
Année Universitaire : 2020-2021



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Analyse climatique et hydrologique du bassin de Draa et l'unité
de Guelmim et proposition des mesures pour garantir la
sécurité hydrique**

Présenté par:

Manal Zouiden

Encadré par:

**Pr. Benabdelhadi Mohammed, FST-Fès
Ing. Bakkali Anas, D.R.M- Fès**

Soutenu Le 10/7/2021, devant le jury composé de :

**Pr. Benabdelhadi Mohammed
Pr. Benaabidate Lahcen
Pr. El Garouani Abdelkader
Pr. Rais Naoual**

Stage effectué à : FST Fès



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Manal Zouiden

Année Universitaire : 2020/2021

Titre : Analyse climatique et hydrologique du bassin de Draa et l'unité de Guelmim et proposition des mesures pour garantir la sécurité hydrique

Résumé

Le bassin de Draa et l'unité de Guelmim se situent dans la partie sud du Maroc, dans une région au climat semi-aride. Nous avons choisi d'analyser le régime pluviométrique et les apports en eau. Trois sous-bassins de Draa et l'unité de Guelmim, où des données journalières de précipitations étaient disponibles sur la période 1962-2015 ont été étudiés. L'analyse, qui a distingué deux sous-régions déterminées par la topographie : les bassins d'altitude et ceux de plaine, montre que, selon leur contexte géologique, les sous-bassins ont des comportements différents en terme d'écoulement. Les zones en altitude présentent un écoulement et des précipitations plus importants que les bassins de plaine. Les analyses de tendance sur les précipitations annuelles et des apports en eau montrent une tendance à la baisse. Une tendance à une diminution significative des précipitations est obtenue sur quatre stations dans les sous-bassins d'altitude et deux stations des sous-bassins de plaine. Deux autres stations des bassins d'altitude diffèrent ; l'un montre une tendance stable et l'autre une tendance à la hausse. Aussi on a une tendance à la baisse des apports en eau pour tous les stations de Draa et l'unité de Guelmim sauf une seule. La modification des écoulements sur certains sous-bassins de Draa et l'unité de Guelmim serait donc imputable à des causes, de nature anthropique, mais surtout à la diminution de la pluviométrie. En effet la variabilité du climat, une gestion non optimale de la ressource en eau et l'intensification des activités anthropiques pourraient être les trois facteurs majeurs menaçant les écoulements et l'état de la ressource en eau.

Mots clés : Bassin de Draa, unité de Guelmim, ressource en eau, précipitations moyennes, tendance.

Remerciement

C'est avec beaucoup de plaisir que je tiens, en terminant ce mémoire, à remercier toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

J'exprime tout d'abord ma profonde reconnaissance à **Mr Mohammed Benabdelhadi** professeur à la faculté des sciences techniques de Fès d'avoir dirigé ce travail. Je le remercie infiniment pour tous les conseils judicieux, pour le temps qu'il m'a consacré au cours de l'élaboration de ce travail.

Je tiens également à exprimer mes gratitude à mon co-encadrant **Mr Anass Bakkali** Ingénieur à la direction régionale de la météorologie nord-est de Fès d'avoir accepté de co-diriger ce travail. Je le remercie pour ses conseils précieux ainsi que pour la disponibilité dont il a su faire preuve.

Je remercie sincèrement **Mr Lahcen Benaabidate**, **Mr Abdelkader El Garouani** et **Mme Naoual Rais**, professeurs à la faculté des sciences techniques de Fès pour avoir accepté de lire et d'évaluer mon rapport.

Mes remerciements sont adressés à tous le personnel de la faculté des sciences et techniques de Fès notamment tous les enseignants qui ont pu intervenir dans mon cursus universitaire et tous ceux qui ont participé, de près ou de loin à ma formation.

Enfin je remercie toutes les personnes physiques ou morales qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Avis favorable
_____ (Signature)

Liste des abréviations

- PDAIRE : Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau
- AEPI : Agence d'étude et de Promotion de l'Isere
- ORMVAO : Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate
- PMH : Petite et Moyenne Hydraulique
- AEP : Alimentation en Eau Potable
- MIDGCL : Ministère de l'Intérieur Direction Générale des Collectivités Locales
- ABHD : Agence du Bassin Hydraulique de Draa
- ABHSMO : Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa Draa
- APMEP : Association des Professeures de Mathématiques de l'Enseignement Public

Liste des figures

- Figure1 : Situation géographique du bassin de Draa et de Guelmim (P.D.A.I.R.E, 2011).
- Figure 2 : Carte géologique du bassin Draa (Tuduri, 2005)
- Figure 3 : Carte géologique du bassin de Guelmim (CHOUBERT et al.,1952)
- Figure 4 : Réseau hydrographique de Draa Oued Noune (P.D.A.I.R.E.2011)
- Figure 5 : Réseau hydrographique du Haut et Moyen Draa (P.D.A.I.R.E. 2011)
- Figure 6 : Réseau hydrographique du bas Draa (P.D.A.I.R.E. 2011)
- Figure 7 : Réseau hydrographique du bassin de Guelmim (P.D.A.I.R.E. 2011)
- Figure 8 : Nappes d'eau souterraine inventoriées de la zone (PDAIRE, 2010).
- Figure 9 : Les zones climatiques du bassin de Draa l'unité de Guelmim (A.B.H.D, 2011)
- Figure 10 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Agouillal
- Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Agouim
- Figure 12 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Ifre
- Figure 13 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Imdghar N'Izdar
- Figure 14 : Précipitations moyennes mensuelles de la station M'Semrir
- Figure 15 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Taherbilte
- Figure 16 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Tamanar
- Figure 17 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Assaka
- Figure 18 : Principe de la boîte à moustaches (Verdier, 2001).

- Figure 19 : Boite a moustaches des stations du bassin de Draa l'unité de Guelmim
- Figure 20 : Tendence des précipitations annuelles de la station Agouillal
- Figure 21 : Tendence des précipitations annuelles de la station Agouim
- Figure 22 : Tendence des précipitations annuelles de la station Ifre
- Figure 23 : Tendence des précipitations annuelles de la station Imdghar N'Izdar
- Figure 24 : Tendence des précipitations annuelles de la station Taherbilte
- Figure 25 : Tendence des précipitations annuelles de la station Tamanar
- Figure 26 : Tendence des précipitations annuelles de la station M'semrir
- Figure 27 : Tendence des précipitations annuelles de la station Assaka
- Figure 28 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Agouillal
- Figure 29 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Agouim
- Figure 30 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Ifre
- Figure 31 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Imdghar N'Izdar
- Figure 32 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station M'semrir
- Figure 33 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Taharbilte
- Figure 34 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Assaka

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Ressources en eau souterraine mobilisable dans le bassin du Draa (P.D.R.A.I.R.E. 2008)
- Tableau 2 : Stations pluviométriques au niveau du bassin de Draa l'unité de Guelmim (P.D.A.I.R.E. 2011)
- Tableau 3 : Quartiles des stations du bassin de Draa l'unité de Guelmim
- Tableau 4 : Apports moyens annuels des stations du bassin de Draa et l'unité de Guelmim (A.B.H.D, 2011)

Sommaire

1. Introduction générale.....	1
2. Présentation de la zone d'étude.....	2
2.1. Contexte géographique.....	2
2.2. Contexte géologique.....	3
2.3. Contexte climatique.....	5
2.4. Ressources en eau.....	6
2.5. Ressources en eau superficielles.....	7
2.5.1. Bassin de Draa.....	7
2.5.2. Bassin de Guelmim.....	9
2.6. Ressources en eau souterraines.....	10
2.6.1. Bassin de Draa.....	10
2.6.2. Bassin de Guelmim.....	11
3. Analyse climatique et hydrologique.....	12
3.1. Introduction.....	12
3.2. Collecte et traitement des données.....	13
3.3. Evaluation du potentiel pluviométrique.....	17
3.3.1. Quantiles statistiques.....	17
3.4. Variabilité climatique temporelle des précipitations annuelles.....	18
3.5. Evolution des apports d'eau superficielle.....	23
4. Elaboration des recommandations et proposition des mesures pour garantir la sécurité hydrique au futur.....	29
4.1. Introduction.....	29
4.2. Les éléments constitutifs de la sécurité hydrique : vers une intégration de l'enjeu climatique.....	29
5. Conclusion générale.....	30
6. Références bibliographiques.....	31
7. Annexes.....	33
7.1. Annexe 1 : Précipitations annuelles et mensuelles des stations du bassin de Draa Oued Noun.....	33
7.2. Annexe 2 : Apports annuels en eau de surface des stations du bassin de Draa Oued Noun.....	41

1. Introduction générale

En raison de leurs répercussions immédiates et durables sur le milieu naturel et sur l'homme, les questions de changement et de variabilité climatiques sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques et des décideurs politiques dans le monde. Le cycle de l'eau étant l'une des composantes majeures du climat, les implications de ces changements sur les régimes pluviométriques sont importantes. Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les populations que pour les écosystèmes. Elles sont faciles à mesurer. Autant de raisons qui font que la plupart des études et analyses portent sur les précipitations bien plus que sur d'autres paramètres du climat. Ces anomalies pluviométriques constatées depuis près de quatre décennies ont connu une résonance exceptionnelle dans les régions sud et centre du Maroc. Mais en réalité, l'ensemble du pays présente une vulnérabilité aux déficits pluviométriques. La variabilité climatique, en tant que phénomène a longterm été étudiée et caractérisée. La question la plus importante, est la recherche de facteurs explicatifs. La plupart des études climatiques réalisées se sont limitées à l'analyse des données pluviométriques annuelles ou mensuelles. Aussi, des variables afférentes aux précipitations telles que les fréquences de jours de précipitations et les durées des saisons pluvieuses, sont généralement très peu étudiées. Cela pourrait se justifier par la difficulté à acquérir des données de mesures quotidiennes, fiables et comportant peu de lacunes.

Les provinces du sud marocain forment ce qu'on appelle communément le vaste Sahara atlantique qui s'étend du pied du massif de l'Anti Atlas jusqu'à la hauteur de la localité de Lagouira. L'une de ses distinctions majeures est la sévérité du climat. Il compte parmi les zones arides les plus rudes de la planète. Partout, et à l'exemple du couloir du Draa, les précipitations sont très insuffisantes et les ressources hydrauliques mobilisables sont rares pour permettre l'épanouissement d'activités agricoles non irriguées. Cette étude se propose donc de mener des analyses climatiques et hydrologiques sur le bassin du Draa et l'unité de Guelmim à travers lesquelles nous pouvons comprendre les relations complexes entre les précipitations et les processus de ruissellement qui sont nécessaires pour estimer correctement le volume de ruissellement généré dans un bassin versant, et de proposer des mesures pour garantir la sécurité hydrique au futur. En effet. Au cours de cette étude, nous tenterons d'analyser les paramètres climatiques tels que les quantiles statistiques, le potentiel pluviométrique et la variabilité climatique temporelle des précipitations annuelles.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Contexte géographique

Le bassin versant du **Draa** est localisé dans le sud du Maroc. Il jouxte, dans sa partie nord plusieurs bassins hydrauliques. Cette limite commence depuis les environs du bassin de Tensift et le bassin d'Oum Errbia situés au nord-ouest de notre bassin et suit une ligne orientée ouest-est jusqu'à l'amont du bassin. A l'est, les limites du bassin correspondent au bassin du Guir Ziz Rhéris, et à l'ouest, à ceux du Souss, du Massa et de Guelmim. Au sud, la zone étudiée borde le bassin du Sahara comme le bassin de Saquia El Hamra et les frontières avec l'Algérie (fig.1). La configuration topographique du bassin du Draa est hétérogène et compte quatre zones topographiques distinctes : une zone de montagnes, une zone de plaines semi désertiques, une zone de plateaux désertiques et une zone côtière. Ce bassin est constitué des 3 unités, d'amont en aval, ; le haut Draa ; avec les affluents du Kalaat Mgouna, Skoura et Ouarzazate qui drainent les versants sud du Haut-Atlas central et le versant nord de l'Anti-Atlas. ; Le Draa moyen ; à partir de Ouarzazate, ses affluents s'unissent en un seul bras qui traverse les sols très durs de l'Anti-Atlas ; puis c'est la vallée du Draa, qui comporte des îlots de verdure sur 92 km de Agdz à Zagora (P.D.A.I.R.E, 2011). Et le bas Draa qui est la partie la plus longue et la plus aride, car éloignée des cimes enneigées du Haut-Atlas. Le bassin hydraulique de **Guelmim** se situe au sud du Maroc, il couvre une superficie de près de 10240 km² (El Mahmoudi et al., 2016). Il fait partie de la chaîne de l'Anti-Atlas occidental et plus précisément du grand bassin hydraulique du Bas Draa. Il est limité au nord par le bassin hydraulique de Souss et de Massa, à l'ouest par l'océan Atlantique sur une longueur d'environ 120 km de côtes. Au sud et à l'est, la limite est soulignée par le bassin hydraulique de Draa (fig.1).

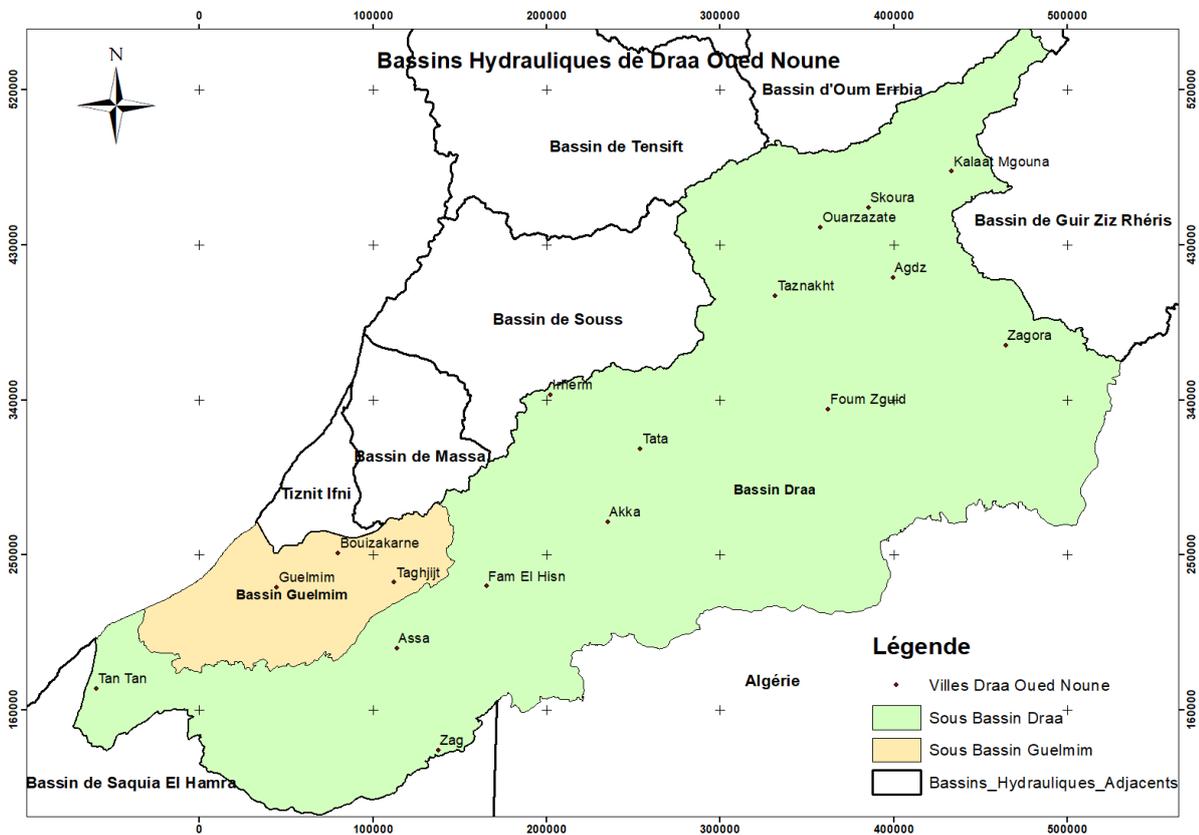


Figure1 : Situation géographique du bassin de Draa et de Guelmim (P.D.A.I.R.E, 2011).

2.2. Contexte géologique

Le bassin versant de Draa est subdivisé en trois sous bassins principaux ; le Haut Draa qui est l'unité médiane du sillon sud atlasique, il forme une vaste dépression entre le Haut-Atlas au nord et l'Anti-Atlas au sud. Il se présente sous forme d'un haut plateau, généralement peu accidenté sauf sur sa bordure nord dans la zone plissée sud atlasique, et comporte essentiellement des sédiments épicontinentaux et continentaux d'âges secondaires et tertiaire peu puissantes. Aux époques géologiques plus anciennes, le bassin a été la zone de rivage des formations, jurassiques et triasiques, largement représentées au nord dans le Haut atlas alors qu'elles sont totalement absentes au sud, dans le socle antécambrien du Jbel Saghro (El Ghazali, 2015) ; le moyen Draa qui fait partie du domaine géologique de l'Anti Atlas tout en traversant l'accident majeur de l'Anti Atlas (fig.2), les formations géologiques qui le constituent sont d'âges variés allant du Précambrien jusqu'au Quaternaire. Les horizons précambriens y affleurent en faveur de multiples massifs et boutonnières constitués essentiellement de terrains granitisés, magmatisés et métamorphisés (Sakho, 2011). ; Le Bas Draâ est située à l'extrémité Sud occidentale de l'Anti-Atlas à environ 250 Km au Sud de la ville d'Agadir. Cette boutonnière orientée ENE-WSW est constituée d'un socle schisto-granitique d'âge paléoprotérozoïque et d'une couverture sédimentaire d'âge protérozoïque terminal/cambrien structurée au cours de l'orogénèse hercynienne (Soumir et al., 2015).

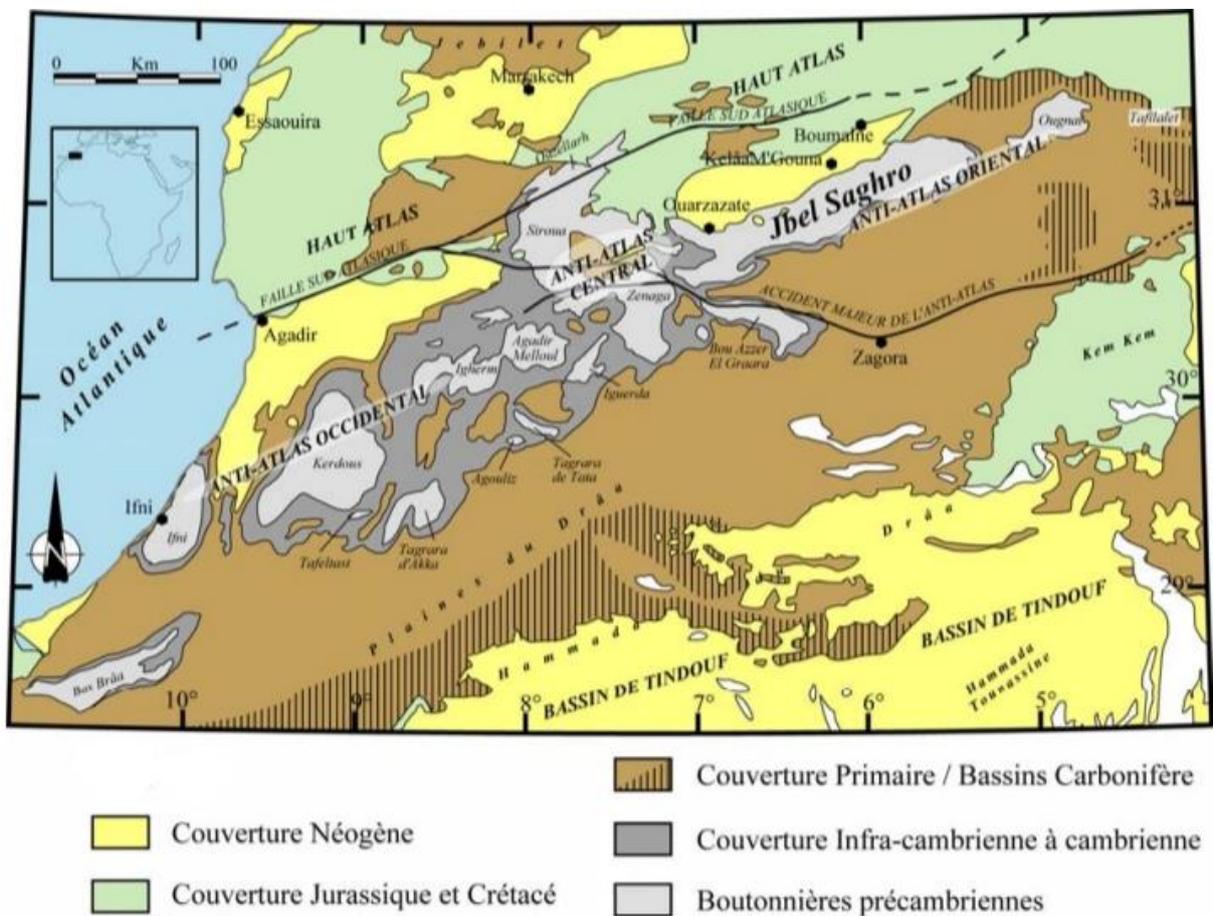


Figure 2 : Carte géologique du bassin Draa (Tuduri, 2005)

Le bassin de Guelmim est structuré en synclinal, centré sur le Jbel Tayert, couronné par les barres quartzitiques de l'Acadien terminal. Les terrains de remplissage de part et d'autre de ces reliefs sont constitués par des dépôts de couverture plio-quadernaire surmontant les schistes acadiens du substratum (Nacer, 2006). Les bordures de la plaine sont constituées par des terrains plus anciens qui correspondent à des cœurs d'anticlinaux qui font remonter le Précambrien du côté des boutonnières d'El Kerdous au NE et d'Ifni au NO et au niveau des Jbel Taïssa et Guir au SO. Au SE affleurent des terrains plus récents datés de l'Ordovicien, correspondant au flanc SE de l'anticlinal, dont le cœur serait situé dans l'axe de Jbel Taïssa (fig.3) (Kaoutli, 2013).

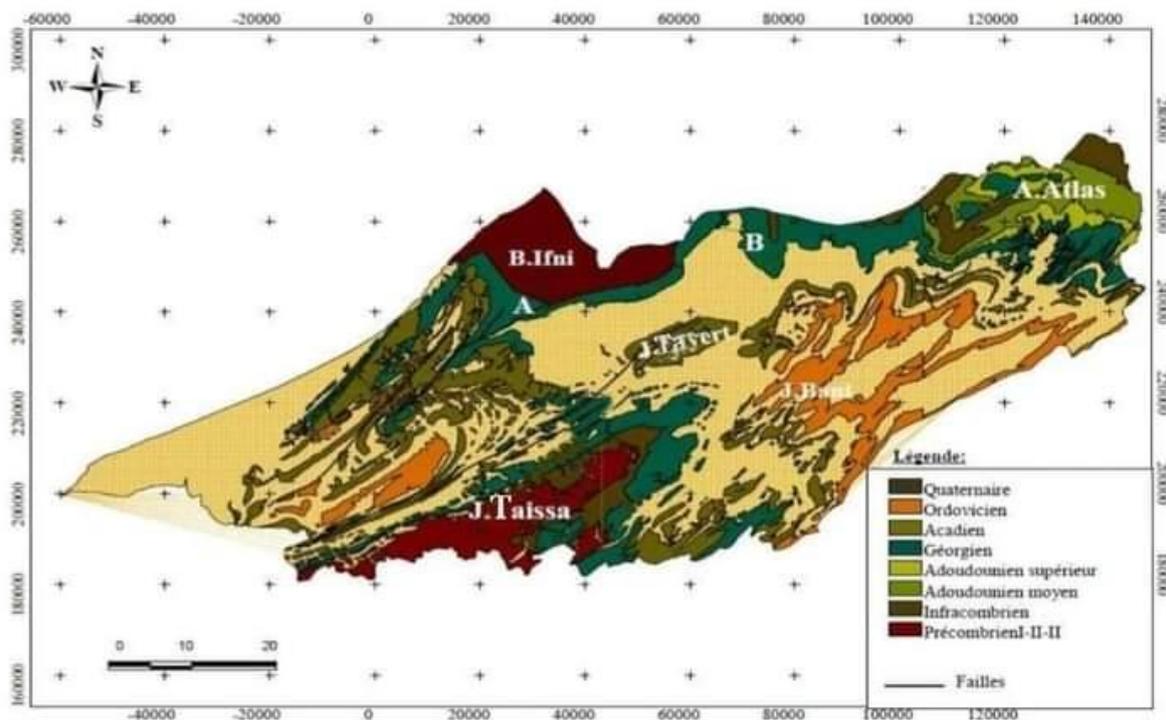


Figure 3 : Carte géologique du bassin de Guelmim (Choubert et al.,1952)

2.3. Contexte climatique

De manière générale, le climat dans le bassin du Draa est influencé par l'effet combiné de ; la latitude, avec une augmentation de l'aridité en allant du nord vers l'est, l'altitude, avec une amélioration du climat dans les zones de montagne anti-atlasiques, l'éloignement par rapport à la mer, avec une continentalité croissante d'ouest vers l'est. Il s'agit d'une unité climatique différente du reste du Maroc au sein de laquelle règne une aridité croissante, en allant vers le sud et vers l'est. Ces caractéristiques font de cette région une terre de contrastes extrêmes (A.B.H.S.M.D, 2010). Dans le haut et le moyen Draa la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 172.6 mm pour la station Agouim, 119.7 mm pour la station Ifre et 102.025 mm pour la station M'Semrir dans le massif du haut Atlas, et sur le plateau d'Ouarzazate on a 81.8 mm pour la station Imdghar N'Izdar, 80.625 mm pour la station Taherbilte et 72.6 mm pour la station Agouillal. Et dans le bas Draa on a les précipitations moyennes sont faibles or on a la station Tamanar avec une moyenne de 41.85 mm. Les précipitations décroissent d'ouest en est et des hauts reliefs du nord vers le sud. Leur variabilité est d'autant plus grande que la moyenne pluviométrique est plus faible. En règle générale, les précipitations les plus fortes se produisent en automne. Le pouvoir évaporant dans la région connaît une hausse très remarquable vue le degré de température qui peut atteindre jusqu'au 56°C comme valeur extrême maximale (Station de Tagounite) (Ouyse et al.,2012). Le bassin de Guelmim est caractérisé par une aridité sévère, en raison de la présence de la chaîne du Haut Atlas faisant obstacle aux perturbations pluvieuses en provenance du Nord. Malgré la latitude, la proximité de l'océan atlantique atténue l'effet de la continentalité saharienne pour la partie proche de l'océan. Les vents

sont très fréquents provoquant des accumulations sableuses de différentes formes (Nacer, 2006). La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 120 mm à Guelmim, mais avec une irrégularité aléatoire très importante, entre 15 mm et 300 mm (A.B.H.S.M.D, 2004).

2.4. Ressources en eau

Le Bassin du Draa est le plus grand bassin du Maroc, il comporte plusieurs oueds comme oued Dades, oued M'goun, oued Izerki, oued Ouarzazate et oued Ait Douchen avec des affluents importantes le long du bassin, aussi l'oued Seyad dans l'unité de Guelmim (fig.4). Il connaît une tradition ancestrale de l'utilisation des eaux de surface. Le captage des oueds au fil de l'eau dans le Haut Draa, l'utilisation des eaux de crues et la collecte des eaux pluviales dans le Moyen et le Bas Draa pour l'irrigation, constituent des pratiques anciennes mais sont toujours adoptées, aussi bien pour l'alimentation humaine, celle du cheptel, que pour l'irrigation. Mais, c'est avec l'introduction des ouvrages hydrauliques modernes, que la mobilisation des eaux de surface est passée à des niveaux importants avec, notamment, la création de périmètres de grande irrigation, les captages et le transport d'eau pour l'AEPI (P.D.A.I.R.E, 2010).

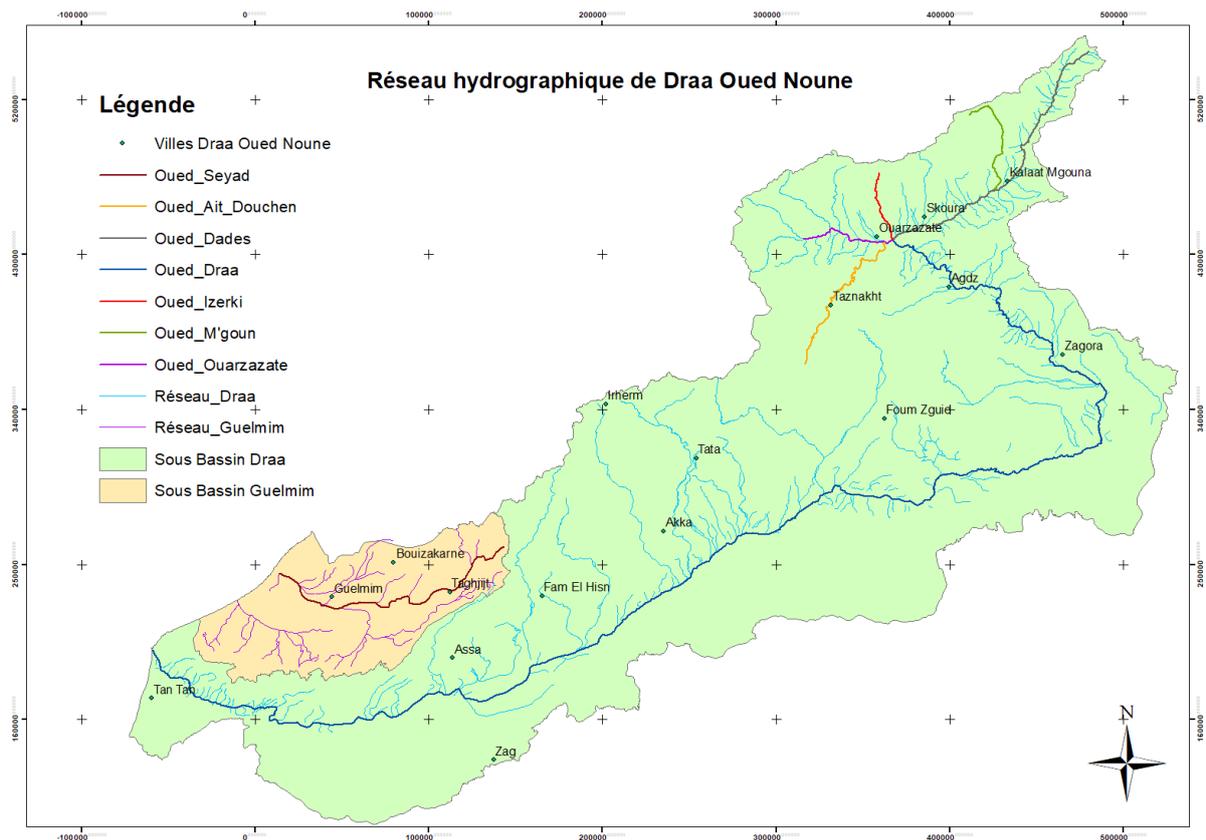


Figure 4 : Réseau hydrographique de Draa Oued Nounne (P.D.A.I.R.E.2011)

2.5. Ressources en eau superficielles

2.5.1. Bassin de Draa

Les trois sous-bassins de Draa se distinguent tant sur le plan morphologique et hydrographique, que sur le plan des apports en eaux : Le bassin du Haut Draa, d'une superficie de 15 000 km², est situé en amont du barrage Mansour Eddahbi, le bassin du Moyen Draa qui s'étend sur 14 860 km², est limité en amont par ce barrage et en aval, la palmeraie de M'Hamid. Le bassin du Bas Draa, qui couvre une superficie de 67 000 km², est limité en amont, par le Seuil de Bounou dans la palmeraie de M'Hamid et s'étend jusqu'à l'embouchure de l'oued Draa (P.D.A.I.R.E, 2011). Le bassin du Haut Draa est caractérisé par l'existence de nombreux cours d'eau pérennes qui permettent des prises au fil de l'eau et la création de nombreux périmètres d'irrigation traditionnels. La superficie totale de ces périmètres est évaluée à **20 567 ha** dont la grande partie est située au niveau du sous bassin de Dadès-Mgoun (73%), le reste étant réparti entre les sous-bassins d'Ouarzazate et d'Aït Douchen (Agence de sud, 2006). Les périmètres traditionnels du Haut Draa sont généralement affectés à l'arboriculture, combinée à la céréaliculture, aux maraîchages et aux cultures fourragères irrigués grâce à un réseau de seguias traditionnelles. La répartition de l'eau entre usagers, dans le Haut Draa, suit des règles coutumières bien établies. Le réseau de seguias est en grande partie en terre, générant une « perte » d'eau par infiltration. Au niveau du Moyen Draa, les aménagements des eaux de surface portent sur les aménagements de la grande irrigation, l'utilisation traditionnelle des eaux de crues et la protection contre les inondations.

La vallée du Draa Moyen est aménagée en périmètre de Grande Irrigation, d'une superficie globale de, **26 118 ha** répartis entre 6 oasis (Mezguita, Tinzouline, Ternata, Fezouata, Ktaoua, M'Hamid). Les aménagements hydrauliques destinés à cette irrigation comprennent le barrage Mansour Eddahbi, et les seuils de dérivation associés, au nombre de cinq (Agdz, Tansikhte, Ifly, Azaghar et Bounou). Associé à ces ouvrages, le périmètre comporte un réseau moderne de seguias, qui vient s'ajouter au réseau traditionnel pour assurer l'irrigation des palmeraies de Mezguita, Tinzouline, Ternata, Fezouata, Ktaoua, M'Hamid. On note que le réseau moderne est en grande partie bétonné (ORMVAO, 2009).

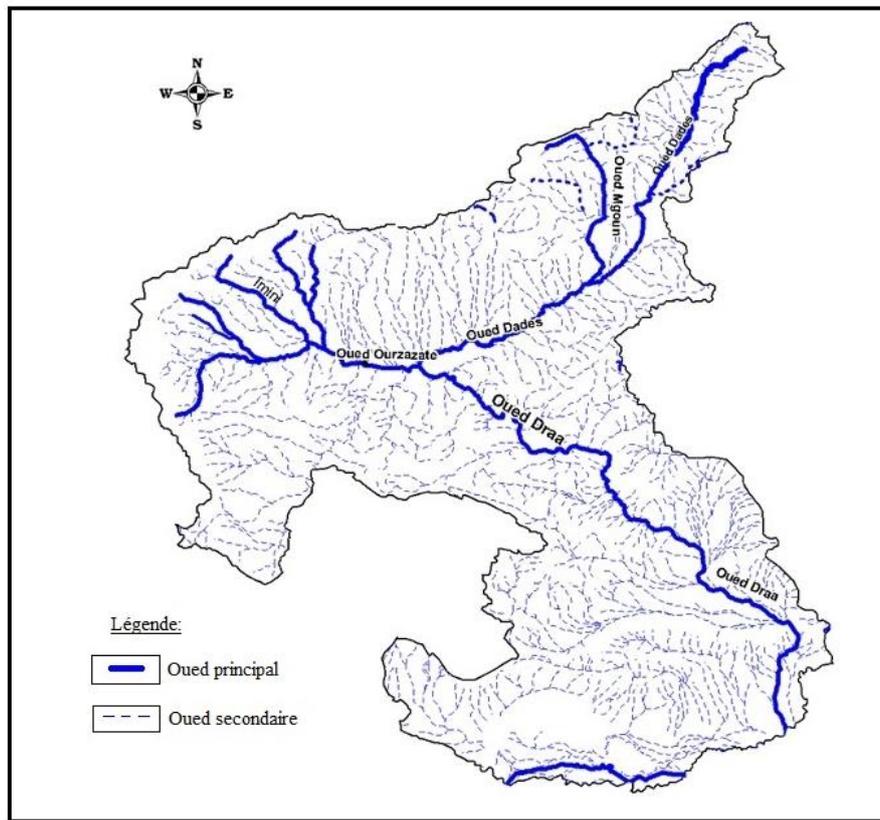


Figure 5 : Réseau hydrographique du Haut et Moyen Draa (P.D.A.I.R.E. 2011)

Dans la vallée du Bas Draa, l'utilisation des eaux de surface est essentiellement liée aux crues de l'oued Draa et de ses affluents. Cette utilisation fait souvent appel à la mise en place de seuils de dérivation, mais peut être directe avec l'emblavement du lit de l'oued après les passages des crues. Depuis quelques années, la réalisation de petits barrages et lacs collinaires permet le renforcement de cette utilisation par la création de nouveaux périmètres de PMH avec une superficie de **104 812 ha**. Ces lacs sont également utilisés pour le renforcement de l'AEP des populations d'éleveurs et de l'abreuvement du cheptel. Quatre seuils ont été répertoriés au niveau du Bas Draa : seuil d'Allougoum (120 m de longueur), seuil de Foum Zguid (93 m), le seuil de Tata M'Salit (61 m) et le seuil d'Akka (100 m). Ils permettent une régularisation des eaux des crues pour l'irrigation ou pour l'abreuvement du cheptel.

2.6. Ressources en eau souterraines

2.6.1. Bassin de Draa

2.6.1.1. Potentiel mobilisable

La quasi-totalité des eaux souterraines exploitées dans le bassin du Draa est issue des nappes alluviales liées aux oueds. Ce sont des nappes peu profondes et souvent appelées « nappes phréatiques » dont la puissance n'excède pas quelques dizaines de mètres. Ces nappes sont principalement alimentées par l'infiltration des eaux de surface et par les eaux du retour d'irrigation. On dénombre quelques 37 nappes, dont 10 nappes profondes et 27 superficielles dans le Haut Draa, les eaux souterraines reconnues et exploitées sont celles développées dans les formations récentes associées aux oueds (nappes de Tikert, Ouarzazate, Dadès M'Goun, etc.) (Ambroggi et al., 1952).

Quelques nappes profondes existent mais sont peu connues. Dans le Moyen Draa, les eaux souterraines reconnues et exploitées sont celles associées aux 6 oasis irriguées dans le cadre de la Grande Irrigation. De plus en plus, l'exploitation des eaux souterraines commence à s'étendre en dehors des oasis, dans des zones d'extension de l'agriculture (feijas, périphéries des oasis, etc.), mais là, les ressources sont peu connues et l'exploitation est assez "aléatoire". Dans le Bas Draa, les principales eaux souterraines exploitées sont celles associées aux foums. On dénombre une dizaine d'aquifères de ce type, principalement situés en rive droite de l'oued Draa. L'exploitaiton de ces nappes se fait par puits ou khattara et parfois à partir de résurgences. Ces dernières connaissent cependant des réductions de productivité, voire de tarissement, en raison de la surexploitation de la nappe par pompages, de plus en plus nombreux, en particulier en zones d'alimentation des nappes. Tout à fait à l'aval du bassin de l'oued Draa (province de Tantan), les nappes aquifères sont généralement saumâtres (nappe du Crétacé connue par "nappe de Tantan" et nappe de l'oued Ben Khilil). Cependant, ces nappes présentent un intérêt certain pour l'AEP, moyennant la déminéralisation. La petite unité de Taassalt, de très bonne qualité, présente un intérêt pour l'AEP, et éventuellement l'irrigation de petits périmètres (quelques dizaines d'hectares). Au niveau d'Assa, une nappe existe mais reste inexploitable en raison de la présence de fer et de manganèse (tab.1) (P.D.A.I.R.E. 2008).

Tableau 1 : Ressources en eau souterraine mobilisable dans le bassin du Draa (P.D.R.A.I.R.E. 2008)

	Aquifère superficiel identifié	Ressources mobilisables (Mm³/an)
Haut Draa	Tikert Ouarzazate Douchen	24
	Dades Mgoun	26,6
	Skoura	6,2
Total		56,8

Moyen Draa	Mezquita	12,7
	Tinzouline	14,9
	Ternata	17,5
	Fezouata	14,6
	Ktaoua	20,2
	M'Hamid	12,4
Total		92,2
Bas Draa	Foum Zguid	10,9
	Si Zerrouk	1,6
	Tissint	6,8
	TaTa	7,0
	Akka	4,9
	Ait Oubelli	4,2
	Foum El Hassan Icht	4,2
	Foum Assa	3,7
Total		43,3
TOTAL		192,3

2.6.2. Bassin de Guelmim

2.6.2.1. Potentiel mobilisable

Trois types d'aquifères renferment les ressources en eau souterraine du bassin ; l'aquifère de la nappe phréatique de la plaine de Guelmim, circulant dans le remplissage plio-quaternaire au centre du bassin, autour du Jbel Tayert ; les nappes alluviales d'étendue limitée longeant les principales vallées, notamment dans la partie montagneuse au NE du bassin ; les aquifères profonds de l'Adoudounien et du Géorgien qui circulent dans des formations calcaires dolomitiques. Ils affleurent au niveau de l'Anti Atlas au nord et au niveau de Jbel Taïssa au sud (fig.8) (Kaoutli, 2013).

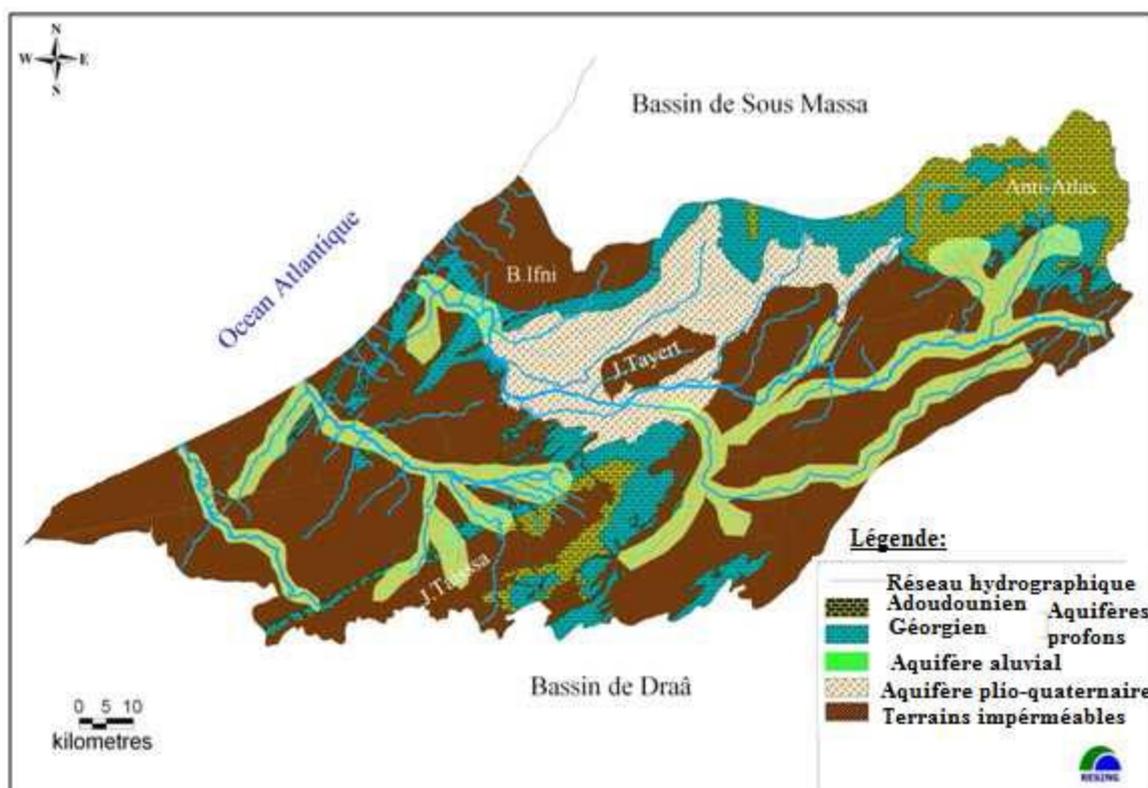


Figure 8 : Nappes d'eau souterraine inventoriées de la zone (PDAIRE, 2010).

2.6.2.2. Nappe phréatique de la plaine de Guelmim

L'aquifère plio-quadernaire est contenu dans le bassin hydrogéologique de Guelmim, qui occupe la partie centrale du bassin versant de l'oued Assaka. Il s'étend sur une superficie d'environ 1 000 km² entre les limites suivantes ; Les affleurements des formations géorgiennes calcaires supérieurs et schisto-calcaire) au nord et au nord-est ; Les affleurements des schistes et grès acadiens à l'ouest, constituant le Jbel Ait Lahcen ; Les affleurements des calcaires dolomitiques de l'Adoudounien au sud, au niveau des Jbel Taïssa ; Les affleurements quartzitiques (de l'Ordovicien) du Banni plissé au sud-est. Le bassin est percé dans sa partie centrale par le jbel Tayert qui est constitué essentiellement par les affleurements acadiens (schistes et grès) (Kaoutli, 2013).

2.6.2.3. Historique des inondations à Guelmim

Durant ces 45 dernières années, les inondations importantes ayant affecté la région de Guelmim sont celles des années 1968, 1985, 2010 et 2014. Ces inondations ont causé des dommages considérables. Par exemple les précipitations diluviennes qui se sont produites entre le 20 et le 30 novembre 2014 ont été marquées par des intensités exceptionnelles. Plusieurs records (journaliers ou mensuels) ont été battus. Sur l'axe Guelmim-Sidi Ifni, entre le 20 et le 30 novembre, au total 10 jours de précipitations ont été enregistrés. Au 28 novembre, le record des précipitations journalières a été battu avec 39 mm de précipitations à Guelmim. Le maximum des précipitations cumulées est 224 mm de précipitations. Ce qui a engendré des crues catastrophiques et exceptionnelle des cours d'eau, particulièrement l'oued Sayyed débit et l'oued Oum Laâchar. Durant la période 28 au 30 novembre 2014, le débit instantané maximal a atteint 916 m³/s (29-11-2014) pour d'oued Sayed, et 980 m³/s (28-11-2014) pour l'oued Oum Laâchar. Le bilan humain de ces inondations a été lourd, La ville de Guelmim et ses environs a été la plus touchée avec 32 décès. Les dégâts matériels sont importants (ponts détruits, routes détruites, pertes de bétail, des maisons effondrées partiellement ou totalement) (Zurich, 2014).

3. Analyse climatique et hydrologique

3.1. Introduction

La tendance du climat à l'assèchement est l'une des annonces les plus graves qui menacent la durabilité du développement, elle serait certainement accompagnée d'une réduction des ressources hydriques, ce qui affecterait les activités de production, la santé humaine, et les écosystèmes naturels.

Les impacts liés au climat, conjugués à la demande en eau croissante engendrée par la croissance démographique et le développement de l'agriculture, rendraient la satisfaction des besoins en eau pour les différents usages de plus en plus difficile d'où la nécessité d'évaluer le potentiel pluviométrique des bassins de Draa et l'unité de Gulemim et déterminer sa tendance pour se préparer à l'avance et proposer des mesures d'adaptation proactives au lieu des mesures rétroactives.

3.2. Collecte et traitement des données

Les données étudiées sont les précipitations annuelles et mensuelles de seize stations hydrologiques (Annexe 1). A partir de ces dernières nous avons utilisé les précipitations moyennes. La série chronologique utilisée pour cette étude s'étend de 1962 à 2015 (Période de 53 ans). C'est une série assez longue pour avoir des résultats fiables. Les stations Agouillal, Agouim, Imdghar N'Izdar, Ifre, Taherbilte, M'Semrir qui couvrent les zones de montagne, autour de 2000 m on a les stations Agouim, Ifre et M'Semrir, autour de 1000 m on a les stations Agouillal, Imdghar N'Izdar et Taherbilte et autour de 500 m on a les stations Tamanar et Assaka qui couvrent la zone de plaine (tab.2).

Tableau 2 : Stations pluviométriques au niveau du bassin de Draa l'unité de Guelmim, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars) (P.D.A.I.R.E. 2011)

Stations	X	Y	Z	Pm (mm)
Agouillal	337280	446550	1220	99.51
Agouim	30625	46280	2500	222.09
Ait Mouted	442900	449290	1545	127.02
Aman N'tini	342900	439400	1170	86.13
Assaka Tafounate	33290	40045	138	91.64
Barrage Mansour Eddahbi	370200	435400	1050	79.32
Ifre	42530	48220	2000	143.52
Imdghar N'Izdar	31425	40295	1500	109.52
M'Semrir	46075	52310	2600	145.05
Ouarzazate Centre	355993	436278	1124	82.76
Taherbilte	35115	42630	1620	88.93
Tamanar	154300	247400	467	28.66
Tamdrouste	32900	43960	124	74.12
Tiflite	365800	446500	1168	84.32
Tinouar	38420	44625	113	79.50
Assaka	108100	236800	570	116

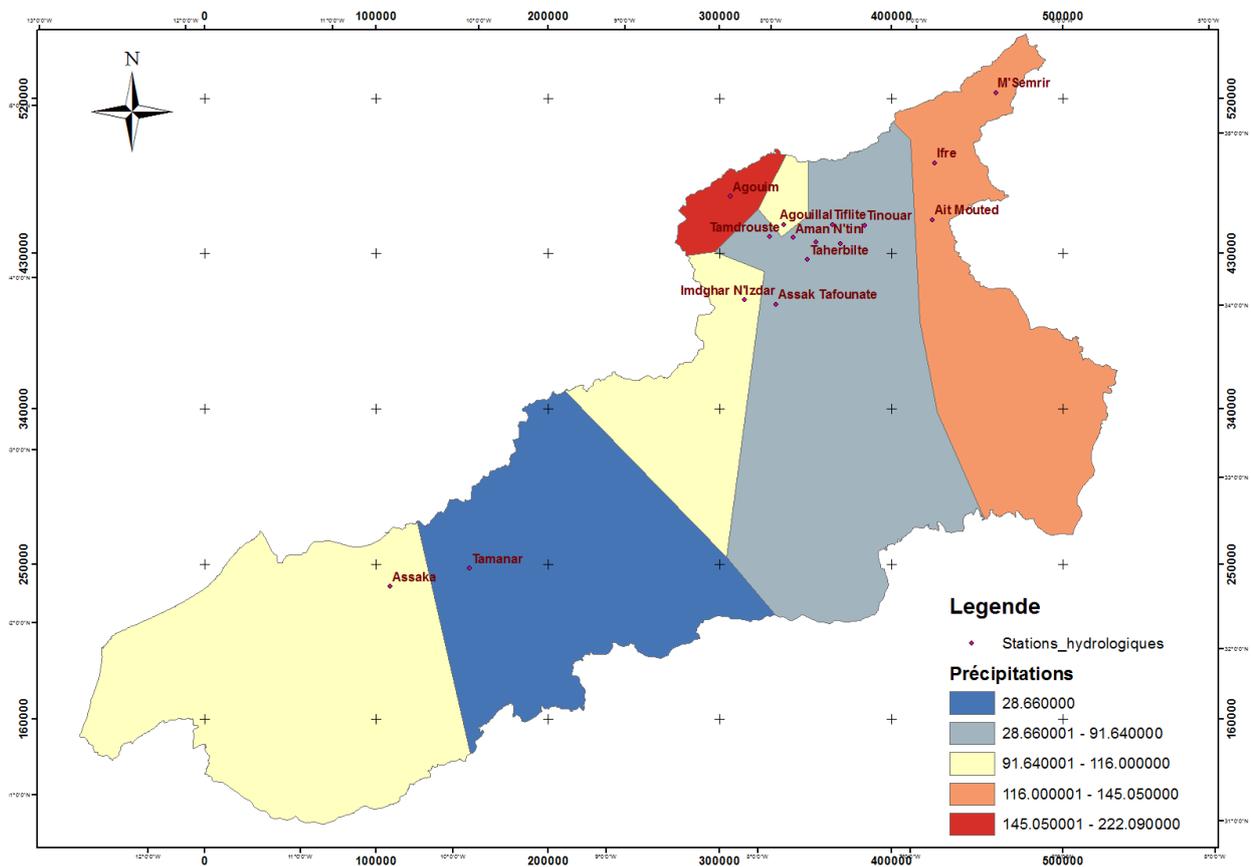


Figure 9 : Les précipitations des zones du bassin de Draa l'unité de Guelmim (A.B.H.D, 2011)

Nous avons défini pour chaque zone du bassin une ou deux stations représentatives pour laquelle/lesquelles nous allons évaluer le potentiel pluviométrique et sa variabilité climatique (fig.9). Et donc on a choisi huit stations (Agouillal, Agouim, Ifre, Imdghar N'zdar, Taherbilte, Tamarar, M'Semrir, Assaka).

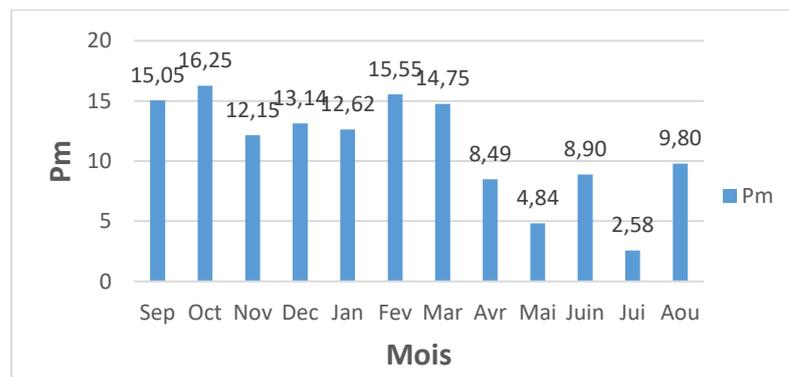


Figure 10 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Agouillal, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

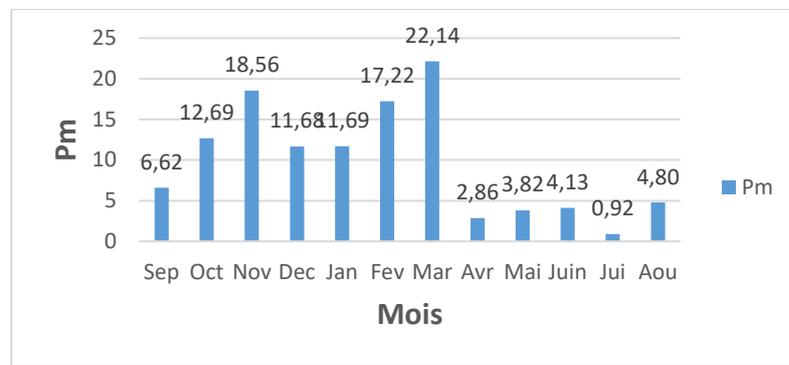


Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Agouim, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

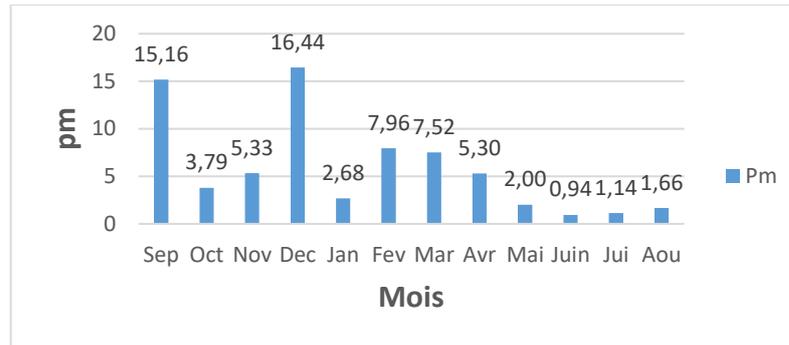


Figure 12 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Ifre, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

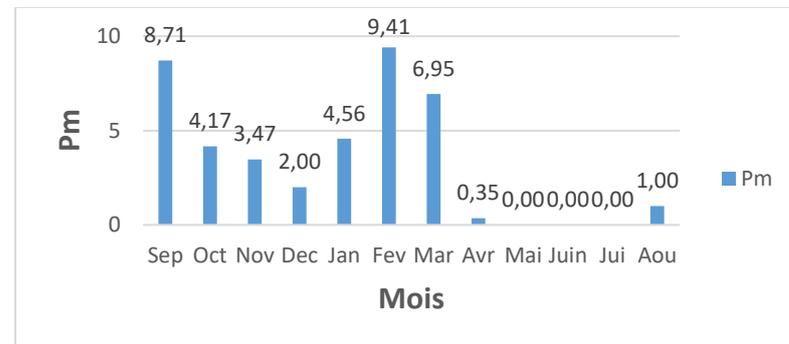


Figure 13 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Imdghar N'Izdar, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

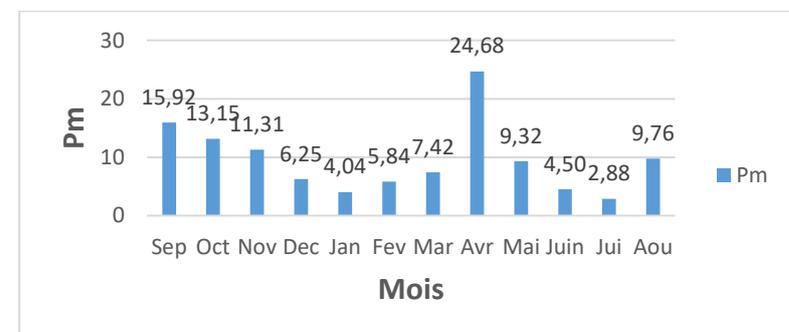


Figure 14 : Précipitations moyennes mensuelles de la station M'Semrir, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

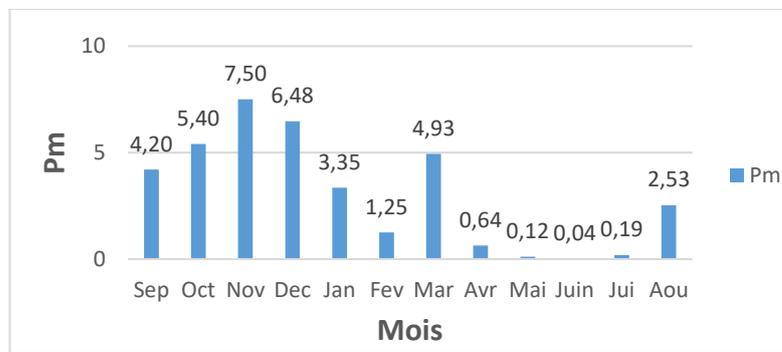


Figure 15 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Taherbilte, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

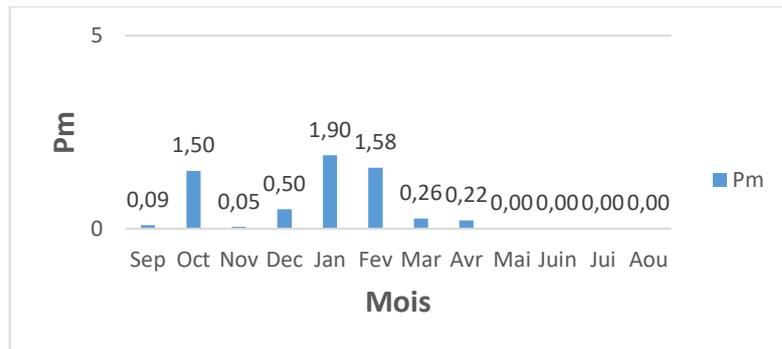


Figure 16 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Tamarar, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

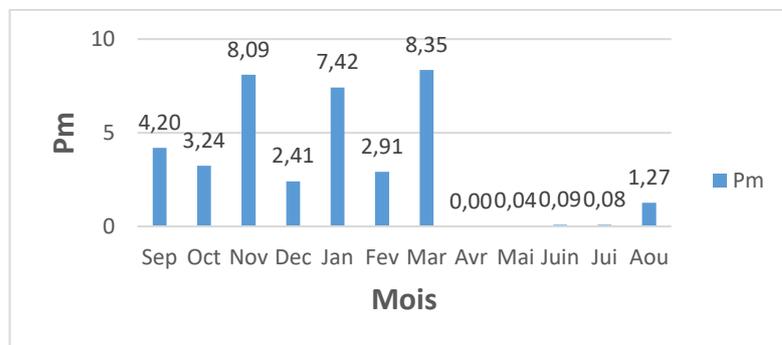


Figure 17 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Assaka, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

On a choisi la saison pluvieuse qui s'étend du mois septembre au mois mars car on a des précipitations remarquables dans cette phase (fig. 10 à 17), dont 74.32% des précipitations sont effectuées dans cette saison pour la station Agouillal, 85.88% des précipitations effectuées dans cette saison pour la station Agouim, 84.21% des précipitations effectuées dans cette saison pour la station Ifre, 96.67% des précipitations effectuées dans cette saison pour la station Imdghar N'Izdar, 55.56% des précipitations effectuées dans cette saison pour la station M'Semrir, 90.39% des précipitations effectuées dans cette saison pour la station Taherbilte, 96.39% des précipitations effectuées dans cette

saison pour la station Tamanar, 96.09% des précipitations effectuées dans cette saison pour la station Assaka.

3.3. Evaluation du potentiel pluviométrique

3.3.1. Quantiles statistiques

Les quartiles et les déciles sont des paramètres statistiques suffisamment flexibles pour évaluer et surveiller le progrès de la pluviométrie ou la sécheresse d'un bassin, ils sont très utilisés pour ce genre de description statistique. Les totaux des précipitations mensuelles d'un enregistrement à long terme sont d'abord classés du plus faible au plus élevé pour construire une distribution de fréquence cumulative.

3.3.1.1. Quartiles

Elle consiste à prendre pour premier quartile Q_1 la médiane de la première moitié de la série, le deuxième quartile c'est la médiane de la série, le troisième quartile est la médiane de la seconde moitié, et on a l'écart interquartile qui égale à $Q_3 - Q_1$. Il mesure la dispersion des valeurs autour de la médiane, c'est-à-dire la dispersion des 50% des valeurs autour de la médiane (Verdier, 2001). Les 4 quartiles pour les huit stations étudiées sont élaborés en se basant sur le cumul des précipitations de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars) (tab.3). On passe aussi à une représentation qui correspond aux valeurs trouvées pour la médiane et les quartiles, c'est la boîte à moustaches. L'objectif est de donner un résumé pertinent d'une série statistique qui soit efficace, donc rapidement « visualisable ». Il s'appuie sur la médiane et les quartiles. Il est bien entendu que cela n'a de sens que pour un caractère numérique, et que l'axe horizontal doit respecter la graduation. Le rectangle ici grisé correspond aux 50% « centraux ». C'est ce « corps » de la boîte qui est l'élément le plus essentiel. Des moustaches très courtes indiquent une très forte concentration de précipitation sur un petit intervalle, au contraire de moustaches très longues (Verdier, 2001) (fig.18).

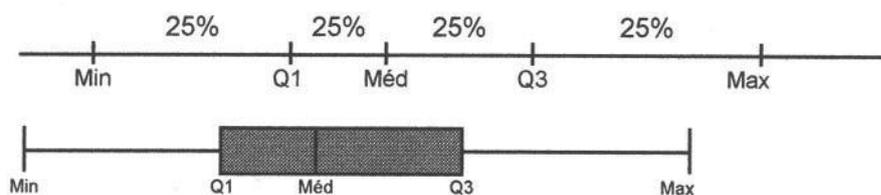


Figure 18 : Principe de la boîte à moustaches (Verdier, 2001).

Tableau 3 : Quartiles des stations du bassin de Draa l'unité de Guelmim

Station	1 ^{er} Quartile	2 ^{ème} Quartile le	3 ^{ème} Quartile	4 ^{ème} Quartile	L'écart interquartile
Agouillal	58.2	82.1	130.8	269.2	72.6
Agouim	127.5	189	300.1	641.3	172.6

Ifre	85.1	124.6	204.8	396.6	119.7
Imdghar N'Izdar	62.9	101.8	144.7	351.1	81.8
Taherbilte	39.425	66.4	120.05	448.2	80.625
Tamanar	0	13.8	41.85	118.2	41.85
M'Semrir	85.225	128.15	187.25	580.1	102.025
Assaka	62.2	89.6	146.8	320.7	84.6

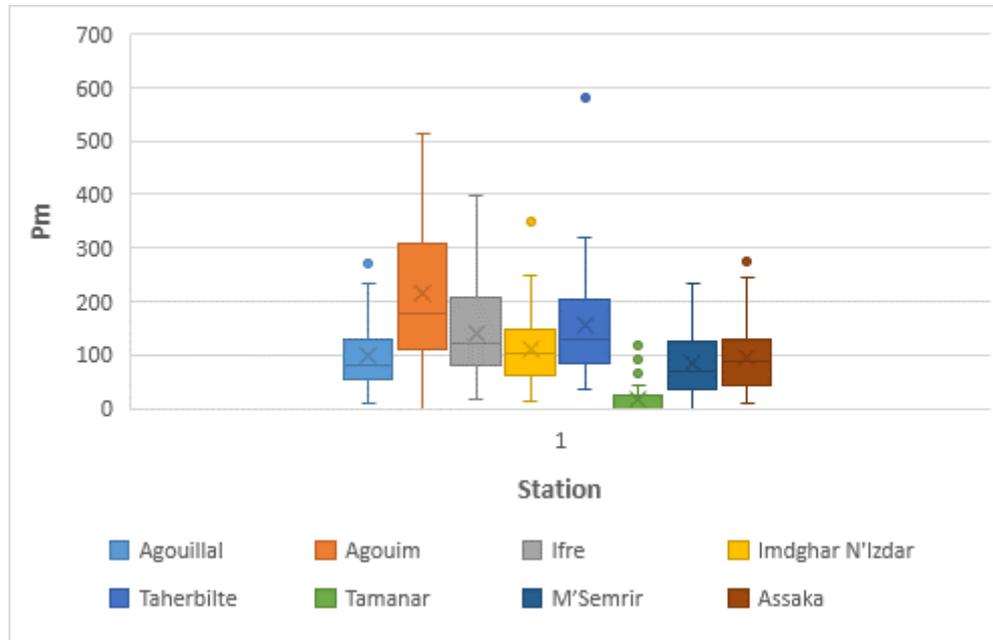


Figure 19 : Boite a moustaches des stations du bassin de Draa l'unité de Guelmim, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)

Nous constatons que pendant la saison pluvieuse les 50% centraux des précipitations de la zone présentée par la station Agouim sont les plus importants avec une moyenne de 172.6 mm, pour la deuxième zone présentée par les deux stations Ifre et M'Semrir les 50% des précipitations sont à la suite, 119.7 mm et 102.025 mm, pour la troisième zone représentée par les deux stations Assaka et Imdghar N'Izdar les 50% centraux des précipitations sont à la suite 84.6 mm et 81.8 mm, les 50% des précipitations de la station Taherbilte sont 80.625 mm, les 50% des précipitations de la station Agouillal sont 72.6 mm et la station Tamanar qui représente la station la plus pauvre en termes de précipitation avec les 50% centraux sont de nombre de 41.85 mm. Nous constatons également que toutes les précipitations que reçoit le bassin de Draa et l'unité de Guelmim sont inférieures à 641.3 mm et 50% des précipitations sont inférieures à 128.15 mm (fig.19) (tab.3).

3.4. Variabilité climatique temporelle des précipitations annuelles

Pour évaluer la variabilité temporelle des précipitations annuelles des stations représentatives, et pour fournir une meilleure compréhension des anomalies et l'évolution des tendances dans la durée, la fréquence et l'intensité des phénomènes climatiques et hydrologiques extrêmes, nous avons utilisé

la méthode de **la régression polynomiale** ; qui est une étude statistique a pour but de trouver une fonction de prédiction adéquate pour des données qui ne semblent pas avoir une relation linéaire ou pour bien représenter une série statistique dans le temps (Anderson et al., 1999), car les données de la précipitations de ces stations fluctuent d'une période à une autre. Pour mieux apprécier la contribution de la variable explicative pour expliquer les fluctuations dans la variable dépendante on définit le coefficient de corrélation, appelé aussi le coefficient d'explication. Ce nombre note R^2 , est la proportion de la variation totale qui est expliquée par la droite de régression (F.F.C. 1997).

La courbe de tendance polynomiale de 6^{ème} degré est celle qui a le coefficient de détermination R^2 le plus grand. Mais ce coefficient reste faible (il ne dépasse pas 0.7) alors qu'il doit être égale à 1 pour dire qu'on a une forte corrélation, ce qui signifie que cette courbe de tendance n'épouse pas parfaitement l'évolution de la précipitations annuelle des stations de Draa et l'unité de Guelmim, mais elle donne une idée sur les périodes sèches et les périodes humides.

Pour évaluer la tendance des précipitations annuelles nous nous sommes basés principalement sur la méthode de **la moyenne mobile** qui permet de supprimer les fluctuations transitoires, aplanie les irrégularités et lisser la courbe en fin de reconnaître facilement la tendance (fig. 20 à 27). On calcule des moyennes mobiles d'ordre 3, 4, 5,10,20 etc. L'ordre est le nombre de périodes (années dans ce cas) sur lesquelles la moyenne mobile est calculée. En pratique, on préfère lisser à l'aide d'un ordre impair pour éviter des phénomènes de déphasage de la série lissée. Ainsi, calculer la moyenne mobile d'ordre 3 pour une série statistique sur une période 10ans consiste à calculer, pour chaque année **m**, la moyenne du chiffre d'affaires sur les trois mois **m-1**, **m** et **m+1**. Le calcul n'est possible qu'à partir du deuxième de la série et jusqu'à l'avant dernier mois (Drott, 1994).

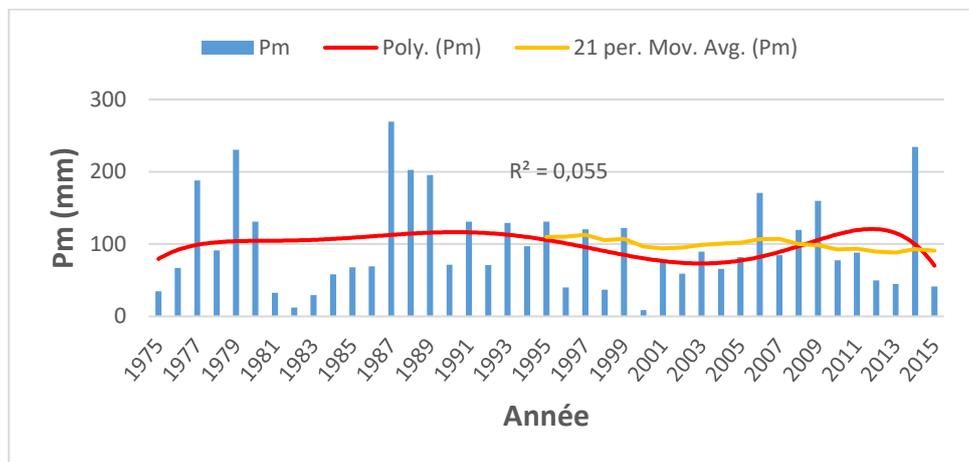


Figure 20 : Tendence des précipitations annuelles de la station Agouillal, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Agouillal se trouve en zone de montagne avec une altitude de 1220 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a une période assez stable pendant les premiers 20

années, une période sèche les 10 années après et une période plus au moins humide les 10 dernières années, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.0055 donc on ne peut pas fournir une meilleure compréhension de l'évolution de la tendance. La courbe de la moyenne mobile nous montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de Pm du premier point est 117 mm et le dernier point 93 mm.

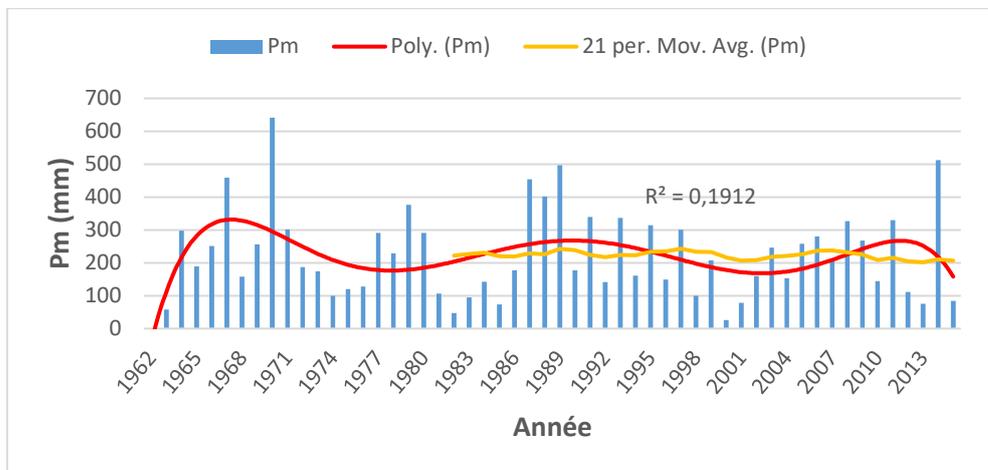


Figure 21 : Tendence des précipitations annuelles de la station Agouim, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Agouim se trouve sur une montagne avec une altitude de 2500 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre une succession des périodes humides et sèches, commençant par une période humide les 10 premières années, une période sèche les 10 années juste après une autre période humide les 10 années après, une sèche les 10 années qui vient après et une autre période humide les 10 dernières années, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.1912. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de Pm du premier point est 215 mm et le dernier point 200 mm.

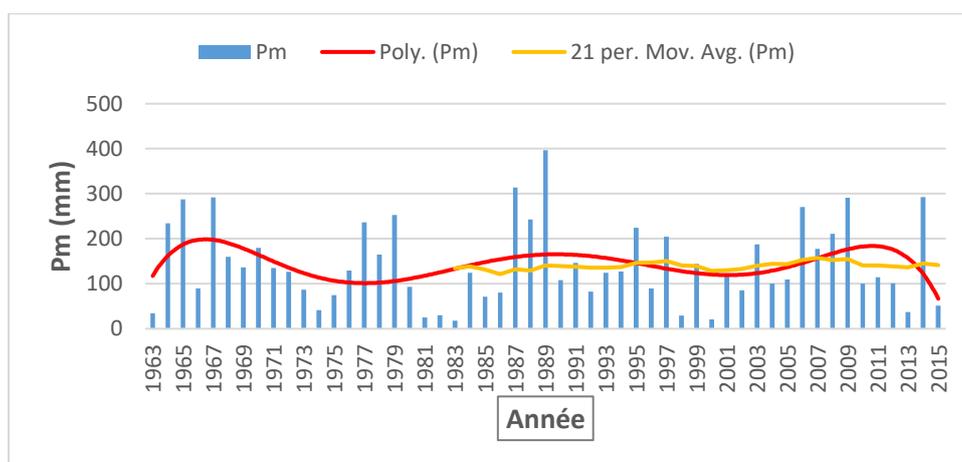


Figure 22 : Tendence des précipitations annuelles de la station Ifre, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Ifre se trouve sur une montagne avec une altitude 2000 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a une période assez stable le long des 50 années sauf les années 1987 et 1989 qu'ils ont connus une période humide assez importante, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.0891. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance assez constante dans les environs de 130 mm.

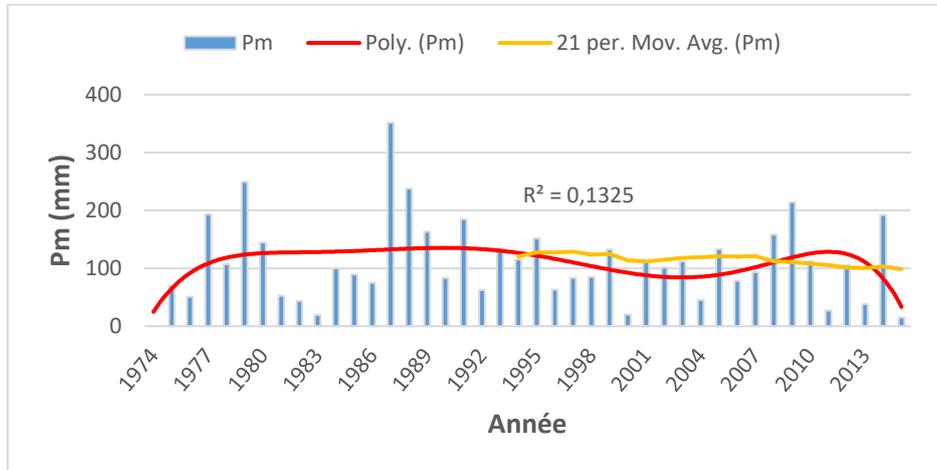


Figure 23 : Tendence des précipitations annuelles de la station Imdghar N'Izdar, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Imdghar N'Izdar se trouve sur une montagne avec une altitude de 1500 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre une période assez stable le long des 40 années sauf les années 1987, 2010 et 2014 qu'ils ont connus une période humide assez importante, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.1325. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de Pm du premier point est 130 mm et le dernier point 100 mm.

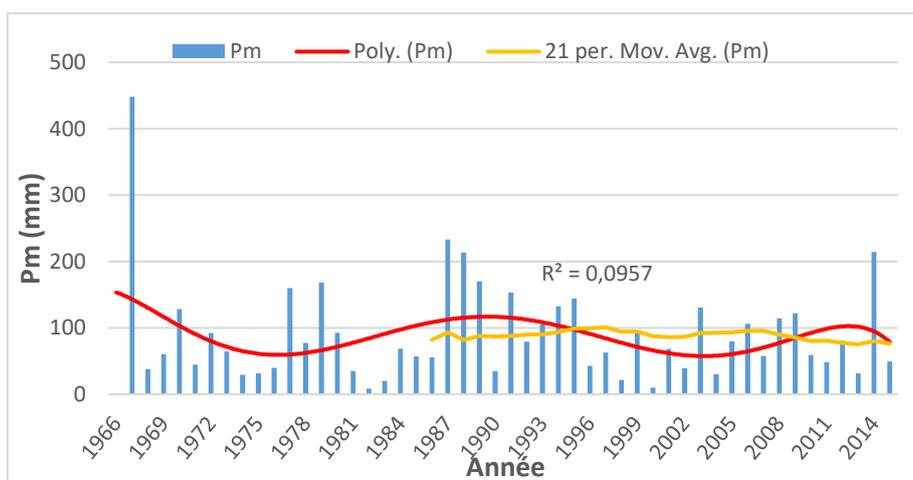


Figure 24 : Tendence des précipitations annuelles de la station Taherbilte, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Taherbilte se trouve en zone de montagne avec une altitude de 1620 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a une période assez stable le long des 50 années sauf les années 1979, 1987, 1988, et 2014 qu'ils ont connus une période humide assez importante, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.0957. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de Pm du premier point est 90 mm et le dernier point 80 mm.

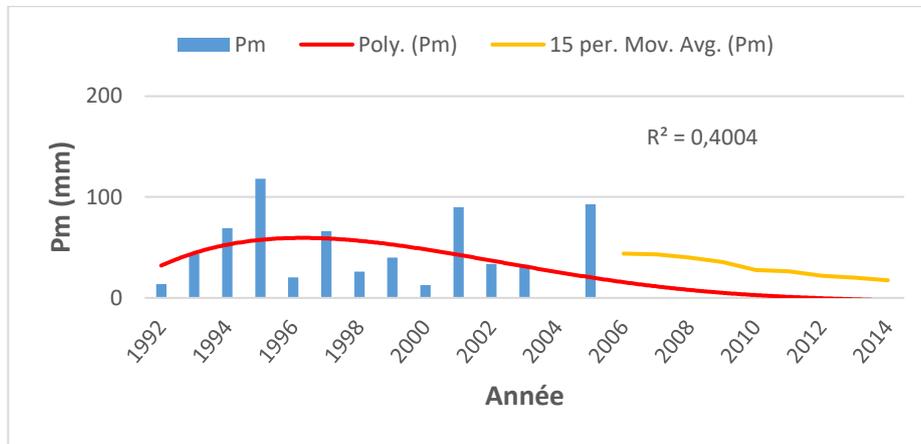


Figure 25 : Tendence des précipitations annuelles de la station Tamar, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Tamar se trouve en zone de plaine avec une altitude de 467 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a une période humide depuis l'année 1993 jusqu'à 2005 et une période sèche de 2006 à 2014, avec un coefficient de corrélation R^2 faible égale à 0.4004. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de Pm du premier point est 46 mm et le dernier point 26 mm.

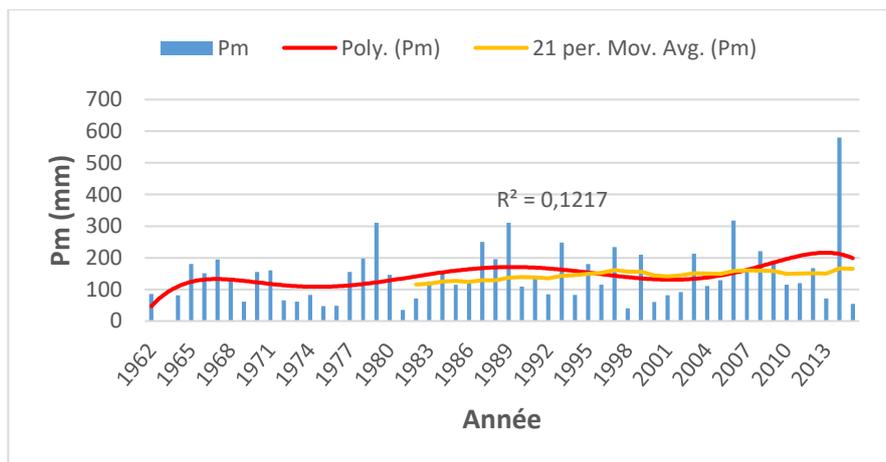


Figure 26 : Tendence des précipitations annuelles de la station M'semrir, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station M'Semrir se trouve en zone de montagne avec une altitude de 2600 m. La courbe de la régression polynomiale qui nous montre une période assez stable le long des 50 années sauf les années 1979 et 2014 qu'ils ont connus une période humide assez importante, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.1217. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la hausse avec la valeur de Pm du premier point est 127 mm et le dernier point 160 mm.

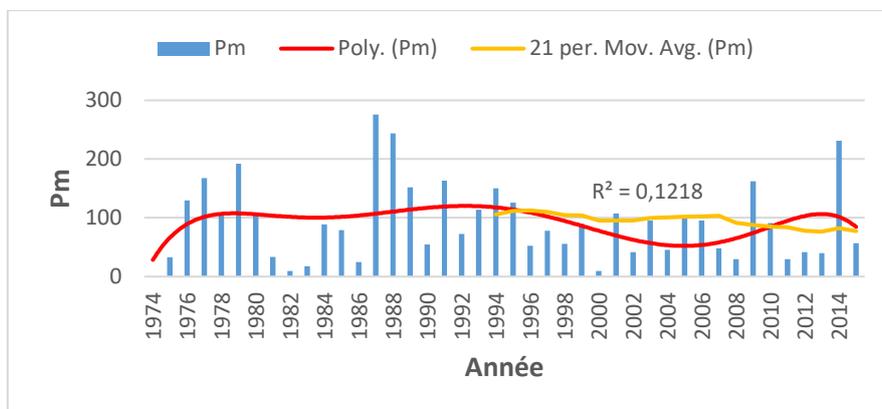


Figure 27 : Tendence des précipitations annuelles de la station Assaka, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
 ,pér : période, poly : polynomiale

La station Assaka se trouve sur une plaine avec une altitude de 570 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a une période assez stable le long des 50 années sauf les années 1979,1987, 2009 et 2014 qu'ils ont connus une période humide assez importante, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.1218. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de Pm du premier point est 105 mm et le dernier point 80 mm.

Conclusion :

Toutes les stations de Draa et l'unité de Guelmim étudiées ont une tendance à la baisse des précipitations annuelles, sauf la station Ifre qui a une tendance assez stable dans une valeur de 130 mm et la station de M'Semrir qui a une tendance vers la hausse jusqu'à atteindre une valeur de 160mm.

3.5. Evolution des apports d'eau superficielle

Les apports d'eau superficielle moyen des stations hydrologiques de Draa et l'unité de Guelmim (tab.4), à travers une étude tendancielle basée essentiellement sur la méthode de la moyenne mobile nous ont permis d'analyser l'évolution des apports d'eau superficielle dans le temps (fig. 28 à 34).

Tableau 4 : Apports moyens annuels des stations du bassin de Draa et l'unité de Guelmim (A.B.H.D, 2011)

Station	Apport moyen annuel (Mm ³)
Agouillal	13.7958
Agouim	8.879875
Ifre	44.171962
Imdghar	2.41969231
M'semrir	22.0866667
Taherbilte	5.40639024
Assaka	15.358914

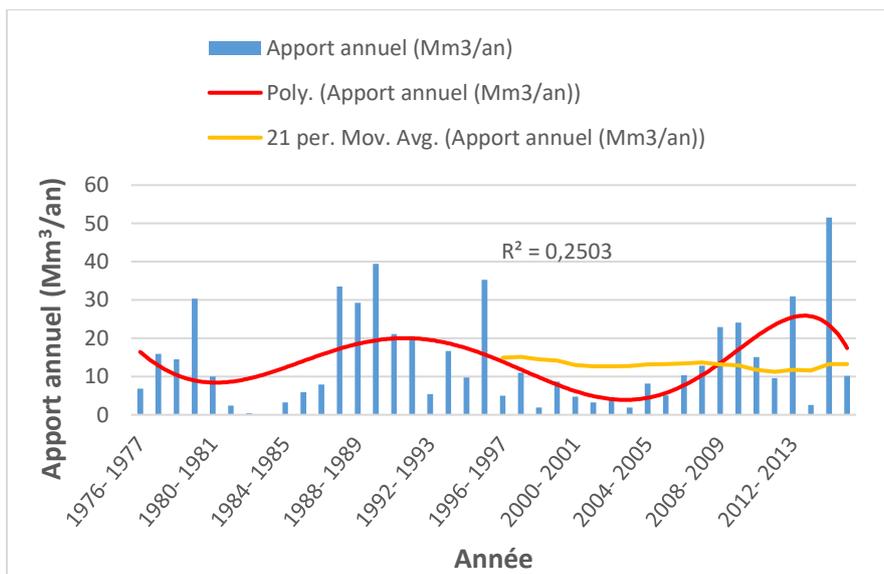


Figure 28 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Agouillal, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars),
pér : période, poly : polynomiale

La station Agouillal se trouve sur une montagne avec une altitude de 1220 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a des périodes où elle a connu des quantités importantes en eau tels les années 1979-1980, 1989-1990, 1995-1996, 2014-2015, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.2503. La courbe de la moyenne montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est 15.9 Mm³/an et le dernier point 14.5 Mm³/an.

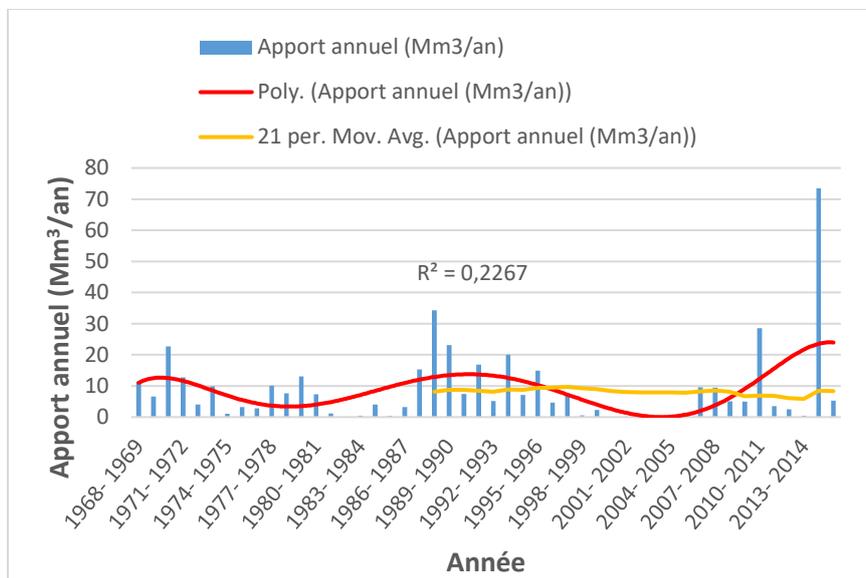


Figure 29 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Agouim, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars),
pér : période, poly : polynomiale

La station Agouim se trouve sur une montagne avec une altitude de 2500 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre des périodes où elle a connu des quantités importantes en eau tels les années 1988-1989, 2014-2015, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.2267. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est 9 Mm^3/an et le dernier point 8 Mm^3/an .

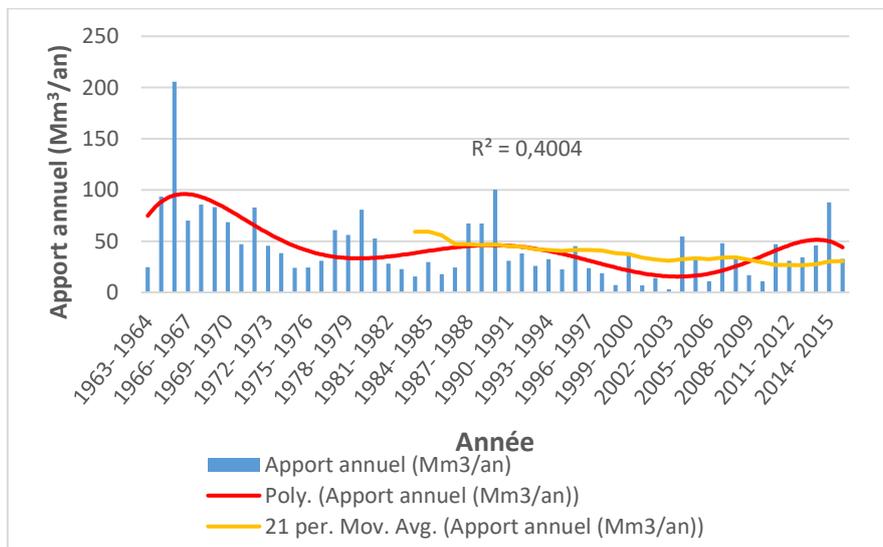


Figure 30 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Ifre, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars),
pér : période, poly : polynomiale

La station Ifre se trouve en zone de montagne avec une altitude de 2000 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a des périodes où elle a connu des quantités importantes en eau tels les années 1965-1966, 1989-1990, et 2014-2015, avec un coefficient de corrélation R^2 faible égale à 0.4004. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est 60 Mm^3/an et le dernier point 30 Mm^3/an .

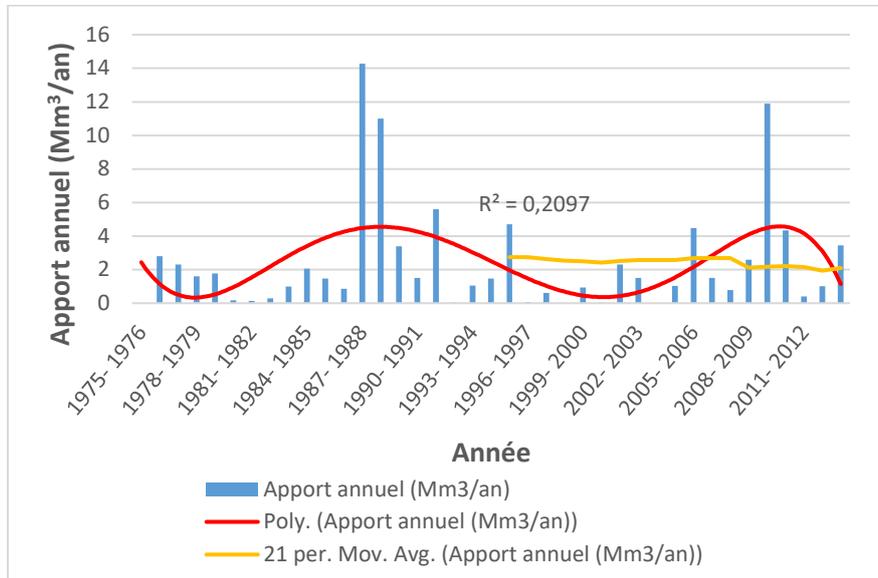


Figure 31 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Imdghar N'Izdar, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars),
pér : période, poly : polynomiale

La station Imdghar N'Izdar se trouve sur une montagne avec une altitude de 1500 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a des périodes où elle a connu des quantités importantes en eau tels les années 1987-1988, 1988-1989, 2009-2010, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.2097. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est 2.8 Mm³/an et le dernier point 2 Mm³/an.

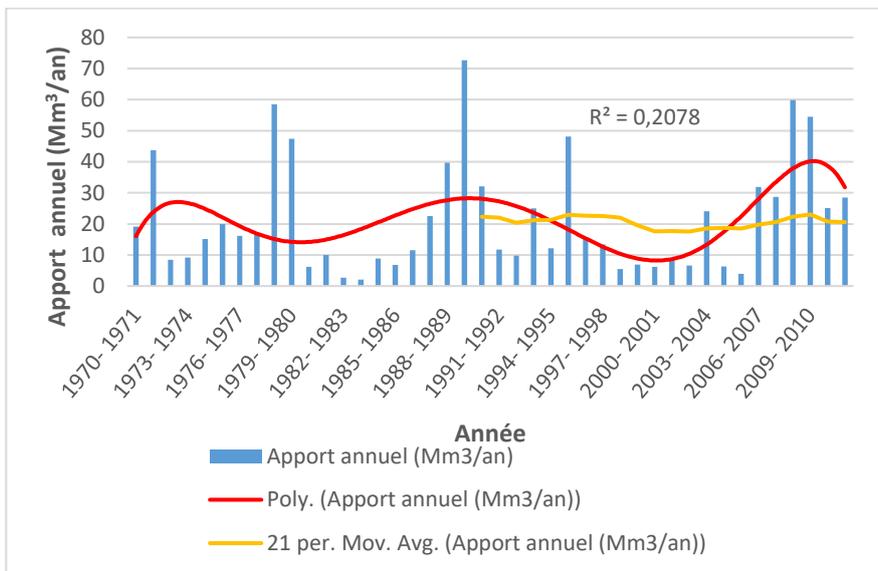


Figure 32 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station M'semrir, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars)
,pér : période, poly : polynomiale

La station M'Semrir se trouve sur une montagne avec une altitude 2600 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a des périodes où elle a connu une importante quantité en eau tels les années 1978-1979, 1989-1990, 2008-2009, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.2078. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est 22.5 Mm^3/an et le dernier point 20 Mm^3/an .

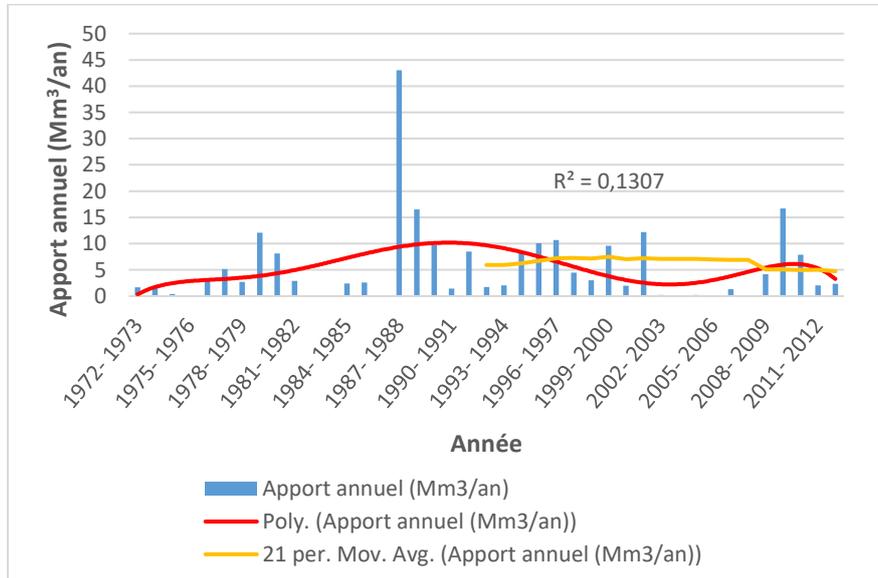


Figure 33 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Taharbilte, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars),
pér : période, poly : polynomiale

La station Taherbilte se trouve sur une montagne avec une altitude 1620 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a des périodes où elle a connu une quantité importante en eau tels les années 1987-1988, 2009-2010, avec un coefficient de corrélation R^2 très faible égale à 0.1307. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la baisse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est 6 Mm^3/an et le dernier point 4.9 Mm^3/an .

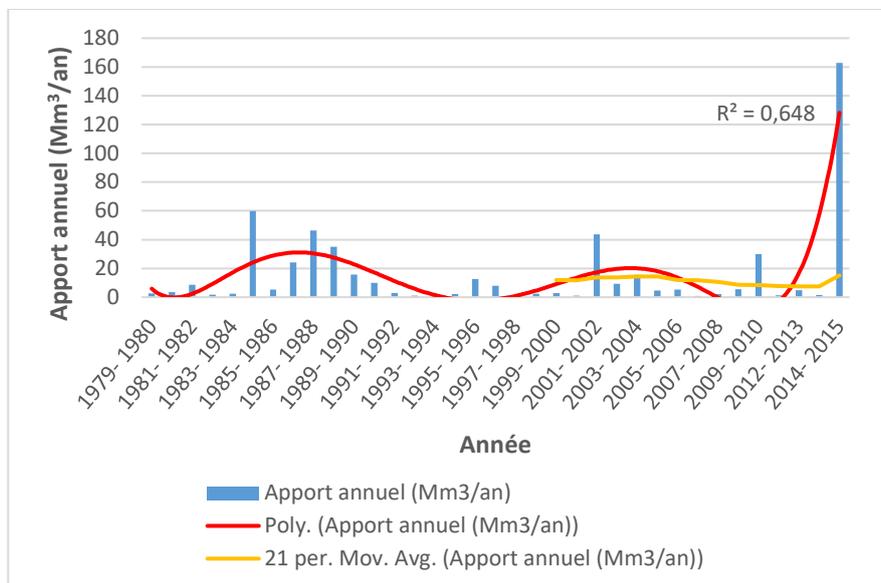


Figure 34 : Evolution des apports d'eau superficielle de la station Assaka, Pm : précipitations moyennes de la saison pluvieuse (Septembre jusqu'à Mars),
pér : période, poly : polynomiale

La station Assaka se trouve sur une plaine avec une altitude 570 m. La courbe de la régression polynomiale nous montre qu'on a des périodes où elle a connu une quantité importante en eau tels les années 1984-1985 et 2014-2015, avec un coefficient de corrélation R^2 faible égale à 0.648. La courbe de la moyenne mobile montre qu'on a une tendance à la hausse avec la valeur de l'apport annuel du premier point est $14 \text{ Mm}^3/\text{an}$ et le dernier point $18 \text{ Mm}^3/\text{an}$.

Conclusion :

L'étude des précipitations avec quartiles et la boîte à moustaches des différentes stations montrent qu'on a des précipitations importantes pour la station Agouim avec une moyenne de 172.6 mm, la station Ifre avec une moyenne de 119.7 mm et la station M'Semrir avec une moyenne de 102.025 mm, les stations Assaka, Imdghar N'Izdar, Taherbilte et Agouillal présentent des moyennes des précipitations entre 70 et 90 mm et la station la plus pauvre en terme de précipitations c'est la station Tamanar avec une moyenne de 41.85 mm, la plupart des stations ont tendance à la baisse allant de 10 mm jusqu'à 30 mm. Ces stations aussi ont une tendance à la baisse des apports d'eau avec une moyenne allant de $0.8 \text{ Mm}^3/\text{an}$ jusqu'à $30 \text{ Mm}^3/\text{an}$ parce que les derniers temps les précipitations sont diminuées donc on a effectivement la diminution des apports en eau aussi sauf la station Assaka qui a une tendance à la hausse des apports d'eau avec une différence de $4 \text{ Mm}^3/\text{an}$.

4. Elaboration des recommandations et proposition des mesures pour garantir la sécurité hydrique au futur

4.1. Introduction

La demande en eau au Maroc est aujourd'hui supérieure à la quantité disponible en ressources annuelles renouvelables d'eau douce. La sécurité hydrique devient, par conséquent, une priorité pour le Maroc aujourd'hui et pour les années à venir. Menaçant de générer de l'instabilité sociale et d'aggraver les inégalités territoriales, elle nécessite une réponse politique urgente et devrait être considérée par le Maroc comme l'un des principaux garants de la paix sociale au niveau du pays et un facteur de soutenabilité et de résilience de son futur modèle de développement. Cette réponse doit émaner d'une politique à la fois protectrice et valorisante de la ressource, mais également novatrice et inspirée des meilleures pratiques en matière de gouvernance.

4.2. Les éléments constitutifs de la sécurité hydrique : vers une intégration de l'enjeu climatique

L'eau est une ressource vitale qui se fait de plus en plus rare dans notre pays ; un pays est considéré en situation de pénurie hydrique lorsque la disponibilité en eau est inférieure à 1.000 m³/habitant/an. Au Maroc, la situation est encore plus alarmante puisque ses ressources en eau sont actuellement évaluées à moins de 650 m³/habitant/an, contre 2500 m³ en 1960 et devraient baisser en deçà de 500 m³ à l'horizon de 2030. Certaines études internationales indiquent que les changements climatiques pourraient provoquer la disparition de 80% des ressources d'eau disponibles dans notre pays dans les 25 prochaines années (CESE. 2014). En dépit de sa rareté, l'eau continue d'être surexploitée et gaspillée. Malgré l'extrême gravité de la situation, la surexploitation des ressources en eau, notamment des nappes souterraines, s'accroît dans notre pays, faisant fi des autorisations imposées par la loi, alors que les pouvoirs publics sont dans l'incapacité de mettre en place des moyens de contrôle efficaces (CESE. 2015). Certaines villes marocaines ont connu ces dernières années, des manifestations récurrentes de « la crise de la soif », au moment où l'eau potable continue d'être utilisée dans d'autres villes pour l'arrosage des espaces verts et de certains projets touristiques, sans omettre les formes de consommation non soutenables appliquées dans l'agriculture. ...d'où la nécessité d'agir en urgence pour assurer la sécurité hydrique du Maroc. Le caractère irréversible de la raréfaction des ressources hydriques au Maroc s'accroît davantage si aucune mesure n'est prise ou encore, si les réformes annoncées tardent à être mises en œuvre. A ce titre, trois grandes catégories d'actions, s'avèrent nécessaires ; Des mesures de sensibilisation urgentes pour agir sur le comportement des usagers (CESE. 2016) : **Concevoir** et mettre en œuvre une stratégie de communication visant à sensibiliser l'ensemble des usagers (collectivités territoriales, acteurs économiques et citoyens, etc.) de l'importance capitale d'adopter des comportements éco-

responsables à l'égard de l'eau ; **Romp**re avec la pratique d'arrosage des espaces verts publics et des structures sportives et des parcs de loisir avec l'eau potable par un recours systématique à la réutilisation des eaux usées. Des mesures d'ordre institutionnel et réglementaire ; **Systématiser** l'audit et la détection des fuites pour hisser le rendement de l'adduction et de la distribution de l'eau dans les villes au niveau des standards internationaux ; **Systématiser** l'étude d'impact et d'efficacité hydrique pour les projets d'investissements notamment dans l'agriculture, l'industrie et le tourisme et instaurer le recours à l'arbitrage du Chef du Gouvernement dans ce domaine ; **Entamer** une réforme profonde de la tarification nationale et locale de l'eau et des services de l'assainissement liquide et de l'épuration des eaux usées et communiquer les résultats ; **Mettre** en place un référentiel national de la comptabilité de l'eau qui reflète les coûts réels de l'eau par bassin hydraulique versant, permettant d'assurer une solidarité régionale et sociale via un meilleur ciblage des subventions publiques au secteur et en optimisant les capacités d'autofinancement des régions ; **Activer** les instances de coordination et de concertation au niveau national et local pour rendre des arbitrages, non seulement liés aux conflits, mais essentiellement aux choix à effectuer au regard des différents critères émanant d'une politique d'investissement et de développement durable. Des mesures d'ordre stratégique pour une meilleure allocation des investissements dans le domaine de l'eau ; **Accélérer** le recours massif aux ressources hydriques non conventionnelles, notamment à travers la généralisation du dessalement de l'eau de mer pour les zones côtières et la réutilisation des eaux usées épurées ; **Installer**, au moins pour les nouveaux lotissements, des réseaux séparatifs et œuvrer à la généralisation des stations d'épuration (CESE. 2019).

5. Conclusion générale

Concernant la pluviométrie, compte tenu de l'impact attendu du gradient altitudinal, on note une différence marquée en termes de cumul annuel entre les stations de plaine et celles d'altitude qui avoisine les 2000 m (tab.2). Par ailleurs, l'ensemble des sous-bassins est soumis à des périodes de pluviométrie faible voire quasi-nulle pendant les mois d'été (mars à août) allant de 170 mm jusqu'à 40 mm. La recherche de tendance polynomiale sur les précipitations annuelles donne une idée sur les périodes sèches et humides et la méthode de la moyenne mobile suggère une tendance à la diminution au cours de la période étudiée (1962–2015). Sur la période récente 1962–2015, Il n'y a pas de rupture significative détectée sur les précipitations annuelles dans le secteur étudié. Les zones les plus productives en précipitations dans notre secteur d'étude, se situent en altitude, tandis que les secteurs en basse altitude sont les endroits les moins productifs. Les sous-bassins en reliefs sont le siège d'un écoulement très important et par conséquent sont les plus productifs contrairement aux bassins en plaine. Pour cette zone de la plaine les résultats conduisent à penser qu'il s'agit d'une zone à risque

fréquent en termes d'écoulement rapides ou de crues (l'exemple de la région de Guelmim). Il faut signaler que le sous-bassin du haut Draa apparaît similaire pour les écoulements spécifiques au bassin de Draa moyen. Nous avons focalisé notre analyse de tendance sur deux grandeurs complémentaires, les précipitations annuelles et les apports en eau. Les tendances à la baisse sur les précipitations annuelles ont été détectées sur les stations des bassins en haute altitude (Agouillal, Agouim, Imdghar N'Izdar, Taherbilte) et deux stations du sous-bassin en plaine (Tmanar, Assaka). Aussi on a une tendance à la baisse des apports en eau pour tous les stations de Draa l'unité de Guelmim sauf une seule se trouvant dans la zone de la plaine (Assaka). On peut donc conclure que le bassin de Draa et l'unité de Guelmim se composent de deux zones inégalement arrosées. La pluviométrie est plus faible dans les zones de plaine. Cette répartition spatiale des précipitations peut s'expliquer naturellement par l'influence d'un gradient d'altitude aussi bien que leur position géographique (zone aride à semi-aride). Par conséquent, des précautions doivent être prises pour assurer la sécurité de l'eau à l'avenir.

6. Références bibliographiques

- Agence de sud, Etude pilote sur les potentialités de développement durable. Groupe d'étude et de recherche des écologistes Sahariens. 2006.
- Ambroggi et Choubert, L'extrême sud du Maroc : 2. Anti- Atlas et vallée du Drà, in Hydrogéologie du Maroc e. Notes et M. Sers'. géol. Marne n° 97 et 19e Congr géol.intern. Alger. Monogr. Région, 3e série, n° 4. 1952. pp. 323-335.
- ANDERSON, Jon. « Chapter 3: Producing Data: Systematic Sampling », Course Syllabus for Statistics 1601, University of Minnesota. Adresse Internet (consulté le 4 mai 2001). 1999.
- A.B.H.D, 2011 : Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau (PDAIRE) Du Bassin hydraulique du Draa Marché n°106/2008/DRPE, Volume 2 : Ressources en eau de surface, 2011, pp 53.
- A.B.H.S.M.D, 2004 : Contribution des ressources en eau au développement socio-économique dans les bassins du sud. Rapport interne, 2004, 62p.
- A.B.H.S.M.D, 2010 : Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim. Rapport interne, 56p.
- A.B.H.S.M.D. 2010 : Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau (PDAIRE) Du Bassin hydraulique du Draa Marché n°106/2008/DRPE, Rapport de Synthèse, 2010, pp 28, 30.
- CESE, Focus du rapport annuel « justice climatique : Enjeux et défis pour la mise en œuvre », 2015.
- CESE, « Gouvernance par la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc : levier fondamental de développement durable », 2014.
- CESE, « Le nouveau modèle de développement, contribution du Conseil Economique, Social et Environnemental », 2019.
- CESE, « Richesse globale du Maroc », 2016.
- CHOUBERT, Congrès géologique international n°10 XIX session. Algérie-livret guide de l'excursion A36, Anti-Atlas occidental. 1952.

- DROTT, Carl. Dr. Drott's Random Sampler: Using the Computer as a Tool for Library Management, College of Information Science and Technology, Drexel University. Adresse Internet (consulté le 11 juin 2001). 1994.
- EL GHAZALI, Etude de Régularisation du Système Hydraulique du Haut et Moyen Drâa (Maroc). Mémoire de Master professionnel. Eau et Environnement. Marrakech. Faculté des sciences et technique Marrakech, 2015, 78p.
- EL MAHMOUHI, EL WARTITI, ASTITE WISSEM, KEMMOU, and EL BAH. Utilisation des systèmes d'information géographiques et des modèles hydrologiques pour l'extraction des caractéristiques physiques du bassin versant d'Assaka (Guelmim, sud du Maroc). International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 16 No. 2 Jun. 2016, pp. 370-377
- FINANCIAL FORECAST CENTRE. What is the Correlation Coefficient? 10 Year T-Note Forecast, Applied Reasoning Incorporated. Adresse Internet (consulté le 25 novembre 2002). 1997.
- KAOUTLI, Evaluation de la qualité des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim (Maroc). Mémoire de Licence, Eau et Environnement. Marrakech. Faculté des sciences et technique Gueliz-Marrakech, 2012, 58p.
- M.I.D.G.C.L, Etude du ministère de l'intérieur direction générale des collectivités locales. Rapport. 2015. 56p.
- NACER, Utilisation des systèmes d'information géographique en hydrogéologie en vue de l'élaboration d'un outil de gestion des ressources en eau du bassin de Guelmim. Mémoire de 3eme cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie rural. Rabat, 2006, 180p.
- ORMVAO, Etude de l'office régional de mise en valeur agricole de ouarzazate. Rapport. 2009. 60 p.
- OUYASSE, KAMAL KAMAL et LAFTOUHI, Impact des variations climatiques sur les ressources en eau dans le bassin du Draa : Corrélation entre la variabilité des précipitations et de l'évapotranspiration. Dynamic of Basins and Geomatic Laboratory, 2012, 291p.
- P.D.A.I.R.E. 2008 : Etude du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim. Rapport, 2008, 52p.
- P.D.A.I.R.E, 2010 : Etude du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim. Rapport, 2010, 40p.
- P.D.A.I.R.E, 2011 : Etude du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim. Rapport, 2011, 45p.
- SAKHO, Caractérisation Hydrogéochimique des eaux de la nappe aquifère de Tinzouline (Drâa, Maroc). Mémoire de Master professionnel. Eau et Environnement. Marrakech. Faculté des sciences et technique Marrakech, 2011, 79p.
- SOUMIR, Granitoïdes éburnéens de l'anti-atlas sud occidental : Etude géochimique, contexte géodynamique et origine. Mémoire de Licence, Géologie Appliquée aux Ressources Minières. Marrakech. Université Cadi Ayyad Faculté des sciences et technique Gueliz-Marrakech, 2015, 48p.
- TUDURI, Processus de formation et relations spatio-temporelles des minéralisations à or et argent en contexte volcanique Précambrien (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc). Implications sur les relations déformation-magmatisme-volcanisme-hydrothermalisme. Thèse de doctorat en Métallogénie et Géologie Structurale. Université d'Orléans, 2005, 428p.
- Verdier, Deux ou trois choses que je sais des quartiles et des boîtes à moustaches. Bulletin n° 430 de l'A.P.M.E.P. sous le titre « Deux ou trois choses que je sais de la médiane » 2001. 467 p. Ce dernier est disponible sur le Web, à l'adresse URL suivante : <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/maths/APMEP/mediane.html>
- ZURICH ET TARGA AIDE,. Risk Nexus. Morocco floods of 2014: what we can learn from Guelmim and Sidi Ifni. Corporate Publishing Zurich Insurance Group. 2014. 30p.

7. Annexes

7.1. Annexe 1 : Précipitations annuelles et mensuelles des stations du bassin de Draa Oued Noun

Précipitations mensuelles : Station Agouillal

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1975	0	0	0	6.7	1.5	9.2	17.3	11.4	31	4.3	1.1	3.5
1976	41.8	8.7	0	3.8	12.6	0	0	32.6	15.2	0	0	0.9
1977	44.3	5.8	2.7	40.3	95	0	0	0	5.5	0.4	0	18.2
1978	0.3	27.4	2.3	0.5	46.4	14.3	0	0	5	1.1	1	1.4
1979	20.5	85.6	9.9	0	31.3	22.3	60.7	0.7	0	0	0	10
1980	31.3	1.3	14	29.6	3.4	40.8	10.8	0	0	7.1	1.5	3.1
1981	0.7	4	6.9	0	1.1	6.8	12.8	1.7	26.9	0.8	1.8	11.4
1982	2.8	0	1.1	0	4	0	4.3	0.8	10.3	0.2	0	5.5
1983	3.3	7.8	16.8	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0
1984	7.6	0	15.3	0	19.3	16	0	29.3	5.1	0	5.1	7.8
1985	10.1	19.8	29.1	8.1	0	0.7	0	0	3.4	0	0	2.7
1986	18.7	5.8	0	0	38.4	4.6	1.6	0	16.3	0.1	0	0
1987	50	51.9	27.5	14.6	18.7	77.5	29	0.2	0	0	0	0.9
1988	3.5	15.4	77.8	0	29.7	61.1	14.8	7.4	0	21.7	7.1	3
1989	12.4	8.2	31.6	95.4	0	0	47.8	0	8.9	0	9.8	24.7
1990	27.7	1.3	0.3	9.5	0	18.7	13.8	2	3.7	22	22.2	4.9
1991	12.3	8	6.5	46.4	0	51	6.6	2.8	8.1	3.2	0	23
1992	0	0	0	30.9	7.8	30.1	2	0	1.8	0	6.9	2.3
1993	0.7	23.5	36.5	7.5	22.3	4	34.9	0	1.5	3	4	9.3
1994	4.7	48.4	0	0	0	0.3	43.7	24.6	0	0	2.5	7.2
1995	1.6	18	1.2	25	32.4	22.6	30.1	0	0.4	92	4	0
1996	0.2	0	0	22.7	7.7	0.7	8.9	39.7	5.5	0	0	24.1
1997	14.2	2.5	0	0	23.3	64.4	16.1	0	0	2	0	4.6
1998	1.6	0	0	0	35.5	0	0	0	0.3	1.3	0.7	11
1999	5.9	100.7	0	14.4	0	0	1.2	1.7	0	4	0.8	2
2000	0	1.8	0.8	6.2	0	0	0	0	2.5	2.3	0	41.1
2001	1.4	1.8	0.8	26.7	1.3	0	43.1	23.8	0	0	0.6	8.4
2002	15.7	1.6	0	21.6	0.3	0	19.6	2.1	0.2	8.5	14.9	21.8
2003	6.4	48.2	1.6	0.8	0	32.4	0	6.5	5.7	14.5	10.7	9.9
2004	2.9	1.6	9.1	37	0	7	8.2	0	1.5	132.9	0.6	22.4
2005	3.1	15	8.6	17.5	24.8	13.1	0	22.3	8.9	0	0.6	0.8
2006	17.4	49	19.7	46.5	33.2	4.9	0	10.9	0	0	0	17
2007	16	20.6	0	0	5	42.7	0.5	1.4	0	0	2.6	25.6
2008	44.5	29.2	7.3	3.5	3.4	9.4	22.3	4.1	0	26.7	1.4	0
2009	48.8	0	0	19.8	2.4	65.4	23.5	0	0	0	5.9	32.3
2010	14.1	22.1	3.2	0.3	0	0	38	11.4	30.6	16.8	0	2.1

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
2011	0	9.1	27.8	0	0	0	51.2	110.7	0	0	0	1.4
2012	12.8	5.8	0	0	0	0	31	0	0	0	0	2.9
2013	18.2	0	0	3.4	13.7	0	9.6	0	0	0	0	25
2014	64.5	10	139.7	0	2.8	17.5	0	0	0	0	0	9.7
2015	35	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Précipitations mensuelles : Station Agouim

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1962	0	0	0	0	0	0	0	2.3	2.6	0	0	0
1963	0	0	0	10.8	43.8	1	2.5	23.8	1.5	2	1.7	0.2
1964	3.8	0	0	43	58	153	40	21	0	11	0	54
1965	2	112	41	2	0	0	32	0	11	0	0	6
1966	35	53	20	0	6	43	94	3	17	0	0	4.7
1967	28.8	85.4	307.6	11	2	23.3	1	16.7	1.2	0.6	9	26.2
1968	6.3	4.3	26.2	20.8	25.4	59.7	15	5.3	0	0	3.5	8.6
1969	17.9	79.2	46.6	3	83.1	11.3	15.2	1.2	18.6	0	0	0
1970	25.1	309.2	100.2	106.4	41.1	28.9	30.4	24.3	0	0	0.2	16.9
1971	25.5	56.5	121.4	6	42	33.4	16.7	50.2	8	0	0	0
1972	0	70.5	22.2	35.5	4.5	30.3	24.4	1.7	0.2	18.7	0	3.3
1973	0	0	72.3	21	1.1	37.4	42.8	18.7	3.4	4.4	4.9	0
1974	62.5	0	24.7	4.4	1.8	5.9	0.5	22.8	24	0	2	12
1975	0	0	0	35.8	26.7	24.4	33.1	22.4	24.9	15.9	0	2.8
1976	39	19	1.3	12	51.1	0.4	4.7	18.7	12.6	0	0	0.7
1977	39.9	16.3	1.9	97.7	134.5	0.6	0	0.2	0	0	0	30.4
1978	0	27.3	9.2	16.3	122.3	52.9	0.3	0	5.7	6.3	0.5	0.4
1979	24.2	105.1	37.1	2.5	30	56.7	121.1	6.7	1	0	0	21.1
1980	70.2	8.3	41.3	39.2	24.2	76	31.7	0	0	10	2.2	11.9
1981	4.1	26.2	8.6	0.6	13.1	15.5	38.7	7	19.9	4.5	0	17.8
1982	7.7	0	2	1	12.7	2.2	22	0	2.3	0	0	2.4
1983	2.5	44.1	27.2	1.1	2	0	17.7	1.3	0	0	3.5	0
1984	10	0	55.7	9.4	38.2	27.7	1.8	42.7	12.9	0	8.7	0
1985	32.9	14.4	9	4.7	0.8	8.6	2.8	0	7.3	0	0	0
1986	28.9	4.3	13.5	4.4	91.2	32.7	2.2	1	13.8	0	0	0
1987	42.3	104.5	101.7	49.5	18.4	106.5	31.2	0	2.6	0	0	0
1988	9.7	38.5	231	0	29.7	68.5	24.4	10.4	0	4.5	0.8	47.3
1989	10.4	59.9	44.8	205.9	4.7	0	170.8	3.1	18.5	3.6	7.8	6.1
1990	51.1	1.9	0	14.2	0	66.2	44.3	5.5	1	15.6	23.9	8.2
1991	9.9	4.8	53.5	129.8	2.6	119.4	19.2	11.4	10.8	0	2.8	27.1
1992	4.3	10.6	4.9	42.7	17.5	49.4	12.4	1	0.9	0	2.5	1.7
1993	1.1	61.2	52.8	31.4	31.2	28.3	130.9	0	1.8	7.2	5	1.4
1994	1.4	69.8	0	1.2	0	16.9	72	104.3	0.7	0	4.4	15.2
1995	8.4	19	6.6	58	127.2	21.4	73.8	0	12.8	105	0.8	1.6
1996	3.4	0	10	56.6	20.2	12.1	46.6	25.6	0.5	0	0	27.4
1997	27.1	28.6	3	1.2	69.8	105.8	64.6	0	1.1	0	1.9	3.8

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1998	8.3	0	1.4	8.6	74.6	4	3.2	0	10.8	1.1	4.1	42.8
1999	9.8	166.6	0	20	6.6	0	4.5	16.8	0.8	0.5	15.8	0
2000	0	0	1.6	17.2	7.2	0	0	0	3.2	0	0	26.4
2001	0	0	4.5	45.4	3.2	0	24.8	34.8	3.2	1.3	0	15.3
2002	17.5	7.3	9.5	89.2	8.4	2.3	25.3	3.7	6.9	17.6	7	26.8
2003	9.3	54.3	51.2	2	0	108.3	21.6	1	6.5	8.5	8.9	29.8
2004	11.4	6.1	45.1	41.5	0	24.2	24.8	0	1.3	15.9	1.5	1.1
2005	30.3	76.2	33.1	30.9	59.5	27.7	0	22.8	15.7	0	14.1	2.3
2006	18.8	67.2	31.1	43	68.5	48.2	3.3	20	1.2	0	2.2	42.9
2007	9.8	17.1	24.5	0.2	42.5	114.3	0	0	0	20.6	0.9	22.4
2008	129.6	50.6	46.2	9.8	22.3	31	37.2	0.5	0.4	66.4	5.2	3.5
2009	35.7	1.7	0	33.8	27.1	135.2	34	0.6	5.5	0	8.7	36.2
2010	34.1	14.7	13.9	3.5	4	0	74.2	35.1	48.8	26.5	0.5	0
2011	0	27.9	187.2	0	3.6	0	111.4	10.2	0	1.1	0	22.4
2012	22.2	17.1	18	0	0	2	52.5	4.3	2.2	1.3	6.8	0.8
2013	5.4	2.5	0	2.5	43	0	22.3	6.3	6.4	1.7	0.2	18.9
2014	95.4	24.8	348.1	0	22.3	6.7	15.1	9	3	3.2	6.4	29.7
2015	69.2	15.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Précipitations mensuelles : Station Assaka tafounante (reddha gha Assaka)

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.5	4.9
1975	1.2	0	0	10.5	0	12.1	9.1	9.2	16.4	5.9	0	2
1976	110.5	0	0	2.5	16.8	0	0	19.1	18.8	0	0	0
1977	44.3	27.7	0	47.4	48	0	0	0	0	0	0	17.4
1978	0.5	34.4	5.1	1.4	62	5.8	0	0	8.7	0.6	1.5	0
1979	23.8	70.8	12.1	0	29.6	17.7	37.9	1.6	0.3	0	0	2.2
1980	18.9	2.9	15.4	42.8	6.3	19.6	1.7	0.5	0	1.4	4.6	2.4
1981	1.8	6.4	15.5	0	1.6	1	6.9	1.9	18.3	0	2.3	0.6
1982	3.3	0	0.6	0	4.5	0.5	0.4	5.7	4.2	0.5	0.7	2.1
1983	0	2.4	13.7	0	1.6	0	0	0	0	0.5	0	0
1984	3.5	0	28.3	0.6	32.7	24	0	53.9	8.3	0	2	1.6
1985	3.2	25.3	36.5	3	0.4	9.4	1.3	0	0	0	1.9	1.2
1986	9.7	3.5	0	1.6	6.4	0	3.3	0	3.1	1.3	0	0
1987	42.3	57.6	18.4	19.9	30.9	87.8	19.1	5.3	0	0	0	0
1988	5.6	17.7	69.3	0	83.5	55.9	11.8	0.6	0	0	1.3	5
1989	12.2	14.5	16.1	77.1	1.3	0	30.7	0	10.2	0	5.3	11.7
1990	12.6	2	0.8	13.9	0	18.1	7.4	5.2	0	2	18.9	12
1991	1	6.4	12	54.9	1.5	62.9	24.8	0.6	4.4	0	0	5.4
1992	0.5	12.5	2	27.5	4.6	22.8	2.8	0	0.7	0	6.5	1.6
1993	0	17.1	38.1	1.8	22.2	1.4	33	0.1	0.1	1.1	1.1	10.6
1994	0.6	83.5	0	0	0	1	64.9	50.3	2.4	0	2.1	0.7
1995	1.3	4.9	0	17.1	25.7	45.9	31	0	2.6	34.1	0.5	3.4
1996	0	0	0.2	28.4	7.3	1	15.3	25.4	1	0	0	38.3

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1997	17.4	9.8	0.4	0	13.6	28.9	8.1	0	0	0	2.5	0.5
1998	18.1	0	0	2.2	27.3	0	7.9	0	4.3	0	0	17.8
1999	1.4	81.4	0	7.4	0	0	0	0.6	0.3	1	0	0.6
2000	0	0	4	5.5	0	0	0	0	0	0	0	27.6
2001	0	0	3	33.3	0	0	71	14.4	0	0	0	2.5
2002	7	3.4	0	20.5	0.8	0	9.9	0	0	0	0	33.3
2003	13.7	54.2	0	5.4	0	15.3	7	0	3.2	0	6.4	0
2004	0	3.8	0	31.3	0	10.4	0	0	0	0	0	4.3
2005	0.8	2.1	27.1	17.6	18.8	37	0	4.9	0	0	0	0
2006	2.3	15.4	4.4	40.1	31	2.3	0	0	0	0	0	22.2
2007	2	9.1	6.8	0	0	24.4	5.8	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	29.5	0	0	46.5	0	0
2009	32.9	0	0	20.4	7.5	93.3	8.2	4.2	0	0	8.7	13.8
2010	46.6	17	12	0	0	0	15.2	0	35.2	0	0	10.4
2011	0	4	25.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	12.4	7.3	0	0	0	21.8	0	0	5.7	17.7	0
2013	13.5	0	0	4	10.8	0	11.8	0	0	0	0	3.3
2014	64.8	7	145	0	0	13.8	0.8	0	0	0	0	5.6
2015	48.9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Précipitations mensuelles : Station Ifre

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1963	0	0	0	19	14.5	1	0	1.6	0	2.5	0	0
1964	25.2	0	0	26	36.1	147	0	26	0	8.7	0	19
1965	5.9	178.4	84	0	0	0	19	0	23	0	0	0
1966	13.2	0	41.7	0	7.4	21.8	5.2	12.5	99.6	1.5	0	1.5
1967	39.5	25.7	182.4	2.5	0	24.2	17.2	17	0	4.2	5.2	0
1968	12	1.8	15.2	23.8	38.3	68.5	0	4.6	2	0	0	16.1
1969	9.4	7.2	49.9	3.7	45.7	1.3	19.2	0	0	4	0	2.4
1970	10	78.6	44.5	32	0.8	3	10.8	12.5	0	2.3	0.4	0
1971	36.3	38.9	20.1	1.5	11.8	13.2	13	44	2.7	0	0	0
1972	2.5	23.2	73.3	7.2	4	0	16.3	0	0	0	0	9.2
1973	0	0	58.6	7.3	0	0	21.2	13.2	3.2	1	6	2.3
1974	5.6	0	27.3	8.6	0	0	0	63.6	33.9	5	4.3	3
1975	3	4.6	1.3	20.7	0	19.6	25.3	10.8	38.3	6.2	0	3
1976	88	5	0	8.2	26	2	0	17.9	7.8	0	0	6.2
1977	21	26.4	0	98	91.2	0	0	0	3	0	0	19.8
1978	4	19	6.8	0	113.3	21.4	0.1	5.3	7.2	0	0	0
1979	5.7	119.2	16.1	0	19.4	39.3	52.9	4.8	0	0	0	0
1980	9.9	0	25.2	14.8	1.6	41.5	0	0	3	0	2.1	0
1981	0	1.8	11.5	0	5	2.7	4.2	13.2	52.7	2.8	0	14.6
1982	1.6	0	14.2	0	0	0	14	14	21.6	0	0	3
1983	0	6	12.3	0	0	0	0	0	0	9.2	0	0

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1984	10.2	0	65.1	7	26.2	15	1	51.5	18.8	0	0	0
1985	8.1	10.5	38.8	11.3	0	2.4	0	0	5	0.8	0	0.9
1986	11	40.9	0	0	10.3	7.3	11.2	0	27.5	6	0	4.5
1987	35	33.4	19.2	51.3	33.6	103.4	38.1	0	0	0	0	0
1988	0	36	128.4	0	12.9	49.1	16.6	19	0	34.3	19.9	18.3
1989	16.5	86.2	47.2	161	6.4	0	79.3	5.2	12	0	3.2	7.8
1990	33.8	0	0	22.5	0	19.2	32.3	7.2	0	16.2	9.6	14.4
1991	6.2	4	4	61.2	0	61.4	9.3	0	12	0	0	15.8
1992	0	7.6	3.8	18.1	17.2	24.9	10.8	0	0	0	0	0
1993	0	29.2	81.4	3	11	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	71.5	0	0	0	0	55.5	21.2	0	0	0	0
1995	0	48.2	7.2	23.4	59.2	28.2	58.4	0	4	51.6	16	0
1996	0	0	0	55	8	15	11.5	10.6	0	0	0	24.5
1997	18.6	3.8	0	0	32.3	97.1	53	0	0	9.6	0	10
1998	0	0	0	2.8	21	0	5.4	0	2	0	0	26.6
1999	2.2	128.6	0	13.3	0	0	0	5.2	8.2	4	0	0
2000	0	16.2	0	4.4	0	0	0	0	0	0	0	15.2
2001	0	12.6	4.2	50.6	0	19.7	34.2	26	36.2	0	0	0
2002	5.6	0	10.8	34	0	0	34.7	0	8	3.2	5.2	13.1
2003	16.8	81.9	8	19.5	0	38.6	22.6	3.1	41.9	0	6.2	11.6
2004	0	10.2	56.7	9	0	16.8	7.5	0	0	22.9	0	0
2005	7.4	12.4	47.6	7.2	15.7	14	5	1.8	0	0	12.6	0
2006	36.9	82.8	75.4	32.8	40.8	2	0	47.6	0	0	0	27.1
2007	13.6	49.5	4.2	10.3	21.1	72.9	6	0	19.4	2.5	0	0
2008	83.1	34.6	30.1	10.3	0	10.2	42.8	12.1	0	50.2	0	0
2009	77.9	14.6	0	63.4	12.6	87.7	34.7	0	0	0	24	15
2010	24.2	16.7	19.5	0	1.7	0	38.1	11.1	41.4	7.8	0	21.4
2011	4.2	3.8	55.6	0	0	0	51.1	7.7	0	4	3	0
2012	32.7	2	10.9	0	0	0	55	0	0	9	0	0
2013	16	3.5	0	0	9.5	1.3	6.9	0	0	0	0	0
2014	128	15.4	126.2	0	0	16	7	13	0	0	0	0
2015	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Précipitations mensuelles : Station Imdghar N'Izdar

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.2	0
1975	8.3	3.5	0	12.9	6.7	19.3	19.4	17.4	25.4	0	0	0
1976	34.1	2	2	7.3	5.5	0	0	17.1	13.5	0	0	0
1977	31.4	22.6	0	41.1	90.7	7.5	0	0	0	0	0	7
1978	1.6	27	2.4	2.9	65.1	8	0	0	2.2	0	0	0
1979	50.1	87.6	18.6	0	29	16.4	47.6	0	0	0	0	1.4
1980	33.1	7.4	14.7	29.3	13	41.3	5.9	1.5	0	3.3	2.8	5.8
1981	7.3	12.1	14.4	0	4.6	2.9	11.1	4	37.9	1.3	0.4	3.8
1982	22.5	0	2.5	0	9.8	4.8	4.1	4.5	6.8	0	0	2.3

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1983	0.5	5.5	13	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0
1984	5.6	0	39.4	4.3	44.9	5.8	0	48.8	0	0	3.2	0.7
1985	4.8	23.2	48.5	2.9	0.2	9.3	0.6	0	0	0	0.8	0
1986	24.1	21	0	0.8	20.8	0	8.6	1.6	9.9	15.1	0	0
1987	49.5	81.1	27	28	29	102.4	34.1	12.4	0	0	0	0
1988	2.2	28.8	79.1	0	34.3	74.9	18.3	0	0	2.5	8.1	13.8
1989	12.9	12.7	18.3	114.1	1.8	0	3.7	0	14.8	0	0	2.4
1990	20.8	8.7	0	5.3	0	37.8	10.8	0.2	0	2.6	15.8	11.3
1991	0	5.9	13.3	71.4	0	72.7	21.3	0	11.5	0	0	7.5
1992	0	0.5	2	27.8	5.4	26.5	0	0	1.9	0	0	2.4
1993	0	27.2	37.6	1.6	27.7	6.8	33.5	1.5	0.1	0.5	0	4.5
1994	2	74.2	0	0.5	0	1.5	37	50.1	0	0	0.4	0.5
1995	6.1	2.3	0.3	18.6	43.1	42	39.4	0	0.2	30.2	0	0
1996	0	0	0.9	30.7	9.6	6.7	15	12.9	0	0	0	61.5
1997	2.2	7.7	1.6	0	22.6	31.5	17.5	0	0	0.5	0	0
1998	63.3	0	0	0	18.1	3.4	0	0	3.5	0	0	56.8
1999	19.5	106.3	0	6.8	0	0	0	4	0.3	0	0	0
2000	0	0	3.8	14.2	2	0	0	0	0	0	0	28.2
2001	0	0	1.5	55.1	0.3	0	53.6	23.5	0	0	0	0.3
2002	20.8	2.8	6.8	35.1	0.3	0	36	0	0	1.6	4.5	0
2003	11.1	48.4	0	6.2	0	33.2	12.9	1.5	0	0.3	1.5	3
2004	0	0.1	11.9	14.1	0	6.8	12.6	0	0	8.3	0	10
2005	0	4.5	25.8	36.3	41.1	25.1	0	5.7	2.3	0	0	0
2006	2.9	24.4	6.5	8.7	30.2	3.5	2	0	0	0	0	37.3
2007	9.4	24.3	15	0	0	44.6	0	0	0	0	0	22.7
2008	61	6.3	11.2	7.2	4.9	20.5	47.2	5.7	0	49.1	0	0
2009	34.5	0	0	38.3	17.1	110	14.2	3.6	0	0	0	15.5
2010	20.7	20.8	35.2	2.4	3.7	0	29.3	28.7	57.8	1.7	0	11.3
2011	0	4.3	23.1	0	0	0	0	0	13.7	0	0	0
2012	48	11.4	7.1	0	0	0	39	1.6	0	3.3	2.4	0
2013	10.1	0	0	5.6	15.4	0	7.2	7.3	4.4	8.7	0	16.8
2014	61.1	6.1	113.7	0	3.4	4.9	3	0	0	0	6.5	7.2
2015	11	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Précipitations mensuelles : Station M'Semrir

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1962	44.5	7	9	25	0	0	0	64	75.7	0	0	0
1963	0	0	0	0	0	0	0	12.2	13	11	0	6
1964	41	0	0	0	0	0	41	0	9	0	0	45
1965	5	0	175.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966	72	5	28	3	0	36	7	95	54	7	0	0
1967	0	0	175.1	0	0	0	19	46	11.3	17.5	7.8	5
1968	24	6.3	25.6	21.3	13.2	45.8	0	14	0	20	17	0
1969	0	0	34	0.4	23.9	0.5	2.6	95	10.2	12.5	0.2	2.1

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1970	13.9	56.8	31.2	33.8	10.2	0	9	16	0.1	0	3	3.6
1971	36	43	45.7	0	0	0	35.5	25	16	3	0	0
1972	1.3	23.9	13	0	0	9	18	16	2	25	1	15.8
1973	2	9.6	28.5	0	0	1	20.5	18.5	0	4.8	8.3	1.5
1974	33.4	0	25	13	0	8.5	3	69.5	34.4	9.8	0.5	5
1975	8.5	0	0	16	2	7	14	20.5	33.4	42.9	4	15.5
1976	36.6	8	0	0	0.5	0.5	3	68.5	31	0	0.8	0
1977	30.5	11	1	59.5	51	1.5	1	2	10.5	4.5	0	38
1978	15	27.4	6.5	0.5	118.4	25	5	0	21.3	7.7	0.2	0.5
1979	66.3	127	2.2	1.6	22	27.9	63.9	19	6.7	9	0	3
1980	45.4	2.4	23.9	13	16.9	41.4	3	3.7	3.5	10.2	3.4	9.6
1981	3	6.8	4.5	0	12.7	5.5	2.8	55.5	110.4	24.1	3.6	24
1982	14.5	0.6	2.8	1.6	4.5	9	38.3	10.2	48.9	0.2	0	8.9
1983	16.6	52.6	29.4	4.1	10.5	0	11.8	1.2	6	8.4	0	0
1984	17.9	0.4	75.8	4.3	30.7	22.8	4.4	76.8	19.4	0.4	4.2	15.9
1985	8.1	20.6	45.6	24.1	3.6	8	4.7	1.4	7.8	12.2	5.3	6.5
1986	8.8	43.4	10.1	0	21.4	38	5.8	2	11	20.1	0.1	4.5
1987	42.7	70.8	28.4	34.1	40.6	21.5	11.5	6.5	18.4	0.3	0	0
1988	6.4	29.3	86.2	0	4.1	56.6	13.2	18.2	7.3	32.7	17.1	64.6
1989	22.2	69.4	47.9	87.4	5.8	0	78.4	24.7	18.6	0.1	15.3	24.2
1990	66.9	1	4.4	4.7	0	13	18.5	14.1	15.9	20.8	16	61.3
1991	24.7	5	0.1	38.9	0	48.6	20.1	23	54.1	3.8	6.6	50.5
1992	0.8	0	10.1	17.2	22	17.6	16.7	1.2	9.8	1.6	0.6	1.6
1993	8.3	35.8	94.4	23.3	28.3	46.5	11.3	9.8	0.5	3.9	3.6	19.4
1994	12.7	38.4	0.1	0	0	1.3	30.5	97.1	8	2.6	1.8	34.1
1995	9	55.7	0.2	22	34.9	15.1	43.3	0	6.7	126.6	32.7	0.2
1996	5.5	3.4	3	45.9	19.9	8.5	28.8	30.3	15.8	0	0	50.1
1997	76.2	2.6	0.1	4.8	16.9	67.8	65.9	1.6	3.2	21.2	0.2	25.5
1998	11.8	0	0	1.6	0	0	27.2	0.4	6.2	1.7	0.5	28.9
1999	8.6	188.5	1.4	7.2	0	0	3.9	17.2	6.8	10.2	1.8	34.1
2000	0	30	8.9	18	3.5	0	0	0.6	12.8	0	6	8.5
2001	5.9	1.9	3.6	11.8	0.3	21.8	36.5	61.2	27.4	1	0	17.6
2002	10.4	2.9	22.6	9.4	0	3.6	42.6	0.1	1.6	15.5	28.3	5.5
2003	18.1	74.3	32.8	19.1	0	52.1	16.7	11.6	0	12.9	8.4	13
2004	2.7	5.6	42	12	32.2	0	16.6	5.4	1.1	42.1	0	14.8
2005	20.4	28.3	39.5	6.4	15.9	18.3	0	8.5	0	21.3	14	0.2
2006	32.9	158.5	66.7	9.1	39.6	3.8	7.4	35	0	0	7	12.5
2007	22.7	62.5	4.4	3.2	0	61.9	6.6	0.3	20	5	10.5	29.4
2008	88.1	63.1	22.7	3.5	1.4	5.1	36.4	0.2	7	31.2	5	0
2009	50.8	0	0	8	24.2	47.8	58.8	9.1	1.4	0	38.9	1.3
2010	34.9	26	3.7	1.2	3.3	3.3	42.4	7.6	48.8	64.3	0	19
2011	4.9	36.3	26	0	0	0	53.02	38.6	0	0.9	2	4.6
2012	33.9	19.2	46.4	10.5	0.6	0	56.4	17	4.8	14.7	6.8	0
2013	21.4	12.7	0	1.3	15.6	2.6	18	0.9	19.2	7.3	2.8	47

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
2014	136.2	19.1	130.5	20	35.4	230.8	8.1	66.4	41.2	12.8	2.9	80.6
2015	41.5	9.5	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Précipitations mensuelles : Station Taherbilte

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1967	32.9	12.6	379.6	0	1	22.1	0	39.8	0	6.8	4.2	4.6
1968	4.1	0.2	3.1	7.1	11.7	8.9	2.7	1	1.1	0	0.2	4.1
1969	5.7	12.1	19.6	8.1	8.5	3.8	2.7	0	0	0.1	0	0.5
1970	0.8	52	45.4	22.9	1	2.3	4.1	0	0	0	0	8.5
1971	21.8	4.7	5.1	0	0	12.5	0.3	62.6	0.2	0	0	0
1972	1.4	29.1	43.5	12	0	1.4	4.7	1.9	0	2.9	0	8.2
1973	0	0	42.2	4.1	0	0	18.1	0.1	0.2	0	3.9	0
1974	17	0	4.7	6	1.5	0	0	7.4	1	0	1.3	1.6
1975	1.1	0	0.3	6.8	6	3.9	13.5	3.3	17.7	0.3	5.4	0.5
1976	22.4	0.8	0	4.9	9.9	1.8	0	17.8	23.3	0	0	1.3
1977	23.6	29.6	0	37.1	68	1.5	0	0	1	0	0	10.4
1978	0	27	0	1	45.8	3.6	0	0	0	0.3	0	0
1979	11.3	72.9	6.6	0	26.3	4.9	46.4	0	1	0	0	2.9
1980	14.2	0	8.9	31	0	34.9	3.9	0	0	1.5	0.6	1.4
1981	0	17.8	6.8	0	0.3	2.6	7.5	0	54.7	0	2.1	5
1982	4.9	0	0	0	1	0	2.7	1.5	6.1	0	0	2.7
1983	0	10.1	9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	1.8	0	24.7	0	16.3	22.3	3.5	15	23.5	0	0	0
1985	6.3	5.9	40.5	4.2	0	0	0	0	2.5	0.6	2.3	0.3
1986	24	16.9	0	0.2	10.1	1.4	3.1	0	6.1	0	0	1.3
1987	27.9	50.6	17.6	21.8	27.7	61.3	26.3	2.1	0	0	0	2.4
1988	1.8	13.9	77.9	0	53.8	53.4	12.6	0	0	5.1	1.2	1.2
1989	16.9	16.2	21.6	81	0.1	0	34.4	0	2.3	1.2	0.9	10.3
1990	14.1	0	1.1	1.5	0	8.4	9.7	2.9	1.7	17.6	10.8	3.3
1991	1.7	3.2	11	46.1	0	62.3	29.1	1.1	3.9	0	0.2	11
1992	0	5.6	0.2	28.4	5.5	37.5	2	0	0	0	0.5	0
1993	12.6	23.6	47.3	1	9	1.9	9.6	0	0	0	0	9
1994	0.4	81.1	0	0	0	0	51	44.4	0	0	0	2
1995	5.9	24.1	0	9.4	21.5	41.6	41.9	0	0	44.4	29.5	0
1996	1	0	0	21.7	5.4	0.4	14.2	23.2	3.9	0	0	29.1
1997	8.4	1.4	0	0.6	15.7	28.8	7.8	0	0	2.2	0	1.2
1998	1.6	0	0	0	19.9	0	0.1	0	3.4	0.3	0.1	25.5
1999	1.6	85.9	0	4.2	0	0	0.4	0.3	0	3.2	0.4	1.1
2000	0	0.8	1.7	7.5	0	0	0	0	2.6	3.6	0	14.4
2001	0.8	0	0.4	18.7	0	0	48.5	24.9	0	0	1.4	2.9
2002	2.2	0	0	16.6	0	0	20.5	0	0	14.9	0	21.6
2003	44.7	50.3	0.7	2.9	0	24.8	7.1	4.1	4.6	1	0	1.9
2004	0.9	1.9	5.6	14.4	0	3.8	3.5	0	0.3	11.6	0	0
2005	11.7	7.3	9.3	19.5	10.8	21.2	0	3.2	9.4	0	3.5	0

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
2006	8.4	26.6	15.2	24.1	31.2	0.7	0	20.8	1.6	0	0.9	15.8
2007	3.4	7.7	5.7	0	1.3	37.6	2	0.9	0	3.4	0	20.9
2008	43.8	18.8	7.3	2.1	1.4	12.9	27.9	6.5	0	36.3	5.9	0
2009	13.5	2	0	18.1	1	79.9	7.5	0.4	0	0	5	17.2
2010	8.9	12.3	4.6	0.6	0	0	32.5	8.1	41.8	10.7	0	11
2011	0	14.5	22.8	0	0	0	11	0	0	0	0	2.1
2012	35.2	16.1	3.8	0	0	0.3	25.4	0	0	3.7	2.3	5.4
2013	13.3	0	0	4	6.2	0	8	0	3.1	0.8	0	5.8
2014	71.5	12.5	109	0	0	20	1.6	0.3	3.6	0	9.2	23.6

Précipitations mensuelles : Station Tamarar

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
1992	0	0	0	3	8	2.8	0	0	0	0	0	0
1993	0	15.4	14.6	0	8.8	0	5	0	0	0	0	0
1994	0	39.3	0	0	0	0	29.8	5	0	0	0	0
1995	0	14	1	51.6	13	38.6	0	0	0	27.6	0	0
1996	0	0	0	20.2	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	9	32.7	24.6	0	0	0	0	0
1998	2	0	0	2	22.2	0	0	0	0	0	0	12.2
1999	0	39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	12.6	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	13.6	4	0	0	72.4	0	0	0	13.6	0
2002	0	0	0	33.6	0	0	0	0	0	0	0	17.1
2003	0	0	0	0	0	30	2.8	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	16	0	20.3	10	46.4	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.2. Annexe 2 : Apports annuels en eau de surface des stations du bassin de Draa Oued Noun

A nn ée	Ag ouil lal	Ag oui m	Ait Mou ted	Ama n N'tin i	Assaka Guelm im	Assaka Tafoun ate	Complexe Tiouine_ MED	Fou m Zgui d	If re	Im dg har	M's emr ir	Tag hijit	Tah erbil te	Tam dro ust	Tino uar	Zag ora	Kasb et Zolit e
19 40							374.73										

A nn ée	Ag ouil lal	Ag oui m	Ait Mou ted	Ama n N'tin i	Assaka Guelm im	Assaka Tafoun ate	Complexe Tiouine_ MED	Fou m Zgui d	If re	Im dg har	M's emr ir	Tag hijjt	Tah erbil te	Tam dro ust	Tino uar	Zag ora	Kasb et Zolit e
19 41							345.31										
19 42							749.19										
19 43							122.79										
19 44							83.54										
19 45							116.14										
19 46							154.68										
19 47							63.66										
19 48							296.51										
19 49							433.18										
19 50							850.41										
19 51							148.11										
19 52							303.81										
19 53							377.91										
19 54							315.52										
19 55							822.99										
19 56							154.86										
19 57							238.67										
19 58							111.87										
19 59							265.21										
19 60							97.89										
19 61							180.04										
19 62							576.66										
19 63			25.1 6				148.81		24 .7								
19 64			53.0 1				416.01		93 .5								
19 65			92.9 7				724.81		20 5. 71								
19 66			82.4 0				337.51		70 .0 4								
19 67			28.7 4				1 127.68		85 .6 6								
19 68		11. 42	8.34				858.76		83 .2 2								
19 69		6.6 4	6.27				511.80		68 .5 5								

A nn ée	Ag ouil lal	Ag oui m	Ait Mou ted	Ama n N'tin i	Assaka Guelm im	Assaka Tafoun ate	Complexe Tiouine_ MED	Fou m Zgui d	If re	Im dg har	M's emr ir	Tag hijit	Tah erbil te	Tam dro ust	Tino uar	Zag ora	Kasb et Zolit e
19 70		22. 74	49.9 1				590.74		47. 0 5		19.1 6					106. 22	
19 71		12. 75	87.5 4				147.66		82. 9 8		44.1 0					88.1 2	
19 72		4.0 9	37.0 8				95.01		45. 5 2		8.66		1.69		85.8 7	15.8 1	
19 73		9.9 1	31.2 8				150.27		38. 4 4		9.23		1.71		60.6 4	11.6 9	
19 74		1.0 6	19.5 6				71.87		24. 0 3		15.3 6		0.40		35.7 8	6.55	
19 75		3.1 7	23.7 3				93.13		24. 2 8		20.5 1		0.05		47.5 2	3.23	
19 76	6.8 2	2.7 6	30.8 4			5.951	173.17		30. 9 8	2.8 0	16.6 3		3.22		68.0 9	15.9 9	
19 77	15. 90	10. 10	34.9 8			14.879	352.13		60. 7 7	2.3 0	17.1 8		5.16		86.5 5	25.2 1	
19 78	14. 48	7.6 4	76.2 8			1.48	358.15		55. 9 7	1.5 9	58.5 7		2.72		115. 01	44.1 8	
19 79	30. 35	13. 04	84.6 9		2.66	2.27	702.33		80. 8 1	1.7 7	47.9 2		12.0 9	33.5 5	199. 99	182. 81	
19 80	10. 03	7.2 9	19.8 3		3.54	0.063	163.18		52. 5 5	0.1 8	6.47		8.14	15.5 0	60.7 5	90.4 0	
19 81	2.4 3	1.2 0	16.9 8	5.15	8.57	0.07	109.34		28. 0 3	0.1 3	10.0 7		2.88	3.78	22.9 1	53.2 3	
19 82	0.4 2	0.1 3	6.50	3.39	1.69	0	39.79		22. 7 6	0.2 9	2.94		0.04	1.79	11.5 9	17.5 7	
19 83	0.0 5	0.4 5	4.70	7.35	2.43	0.019	16.13		15. 4 97	1.0 0	2.13		0.00	7.34	7.75	2.44	
19 84	3.2 5	4.0 4	22.4 8	15.7 4	59.87	1.821	80.81		29. 6 12	2.0 6	8.92		2.42	11.1 2	28.1 9	1.83	-
19 85	5.8 9	0.3 8	11.9 8	8.60	5.21	1.426	88.39		17. 8 7	1.4 6	7.04	1.04	2.61	2.37	26.5 3	3.26	0.40
19 86	7.9 5	3.2 6	23.3 1	13.1 0	24.23	0	64.01		24. 3 9	0.8 6	11.5 9	5.33	0.10	8.38	20.4 4	4.44	3.82
19 87	33. 55	15. 34	72.4 3	109. 05	46.35	40.927	873.68		67. 2 1	14. 27	22.7 5	12.5 6	43.0 6	42.6 0	218. 48	61.0 8	28.64
19 88	29. 26	34. 33	90.4 4	127. 62	35.04	10.794	773.95		67. 4 3	11. 01	39.8 4	7.54	16.4 9	53.7 2	194. 85	106. 80	2.86
19 89	39. 45	23. 13	83.9 7	108. 62	15.64	7.366	1 284.05		10. 0. 32	3.3 9	73.6 1	2.32	9.75	53.7 0	408. 70	129. 54	-
19 90	21. 12	7.4 6	44.3 1	54.8 1	10.04	0.148	331.11		30. 9 4	1.5 1	37.4 0	1.12	1.42	22.5 7	91.6 2	9.91	-
19 91	20. 47	16. 90	23.4 2	103. 08	2.79	3.476	346.61		38. 1 1	5.6 0	14.0 6	2.23	8.48	72.5 4	79.8 2	135. 71	-

A nn ée	Ag ouil lal	Ag oui m	Ait Mou ted	Ama n N'tin i	Assaka Guelm im	Assaka Tafoun ate	Complexe Tiouine_ MED	Fou m Zgui d	If re	Im dg har	M's emr ir	Tag hijit	Tah erbil te	Tam dro ust	Tino uar	Zag ora	Kasb et Zolit e
19 92	5.4 2	5.1 6	13.4 0	16.0 4	1.03	0.219	141.84	0.08	25 .7 5	0.0 4	9.98	0.13	1.77	11.0 1	40.0 5	56.2 5	-
19 93	16. 67	20. 04	34.0 1	73.4 9	0.62	0	372.04	0.41	32 .4 8	1.0 6	25.2 5	0.10	2.03	31.0 5	79.6 5	66.8 9	2.08
19 94	9.7 1	7.1 5	30.8 6	45.4 7	2.12	8.009	246.44	2.83	22 .4 03	1.4 6	12.3 8	3.14	8.23	21.4 0	58.9 1	78.0 6	4.79
19 95	35. 25	14. 91	73.9 0	95.8 5	12.65	9.431	682.24	4.69	45 .0 7	4.7 1	48.2 3	2.71	10.0 9	42.5 3	160. 32	205. 46	0.07
19 96	4.9 5	4.6 5	21.1 4	30.6 9	7.88	9.134	240.52	1.89	23 .6 17	0.0 6	16.2 4	0.22	10.6 6	19.4 7	51.2 0	32.1 8	2.14
19 97	10. 96	7.0 4	20.0 4	48.8 0	1.51	4.281	301.65	-	18 .7 2	0.6 0	15.2 5	1.31	4.46	31.0 6	81.2 5	19.6 6	1.89
19 98	1.9 0	0.5 3	9.91	7.20	2.33	6.749	65.88	1.55	7. 35 8	0.0 1	5.61	0.59	3.02	5.95	19.7 5	31.4 0	1.21
19 99	8.6 9	2.2 9	24.0 3	34.6 9	2.93	0.843	223.41	0.87	38 .1 6	0.9 4	7.03	0.12	9.61	26.3 0	59.0 7	1.01	0.85
20 00	4.7 4	-	6.33	4.87	1.05	0.034	33.01	-	6. 78 3	0.0 5	6.30	0.03	1.97	3.23	13.4 6	35.8 1	-
20 01	3.2 1	-	12.0 4	10.8 2	43.58	7.492	135.63	4.93	13 .9 79	2.3 0	8.69	9.64	12.2 1	12.0 9	33.4 4	21.7 5	11.49
20 02	3.6 7	0.3 1	12.5 3	11.3 2	9.38	0.055	75.86	2.32	3. 28 9	1.5 0	6.83	4.37	0.19	5.34	22.2 3		3.52
20 03	1.9 3	0.4 1	71.2 8	364. 00	15.50	0	164.23	1.66	54 .7 1	-	24.3 7	3.85	0.07	29.7 0	20.3 1		3.30
20 04	8.1 9	0.3 9	11.3 5	651. 70	4.68	0.389	50.96	-	32 .2 9	1.0 2	6.34	0.59	0.21	29.3 4	118. 79		1.87
20 05	5.0 7	1.3 7	5.05	11.2 7	5.23	0.216	25.00	-	10 .8 76	4.4 7	4.07	0.53	0.16	25.8 5	51.3 6		-
20 06	10. 30	9.5 6	66.5 8	48.4 8	0.94	2.337	382.63		47 .9 3	1.5 0	32.1 3	0.87	1.34	27.8 7	56.3 4		1.46
20 07	12. 83	9.4 6	27.0 6	21.7 7	2.20	17.76	148.66		34 .4 1	0.7 8	29.0 6	0.02	0.09	17.3 9	145. 83		-
20 08	22. 89	5.0 9	24.9 7	66.9 1	5.48	15.113	486.53		16 .7 79	2.5 9	63.6 6	3.97	4.16	19.9 9	61.4 9		8.86
20 09	24. 12	4.9 2	46.8 1	84.0 3	29.96	9.17	597.49		11 .0 55	11. 89	55.2 7	16.4 9	16.6 9	51.7 6	56.9 9		17.78
20 10	15. 08	28. 53	16.8 8	75.9 2	1.32	6.803	341.45		47 .0 8	4.3 5	28.0 1	5.04	7.86		58.2 2		0.36
20 11	9.6 2	3.5 8	99.3 0	17.7 0	4.84	9.28	87.72			0.4 0	28.7 9	0.21	2.05		15.9 1		-
20 12	30. 96	2.4 8	19.7 8	19.7 8	1.53	0.214	163.80		34 .2 6	1.0 1		4.19	2.35		213. 14		0.06
20 13	2.5 7	0.4 3		4.99	162.77	43.416	13.96		45 .7 86	3.4 5		1.15			33.7 2		1.60

A nn ée	Ag ouil lal	Ag oui m	Ait Mou ted	Ama n N'tin i	Assaka Guelm im	Assaka Tafoun ate	Complexe Tiouine_ MED	Fou m Zgui d	If re	Im dg har	M's emr ir	Tag hjijt	Tah erbil te	Tam dro ust	Tino uar	Zag ora	Kasb et Zolit e
20 14	51. 53	73. 44					1 008.82		87 .7 6			26.9 5					23.26
20 15	10. 19	5.2 9					104.10		32 .6 4			0.78					0.41