de Mejjate
- Les plateaux des M'tougas
- La plaine de Oulad Bou Sbaa
- Le haut Atlas

La plaine de Mejjate est une vaste étendue à relief pratiquement plat et où l'altitude est de l'ordre de 600m. Cette plaine s'insère grossièrement dans le quadrilatère Guemassa, M'zoudia, Chichaoua et Imin Tanout. Au niveau de la province cette plaine occupe une superficie de 3072 Km², soit 45% de la superficie totale.

Les plateaux des M'tougas constituent la terminaison occidentale de la plaine du Mejjate, le relief y est relativement accentué et l'altitude moyenne est de l'ordre de 1000m. La superficie totale occupée par ces plateaux au sein de la province est de 1380 Km², soit 20% de la superficie totale.

La plaine d'Oulad Bou Sbaa s'étend sur 420 Km² environ au Sud du Centre Sidi El Mokhtar et représente environ 6% de la superficie totale de la province. L'altitude moyenne est de l'ordre de 390m.

Le haut Atlas Occidental a une superficie totale de l'ordre de 5000 Km². Au sein de la province de Chichaoua la superficie occupée est de 2000 Km², soit 29% de surface totale. Cette chaîne montagneuse a une forme sensiblement carrée et se présente sous forme de plateaux étagés s'abaissant progressivement vers l'Ouest et vers le Nord. Le point culminant atteint 1800m.

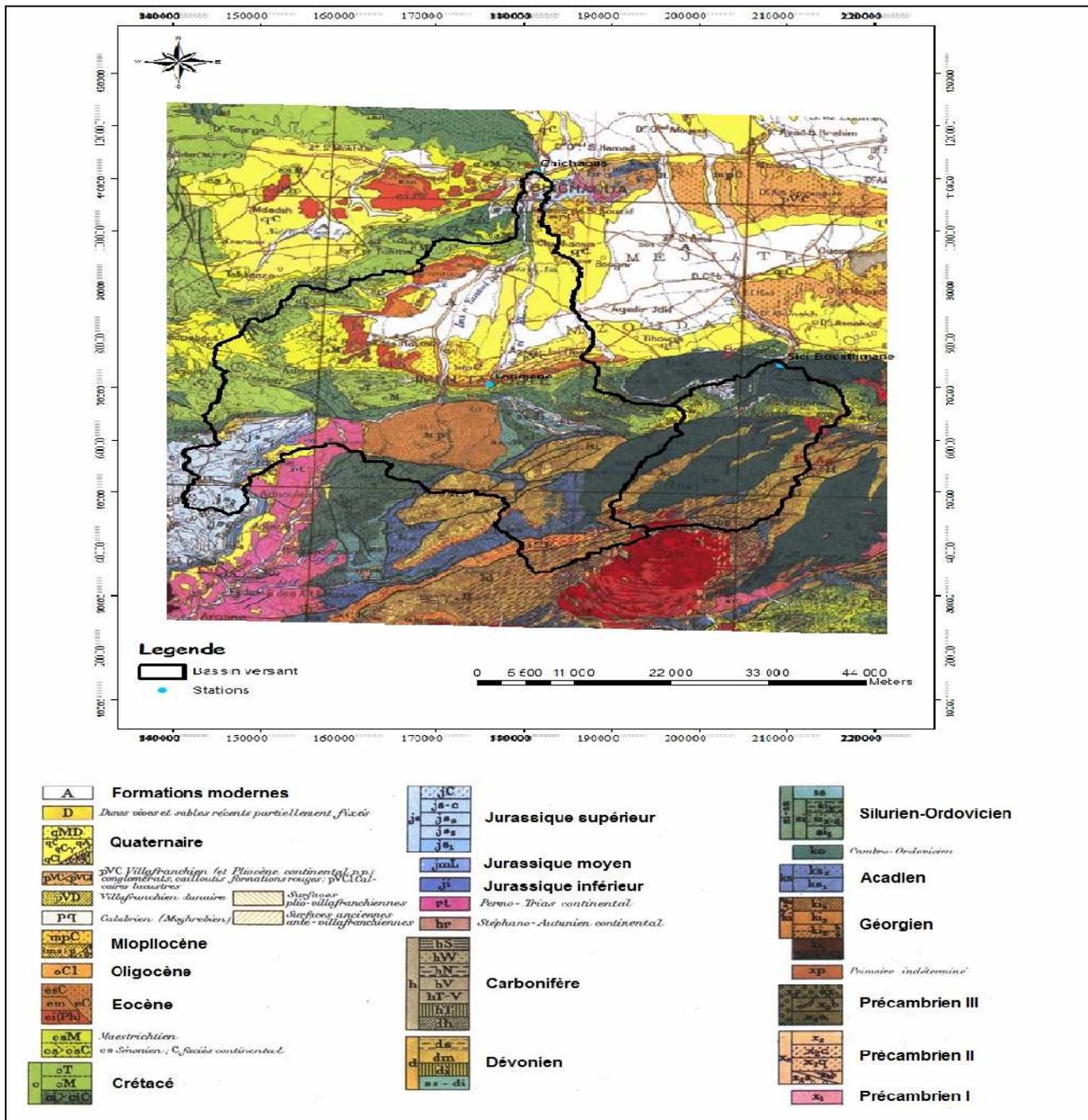


Figure 5 : Carte géologique des deux bassins versants (extraite de la carte géologique de Marrakech 1/500000)

3. Contexte climatologique

Le climat au niveau de la province subit l'influence de la situation continentale, et également celle du Haut Atlas. Aussi les précipitations varient entre 150 mm en plaine à 400 mm en montagne. La saison pluvieuse s'étale généralement du mois d'Octobre au mois de Mai. La température moyenne annuelle varie de 15 à 20°C, les contrastes sont remarquables avec des variations diurnes, saisonnières et annuelles.

D'une façon générale, le climat de la province est aride dans la plaine, semi aride au piémont et semi aride en montagne.

3.1. Température

Les températures les plus faibles sont généralement observées en janvier et en décembre avec des moyennes respectives de 12,6 et 13,9 °C, tandis que les températures les plus élevées sont observées en juillet et en août avec des moyennes respectives de 28,3 et 28,4 °C. Les températures estivales maximales peuvent néanmoins atteindre les 47,8 °C.

Le tableau et la figure illustrent les variations des températures moyennes mensuelles dans la région de Chichaoua.

Tableau 2 : tableau des températures dans la région de Chichaoua

Mois	Déc.	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.
Max	19.7	18.9	20.6	24.2	25.8	29.1	34.7	38	37.5	32.5	28.4	22.8
Min	7.8	6.6	8.1	11.1	12.7	15.2	18.8	20.8	21.4	19.1	16.1	11
Moy mensuelle	13.75	12.7	14.35	17.65	13.25	22.15	26.75	23.4	23.45	25.8	22.25	16.9

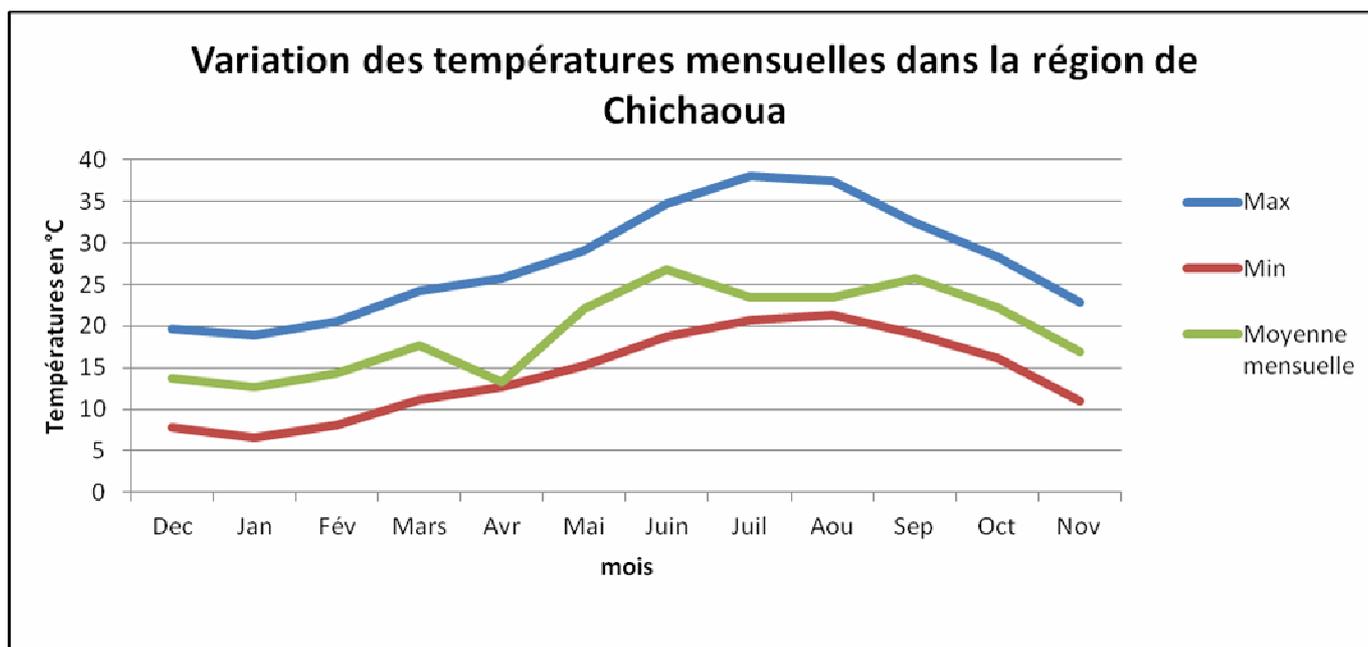


Figure 6 : variation des températures dans la région de Chichaoua

3.2. L'évaporation

L'évaporation moyenne annuelle varie entre 1 800 mm sur le versant atlasique et 2600 mm dans la plaine du haouz, Les valeurs minimales sont enregistrées pendant le mois de Janvier alors que les valeurs maximales caractérisent les mois juillet et août Près de 50% de l'évaporation totale est enregistré durant les quatre mois de juin à septembre (d'après, Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau)

3.3. Le vent

La connaissance du régime dominant des vents est une notion importante. Les observations faites au niveau de la station d'épuration de la ville de Chichaoua montre que le vent souffle dans la direction Ouest-Est .La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 3 km/h en montagne et 5 km/h en plaine .

3.4. La végétation

Dans la zone de l'étude, la couverture végétale est généralement pauvre. Les trois quarts de la superficie sont presque nus. Les types de végétation varient selon l'altitude et la nature des terrains.

Les forêts de chêne à feuilles persistantes (Arganiers, Thuya, Genièvre rouge, etc.) s'étendent sur la chaîne de montagnes de l'Atlas.

Dans la zone de la DPA de Chichaoua, 13 communes rurales sont concernées par la zone de l'étude, et la DPA couvre 22 autres communes rurales. Des terres agricoles occupent 23% de la superficie de la zone, et 42% des terres agricoles sont la zone irriguée. Les pâturages et les jachères occupent 61% de surfaces, ce qui est comparativement plus élevé que dans les autres zones.

4. Le contexte socio-économique

Selon le recensement de 1994, la population totale au niveau de province était de 311800 habitant dont 279975 ruraux, avec en moyenne 5 personnes par ménage en milieu urbain contre 6 en milieu rural. D'où l'importance du milieu rural dans la province. La population rurale se répartit sur 1105 douars, soit en moyenne 265 habitants par douar.

La population urbaine est concentrée principalement au niveau des villes de Chichaoua, Imin Tanout et Sidi El Mokhtar. L'exode rural est accentué vers Marrakech, Agadir et Essaouira.

Tableau 3 : Répartition de la population dans la région de Chichaoua

Préfecture et Province	Milieu	1994	2004	TAMA (%)
Chichaoua	Urbain	31825	43862	3,3%
	Rural	279975	295956	0,6%
	Total	311800	339818	0,9%

La principale activité économique des populations est focalisée sur l'élevage et la céréaliculture extensive. La superficie agricole utile (SAU) est de l'ordre de 160.000 ha dont 84.000 ha irrigués de façon pérenne et 76.000 ha en bour. Le Secteur agricole représente la principale activité économique dans la Province dans la mesure où il emploie une partie importante de la population. En effet, 87 % de cette population vit en milieu rural. La superficie irriguée représente 12.2% de la superficie totale de la province, le bour représente 11.1%. L'irrigation est relativement développée au niveau de la vallée d'Imintanout, de l'Oued Chichaoua, de Seksaoua et Assif El Mal. Ceci est dû à la relative abondance des eaux qui se manifestent au niveau d'un ensemble de sources dont le volume moyen annuel dépasse 32 Mm3 au niveau de la vallée de Chichaoua.

L'Artisanat occupe une place non négligeable dans le tissu économique de la province et notamment le domaine de la tapisserie. Ceci est dû à deux facteurs:

- L'abondance de la main d'œuvre féminine assez qualifiée (2200 ouvrières)
- L'existence de la matière première (la laine)

Outre la tapisserie, le nombre total d'artisans est évalué à 1530 environ ventilé sur des secteurs différents (poterie, broderie et couture, coiffure, menuiserie, articles de cuivre.....).

La principale unité industrielle de la province est actuellement la cimenterie ASMAR à M'zoudia qui crée 300 emplois et dont la capacité de production est de l'ordre de 1.300.000 tonnes/an. Actuellement, la production réelle est de l'ordre de 600.000 tonnes /an eu égard à la crise qui touche le secteur immobilier.

L'activité commerciale est concentrée autour des principales villes (Chichaoua, Imintanout et Sidi El Mokhtar). Le nombre totale de commerçants est évalué à 3575 réparti entre grossistes, les détaillants et les ambulants. Le commerce occupe la deuxième place dans le tissu économique de la province. Cette activité est appelée à se développer davantage compte tenu de la position stratégique de la province, carrefour des voies de communication Marrakech-Agadir, Marrakech-Essaouira et Chichaoua-Safi.

Dans le domaine minier, la Province de Chichaoua renferme 09 Permis d'exploitation et 72 permis de recherche. La production minière est de l'ordre de 40908 T / an pour la barytine et 1627 T/an pour le cuivre.

Enfin, il est à noter que la province d Chichaoua compte parmi les provinces les plus pauvres du royaume, marquée par une faiblesse des revenus et par l'insuffisance des infrastructures socio-économiques (Etude PNUD, 1997- programme de lutte contre la pauvreté).

Chapitre III :

Étude hydromorphologique des deux bassins versants Chichaoua et Assif El Mal



Chapitre III : Etude hydromorphologique des deux bassins versants Chichaoua et Assif el mal.

I. Morphologies des deux bassins versants Chichaoua et Assif el mal

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets.

Distinctement, c'est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.

Son rôle est essentiellement de collecter les eaux de pluie et concentrer les écoulements vers les cours d'eau. Il permet ainsi la mise en relation des précipitations au sol et des débits observés dans les cours d'eau.

La majorité du temps, ce contour passe par les crêtes des montagnes, ou « ligne de partage des eaux superficielles ». Le bassin versant correspond dans ce cas au bassin topographique délimité par la ligne des crêtes.

1. L'indice de forme

La forme du bassin versant peut entraîner des conséquences hydrologiques significatives, notamment la relation pluie-débit ainsi l'évolution des écoulements en période de crue.

D'une autre façon la forme d'un bassin versant peut influencer la forme des hydrogrammes. Plusieurs formules et indices existent et permettent d'estimer les caractéristiques morphologiques des bassins versants.

La forme du bassin, par exemple est fréquemment mise en évidence par l'indice de compacité de Gravellius : Ce coefficient de compacité K_G revient à comparer la forme d'un bassin à celui d'un cercle de même surface :

$$K_G = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

- K_G est l'indice de compacité de Gravelius.
- A : La surface du bassin versant [km²].
- P : Le périmètre du bassin [km].

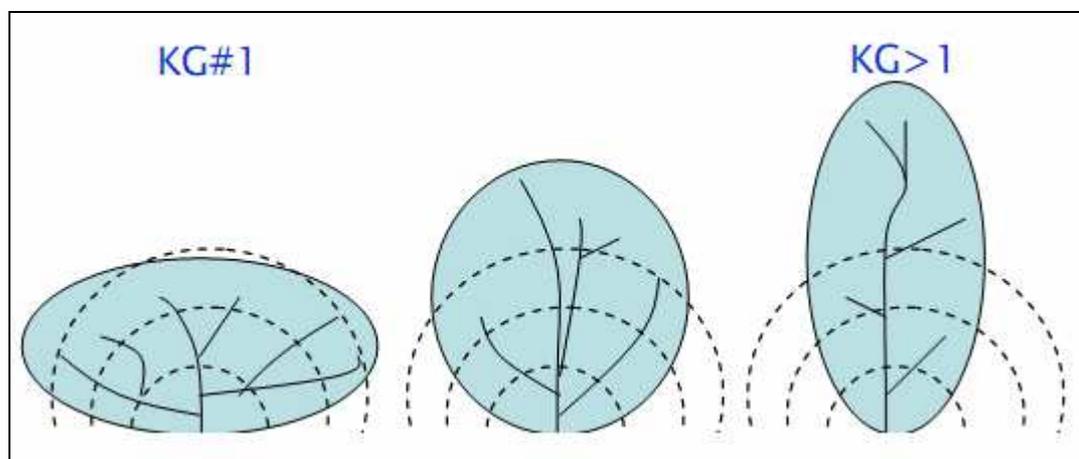


Figure 7 : figure montrant l'indice de compacité de Gravelius et sa relation avec la forme du bassin

Dans ce cas, et concernant le bassin de Chichaoua qui a une surface de l'ordre de 2050 Km² et un périmètre de 289 Km l'indice de Gravelius a donné une valeur de 1,78. C'est donc un bassin très allongé morphologiquement, ce qui va induire des temps de concentration assez élevés.

Pour le bassin versant de l'Oued Assif El Mal dont la surface est de 517 Km² et le périmètre est de 104 Km K_G est de l'ordre de 1,28. Il est trois fois plus long que large, on peut donc dire qu'il est moyennement allongé.

2. Le temps de concentration

Le temps de concentration des eaux sur un bassin versant se décrit comme le maximum de durée essentiel à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

Pour ce paramètre on tient compte des caractéristiques géométriques et morphologiques du bassin. On le calcule à partir de la relation de Giandotti :

$$TC = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec :

- S : La surface du bassin versant (km²).
- L : La longueur du rectangle équivalent (km).

- Hmoy : L'altitude moyenne du bassin (m).
- Hmin : L'altitude de l'exutoire (m).

Pour le premier bassin versant de Chichaoua on a :

$S=2050 \text{ Km}^2$, $L=55.92$, $H_{\min}=340 \text{ m}$, $H_{\text{moy}}=1826 \text{ m}$

Donc le temps de concentration pour ce bassin est de : $TC = 8$ heures.

De même pour le bassin versant de l'oued assif el mal on a :

$S=517 \text{ Km}^2$, $L=38.56$, $H_{\min}=820 \text{ m}$, $H_{\text{moy}}=2200 \text{ m}$.

Ce qui donne un temps de concentration de l'ordre de 5 heures pour ce bassin.

3. La pente moyenne du bassin versant

La pente est un aspect essentiel qui renseigne sur la topographie du bassin, la vitesse des ruissellements et les temps de concentration. La pente influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

Plusieurs méthodes ont été développées pour estimer la pente moyenne d'un bassin.

La méthode la plus simple consiste à mesurer la dénivelée totale du bassin avec la longueur du rectangle équivalent.

$$P_m = D_t / L$$

Avec :

P_m : La pente moyenne [%].

L : La longueur du rectangle équivalent.

D_t : La dénivelée totale.

À propos du bassin bassin versant Chichaoua on a :

$D_t= 3312-342$, $L=55.92$ donc $P_m = 5.3\%$

Pour le bassin d'Assif El Mal on a également :

$D_t= 3580-824$, $L=38.56$ donc $P_m = 7.1\%$

On remarque aussi dans les cartes de pentes réalisées pour les deux bassins, les faibles pentes se trouvent généralement en aval des deux bassins tandis que les plus fortes pentes se trouvent en amont des bassins.

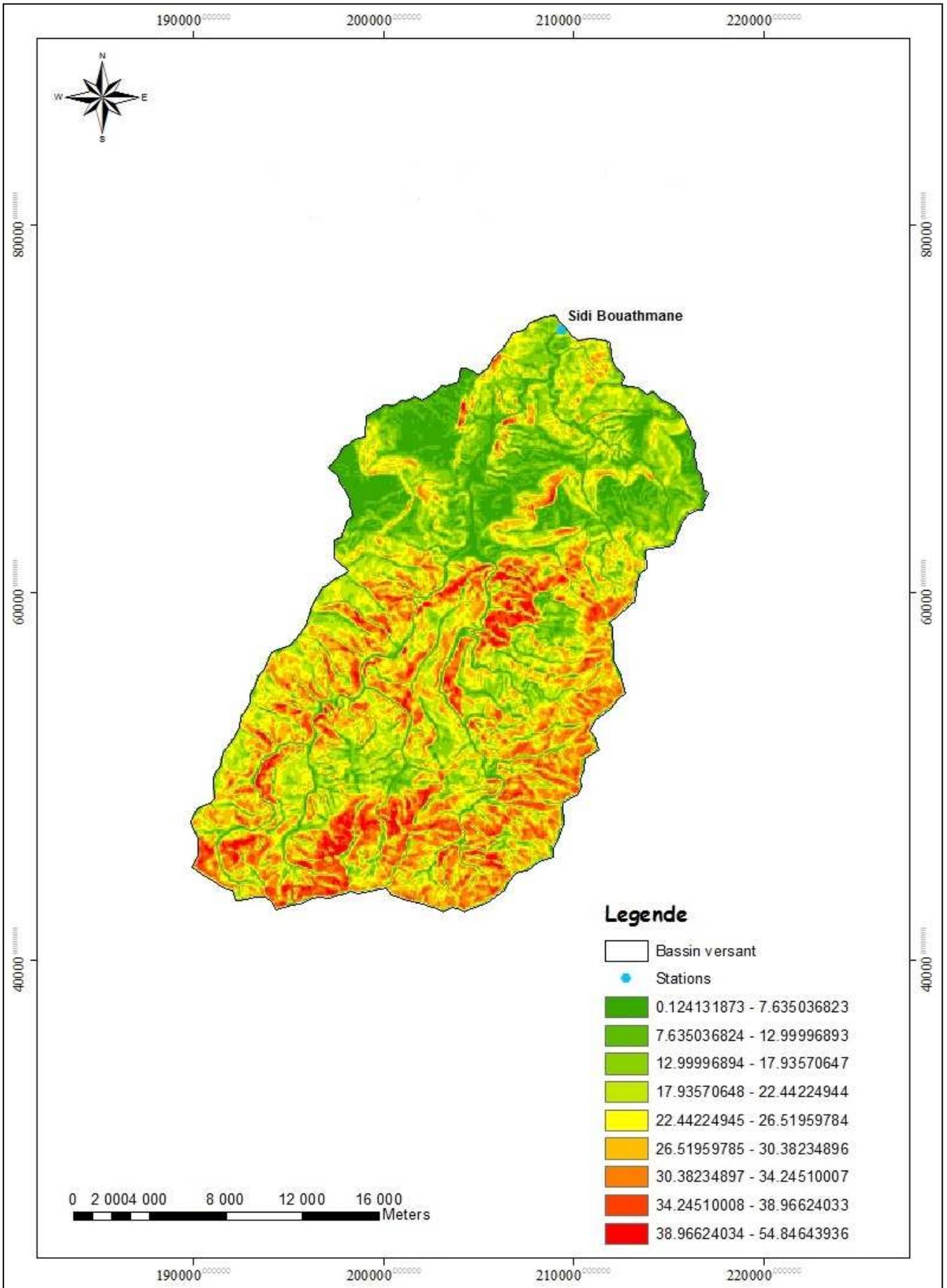


Figure 8 : Carte des pentes du bassin Assif el mal (en degré)

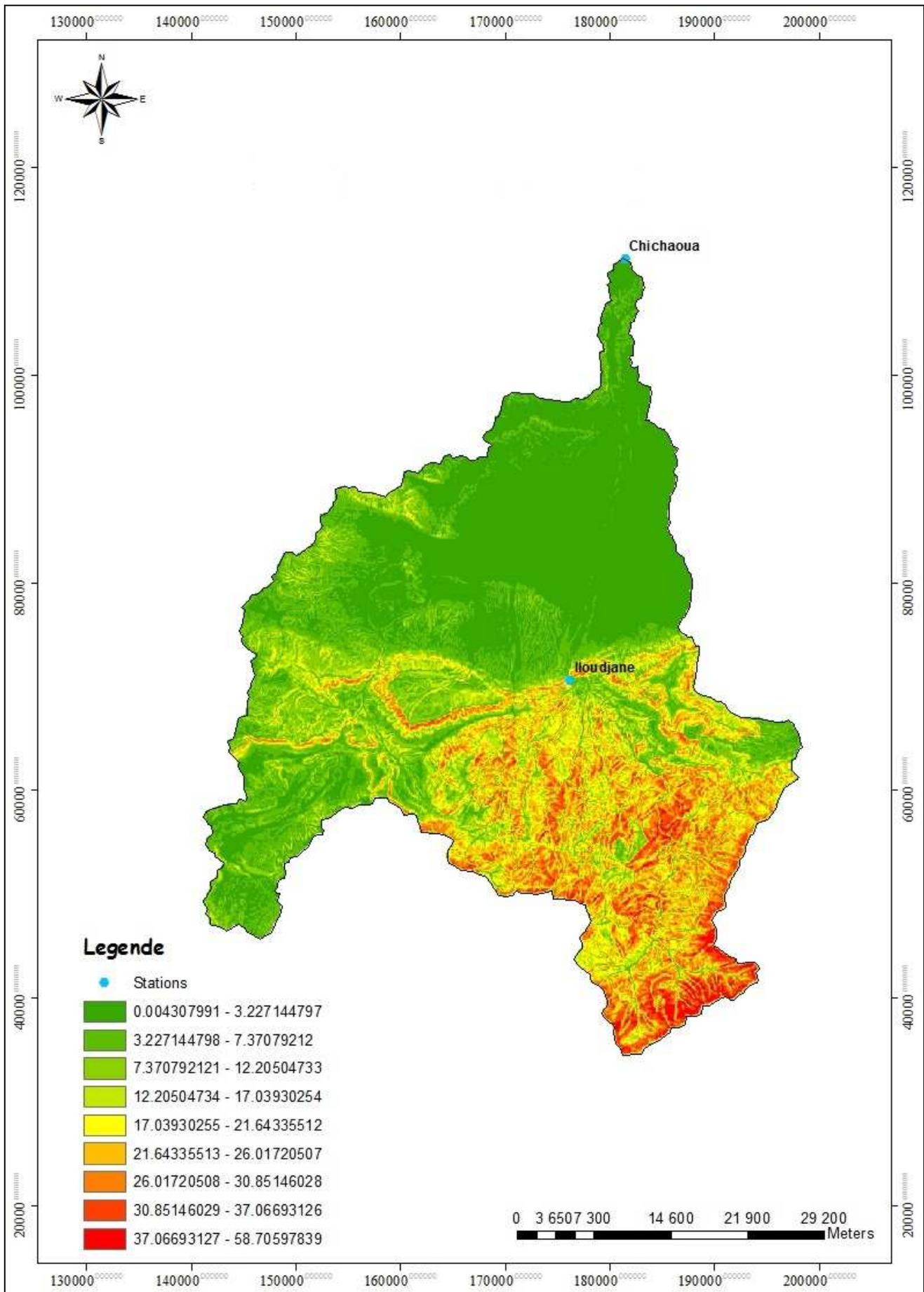


Figure 9 : Carte des pentes du bassin Chichaoua (en degré)

4. Hypsométrie

L'analyse des principales caractéristiques morphologiques et hydrographiques des deux bassins versants Chichaoua et Assif el mal, peut commencer par l'étude de la distribution des altitudes qui se fait d'après une carte en courbe de niveau. En mesurant au planimètre et en cumulant les aires situées entre chaque deux courbes successives on obtient un histogramme de fréquence d'altitudes et la courbe hypsométrique. Une carte hypsométrique donnera enfin une idée sur les proportions des tranches d'altitudes.

a. Carte hypsométrique

La répartition du bassin versant par tranches d'altitude désigne une importance fondamentale pour les études hydrologiques du fait que la plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont contrôlés dans une large partie par l'altitude.

Le relief influence les écoulements (précipitations, T° et végétation varient avec l'altitude, vitesse des écoulements varient avec la pente ...).

La figure 8 illustre la carte hypsométrique du bassin assif el mal. Elle met en lumière une répartition différentielle des tranches d'altitudes d'une façon parallèle. Les tranches [2600-3000] occupent à peu près 15% du bassin versant.

La figure 9 représente la carte du bassin de Chichaoua. Elle met en évidence une répartition différenciée des tranches d'altitudes. Les tranches [342-700] et [700-900] et [900-1100] occupent à elle seuls 48% de l'ensemble du bassin versant.

Cette fraction du bassin est caractérisée par une pente assez faible, au contraire de la seconde partie plus en amont. Au-delà de 1900 m, les tranches d'altitudes sont plus étroites mettant en évidence des pentes importantes.

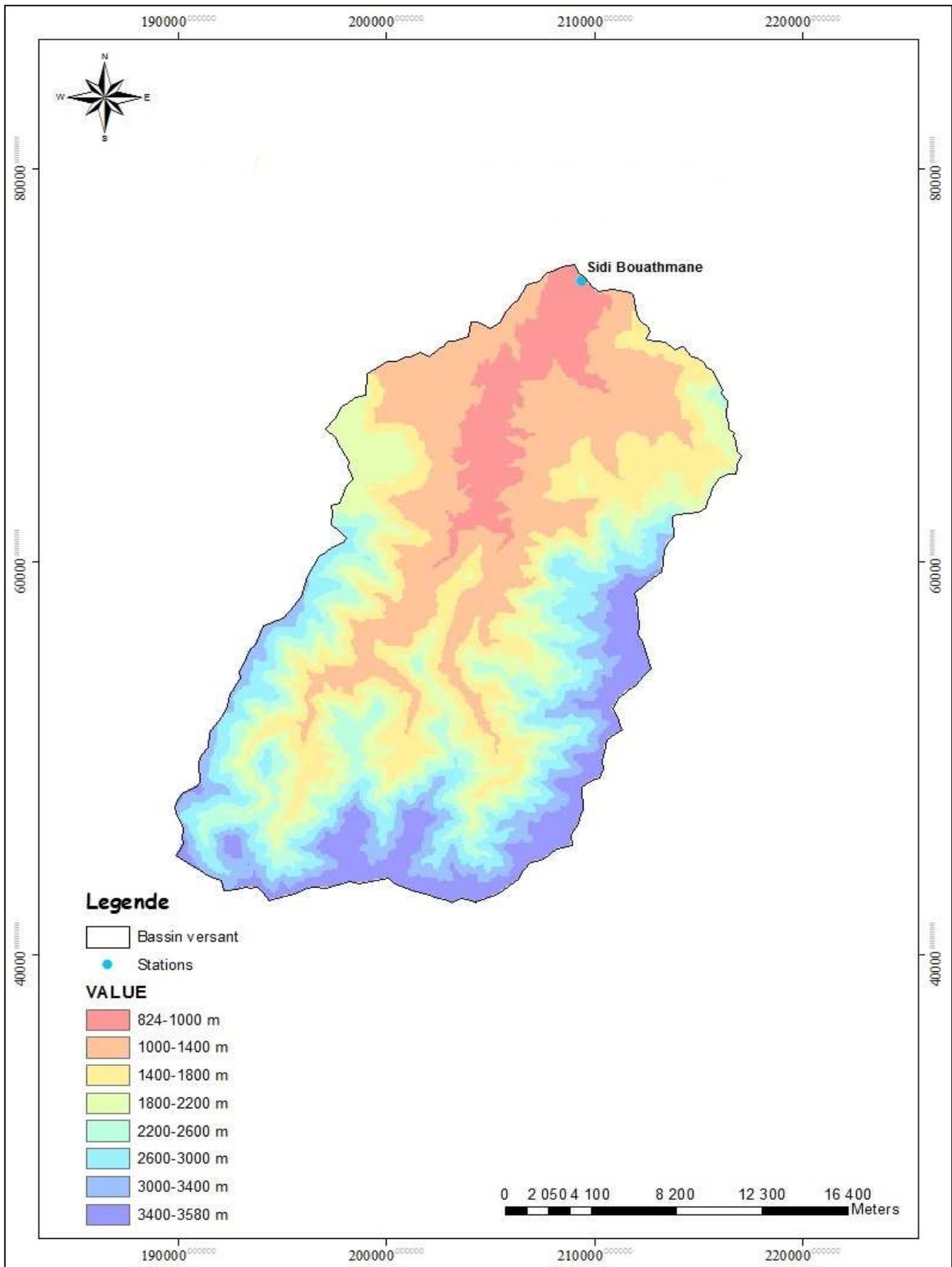


Figure 10 : Carte hypsométrique du bassin Assif El Mal

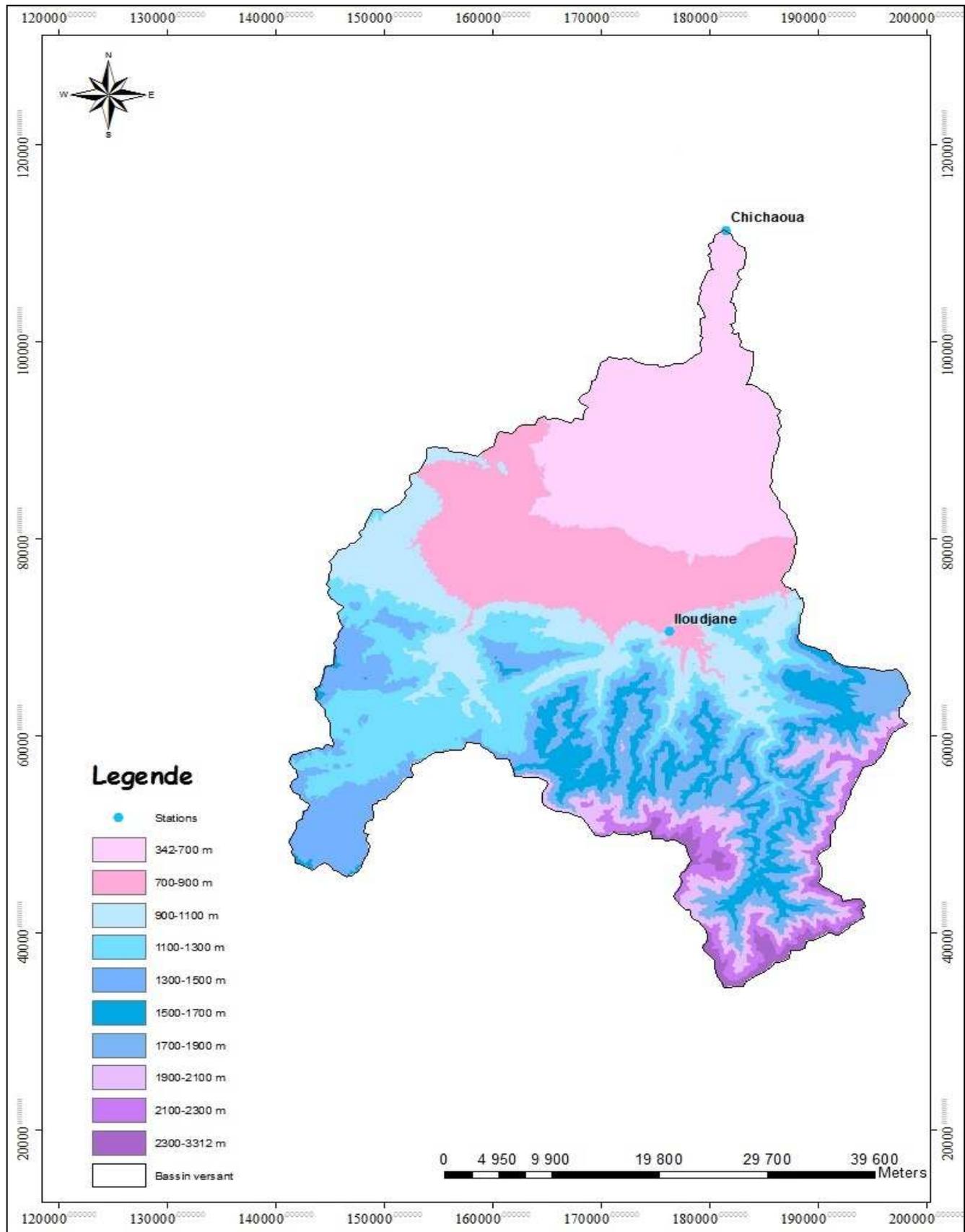


Figure 11 : Carte hypsométrique du bassin Chichaoua

b. La courbe hypsométrique :

La courbe hypsométrique est obtenue à l'aide des surfaces comprises entre les courbes de niveaux mesurés avec le logiciel Arcgis et en leur procurant des pourcentages de la surface totale du bassin.

On trace un diagramme avec les tranches d'altitudes en ordonnées et les superficies cumulées en abscisses.

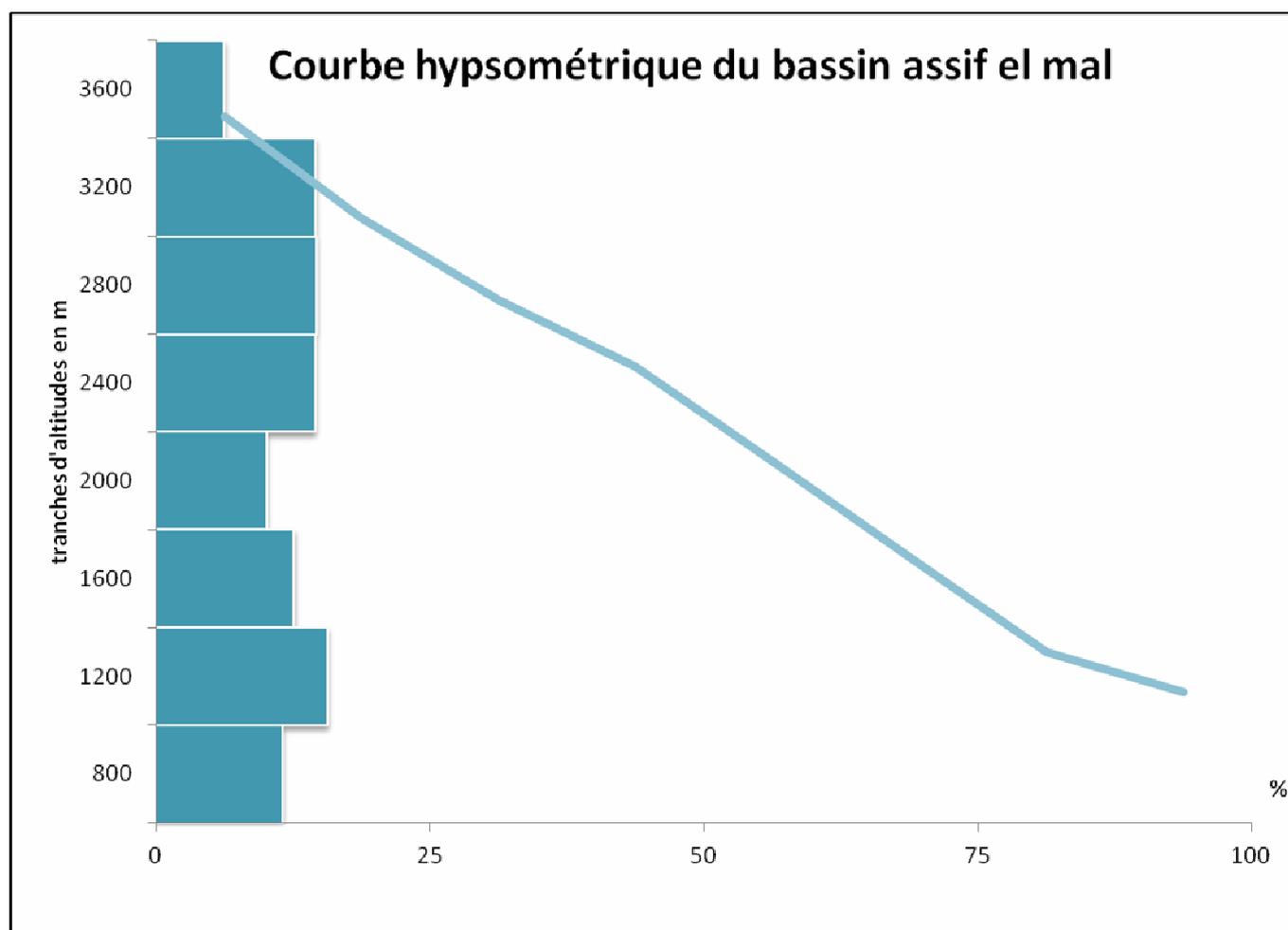


Figure 12 : Courbe hypsométrique du bassin assif el mal

La courbe donne une idée sur le profil du bassin versant. Elle montre une élévation des altitudes vers l'amont. Tandis que pour le bassin de Chichaoua la courbe cette élévation est plus au moins rapide des altitudes vers l'amont. Le profil est pour cela assez tendu dans cette partie du bassin.

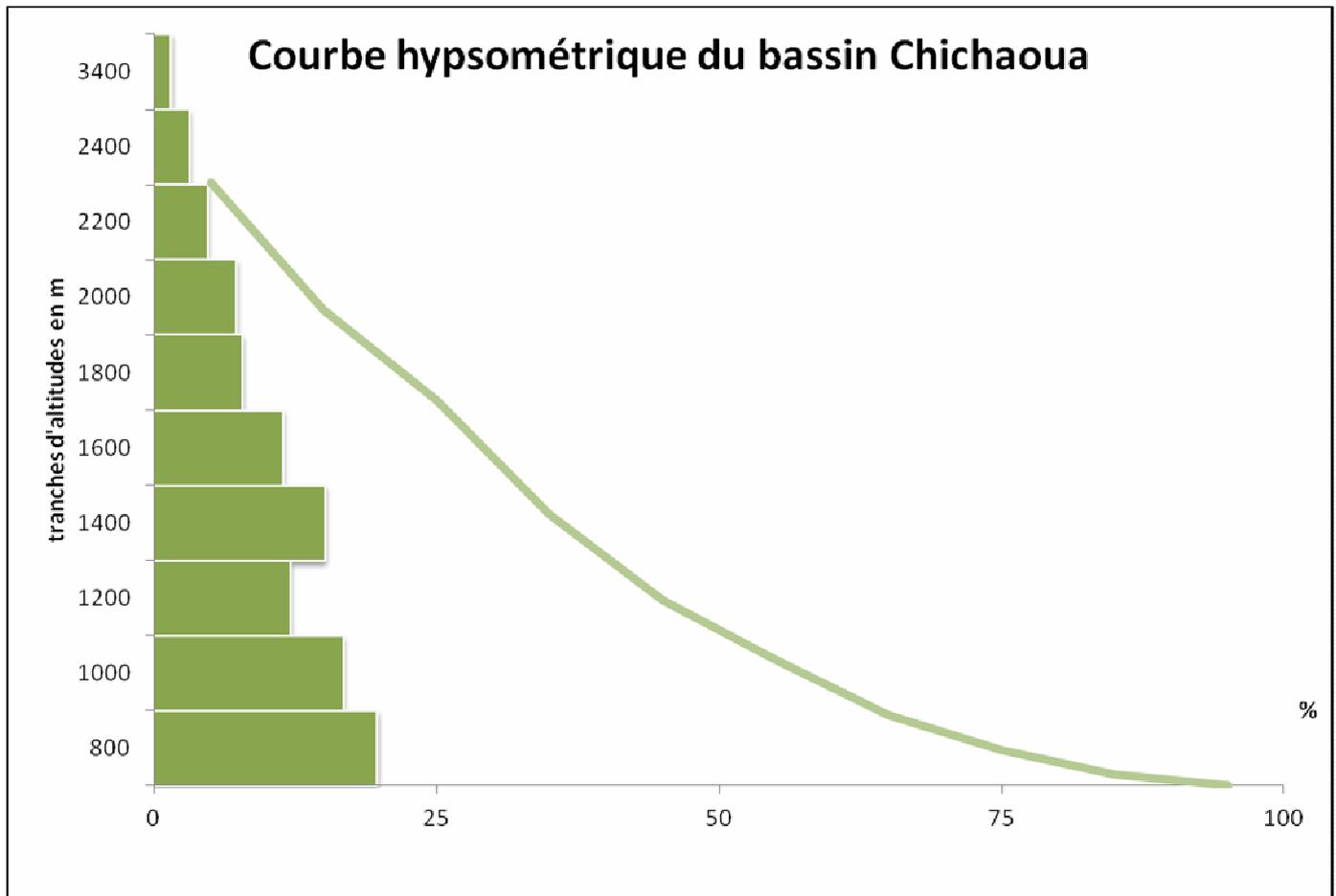


Figure 13 : Courbe hypsométrique du bassin Chichaoua

- L'altitude moyenne :

$$H_{moy} = \frac{\sum A_i h_i}{A}$$

Avec :

- H_{moy} : L'altitude moyenne du bassin [m].
- A_i : L'aire comprise entre deux courbes de niveau [km²].
- h_i : L'altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m].
- A : La superficie totale du bassin versant [km²].

Pour le bassin de Chichaoua l'altitude moyenne est de : 1826 m

Tandis que l'altitude moyenne pour le bassin d'assif el mal est : 2200 m

5. Le rectangle équivalent

Le Rectangle équivalent est une représentation géométrique du contour du bassin versant transformé en rectangle de même surface. Celui-ci est tracé à partir de la longueur et de la largeur du bassin. Les courbes de niveau y sont parallèles et sont tracées en respectant les répartitions hypsométriques. Ce rectangle est conçu pour pouvoir comparer les bassins versants du point de vue morphologique.

Pour les deux bassins :

Tableau 4 : Tableau des valeurs du rectangle équivalent

	L	l
Bassin de Chichaoua	55.92	16.02
Bassin d'Assif el mal	38.56	13.40

6. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau qui recueillent les eaux des sources et de ruissellement des versants. Il est composé du cours principal et des affluents appelés aussi tributaires. La configuration en plan du réseau est très variée d'un bassin à l'autre, elle dépend de la combinaison de nombreux facteurs tels que le climat, la géologie, la topographie et l'érosion et résulte d'une longue évolution.

On distingue ainsi un type de réseau arborescent, ou dendritique, où la rivière reçoit plusieurs affluents, eux-mêmes alimentés par leurs propres tributaires. Quand les branches convergent en patte d'oie vers un même point, le réseau est digité. Le réseau est penné ou en arête de poisson quand, à un axe principal, se raccordent des branches faisant avec lui un angle aigu ouvert vers l'amont.

D'autres types sont encore distingués : radial, en parallèle, en treillis, en éventail... Il est rare que les réseaux hydrographiques des grands fleuves relèvent d'un seul type de structure.

Le réseau hydrographique est d'autant plus dense que le climat est plus humide, que les pluies sont plus abondantes, les pentes plus fortes, les roches ou formations superficielles moins perméables.

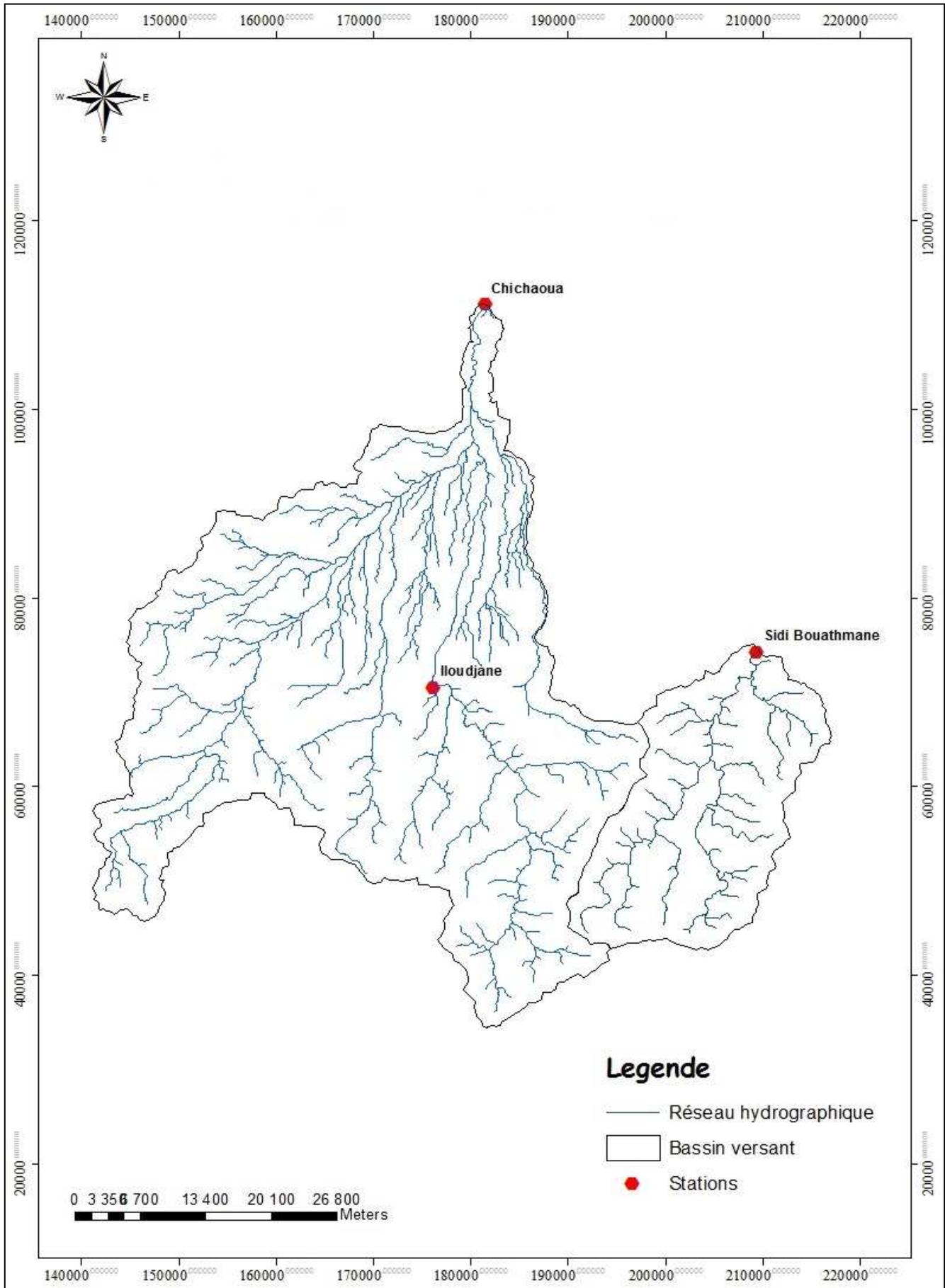


Figure 14 : Carte du réseau hydrographique des deux bassins versants

Tableau 5 : tableau récapitulatif des caractéristiques des deux bassins versant Chichaoua et Assif el mal

	Bassin Chichaoua	Bassin Assif el mal
Superficie (Km²)	2050	517
Périmètre (Km)	289	104
Indice de compacité KG	1.78	1.28
Altitude moyenne (m)	1826	2200
Altitude maximale (m)	3312	3580
Altitude minimale (m)	340	824
L du rectangle équivalent (Km)	55.92	38.56
l du rectangle équivalent (Km)	16.02	13.40
Pente moyenne (%)	5.3	7.1
Temps de concentration (heures)	8	5

II. Le régime pluviométrique des deux bassins versants

Les données pluviométriques ont été fournies par l'Agence de Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT). Elles concernent les stations de Chichaoua, Illoudjane et Sidi Bouatmane.

Malgré la discontinuité de certaines données, cette étude du régime pluviométrique a été réalisée de telle façon à tirer le maximum d'informations des données. L'autre problème réside dans l'intervalle de temps qui n'est pas le même pour les trois stations.

Pour le traitement de ces données pluviométriques, nous avons choisi de travailler à différents pas de temps pour aboutir à une comparaison aux échelles mensuelles, saisonnières et annuelles.

Les coordonnées des stations pluviométriques étant :

Tableau 6 : Les coordonnées Lambert (m) des trois stations

Stations	X	Y	Z
Chichaoua	181525	111200	340
Iloudjane	176245	70525	757
Sidi Bouathmane	209400	74300	820

1. Le régime pluviométrique des 3 stations

1-1. Précipitations moyennes mensuelles

Les hauteurs des précipitations étudiés dans ce cas correspondent a des intervalles de période de [1989-2011] pour les deux stations Illoudjane et Sidi Bouatmane, et [1971-2011] pour la station Chichaoua.

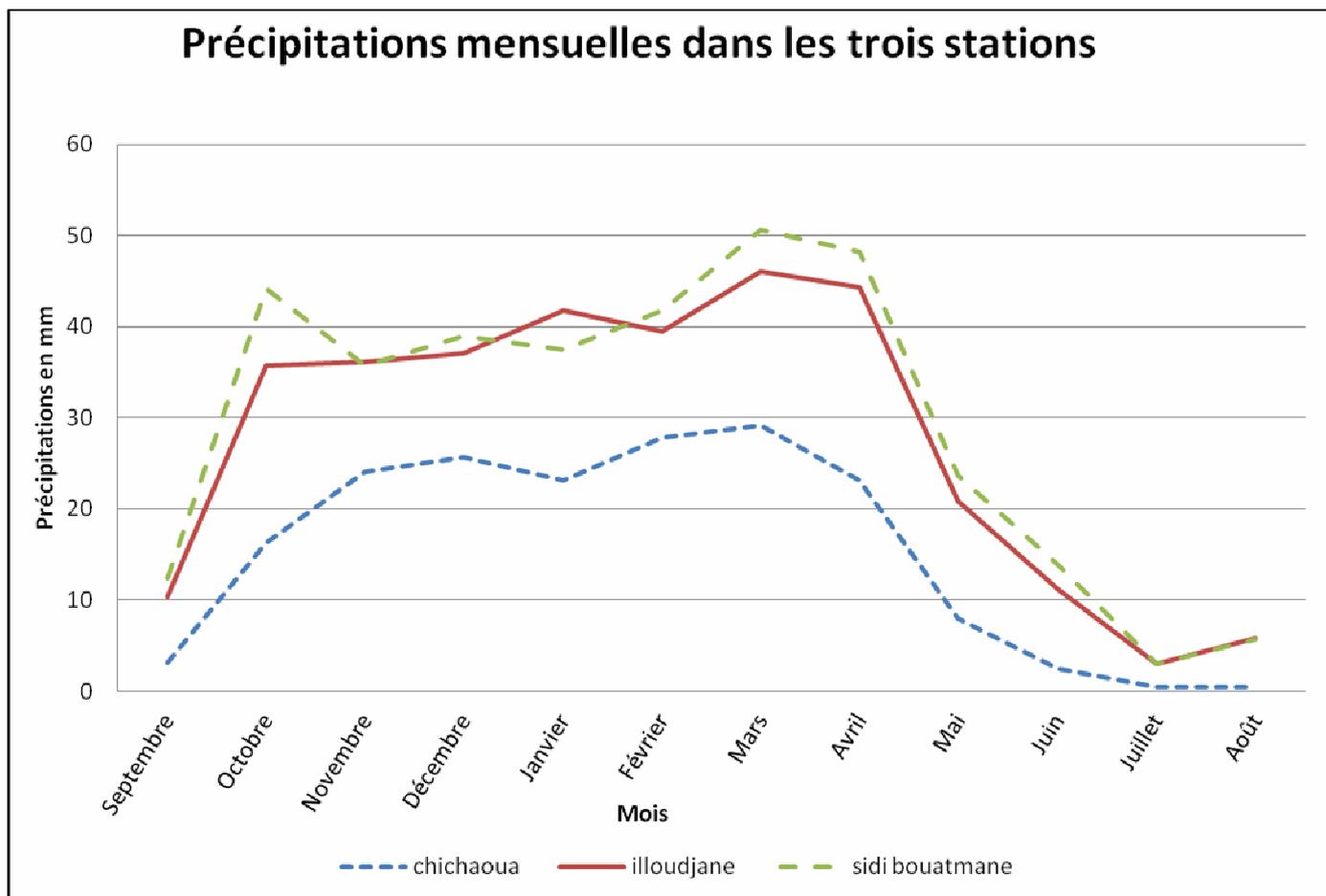


Figure 15 : Précipitations moyennes mensuelles aux trois stations (1989-2010)

Dans un premier temps, on constate que la variation mensuelle des pluies sur les trois stations est plus au moins semblable: le maximum se situe aux mois de mars et avril qui dépassent de très peu le mois de février.

Pour les mois les plus humides (février, mars, avril) les précipitations mensuelles peuvent atteindre jusqu'à 50 mm. La période sèche dure 3 mois (Juin à Août) avec un minimum de précipitations établi aux mois de Juillet et Août.

Sidi Bouatmane reste toutefois la station la plus pluvieuse à l'échelle annuelle et durant plusieurs mois.

La station Chichaoua reste la station avec la moyenne de précipitation la plus faible ce qui est parfaitement normal vue que c'est la station avec la plus faible altitude.

1-2. Les précipitations moyennes saisonnières

Les valeurs des précipitations saisonnières sont obtenues en calculant la somme des moyennes mensuelles sur une période de (1971-2011) pour Chichaoua et (1989-2011) pour Illoudjane et Sidi Bouatmane.

Tableau 7: Précipitations moyennes saisonnières à Chichaoua

saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moy. mensuelle	3.13	16.26	24.05	25.70	23.09	27.84	29.14	23.08	8.04	2.45	0.43	0.45
Moy. saisonnière	14.48			25.54			20.08			1.11		

Tableau 8: Précipitations moyennes saisonnières à Illoudjane

saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	S	O	N	S	J	F	M	A	M	J	J	A
Moy mensuelle	10.45	35.79	36.13	37.12	41.82	39.54	46.02	44.38	20.85	11.17	3.03	5.86
Moy saisonnière	27.45			39.49			37.08			6.69		

Tableau 9 : Précipitations moyennes saisonnières à Sidi bouatmane

saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moy mensuelle	12.39	44.15	35.78	38.96	37.54	41.73	50.63	48.17	23.68	13.85	3.01	5.65
Moy saisonnière	30.77			39.41			40.83			7.50		

La variation saisonnière, paraît identique sur l'ensemble des stations. Le printemps reste la saison la plus arrosée suivie par l'hiver et ensuite l'automne. Les pluies d'été sont très faibles, elles s'abattent généralement en amont du bassin sous forme d'orages rarement enregistrés par les stations à cause de leurs caractère très localisés.

Précipitations moyennes saisonnières dans les 3 stations

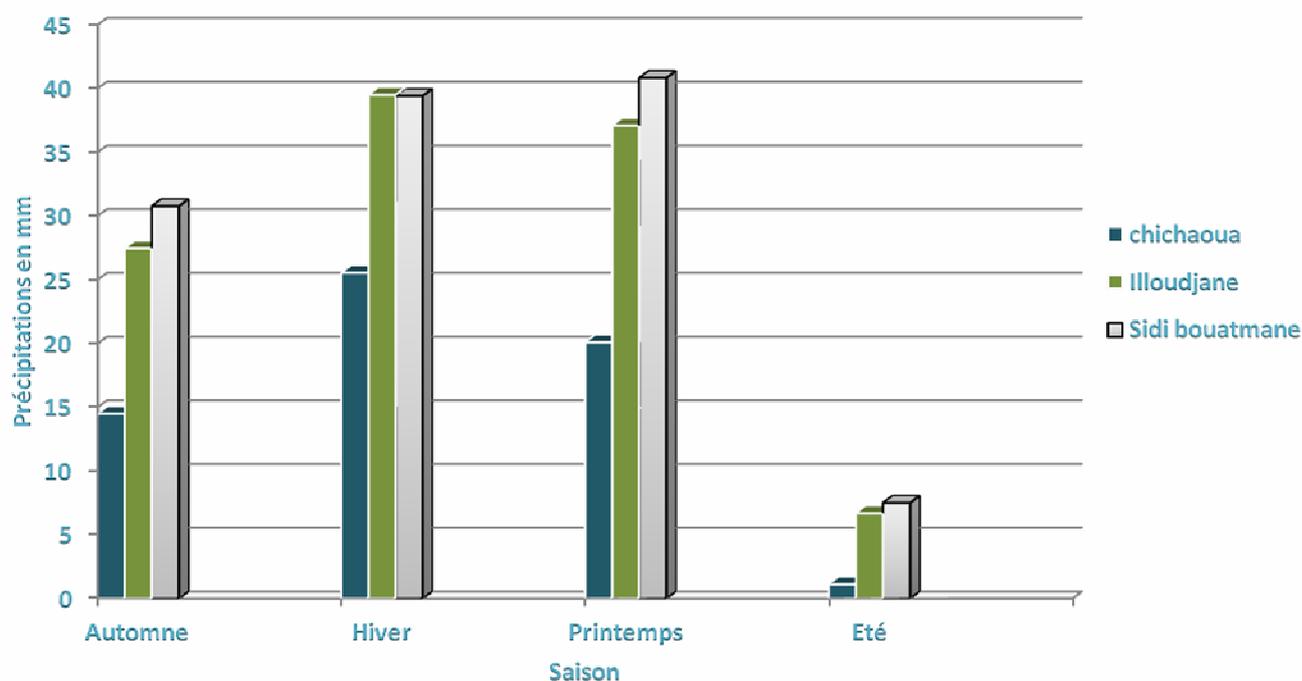


Figure 16 : Précipitations moyennes saisonnières dans les 3 stations

1-3. Précipitations moyennes annuelles

- Station Chichaoua

La figure 15 montre une forte variation dans le temps des hauteurs de pluies annuelles à la station de Chichaoua, avec une pluviométrie moyenne de l'ordre 184.6 mm, un écart-type de 70.82

On constate que l'année avec le plus de précipitations est l'année 1982-1983 (298.7 mm), tandis que l'année la plus sèche est l'année 1992-1993 (56.8 mm)

On remarque que cette station est celle avec la plus faible quantité de précipitations parmi les deux autres stations.

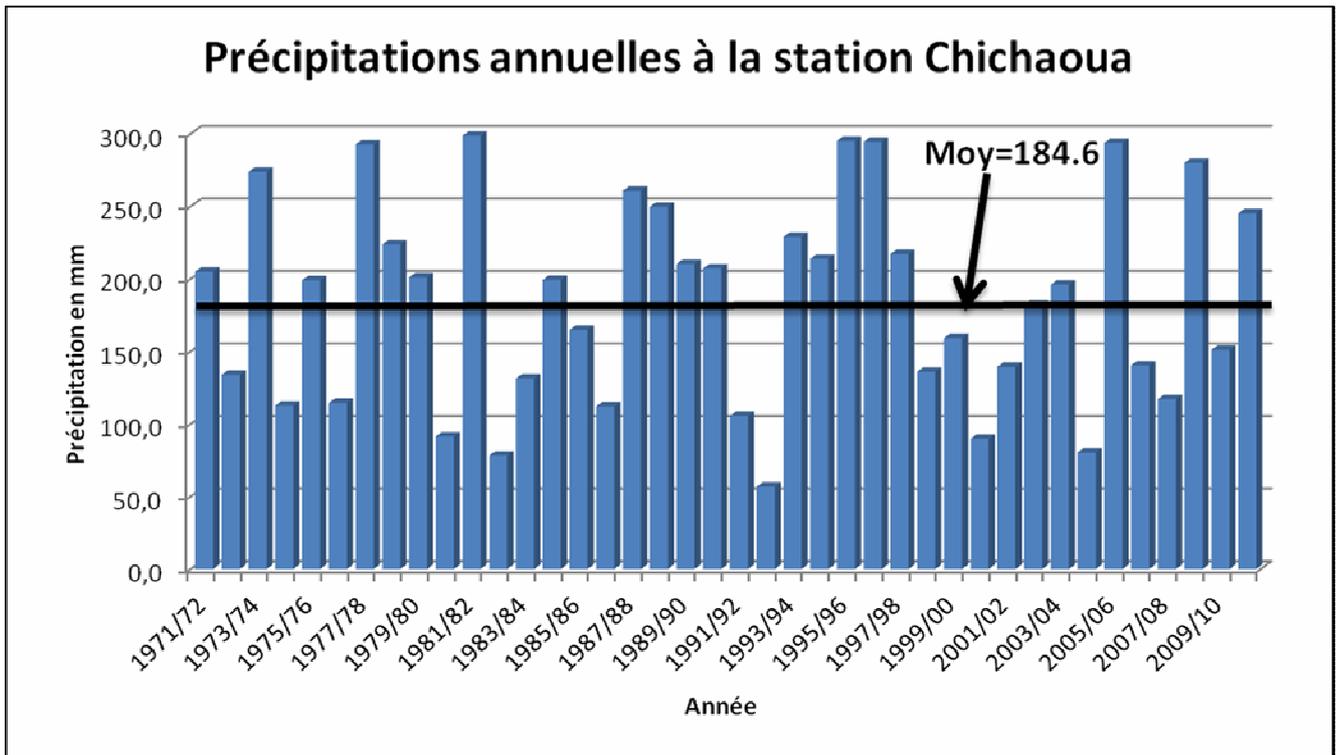


Figure 17 : Précipitations annuelles à la station Chichaoua (1971-2010)

- Station d'Illoudjane

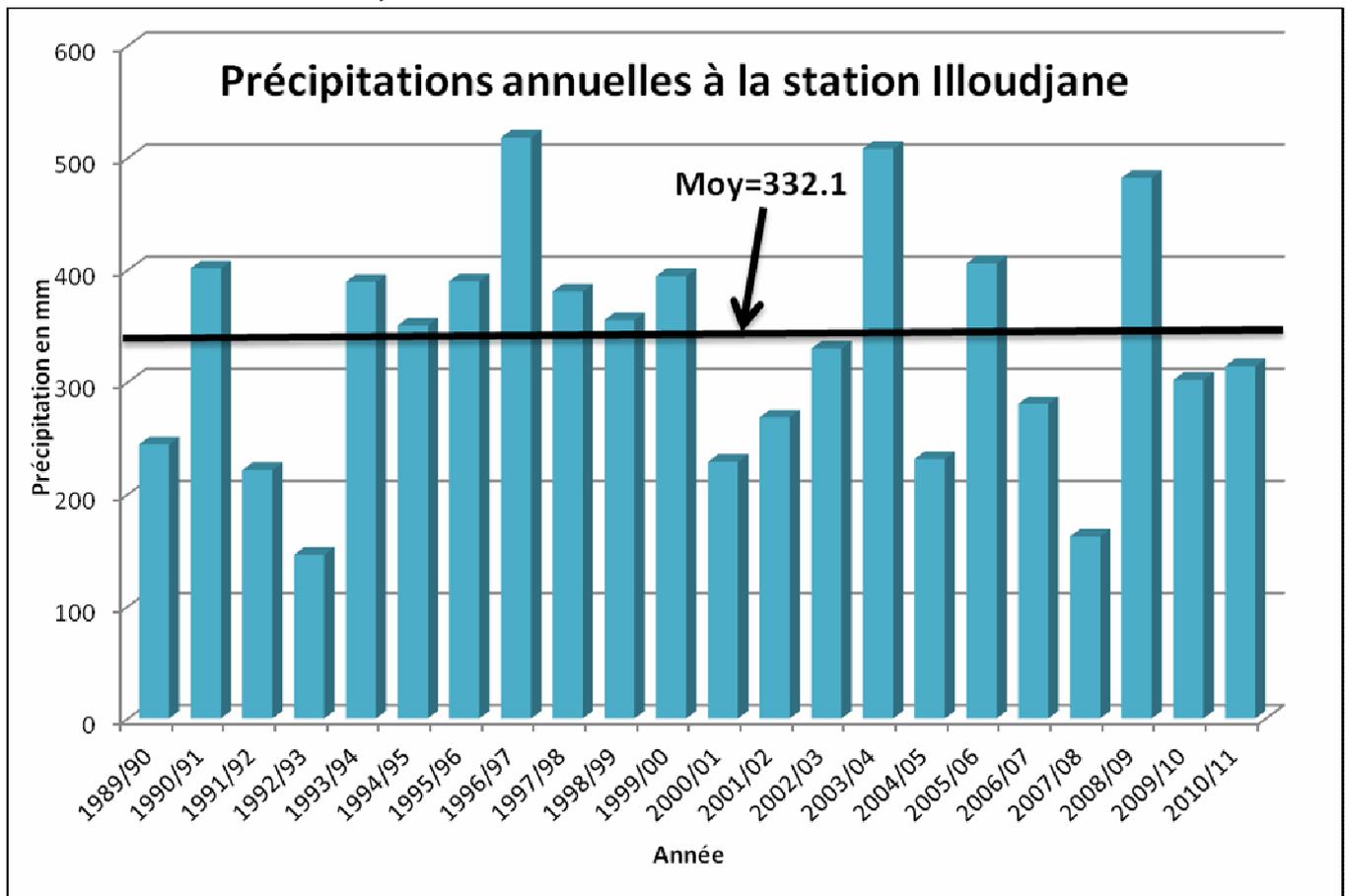


Figure 18 : Précipitations annuelles à la station Illoudjane (1989-2011)

La figure 16 illustre une irrégularité dans le temps des hauteurs de pluies annuelles à la station d'Iloudjane, avec une pluviométrie moyenne de l'ordre 332.1 mm, un écart-type de 103.31 mm

On remarque que l'année avec la plus grande valeur de précipitation est l'année 1996-1997 (518 mm), tandis que l'année la plus sèche est l'année 1992-1993 (146.1 mm)

- Station de Sidi Bouatmane

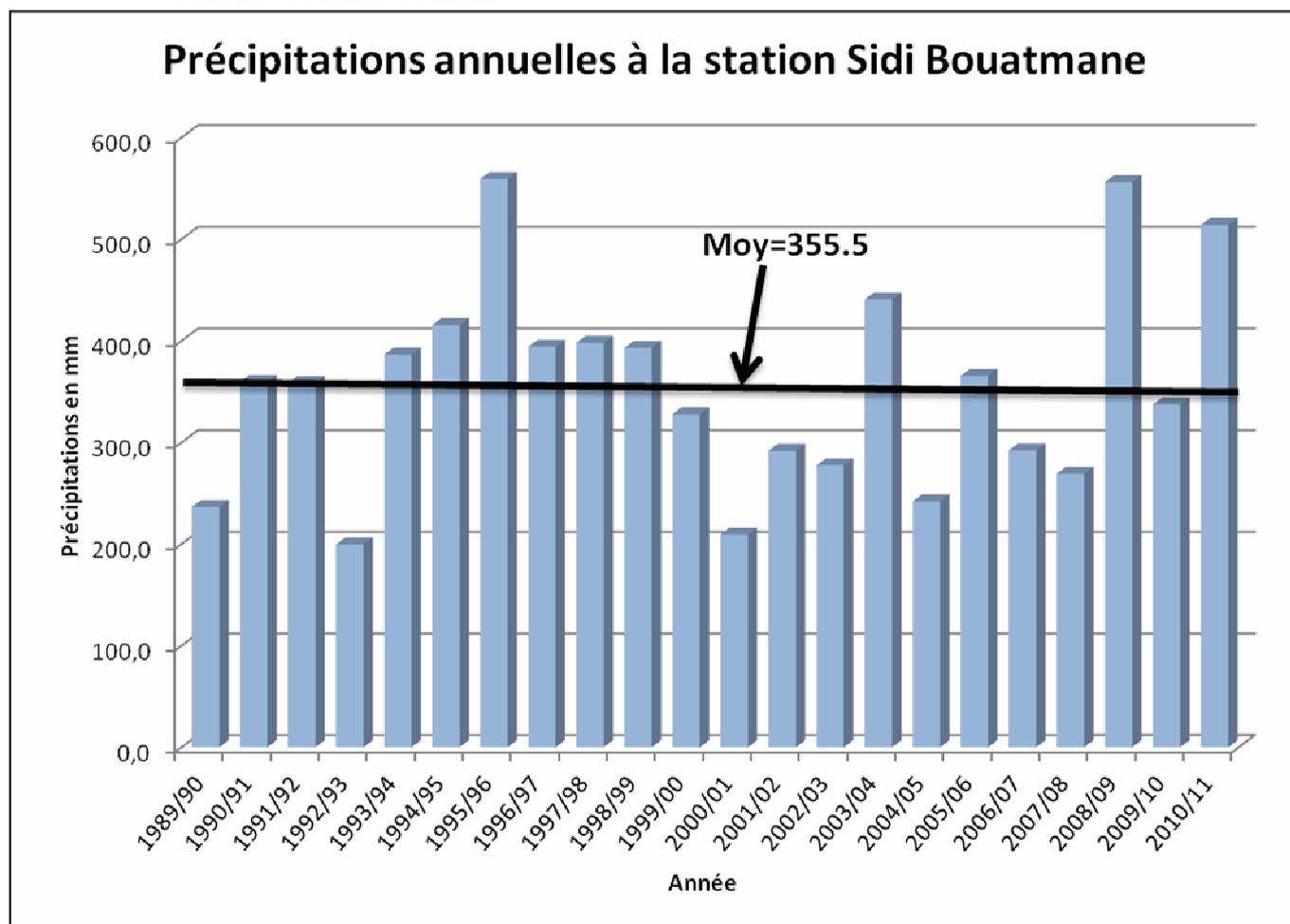


Figure 19 : Précipitations annuelles à la station Sidi Bouatmane (1989-2011)

La figure 17 illustre une variation irrégulière dans le temps des hauteurs de pluies annuelles à la station de Sidi Bouatmane, avec une pluviométrie moyenne de l'ordre 355.5 mm, un écart-type de 102.1 mm.

On remarque que l'année la plus humide étant l'année 1995-1996 (559.1 mm), tandis que l'année la plus sèche est l'année 1992-1993 (199.5 mm).

C'est la station la plus pluvieuse parmi les 3 station puisque c'est la station qui a l'altitude la plus élevée (820 m).

Cependant, les trois stations se ressemblent dans le fait que l'année 1992-1993 est la plus sèche,

2. Corrélation entre les précipitations annuelles des 3 stations

La corrélation va nous renseigner sur le degré de liaison entre les pluies des trois stations sur une période de 22 ans (pour Illoudjane et Sidi Bouatmane) et 40 ans pour Chichaoua. Cette liaison est mise en lumière par un diagramme de dispersion où sont portés les indices annuels de précipitations des 3 stations. Chaque couple de valeurs x et y (respectivement pluies annuelles de deux stations) relatifs à une même année, représente l'abscisse et l'ordonnée d'un point par rapport aux systèmes d'axes Ox et Oy.

Sur les figures 18, 19 et 20, qui illustrent cette corrélation, le nuage des points expérimentaux a pris la forme d'une fonction linéaire inclinée par rapport aux axes; la relation est donc linéaire, et la droite de régression sera de la forme : $y = ax + b$.

Le calcul du coefficient de corrélation R, est une autre façon plus précise de qualifier la liaison entre les pluies annuelles sur un bassin versant. Il renseignera sur la qualité d'ajustement à la droite de régression et confirmera le résultat obtenu graphiquement.

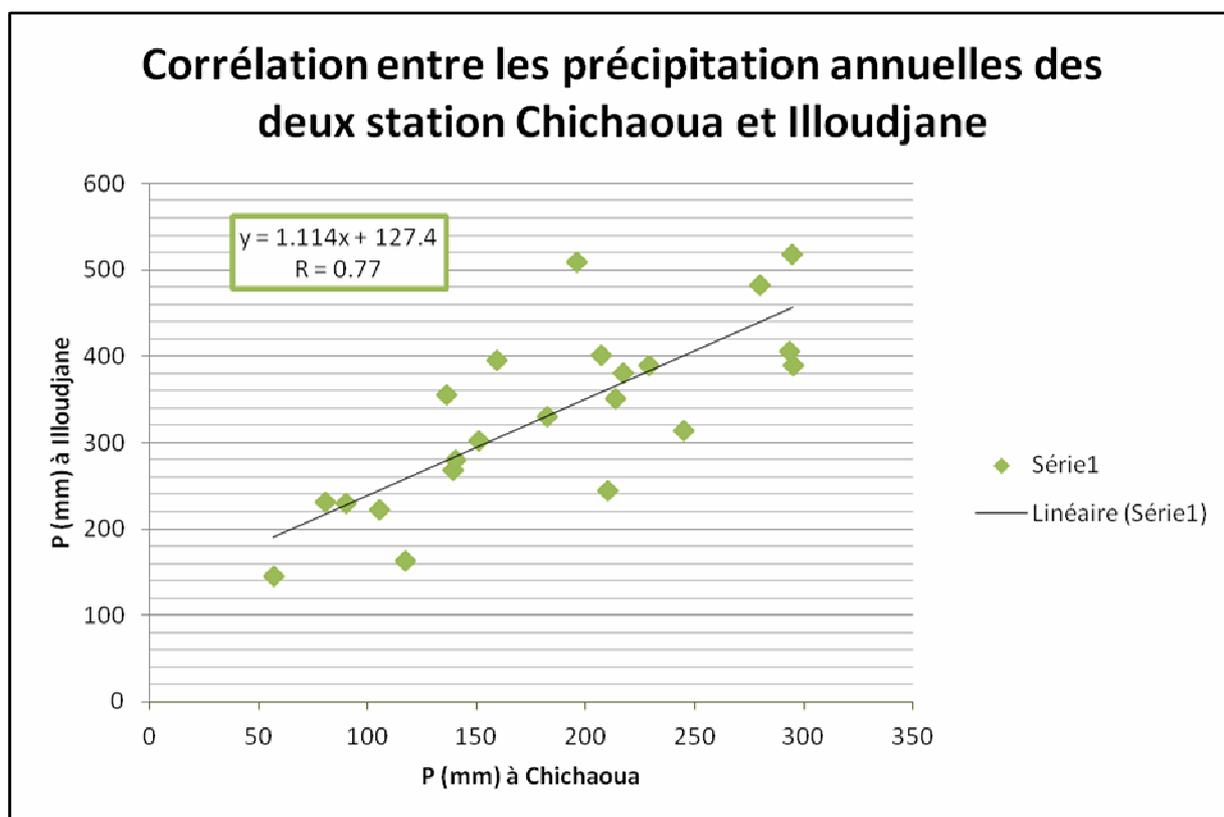


Figure 20 : Corrélation entre les précipitations annuelles des deux stations Chichaoua et Illoudjane

Pour les deux stations si dessus, le coefficient de corrélation est égal à 0.77. Il montre donc une corrélation assez bonne qui lie entre les précipitations annuelles de Chichaoua et Illoudjane.

Les fortes perturbations pluvieuses qui touchent une station intéressent l'autre station à cause de hauteurs différentes.

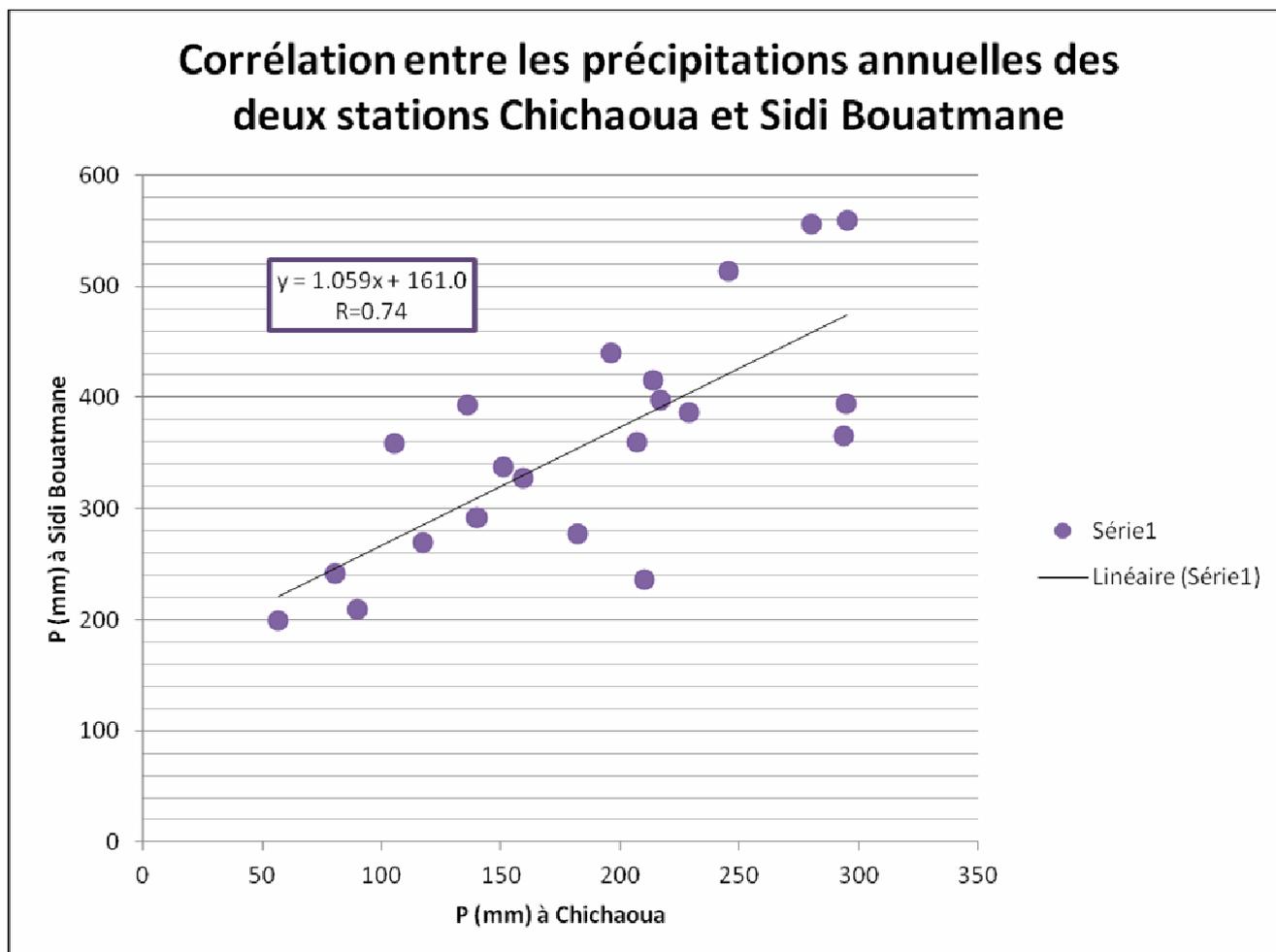


Figure 21 : Corrélation entre les précipitations annuelles des deux stations Chichaoua et Sidi Bouatmane

Pour les stations (de Chichaoua et Sidi Bouatmane), le coefficient de distribution est de l'ordre de 0,559≈0,56 %. Ça donne un coefficient de corrélation de l'ordre de 0.74 Il montre également une corrélation assez bonne entre les précipitations de ces deux stations.

Corrélation entre les précipitation annuelles des deux stations Illoudjane et Sidi Bouatmane

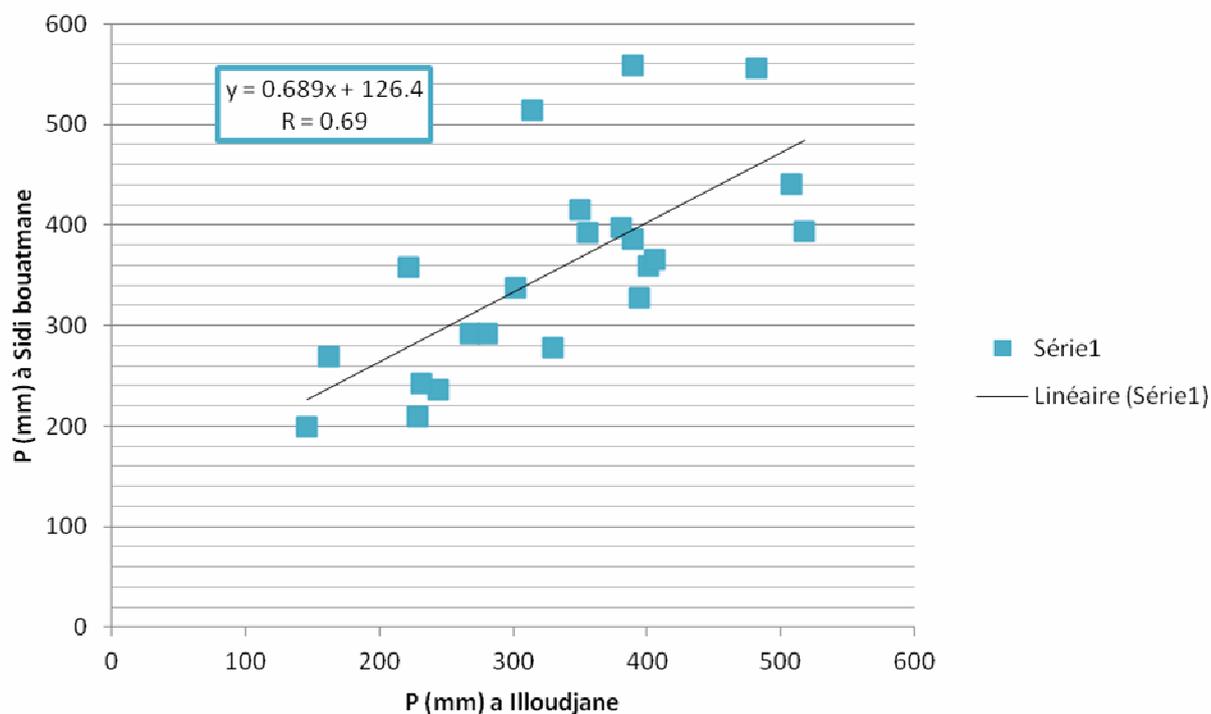


Figure 22 : Corrélation entre les précipitations annuelles des deux stations Illoudjane et Sidi Bouatmane.

Cette dernière figure représente la corrélation entre la station de Sidi Bouatmane et celle d'Illoudjane, on remarque que cette corrélation se caractérise avec un coefficient de distribution de l'ordre de 0.48, ainsi qu'un coefficient de corrélation de 0.69, ce qui désigne une corrélation moyennement bonne.

3. Corrélation entre les précipitations mensuelles des 3 stations

Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Illoudjane et Chichaoua

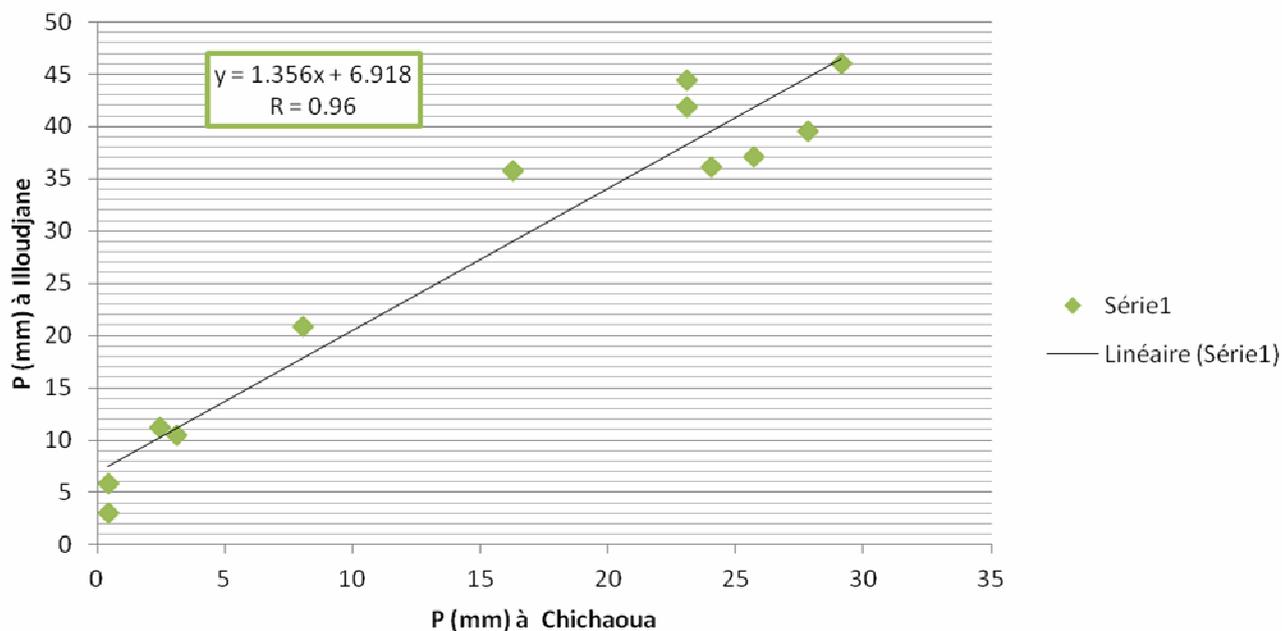


Figure 23 : Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Illoudjane et Chichaoua

Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Sidi Bouatmane et Chichaoua

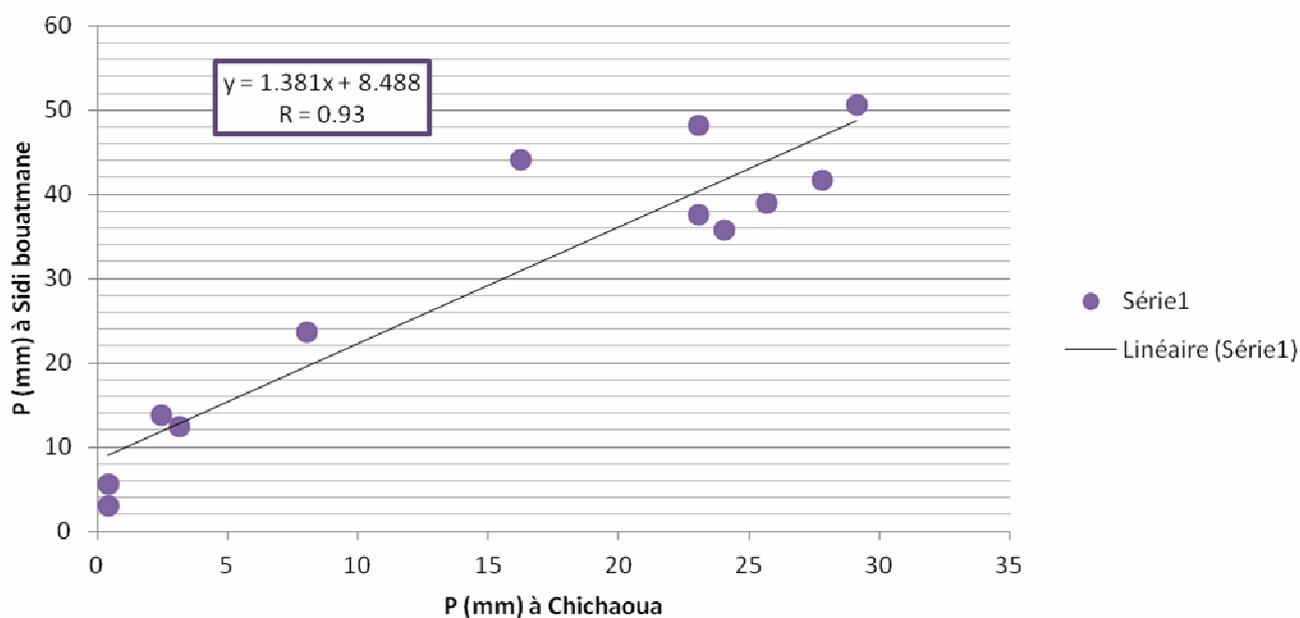


Figure 24 : Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Sidi Bouatmane et Chichaoua

Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Sidi Bouatmane et Illoudjane

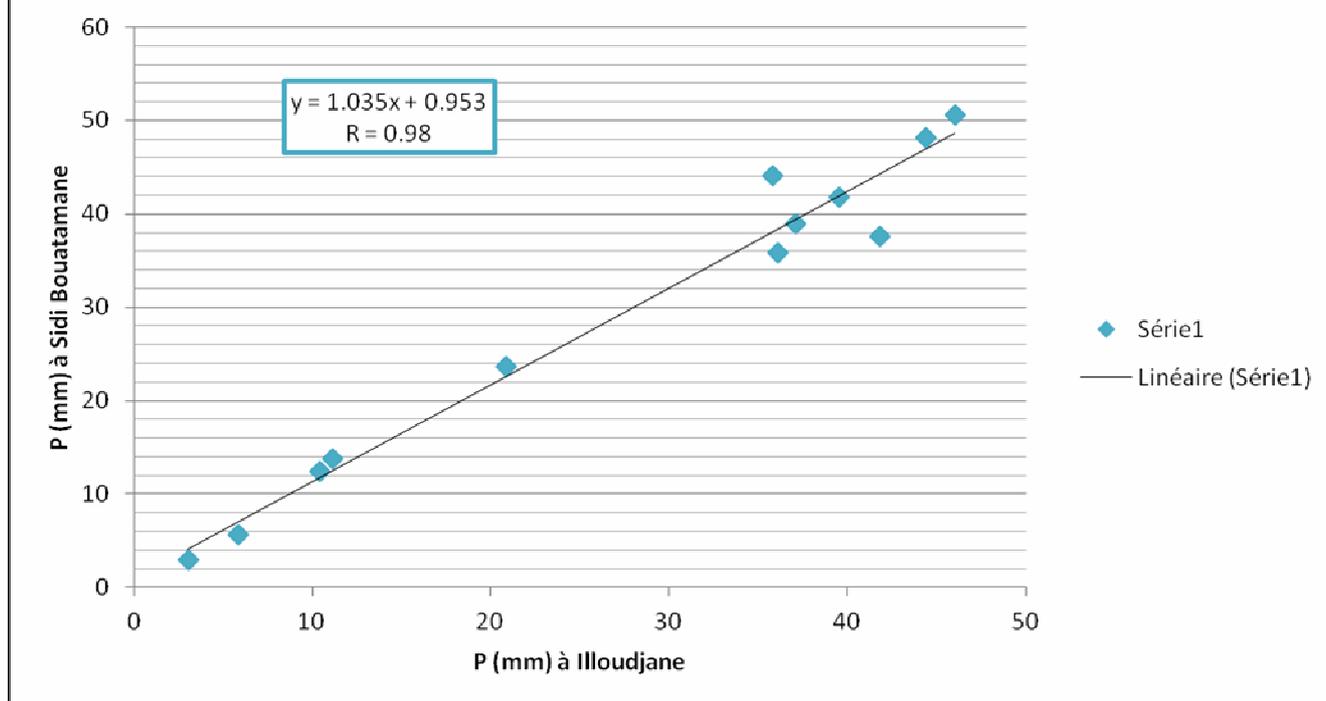


Figure 25 : Corrélation entre les précipitations mensuelles des deux stations Sidi Bouatmane et Illoudjane

Les trois figures illustrent une très bonne corrélation entre les précipitations mensuelles des trois stations, avec des coefficients de corrélations très élevés.

III. Analyse statistique des débits des 3 stations

Cette analyse a pour but d'ajuster un nombre de loi mathématique aux Débits maximaux journaliers dans le but d'en tirer les périodes de retour de ces événements extrêmes ainsi que leurs probabilités d'occurrence.

On dispose de données des débits mensuelles pour la station de Chichaoua de l'année 1971 jusqu'à l'année 2009, en ce qui concerne la station d'Illoudjane la période de donnée va de l'année 1975 allant à l'année 2010, et enfin pour la station de Sidi Bouatmane l'intervalle des données correspond à la période entre l'année 1984 et l'année 2010.

En ce qui concerne les débits maximaux instantanés, on dispose que des données appartenant aux deux stations d'Illoudjane et de Sidi Bouatmane, et qui couvre un intervalle de temps

allant de 1975 jusqu'à 2011 pour Illoudjane et de 1984 jusqu'à 2010 pour la station de Sidi Bouatmane.

Nous avons ajusté à chaque échantillon cinq ou six lois d'ajustements (en se servant d'un programme informatique conçu pour les évènements hydroclimatiques extrêmes qui s'appelle HYFRAN). Pour juger la qualité de cet ajustement, on peut utiliser, entre autres, deux critères de comparaison : le Bayesian Information Criterion (BIC) qui est une minimisation du biais entre le modèle ajusté et la vraie distribution inconnue, et l'Akaike Information Criterion (AIC) qui sélectionne le modèle réalisant le meilleur compromis biais-variance. La meilleure loi minimise ces deux critères.

1. Analyse des débits mensuels des 3 stations

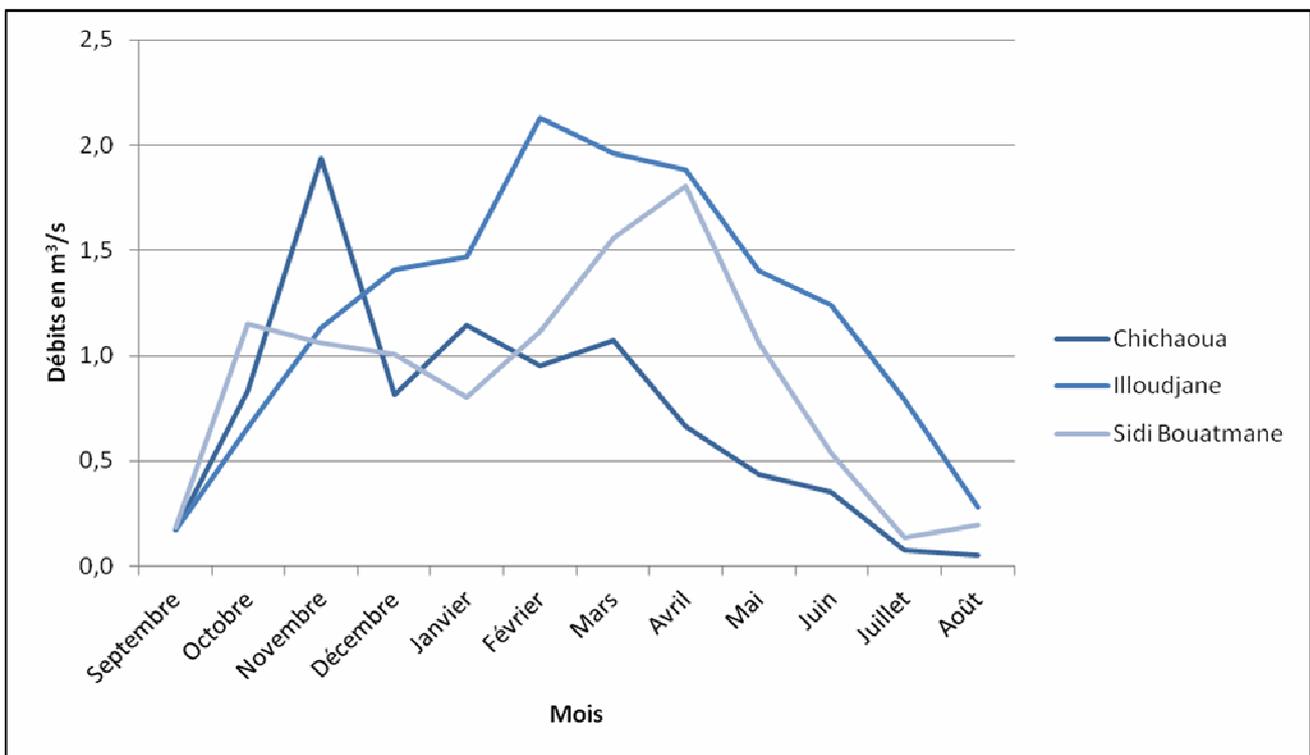


Figure 26 : variation des débits mensuels dans les trois stations.

On remarque que les débits mensuels varient de façon différente pour les 3 stations, les valeurs de débits varient entre 0 et 2 m³/s dans tous les stations, la station d'Illoudjane est celle avec les débits qui sont élevés alors que la station de Chichaoua comprend les valeurs les plus faibles, on remarque aussi que les débits sont plus marqués dans la saison humide alors qu'ils enregistrent des valeurs faibles lors de la saison sèche.

2. Analyse des débits maxima instantanés

Station Illoudjane

Concernant le choix de la meilleure loi d'ajustement est basé sur un classement des lois selon les critères BIC et AIC, la Comparaison graphique et examen visuel de toutes les lois, la comparaison des caractéristiques statistiques de la loi et de l'échantillon et la largeur de l'intervalle de confiance.

Les critères BIC et AIC se présentent pour les six lois comme suit :

Tableau 10 : Les lois d'ajustement utilisé et leurs critères de comparaison

Modèle	BIC	AIC
Gamma (Maximum Likelihood)	825.991	821.278
Gumbel (Maximum Likelihood)	827.482	822.768
Pearson type III (Maximum Likelihood)	830.188	823.117
Normal (Maximum Likelihood)	831.876	827.163
Weibull (Maximum Likelihood)	837.633	832.920
Exponential (Maximum Likelihood)	868.419	863.705

Pour la station d'Illoudjane, on a ajusté les valeurs de débits par la loi de Gamma qui donne un BIC et AIC le plus faible. Ce constat est confirmé par l'ajustement graphique de cette loi qui montre un alignement des points expérimentaux sur la courbe d'ajustement, l'inclusion de tous ces points dans l'intervalle de confiance.

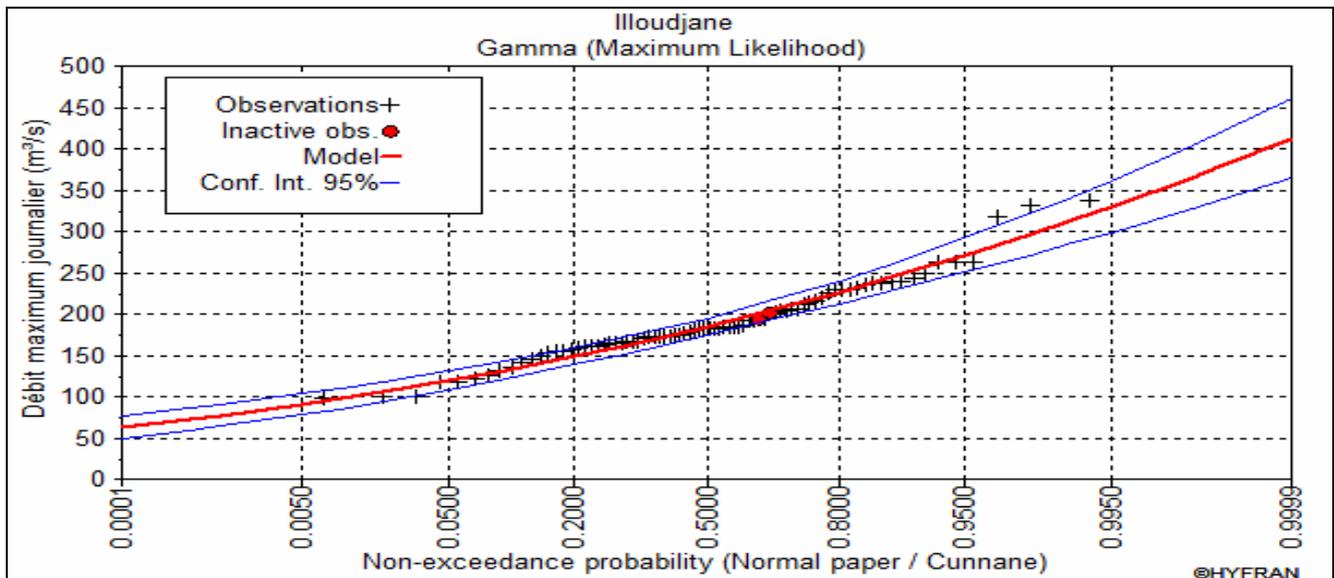


Figure 27 : ajustement à la loi de Gamma pour la station d'Illoudjane.

Les valeurs des débits et leurs périodes de retour ont été estimés par cette loi comme suit :

Tableau 11 : période de retour et valeurs de débits obtenues par la loi de Gamma pour la station d'Illoudjane

	Période de retour	probabilité	valeur m3/s
Débit centennal	100	0.01	313
Débit cinquantennal	50	0.02	296
Débit vingtennal	20	0.05	271
Débit décennal	10	0.1	250

Les valeurs du débit centennal sont très élevées avec une valeur journalière avoisinant 313 m³/s.

C'est un débit capable d'engendrer une forte crue dans cette région. Même le débit décennal de 250 m³/s est assez important.

Station de Sidi Bouatmane

Pour cette station, c'est aussi la loi de Gamma qui donne le meilleur résultat.

Tableau 12 : Les lois d'ajustement utilisé et leurs critères de comparaison

Modèle	BIC	AIC
Gamma (Maximum Likelihood)	306.405	303.889
Halphen of type A (Maximum Likelihood)	309.627	305.853
Exponential (Maximum Likelihood)	315.965	313.449
Gumbel (Maximum Likelihood)	334.625	332.109
Normal (Maximum Likelihood)	355.146	352.630

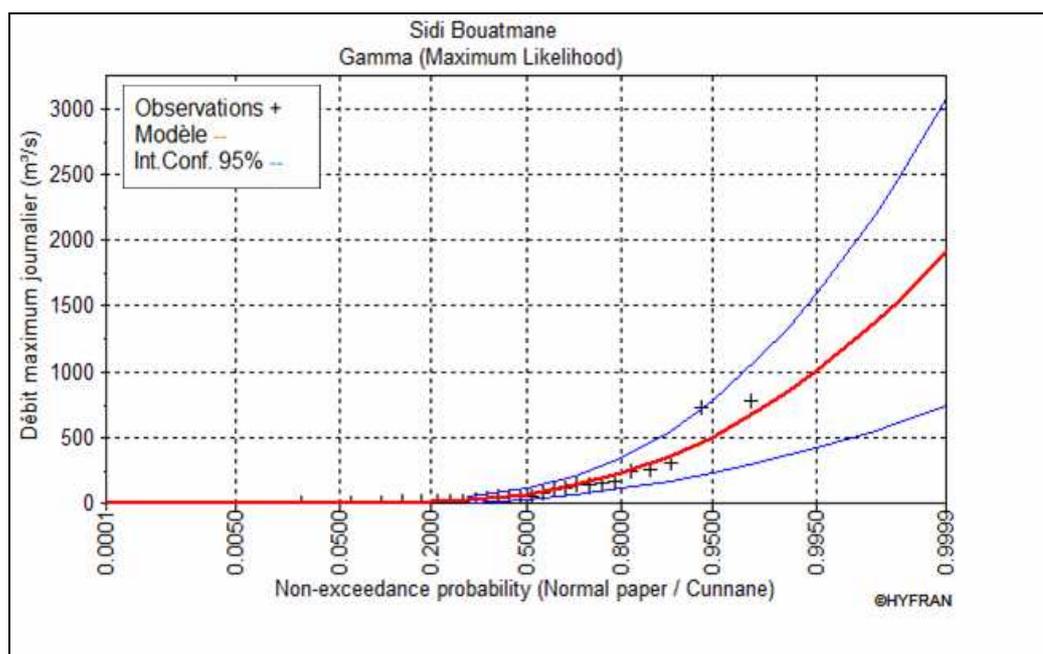


Figure 28 : ajustement à la loi de Gamma pour la station de Sidi bouatmane.

Les résultats des débits et leur probabilité d'occurrence son présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : période de retour et valeurs de débits obtenues par la loi de Gamma pour la station de Sidi bouatmane

	Période de retour	probabilité	valeur m3/s
Débit centennial	100	0.01	853
Débit cinquantennial	50	0.02	700
Débit vingtennal	20	0.05	503
Débit décennal	10	0.1	360

On remarque que les valeurs dans cette station sont plus culminantes que dans l'autre station en raison de la différence d'altitude qui influence le régime pluviométrique.

Chapitre VI :
Quantification des ressources en
eau des deux bassins versants
Chichaoua et Assif El MAL



Chapitre IV : Quantification des ressources en eau dans les bassins versants de Chichaoua et Assif El Mal

La province de Chichaoua est dotée d'un potentiel hydraulique faible mais non négligeable. Le développement Socio-économique de la province doit passer obligatoirement par l'évaluation des ressources en eau disponibles et également par une gestion rationnelle de ces ressources.

I. Bilan des eaux de surface dans la région

1. Le réseau hydrographique

Le principal cours d'eau de la province est l'oued Chichaoua, affluent rive gauche de l'oued Tensift et collecteur des oueds Ameznas à l'ouest, Imintanout au centre, et Sekssaoua à l'est; prenant naissance dans le haut Atlas et dont le point de confluence est à 15 Km environ au Sud de Chichaoua, entre le bassin versant d'Assif El Mal et celui d'Imin Tanout.

Les trois oueds Ameznas, Imintanout, et Sekssaoua sont souvent à sec, leur écoulement est fonction de l'importance des épisodes pluvieux. Entre Ras El Aïn et l'oued Tensift, un ensemble de sources alimente l'oued Chichaoua.

L'oued Assif El Mal ne manque pas d'importance, il prend naissance dans le haut Atlas Occidental et rejoint l'oued Tensift.

2. Hydrologie des sources

En plus des oueds, les sources constituent un patrimoine en eau de surface qui est très important. Les principales sources à débit relativement élevé sont actuellement connues dans la vallée de l'Oued Chichaoua. Abaïnou est de loin la source la plus importante (débit moyen inter annuel de 500 l/s).

En effet, les eaux d'alimentations (pluies ou neiges) des alluvions plio-quaternaires ou des formations calcaires sont restituées par de nombreuses sources généralement de type karstique. Par ailleurs, sur une longueur de 37 Km et une largeur de 700 à 800 m, s'étire la vallée de l'oued Chichaoua, d'où sourdent des sources pérennes et importantes faisant de la vallée la zone la plus riche de la région. Ces sources totalisent un débit moyen de 1050 l/s.

Par ailleurs, le sous-écoulement de l'oued Chichaoua est estimé à 500 l/s, ramenant le débit total au niveau de la vallée à 1550 l/s. Le tableau qui suit relate les caractéristiques des principales sources de la vallée :

Tableau 14 : débits des sources dans la province de Chichaoua

Source	Débit (l/s)	Observations
Aïn Abaïnou	534	Source pérenne bétonnée à usage agricole
R'Mech	70	Source bétonnée à usage agricole
Ras El Aïn	47	Source bétonnée à usage agricole
Imintala	250	Source pérenne bétonnée à usage agricole



Photo 1 : la source d'Aïn abainou



Photo 2 : photo illustrant la source Ain abainou

3. Etat actuel de l'aménagement des ressources en eau

Les petits barrages

L'infrastructure existante compte un petit barrage et deux lacs collinaires :

- Petit barrage Azib Douirani sur l'oued Chaâba, d'une capacité de 600.000 m³, a été mis en service en 1987.
- Lac collinaire Sidi Abdellah Ou Ali d'une capacité de 78.000 m³
- Lac collinaire Bou Arrouch de capacité 49.000 m³

Les grands barrages

Parmi les grands barrages dans la région vient le barrage Abou Abbas Essebti, S'inscrivant dans la continuité de la politique des barrages suivie depuis plusieurs décennies par le Royaume, ce barrage situé à 100 km de la ville de Marrakech et dont la construction a nécessité une enveloppe de 740 millions de dirhams, a pour objectifs de développer l'irrigation dans les périmètres d'Assif El Mal situés à l'aval, renforcer l'alimentation en eau potable de la ville de Chichaoua et des centres et douars avoisinants avec une dotation de 6 Mm³ par an et protéger les zones et infrastructures aval contre les inondations. Cette infrastructure hydraulique bénéficiera à une région dont l'activité principale est l'agriculture.

Ainsi, les eaux stockées dans la retenue de ce barrage favoriseront le développement de la petite et moyenne hydraulique et soutiendront l'alimentation en eau potable des petites agglomérations et localités avoisinantes.

Cet ouvrage, qui s'inscrit parfaitement dans l'esprit de l'Initiative nationale pour le développement humain (INDH), permettra aussi d'éviter les importants dégâts causés par les crues générées lors des périodes de forte pluie.

Ce barrage contribuera à améliorer la qualité de vie des habitants autochtones et à mieux les sécuriser ainsi que leurs biens contre les inondations, en plus de la satisfaction des besoins en Eau des périmètres d'Assif El Mal et de Majjat.

Cet ouvrage hydraulique, dont la capacité de stockage est de 25 millions m³, permettra aussi d'alimenter les douars et centres avoisinants en eau potable tout en renforçant le système d'alimentation de la ville de Chichaoua.

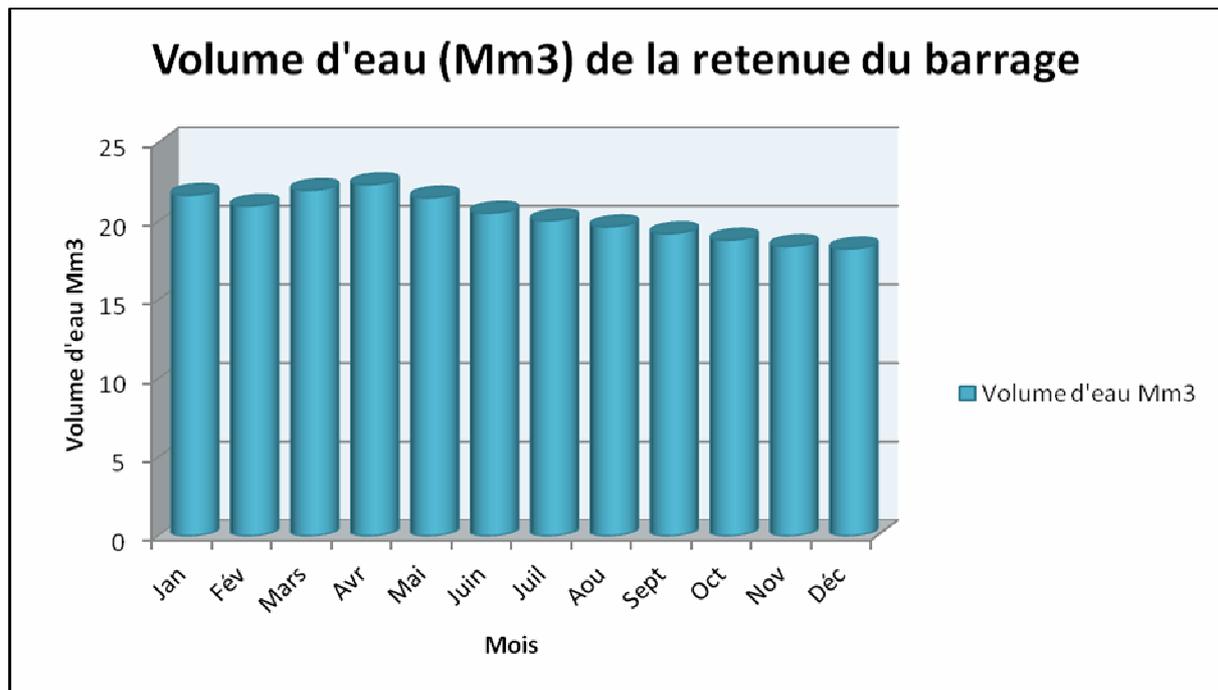


Figure 29 : Volume de la retenue du barrage Abou Abbas Essabti en Mm³

II. Bilan des eaux souterraines de la région

1. Secteurs géo structuraux

Les secteurs géostructuraux désignent une subdivision sommaire faite dans une perspective hydrogéologique, où les unités sont agrégées sur la base de la répartition spatiale des grandes unités aquifères telles que connues et exploitées actuellement et sur la base de la configuration géologique et structurale des formations.

On peut ainsi distinguer cinq secteurs plus ou moins individualisés :

- Le Haut Atlas
- La plaine de Mejjate
- La plaine des Ouled BouSbaâ
- L'anticlinal de Marmouta qui sépare ces deux plaines
- Et la rive gauche du Tensift.

- **Secteur de la plaine de Mejjate**

C'est la continuité occidentale du haouz elle correspond à toute la plaine comprise entre le haut Atlas au Sud et les affleurements jurassiques et permo-triasiques de la rive gauche du Tensift au Nord et allant de l'oued N'fis à 'est jusqu'à la structure anticlinale crétacée de Marmouta à l'ouest.

La plaine renferme le plus important complexe aquifère de la province.

Au niveau de la plaine de Mejjate et sa bordure occidentale deux nappes d'eau souterraines sont à signaler : La nappe phréatique des alluvions du Haouz et la nappe semi-profonde des calcaires éocénés. Ces deux nappes se superposent par endroits.

La nappe phréatique:

Cette nappe circule dans les alluvions plioquaternaires de la plaine du Haouz. Son étendue au niveau de la province de Chichaoua se matérialise grossièrement par le quadrilatère : Chichaoua, M'zoudia, Guemassa et Sebt M'zouda.

L'écoulement de la nappe est fait grossièrement du Sud vers le Nord. Les niveaux d'eau sont relativement profonds et varient généralement entre 40m et 100m.

Les débits unitaires exploitables varient entre 1 et 30l/s, la qualité chimique est généralement bonne avec des résidus secs souvent inférieurs à 1.5 g/l. L'eau est utilisée pour l'alimentation en eau potable des agglomérations rurales ainsi que pour l'irrigation de périmètres agricoles dont la taille est souvent inférieure à 20 ha.

- **Secteur de la plaine des Ouled Bousbaa**

Il correspond à la cuvette de Sidi El Mokhtar et s'étend au Nord jusqu'aux affleurements jurassiques et permo-triasiques de la rive gauche de l'oued Tensift et à l'ouest jusqu'aux crêtes de zemzem alors que la structure anticlinale créacée de Marmouta le sépare de la plaine de Mejjate à l'Est.

C'est la seconde entité hydrogéologique continue de la province où l'on capte essentiellement les niveaux aquifères du créacé et de l'Eo-pliocène elle abrite 32% des points d'eau de la province.

- **Secteur de l'anticlinal de Marmouta**

C'est une zone de transition entre les deux premiers grands secteurs et qui se caractérise par la rareté des ressources captées par rapport au restant de la plaine.

C'est aussi une zone anticlinale SW-NE séparant les secteurs de Mejjate et des ouled Bou Sbaa où affleurent les terrains créacés et éocènes au sud et jurassiques et primaires à la terminaison nord elle n'abrite que 2% des points d'eau de la province.

- **Secteur du Haut Atlas**

Ce troisième secteur occupe toute la moitié méridionale de la province et se caractérise :

- Sur le plan géo-morphologique par les reliefs du Haut Atlas
- Sur le plan hydrogéologique par l'inexistence de nappes généralisées en faveur de circulations d'eau en discontinu et par la résurgence d'une série de sources le long du piémont.

Ce secteur ne renferme que 12% des points d'eau.

- **Secteur de la rive gauche du Tensift**

Il constitue la continuité morphologique de la plaine car :

- géologiquement, il est le siège d'affleurements jurassiques et primaires
- Hydrogéologiquement, il constitue l'aval hydraulique des principaux aquifères de la Région
- Sur le plan qualité des eaux, les circulations qu'il renferme se caractérisent par l'excessive minéralisation des eaux due au temps de séjour et de circulation des eaux doublé des apports salins intrinsèques des roches encaissantes et des effets de la relative proximité du plan d'eau.

Ce secteur constitue une bande étroite de 250 Km² qui ne renferme que 2% des points d'eau de la zone.

2. Carte piézométrique de la région

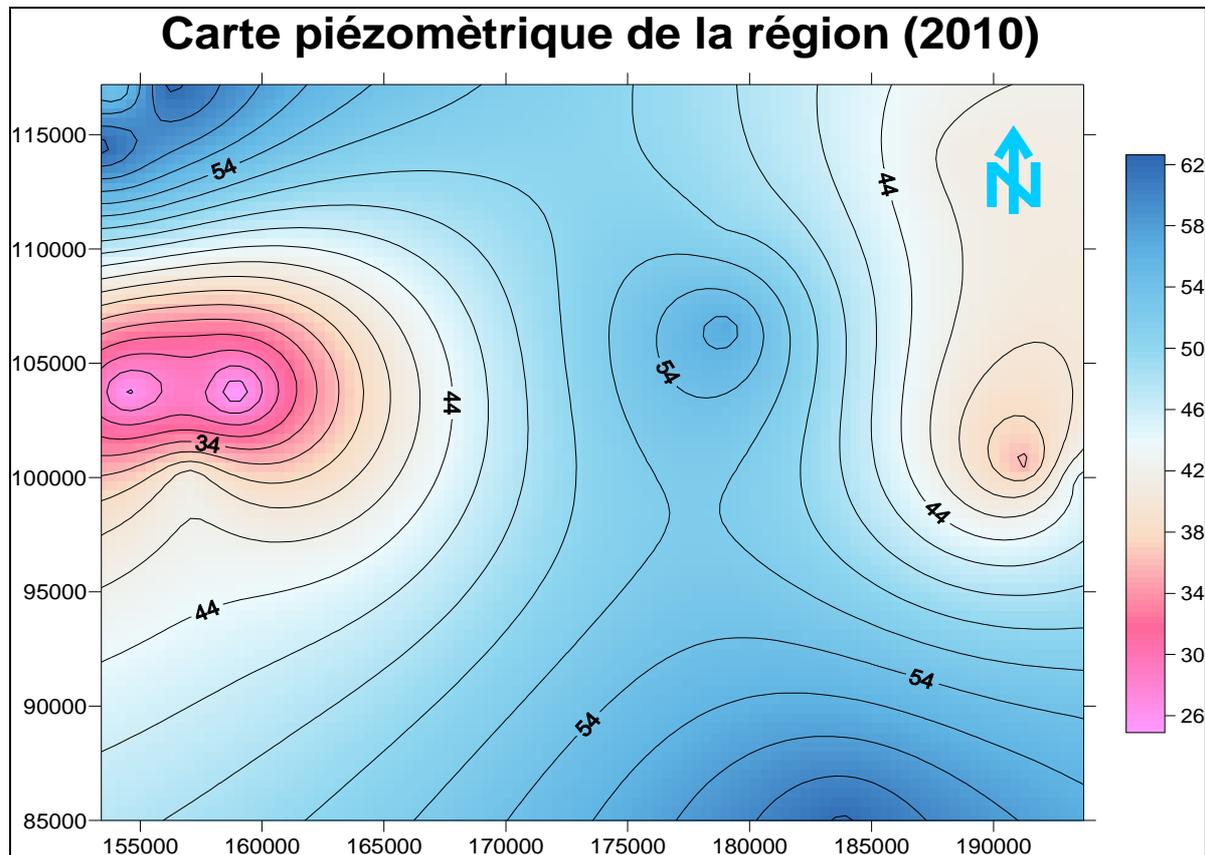


Figure 30 : Carte piézométrique de la nappe au mois mai 2010

On constate que l'écoulement général de la nappe se fait du Sud vers le Nord.

3. Evolution du niveau piézométrique dans les piézomètres IRE 1886/52 et IRE 1602/52 (période 2007)

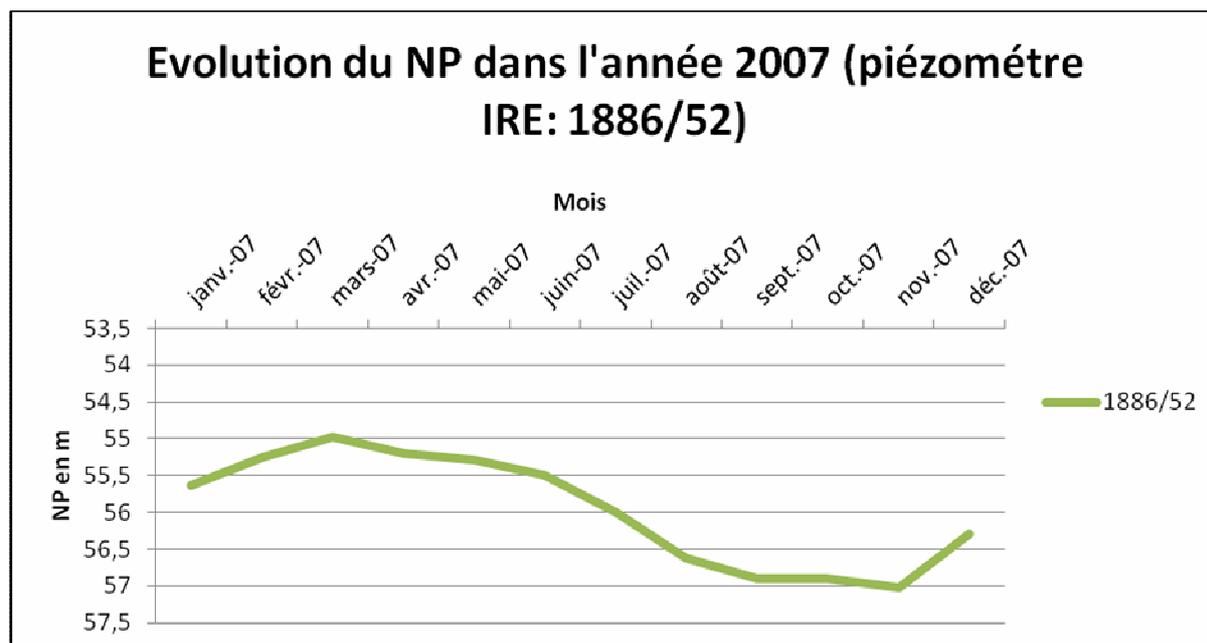


Figure 31 : évolution du NP dans l'année 2007 (piézomètre IRE : 1886/52)

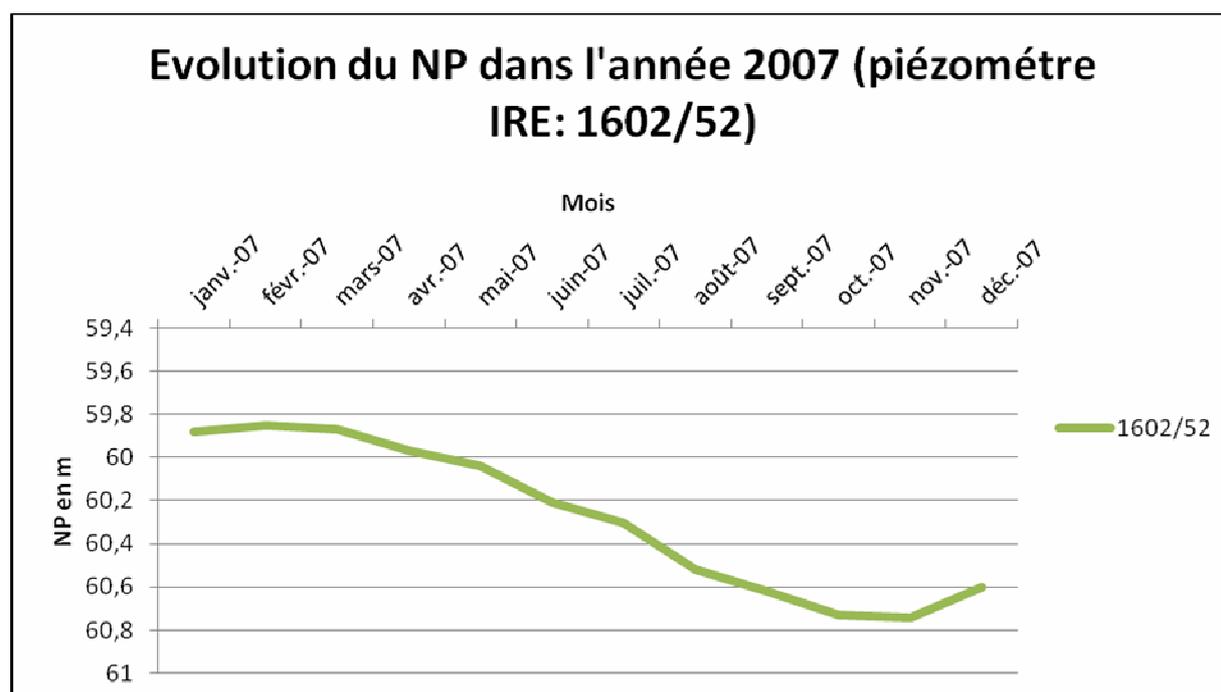
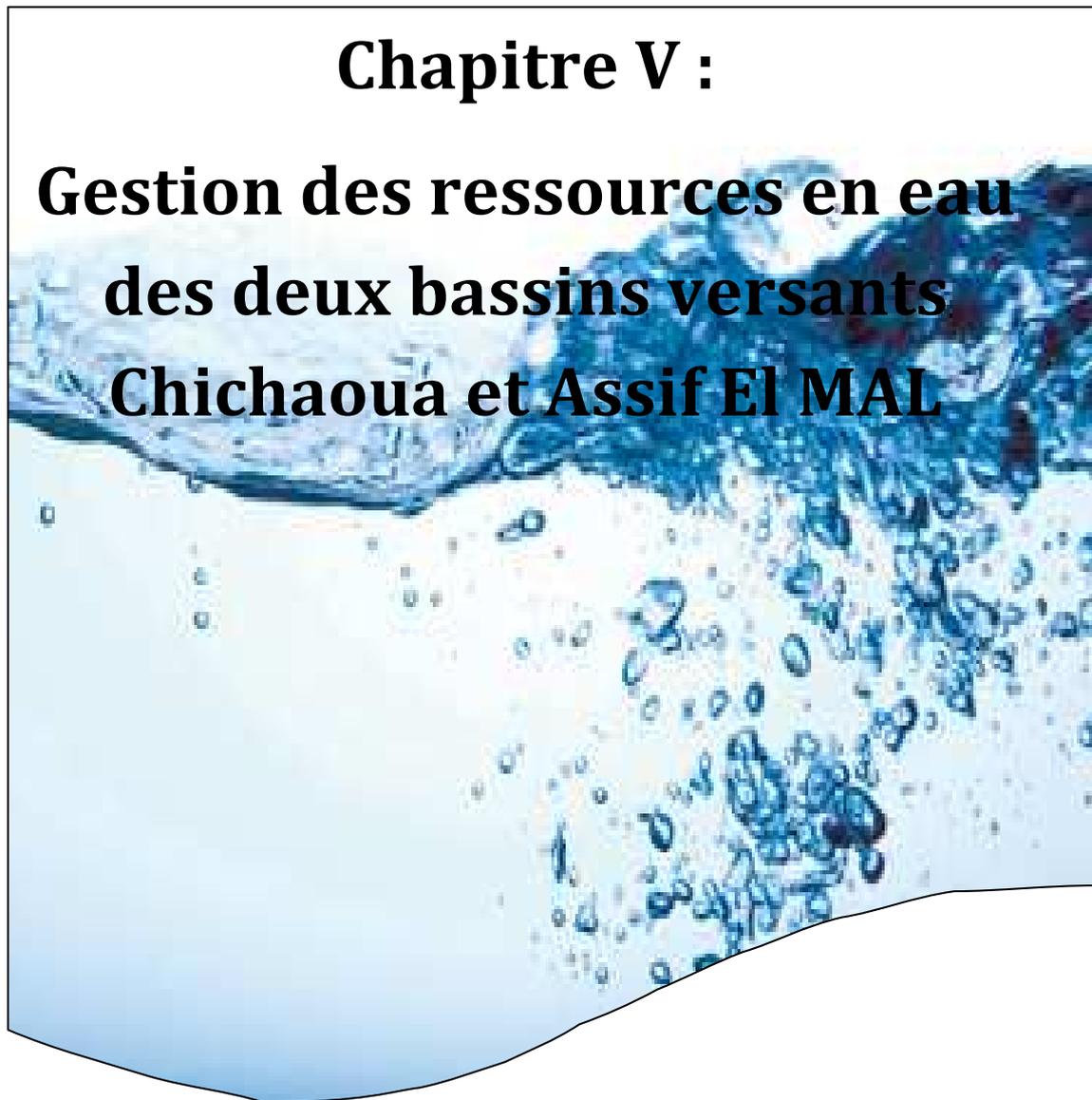


Figure 32 : évolution du NP dans l'année 2007 (piézomètre IRE : 1602/52)

Les figures montrent l'évolution du niveau piézométrique dans les piézomètres 1886/52 et 1602/52, cette évolution se caractérise par une baisse dans ce niveau piézométrique tout au long de l'année, cette baisse peut avoir plusieurs causes comme la surexploitation ou la sécheresse que connaît la région.

Chapitre V :
Gestion des ressources en eau
des deux bassins versants
Chichaoua et Assif El MAL



Chapitre V : Gestion des ressources en eau dans les bassins versants Chichaoua et Assif El Mal

1. Introduction

La gestion de l'eau est l'activité qui consiste à planifier, développer, distribuer et gérer l'utilisation optimale des ressources en eau.

Cette eau est tantôt gérée par des collectivités publiques et des entreprises dans un contexte de marchandisation, tantôt gérée par les communautés locales. Elle est de plus en plus perçue comme une ressource naturelle précieuse et un bien commun à partager avec les autres êtres vivants de la planète ; une ressource limitée et inégalement répartie, à utiliser de manière économe et à dépolluer avant de la rendre au milieu.

Les risques d'inondation et de sécheresse sont deux autres enjeux importants de la gestion de l'eau.

L'utilisation durable des ressources en eau est un véritable défi en raison des nombreux facteurs concernés, notamment les changements climatiques, la variabilité naturelle des ressources, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines.

Une mauvaise qualité de l'eau et une exploitation non durable des ressources peuvent limiter le développement économique d'un pays, nuire à la santé de la population et mettre à mal ses moyens de subsistance. Heureusement, on commence à adopter des pratiques plus durables.

La gestion des ressources en eau devrait davantage veiller à accroître les ressources naturelles existantes et à réduire la demande et les pertes en eau.

Traditionnellement, répondre à la demande croissante en eau consistait à stocker de l'eau de surface dans des réservoirs, à détourner des cours d'eau vers les régions arides et à exploiter les nappes phréatiques. A l'heure actuelle d'autres procédés viennent s'ajouter à ces méthodes, comme la réutilisation de l'eau, le dessalement et la récupération des eaux de pluie. Certaines régions vont même jusqu'à exploiter les nappes phréatiques non-renouvelables.

On aborde de plus en plus la gestion des ressources en eau de façon décentralisée, en se concentrant sur les bassins fluviaux, et ce même à l'échelle internationale. L'échange d'informations entre pays qui partagent des bassins fluviaux sera source de bienfaits tant économiques qu'environnementaux. Notamment la notion de gestion par bassin.

2. Aperçu sur l'approche de gestion intégrée des ressources en eau

Ce programme, associé à une méthode, est axé sur la gestion des bassins versants, considérés à l'échelle du fleuve. La GIRE est « un processus favorisant le développement et la gestion coordonnés des ressources en eau, du sol et des ressources associées, permettant de maximiser les bénéfices économiques et sociaux, de façon équitable sans compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux » (GWP, 2000).

La gestion des ressources en eau varie fortement d'un pays et d'un bassin à l'autre puisque les problèmes y sont différents par nature et par acuité. Une approche intégrée de la gestion des ressources en eau permet de mieux répondre aux enjeux et constitue un pas important vers le développement durable. La mise en œuvre d'une telle **Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)** est indissociable d'une gouvernance moderne, d'un cadre juridique et institutionnel adapté qui permettent de relever les défis relatifs à :

- L'identification des principaux enjeux de la ressource en eau au sein des frontières naturelles du bassin (rivière, lac ou bassin aquifère) ;
- Le monitoring et les systèmes d'information ;
- L'implication des usagers et de la société civile dans la prise de décision ;
- L'élaboration d'outils de planification ;
- La mise en place de mécanismes pérennes de financement.

Toutefois, ces expériences doivent toujours être profondément adaptées aux spécificités locales, qu'elles soient géographiques, politiques, environnementales, économiques, sociales ou culturelles.

Les acteurs clé de la mise en œuvre des dispositifs mis en place dans le cadre des procédures de gestion de l'eau sont les animateurs de bassin versant. Ils ont intégré dans leur métier la nécessité d'impliquer les usagers dans la construction des choix collectifs. Ils sont demandeurs de formation et d'appui pour la concertation et l'animation. Par ailleurs la participation en elle-même est polysémique et mérite d'être explicitée. Nous détaillons ici trois méthodes utilisant des focus groups, des jeux de rôles et des simulations interactives permettant de répondre à ces besoins. Leur réussite repose en particulier sur leur ouverture à une diversité de points de vue pouvant être partagés entre les participants et à leur contingence aux spécificités de chaque site.

La politique des gestions des ressources en eau s'appuie de façon générale sur Control et maîtrise des ressources en eau ainsi que la prévision des variations des risques.

En général la GIRE au Maroc est basée sur une coopération avec les experts étrangers afin de bénéficier des avancées techniques et stratégies ainsi que solliciter l'action des gestionnaires des ressources en eau. Afin gérer et appliquer cette approche un découpage a été adopté pour déterminer des bassins versants.

L'utilisation du bassin versant comme territoire pour la gestion des ressources en eau n'est pas récente, mais il s'agit maintenant d'un principe universellement reconnu. La gestion par bassin comme un des défis associés à la question de la sécurité:

Partager les ressources en eau : promouvoir la coopération pacifique et développer des synergies entre les différentes utilisations de l'eau à tous les niveaux, chaque fois que possible dans le cas des ressources en eau frontalières et transfrontalières, entre les États concernés, par une gestion durable des bassins versants et d'autres méthodes appropriées. (CME, 2000)

Les trois principaux objectifs d'une gestion intégrée des ressources en eau sont les suivants:

- 1• Habiliter les personnes et les collectivités à décider de leur niveau d'accès à de l'eau potable et à des conditions de vie hygiéniques, à choisir le type d'activités économiques prêtant à l'utilisation d'eau qui leur convient et à s'organiser pour y parvenir;
- 2• Produire davantage de nourriture, concevoir des moyens d'existence durables par unité d'eau utilisée et s'assurer que toute la population peut se procurer la nourriture dont elle a besoin pour vivre de façon saine et productive;
- 3• Gérer l'utilisation de l'eau afin de conserver le nombre et la qualité des écosystèmes terrestres et d'eau douce qui rendent des services aux êtres humains et à tous les organismes vivants.

La gestion par bassin est déjà appliquée, et ce depuis des décennies, sur tous les continents. Le fait que les succès soient mitigés ne devrait pas faire en sorte qu'on remette en question l'approche, bien au contraire. la gestion par bassin ne présuppose nullement la mise en place d'une institution unique dont ce serait la seule fonction.

Il s'agit plutôt d'une approche qui, par des mécanismes de collaboration entre les institutions publiques et privées et la participation du public, s'assure que les ressources en eau sont utilisées de manière durable en satisfaisant aux besoins essentiels de tous les usagers.

3. Problématique de la gestion des ressources en eau dans la région de Chichaoua

L'alimentation en eau potable et l'irrigation

Les apports d'eau des oueds du bassin sont en grande partie prélevés par des seguias. Le taux des prélèvements à partir des oueds de la province est estimé en moyenne à près de 43.5 %.

Tableau 15 : prélèvements d'eau à partir des oueds en Mm³

Oueds	Prélèvement au fil de l'eau Mm ³	% de mobilisation
A.El Mal	23	40
Chichaoua	40	47

Le prélèvement au niveau d'Assif El Mal se fait via 16 seguias, et au niveau de l'oued Chichaoua via 13 seguias (voir détail des seguias en annexe).

Ce mode de mobilisation de l'eau présente les inconvénients suivants :

- irrégularité des apports mobilisés ;
- pertes d'eau dans le réseau de séguias, généralement non aménagées ;
- répartition inégale de l'eau entre séguias ;
- faible efficacité de l'utilisation de l'eau en irrigation traditionnelle

Dans ce cadre vient un vaste programme de renforcement et de sécurisation de l'accès à l'eau potable des populations urbaines et rurales relevant de la province de Chichaoua à partir du Barrage Taskourt.

Ce programme, d'un coût global de 470 Millions de DH au bénéfice d'une population de près de 340.000 habitants, permettra de renforcer et de sécuriser l'alimentation en eau potable des villes de Chichaoua et Imintanoute d'une part, et d'augmenter considérablement le taux d'accès à l'eau potable de la population rurale de la province de Chichaoua. Il permettra en outre de pérenniser les installations déjà réalisées dans le cadre du PAGER.

Les projets entrant dans le cadre de ce programme, dont les travaux seront réalisés sur la période 2009 - 2012, nécessitera un investissement de 300 millions de DH pour le projet

principal à partir du barrage Taskourt et 170 millions de DH pour l'amélioration du taux d'accès et de la qualité de desserte des populations rurales.

Le projet à partir du barrage Taskourt comporte la construction d'une station de traitement d'un débit de 100 litres par seconde, la réalisation de trois stations de pompage et la pose de 110 km de conduite d'adduction d'eau potable.

La composante rurale de ce programme bénéficiera à près de 45.000 habitants, parmi lesquels 27.000 profiteront de ce service pour la première fois. Les projets réalisés, ceux en cours de réalisation, ainsi que les projets programmés permettront de porter le taux d'accès à l'eau potable des populations rurales de la province à 99% à l'horizon 2012.

Le programme contribuera de manière significative à l'amélioration des conditions de vie et de santé des citoyens ainsi qu'au développement socio économique de la région.

Ce programme permettra notamment l'augmentation de la superficie irriguée et la valorisation des eaux d'irrigation, ce projet ambitieux est de nature à donner une forte impulsion à l'activité agricole qui depuis le lancement en 2008 du Plan Maroc vert (PMV), connaît une véritable révolution qui vise à propulser ce secteur névralgique dans une nouvelle phase de modernisation et à en faire un levier central de croissance.

Mobilisant des investissements de l'ordre de 202 MDH, l'aménagement hydro-agricole du périmètre Assif El Mal qui vient conforter les différents projets agricoles entrepris dans la région, aura un impact direct sur l'amélioration des revenus des agriculteurs à Chichaoua, connue par son climat continental semi-aride

Le périmètre d'irrigation Assif El Mal est situé dans la province de Chichaoua, Cercle de Mejjat. Il chevauche trois Communes Rurales (Assif El Mal, M'zouda et Mejjat).

La population concernée par le projet est estimée à 24.566 habitants soit environ 3.984 ménages regroupés en 60 douars, dont 22 situés hors périmètre. On y recense également quelque 2.610 exploitations agricoles.

Le périmètre couvre une superficie de 16.000 ha, dont environ 400 ha irrigués de façon pérenne par un réseau collectif de seguia traditionnelle (sources), 90 ha irrigués de façon pérenne par des puits privés, alors que le reste de la superficie, soit 15.510 ha, bénéficie d'irrigations saisonnières en fonction de l'hydraulique. Le périmètre Assif El Mal est irrigué principalement à partir de l'oued Assif El Mal, moyennant une série d'ouvrages hydro-

agricoles (prises de dérivation), les prélèvements moyens des seguias au niveau de cet oued sont estimés à 14.1 Mm³ /an.

Le périmètre comprend également 5 sources principales (Issil, Tasbihte, Taourdaste, Igourramen et Sidi Abdelkrim). Les eaux souterraines dans le périmètre d'Assif El Mal sont constituées par la nappe de Mejjat, on recense 5 puits équipés de stations de pompage.

Le réseau d'irrigation du périmètre est constitué de 25 seguias traditionnelles et la mise en valeur agricole dans le périmètre est caractérisée par la prédominance des cultures céréalières dans la zone qui bénéficie d'irrigations saisonnières et par le maraîchage dans les zones où l'irrigation est pérenne.

L'aménagement hydro-agricole du périmètre Assif El Mal vient s'ajouter aux projets qui connaissent une forte dynamique avec des résultats encourageants enregistrés en termes de hausse de la production et d'amélioration de sa qualité, des performances qui ont pu être réalisées grâce aux potentialités importantes de la

région, ainsi qu'aux grands efforts déployés par le ministère de l'Agriculture et de la pêche maritime, les agriculteurs et les autres partenaires.

Ces projets, prennent en considération les spécificités agricoles de la région caractérisée par l'insuffisance et l'irrégularité des apports pluviométriques, ce qui affecte sérieusement l'activité agricole et le développement économique de la province de Chichaoua (6.872 Km² superficie), dont la population est en grande majorité rurale. Son économie est principalement basée sur l'agriculture, l'élevage et l'artisanat.

Dans ce contexte, le département de l'Agriculture a élaboré une stratégie pour l'économie d'eau et sa valorisation en agriculture irriguée qui se base sur l'amélioration du service de l'eau d'irrigation, le renforcement et l'adaptation du système de financement et d'incitation et le développement d'un conseil de proximité en matière de conception des systèmes d'irrigation économes d'eau et d'appui à l'amélioration de la productivité.

Cette stratégie s'articule autour de grands axes d'intervention, dont la modernisation de l'agriculture irriguée à travers le développement de l'irrigation localisée à grande échelle par le biais de reconversion des techniques d'irrigation existantes et à efficacité limitée, notamment le gravitaire.

4. Aménagements hydrauliques proposés pour la gestion des ressources en eau

Les aménagements ont pour fonction principale de pallier les problèmes liés à l'inégale répartition de la ressource dans l'espace (zones désertiques, zones de concentrations urbaines ou industrielles) et dans le temps (déficit temporaire d'alimentation lié à l'irrégularité des précipitations, pointes de consommation journalières). Ces transferts imposent la création d'équipements tels que des barrages, des réservoirs et des conduites (transport jusque sur les zones de consommation).

a. Les ouvrages de stockage

Ce type d'ouvrages comprend : les réservoirs, les barragesetc.

Parmi les solutions proposés la création de châteaux d'eau qui sont des constructions destinées à entreposer l'eau, et placée en général sur un sommet géographique pour permettre de la distribuer sous pression.

L'entreposage de l'eau dans un réservoir joue un rôle de tampon entre le débit demandé par les abonnés et le débit fourni par la station de pompage. Il permet ainsi d'éviter de démarrer trop souvent les pompes et de les protéger. Une telle réserve permet également de faire face aux demandes exceptionnelles en cas d'incendie.

La création de ces châteaux d'eau permettra une amélioration des techniques de mise sous pression des réseaux de canalisation d'eau.

La création d'un barrage contribuera à l'amélioration des conditions d'écoulement en étiage. De plus en plus, les barrages hydroélectriques participent à un soutien d'étiage, permettant une vie estivale de rivières par ailleurs affectées par de nombreux prélèvements, un barrage pourra aussi être une source de production d'énergie renouvelable.

Les barrages d'irrigation ou d'eau potable sont aussi construits pour apporter des bienfaits pour l'agriculture et l'alimentation en eau. Ces impacts doivent donc être pesés au même titre que les inconvénients portés au milieu aquatique ou à la pêche de loisir, ainsi que les phénomènes d'envasement des barrages.

Les conséquences sont variées : le stockage et le déplacement dans des canaux à ciel ouvert favorisent l'évaporation de l'eau, ce qui augmente la concentration des sels minéraux. L'irrigation est ainsi à l'origine de la salinisation des sols

b. Les ouvrages de transport

Plusieurs types d'ouvrages peuvent servir à transporter l'eau dans une ferme piscicole. Le *canal à découvert* est le plus couramment employé.

Les fermes aquicoles sont équipées de divers types de canaux à découvert pour le transport de l'eau, généralement par *gravité**; on distingue quatre principaux types d'utilisation:

- *canaux d'alimentation* pour amener l'eau depuis la prise d'eau principale jusqu'aux étangs; une ferme importante qui possède plusieurs groupes d'étangs en dérivation a habituellement un canal d'alimentation principal, qui se divise en canaux secondaires et même tertiaires;
- *canaux de drainage* pour évacuer l'eau des étangs, par exemple vers une vallée;
- *canaux de dérivation* pour détourner des étangs de barrage les débits d'eau excédentaires;
- *canaux de protection* pour détourner des étangs d'élevage les eaux de ruissellement.

Les canaux d'alimentation relient la *prise d'eau principale* aux diverses installations d'élevage de la ferme piscicole et, en particulier, aux *étangs en dérivation*. Ils peuvent être classés en canaux d'alimentation primaires (principaux), secondaires ou tertiaires suivant leur fonction à l'intérieur de la ferme.

Ces canaux sont revêtus de béton afin de préserver en intégralité la qualité des eaux.

c. Les ouvrages de distribution

Les stations de pompage servent, dans certaines zones, au relèvement des eaux dans des réservoirs qui permettent d'assurer la pression pour l'alimentation des réseaux, tout en ayant une fonction de sécurité puisque répondant aux problèmes liés à la fluctuation de la consommation.

L'adduction d'eau potable (AEP) peut se diviser en divers éléments :

- la source qui peut être un forage équipé d'un système de pompage (cas le plus fréquent), un cours d'eau naturel ou un plan d'eau, notamment dans les premiers réseaux de l'histoire, par exemple chez les Romains ;
- un réseau de transport constitué de canalisations souvent enterrées, d'ouvrages d'arts (pont, siphon, canal) et d'un système, automatisé ou non, de vannes et de pompes ;
- divers systèmes de stockage intermédiaires ;
- un réseau terminal de distribution amenant l'eau aux consommateurs finaux ou à des points de distribution collectifs (pompes, fontaines, etc.).

5. Recommandations pour la gestion d'eau dans la région

a. L'alimentation en eau potable et l'irrigation

Il existe de multiples façons d'économiser l'eau dans l'agriculture l'irrigation au goutte à goutte qui distribue directement l'eau au pied de la plante ou l'arrosage en dehors des heures ensoleillées réduisent 30 à 70% du volume prélevé, sans oublier et intensifier l'irrigation à partir du réseau de séguias en développant cette pratique ce nous permet de diminuer la pression exercée sur les nappes phréatiques.

Pour l'alimentation en eau potable il faut améliorer les réseaux de distribution d'eau. Cette technique réduira les pertes d'eau au niveau des canalisations et cela augmentera le rendement.

L'augmentation considérable de la consommation d'eau ne doit pas faire oublier que l'eau potable n'est pas inépuisable, même si la ressource semble immense. Les Etats ont conscience que la gestion de cette ressource passe par le traitement des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement.

C'est dans ce cadre que vient la technique de réutilisation des eaux usées ainsi que le développement du recyclage des eaux industrielles et le traitement des eaux usées, mais ces techniques ne sont pas encore suffisamment développées dans les Pays en voie de développement. Ces eaux bénéficieront certainement le secteur d'irrigation surtout les espaces verts et aussi les golfs.

b. Développement de la ressource

- ✓ Réaliser une étude sur les possibilités de recharge artificielle de la nappe du Haouz;
- ✓ Réaliser un projet pilote de recharge artificielle ;
- ✓ Lutter contre les pollutions pour préserver la ressource

- ✓ Gestion participative :
- ✓ État des lieux de l'organisation des agriculteurs de la plaine du Haouz ;
- ✓ Identification et mise en œuvre de procédures d'implication des usagers dans la gestion de la nappe;
- ✓ Développement des outils de communication, d'information et de sensibilisation

c. Action en partenariat

- Conception et réalisation de fosses de stockage des marjines en partenariat avec les communes, les provinces et les associations
- Mise en place d'un réseau de suivi local et d'une cellule de recherche
- Sensibilisation des industriels (Chambre de commerce)
- Sensibilisation des agriculteurs à l'économie de l'eau (goutte à goutte)
- Recensement des gros consommateurs en zone urbaine et des prélèvements dans la nappe (golfs, hôtels, villas,...)
- Contrats-nappe
- Réalisation d'une étude sur la gestion des ressources En eau souterraine en tenant compte des contraintes actuelles
- Recensement des utilisateurs des ressources en eau souterraine et des intervenants du secteur de l'eau
- Recensement des actions en matière de protection et de sauvegarde des ressources en eau souterraine
- Evaluation de la demande en eau
- Collecte et examen approfondi des expériences internationales
- Il faut sérieusement réfléchir d'avance au type de processus de participation du public qui sera choisi.
- Investir dans le développement des agences : Installer et permettre aux agences de bassins d'exercer leurs missions dans de bonnes conditions après une période de mise en œuvre progressive et planifiée

d. Gestion de la demande

La gestion de la demande en eau suscite un intérêt croissant et fait l'objet de nombreux débats à travers le monde. Ce n'est pas un concept facile à définir. Tenant davantage de la

politique que de la technologie, elle a trait à la gestion et à la régulation des demandes d'utilisation d'eau douce de qualité.

La gestion de la demande en eau se focalise surtout sur deux grands volets :

- Participation des usagers
- Dépollution à l'échelle du bassin et respect de l'environnement

Cette gestion se fait :

- Par la technique:
 - Amélioration des rendements des réseaux de distribution;
 - Nouvelles technologies pour diminuer les consommations dans les usages industriel, domestique et agricole
- Par la réglementation:
 - Périmètres de protection,
 - normes de rejets...
 - Autorisations de prélèvement
- Par la tarification:
 - Tranches,...
 - Principe Pollueur-payeur,
- Par la sensibilisation: Education, société,...
- Choix approprié des aménagements;
- Épuration des eaux usées

e. Cadre réglementaire

- Il faut Développer le nouveau cadre réglementaire et améliorer le cadre institutionnel pour la mise en place d'une vraie politique de gestion intégrée des ressources en eau
- Il faut aussi une administration de lois adéquates pour la protection des ressources en eau
- Il faut remédier au Retard dans la mise en œuvre des dispositions de la loi 10-95: (*redevance eau potable, autorisations et redevances de déversements, registre des eaux...*)
- Adopter Des politiques nationales en matière de GIRE qui tiennent compte de la gestion par bassin ;
- Inaugurer Des lois nationales transparentes et flexibles sont un préalable à la GIRE

Conclusion

A l'échelle planétaire, les ressources en eau disponibles par habitant diminuent de manière alarmante. L'approvisionnement en eau est devenu d'autant plus essentiel pour les Etats que la population des Etats a augmenté, s'est urbanisée et que les pays ont diversifié leurs activités de production, alors que les eaux douces ne représentent que moins de 3% du total. L'eau est une ressource renouvelable mais c'est une ressource inégalement répartie dans le temps et dans l'espace. Dans le temps car les précipitations sont souvent irrégulières, dans l'espace parce que certaines régions du monde sont arides ou semi-arides.

Le Maroc étant parmi ces pays qui sont menacés par le stress hydrique et la pénurie, se voit obligé de penser à des solutions ou stratégies afin de bien gérer cette ressource et la préserver. Cette étude qui s'inscrit dans le cadre d'un stage de fin d'étude s'est reposée sur une analyse de la gestion des ressources en eau et leur évaluation dans une région se caractérisant par un climat aride à semi aride. Nous avons pris comme exemple, les bassins versants de Chichaoua et d'Assif El Mal. Et pour atteindre ces objectifs, nous avons fait appel à des bases de données climatologiques et hydrologiques sur une longue série d'années.

Sur le plan morphologique, les deux bassins sont moyennement compacts ($KG=1,78$ pour Chichaoua et $1,28$ pour Assif El Mal), les pentes sont importantes dans la partie amont, ou le relief est marqué. Ceci est mis en lumière par l'hypsométrie générale du bassin qui montre un profil raide en amont.

Sur le plan pluviométrique, les stations en amont du bassin enregistrent des hauteurs et des intensités moyennement importantes des précipitations. La moyenne annuelle à Sidi Bouatmane par exemple est de l'ordre de $355,5$ mm par an.

Sur le plan quantitatif, la région se dote d'un potentiel hydrique faible mais non négligeable. Le principal cours d'eau étant l'oued Chichaoua, affluent rive gauche de l'oued Tensift et collecteur des oueds Ameznas à l'ouest, Imintanout au centre, et Sekssaoua à l'est. En plus des oueds, la région est favorisée par la présence de sources, notamment la source Ain Abaynou qui se distingue par un débit allant jusqu'à 534 l/s. Sans oublier Les secteurs géostructuraux qui donnent naissance à des grandes unités aquifères telles que connues et exploitées actuellement.

Ce potentiel hydrique quelque soit son importance exige une démarche minutieuse se traduisant en une gestion intégrée et durable de ces ressources. Gestion qui comprend plusieurs axes et implique une décentralisation au niveau des bassins versants, faisant ainsi appel à une participation globale des différents acteurs qui apporteront leur contribution

effective à la maîtrise de la problématique de l'eau dans la perspective du développement durable du pays, particulièrement les agences du bassins versants.

Il existe plusieurs approches concernant la gestion intégrée des ressources en eau, en combinant différentes méthodes, et en les appliquant, la situation des ressources en eau dans la région s'améliorera de façon progressive.

Enfin, de toutes les ressources de la planète, l'eau est la plus vitale et aussi la plus abondante. Mais la croissance des besoins en fait une ressource de plus en plus convoitée, d'autant plus qu'elle est inégalement répartie. Sa gestion soulève de graves inquiétudes pour l'avenir et les conflits pour l'utilisation de l'eau risquent de devenir un des problèmes majeurs du XXI^e siècle.

Références bibliographiques

Barchane Fatiha : Problématique des rejets solides au niveau de la région hydraulique de Tensift : diagnostic, impact sur les ressources en eau et proposition de plans d'action. Mémoire de master, faculté des Sciences et techniques, Marrakech. 86 p.

Boukhari K., Er-Rouane S. et A. Gouzrou A., 2004 : Analyse statistique du régime hydrologique sur la plaine de Mejjate et sa bordure occidentale, (Maroc). Larhyss Journal, n° 03, pp.49-62.

Global Water Partnership (GWP), 2000 : "Integrated Water Resources Management", Global Water Partnership Technical Advisory Committee.

Kouraiss Khaoula, 2012 : Contribution à l'étude hydrogéologique et environnementale de la vallée de l'oued Assif al Mal (région de Majjate, Haut Atlas, Maroc). Mémoire de master, faculté des Sciences et techniques, Marrakech.

Riad, S., 2003 : Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc. Thèse de Doctorat, Université de Lille I, France, 154 p.