

**Maîtrise Es Sciences et Techniques d'Hydrogéologie  
2007/2008**

**Mémoire de fin d'études**

**Contribution à l'hydrologie en zone semi aride, l'exemple du  
bassin d'Issen en amont du barrage Abdelmoumen  
( Haut- Atlas occidental)**

*Encadrés par :*

**- Mr M.E.Saidi**

*Elaboré par :*

**- Rahdou Mohamed**

**- Toundaoui Farid**

*Soutenue le 12 /05/2008 devant le jury composé de :*

**- Mr. M.E. Saidi**

**- Mr. L. Hanich**

**- Mr. A. Benkkadour**

## **REMERCIEMENT**

*Au terme de la rédaction de ce mémoire, nous tenons à exprimer tout d'abord nos profonde reconnaissance et nos sincères respects à **Mr. Bendaoud Bougnouch** le Directeur de l'**ABHSM** (Agence du Bassin Hydraulique de Sous Massa) et à **Mr. Mhamed El Faskaoui** Secrétaire général pour avoir accepté le déroulement de ce stage.*

*Une mention particulière à **Mr. Abdellah Menaoui**, pour son encadrement, ses encouragements, ses orientations et son suivi continu.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aussi à **Mr Ahajji** pour sa coopération et ses renseignements pour notre sujet et à **Mr. Sadik** pour son aide dans le domaine de la documentation et des archives.*

*Nos sincères remerciements à **Mr M. Saidi** pour avoir accepté d'assurer l'encadrement de ce mémoire de fin d'études, et pour son aide précieuse, ses conseils et ses suggestions qui nous ont été très utiles. Merci également au corps enseignant du département de géologie pour les années de formation.*

*Enfin, il est aussi important d'inclure toutes les personnes que nous avons côtoyé, de près ou de loin, plus particulièrement le personnel de l'agence pour leur esprit coopératif et amical, les ouvriers, et également les autres stagiaires, qui nous ont acceptés et intégrés avec le sourire.*

*Nous souhaitons donc que ce travail soit à la hauteur des exigences.*

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENT</b> .....	1
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	4
<b>L'AGENCE DU BASSIN HYDROLIQUE DU SOUSS MASSA</b> .....	5
Présentation .....	5
LA ZONE D'ACTION DE L'AGENCE .....	5
MISSIONS ET ATTRIBUTIONS DE L'AGENCE .....	6
<b>PARTIE 1 : PRESENTATION GENERALE ET GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN VERSANT</b>	
I. SITUATION ET PRESENTATION GEOGRAPHIQUE.....	10
II. DESCRIPTION GEOLOGIQUE.....	11
III. LES SOLS.....	13
IV. CLIMAT.....	13
• Les températures.....	13
• L'évaporation.....	14
• Le vent.....	14
V. RESEAU HYDROGRAPHIQUE .....	14
1. Introduction .....	14
2. Bassin versant de l'oued Issen .....	16
• Courbe hypsométrique .....	18
• Le rectangle équivalent .....	19
• La Pente Moyenne.....	19
<b>PARTIE 2 : ANALYSE HYDRO-PLUVIOMETRIQUE ET BILANS HYDROLOGIQUE</b>	
<b>CHAPITRE 1 : Traitement des données hydro-pluviométriques</b> .....	22
A. Présentation de l'étude.....	22
B. Présentation de la zone de l'étude .....	22
C. Critique des données pluviométriques .....	23
1) Les données disponibles.....	23
2) Traitement des données.....	23
• Test de double-cumuls.....	24
3) Hauteurs des précipitations annuelles et leurs variations.....	27
a) Station d'Ikakern.....	27
b) Station d'Amsoul.....	27
c) Station d'Argana .....	28
d) Station d'Aguenza .....	29
e) Station d'Abdelmoumen .....	29
4) Précipitations moyennes mensuelles et leurs variations .....	30
a) Station d'Ikakern .....	30
b) Station d'Amsoul.....	31

c) Station d'Argana .....	32
d) Station d'Aguenza .....	32
e) Station d'Abdelmoumen .....	33
5) Les précipitations à l'échelle du bassin d'Issen .....	34
• Précipitations mensuelles .....	34
• Précipitations saisonnières .....	35
• Précipitations annuelles .....	36
D. Critique des données hydrométriques .....	37
1) Les débits moyens annuels .....	37
a) Station d'Aguenza .....	37
b) Station d'Abdelmoumen .....	37
2) Les débits moyens mensuels .....	38
a) Station d'Aguenza .....	38
b) Station du barrage Abdelmoumen .....	39
3) Les débits moyens saisonniers .....	40
a) Station d'Aguenza .....	40
b) Station d'Abdelmoumen .....	40
• Conclusion .....	41
E. Relations pluie-débit .....	42
I. Corrélation entre précipitations et débits .....	42
1. Corrélation entre les précipitations et les écoulements annuels .....	42
a) Au niveau du sous bassin d'Aguenza .....	42
b) Au niveau du sous bassin d'abdelmoumen .....	43
2. Corrélation entre les précipitations et les écoulements mensuels .....	43
a) Au niveau du sous bassin d'Aguenza .....	43
b) . Au niveau du Sous bassin d'Abdelmoumen .....	44
F. Relation débit-débit entre Aguenza et abdelmoumen .....	45
1) Corrélation à l'échelle annuelle .....	45
2) Corrélation à l'échelle mensuelle .....	45
<b>CHAPITRE 2 : Les bilans hydrologiques .....</b>	<b>47</b>
A. La lame d'eau écoulée .....	47
B. Le déficit d'écoulement .....	48
C. Le coefficient d'écoulement .....	50
D. Les bilans hydrologiques annuels .....	52
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>54</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXE</b>	

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la source principale et originelle de toute vie. C'est une richesse naturelle indispensable et nécessaire à la vie de l'homme et celle des animaux et des plantes. Ce liquide précieux est inégalement reparté dans le monde, notamment dans certains pays à caractère aride et semi-aride telles que le Maroc où les ressources en eau de surface restent encore faibles. Dans de nombreuses régions du monde, des exemples éloquentes montrent qu'une bonne maîtrise des ressources hydriques pouvait conduire à un essor remarquable de l'agriculture et constituer ainsi une courroie de transmission tant pour le développement économique que pour l'amélioration des conditions de vie des populations concernées.

Dans la région du Souss Massa, le développement du secteur agricole a permis de jouer un rôle important dans le développement socio-économique du royaume. Néanmoins, cette situation est accompagnée d'un important épuisement des réserves en eau. En effet, l'accroissement de la demande en eau d'irrigation et la réduction des apports renouvelables suite à la succession des années de sécheresse, constituent d'importantes contraintes à la gestion des ressources en eau superficielle et souterraine.

L'optimisation alors de cette ressource si stratégique est à notre époque obligatoire et nécessaire, surtout que l'essor démographique et industriel est sans cesse croissant, et exige des ressources de plus en plus importantes. Cette rationalisation doit être tant quantitative que qualitative : Au-delà de la seule quantification des ressources en eau disponibles, un suivi permanent de la qualité physico-chimique et biologique des eaux est indispensable.

Dans ce travail, on s'intéressera surtout à l'étude hydrologique du bassin versant de l'oued Issen en amont du barrage Abdelmoumen. Cette zone fait partie de la zone montagneuse semi-aride du Haut Atlas occidental, et entre dans la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa. Cet oued constitue la source principale pour l'alimentation en eau du grand Agadir et pour le développement de l'agriculture au niveau de la plaine Souss.

Ce stage a été effectué au sein de l'Agence du Bassin hydraulique de Souss Massa à Agadir. Il a porté sur un côté bibliographique et la synthèse des documents fournis, ainsi que sur un côté pratique vu que la période du stage a coïncidé avec une étude hydrologique pour l'actualisation des potentialités des ressources en eau de surface dans le bassin du Souss Massa.

Nous allons adopter une démarche qui consiste à :

- L'analyse et l'interprétation du régime pluviométrique ;
- L'étude du régime hydrologique de l'oued ;
- L'élaboration de bilans hydrologiques à différents pas de temps ;

Ceci après avoir caractérisé la zone étudiée sur le plan géologique et géographique ; récolté des données pluviométriques (précipitations journalières ou mensuelles des différentes

stations du bassin) et hydrométriques (débits moyens journaliers); et illustré les données par des graphiques plus parlants.

## L'AGENCE DU BASSIN HYDRAULIQUE DU SOUSS MASSA

### Présentation

La gestion des ressources en eau potables nécessite la mobilisation des acteurs politiques et économiques pour veiller à une optimisation parfaite en ce qui peut être considéré le déficit des générations présentes et futures.

Dans un pays aride et semi aride comme le Maroc, l'approvisionnement en eau potable, fragilisé par l'alternance des années sèches, est considéré comme une véritable nécessité vue la dépendance totale de l'économie nationale de cette ressource.

Ainsi la gestion des eaux préoccupe surtout les responsables politiques de l'Etat, pour cela le Maroc s'est lancé dans le programme d'irrigation d'un million d'hectare, en construisant des barrages de plusieurs types. Le problème est que ces barrages n'irriguent que les zones à proximité, d'où la nécessité d'effectuer des forages.

C'est justement à cet effet que la Direction de la Région Hydraulique d'Agadir (DRHA) a vu le jour pour veiller aux études de recherches de d'exploitation des eaux superficielles et souterraines et à leur gestion et leur planification.

Instituée par le décret 2-00-480 du 14-11-2000 pris en application de l'article 20 de la loi sur l'eau, l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss-Massa, est chargée de la gestion et la protection du capital eau et du domaine public hydraulique.

Le Bassin du Souss Massa a bénéficié d'importants efforts d'aménagement pour la mobilisation des ressources en eau pour les besoins du développement économique, mais se trouve aujourd'hui confronté à une pénurie d'eau due essentiellement à une surexploitation des ressources, aggravée par la conjoncture de sécheresse qui sévit depuis plusieurs années.

L'avenir de la région réside dans une planification et gestion rationnelle des ressources basée sur l'économie d'eau et la préservation de la qualité pour tirer le meilleur profit du patrimoine hydraulique disponible.

#### ➤ LA ZONE D'ACTION DE L'AGENCE :

La zone d'action de l'Agence (fig-1) s'étend sur une superficie de **27.880 km<sup>2</sup>** ; soit 4% du territoire national, regroupant les Bassins Hydrauliques du Souss, Massa, Tamri, Tamraght et les Bassins Côtiers Atlantiques situés entre Tiznit et Sidi Ifni. Ces bassins versants s'étendent entre l'océan Atlantique et les montagnes du Haut Atlas au Nord et de l'Anti-Atlas au Sud, dont 25% de la superficie totale en plaine et 75% en montagne. L'oued Souss est le plus important oued du bassin hydraulique, sa longueur atteinte 190 km. Ce oued

prend naissance dans le Haut Atlas à une altitude de 1230 m. Son parcours traverse la chaîne montagneuse du Haut Atlas et la plaine du Souss, avant de se déverser dans l'océan Atlantique au sud d'Agadir. Parmi les principaux affluents de l'oued Souss, on peut citer : oued Issen, oued Ouziwa, oued Immerguen, oued Arghene.

Cette zone d'influence de l'Agence s'étend sur les régions d'Agadir, Taroudant et Tiznit. Elle comprend trois provinces et deux préfectures:

- Agadir Ida Outanane ;
- Inezgane Ait Melloul ;
- Chtouka Ait Baha ;
- Taroudant ;
- Tiznit.



Figure 1: carte de la zone d'action de l'Agence Hydraulique du Bassin Souss Massa

Economiquement cette zone est considérée comme le deuxième pôle du pays ; En effet elle dispose du premier port de pêche et compte le tiers de la capacité réceptive classée dans le secteur touristique. Elle occupe le premier rang en ce qui concerne la production et l'exportation des agrumes et primeurs. La diversité des richesses halieutiques et agricoles a permis l'implantation d'unités industrielles et artisanales notamment dans le Grand Agadir.

### ➤ MISSIONS ET ATTRIBUTIONS DE L'AGENCE :

L'Agence de Bassin constitue l'organisme exécutif de la gestion des eaux. Elle est chargée de mettre en œuvre, la politique de l'eau conformément aux textes de loi, aux orientations nationales, aux objectifs et enjeux propres à sa zone d'action.

L'Agence est chargée :

1. D'élaborer le plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau relevant de sa zone d'action ;
2. De veiller à l'application du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau à l'intérieur de sa zone d'action ;
3. De délivrer les autorisations et concessions d'utilisation du domaine public hydraulique prévues dans le plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau de sa zone d'action ;
4. De fournir toute aide financière et toute prestation de service, notamment d'assistance technique, aux personnes publiques ou privées qui en feraient la demande, soit pour prévenir la pollution des ressources en eau, soit en vue d'un aménagement ou d'une utilisation du domaine public hydraulique ;
5. De réaliser toutes les mesures piézométriques et de jaugeages ainsi que les études hydrologiques, hydrogéologiques, de planification et de gestion de l'eau tant sur le plan quantitatif que qualitatif ;
6. De réaliser toutes les mesures de qualité et d'appliquer les dispositions des lois en vigueur relatives à la protection des ressources en eau et à la restauration de leur qualité, en collaboration avec l'autorité gouvernementale chargée de l'environnement ;
7. De proposer et d'exécuter les mesures adéquates, d'ordre réglementaire notamment, pour assurer l'approvisionnement en eau en cas de pénurie d'eau déclarée conformément au chapitre 10 de la présente loi ou pour prévenir les risques d'inondation ;
8. De gérer et contrôler l'utilisation des ressources en eau mobilisées ;
9. De réaliser les infrastructures nécessaires à la prévention et à la lutte contre les inondations en collaboration avec les collectivités locales ;
10. De tenir un registre des droits d'eau reconnus et des concessions et autorisations de prélèvement d'eau accordées.

Dans le cadre des ses attributions l'agence est tenue d'assurer les services qui sont montrées dans l'organigramme suivant :

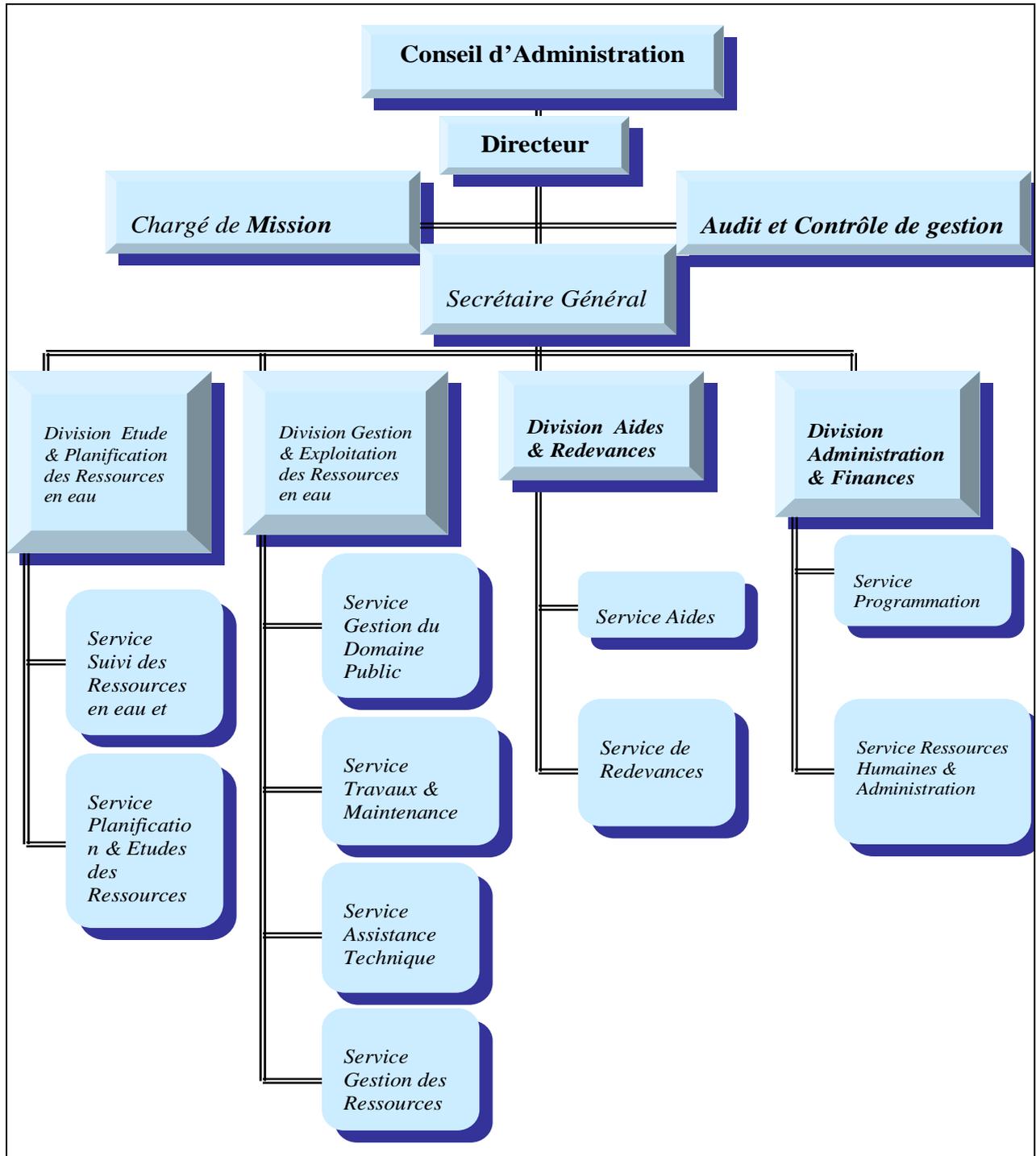


Figure 2: Organigramme des services de AHBSM

# **PARTIE 1**

## **PRESENTATION GENERALE ET GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN VERSANT**

## I - SITUATION ET PRESENTATION GEOGRAPHIQUE

le bassin versant de l'oued Issen en amont du barrage Abdelmoumen, se situe dans la zone montagneuse semi aride du Haut Atlas occidental, entre les parallèles 30°20' et 31° N, et entre le méridien 8°50'W et l'Océan Atlantique. Il est limité à l'Est par le bassin mésozoïque d'Erguitta (région de Mentaga), et au Nord par la partie septentrionale de la dépression dite d'Argana. Au Sud, la limite géographique et correspond à l'oued Souss.

Oued Issen, également dénommé assif n'Ait Moussa en montagne, constitue le plus important affluent atlasique de la rive droite de oued Souss. Il est clairement individualisé grâce notamment à sa superficie importante et au grand nombre d'affluents qu'il reçoit. Il s'étend sur une vaste dépression creusée en très grande partie dans les formations gréseuses et argileuses permo-triasiques du couloir d'Argana. Sa vallée ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive droite, cependant les affluents de la rive gauche sont plus nombreux : l'assif n'Ait Bkhar, n'Ait Chaib, n'Ait Tounet, et assif n'Ait Driss.

Plus à l'aval, l'oued Issen est limité par les formations gréseuses des jbel Askal et l'Adrar-Tkhnkine entre lesquels il s'insinue pour traverser ensuite des crêtes rocheuse par des gorges profondes.

Avant son débouché en plaine, l'oued Issen reçoit encore quelque petit influent tel l'oued Taioukht sur la rive gauche, et l'assif Boulbaze qui traverse les grès et argiles salifères permo-triasique sur la rive droite.

L'altitude varie entre 600 m et 3200 m.

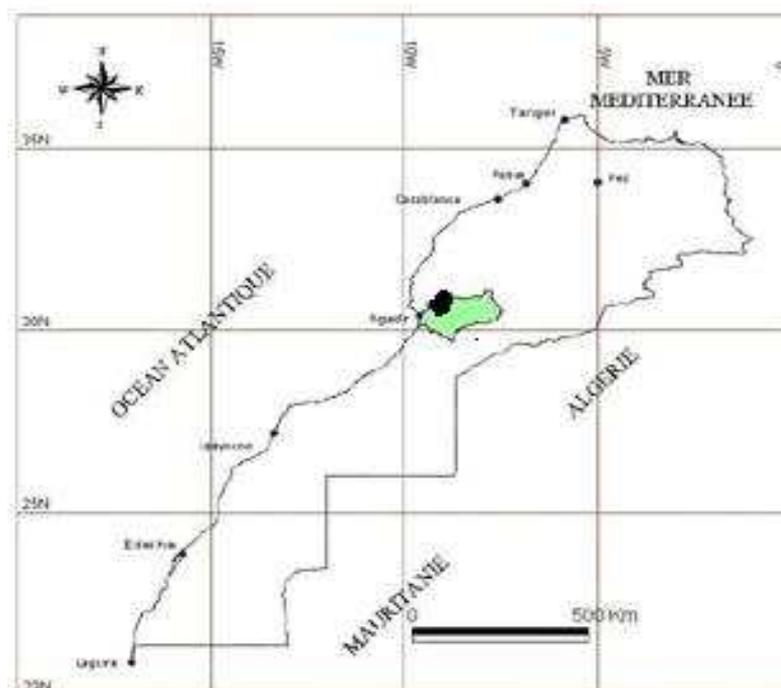


Figure 3: Situation géographique des bassins versants d'Issen et du Souss

## II- DESCRIPTION GEOLOGIQUE

De nombreux travaux ont été consacrés à l'histoire géologique du Haut Atlas occidental, et de la plaine de Souss. Après environ soixante années de recherche, les connaissances ont été largement approfondies. Les premières investigations dans ce domaine remontent au début du 20<sup>e</sup> siècle entre 1902 et 1921 avec Brives (1902), Gentil (1915), Kilian (1917) et Lemoine (1920). L'ensemble de ces auteurs s'est intéressé surtout à la géologie descriptive ou monographique du Haut Atlas. En 1930, Roche a présenté une étude détaillée dans laquelle il a apporté les éléments de base concernant la stratigraphie des étages crétacés, mais c'est Ambroggi en 1963 qui a fait une étude stratigraphique et paléontologique qui reste jusqu'à nos jours une référence de base pour toutes les études ultérieures dans ce domaine.

L'ensemble du bassin versant de l'oued Issen présente une géologie formée par les successions suivantes :

- L'étage le plus récent (falaises et plateaux d'Imouzer par exemple) formé de calcaires dolomitiques et grès fins formant les terrains les plus résistants à l'érosion. Cette caractéristique est d'ailleurs illustrée par une jonction brutale souvent sous forme de cascade ou de falaise entre ces calcaires et de terrains sous-jacents très friables.
- Les argiles du Permo-Trias, de véritables régosols, avec un taux de salinité souvent élevé dans les cuvettes et au niveau des sources. Ces argiles ont un pouvoir de dispersion qui accentue le phénomène d'érosion. Il s'agit de la caractéristique essentielle de ce bassin. Ces argiles imperméables font que des sources apparaissent à leur contact avec les calcaires.
- A l'étage inférieur, apparaissent bien à l'aval du barrage Abdelmoumen, les roches du secondaire et du primaire (Silurien et Dévonien) grès et schistes et argiles.

L'étude des directions des structures plissées et des grandes failles montre des orientations variables : **NW-SE**, **E-W**, et **NE-SW**. Cependant, la direction de grande perméabilité (sens d'écoulement des eaux dans les aquifères) des formations Haut-Atlasiques est **NE-SW**. La faille de l'oued Issen est de direction **N70**, elle met en contact les schistes paléozoïques au Nord avec les argiles du compartiment Sud. Vers l'Ouest elle se divise en plusieurs accidents successifs, tandis que vers l'Est elle se prolonge dans le paléozoïque rejoignant ainsi l'accident de Tizit n'Test.

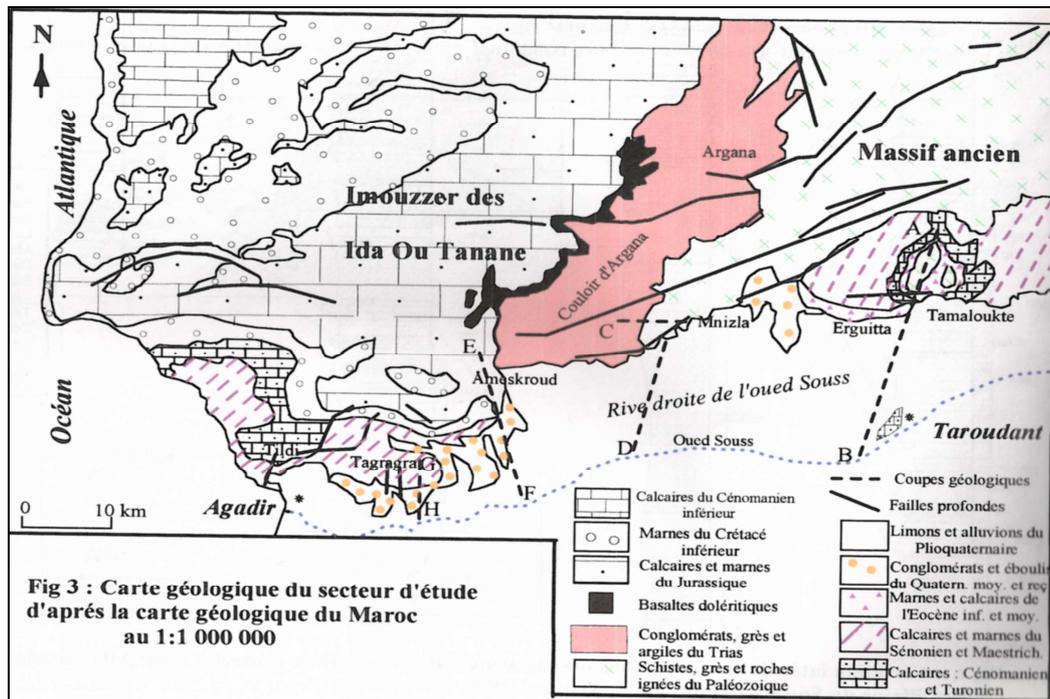


Figure 4: Carte géologique régionale du bassin Souss Massa (Boutaleb, 2000)

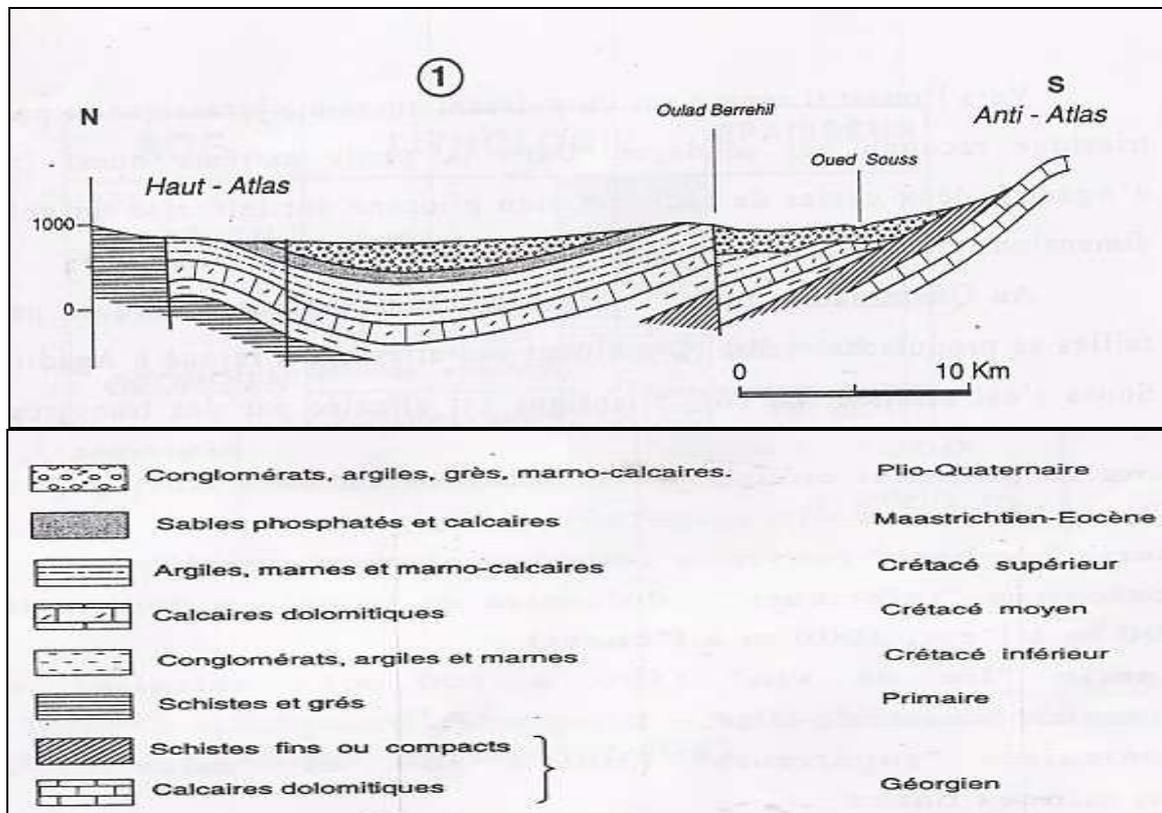


Figure 5: coupe géologique reliant le Haut-Atlas occidental à la plaine du Souss (Dijon, 1969)

### III – Les sols

L'évolution pédologique affecte seulement les sols stabilisés des vallées, c'est ainsi qu'on distingue dans le bassin versant :

- Les sols colluvions du piémont, leur richesse est en fonction de la nature minéralogique (limon superficiel ou profond, cailloutis plus au moins abondants).
- Les sols alluviaux, dans les vallées, généralement profonds riches en éléments fins, faciles à travailler.
- Les sols de terrasse sur croûte calcaire ou gravileuse.
- Les sols alluviaux sur horizon sableux, argileux. Soumis à une forte insolation et à des précipitations brutales. Les sols du Souss, généralement riche en calcaire, ont une propension lorsque le lessivage croît (par irrigation notamment) à former un horizon d'accumulation pouvant dégénérer en croûte calcaire. Ces croûtes apparaissent parfois sous forme de dalles conglomératique qui s'opposent à une mise en valeur économique.

### IV– Le climat

Le climat de la région est à prédominance aride mais il est également du type humide à hiver froid sur les sommets du Haut-Atlas Occidental. Le caractère aride est atténué par la proximité de l'Océan ainsi que par la protection contre les vents du Sud, assurée par la barrière montagneuse de l'Anti-Atlas.

#### 1. Les températures :

Les températures moyennes annuelles varient de 14°C sur le Haut-Atlas au Nord à 20°C sur l'Anti-Atlas au Sud. La température maximale journalière dans notre secteur d'étude a atteint 49°C et la température minimale descend jusqu'à 3°C au dessous de zéro (tableau n°1).

Postes	Agadir	Barrage Abdelmoumen	Barrage Aoulouz	Issen Pont	Taroudant	Barrage Youssef Ben Tachfine
T (°C)	18,3	20,6	19,9	19,3	19,7	19,9

**Tableau 1: Températures moyennes annuelles dans la région d'action d'ABHSM**

## 2. L'évaporation :

L'évaporation moyenne annuelle est de 1 400 mm en montagne. Le minimum est enregistré au mois de janvier avec une moyenne de 35 mm, tandis que le maximum est enregistré en juillet avec une moyenne de 240 mm.

## 3. Le vent :

La région est relativement ventée. Des vents d'Est chauds, communément appelés Chergui, peuvent souffler en été et en automne. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 3 km/h en montagne et 5 km/h en plaine. Elle peut atteindre au piémont des montagnes près de 8 km/h.

# V - RESEAU HYDROGRAPHIQUE

## 1. Introduction

Grâce à des altitudes importantes, et un relief à pentes généralement raides, le Haut-Atlas occidental est le siège d'un très grand nombre de cours d'eau dont le rôle principal est l'évacuation de la totalité de la pluie efficace engendrée sur les hauts massifs généralement peu perméables.

Ces cours d'eau entaillent pour l'essentiel le piémont de la chaîne en s'organisant en deux systèmes : l'un se jette directement dans l'Océan atlantique ; il s'agit essentiellement des oueds Tamhart, Tinkerte et Iguenzoullen, et l'autre rejoint directement l'oued Souss au Sud de la chaîne. L'essentiel du réseau hydrographique de ce deuxième système (entre Agadir et Taroudant) est constitué en plus de oued Issen, le sujet de notre étude, de Senagha, Aoukourta, Beni Mohamed, Erguitten et El Ouaar.

Le tracé de ce deuxième réseau, comme le montre la figure 6, résulte de nombreux facteurs dont les plus importants sont l'alluvionnement, l'abondance et la violence des crues (Dijon, 1968). L'examen de cette figure montre que :

- Parmi tous les bassins des affluents atlasiques, celui de l'oued Issen est le plus clairement individualisé grâce notamment à sa superficie importante et au grand nombre d'affluents qu'il reçoit.
- La densité du chevelu et sa ramification sont surtout importantes au niveau de la chaîne (arborescence importante), ce qui pourrait accentuer la brutalité des crues, surtout en cas de pluies homogènes arrosant la quasi-totalité du versant Sud de cette chaîne.
- Tous ces affluents sont sensiblement orientés N-S avec une tendance à l'inflexion vers l'Ouest. Ils rejoignent tangentiellement l'oued Souss dont le cours principal a une direction E-W.
- Cet ensemble hydrographique traverse une suite de terrains généralement peu perméable où les couches perméables sont relativement peu épaisses. Leurs crues atteignent donc la plaine sans être amoindries si elles n'ont pas été altérée par des constructions ou des

déviations. L'infiltration a donc tendance à s'exprimer surtout en plaine au niveau des cônes de déjection des oueds.

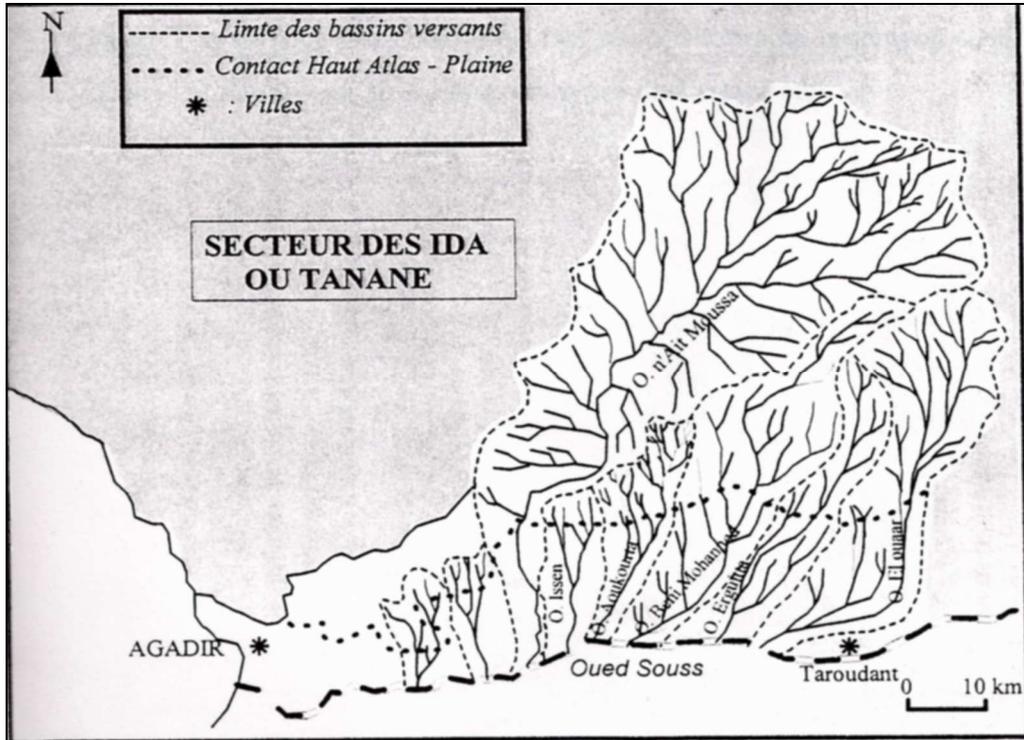


Figure 6: Réseau hydrographique du Haut-Atlas occidental et confluence avec l'oued Souss

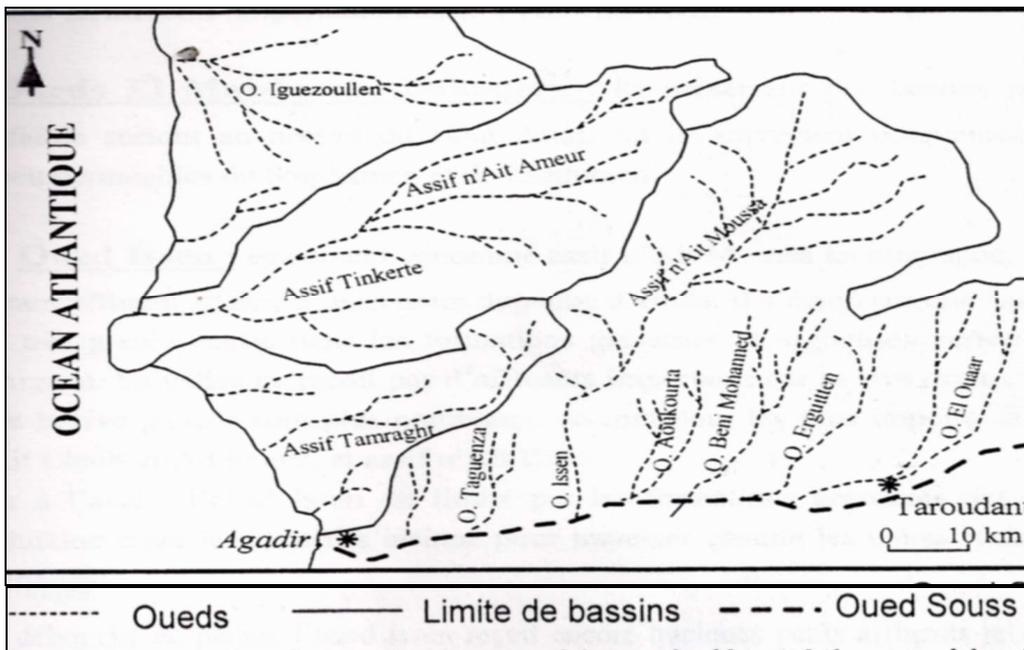


Figure 7: Carte du réseau hydrographique du Haut Atlas occidental

## 2. Le bassin versant de l'oued Issen

Le bassin versant de l'oued Issen au barrage Abdelmoumen, est définie comme la totalité de la surface topographique drainée par ce court d'eau et ses influents en amont du site du barrage.

L'orientation **NNE-SSW** de sa vallée, et sa situation entre les crêtes des plateaux de 1400 m à 1800 m vers l'ouest et les crêtes du massif ancien du Haut Atlas (plus de 3000 m d'altitude) vers l'Est, font que la vallée subit un fort effet d'abri pour la distribution des pluies. En effet, les moyennes annuelles des précipitations enregistrées au niveau de la station d'Amsoul sont toujours faibles par rapport à celle d'Abdelmoumen malgré son altitude importante. Cependant, la totalité des apports provient de sa rive gauche Haut-Atlasique la plus élevée et la mieux arrosée, comme le montre le faible développement du réseau hydrographique des affluents de sa rive droite.

L'étude des caractéristiques physiques de ce bassin semble intéressante dans la mesure où elle s'ont une incidence directe sur l'écoulement global de l'oued, ainsi que sur l'allure de ses hydrogrammes de crues. Plusieurs formules paramètres, tel l'indice de compacité de Gravelius  $K_c$ , permettent de faire un premier constat :

$$K_c = (0,28 * P) / S^{1/2}$$

**P** : Périmètre en km.

**S** : Surface en km<sup>2</sup>.

Le tableau 2 donne quelques caractéristiques physiques du bassin de l'Issen à la station d'Aguenza :

Périmètre	202km
Surface	1300 km
Indice de compacité $K_c$	1,56

**Tableau 2: caractéristiques physiques du bassin versant de l'oued Issen à la station d'Abdelmoumen**

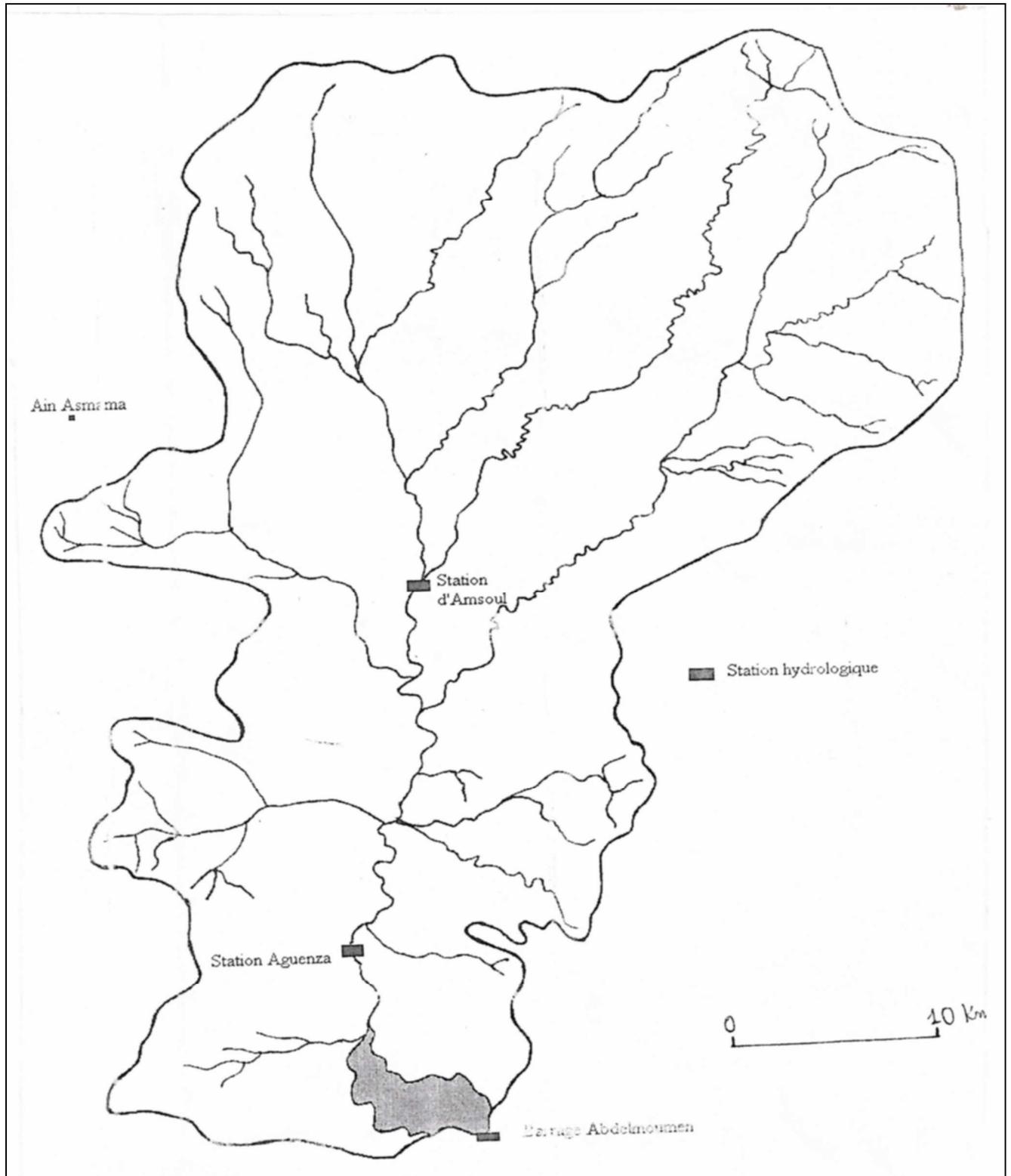


Figure 8: Bassin versant de l'oued Issen au barrage Abdelmoumen (E : 1/ 264500)

- **La courbe hypsométrique :**

Le manque de données hypsométriques de l'ensemble du bassin d'Issen jusqu'au barrage, nous a obligé d'établir la courbe hypsométrique jusqu'à la station d'Aguenza.

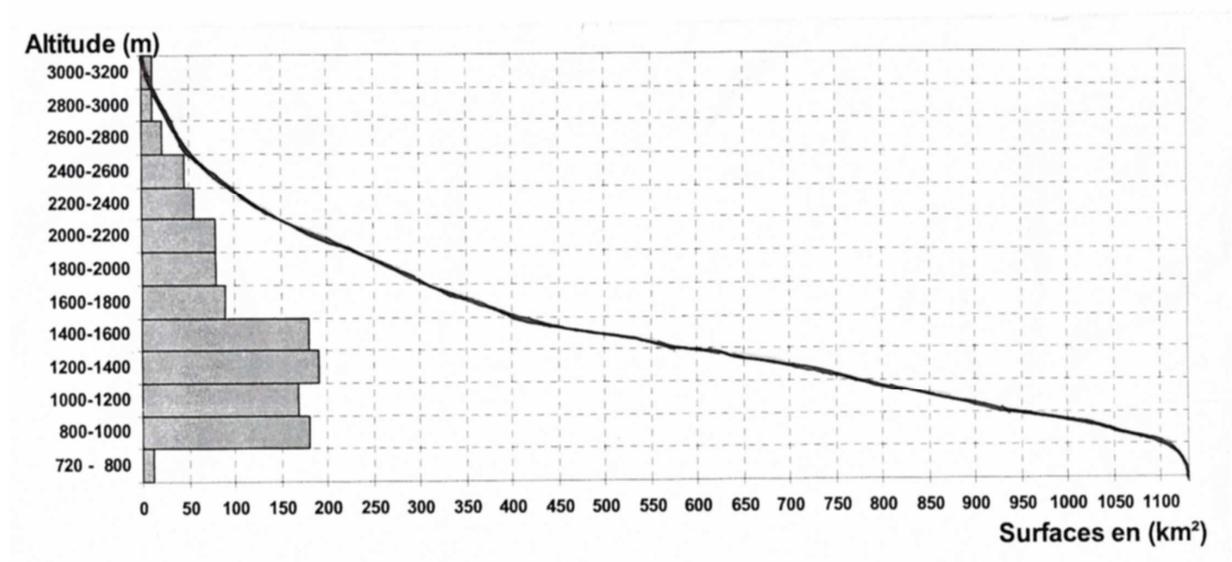
La courbe hypsométrique est obtenue en planimétrant les surfaces comprises entre les courbes de niveau et qui différencient les différentes tranches d'altitudes.

Chaque tranche d'altitude correspond à une superficie et un pourcentage de la surface totale du bassin.

Les mesures sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tranches d'altitudes (m)	Surfaces élémentaires (km <sup>2</sup> )	Fractions de surface (%)
720- 800	11,3	1
800-1000	180,8	16
1000-1200	169,5	15
1200-1400	192,1	17
1400-1600	180,8	16
1600-1800	90,4	8
1800-2000	79,1	7
2000-2200	79,1	7
2200-2400	56,5	5
2400-2600	45,2	4
2600-2800	22,6	2
2800-3000	11,3	1
3000-3200	11,3	1
Total	1129.9	100

**Tableau 3: Répartition hypsométrique du BASSIN-VERSANT d'Issen à Aguenza**



**Figure 9: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Issen à la station d'Aguenza**

La courbe hypsométrique est établie à partir du tableau ci-dessus en portant les tranches d'altitude (en m) en ordonnées et les fractions de surface (%) en abscisses ; elle est considérée comme une sorte de profil du bassin versant à partir duquel on peut tirer les constatations suivantes :

- Un relief montagneux élevé (plus de 1000 m) qui occupe 83 % du bassin alors que les surfaces plus basses (moins de 1000 m) occupent 17%
- L'altitude moyenne est de : **1517 m**
- L'altitude médiane : **1490 m**
- L'altitude de fréquence maximale : **1200 à 1400 m**

L'analyse du tableau ainsi que la courbe hypsométrique du bassin de l'Issen à la station d'Aguenza, montre que cet important cours d'eau accuse des pentes très fortes ; la dénivellation est importante : les altitudes varient de 3200 à 800 m, ce qui confère un caractère assez violent aux crues de l'oued.

### • Le rectangle équivalent :

Il s'agit d'une transformation purement géométrique du bassin en un rectangle de longueur L et de largeur l ayant le même périmètre et la même surface que le bassin versant. Les courbes de niveau sont parallèles aux petits côtés et l'exutoire sera un de ces petits côtés du rectangle.

$$L = [Kc (A)^{1/2} / 1.12][1 + (1 - (1.12 / Kc)^2)^{1/2}]$$

$$l = [Kc (A)^{1/2} / 1.12][1 - (1 - (1.12 / Kc)^2)^{1/2}]$$

Avec, Kc : indice de compacité et A : la surface du bassin

Pour le bassin versant d'Issen au barrage d'Abdelmoumen : L=91.32 km ; l=14.25km. Ce résultat confirme que ce bassin est 6 à 7 fois plus long que large.

### • La Pente Moyenne :

La pente influence puissamment l'importance de l'écoulement. Lorsque la pente augmente, l'écoulement s'accélère vers le bas.

La pente moyenne est donnée par les moyennes pondérées des pentes de toutes les surfaces élémentaires :

$$P \text{ (Pente moyenne)} = Dt/L$$

Avec : L la longueur du rectangle et Dt la dénivellée totale, on trouve P = 0,027.

P est la pente moyenne de tout le bassin. Les versants montagneux auront des pentes fortes et le cours principal une pente relativement douce.

Le bassin versant de l'oued Issen est équipé de cinq stations pluviométriques ou hydrométriques :

- **La station d'Amsoul** : mise en service depuis 1978/79, elle contrôle une superficie de 480 km<sup>2</sup>.
- **La station d'Ikakern** : mise en service depuis 1965/66.
- La station d'Argana** : c'est la station la plus ancienne dans la région d'Issen, mise en service depuis 1932/33.
- **La station d'Aguenza** : mise en service depuis 1979/80 après l'inondation de la station de Bigoudine (mise en service depuis 1969), son bassin versant est de 1130 km<sup>2</sup>.
- **La station d'Abdelmoumen** : mise en service depuis 1981/82, à quelques kilomètres seulement en aval de la station d'Aguenza.

# **PARTIE 2**

## **ANALYSE HYDRO-PLUVIOMETRIQUE ET BILANS HYDROLOGIQUES**

## **CHAPITRE 1 : Traitement des données hydro-pluviométriques**

### **A. Présentation de l'étude :**

La dernière mise à jour générale des ressources en eau de surface du Souss Massa a été faite en 1985 (étude du plan directeur intégré d'aménagement des Eaux des Bassins Sous et Massa 1988). La dernière étude a eu pour objectif d'actualiser les potentialités des ressources en eau en intégrant les données récentes.

L'étude se compose de deux missions principales :

- Mission 1 : Critique et actualisation des données hydroclimatologique.
- Mission 2 : Détermination des apports des bassins et du potentiel global des eaux de surface.

Le présent rapport tient compte de la mission 1 qui se compose des trois volets suivants :

- Mission 1-a : Critique des données pluviométriques
- Mission 1-b : Critique des données hydrométriques
- Mission 1-c : Elaboration des bilans hydrologiques

### **B. Présentation de la zone de l'étude :**

La zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss-Massa comporte généralement quatre grandes entités hydrologiques : le bassin de Souss, le haut Atlas occidental (Tamri, Tamraght), le bassin de Massa et les bassins côtiers situés entre Tiznit et Ifni. Cette zone s'étend sur une surface de 27880 km<sup>2</sup>. Mais notre étude portera sur le Haut-Atlas occidental notamment la région d'Issen.

Dans l'ensemble, la région de Souss Massa se caractérise par un climat semi-aride à aride. La distribution pluviométrique répond à un gradient Nord Ouest- Sud Est, perturbé par l'effet de l'altitude notamment dans le versant Nord d'oued Souss. La pluviométrie varie entre 200 mm au Sud et 700 mm dans les sommets du haut Atlas.

L'hydrologie des oueds de la région se caractérise par l'extrême irrégularité du régime des cours d'eau. Les débits d'étiage sont très faibles et les débits des crues sont très importants.

## **C. Critique des données pluviométriques :**

### **1) Les données disponibles :**

Les données pluviométriques de notre secteur d'étude sont récapitulées dans le tableau 4. Elles se composent des données collectées du plan directeur de 1985 auxquelles on a ajouté les données récentes. Ces dernières ont été collectées auprès de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa ;

Les données hydro-pluviométriques correspondent à des mesures qui ont été prises au niveau d'un certain nombre de stations du bassin d'Issen, au cours d'une série d'années variable selon les stations.

### **2) Traitement des données :**

La variable pluie est exprimée aux pas de temps journalier mensuel et annuel. Le traitement se fera donc progressivement en agrégeant les données journalières en données mensuelles qui seront à leur tour agrégées en données annuelles.

Pour notre étude de ce bassin versant, nous nous sommes servies des données de cinq stations dont la répartition spatiale est illustrée par la carte représentée sur la figure 10, et qui sont du Nord vers le Sud Amsoul, Ikakern, Argana, Aguenza, et Abdelmoumen. Ces stations vont fournir des données plus ou moins nombreuses.

Sur le bassin versant d'Issen, la pluviométrie est très irrégulière dans le temps et dans l'espace ; en plus plusieurs postes présentent des observations interrompues pendant certaines années ou plusieurs mois d'une année, ce qui rend parfois les séries inexploitable. Les régions montagneuses difficilement accessibles ont été équipées de pluviomètres totaliseurs ; quelques stations principales sont en revanche munies de pluviomètres observés de façon continue en cas de précipitations.

Avant leur utilisation, il est important donc de vérifier l'homogénéité et la fiabilité des données pluviométriques dont on dispose. Celles-ci couvrent une période allant de 1966 à 2001, parsemée, parfois, de quelques lacunes plus ou moins nombreuses.

Des éventuelles séquences erronées, ou comblées arbitrairement par l'observateur, peuvent être observées en périodes troublées, à la mise en place d'une station ou d'un nouvel observateur. Parfois encore, une importante erreur de saisie ou de copie peut fausser le résultat d'une année.

Il faut reconnaître, cependant, qu'il est assez délicat, dans le travail de détection d'anomalies, de distinguer entre des fluctuations naturelles et des erreurs.

Pour résoudre ce problème, on a essayé de comparer entre elles les données pluviométriques des stations choisies, qui sont voisines géographiquement et de faire des corrélations qui vont nous donner une idée sur la qualité des données accumulées. Aussi on a essayé de regrouper les données de la même tranche de temps dans les cinq stations du bassin. Ces données couvrent en gros des périodes variables allant de 1966 à 2001.

Le tableau suivant montre les périodes d'observation des cinq stations dont on dispose:

Station	N° IRE	Périodes d'observation (Incluant les manques)	X	Y	Z
AGUENZA	201	1981-2001	138,8	422	720
AMSOUL	1020	1977-2001	148,5	432	860
ARGANA	1176	1969-2001	143,3	425	750
IKAKERN	4336	1966-2001	159,7	431	1100
ABDELMOUMEN	7807	1967-2001	136	414	700

**Tableau 4: périodes d'observation des cinq stations du bassin d'Issen**

Notons que le comblement des périodes manquantes du barrage Abdelmoumen à l'échelle mensuelle sont faites à l'aide des équations de régression ayant le meilleur coefficient de corrélation.

- **Test des double-cumuls :**

Ce test suppose que l'homogénéité des précipitations annuelles d'un station quelconque, soit vérifié par comparaison avec les données d'une station de référence sur une même période. Le test de doubles cumuls permettra donc de déceler d'éventuelles ruptures dans l'homogénéité des séquences relevées, et de déterminer graphiquement la relation entre les données des deux points du bassin. La fonction est linéaire pour une corrélation parfaite. En cas d'erreur d'estimation ou de déficit systématique, on a une cassure dans la courbe, dont la cause reste à déterminer.

Les postes de références sont généralement choisis en fonction de leur période d'observation qui doit être la plus longue, ainsi que par rapport aux coefficients de corrélation qui doivent être élevés entre ces postes et les autres.

Pour notre exemple, on va choisir les cinq stations déjà citées de la totalité du bassin versant d'Issen, dont les données, ont déjà été revues et corrigées par l'administration de l'Agence Hydraulique d'Agadir. Ces stations sont aussi les seules qui ont fourni des séries presque complètes de 1966 à 2001. Par ailleurs, on a cherché les coefficients de corrélation liant les hauteurs de pluies mensuelles des cinq stations étudiées (tableau n° 5).

Stations	Coefficient de corrélation (r)
Amsoul _ Ikakern	0,86
Amsoul _ Argana	0,92
Amsoul _ Aguenza	0,94
Amsoul _ Abdelmoumen	0,82
Ikakern _ Argana	0,88
Ikakern _ Abdelmoumen	0,71
Argana _ Abdelmoumen	0,8
Aguenza _ Ikakern	0,82
Aguenza _ Argana	0,94
Aguenza _ Abdelmoumen	0,92

**Tableau 5: Coefficients de corrélation entre les pluies mensuelles des stations d'Issen**

On remarque que dans l'ensemble, les coefficients de corrélations sont importants entre les diverses stations. Ils témoignent de l'existence d'une liaison significative entre les différentes séries de précipitations mensuelles dans le bassin. Le seul coefficient modéré est celui d'Ikakern par rapport à Abdelmoumen. La première station présente une pluviométrie plutôt faible (251mm) par rapport à leur altitude (1100m) ; ceci est dû à un effet d'abri connu pour cette station du Haut-Atlas.

Sur la figure 10, nous avons illustré les résultats des tests des double-cumuls entre les diverses stations. Ces résultats montrent que la quasi-totalité des postes offrent des données plutôt homogènes et ne présentant pas d'anomalies notables.

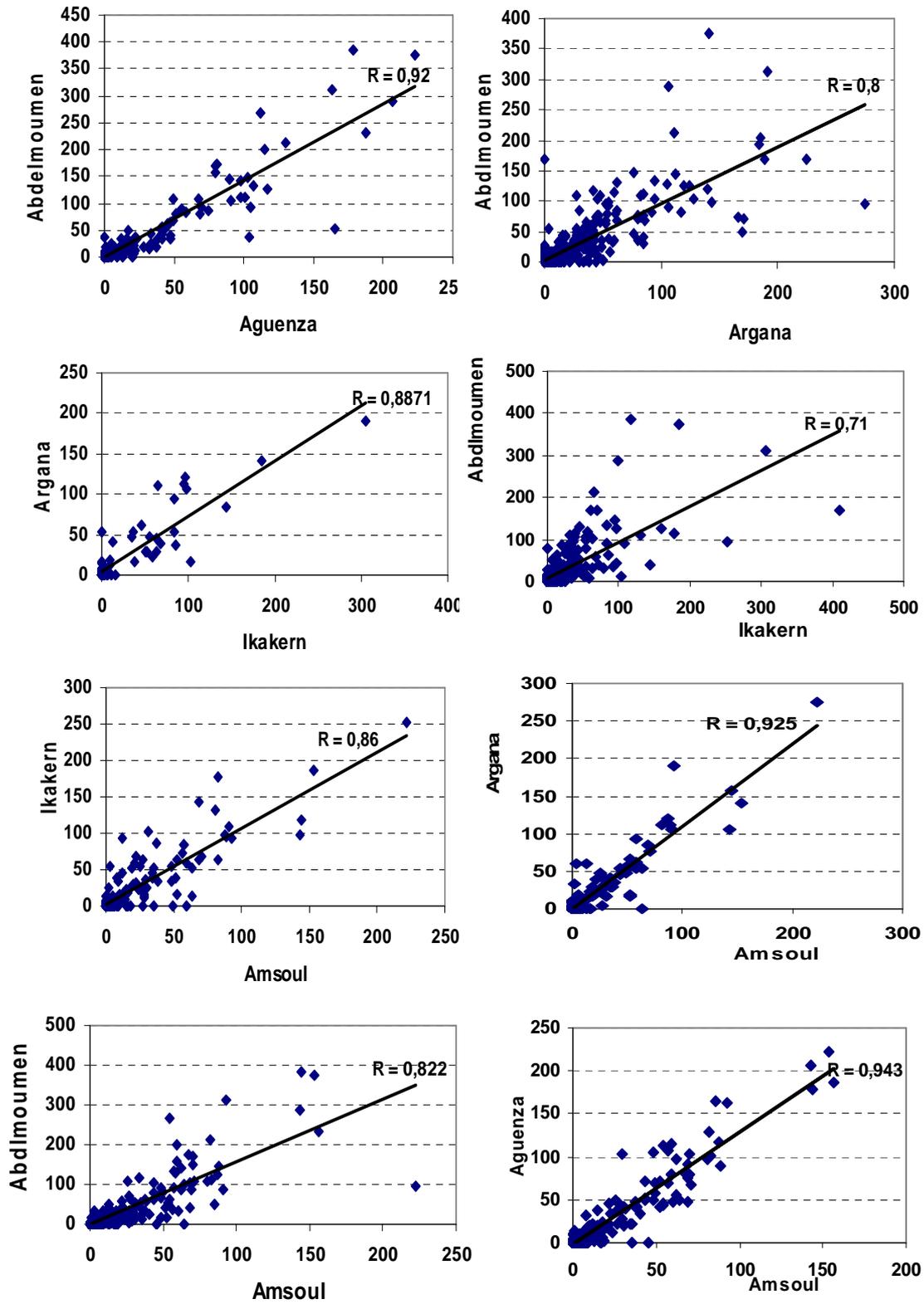


Figure 10: Corrélations entre les pluviométries mensuelles des différentes stations du bassin d'Issen deux par deux

### 3) Hauteurs des précipitations annuelles et leurs variations :

La quantité d'eau reçue par le bassin est un élément de base important pour caractériser son climat. Les précipitations moyennes annuelles sont obtenues à partir de la somme des moyennes mensuelles.

Le tableau en annexe donne la répartition de la pluviométrie moyenne annuelle pour une période variable selon les postes d'observations.

#### a) Station d'Ikakern

La pluviométrie annuelle varie de 50.1mm en 1976/77 à 635.5 mm en 1996/97 pour une série d'observation de 1971/72 à 2000/01 avec des lacunes pour les années 72/73 à 74/75, 85/86 à 88/89, 90/91 à 93/94 et 99/00 à 2000/01. La moyenne interannuelle est **251.1mm**. Signalons que la pluviométrie est faible malgré l'altitude assez élevée de la station (1100 m), cela est dû au fait que la station est abritée par un relief montagneux car installée au fond de la vallée. Le coefficient de variation Dans cette station égal à 0,7.

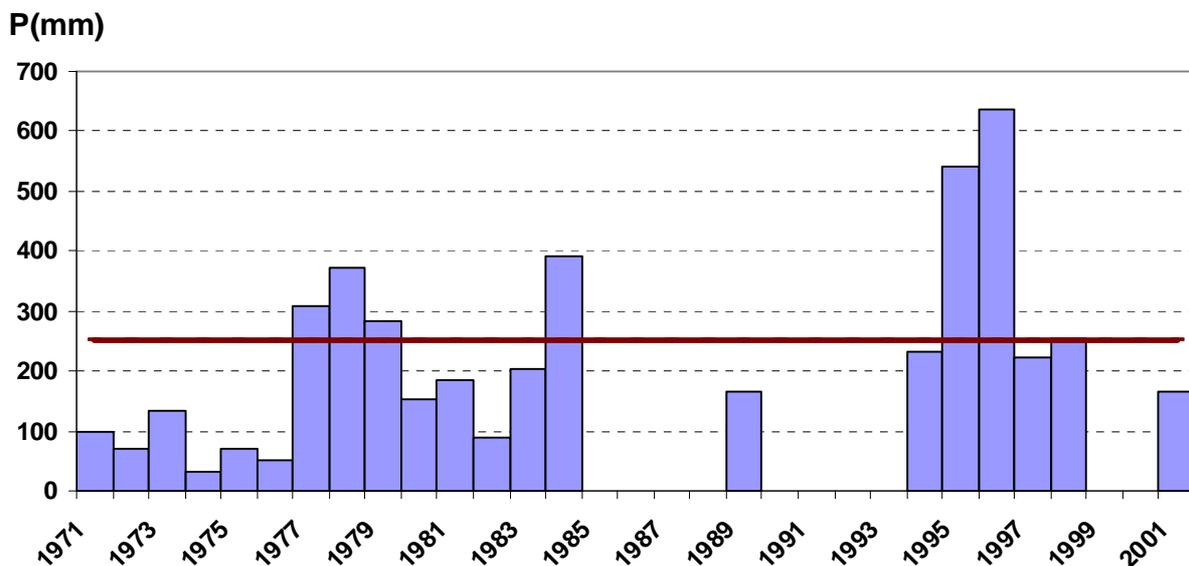


Figure 11: Variation des précipitations annuelles à la station d'Ikakern

#### b) Station d'Amsoul

Les précipitations varient de façon irrégulière d'une année à l'autre avec une moyenne inter-annuelle de **211.6 mm**. Pour une série d'années de 1977/78 à 2000/01, le maximum pluvieux de **480,7 mm** a été enregistré en 95/96 et le minimum de 86,6 mm en 92/93. Le coefficient de variation égal à 0,5.

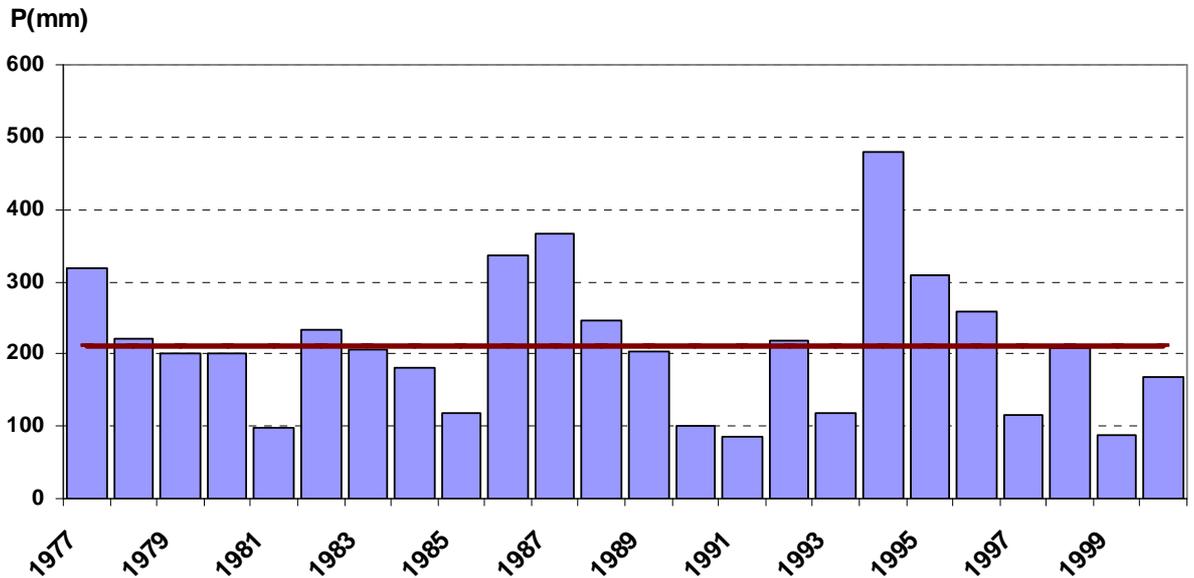


Figure 12: Variation des précipitations annuelles à la station d'Amsoul

### c) Station d'Argana

Pour une période d'observation allant de 1973/74 à 2000/01, cette station présente des lacunes des données pluviométriques pour les années 83/84 à 95/96. La moyenne inter-annuelle est de **229.6 mm** avec un maximum de 458 mm en 95/96 et un minimum de 73.3 mm en 74/75. Sa pluviométrie montre qu'elle ne souffre pas d'un effet d'abri, car elle reçoit des précipitations conformes à son altitude (750 m). Le coefficient de variation à la station d'Argana égal à 0,5.

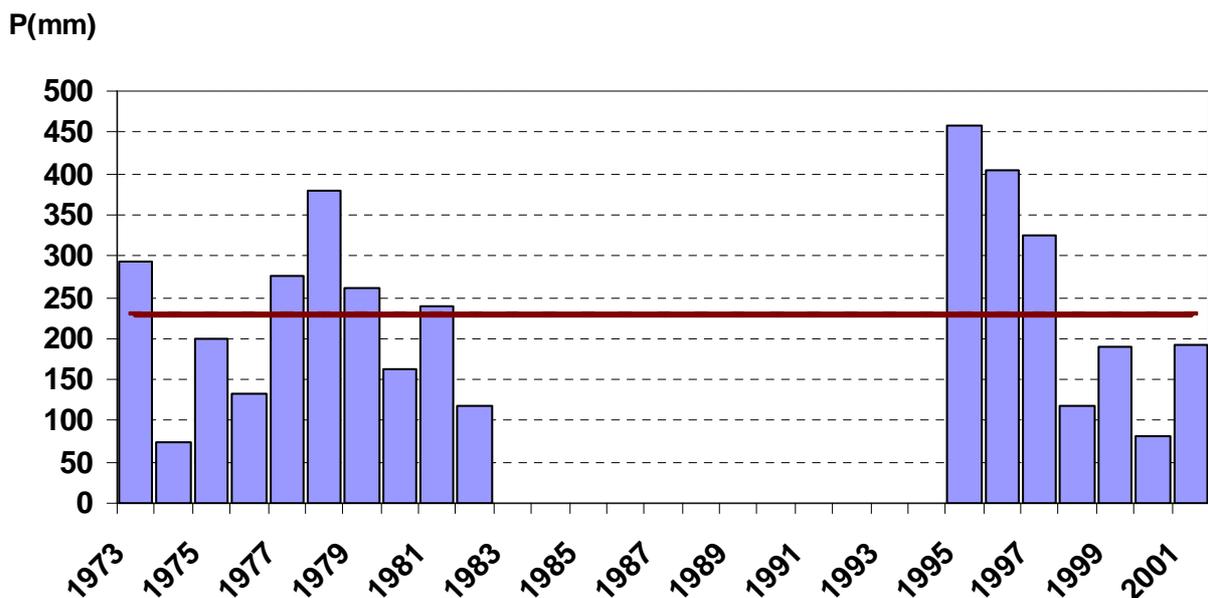


Figure 13: Variation des précipitations annuelles à la station d'Argana

### d) Station d'Aguenza

Malgré son altitude moins élevée (720 m), cette station présente une pluviométrie assez importante. Les données s'étalent sur une période allant de 1981/82 à 2000/01 avec un maximum de 650.9mm en 95/96 et un minimum de 47.2mm en 82/83 et dont le module annuel est **247 mm**. Sa pluviométrie montre qu'il ne souffre pas d'effet d'abri, donc elle reçoit des précipitations conformes à son altitude. Le coefficient de variation égal à 0,5.

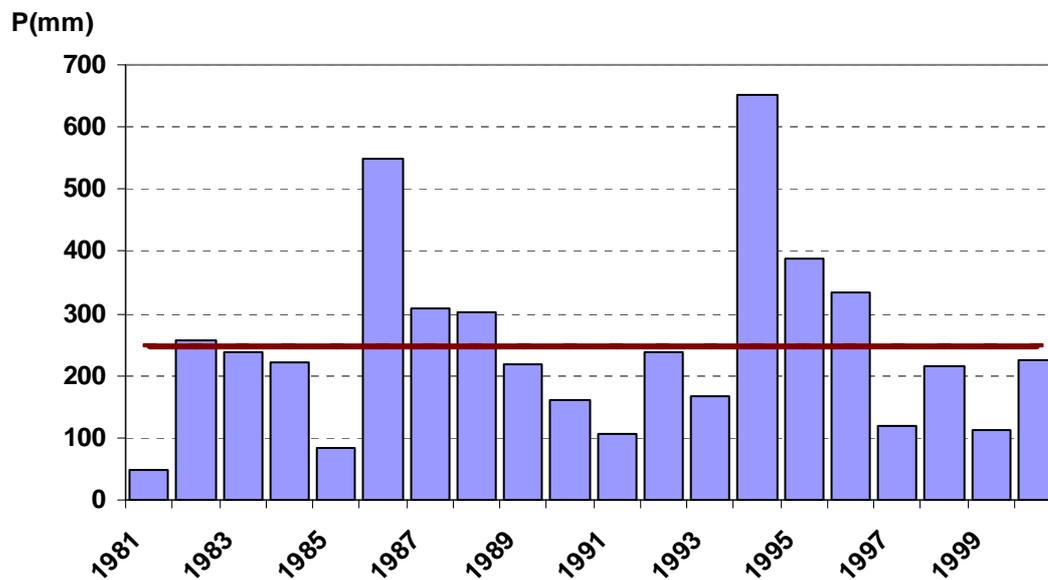


Figure 14: Variation des précipitations annuelles à la station d'Aguenza

### e) Station d'Abdelmoumen

C'est le barrage installé sur le cours principal et c'est l'exutoire du bassin versant, donc le point le plus bas (700 m). La période d'observation s'étale de 1967/68 à 2000/01 avec un module pluviométrique annuel de **288 mm**; le maximum pluvieux est de 1042 mm en 1995/96 et un minimum de 51 mm en 1974/75. Le coefficient de variation ne dépasse pas 0,7.

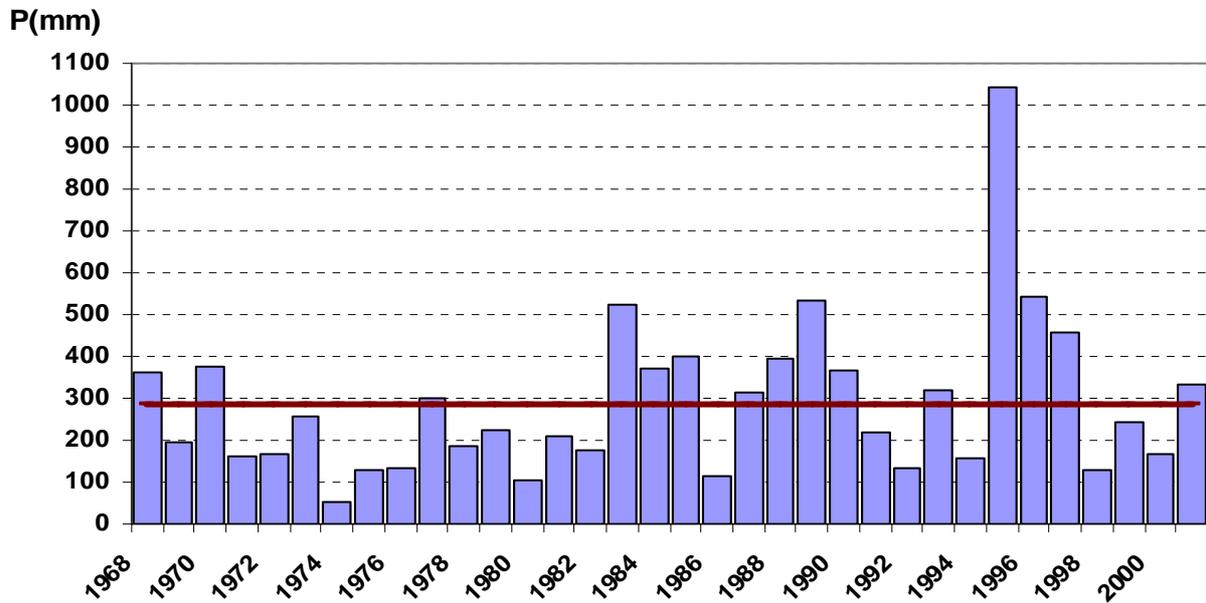


Figure 15: Variation des précipitations annuelles à la station d'Abdelmoumen

#### 4) Précipitations moyennes mensuelles et leurs variations :

Les moyennes mensuelles inter-annuelles ont été obtenues à partir des moyennes mensuelles annuelles selon la période d'observation pour chaque station.

##### a) Station d'Ikakern

Les mois de novembre à mars sauf février dépassent la moyenne qui est de 18,8 mm avec deux pics en janvier (37,7 mm), et mars (35,8 mm). Les mois juin et juillet sont les plus secs n'atteignant pas 1 mm (Fig.16).

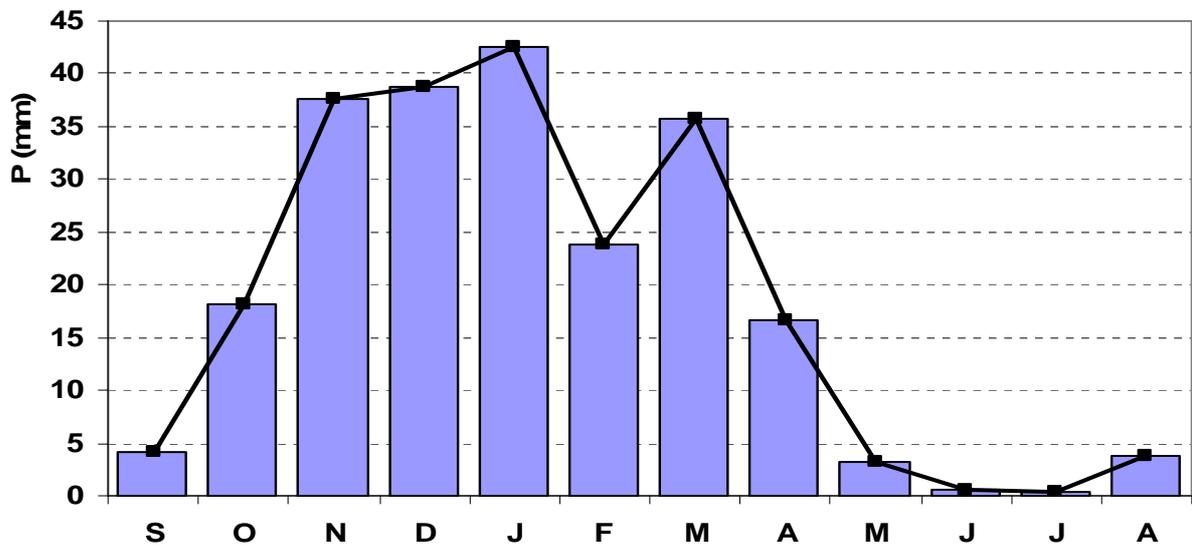


Figure 16: Variation des précipitations mensuelles à la station d'Ikakern

### b) Station d'Amsoul

La figure 17 montre une variation irrégulière de précipitations mensuelles avec une moyenne de 17,7 mm. Les mois d'octobre à mars dépassent la moyenne avec deux pics en janvier et mars. Les mois de juin, juillet et août étant les plus secs ne dépassant pas 5 mm. Il s'agit donc d'un régime pluvial à deux pics, l'un d'automne-hiver et l'autre du printemps.

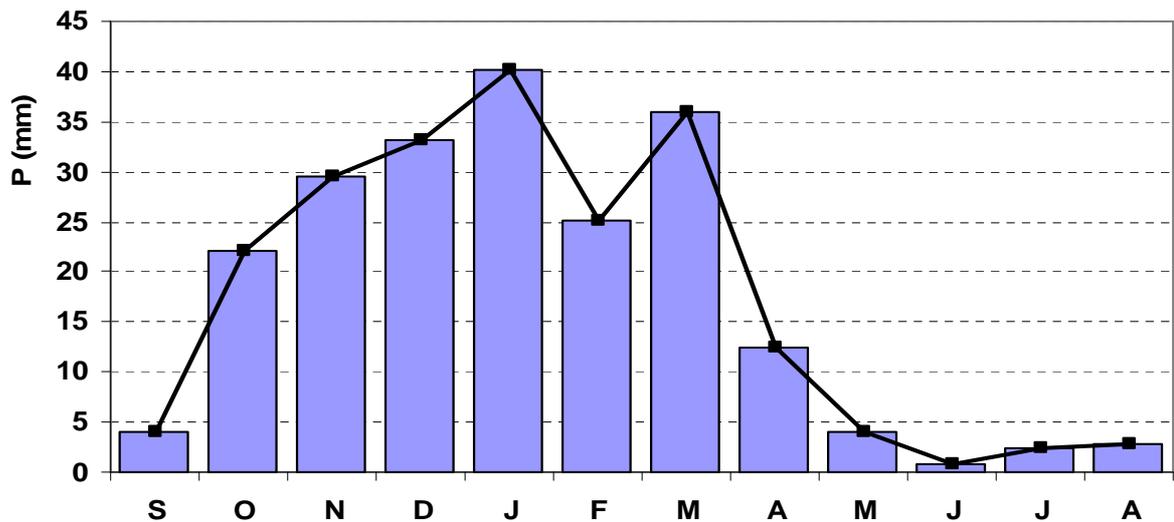


Figure 17: Variation des précipitations mensuelles à la station d'Amsoul

### c) Station d'Argana

Elle présente deux pics en janvier et en mars dont celui de l'hiver est le mieux individualisé. La moyenne mensuelle de cette station est de 19,1 mm. Le mois le plus sec étant juin avec 0,6 mm (Fig. 18).

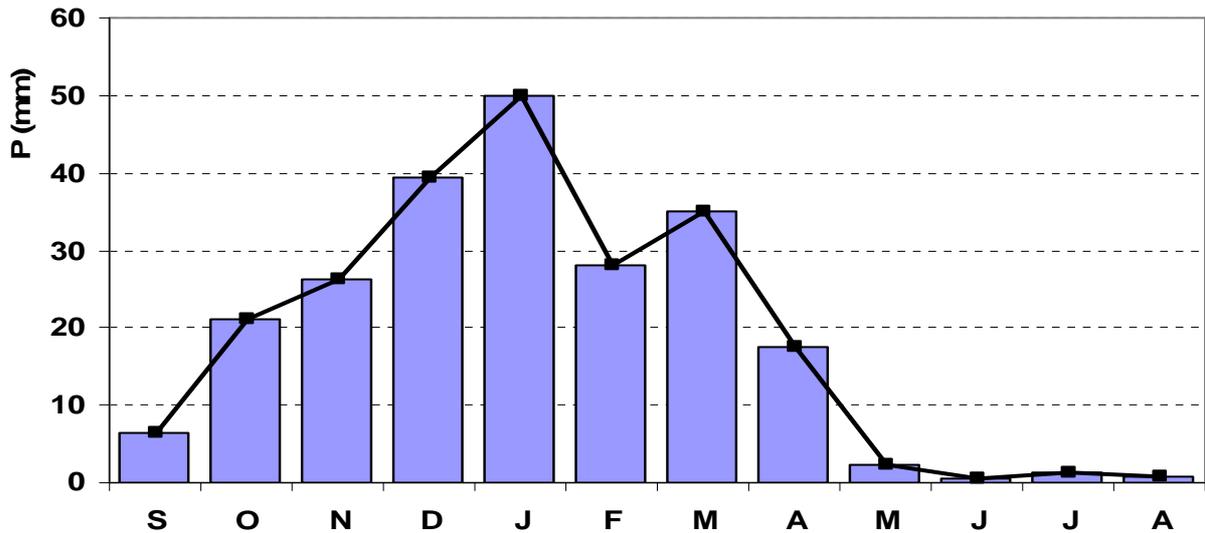


Figure 18: Variation des précipitations mensuelles à la station d'Argana

### d) Station d'Aguenza

Sur l'ensemble de cette station, les précipitations moyennes mensuelles ne dépassent pas 60 mm avec une moyenne de 21,4 mm. Ces précipitations montrent une variation irrégulière, avec deux pics en décembre (58 mm) et mars (43 mm). Le mois de juillet étant le plus sec, il ne dépasse pas 0,5 mm.

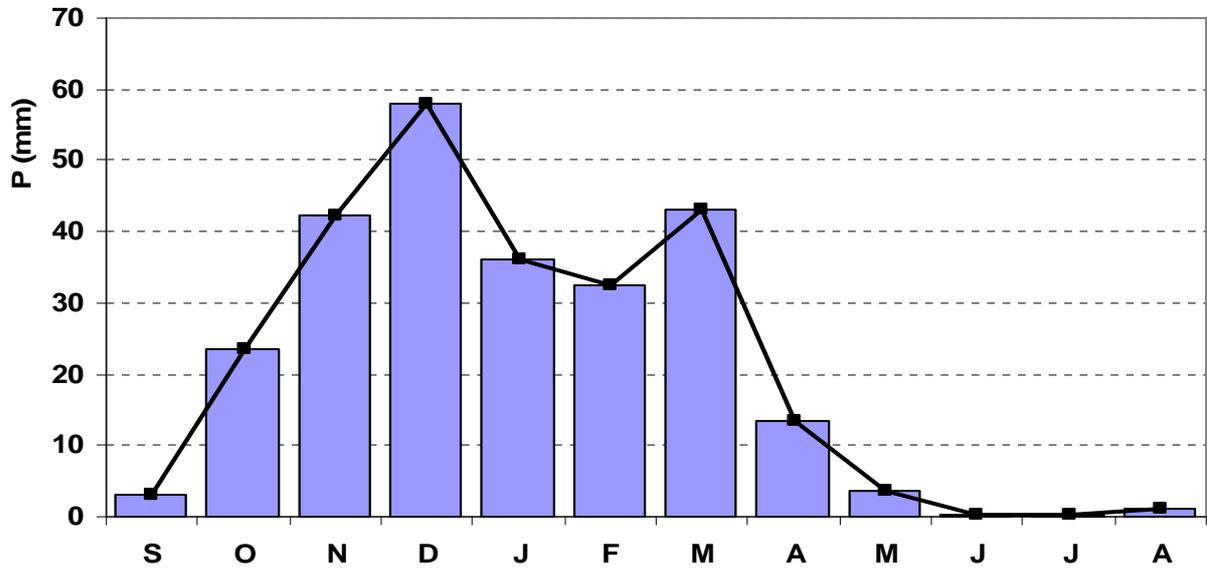


Figure 19: Variation des précipitations mensuelles à la station d'Aguenza

### e) Station d'Abdelmoumen

La variation de la pluviométrie mensuelle présente un pic bien individualisé en décembre. La moyenne est de 24,1 mm. Les mois de novembre à mars dépassent cette moyenne, le mois de juin, juillet et août sont les plus secs (Fig.20).

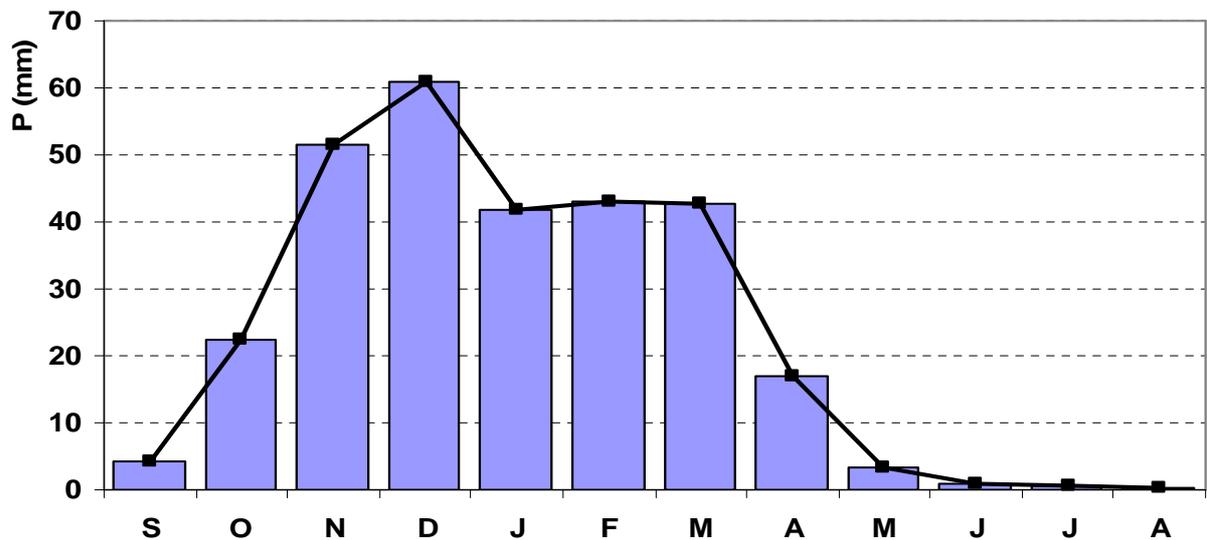


Figure 20: Variation des précipitations mensuelles à la station d'Abdelmoumen

## 5) Les précipitations à l'échelle du bassin versant :

### • Les précipitations mensuelles

Le traitement des données pluviométriques de chaque station, nous a permis d'élaborer le module pluviométrique mensuel et saisonnier à l'échelle du bassin d'Issen. Le tableau 6 montre les résultats obtenus :

Stations	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>Ikakern</b>	4,2	18,2	37,7	38,8	42,5	23,8	35,8	16,7	3,2	0,5	0,4	3,7
<b>Amsoul</b>	4,1	22,0	29,5	33,2	40,3	25,2	36,1	12,4	3,9	0,7	2,4	2,7
<b>Argana</b>	6,5	21,1	26,3	39,4	50,0	28,2	35,0	17,4	2,4	0,6	1,3	0,8
<b>Aguenza</b>	3,0	23,5	42,3	58,0	36,1	32,5	43,0	13,3	3,7	0,4	0,3	1,1
<b>Abdelmoumen</b>	4,1	22,4	49,2	60,8	41,8	43,5	42,4	16,2	3,1	0,8	0,7	0,4
<b>Moy. mensuelle</b>	<b>4,4</b>	<b>21,5</b>	<b>37,0</b>	<b>46,0</b>	<b>42,1</b>	<b>30,6</b>	<b>38,4</b>	<b>15,2</b>	<b>3,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>1,7</b>
<b>Moyenne saisonnière</b>	<b>62,8</b>			<b>118,8</b>			<b>56,9</b>			<b>3,4</b>		

**Tableau 6: Les précipitations mensuelles et saisonnières du bassin d'Issen en amont du barrage Abdelmoumen**

A l'échelle du bassin versant d'Issen, la variation des précipitations mensuelles est illustrée par la figure 21. Cette dernière montre des histogrammes qui reflètent une variation de la pluviométrie durant toute l'année. On peut ainsi distinguer deux périodes :

- Une période humide et pluvieuse qui s'étend depuis le mois d'octobre jusqu'au mois de mars avec des hauteurs dépassant 21mm.
- Une période sèche depuis le mois d'avril jusqu'en septembre avec des hauteurs inférieures à 16 mm.

Les écoulements devraient donc être importants en automne-hiver sauf si les pluies sont en partie nivales et si les formations géologiques du bassin retiennent l'eau en hiver pour la restituer en été.

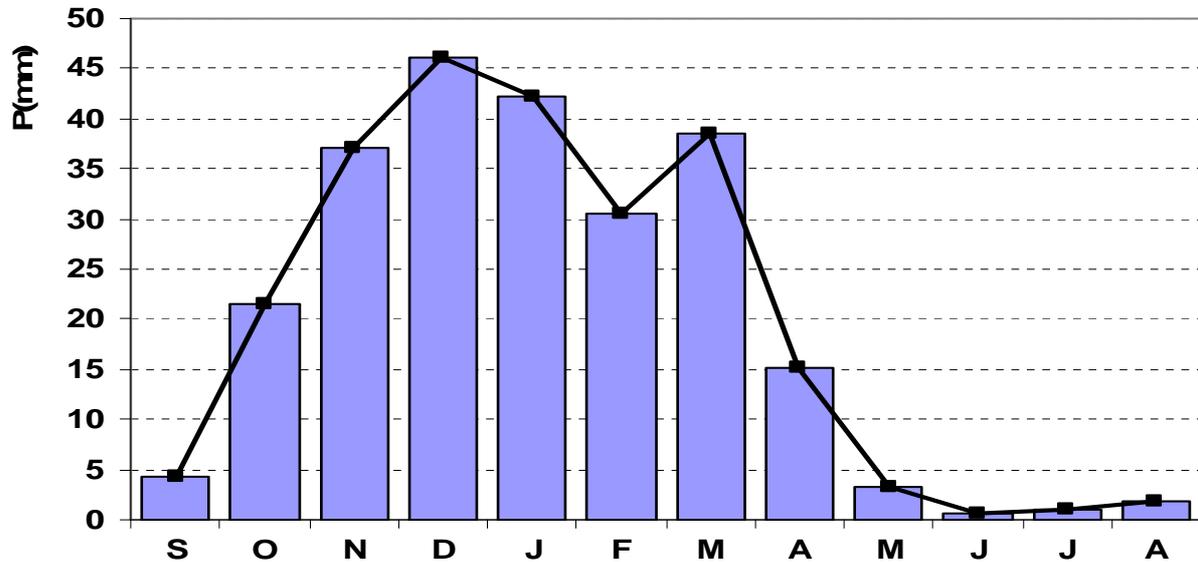


Figure 21: variation des précipitations mensuelles à l'échelle du bassin d'Issen

- Les précipitations saisonnières

D'après la figure 22, on remarque que le bassin d'Issen est arrosé durant toutes saisons sauf l'été où les précipitations sont très rares. Les précipitations augmentent depuis l'automne jusqu'en hiver avec un maximum de 118,8 mm puis diminuent du printemps à l'été avec un minimum de 3,4 mm

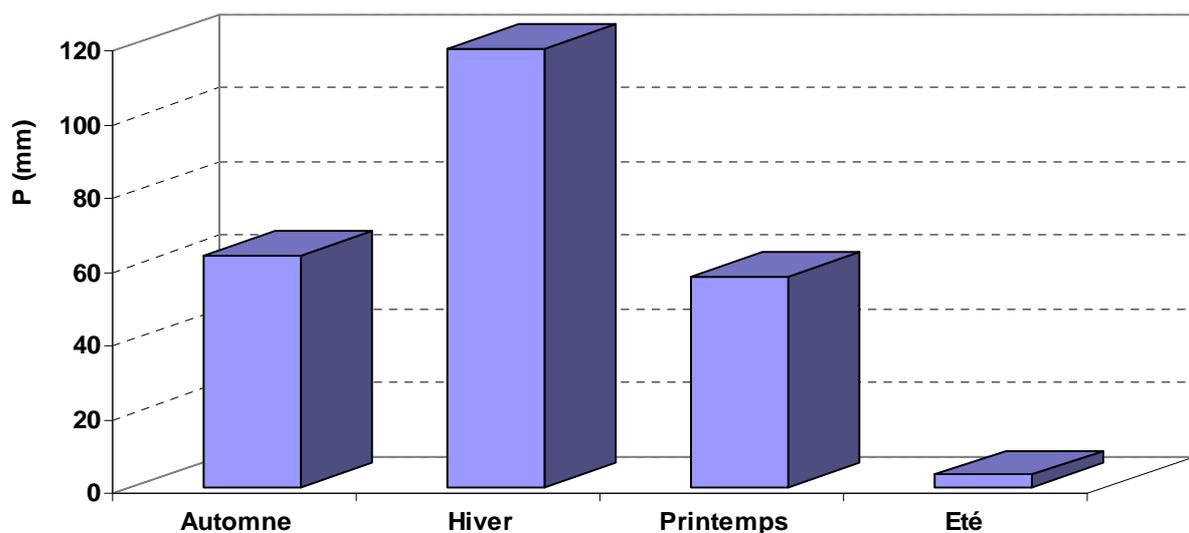


Figure 22: Répartition saisonnière des précipitations à l'échelle du bassin d'Issen

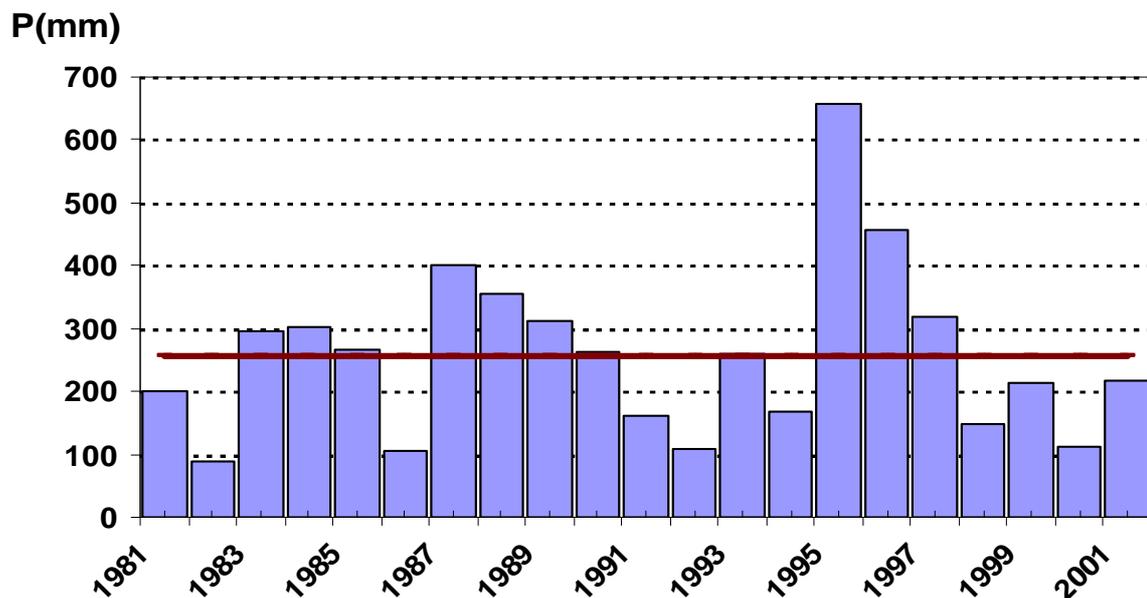
## • Les précipitations annuelles

D'après le tableau ci-dessous, qui représente les modules annuels des précipitations de chaque station, on remarque que les hauteurs pluies varient selon les stations.

Station	Ikakern	Amsoul	Argana	Aguenza	Abdelmoumen
Module annuel	<b>251.1mm</b>	<b>211.6 mm</b>	<b>229.6 mm</b>	<b>247. mm</b>	<b>287.9mm</b>

**Tableau 7 : Modules annuels des précipitations de chaque station**

D'après les tableaux des précipitations annuelles de toutes les stations du bassin d'Issen selon les périodes d'observations (annexes), on a pu établir la courbe qui illustre le régime pluviométrique interannuel du bassin en y intégrant les données des cinq stations (Fig.23) :



**Figure 23: Variation des précipitations annuelles dans le bassin d'Issen**

Les précipitations varient d'une façon irrégulière d'une année à l'autre avec un module annuel de **257.5 mm**. Les années les plus humides dont les précipitations dépassent en moyenne 250 mm sont : 83/84, 84/85, 87/88 à 89/90, 95/96 à 97/98 et les années 82/83, 86/87, 92/93, 2000/2001 sont les plus sèches avec des précipitations inférieures à 150 mm.

## D. Critique des données hydrométriques

A l'instar de ce qui a été fait pour les données pluviométriques, nous avons considéré deux stations hydrologiques de notre bassin, qui sont Aguenza et barrage Abdelmoumen (fig. 8), pour une étude des débits mensuels et annuels.

### 1) Les débits moyens annuels :

#### a) Station d'Aguenza

Pour une période d'observation allant de 1979/80 à 99/00 soit 21 ans, la valeur moyenne annuelle de l'écoulement est de l'ordre **2,1m<sup>3</sup>/s**. On note que les années 87/88, 94/95 et 96/97 dépassent largement cette moyenne alors que 7 années sur 21 ont connu des écoulements inférieures à 1 m<sup>3</sup>/s avec un minimum de 0 m<sup>3</sup>/s enregistré en 82/83.

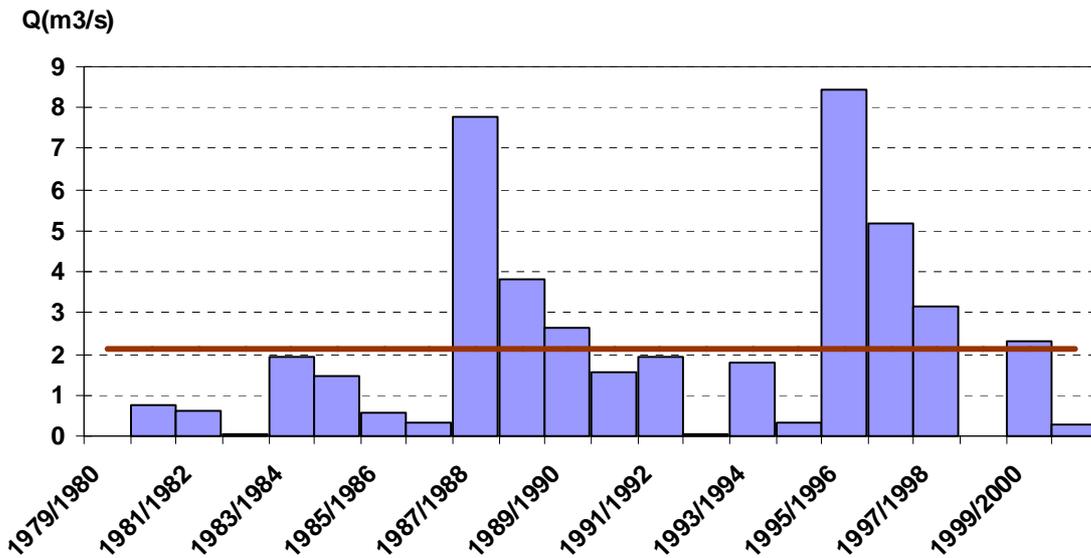


Figure 24: Variation des débits moyens annuels (en m<sup>3</sup>/s) à la station d'Aguenza

#### b) Station d'Abdelmoumen

La période d'observation est ici de 20 ans allant de 1981/82 à 2001/2002 avec une moyenne annuelle de 2.6 m<sup>3</sup>/s, les débits sont plus importants qu'Aguenza en raison des apports des affluents entre les deux stations .

Les débits moyens annuels présentent un maximum de **10.3 m<sup>3</sup>/s** enregistré en 96/97 et un minimum de 0.1m<sup>3</sup>/s en 83/84. notons que 12 années sur 20 ne dépassent pas 1 m<sup>3</sup>/s.

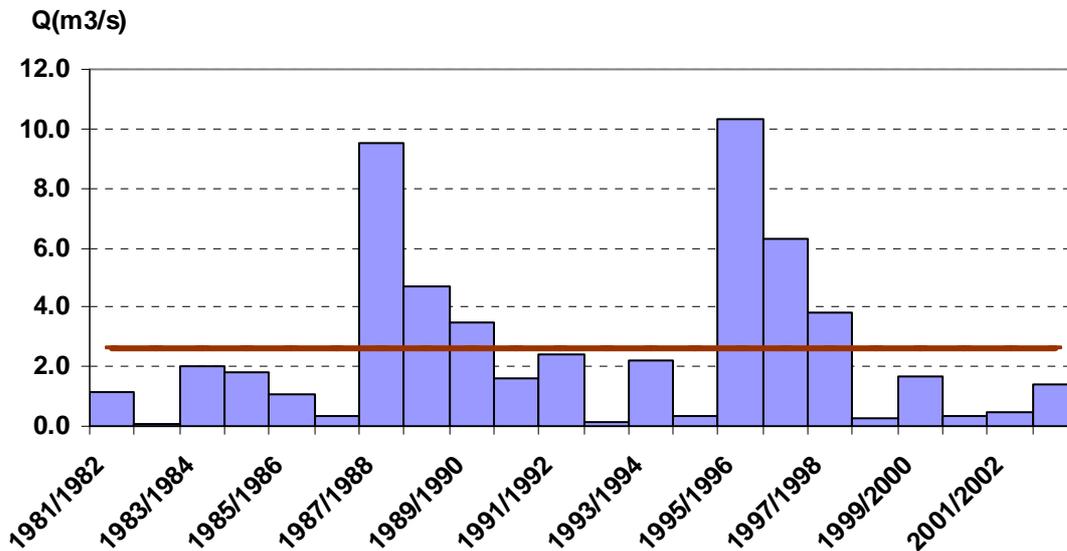


Figure 25: Variation des débits moyens annuels (en m<sup>3</sup>/s) à la station d'Abdelmoumen

## 2) Les débits moyens mensuels :

Les débits moyens mensuels inter-annuels ont été obtenus à partir des moyennes mensuelles annuelles enregistrées selon la série d'observation pour chaque station.

### a) Station d'Aguenza

La figure 26 montre que le débit augmente de septembre à novembre où il atteint 4,1 m<sup>3</sup>/s, puis il diminue légèrement en décembre et janvier, ensuite il augmente rapidement pour atteindre sa valeur maximale de 5,1 m<sup>3</sup>/s en mars ; enfin il diminue jusqu'à atteindre sa valeur minimale de 0,1 m<sup>3</sup>/s en août. Donc on a un régime pluvial à deux pics : l'un en automne-hiver et l'autre au printemps.

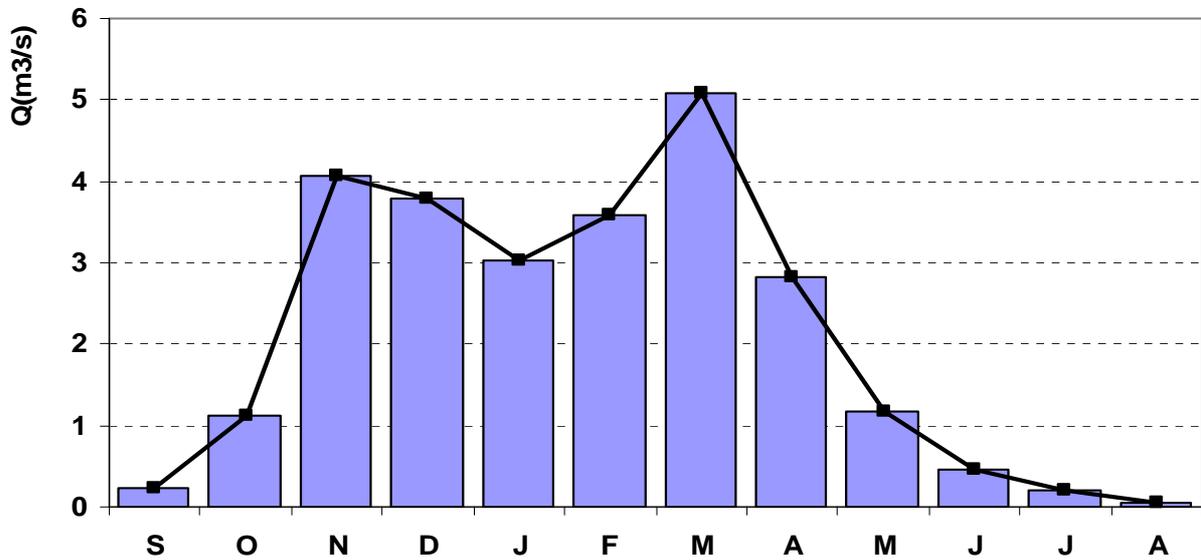


Figure 26: Variation des débits moyens mensuels (en m<sup>3</sup>/s) à la station d'Aguenza

### b) Station du barrage Abdelmoumen

On a le même comportement pour la variation des débits moyens mensuels qu'à la station d'Aguenza, sauf que le premier pic est atteint en décembre à la station du barrage Abdelmoumen et le débit est clairement plus important dans ce mois qui atteint la valeur maximale de 5,5 m<sup>3</sup>/s. Dans cette station, le débit marque une diminution en janvier et février, probablement due à la rétention nivale. C'est ce qui explique le léger décalage entre l'allure du régime des précipitations et celui des débits mensuels à l'échelle du bassin d'Issen au barrage d'Abdelmoumen (Fig.27).

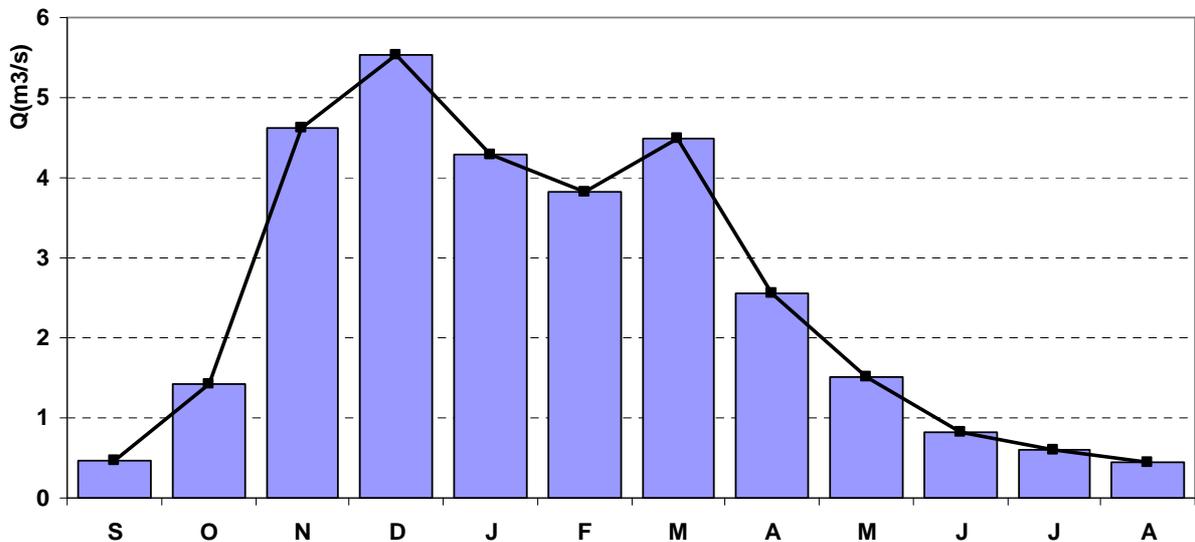


Figure 27: Variation des débits moyens mensuels (en m<sup>3</sup>/s) à la station d'Abdelmoumen

### 3) Les débits moyens saisonniers :

A partir des valeurs moyennes mensuelles inter-annuelles, on a calculé les écoulements moyens saisonniers exprimés en  $m^3/s$  pour chaque station.

#### a) Station d'Aguenza

La lame d'eau écoulee augmente de l'automne à l'hiver où elle atteint une valeur maximale de  $3,5 m^3/s$  puis diminue jusqu'en été avec un minimum de  $0,2 m^3/s$  (Fig. 28).

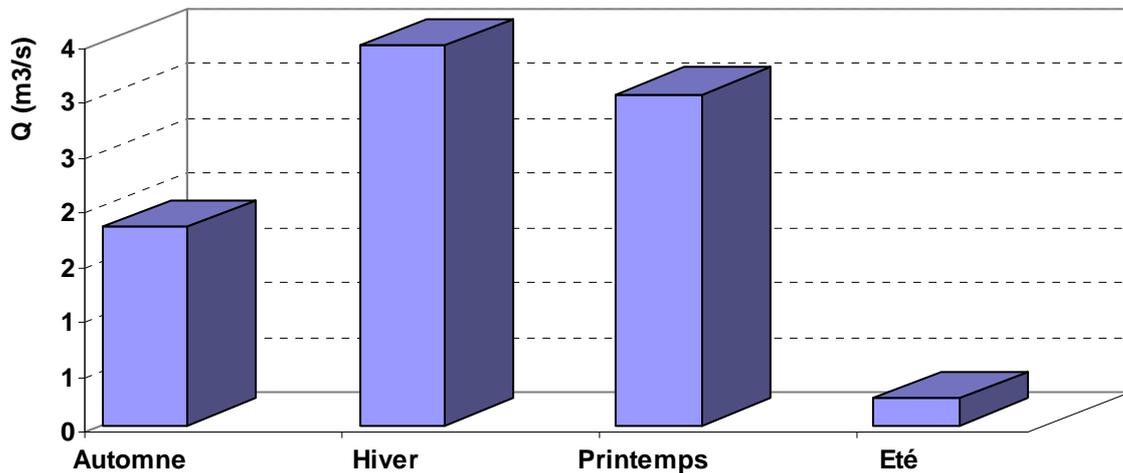


Figure 28: Variation saisonnière des débits (en  $m^3/s$ ) à la station d'Aguenza

#### b) Station d'Abdelmoumen

On a le même comportement des débits saisonniers qu'à la station d'Aguenza, mais avec des écoulements plus importants. Le maximum enregistré en hivers est de  $4,5 m^3/s$  et le minimum de  $0,6 m^3/s$  en été (Fig.29).

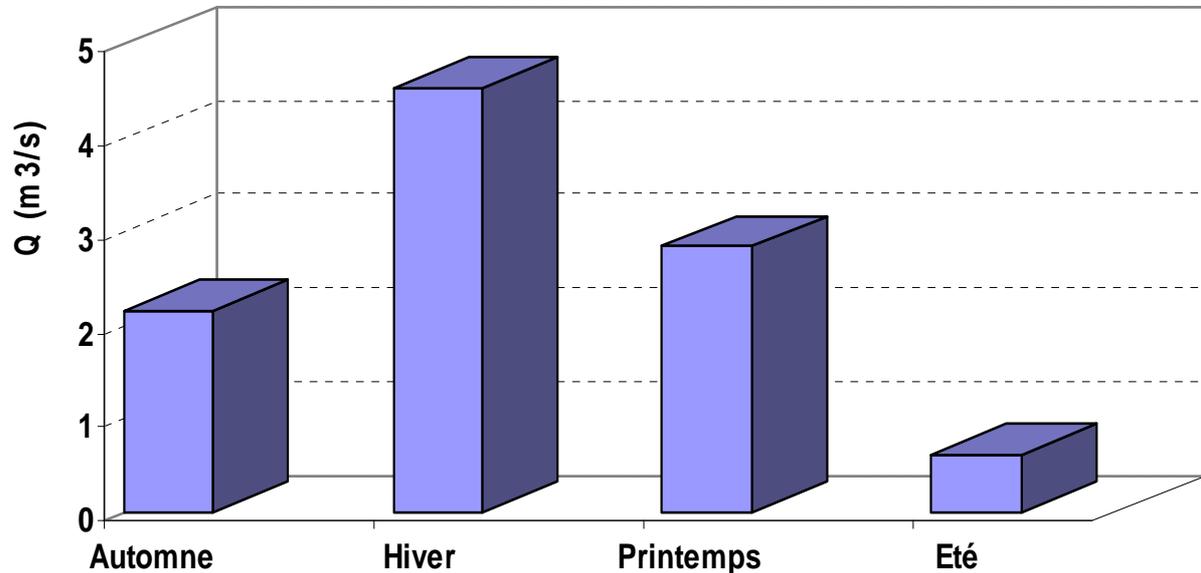


Figure 29: Variation saisonnière des débits (en m<sup>3</sup>/s) à la station d'Abdelmoumen

### Conclusion :

Pour les deux stations d'Aguenza et d'Abdelmoumen du bassin versant d'Issen, l'hiver est la saison la plus pluvieuse (fig. 28 & 29) et c'est la même saison qui a connu les plus grands écoulements, donc il n'y pas de décalage saisonnier entre les précipitations et les écoulements. Cette bonne réponse des débits aux précipitations abattues, intéresse surtout les mois à forte pluviosité où s'opèrent des averses concentrées déclenchant des crues à courte durée. Ces crues importantes échappent généralement aux effets de l'évaporation et l'infiltration. Ces derniers agissent sur les faibles crues en diminuant leurs débits.

En conclusion de cette analyse des débits dans ces deux stations, on notera que l'oued Issen présente les caractéristiques des cours d'eau temporaires typiques des régions arides à semi-arides, avec une forte irrégularité interannuelle des débits et des précipitations abattues sur le bassin. Les réserves nivales qui peuvent régulariser le régime de l'oued en période estivale sont faibles. La variation des modules annuels semble fortement influencée par les crues.

## E. Relations pluie-débit

### I- Corrélation entre précipitations et débits

La corrélation "pluie-débit" suit généralement une loi linéaire. L'étude de la fonction de régression entre les deux paramètres vérifie cette relation. L'existence d'un fort coefficient de corrélation "R" traduit généralement une linéarité du phénomène de la transformation.

La corrélation entre les précipitations et les débits a pour but de mettre en évidence la part des pluies, des écoulements et des pertes dans le bilan, et les inter-relations entre ces différents paramètres. Ceci, afin de mieux comprendre les mécanismes et de comparer les différents sous bassins versants. Pour cela, une étude des interactions entre les pluies et les débits à des pas de temps annuels et mensuels, s'avère nécessaire pour confirmer les hypothèses sur l'intervention de l'évaporation, l'évapotranspiration et l'infiltration sur les débits que l'on trouve à l'exutoire.

#### 1. Corrélation entre les précipitations et les écoulements annuels :

##### a) Au niveau du sous bassin d'Aguenza

Pour cette corrélation (Fig.30), nous avons tenu compte des débits à Aguenza et des précipitations moyennes annuelles des 5 stations (**Ikakern, Amsoul, Argana, Aguenza, Abdelmoumen**) sur une période de 20 ans (1980/1981-1999/2000).

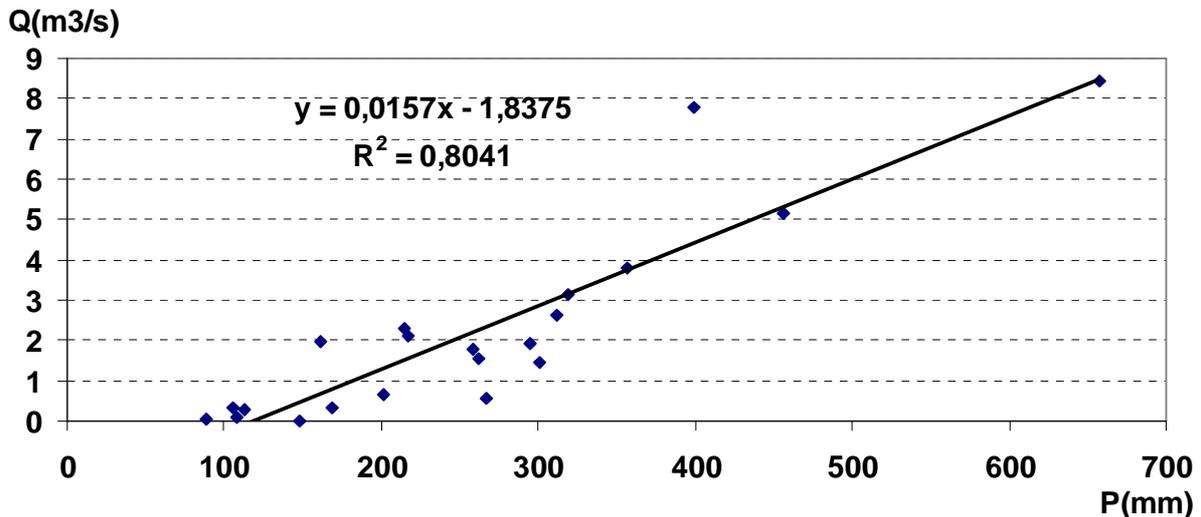


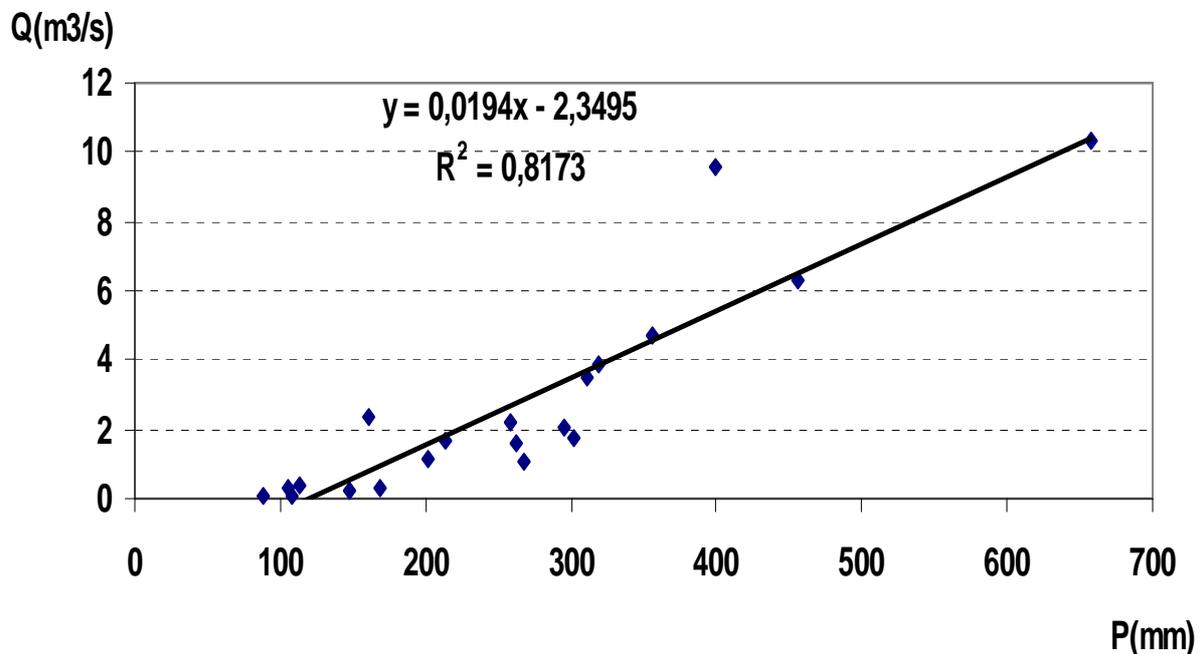
Figure 30: Corrélation entre les précipitations et les écoulements annuels au bassin d'Issen à la station d'Aguenza

La figure 30 montre la variation de la lame d'eau écoulee en fonction des précipitations avec un coefficient de corrélation élevé : 0,89. Les précipitations et les débits

sont donc étroitement liés. En effet, ce qui est retenu en automne et hiver, ressort au printemps et en été, ce qui donne des années hydrologiques relativement indépendantes.

### b) Au niveau du sous bassin d'Abdelmoumen

Sur la figure 31, la corrélation porte sur une période de 20 ans (1982/83-2001/02) entre les débits à Abdelmoumen et les précipitations moyennes annuelles à l'échelle de tout le bassin d'Issen en prenant en considération les précipitations des 5 stations qui couvrent ce bassin (Ikakern, Argana, Aguenza, Amsoul, Abdelmoumen).



**Figure 31: Corrélation entre les précipitations et les écoulements annuels au bassin d'Issen à la station d'Abdelmoumen**

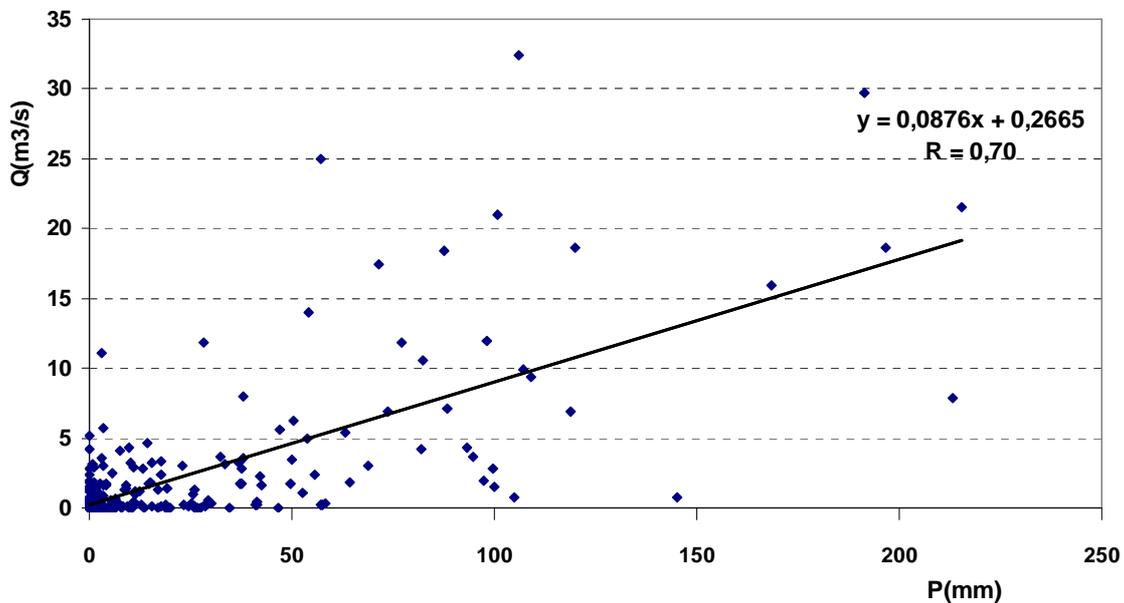
Le coefficient de corrélation est élevé ( $R = 0,9$ ). Les pluies et les débits sont donc étroitement liés. Les années de forte pluviosité ont des écoulements élevés et les années de faible pluviosité ont généralement des débits faibles.

## 2. Corrélation entre les précipitations et les écoulements mensuels

### a. Au niveau du sous bassin d'Aguenza

A l'échelle mensuelle, la figure 32 illustre cette corrélation entre les précipitations moyennes mensuelles dans le bassin d'Issen (moyenne des cinq stations : Amsoul, Ikakern, Argana, Aguenza et Abdelmoumen), et les débits de l'oued enregistrés à la station d'Aguenza.

Le nuage des points expérimentaux prend la forme d'une droite inclinée par rapport aux axes principaux ; la relation entre ces deux signaux, (d'entrée : pluie et de sortie : débits) est donc, linéaire. L'équation de la droite de régression est :  $Y = 0,0876x + 0,2665$

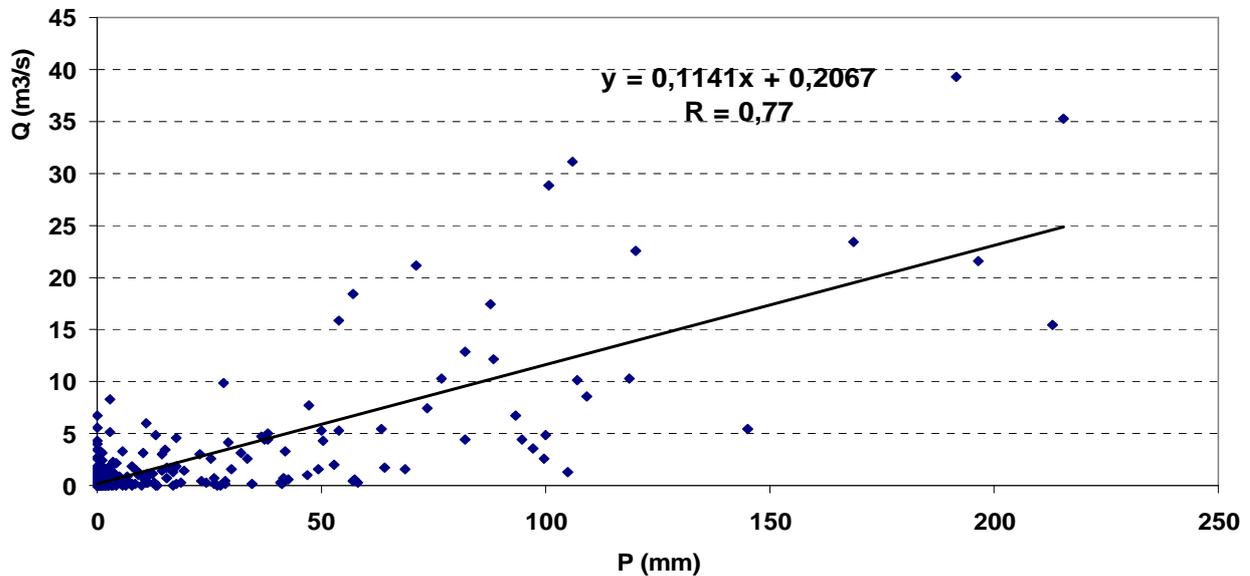


**Figure 32: Corrélation entre les précipitations et les écoulements mensuels au bassin d'Issen à la station d'Aguenza**

Le coefficient de corrélation entre ces deux paramètres égal à **0,7**, ça confirme le résultat graphique déjà établi. Cette bonne réponse des débits aux précipitations abattues, intéresse surtout les mois à forte pluviosité. La plupart des averses concentrées déclenchent des crues a courte durée. Ces crues importantes échappent généralement aux effets de l'évaporation et de l'infiltration.

#### **b. Au niveau du Sous bassin d'Abdelmoumen**

La figure 33 illustre la corrélation entre les précipitations moyennes mensuelles des cinq stations déjà citées et les débits de l'oued enregistrés à la station d'Abdelmoumen. Comme à Aguenza, la figure ci-dessous présente les mêmes tendances, dont L'équation de la droite de régression est :  $Y = 0,1141x + 0,2067$



**Figure 33: Corrélation entre les précipitations et les écoulements mensuels au bassin du d'Issen au barrage Abdelmoumen**

Comme pour Aguenza, la corrélation pluie-débit dans cette station montre un coefficient de corrélation égal à 0,77, le même raisonnement de la station d'Aguenza peut se dire pour argumenter ce résultat. Les précipitations et les écoulements sont liés. Les débits ne sont apparemment pas trop perturbés par les facteurs d'évaporation et d'infiltration.

On peut donc conclure que dans le bassin versant d'Issen, on pourrait prévoir les débits en aval à partir de ceux observés en amont.

## F. Relation débit-débit entre Aguenza et Abdelmoumen

Les résultats des deux corrélations faites sur la station d'Aguenza et du barrage Abdelmoumen, montrent une grande ressemblance du régime moyen d'écoulement. Une corrélation des débits à l'échelle annuelle et mensuelle entre ces deux stations semble obligatoire pour connaître le degré de ressemblance (notons que la station Aguenza se situe à quelques kilomètres seulement à l'amont du barrage Abdelmoumen).

### 1. Corrélation débit-débit à l'échelle annuelle

Cette corrélation va nous permettre de suivre les changements du débit d'une station à l'autre. Le coefficient de corrélation est élevé ( $R = 0,99$ ), ce qui implique qu'il existe une bonne corrélation entre les débits des deux stations.

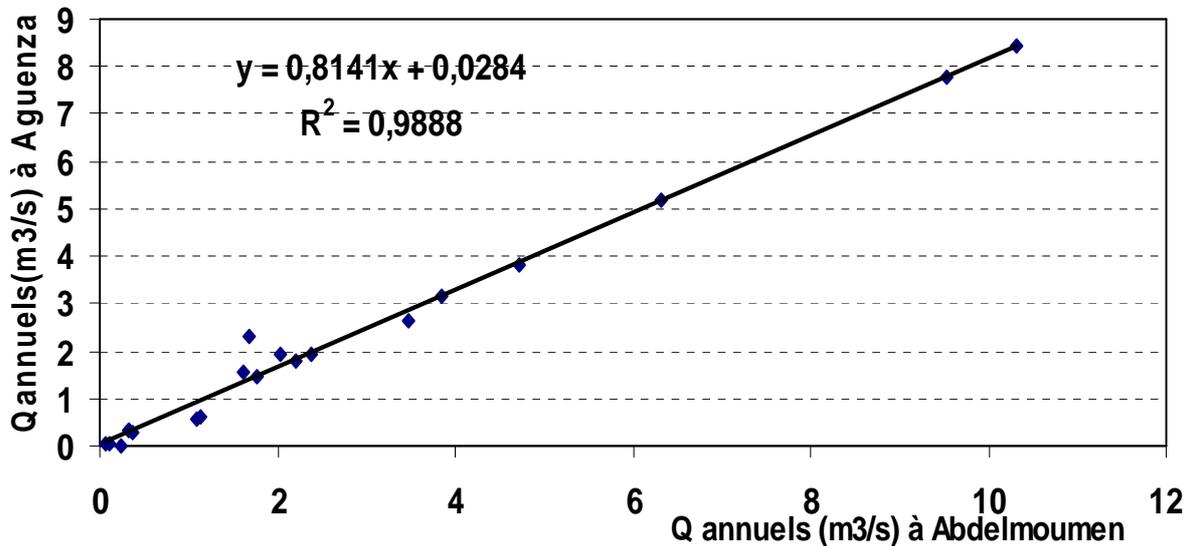


Figure 34: Corrélation entre les débits moyens annuels à Aguenza et les débits moyens annuels au barrage Abdelmoumen

En général, on constate à l'échelle annuelle la même tendance des écoulements au niveau des deux stations, même si, le débit augmente au niveau du barrage d'Abdelmoumen en raison des affluents qui s'ajoutent. Ceci s'explique par le fait que le bassin versant d'Issen est presque entièrement montagneux, les pentes y sont fortes, et les écoulements superficiels ne sont pas trop influencés ou perturbés par des infiltrations ou des évapotranspirations trop variables.

## 2. Corrélation débit-débit à l'échelle mensuelle :

Comme à l'échelle annuelle, la corrélation entre les débits des deux stations est bonne avec un coefficient de corrélation proche de 1 ( $R = 0,96$ ). Les débits des deux stations sont donc fortement liés et rien ne semble perturber d'une façon conséquente l'évolution des écoulements d'Aguenza au barrage d'Abdelmoumen. Ceci nous permettrait de prévoir les débits en aval à partir de ceux observés en amont.

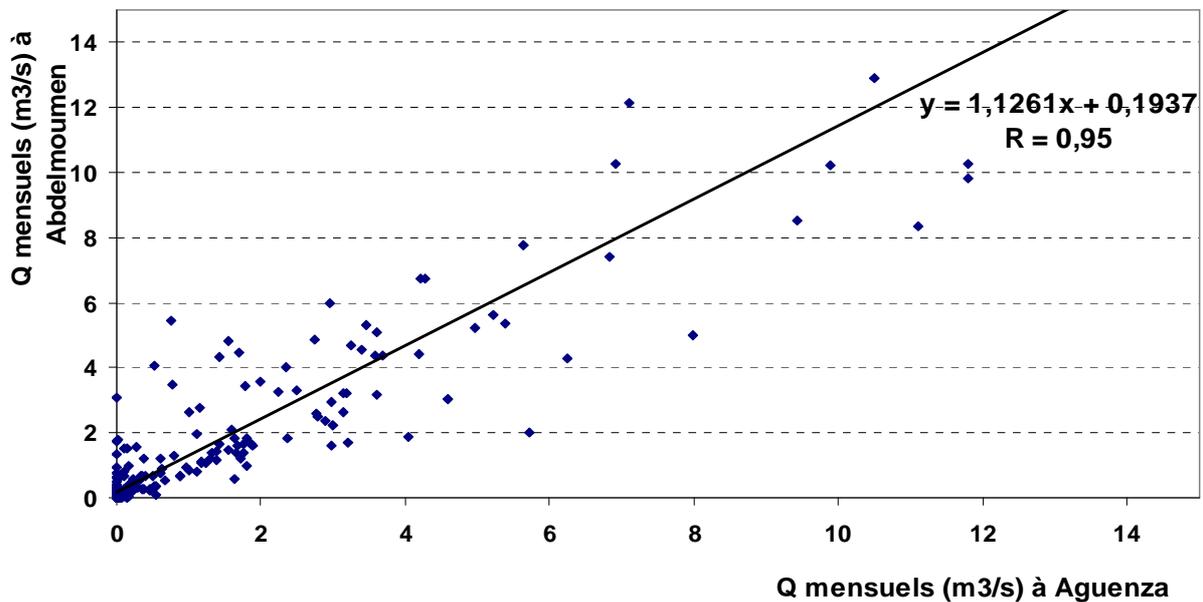


Figure 35: Corrélation entre les débits moyens mensuels à Aguenza et les débits moyens mensuels au barrage Abdelmoumen

## CHAPITRE 2 : Les bilans hydrologiques

Le calcul des bilans hydrologiques exacts au niveau d'un bassin versant nécessite une bonne connaissance et une quantification précise de ses entrées "précipitations" et de ses sorties "débits à l'exutoire du bassin" d'une part, et de leurs coefficients particuliers d'autre part. Il importe donc avant toute tentative de calcul, de bien préciser le degré de liaison entre ces différents paramètres. L'élaboration d'un bilan hydrologique a pour but donc, de comparer les entrées et les sorties de l'eau dans un bassin versant, pour cela trois paramètres sont à calculer :

### A-La lame d'eau écoulée :

La lame d'eau écoulée représente la hauteur d'eau écoulée à l'exutoire définie comme étant le rapport entre le débit et la surface du bassin versant au laps de temps considéré. Elle est donnée par la relation :

$$H = Q * (3600 * 24 * 365) / S$$

Avec :

**H** : lame d'eau écoulée en mm

**Q** : débit à l'exutoire en m<sup>3</sup>/s

**S** : la surface du bassin versant en km<sup>2</sup>

## B- Le déficit d'écoulement :

Il constitue à coté des précipitations, des débits et de l'évapotranspiration, un des plus importants termes des bilans hydrologiques. Il représente la quantité de pluies ayant échappé à l'écoulement et qui satisfait l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'infiltration (I) dans le bassin :

$$D.E = P - H \quad (1)$$

$$D.E = ETR + I \quad (2)$$

Avec :

**D.E** : déficit d'écoulement en mm

**P** : précipitation en mm

**H** : lame d'eau écoulée en mm

**ETR** : évapotranspiration en mm

**I** : infiltration en mm

Sur une longue période, les eaux d'infiltration sont reprises en surface et dans les niveaux supérieurs du sol par l'évapotranspiration (sol + végétaux) ; le reste d'eau qui échappe à cette évapotranspiration va alimenter l'écoulement hypodermique dans un premier temps, puis l'écoulement souterrain. Ces deux types d'écoulement, associés à l'écoulement rapide (de surface ou ruissellement) constituent l'écoulement total mesuré à la station de jaugeage.

- **Corrélations entre les précipitations et les déficits d'écoulement annuels :**

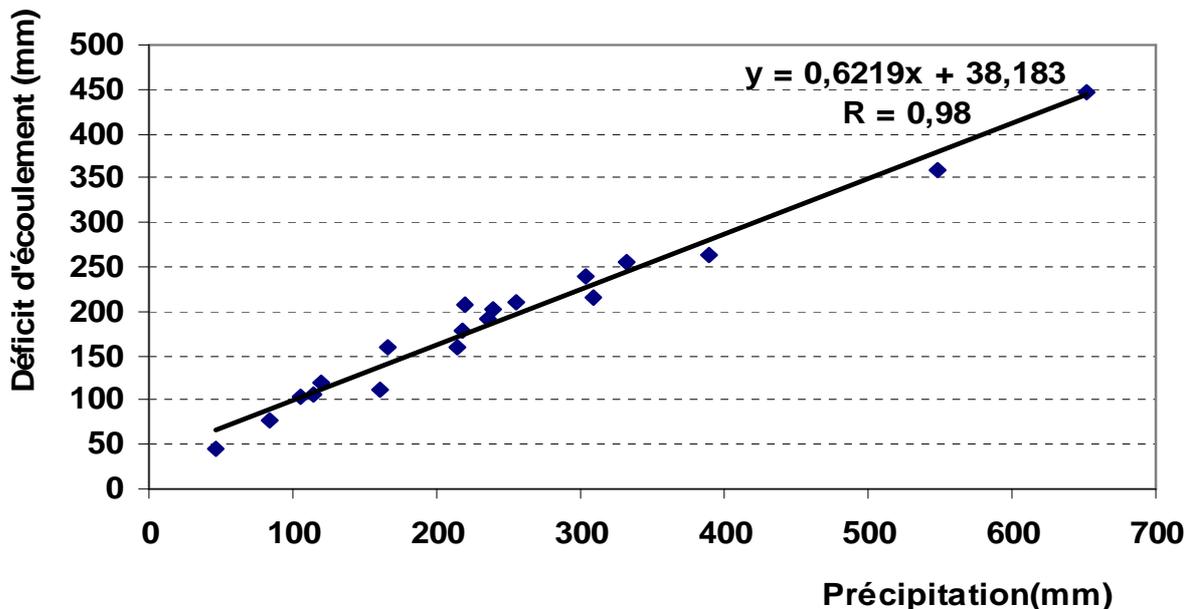


Figure 36: Corrélacion entre les précipitations et les déficits d'écoulements annuels à la station d'Aguenza

La figure 36 montre la variation du déficit d'écoulement en fonction des précipitations. Le déficit d'écoulement varie de 46,3 mm en 1982/83 à 446,3 mm en 1995/96 avec un déficit moyen de 192,5 mm. La corrélation entre les précipitations et les déficits d'écoulements à Aguenza est très bonne avec un coefficient de corrélation de 0,98.

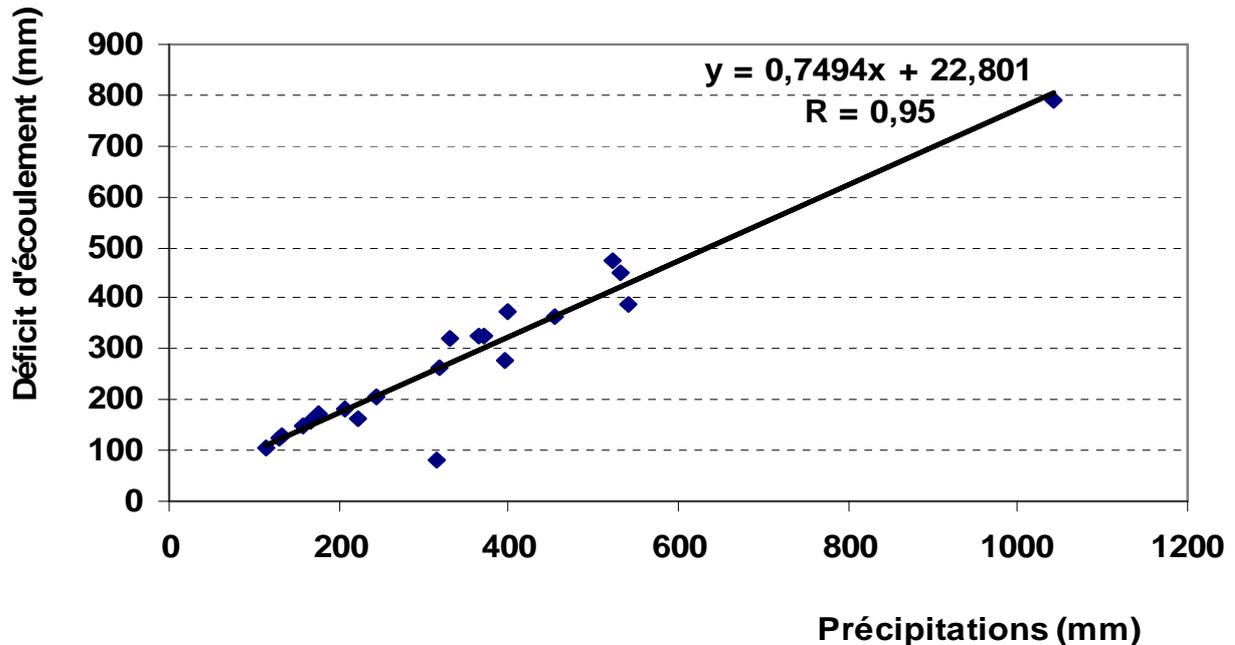


Figure 37: Corrélation entre les précipitations et les déficits d'écoulements annuels à la station du barrage Abdelmoumen

Au niveau du barrage Abdelmoumen, les déficits annuels varient de 82,6 mm en 1987/88 à 791,9 mm en 1995/96 ; le déficit moyen est de l'ordre de 277,6 mm. La corrélation entre les précipitations et les déficits d'écoulements au barrage Abdelmoumen est identique à celle d'Aguenza avec un coefficient de corrélation égal à 0,95.

- **Conclusion :**

Pour les deux stations d'Aguenza et du barrage d'Abdelmoumen, plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de la variation des déficits d'écoulement : la nature des précipitations, la température et l'évapotranspiration. Pour notre cas, la cause essentielle est la variation des précipitations annuelles. Les deux figures confirment cette interprétation. La corrélation entre ces deux facteurs (précipitations annuelles et déficits d'écoulement annuels) est parfaite. Ceci est aussi vérifié empiriquement par le coefficient de corrélation ( $R = 0,98$  et  $0,95$ ).

Les précipitations annuelles semblent donc être le facteur déterminant dans la variation des déficits d'écoulement dans le bassin de l'oued Issen.

### C- Le coefficient d'écoulement :

Le coefficient d'écoulement (CE) est par définition le rapport de la lame d'eau écoulé à travers la section de jaugeage à la lame d'eau précipitée sur le bassin ; il exprime de ce fait la tranche d'eau précipitée qui ruisselle jusqu'à l'exutoire du bassin.

Il est donné par la relation suivante :  $CE = H / P$  avec :

**CE** : coefficient d'écoulement en %

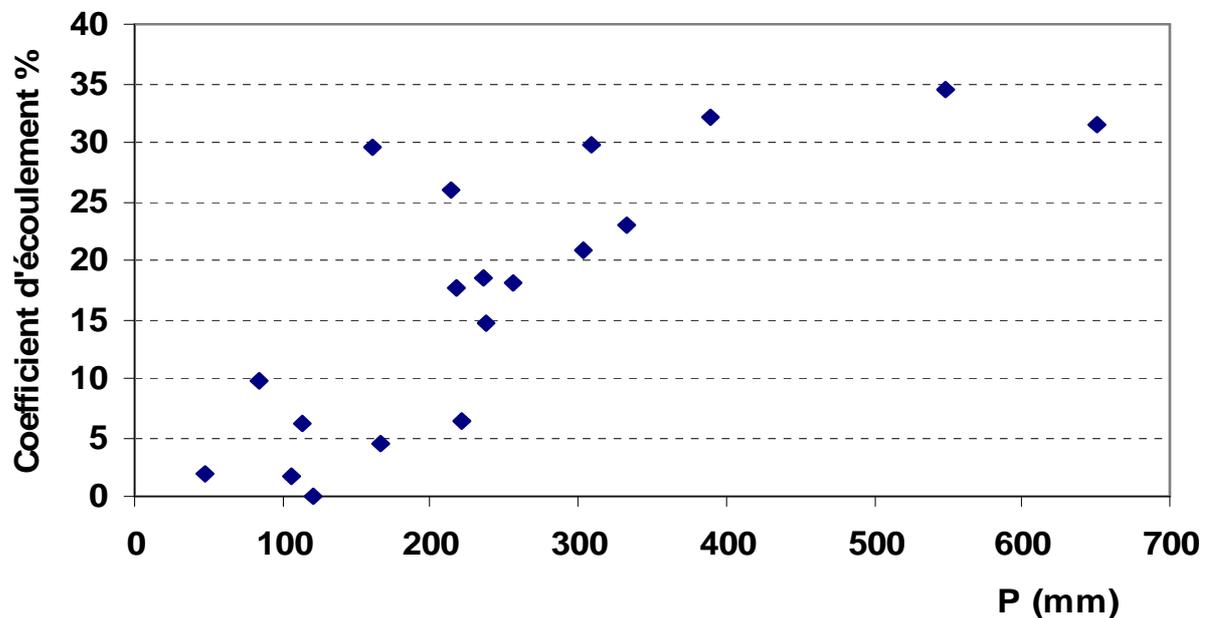
**P** : précipitations en mm

**H** : la lame d'eau écoulée en mm

Le coefficient d'écoulement dépend généralement de trois facteurs principaux :

- La pluie : qui intervient par son intensité et sa répartition spatio-temporelle.
- Les caractéristiques physiques du bassin versant notamment sa superficie, ses pentes, la nature du substratum, la perméabilité, la végétation et l'état d'humidité d'un sol quand commence la pluie.
- La température qui régit l'évapotranspiration.

▪ **Corrélation entre les précipitations et les coefficients d'écoulement annuels :**



**Figure 38: Corrélation entre les précipitations et les coefficients d'écoulements sur le bassin d'Issen à Aguenza (1982/83 à 2000/01)**

La figure 38 montre la relation entre les coefficients d'écoulements et les précipitations à l'échelle annuelle ; le coefficient d'écoulement varie de 0 % en 1998/1999 à 34,4 % en 1987/88. La corrélation entre ces deux paramètres est peu convaincante comme

l'indique le coefficient de corrélation de 0,77 raison pour laquelle on n'a pas tracé la courbe de tendance.

Au barrage d'Abdelmoumen (Fig.39), le bassin montre une mauvaise corrélation entre les coefficients d'écoulements et les précipitations avec un coefficient plus faible de 0,27. Le coefficient d'écoulement varie ici de 0,8 en 1982/83 à 73,7 en 1987/88.

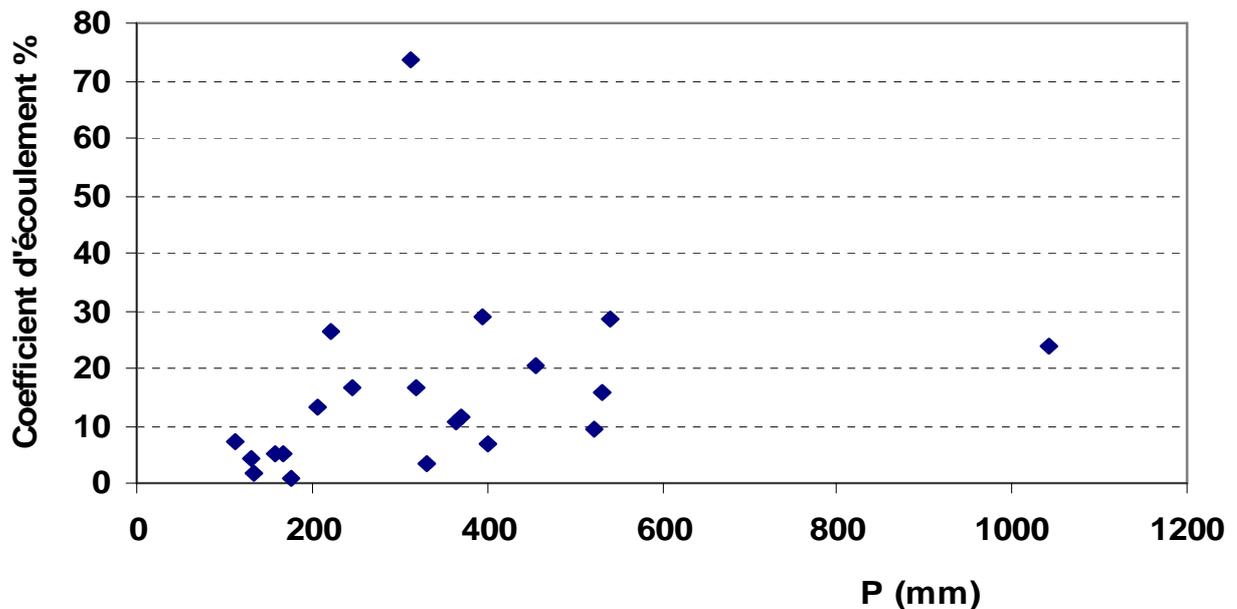


Figure 39: Corrélation entre les précipitations et les coefficients d'écoulements sur le bassin d'Issen au barrage d'Abdelmoumen (1981/82 - 2001/02)

**Remarque :**

L'exactitude du coefficient d'écoulement le plus important de 73,7 % est douteuse. Il paraît trop fort pour un pas annuel et pour un milieu aride. Il apparaît d'ailleurs comme un point aberrant sur la figure 40. Il est probable que les précipitations de l'année correspondante ont été sous estimées, ce qui a donné un coefficient d'écoulement trop élevé.

• **Conclusion :**

Une corrélation entre ces C.E interannuelles et les précipitations correspondantes montrent un nuage de points dispersé ; le degré de liaison entre ces deux paramètres est donc assez médiocre comme le montre les deux figures au dessus. En effet, les coefficients d'écoulement présentent des variations importantes pour d'égales lames d'eau précipités ; c'est le cas des deux cycles hydrologiques des deux stations du bassin d'Issen, **1982/83 à 2000/01** pour la station d'Aguenza avec une moyenne annuelle de précipitation égal à **248,1 mm** et **1981/82 à 2001/02** pour la station du barrage d'Abdelmoumen, avec une moyenne annuelle de précipitation égal à **340 mm**.

La variation des C.E (0 à 34,4 % pour Aguenza et 0,8 à 73,7 % pour Abdelmoumen) peut s'expliquer par la variabilité des intensités des précipitations. Une pluie intense et concentrée en peu de temps aura un coefficient d'écoulement assez grand que pour une pluie fine et étalée dans le temps. Dans ce dernier cas, le déficit d'écoulement est souvent le plus important en raison de l'action consécutive de l'évapotranspiration sur les précipitations de faible intensité.

L'état de l'humidité des sols agit également sur les coefficients d'écoulement : Une pluie abattue sur un sol sec a plus de chance d'être infiltrée et évapotranspirée qu'une pluie tombée sur un sol préalablement humidifié.

### D- Les bilans hydrologiques annuels

En conclusion, les deux tableaux suivant résument l'essentiel de ces termes des bilans hydrologiques annuels au bassin d'Issen à la station d'Aguenza pour une période allant de 1982/83 à 2000/01 et à la station du barrage Abdelmoumen pour une période allant de 1981/82 à 2001/02 :

Années	Précipitation (mm)	Lame d'eau écoulee (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1982/83	47,2	0,9	46,3	1,9
1983/84	255,9	46,5	209,4	18,2
1984/85	238,5	35,1	203,4	14,7
1985/86	220,5	14,0	206,5	6,3
1986/87	84,7	8,3	76,4	9,8
1987/88	548,3	188,9	359,4	34,4
1988/89	308,7	92,1	216,6	29,8
1989/90	302,9	63,5	239,4	21,0
1990/91	217,0	38,1	178,9	17,6
1991/92	160,1	47,3	112,8	29,5
1992/93	105,1	1,7	103,4	1,6
1993/94	236,3	43,6	192,7	18,5
1994/95	166,8	7,5	159,3	4,5
1995/96	650,9	204,6	446,3	31,4
1996/97	389,6	125,2	264,4	32,1
1997/98	332,5	76,2	256,3	22,9
1998/99	119,8	0,0	119,8	0,0
1999/00	214,6	55,9	158,7	26,1
2000/01	113,6	6,9	106,7	6,1
<b>Moy</b>	<b>248,1</b>	<b>55,6</b>	<b>192,5</b>	<b>17,2</b>
<b>max</b>	650,9	204,6	446,3	34,4
<b>min</b>	47,2	0,0	46,3	0,0

Tableau 8: Bilans hydrologiques annuels dans le bassin versant d'Issen à la station d'Aguenza

Années	Précipitation (mm)	Lame d'eau écoulee (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	coefficient d'écoulement (%)
1981/82	207,5	27,5	180,0	13,2
1982/83	175,1	1,5	173,6	0,8
1983/84	522,4	49,6	472,8	9,5
1984/85	370,6	43,1	327,5	11,6
1985/86	399,5	26,4	373,1	6,6
1986/87	113,7	8,0	105,7	7,0
1987/88	314,0	231,4	82,6	73,7
1988/89	394,5	114,6	279,9	29,0
1989/90	533,1	84,2	448,9	15,8
1990/91	366,0	39,3	326,7	10,7
1991/92	221,2	57,9	163,3	26,2
1992/93	132,2	2,4	129,8	1,9
1993/94	318,6	53,4	265,1	16,8
1994/95	157,4	8,1	149,3	5,1
1995/96	1042,3	250,4	791,9	24,0
1996/97	541,4	153,4	388,0	28,3
1997/98	455,9	93,4	362,5	20,5
1998/99	130,3	5,7	124,6	4,4
1999/00	245,1	40,6	204,5	16,6
2000/01	168,0	8,9	159,1	5,3
2001/02	332,0	11,1	320,9	3,3
<b>Moy</b>	<b>340,0</b>	<b>62,4</b>	<b>277,6</b>	<b>15,7</b>
<b>max</b>	<b>1042,3</b>	<b>250,4</b>	<b>791,9</b>	<b>73,7</b>
<b>min</b>	<b>113,7</b>	<b>1,5</b>	<b>82,6</b>	<b>0,8</b>

**Tableau 9: Bilans hydrologiques annuels dans le bassin versant d'Issen à la station du barrage d'Abdelmoumen**

**Remarque**

L'exactitude du coefficient d'écoulement maximale de 73,7 % est douteuse, il paraît trop fort pour un pas annuel et pour un milieu aride. D'ailleurs il paraît comme un point aberrant sur la figure 39. Il est probable que les précipitations ont été sous estimés, ce qui a donné un coefficient d'écoulement trop élevé.

## CONCLUSION GENERALE

Le bassin versant de l'oued Issen au barrage Abdelmoumen est un hydrosystème du Haut Atlas occidental. Sa géologie alterne des formations peu perméables du Permo-Trias notamment des argiles et des formations plus perméables du jurassique notamment les calcaires dolomitiques et des grès fins.

Le bassin à une forme allongée avec un réseau hydrographique bien hiérarchisé en amont. Les Altitudes sont élevés (jusqu'à 3200 m) et les pentes des versants montagneux sont fortes.

La pluviométrie est dans l'ensemble assez faibles et conformes au milieu aride. Les précipitations sont très irrégulières à la fois à l'échelle mensuelle, saisonnière ou annuelle. L'essentiel des pluies s'abate en saison froide du novembre à mars.

Les débits sont généralement très irréguliers et assez variables d'une année à l'autre. Le régime hydrologique est à hautes eaux d'hiver et de printemps.

La corrélation entre les pluies et les débits est assez bonne aux échelles annuelles et mensuelles. L'écoulement est toujours important lors des années et des mois de forte pluviosité. Les éléments qui peuvent perturber cette relation n'agissent pas de façon conséquente, notamment des retentions durables de l'eau ou de grandes variations de températures et évapotranspirations.

Quant aux coefficients d'écoulement, ils semblent dépendre plus de la façon avec laquelle est tombée la pluie et de l'état du sol que de la hauteur de cette pluie.

Notons en fin que la bonne réponse hydrologique aux pluies tombées sur le bassin versant a poussé les décideurs à installer un barrage sur le cours principal, ce barrage a joué un rôle prépondérant dans l'alimentation en eau de la ville d'Agadir et le développement de l'agriculture au niveau de la plaine de Souss. En effet, grâce à cet aménagement, les excédents d'écoulement des saisons et années humides compensent en grande partie les apports d'eau d'irrigation et d'alimentation en eau potable des saisons et années sèches.

## Références bibliographiques

**Agence de Bassin Hydraulique du Souss Massa, (Marche 2002/2003),** Etude hydrologique pour l'actualisation des potentialités des ressources en eau de la surface dans le bassin du Souss Massa., Analyse critique et actualisation des données hydroclimatologique. Rapport interne, 270 p.

**Agence de Bassin Hydraulique du Souss Massa,** Barrage Abdelmoumen, Rapport interne. 200 p.

**Boutaleb., 2000,** Impact de la géologie et du climat des bassins versants sur la qualité des eaux d'une grande nappe alluviale en climat semi-aride. Application aux relations hydrologiques entre le Haut-Atlas occidental et la plaine du Souss; thèse de doctorat. Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 183 p.

**Internet,** Site de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa (ABHSM), [www.abhm.ma](http://www.abhm.ma)

**Saidi ME., 1995,** Contribution à l'hydrologie profonde et superficielle du bassin du su Souss (Maroc); climatologie, hydrogéologie, crues et bilans hydrologiques en milieu subaride; Thèse de doctorat. Université de Paris IV, 209 p.

# ANNEXE

*X : 159,7*
*Y : 431*
*Z : 1100*

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Module annuel
1966					0,4	5,1	23,3	33,0	2,1	0,0	0,0	19,7	
1967	26,0	97,0	410,0	0,1	0,1	31,0	27,7	9,4	0,1	0,5	0,1	0,1	602,1
1968	8,4	0,0	36,5	32,0	13,1	39,1	8,4	10,3	0,0	0,0	0,0	4,8	152,6
1969	0,8	4,3	19,3	10,4	43,3	1,2	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,9
1970	0,0	1,7	46,4	60,2	21,4	3,4	23,1	27,0	--	0,0	0,0	4,7	
1971	11,0	5,9	19,3	0,0	5,3	35,7	10,6	0,0	1,8	0,0	0,0	8,0	97,6
1972	13,6	5,8	23,3	6,5	2,9	3,2	1,7	13,0	0,0	--	0,0	0,0	70,0
1973	0,0	4,3	7,1	34,1	0,5	3,3	56,4	18,3	--	6,1	2,0	0,0	132,1
1974	4,5	0,0	0,0	3,7	6,4	5,2	2,2	0,0	10,0	--	1,1	0,0	33,1
1975	0,4	0,0	0,3	8,2	0,0	25,8	8,4	11,7	13,8	0,0	0,0	2,2	70,8
1976	14,0	16,0	0,0	10,9	5,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1
1977	18,9	38,8	34,3	53,3	79,3	37,6	4,2	14,3	2,7	0,0	0,0	25,6	309,0
1978	0,0	54,9	3,7	29,8	253,0	26,2	3,4	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	373,7
1979	9,8	45,7	10,9	0,0	21,7	72,0	108,0	8,3	0,0	0,0	0,0	6,5	282,9
1980	0,0	16,0	54,2	0,0	13,8	46,3	16,5	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	152,3
1981	0,0	12,2	7,5	9,0	53,4	8,3	63,2	28,1	3,5	0,0	0,0	0,0	185,2
1982	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0	24,1	19,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	89,5
1983	0,0	36,5	118,0	6,0	0,0	6,0	33,2	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	204,2
1984	0,0	0,0	69,0	93,0	178,0	31,0	0,0	12,0	0,0	0,0	8,0	0,0	391,0
1985	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1986	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1987	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1988	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1989	0,0	0,0	0,0	58,9	17,5	0,0	64,0	0,0	10,5	0,0	0,0	14,5	165,4
1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1991	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1992	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1993	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1994	0,0	37,7	0,0	0,0	6,0	23,0	131,5	33,9	0,0	0,0	0,0	0,0	232,1
1995	0,0	0,0	54,8	98,5	185,4	85,5	95,4	5,7	16,3	0,0	0,0	--	541,6
1996	0,0	0,0	0,0	305,8	83,8	0,0	102,8	143,1	0,0	0,0	0,0	0,0	635,5
1997	0,0	0,0	9,6	51,3	84,1	64,6	12,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	224,1
1998	0,0	0,0	0,0	52,8	63,3	58,4	67,2	2,6	11,1	0,0	0,0	0,0	255,4
1999	0,0	96,6	7,8	37,8	3,6	0,0	6,3	35,1	0,0	0,0	0,0	--	
2000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2001	2,0	0,0	10,0	45,5	4,5	3,0	63,5	36,5	0,0	0,0	0,0		165,0
<b>Moyenne</b>	<b>4,2</b>	<b>18,2</b>	<b>37,7</b>	<b>38,8</b>	<b>42,5</b>	<b>23,8</b>	<b>35,8</b>	<b>16,7</b>	<b>3,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>3,7</b>	<b>229,5</b>
<b>max</b>	<b>26,0</b>	<b>97,0</b>	<b>410,0</b>	<b>305,8</b>	<b>253,0</b>	<b>85,5</b>	<b>131,5</b>	<b>143,1</b>	<b>16,3</b>	<b>6,1</b>	<b>8,0</b>	<b>25,6</b>	<b>635,5</b>
<b>min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>33,1</b>
<b>ecart-type</b>	<b>7,1</b>	<b>28,5</b>	<b>80,9</b>	<b>61,7</b>	<b>65,7</b>	<b>24,6</b>	<b>38,3</b>	<b>28,1</b>	<b>5,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>6,9</b>	<b>170,3</b>
<b>coeff-var</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	<b>1,8</b>	<b>0,7</b>

**Tableau 10: Précipitations mensuelles à la station Ikakern**

**X : 148.5**

**Y : 432**

**Z : 860**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Module annuel
<b>1977</b>								4,7	0,2	--	0,0	1,7	
<b>1978</b>	0,9	48,6	1,1	20,3	222,0	19,0	3,8	3,2	0,0	0,0	0,6	0,0	<b>319,5</b>
<b>1979</b>	1,4	34,3	2,3	0,0	24,2	56,3	90,5	7,5	--	0,0	3,8	0,5	<b>220,8</b>
<b>1980</b>	6,1	28,2	3,0	4,8	64,0	11,9	52,1	26,9	3,2	0,0	0,0	0,3	<b>200,5</b>
<b>1981</b>	6,1	28,2	3,0	4,8	64,0	11,9	52,1	26,9	3,2	0,0	0,0	0,3	<b>200,5</b>
<b>1982</b>	0,0	0,0	33,8	0,0	2,8	30,1	16,4	1,3	14,5	0,0	0,0	0,0	<b>98,9</b>
<b>1983</b>	0,0	29,4	144,0	8,4	0,0	1,9	38,7	7,4	2,4	0,0	0,3	0,0	<b>232,5</b>
<b>1984</b>	2,2	0,0	70,2	12,1	83,0	22,4	1,1	10,5	2,0	0,0	1,6	0,0	<b>205,1</b>
<b>1985</b>	0,0	10,5	12,1	25,3	8,6	54,2	53,7	8,1	6,5	2,0	0,0	0,0	<b>181,0</b>
<b>1986</b>	3,1	15,3	2,6	0,0	30,4	40,6	18,7	0,0	4,9	0,0	2,4	0,0	<b>118,0</b>
<b>1987</b>	14,4	37,3	28,2	85,4	60,4	68,5	29,7	0,0	12,7	0,0	0,0	0,1	<b>336,7</b>
<b>1988</b>	18,0	62,2	156,2	0,0	34,1	14,8	8,3	20,2	0,0	0,0	6,5	45,6	<b>365,9</b>
<b>1989</b>	0,0	35,1	59,0	59,3	12,7	0,0	68,8	8,4	2,3	0,0	0,0	0,0	<b>245,6</b>
<b>1990</b>	0,0	0,5	6,3	43,3	1,0	71,1	67,3	0,0	0,0	8,3	2,6	1,8	<b>202,2</b>
<b>1991</b>	5,6	12,4	7,2	48,5	0,0	11,6	6,2	9,6	0,0	0,0	0,5	0,0	<b>101,6</b>
<b>1992</b>	0,8	1,7	0,0	10,2	31,7	9,7	10,1	0,0	17,3	0,0	5,1	0,0	<b>86,6</b>
<b>1993</b>	0,0	61,8	54,2	3,4	23,4	16,6	49,6	1,6	0,0	0,0	3,7	5,1	<b>219,4</b>
<b>1994</b>	0,0	7,9	0,0	0,3	0,0	14,7	80,4	8,8	2,2	0,0	0,2	2,3	<b>116,8</b>
<b>1995</b>	6,4	9,0	25,2	142,8	153,3	37,7	88,4	3,2	9,9	4,8	0,0	0,0	<b>480,7</b>
<b>1996</b>	5,4	3,4	49,7	92,6	57,1	1,2	30,8	68,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>308,7</b>
<b>1997</b>	17,9	14,8	6,0	35,4	57,6	82,2	27,9	0,4	0,3	0,0	16,6	0,0	<b>259,1</b>
<b>1998</b>	5,8	0,6	1,6	18,9	26,8	21,2	21,9	1,6	12,7	0,0	0,0	3,9	<b>115,0</b>
<b>1999</b>	0,0	87,3	--	51,8	2,4	0,0	0,0	48,2	0,0	1,8	16,5	0,0	<b>208,0</b>
<b>2000</b>	0,0	0,0	0,8	70,1	6,6	0,8	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	<b>88,0</b>
<b>2001</b>	4,0	0,6	11,6	58,7	0,2	5,7	43,3	43,5	0,0	0,0	0,0		<b>167,6</b>
<b>Moy</b>	<b>4,1</b>	<b>22,0</b>	<b>29,5</b>	<b>33,2</b>	<b>40,3</b>	<b>25,2</b>	<b>36,1</b>	<b>12,4</b>	<b>3,9</b>	<b>0,7</b>	<b>2,4</b>	<b>2,7</b>	<b>211,6</b>
<b>max</b>	18,0	87,3	156,2	142,8	222,0	82,2	90,5	68,5	17,3	8,3	16,6	45,6	<b>480,7</b>
<b>min</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>86,6</b>
<b>ecart-type</b>	5,5	23,9	43,7	37,1	52,9	24,6	28,5	17,7	5,4	1,9	4,6	9,3	<b>98,5</b>
<b>coeff-var</b>	1,3	1,1	1,5	1,1	1,3	1,0	0,8	1,4	1,4	2,8	1,9	3,4	<b>0,5</b>

**Tableau 11: Précipitations mensuelles à la station d'Amsoul**

*X : 143.3*
*Y : 425*
*Z : 750*

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Module annuel
1969					166,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	--	
1970	--	--	33,0	0,0	--	--	--	--	--	--	--	--	
1971	--	--	--	--	11,0	82,0	27,0	15,0	0,0	0,0	--	--	
1972	--	--	--	--	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
1973	0,0	13,0	22,5	55,5	1,5	0,0	140,0	49,5	0,0	8,5	3,5	0,0	<b>294,0</b>
1974	3,0	0,0	1,5	8,3	21,0	11,0	0,0	14,5	14,0	0,0	0,0	0,0	<b>73,3</b>
1975	0,0	0,0	3,0	44,8	0,0	86,0	42,5	5,5	14,0	0,0	0,0	4,0	<b>199,8</b>
1976	28,5	19,5	0,0	43,0	27,8	10,3	0,0	0,5	2,5	0,9	0,0	0,0	<b>133,0</b>
1977	11,8	39,0	30,5	60,9	84,4	27,5	11,4	2,3	0,0	0,0	8,8	0,0	<b>276,6</b>
1978	0,9	56,7	5,1	17,7	275,0	18,3	5,1	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>380,0</b>
1979	34,0	28,6	1,0	0,0	25,6	55,0	106,0	7,5	0,0	0,0	2,5	0,0	<b>260,2</b>
1980	0,0	18,1	59,8	0,0	0,0	59,0	19,0	3,4	0,0	2,6	0,0	0,0	<b>161,9</b>
1981	0,0	29,0	8,8	3,0	54,7	13,3	66,5	44,3	0,0	0,0	9,5	10,0	<b>239,1</b>
1982	0,0	0,0	41,5	0,0	7,0	30,1	21,9	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	<b>117,0</b>
1983	0,0	31,0	158,0	6,5	--	--	--	--	--	--	--	--	
1984	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1985	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1986	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1987	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1988	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1989	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1991	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1992	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1993	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1994	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1995	8,0	7,0	48,0	106,0	141,0	36,0	112,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>458,0</b>
1996	4,0	0,0	54,0	191,0	54,0	0,0	16,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>404,0</b>
1997	17,0	15,0	18,0	29,0	94,0	111,0	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>326,0</b>
1998	0,0	0,0	0,0	28,0	29,0	22,0	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>118,0</b>
1999	0,0	120,0	3,0	16,0	2,0	0,0	0,0	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>189,0</b>
2000	0,0	0,0	0,0	77,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>82,0</b>
2001	9,0	3,0	12,0	62,0	5,0	2,0	46,0	53,0	0,0	0,0	0,0		<b>192,0</b>
<b>Moy</b>	<b>6,5</b>	<b>21,1</b>	<b>26,3</b>	<b>39,4</b>	<b>50,0</b>	<b>28,2</b>	<b>35,0</b>	<b>17,4</b>	<b>2,4</b>	<b>0,6</b>	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	<b>229,6</b>
<b>max</b>	<b>34,0</b>	<b>120,0</b>	<b>158,0</b>	<b>191,0</b>	<b>275,0</b>	<b>111,0</b>	<b>112,0</b>	<b>85,0</b>	<b>16,5</b>	<b>2,6</b>	<b>9,5</b>	<b>10,0</b>	<b>458,0</b>
<b>min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>82,0</b>
<b>ecart-type</b>	<b>9,7</b>	<b>32,5</b>	<b>42,2</b>	<b>54,0</b>	<b>78,1</b>	<b>31,6</b>	<b>37,0</b>	<b>28,5</b>	<b>4,6</b>	<b>0,7</b>	<b>3,4</b>	<b>2,9</b>	<b>118,5</b>
<b>coeff-var</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,9</b>	<b>1,2</b>	<b>2,7</b>	<b>3,5</b>	<b>0,5</b>

**Tableau 12: Précipitations mensuelles à la station d'Argana**

*X : 138.8*
*Y : 422.1*
*Z : 720*

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Module annuel
<b>1981</b>					49,4	--	72,4	38,6	0,0	--	--	--	
<b>1982</b>	--	--	--	--	1,6	20,0	16,7	0,0	8,9	--	0,0	0,0	<b>47,2</b>
<b>1983</b>	0,0	28,0	178,0	0,4	0,0	7,2	41,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	<b>255,9</b>
<b>1984</b>	0,0	0,0	79,2	22,3	101,0	33,6	0,8	--	1,2	0,0	0,1	0,3	<b>238,5</b>
<b>1985</b>	0,0	14,8	4,9	35,6	0,8	112,3	43,3	6,6	2,2	0,0	0,0	0,0	<b>220,5</b>
<b>1986</b>	2,2	2,1	0,8	0,0	40,7	33,7	1,1	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	<b>84,7</b>
<b>1987</b>	38,5	41,5	37,2	165,2	47,5	91,0	103,6	0,0	20,5	0,0	0,0	3,3	<b>548,3</b>
<b>1988</b>	5,3	55,2	187,0	0,0	21,2	8,7	11,5	17,5	0,0	1,5	0,8	0,0	<b>308,7</b>
<b>1989</b>	0,0	0,0	115,1	79,2	17,6	0,0	74,6	16,1	0,0	0,3	0,0	0,0	<b>302,9</b>
<b>1990</b>	0,0	1,0	1,6	51,7	0,0	68,0	80,9	9,4	0,0	0,0	2,7	1,7	<b>217,0</b>
<b>1991</b>	1,2	17,2	14,5	104,5	0,0	12,4	1,5	7,7	0,0	0,0	1,1	0,0	<b>160,1</b>
<b>1992</b>	1,3	0,3	0,0	5,0	40,2	15,4	18,9	0,0	23,2	0,0	0,8	0,0	<b>105,1</b>
<b>1993</b>	0,0	98,1	45,5	3,1	12,3	12,4	58,3	1,3	0,0	0,0	0,0	5,3	<b>236,3</b>
<b>1994</b>	0,0	31,9	0,0	2,0	0,0	15,3	98,2	18,7	0,0	0,0	0,7	0,0	<b>166,8</b>
<b>1995</b>	2,5	10,6	48,9	206,5	222,8	46,9	90,2	2,8	13,6	6,1	0,0	0,0	<b>650,9</b>
<b>1996</b>	2,5	2,6	68,9	163,3	70,0	13,0	21,6	47,7	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>389,6</b>
<b>1997</b>	2,0	20,0	5,4	22,4	106,6	129,8	45,4	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	<b>332,5</b>
<b>1998</b>	0,0	0,0	0,5	17,8	21,0	21,5	45,4	1,6	2,4	0,0	0,0	9,6	<b>119,8</b>
<b>1999</b>	0,0	116,6	2,0	41,1	2,8	2,5	0,0	49,6	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>214,6</b>
<b>2000</b>	0,0	0,0	0,6	103,1	2,4	1,2	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>113,6</b>
<b>2001</b>	0,7	7,5	12,9	79,7	0,0	5,0	71,7	48,8	0,0	0,0	0,0		<b>226,3</b>
<b>Moy</b>	<b>3,0</b>	<b>23,5</b>	<b>42,3</b>	<b>58,0</b>	<b>36,1</b>	<b>32,5</b>	<b>43,0</b>	<b>13,3</b>	<b>3,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>1,1</b>	<b>247,0</b>
<b>max</b>	34,0	120,0	158,0	191,0	275,0	111,0	112,0	85,0	16,5	2,6	9,5	10,0	<b>458,0</b>
<b>min</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>82,0</b>
<b>ecart-type</b>	9,7	32,5	42,2	54,0	78,1	31,6	37,0	28,5	4,6	0,7	3,4	2,9	<b>118,5</b>
<b>coeff-var</b>	1,5	1,5	1,6	1,4	1,6	1,1	1,1	1,6	1,9	1,2	2,7	3,5	<b>0,5</b>

**Tableau 13: Précipitations mensuelles à la station d'Aguzena**

**X : 136**
**Y : 414**
**Z : 700**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>1967-68</b>					0,0	75,3	68,1	19,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>1968</b>	0,0	0,0	96,0	110,0	38,0	76,7	21,0	11,0	0,0	7,0	0,0	0,0	<b>359,7</b>
<b>1969</b>	0,0	3,0	85,0	17,0	74,0	0,0	10,0	4,0	2,0	2,5	0,0	0,0	<b>197,5</b>
<b>1970</b>	0,0	27,0	21,0	170,0	19,5	7,5	39,9	83,8	7,0	0,0	0,0	0,0	<b>375,7</b>
<b>1971</b>	0,0	0,0	24,4	0,0	23,1	74,3	32,4	1,5	4,7	0,0	0,0	0,0	<b>160,4</b>
<b>1972</b>	52,7	24,4	27,5	16,5	6,0	14,0	14,0	8,0	1,5	0,0	0,0	0,0	<b>164,6</b>
<b>1973</b>	0,0	0,0	3,0	93,5	0,0	5,0	119,0	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>257,0</b>
<b>1974</b>	0,0	0,0	0,0	6,0	9,3	19,3	13,3	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>51,4</b>
<b>1975</b>	0,0	0,0	0,5	18,9	7,3	68,7	12,4	17,6	5,5	0,0	0,0	0,0	<b>130,9</b>
<b>1976</b>	21,4	13,4	0,0	42,9	49,5	7,3	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0	0,0	<b>135,6</b>
<b>1977</b>	1,8	27,1	32,9	79,2	29,7	108,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>298,7</b>
<b>1978</b>	0,0	17,2	0,0	39,5	94,0	19,0	16,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>188,0</b>
<b>1979</b>	0,0	52,5	0,0	0,0	28,5	39,2	88,6	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>224,1</b>
<b>1980</b>	0,0	12,9	34,1	0,0	0,0	33,2	16,1	4,3	3,0	0,0	0,0	0,0	<b>103,6</b>
<b>1981</b>	0,0	9,9	2,7	3,9	99,3	10	9,4	72,2	0,1	0	0	0	<b>207,5</b>
<b>1982</b>	0,0	0,0	115,7	0,0	1,2	29,7	10,1	0,0	18,0	0,4	0,0	0,0	<b>175,1</b>
<b>1983</b>	0,4	18,3	384,8	34,2	--	18,6	56,9	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>522,4</b>
<b>1984</b>	0,0	0,0	170,7	36,6	112,5	41,8	3,1	4,2	0,5	0,0	0,0	1,2	<b>370,6</b>
<b>1985</b>	0,0	8,2	23,4	25,0	0,6	268,5	52,5	19,2	1,9	0,2	0,0	0,0	<b>399,5</b>
<b>1986</b>	7,8	12,4	2,5	0,0	53,4	25,6	1,8	1,1	8,3	0,0	0,0	0,8	<b>113,7</b>
<b>1987</b>	35,0	33,4	19,2	51,3	33,6	103,4	38,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>314,0</b>
<b>1988</b>	0,4	88,9	231,3	0,0	20,9	3,6	17,6	30,8	0,0	0,2	0,0	0,8	<b>394,5</b>
<b>1989</b>	1,2	36,0	199,0	156,7	12,9	0,0	86,7	32,8	4,2	0,3	3,3	0,0	<b>533,1</b>
<b>1990</b>	0,0	1,4	2,5	79,5	0,0	106,9	173,4	1,0	0,0	0,3	1,0	0,0	<b>366,0</b>
<b>1991</b>	2,4	48,2	9,9	93,6	0,0	33,9	2,2	13,0	0,0	0,0	18,0	0,0	<b>221,2</b>
<b>1992</b>	0,0	3,0	0,0	4,3	51,8	13,2	27,2	0,0	32,7	0,0	0,0	0,0	<b>132,2</b>
<b>1993</b>	0,0	140,4	61,8	1,0	14,5	14,7	82,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	<b>318,6</b>
<b>1994</b>	0,0	15,2	0,0	5,4	0,0	18,0	109,5	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>157,4</b>
<b>1995</b>	4,1	12,0	108,0	289,1	375,5	64,1	144,7	2,7	25,1	17,0	0,0	0,0	<b>1042,3</b>
<b>1996</b>	2,0	2,6	79,6	312,4	91,6	0,5	12,6	40,1	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>541,4</b>
<b>1997</b>	1,3	27,6	7,3	11,6	132,0	212,4	61,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>455,9</b>
<b>1998</b>	0,0	0,0	4,5	20,3	31,9	7,0	60,0	0,5	1,8	0,0	2,0	2,3	<b>130,3</b>
<b>1999</b>	0,0	125,2	0,3	42,9	9,3	0,0	0,0	66,4	1,0	0,0	0,0	0,0	<b>245,1</b>
<b>2000</b>	0,0	0,0	0,8	148,2	2,2	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	<b>168,0</b>
<b>2001</b>	5,8	0,0	7,6	130,4	0,7	20,3	103,6	63,6	0,0	0,0	0,0		<b>332,0</b>
<b>Moyenne</b>	<b>4,1</b>	<b>22,4</b>	<b>51,6</b>	<b>60,8</b>	<b>41,8</b>	<b>43,1</b>	<b>42,7</b>	<b>17,0</b>	<b>3,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>287,9</b>
<b>max</b>	35,0	140,4	384,8	312,4	375,5	268,5	173,4	72,2	32,7	17,0	18,0	4,2	<b>1042,3</b>
<b>min</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>103,6</b>
<b>ecart-type</b>	7,1	38,0	95,5	86,1	80,4	66,9	48,4	22,3	8,5	3,4	3,6	1,0	<b>201,9</b>
<b>coeff-var</b>	1,7	1,7	1,9	1,4	1,9	1,6	1,1	1,3	2,5	4,1	5,1	2,9	<b>0,7</b>

**Tableau 14: Précipitations mensuelles à la station Abdelmoumen**

*X : 140.5*

*Y : 422.6*

*Z : 720*

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>1979-80</b>	--	--	--	--	0,3	2,3	12,0	4,3	1,6	0,5	0,0	0,0	
<b>1980</b>	0,2	0,0	1,8	0,4	0,0	2,8	1,2	1,3	0,8	0,3	0,0	0,0	<b>0,7</b>
<b>1981</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,5	1,1	2,2	1,4	0,5	0,0	0,0	<b>0,6</b>
<b>1982</b>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>1983</b>	0,0	0,2	18,6	1,2	0,5	0,2	1,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	<b>1,9</b>
<b>1984</b>	0,0	0,0	2,0	0,2	6,9	3,6	1,8	1,7	1,0	0,2	0,0	0,1	<b>1,4</b>
<b>1985</b>	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,8	3,5	1,0	0,9	0,2	0,1	0,1	<b>0,6</b>
<b>1986</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,1	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	<b>0,3</b>
<b>1987</b>	0,5	1,7	11,8	21,0	5,6	18,4	25,0	4,2	3,0	1,4	0,8	0,0	<b>7,8</b>
<b>1988</b>	0,1	3,0	29,7	2,4	1,0	1,4	1,2	3,0	1,9	0,9	1,1	0,1	<b>3,8</b>
<b>1989</b>	0,0	3,4	4,3	7,1	1,8	1,2	6,8	4,6	1,6	0,6	0,0	0,0	<b>2,6</b>
<b>1990</b>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	4,2	9,9	3,0	0,4	0,2	0,7	0,1	<b>1,6</b>
<b>1991</b>	0,0	0,1	0,0	10,5	1,8	1,4	1,6	3,2	2,8	1,3	0,6	0,0	<b>1,9</b>
<b>1992</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	<b>0,1</b>
<b>1993</b>	0,0	1,5	5,0	1,8	1,3	1,8	5,4	2,9	1,6	0,3	0,0	0,1	<b>1,8</b>
<b>1994</b>	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	2,4	0,1	0,0	0,0	0,2	<b>0,3</b>
<b>1995</b>	0,0	0,2	0,2	15,9	21,5	14,0	32,4	11,1	2,8	2,5	0,5	0,2	<b>8,4</b>
<b>1996</b>	0,1	0,2	6,3	7,8	17,4	3,6	3,3	11,8	5,2	1,2	0,0	--	<b>5,2</b>
<b>1997</b>	4,1	3,2	0,2	0,3	3,7	18,6	3,6	3,2	0,0	0,0	0,6	0,4	<b>3,1</b>
<b>1998</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>1999</b>	0,0	9,4	5,7	8,0	1,7	0,5	0,2	1,7	0,3	0,1	0,0	0,0	<b>2,3</b>
<b>2000</b>	0,0	0,0	0,0	2,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,3</b>
<b>moyenne</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>4,1</b>	<b>3,8</b>	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	<b>5,1</b>	<b>2,8</b>	<b>1,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>2,1</b>
<b>moy saisonnier</b>	1,8			3,5			3,0			0,2			

**Tableau 15: Débits moyens mensuels à la station d'Aguenza**

**X : 136**
**Y : 414**
**Z : 700**

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
1981-1982					1,7	0,2	2,0	3,3	1,7	0,3	0,0	0,0	<b>1,1</b>
1983	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	<b>0,1</b>
1984	0,0	0,4	21,6	1,1	0,3	0,1	0,6	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	<b>2,0</b>
1985	0,1	0,0	3,6	0,3	10,3	3,2	1,0	1,4	1,0	0,2	0,3	0,1	<b>1,8</b>
1986	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	5,4	5,3	0,8	0,7	0,2	0,1	0,0	<b>1,1</b>
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,6	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	<b>0,3</b>
1988	4,1	4,5	9,8	28,8	7,8	17,4	18,5	6,7	6,0	4,3	3,5	3,1	<b>9,5</b>
1989	0,0	1,6	39,3	4,0	2,6	1,2	1,1	2,9	1,6	0,7	0,8	0,7	<b>4,7</b>
1990	0,1	4,5	6,7	12,2	3,5	1,1	7,4	3,0	2,1	0,8	0,2	0,1	<b>3,5</b>
1991	0,4	0,0	0,0	0,3	0,1	4,4	10,2	2,2	0,7	0,3	0,6	0,2	<b>1,6</b>
1992	0,6	0,7	0,6	12,9	1,8	1,4	1,8	3,2	2,6	1,4	0,9	0,6	<b>2,4</b>
1993	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	<b>0,1</b>
1994	0,6	4,8	5,2	1,7	1,2	1,4	5,4	2,4	1,5	0,7	0,7	0,8	<b>2,2</b>
1995	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3	1,8	0,1	0,0	0,1	0,1	<b>0,3</b>
1996	0,1	0,1	0,4	23,5	35,2	15,9	31,1	8,3	4,9	3,3	0,7	0,3	<b>10,3</b>
1997	1,5	1,5	4,3	15,5	21,2	5,1	4,7	10,3	5,6	2,8	1,7	1,6	<b>6,3</b>
1998	1,9	1,7	1,0	1,6	4,4	22,5	4,4	3,2	1,8	1,3	1,2	1,2	<b>3,8</b>
1999	0,0	0,5	0,2	0,0	0,1	0,1	0,9	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	<b>0,2</b>
2000	0,0	8,5	2,0	5,0	1,2	0,4	0,4	1,6	0,5	0,3	0,1	0,0	<b>1,7</b>
2001	0,3	0,1	0,4	2,5	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	<b>0,4</b>
2002	0,1	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	3,1	0,5	0,1	0,1	0,1	<b>0,5</b>
2003	0,0	0,1	1,0	5,9	1,6	1,0	1,3	1,3	1,4	0,9			<b>1,4</b>
<b>moy</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>4,6</b>	<b>5,5</b>	<b>4,3</b>	<b>3,8</b>	<b>4,5</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>2,5</b>
<b>moy-saisonnière</b>	2,2			4,5			2,8			0,6			

**Tableau 16: Débits mensuels à la station d'Abdelmoumen**

<b>Année 1983-84</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	0.00	31.80	170.68	11.23	0.00	5.43	65.73	7.87	9.17	0.00	1.37	0.40	303.67
T°	26.40	24.70	18.10	14.80	11.90	13.90	15.00	19.20	16.80	21.60	30.20	24.90	
ETP	126.90	105.53	49.70	32.38	21.02	28.12	39.06	68.95	56.45	95.47	196.03	122.76	942.36
ETR	0.00	31.80	49.69	32.38	21.02	28.69	39.05	68.94	9.31	0.00	0.00	0.00	280.88
RFU	0.00	0.00	100.00	78.84	57.81	34.55	61.23	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	20.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.98

<b>Année 1984-85</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	0.23	0.00	69.13	74.57	121.80	45.18	10.25	3.48	1.20	0.00	0.75	3.56	330.14
T°	25.70	23.80	16.80	14.30	11.80	15.30	16.10	17.80	17.80	21.50	25.70	27.60	
ETP	122.45	99.25	44.29	31.40	21.60	35.50	47.13	60.31	65.89	96.03	142.66	115.46	881.96
ETR	0.23	0.00	44.28	31.39	21.60	35.49	47.13	60.31	7.49	0.00	0.75	3.56	252.23
RFU	0.00	0.00	24.84	68.02	100.00	100.00	63.12	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	0.00	0.00	68.22	9.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.90

<b>Année 85-86</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	0.00	28.10	13.93	32.78	6.60	95.93	66.90	15.23	1.55	1.48	0.00	7.28	269.75
T°	24.40	22.30	17.40	13.30	12.30	13.40	15.10	15.10	21.50	19.90	23.30	28.20	
ETP	113.22	90.00	50.41	29.29	25.63	29.37	43.67	45.79	100.63	86.11	120.38	104.70	839.21
ETR	0.00	28.10	13.95	29.28	10.09	29.37	43.67	45.79	60.76	1.48	0.00	7.27	269.76
RFU	0.00	0.00	0.00	3.49	0.00	66.55	89.78	59.21	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<b>Année 1986-87</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	6.75	2.00	5.50	8.67	29.43	75.97	33.00	6.53	7.27	0.00	0.00	0.00	175.12
T°	26.90	21.10	16.80	14.60	15.90	15.80	19.70	22.70	21.60	23.90	25.60	25.80	
ETP	126.90	70.72	39.30	28.44	50.83	33.27	64.11	91.41	89.87	111.57	132.86	82.26	921.54
ETR	6.75	2.00	5.50	8.66	29.43	33.27	64.11	18.71	7.26	0.00	0.00	0.00	175.69
RFU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.69	11.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<b>Année 1987-88</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	22.43	38.50	68.97	225.87	61.18	67.88	101.38	0.00	25.60	0.00	0.00	0.83	612.62
T°	29.30	21.30	16.60	15.20	13.60	15.70	18.40	19.50	19.70	20.20	27.30	29.30	
ETP	155.08	74.48	38.88	31.96	25.92	33.96	56.86	67.22	75.14	78.81	155.14	86.64	880.08
ETR	22.43	38.50	38.87	31.96	25.92	33.96	56.86	67.22	58.38	0.00	0.00	0.83	374.92
RFU	0.00	0.00	30.09	100.00	100.00	100.00	100.00	32.78	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	0.00	123.99	35.25	33.91	44.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	237.67

<b>Année 1988-89</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	1.83	69.93	215.35	0.00	27.90	4.23	13.83	51.93	9.97	6.50	0.27	0.00	401.73
T°	26.00	21.50	18.00	13.00	12.40	15.80	18.70	17.40	21.10	23.40	27.60	32.00	
ETP	118.33	74.17	45.85	22.53	20.59	33.69	57.84	51.49	86.47	107.45	158.02	86.28	862.71
ETR	1.83	69.93	45.85	22.53	20.59	33.69	57.84	51.49	21.71	6.50	0.26	0.00	332.21
RFU	0.00	0.00	100.00	77.47	84.77	55.33	11.31	11.75	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	69.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.50

<b>Année 1990-91</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	0.00	1.00	9.30	51.70	0.00	93.95	108.03	9.95	0.00	0.00	0.90	0.43	275.26
T°	21.60	20.40	18.00	15.00	13.10	13.80	15.30	16.50	18.70	20.10	21.90	22.10	
ETP	93.11	79.81	57.10	40.41	32.40	34.38	49.44	59.44	81.94	92.29	111.55	92.84	824.72
ETR	0.00	1.00	9.30	40.41	11.29	34.38	49.44	59.44	50.51	0.00	0.90	0.43	257.10
RFU	0.00	0.00	0.00	11.29	0.00	59.57	100.00	50.51	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.16

<b>Année 1991-92</b>													
	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pluies	3.43	13.95	9.43	61.63	0.00	21.83	2.93	59.93	0.00	0.00	0.28	0.00	173.38
T°	22.80	18.50	18.50	15.60	14.60	15.80	17.40	21.80	20.60	20.60	25.10	25.40	
ETP	94.92	59.11	53.68	37.31	33.55	37.86	54.38	91.07	88.17	87.42	134.98	68.76	841.23
ETR	3.43	13.95	9.43	37.31	24.31	21.83	2.93	59.93	0.00	0.00	0.28	0.00	173.38
RFU	0.00	0.00	0.00	24.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figure 40: Bilan hydriques du bassin de l'oued Issen 1983/84 - 1991/92

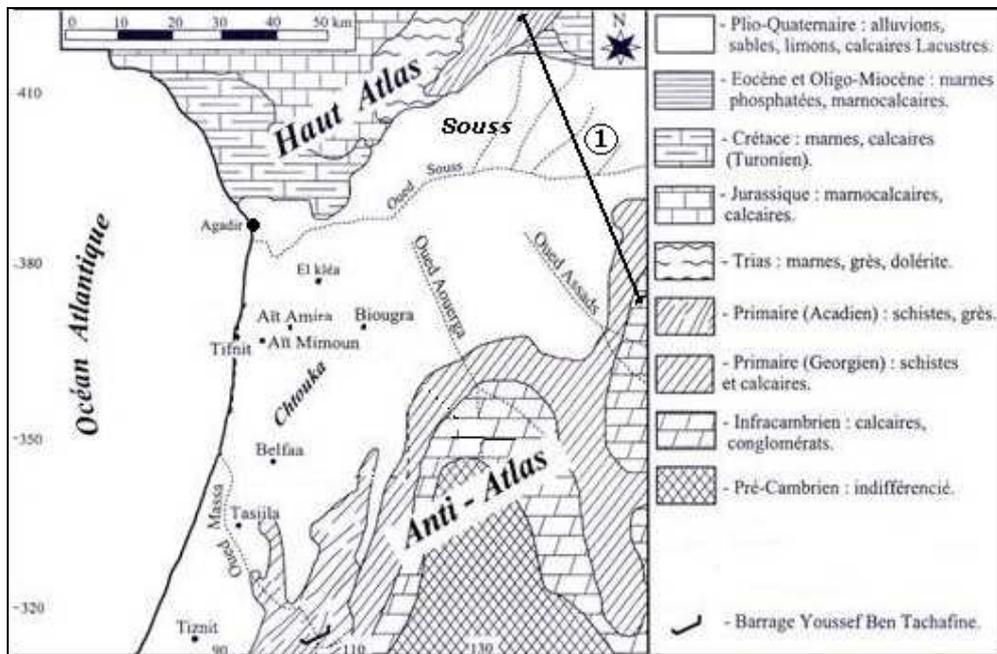


Figure 41: Carte géologique de Souss Chtouka (d'après Dijon 1969)

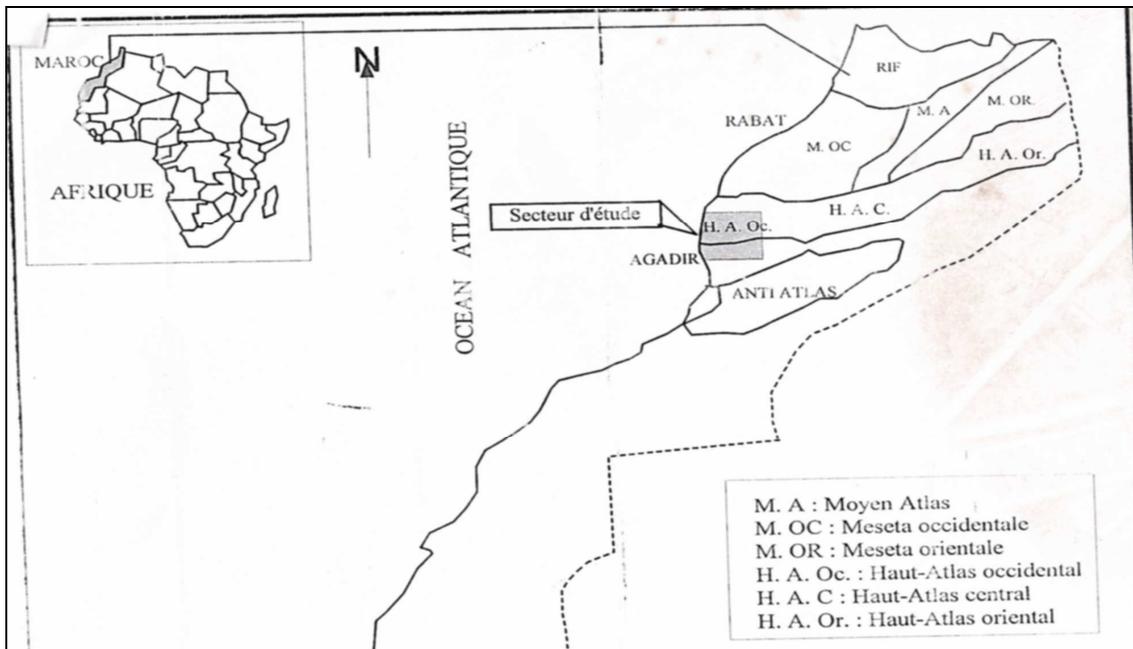


Figure 42: Carte de la localisation du secteur d'étude

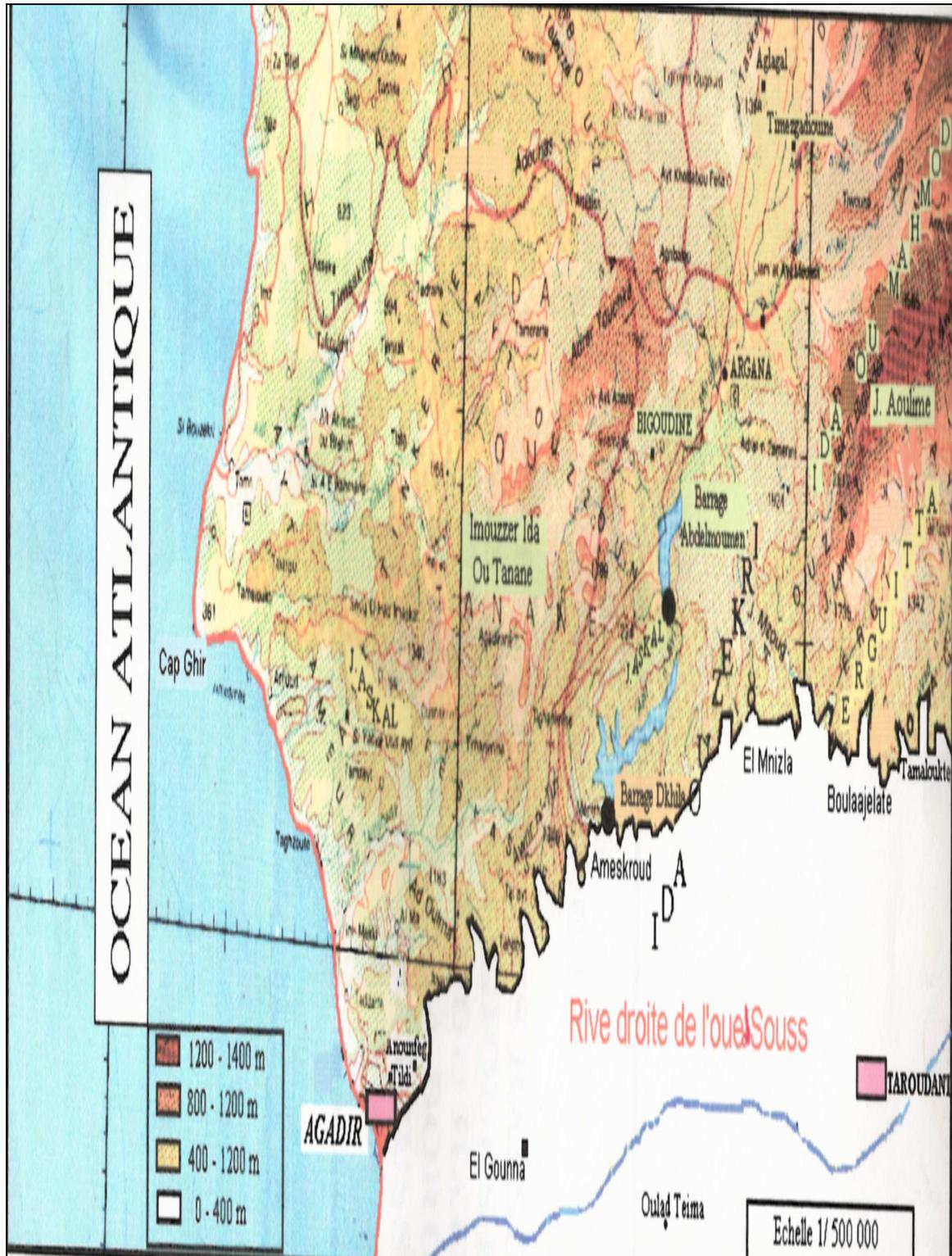


Figure 43: Carte topographique du secteur d'étude

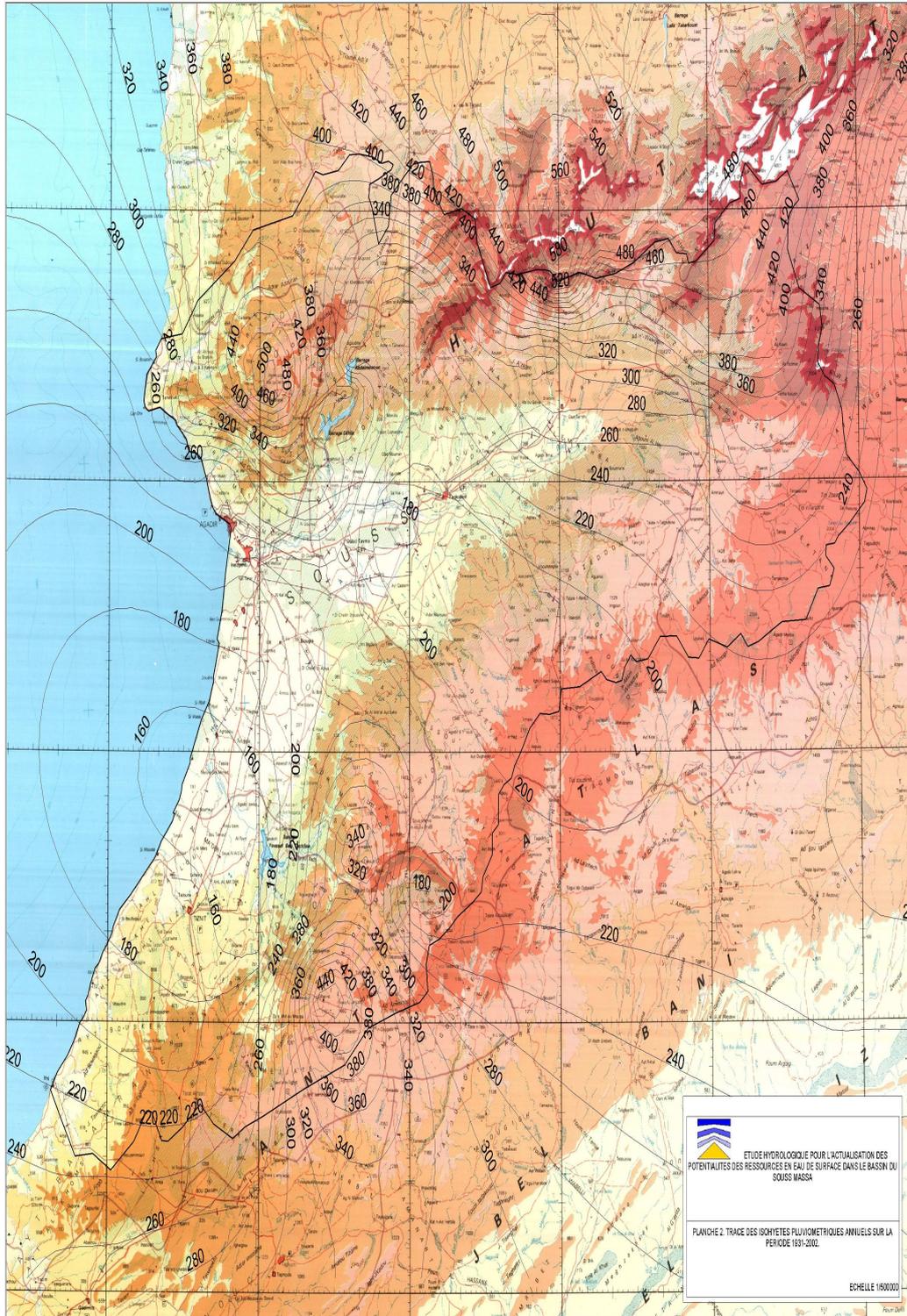


Figure 44: Carte des isohyètes de la région d'Issen

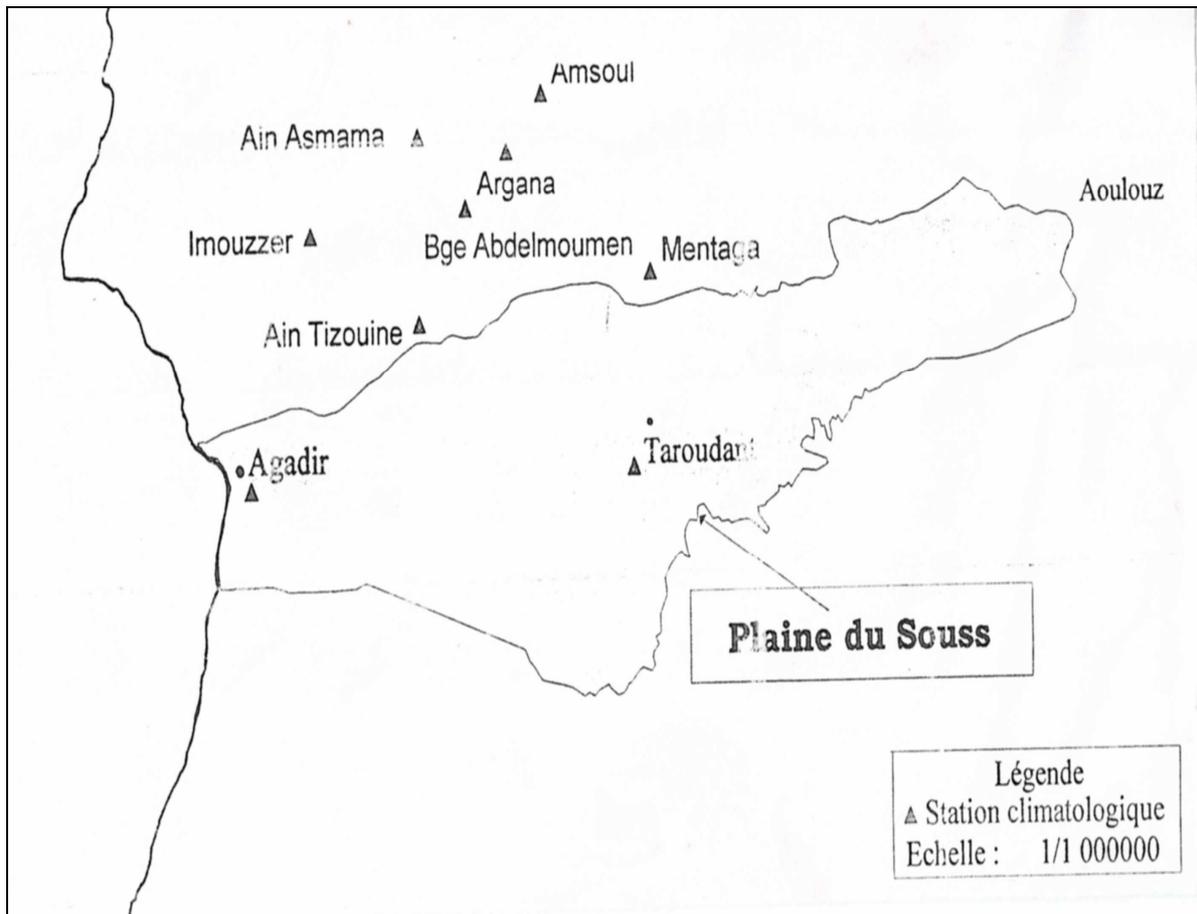


Figure 45: Carte de situation des postes climatologiques dans le secteur d'étude