

Mémoire de Fin d'études
Licence Sciences et Techniques Eau et Environnement

« Actualisation des annuaires hydrologiques du bassin versant de Tensift et contrôle des débits de l'oued ZAT à la station de TAFERIAT (Maroc) »



Préparé par :

Hanane BOUYANTOUCH

Oumaima EL BAROUDI

Soutenu : Le XX Juin 2017

Devant le jury composé de :

Mr Mohamed El Mehdi SAIDI, Faculté des Sciences et Techniques- Marrakech. Encadrant

Mlle Insaf NAJAR, Agence de Bassin Hydraulique de Tensift- Marrakech. Co-encadrante

Mr Lahoucine HANICH, Faculté des Sciences et Techniques- Marrakech. Examineur

Sommaire

- Remerciements
- Introduction générale

Partie 1 : Présentation de L'ABHT

1	Introduction :.....	8
2	La zone d'action du bassin hydraulique du Tensift :	8
3	Les objectifs de création des Agences de Bassin hydraulique :	8
4	Organigramme :.....	9

Partie 2 : Présentation de l'étude

5	LES différentes agences des Bassins Hydrauliques :	10
1	OBJET DE L'ETUDE:	12
2	CONSISTANCE DE L'ETUDE:	12
3	METHODOLOGIE THEORIQUE DE LA PRESTATION:.....	12
3.1	Analyse et mise à jour de la base de données des hauteurs d'eau et jaugeages:	12
3.1.1	La hauteur d'eau :.....	12
3.1.2	Jaugeages :.....	13
3.1.2.1	Définition :.....	13
3.1.2.2	Techniques des jaugeages :	13
3.1.2.3	Quelques formules de calcul :	13
3.1.2.4	Photos de notre visite de la Station SIDI RAHAL :	13
3.2	Elaboration des courbes d'étalonnage:.....	15
3.2.1	Analyse de la distribution des couples de points (Q, H).....	15
3.2.2	Tracé des courbes.....	15
3.2.3	Extrapolation des courbes de tarage.....	16
3.3	Traitement de l'annuaire hydrologique et validation des données hydrométriques:.....	16

4	Partie pratique traitement des donnees de la station de taferiat:	16
4.1	Interface de l'application.....	16
4.2	Description de la station.....	20
4.2.1	Menu	20
4.2.2	Statistiques mensuelles	22
4.2.3	Les courbes d'étalonnage :.....	23
4.2.4	Annuaire hydrologique :.....	24
4.2.5	Les jaugeages :.....	25
4.2.6	Batterie d'échelle :	26
4.3	Saisie des données (H-Q):.....	28
4.3.1	Saisie des hauteurs d'eau	28
4.3.2	Saisie des jaugeages :	28
4.4	Traçage des courbes d'étalonnage :.....	29
4.4.1	Extraction de recueil des jaugeages	29
4.4.2	Report des couples H/Q :	33
4.4.3	Discrétisation de la courbe.....	35
4.4.4	Saisie des couples H/Q	36
4.4.4.1	Saisie des paramètres de la courbe.....	37
4.4.4.2	Saisie des couples H/Q	38
4.4.4.3	Calcul des barèmes.....	39
4.4.4.4	Vérification des barèmes :.....	39
4.4.4.5	Validation de la courbe.....	39

Partie 3 : Réalisation de l'étude

1	Situation géographique de la station hydrométrique et délimitation du bassin versant:.....	44
1.1	Situation géographique de la station hydrométrique:.....	44
1.2	Délimitation du bassin versant :.....	45
1.2.1	Le réseau hydrographique :.....	45
1.2.2	Morphologie et relief :	47
1.2.3	Les pentes.....	47
2	Etude hydrologique sommaire du bassin versant de l'oued Zat a Taferiat	50
2.1	Précipitations moyennes annuelles :	50
2.2	Précipitations moyennes mensuelles :.....	50
2.3	Précipitations moyennes saisonnières :.....	51

3	Critique et correction éventuelle des données hydrométriques de la station Taferiat.....	52
3.1	Critique des données hydrométriques de la station TAFERIAT :.....	52
3.2	Correction des données hydrométriques de la station TAFERIAT :	54
3.2.1	Corrélation annuelles débits-débits :	54
3.2.2	Corrélation mensuelle débits-débits :	55
4	Recommandations :.....	57
	➤ Conclusion	
	➤ Annexes	
	➤ Glossaire	
	➤ Listes des figures et tableaux	
	➤ Sources	

Remerciements

Avant tout développement sur cette expérience:

On tient à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de la FST de la formation EAU & ENVIRONNEMENT, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Dans l'ABHT :

Monsieur Brahim BERJAMY : Chargé de missions, qui nous a donné l'opportunité d'effectuer notre stage en milieu professionnel, stage qui nous a permis d'acquérir de nouveaux savoirs, ce qui est un aboutissement de notre cursus universitaire.

On voudrait remercier également toute l'équipe de la cellule d'évaluation et Planification des Ressources en Eau:

Madame Mounia BENRHANEM : Chef de division d'évaluation et Planification des Ressources en Eau, qui nous a accordé sa confiance et attribué des missions valorisantes durant ce stage.

Notre tutrice de stage **Mlle Insaf NAJAR** : Chef de Service de suivi et évaluation des Ressources en Eau, qui a su nous aider quand on en avait besoin, pour nous avoir intégrées rapidement au sein de l'agence, et grâce à elle nous avons pu découvrir le rôle d'un gestionnaire des Ressources en Eau.

Monsieur Saïd EL KIHAL: Responsable du SPAC, **Monsieur Mohamed RAHDOU**: Service Planification et des études des Ressources en Eau, **Monsieur Hicham ERRAFIY**: Service d'informatique et des Systèmes d'informations, pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport, ainsi que l'ensemble du personnel de l'ABHT Marrakech, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'il nous a fait vivre durant ces deux mois au sein de l'organisme.

Pour finir, on souhaiterait aussi témoigner nos gratitudeles les plus sincères envers **Monsieur Mohamed El Mehdi SAIDI**, Professeur à l'Université Cadi Ayyad, et tuteur universitaire de stage, qui nous a formées et accompagnées tout au long de cette expérience professionnelle avec patience et pédagogie.

Introduction générale

La gestion de l'eau revêt une grande importance pour le Maroc, pays où prédomine une situation de rareté de l'eau, et où le développement socio-économique est intimement lié à sa disponibilité.

Les ressources en eau de surface sont limitées et très irrégulières. A l'instar des précipitations, les débits des oueds présentent une forte irrégularité interannuelle.

Le développement de l'irrigation, en prélevant une part croissante des écoulements, a rendu nécessaire la gestion des usages, donc une connaissance meilleure, en temps quasi réel des débits.

Ces débits organisés sous forme de « Bases de données » doivent être traités et actualisés pour répondre à l'actualité des changements climatiques que connaît notre planète.

En effet, le traitement des mesures des hauteurs d'eau et des débits permet une connaissance des ressources en eau et constitue un outil opérationnel d'aide à la décision et contribue à la définition et à la mise en œuvre d'une gestion rationnelle d'eau.

A cet effet l'objectif de notre étude est l'actualisation des données de débits de certains cours d'eau du bassin de Tensift, en traitant et ajoutant à la base de donnée, les données actualisées de l'année hydrologique 2015-2016. Les données de base sont les hauteurs d'eau, que nous allons être amenées à transformer en débits à l'aide des courbes de tarage et des relations hauteurs d'eau- débit.

L'analyse et l'interprétation de ces données va permettre de répondre aux attentes suivantes :

- La gestion des ressources en eau
- Les dimensions d'évacuateurs de crues des barrages.
- Les hauteurs de digues.
- Détermination des zones vulnérables aux inondations... etc.
- Protection par prévention et prévision contre les crues, et risques naturels.

A large, light orange scroll graphic with rounded corners and a vertical strip on the left side, resembling a rolled-up document. The text is centered on the scroll.

Partie 1 : Présentation de l'ABHT

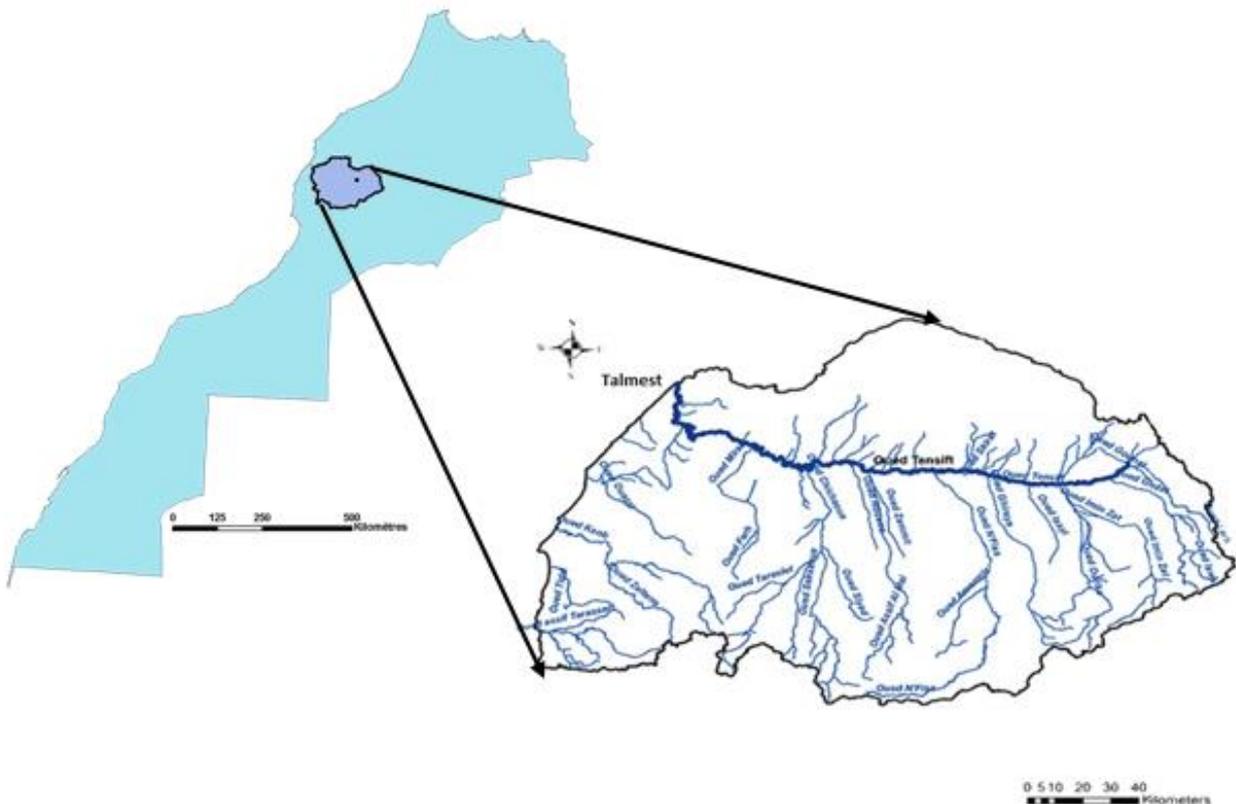
1 INTRODUCTION :

L'Agence de Bassin Hydraulique Tensift (ABHT) est un établissement public, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, chargé de l'évaluation, de la planification, de la gestion et de la préservation des ressources en eau du bassin hydraulique en associant l'ensemble des acteurs de l'eau au niveau de la zone d'action.

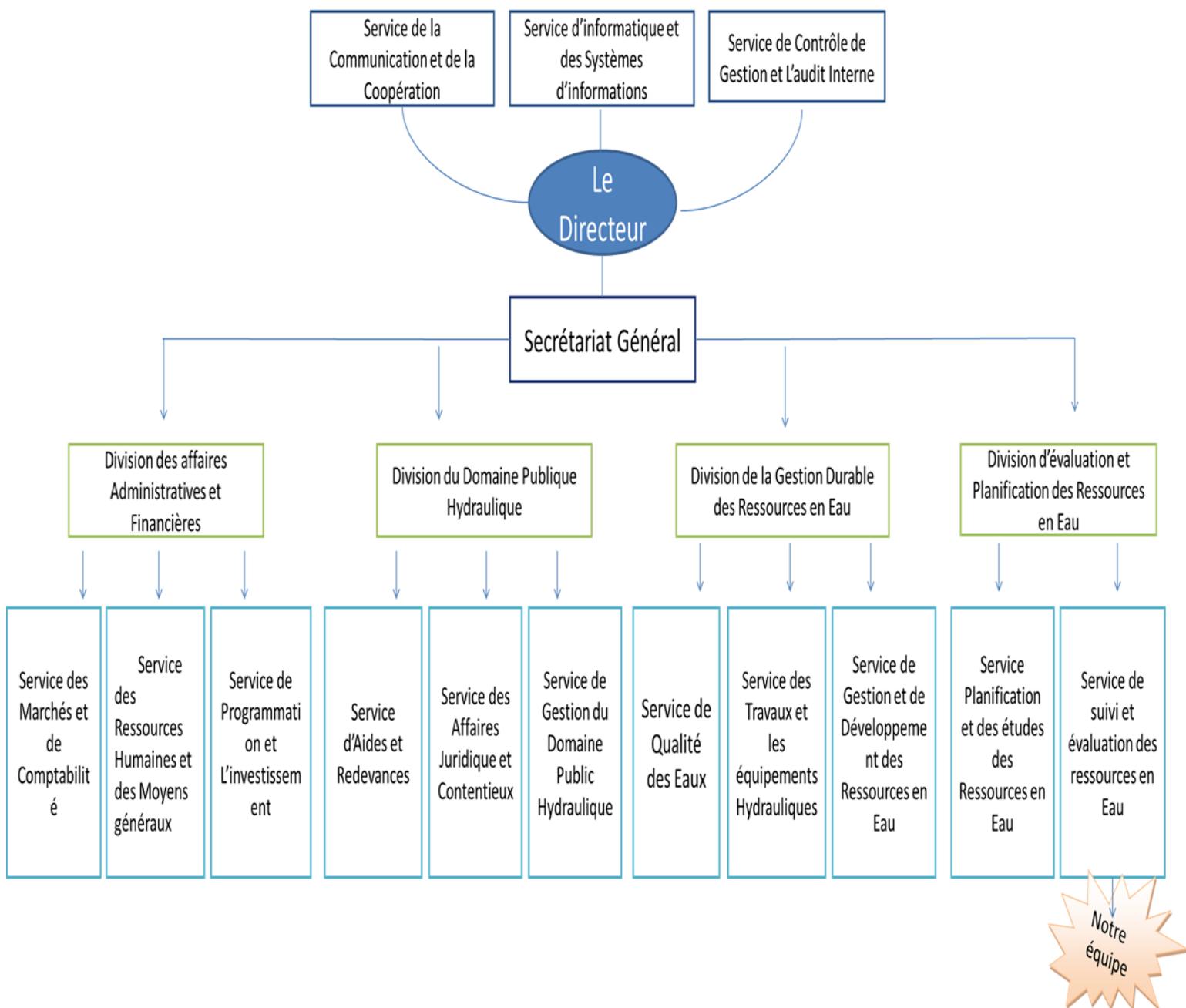
L'Agence veille sur la préservation du domaine public hydraulique et engage les partenaires et acteurs (collectivités locales, industriels, agricoles...). Dans des projets visant la maîtrise quantitative et qualitative des ressources en eau ainsi que la promotion et le développement de la technicité en matière d'utilisation de l'eau, tout en tenant compte des situations exceptionnelles (sécheresse, pénurie, inondations, dégradations spontanées de la qualité de l'eau...).

2 LA ZONE D'ACTION DU BASSIN HYDRAULIQUE DU TENSIFT :

S'étend sur le territoire de la Wilaya de Marrakech préfecture de Marrakech, provinces d'Al Haouz, Chichaoua, Essaouira, El Kélâa des Sraghna, et Safi, et couvrant une superficie de 24.800 Km² avec une population d'environ 2.632.000 habitants dont 42% en milieu urbain et 58% en milieu rural.



4 ORGANIGRAMME :



5 LES DIFFERENTES AGENCES DES BASSINS HYDRAULIQUES :

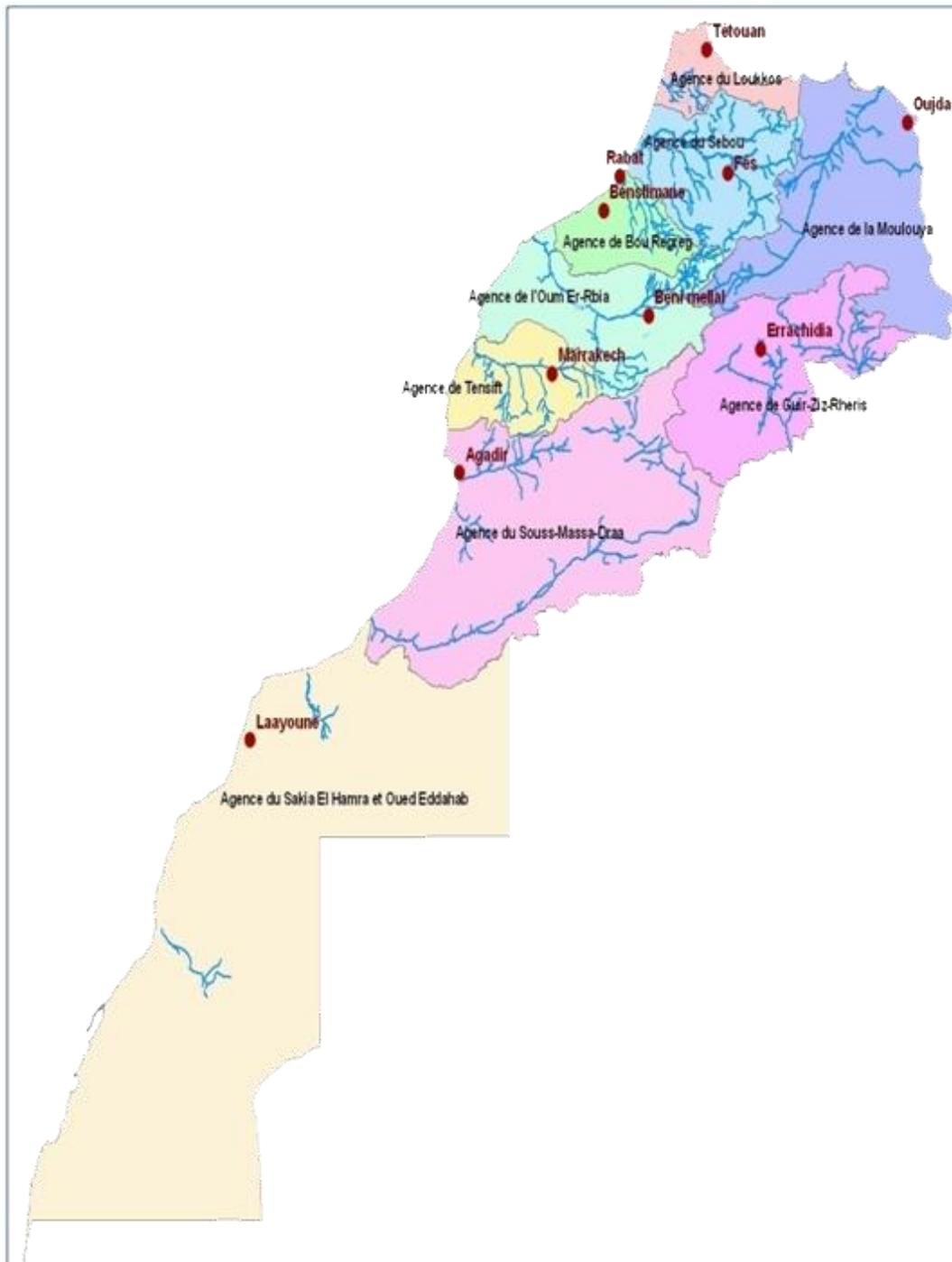
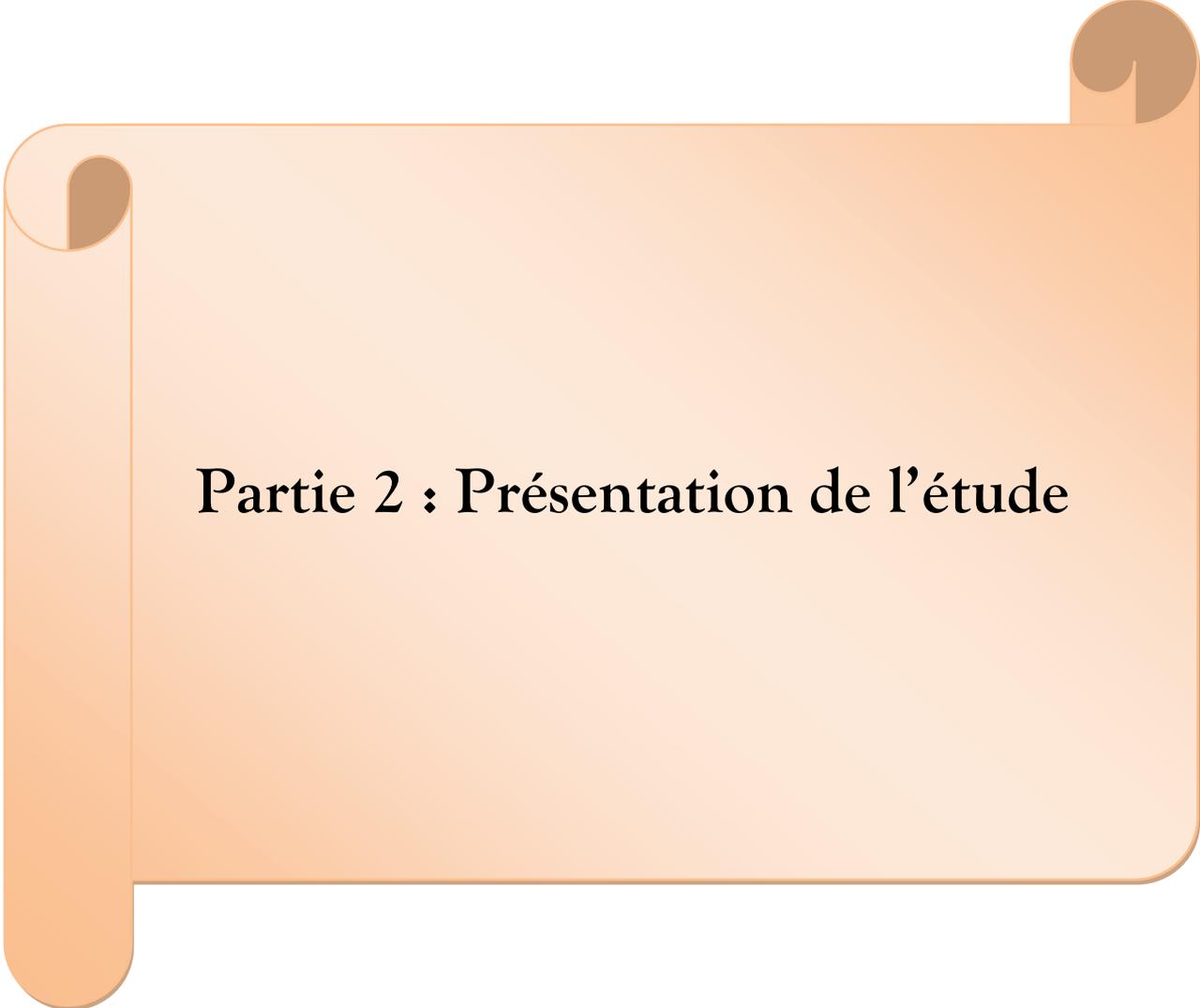


Figure 2 : Les différentes agences des bassins hydrauliques

A large, light orange scroll graphic with rounded corners and a vertical strip on the left side, resembling a rolled-up document. The text is centered on the scroll.

Partie 2 : Présentation de l'étude

1 OBJET DE L'ETUDE:

Notre étude, a pour but le traitement jusqu'à Août 2016 des données hydrométriques et d'éditer l'annuaire hydrologique relatif aux stations hydrologiques situées dans la zone d'action de l'ABHT.

2 CONSISTANCE DE L'ETUDE:

Avant de procéder au traitement des annuaires, nous allons entreprendre les missions suivantes :

Mission 1 : Analyse et mise à jour de la base des données des hauteurs d'eau, et des jaugeages ;

Mission 2 : Élaboration des courbes d'étalonnage ;

Mission 3 : Traitement des données hydrométriques et validation de l'annuaire hydrologique.

3 METHODOLOGIE THEORIQUE DE LA PRESTATION:

3.1 Analyse et mise à jour de la base de données des hauteurs d'eau et jaugeages:

La saisie des hauteurs d'eau et des jaugeages des différentes stations est réalisée dans la base des données BADRE21. Cette opération consiste à :

- La saisie des hauteurs d'eau relevées chaque jour à (08h00, 12h00, 18h00)
- La saisie des détails des crues

La saisie des hauteurs d'eau est composée de deux types de relevé :

- Relevé des hauteurs d'eau mensuelle.
- Relevé des hauteurs d'eau des crues.

Le relevé des hauteurs d'eau des crues est composé de trois types :

- Crue de pas de 1h.
- Crue de pas de 30 min.
- Crue de pas de 15 min.

3.1.1 La hauteur d'eau :

La hauteur d'eau est mesurée à l'aide des batteries.

La batterie par définition est un élément d'échelle qui nous permet de calculer la hauteur d'eau d'une section donnée.

Cette hauteur d'eau est mesurée par un gardien in situ.

Ce gardien nous renseigne sur :

- La nébulosité
 - La hauteur d'eau
 - la pluie
- } Ceci dans le cas d'une station

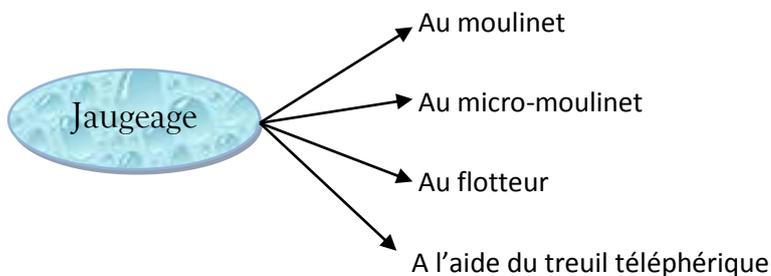
- Le niveau du barrage
 - La chute de pluie
 - Le volume
- } Cas d'un barrage

3.1.2 Jaugeages :

3.1.2.1 Définition

Le jaugeage permet de déterminer le volume d'eau écoulé par seconde d'un cours d'eau, d'un canal, ou d'une conduite. Il se fait chaque 28 jour.

3.1.2.2 Techniques des jaugeages :



3.1.2.3 Quelques formules de calcul :

Vitesse = (Distance/Temps)

Q = Vitesse * Section

3.1.2.4 Photos de notre visite de la Station SIDI RAHAL :



Photo 1 : Treuil téléphérique



Photo 2 : Jaugeage au micro-moulinet



Photo 3 : Batterie d'échelle



Photo 4 : Station météorologique

3.2 Elaboration des courbes d'étalonnage:

L'élaboration des courbes d'étalonnage est basée sur les données des hauteurs d'eau et des jaugeages collectées et saisies lors de la première phase. Elle consiste à procéder à l'élaboration des courbes d'étalonnage $Q = f(H)$ sur des échelles arithmétiques appropriées ; avec Q : débit exprimé en litre par seconde (l/s) ou en mètre cube par seconde m³/s ; et H : hauteur d'eau exprimée en centimètre.

La méthodologie suivie consiste à faire :

- L'analyse de la distribution des couples de points (Q, H)
- Le tracé des courbes
- L'extrapolation des courbes de tarage

3.2.1 Analyse de la distribution des couples de points (Q, H)

La courbe de tarage peut être tracée soit manuellement soit par un procédé automatique, pourvu que l'on respecte les règles suivantes :

- Coordonnées arithmétiques
- Report de tous les jaugeages
- Examen de la répartition des points
- Après report de tous les jaugeages, la phase d'analyse commence réellement

La phase d'analyse de la répartition des points de jaugeage sur le graphique de tarage est la plus importante. Si l'interprétation est exacte, les étapes suivantes à savoir le tracé de la courbe, extrapolation ne présenteront plus aucune difficulté.

L'étape d'analyse nécessite une bonne connaissance des lois de l'hydraulique.

3.2.2 Tracé des courbes

Le tracé des courbes de tarage est fait sur un graphique à grande échelle, en coordonnées arithmétiques. Il doit être :

- Exact, c'est à dire qu'il respecte les conclusions de l'analyse effectuée antérieurement ;
- Précis, c'est à dire qu'il permet de lire les débits avec une marge d'erreur minimale.

Deux règles doivent être respectées lors du tracé de la courbe :

- L'égalité répartition des points, de part et d'autre de la courbe ; de telle manière que toutes les irrégularités du tracé soient prises en compte ;
- La minimisation des écarts à la courbe ; les écarts sont pris dans le sens vertical, c'est à dire suivant les débits.

La précision d'un tracé basé sur quelques points isolés n'est pas bonne.

3.2.3 Extrapolation des courbes de tarage

La relation $Q = f(H)$ doit être définie dans la totalité de l'intervalle de variation des hauteurs sur une chronique limnométrique homogène. Cet intervalle, limité par les hauteurs minimale et maximale lues sur l'échelle, est désigné par intervalle de définition du tarage.

En général, le nombre de jaugeages est insuffisant, ou bien la répartition est mauvaise, et la courbe de tarage est incomplète : elle doit donc être extrapolée à ses extrémités.

Ensuite, on procède à la validation des courbes et l'établissement des couples de valeurs (Q, H) traduisant le barème. Chaque courbe sera validée par son numéro, sa hauteur d'extrapolation et sa période de validité.

Une fois la saisie des données des courbes est effectuée sur la base des données BADRE21. On peut éditer par la suite le barème pour chaque station.

3.3 Traitement de l'annuaire hydrologique et validation des données hydrométriques:

Au cours de cette phase, l'opérateur ressortira les données de débits instantanés, journaliers, mensuels et annuels. Cette mission comprend essentiellement l'actualisation du traitement de l'annuaire hydrologique sur la base des données saisies lors des phases précédentes.

Avant la validation de l'annuaire, l'opérateur vérifiera la cohérence des données traitées selon le schéma suivant:

- Analyse visuelle ;
- Corrélation entre les stations amont et aval,
- Mise en concordance des crues et les épisodes pluvieux générateurs,
- Analyse statistique des données maximales et minimales ;
- Elaboration des valeurs spécifiques.

4 PARTIE PRATIQUE TRAITEMENT DES DONNEES DE LA STATION DE TAFERIAT:

4.1 Interface de l'application

Un nom d'utilisateur et un mot de passe sont indispensables pour accéder au contenu de l'application, l'interface de connexion à la base de données BADRE21 est la suivante :



Figure 3 : Interface de connexion de l'application BADRE21

L'interface d'accueil de l'application est composée de plusieurs modules comme le montre la photo ci-dessous :

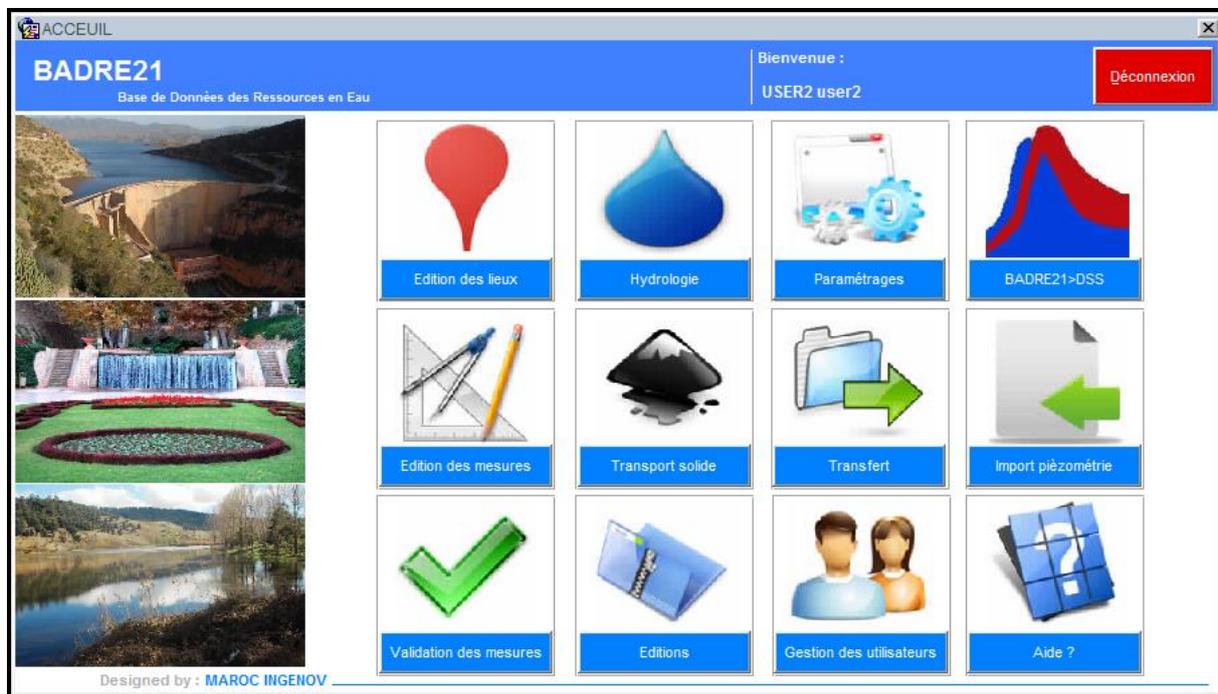


Figure 4 : L'interface d'accueil de l'application BADRE21

Le module le plus utilisé est celui de l'hydrologie et celui qui fera l'objet de ce présent manuel :

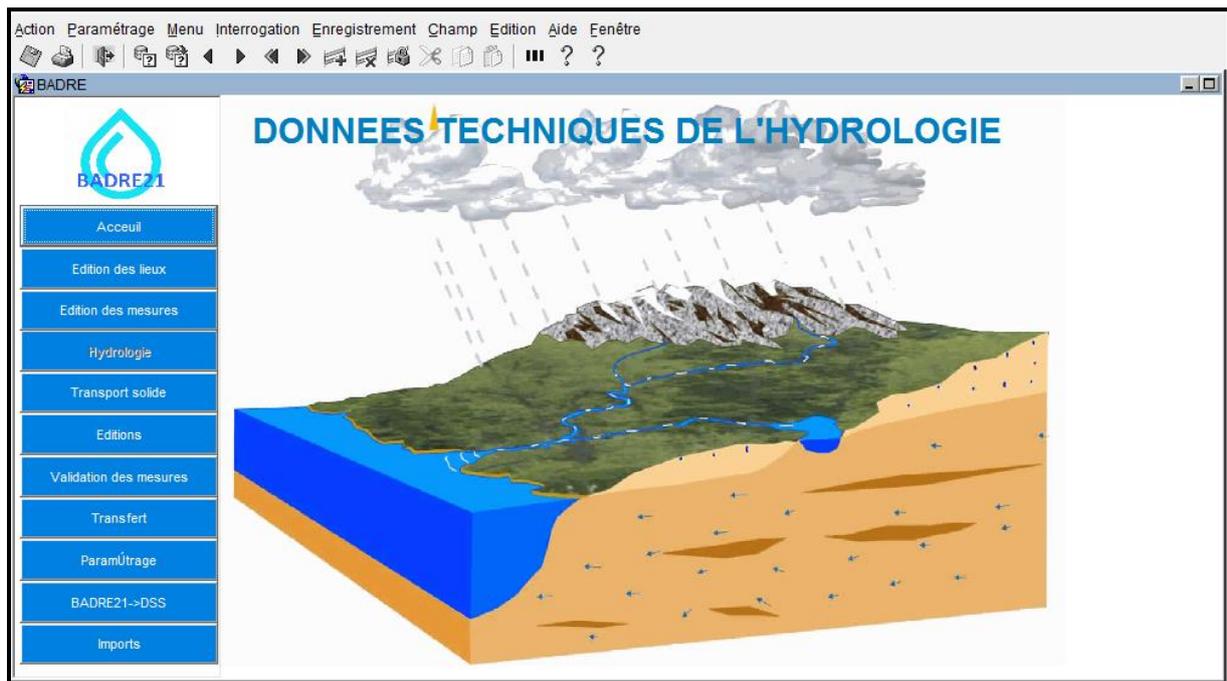


Figure 5 : Données techniques de l'hydrologie

L'interface principale de l'application de l'hydrologie est composée de plusieurs menus, le plus utilisé pour cette application c'est l'onglet « Menu ». Ce dernier est composé de plusieurs sous menus et que chacun a son propre rôle.

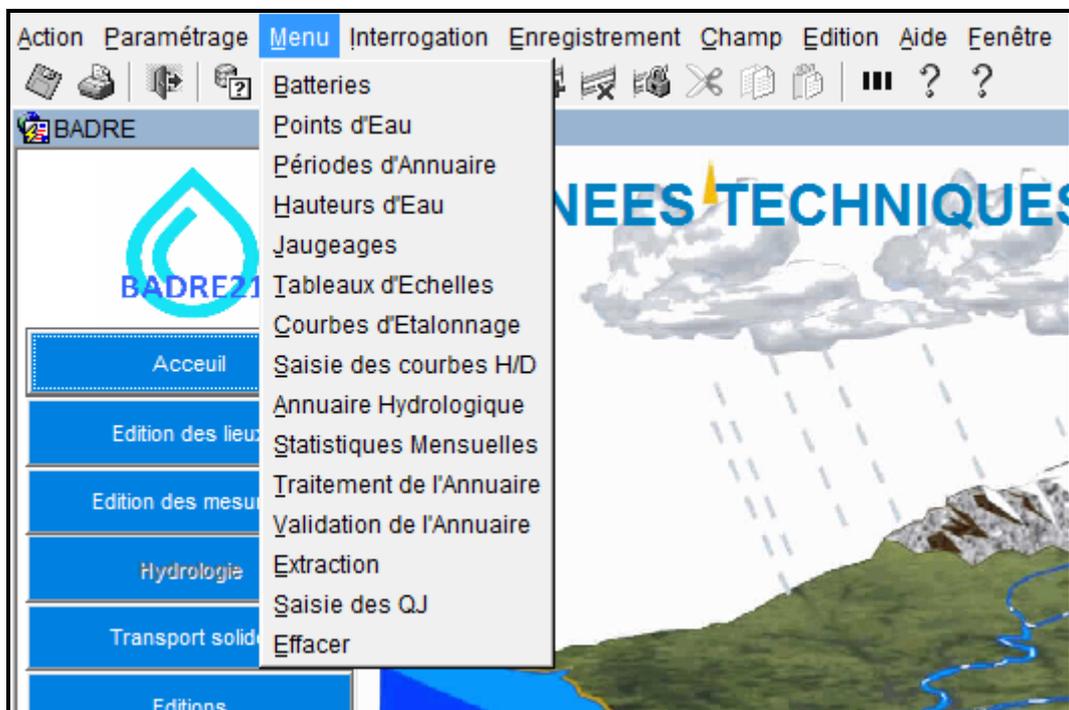


Figure 6 : Le Menu de l'application BADRE21

Batteries:

Chaque station a plusieurs batteries d'échelle et que chaque batterie d'échelle a une limite inférieure et une limite supérieure et une date de début et de fin de validité.

Points d'eau:

Un point d'eau peut être une station hydrologique, une source, Ain, Khettara, Seguia. Et que chaque point d'eau a son propre n° IRE, nom de l'oued, nom de la station hydrologique, le n° du centre, nature, le numéro hydrologique ainsi que les coordonnées en x, y et z, limites de batteries d'échelle.

- La date de mise en service de point d'eau.
- Superficie du Bassin versant : c'est la superficie planimètre du bassin versant au niveau du point d'eau en Km²

Période d'annuaire:

Pour définir le type de traitement de chaque période. Car nous avons 2 types de traitement, soit par hauteur d'eau soit par jaugeage et que cela dépend des données de relevées des hauteurs d'eau dont on dispose.

Hauteurs d'eau:

Pour saisir des relevées des hauteurs d'eau et les relevées des crues.

Jaugeage:

Pour saisir des jaugeages.

Tableaux d'échelles:

Servent à l'établissement du barème des tableaux d'échelle pour les stations qui ont une batterie d'échelle inclinée.

Courbes d'étalonnage:

Cette interface sert à l'établissement du barème du cours d'eau c'est-à-dire la variation du débit en fonction du niveau d'eau

Traitement de l'annuaire:

C'est la partie la plus importante en hydrologie car elle nous permet de déterminer les débits journaliers, les débits mensuels, les débits moyens annuels ainsi que les débits maximums annuels.

Validation de l'annuaire :

Dès que l'annuaire hydrologique est établi, c'est-à-dire on dispose du débit moyen annuel, il faut le valider pour qu'il soit définitif.

Extraction:

Il sert à extraire les données hydrologiques tels que les HE, les débits instantanés ainsi que les annuaires hydrologiques. Ces données seront extraites et imprimées directement, soit sauvegardées sur un support informatique.

Saisie des QJ:

Il permet la saisie des débits journaliers d'une station à condition qu'on n'ait pas les relevés hauteurs d'eau. Ces débits peuvent être d'origine méthodes statiques ou d'autres méthodes de modélisation à savoir les modèles pluie-débit.

4.2 Description de la station

Nom de la station: **TAFERIAT**

N° IRE de la station : **1562/53**

L'Oued: **ZAT**

Les limites des batteries d'échelles « 3 » :

- Limite inf. : **3000**
- Limite sup. : **4500**

4.2.1 Menu

D'autres informations sur la station à savoir les coordonnées, la date de mise en service et la superficie du bassin versant sont données dans la fenêtre principale de la base de données lorsqu'on accède au point d'eau via l'indice et numéro IRE de la station:

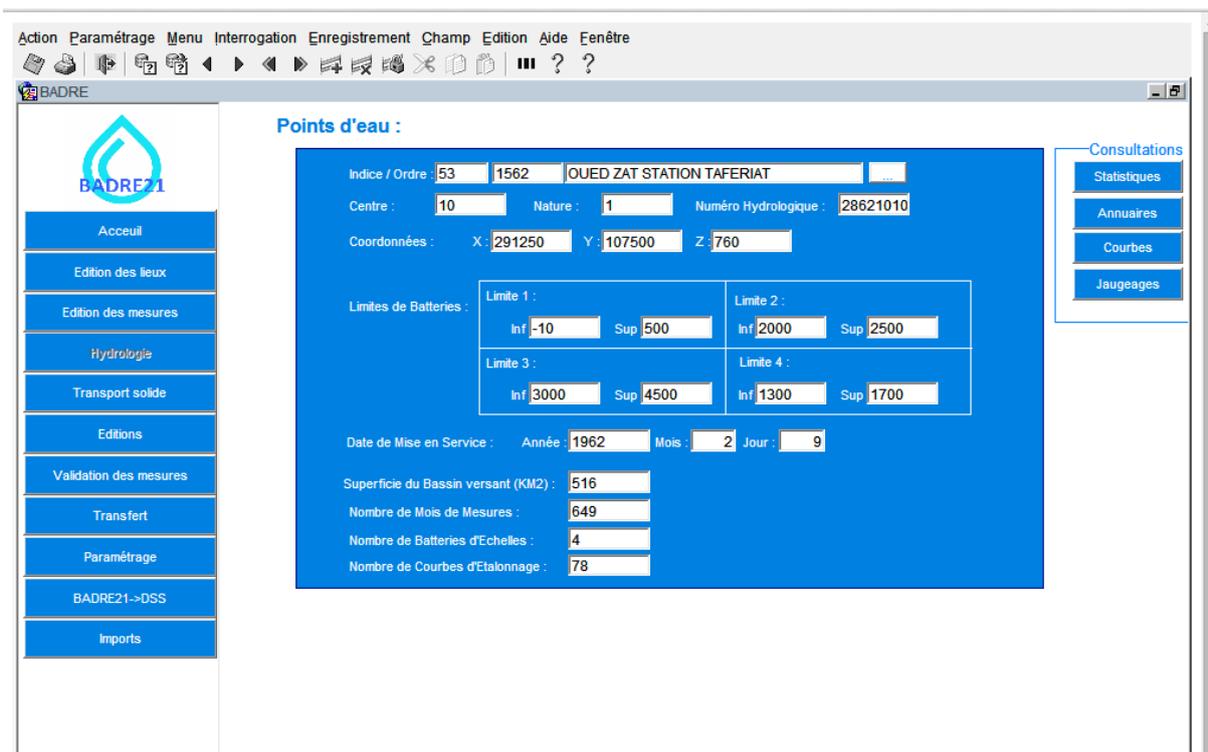


Figure 7 : Interface des Points d'eau

Si on veut créer un point d'eau pour la première fois on fait la saisie de :

- L'indice et le IRE du fichier
- Le nom de l'oued du point d'eau.
- Centre : chaque bassin versant à un numéro de centre.
- Nature : c'est la nature du point d'eau, soit une station hydrologique, Ain, Source, etc.
- Numéro hydrologique.
- Coordonnées : c'est les coordonnées du point d'eau : x, y, z en m (Projection Lambert)
- Limites de batteries : si nous avons une batterie d'échelle, on saisit la limite inférieure et supérieure, si nous n'avons pas la batterie d'échelle pour la limite inférieure on saisit -9999 et pour la limite supérieure on met 9999.
- Date de mise en service : c'est la date à partir de laquelle le point d'eau est en activité.
- Surface du bassin versant : c'est une surface en Km2 du bassin versant au niveau du point d'eau.

- Nombre de mois de mesures : c'est le nombre des mois des relevées hauteurs d'eau saisies depuis la date de mise en service jusqu'au dernier mois chargé.
- Nombre de batteries d'échelles : c'est le nombre de batteries d'échelles installées au niveau de la section du P.E.
- Nombre de courbes d'étalonnage : c'est le nombre de courbes d'étalonnage établis à la station.

4.2.2 Statistiques mensuelles

Des statistiques mensuelles sur les mesures saisies dans la station sont disponibles depuis la date de mise en service de la station, ces mesures concernent :

- Le nombre de mesure de jaugeages,
- Le nombre de mesures de hauteurs d'eau
- Nombre de mesure de transports solide (Tps) ;
- Nombre de débit instantané (QI) ;
- Nombre de débit journalier (QJ) : deux cas sont possibles :
 - Cas 1 : QJ= 1 ce qui signifie que le mois est traité.
 - Cas 2 : QJ= 0 ce qui signifie que le mois n'est pas encore traité.

Indice	Ordre	Annee	Mois	Hauteurs	Jaugeages	Tps	QI	QJ
53	1562	2014	9	130	1	0	105	1
53	1562	2014	10	117	0	0	95	1
53	1562	2014	11	215	0	0	218	1
53	1562	2014	12	191	0	0	123	1
53	1562	2015	1	153	1	0	111	1
53	1562	2015	2	149	2	0	104	1
53	1562	2015	3	269	1	0	154	1
53	1562	2015	4	154	1	0	108	1
53	1562	2015	5	119	0	0	64	1
53	1562	2015	6	79	1	0	32	1
53	1562	2015	7	79	0	0	32	1
53	1562	2015	8	85	1	0	33	1

Figure 8 : Interface des statistiques mensuelles 1

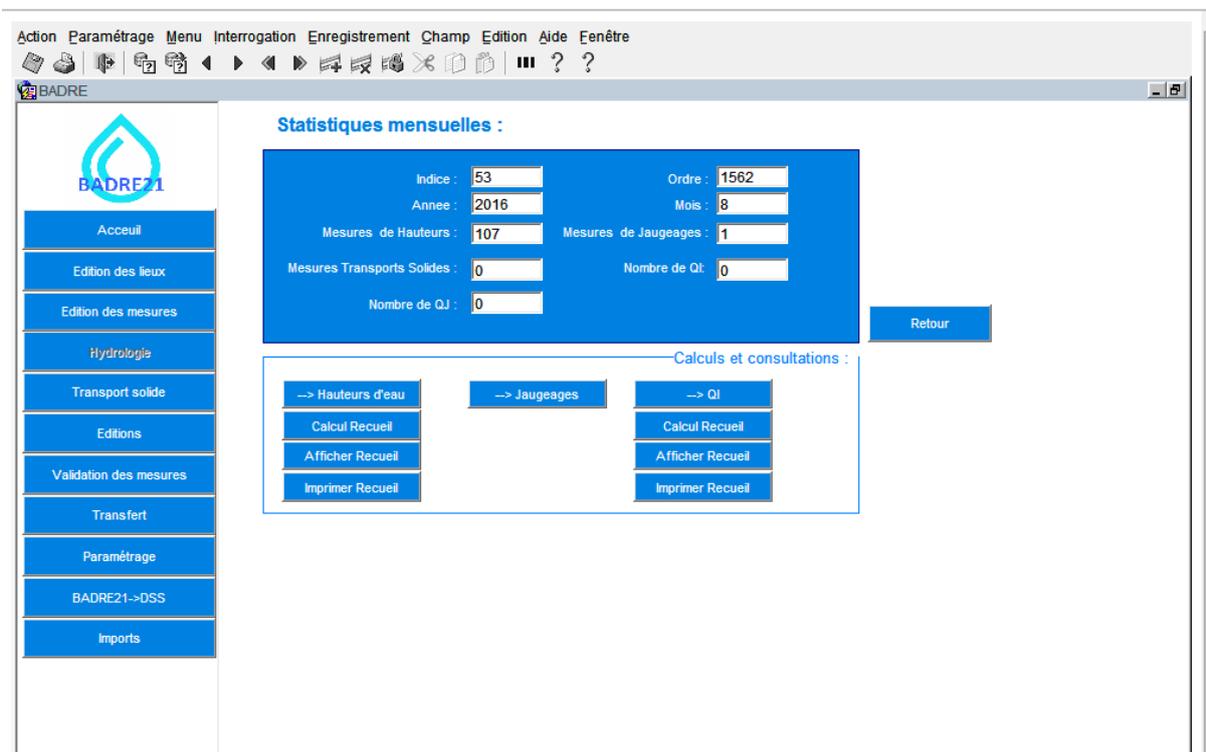


Figure 9 : Interface des statistiques mensuelles 2

A partir de cette interface, l'utilisateur peut accéder aux autres interfaces, tel que les hauteurs d'eau du mois, les jaugeages et aussi d'effectuer des calculs sur le mois.

4.2.3 Les courbes d'étalonnage :

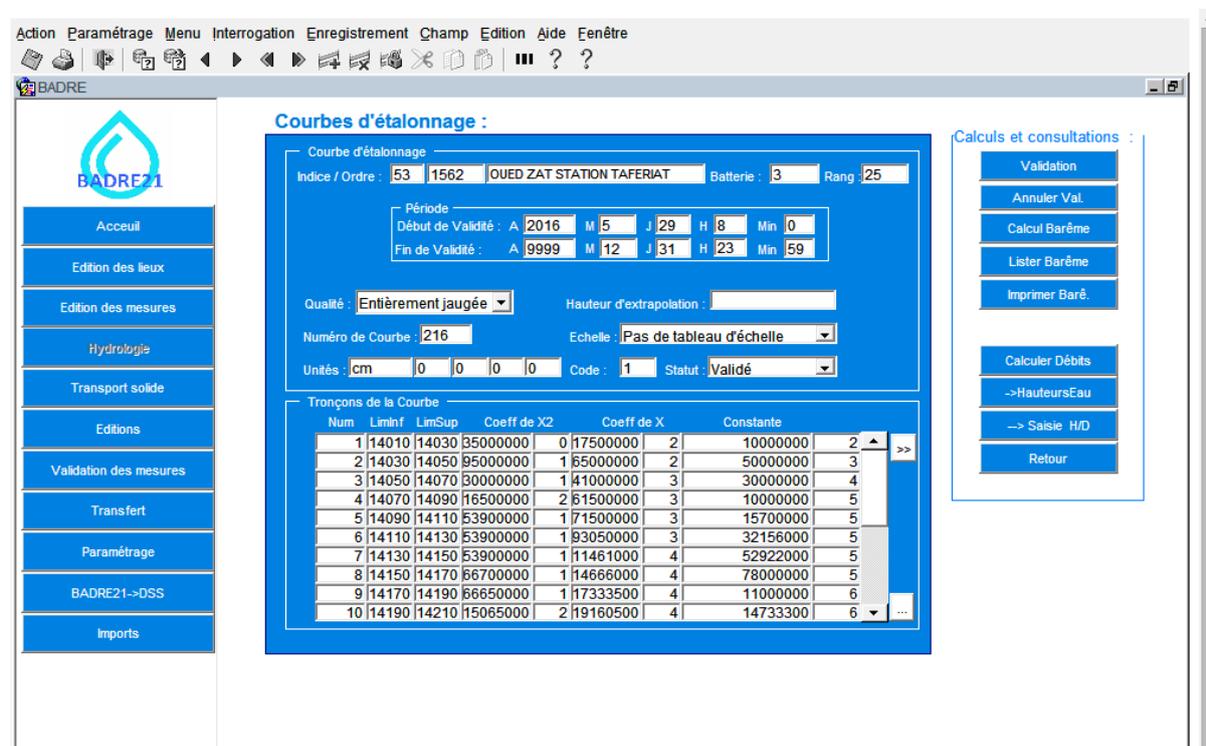


Figure 10 : Interface des courbes d'étalonnages

- **Année** : c'est l'année hydrologique c'est-à-dire du mois 9 de l'année n au moins 8 de l'année n+1.
- **Hauteurs** : représente le nombre de mesures < cotes > saisies au niveau du point d'eau pour chaque année.
- **Jaugeages** : c'est le nombre de jaugeages réalisés pour chaque année.
- **Transports** : c'est le nombre de mesures de transports solides pris au niveau du point d'eau pour chaque année.
- **QI** : Nombre de débits instantanés pour chaque année, en général c'est les hauteurs d'eau plus hauteurs d'eau en 24h.
- **QJ** : Nombre des mois traités complètement en débit journalier.
- **Zoom** : Si on veut consulter le détail, il suffit de placer le curseur sur l'enregistrement puis cliquer sur le bouton zoom.
- **Retour** : Si on veut retourner au point d'eau il suffit de cliquer sur le bouton retour.

4.2.4 Annuaire hydrologique :

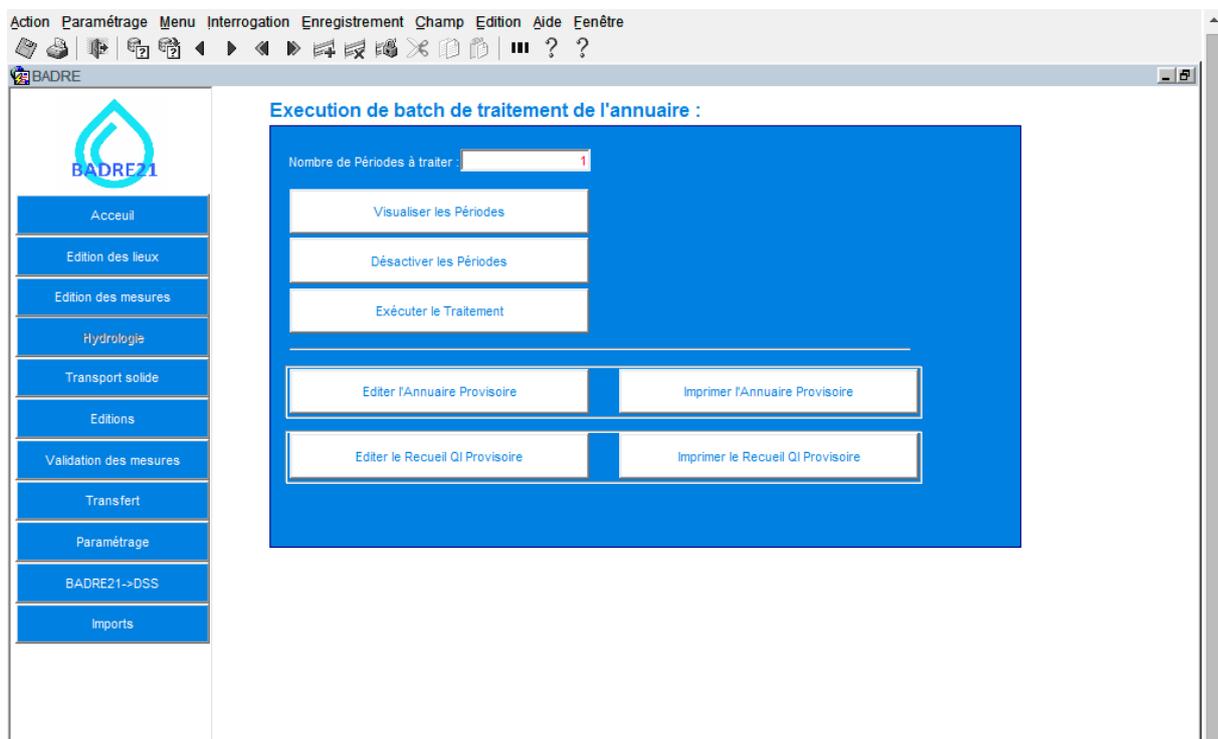


Figure 11 : Exécution de batch de traitement de l'annuaire

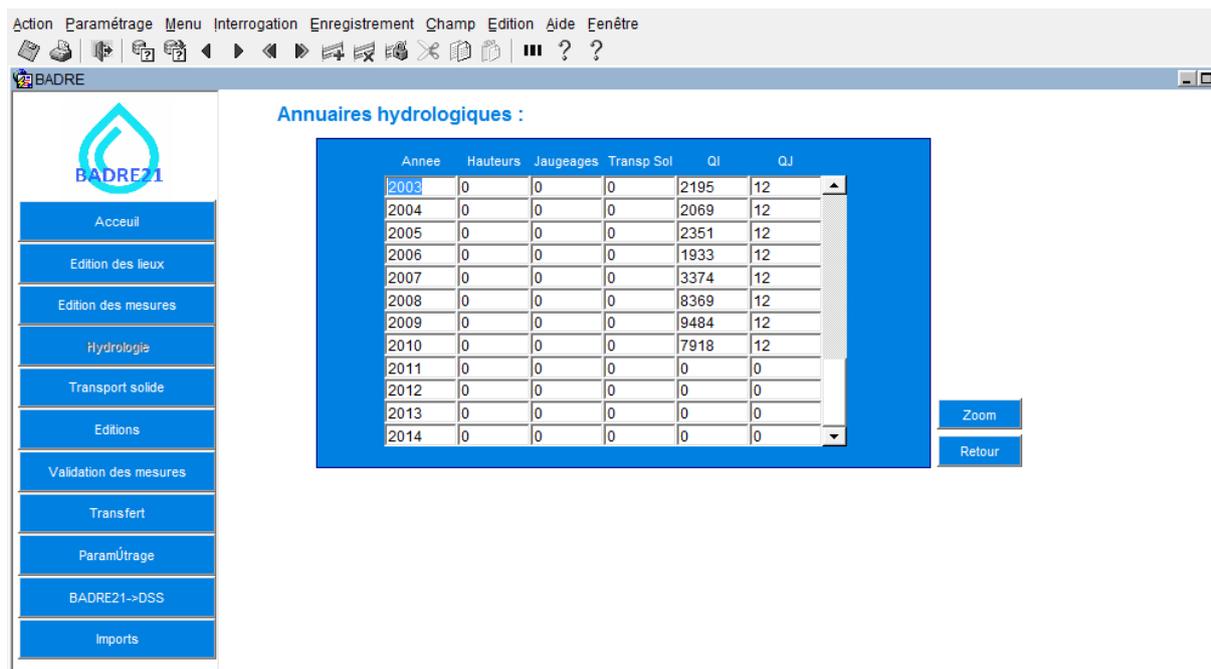


Figure 12 : Interface d'Annuaire hydrologiques

QJ : Nombre des mois traités par année, la valeur 0 indique que l'année hydrologique n'est pas traitée

4.2.5 Les jaugeages :

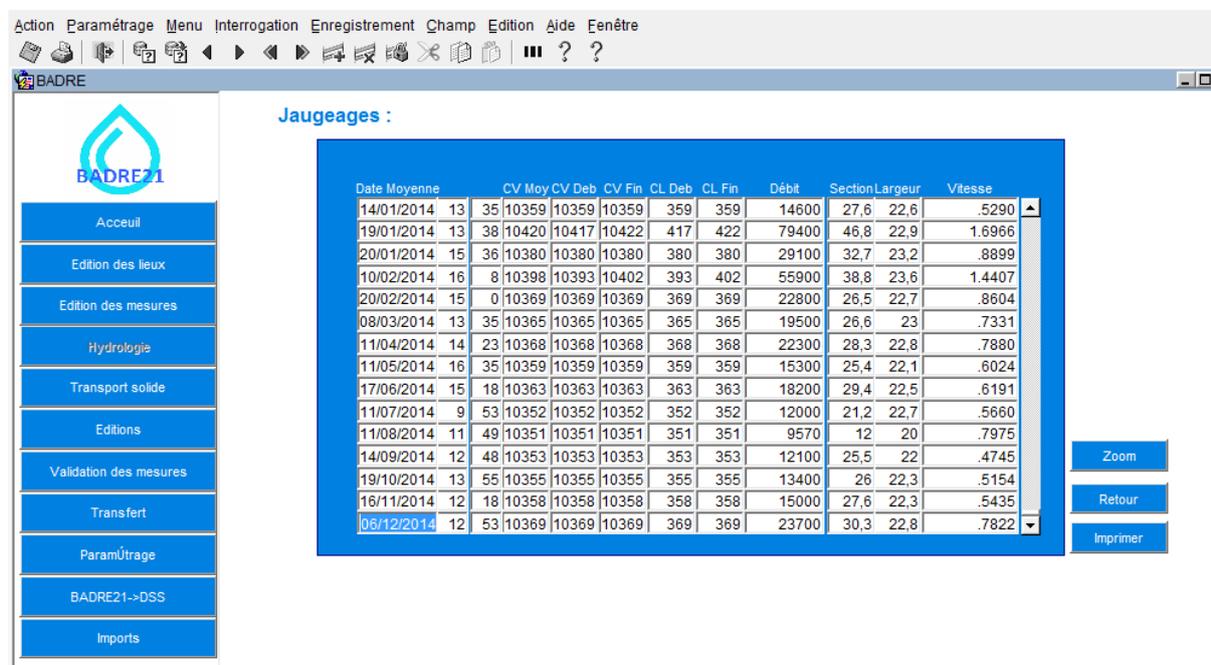


Figure 13 : Interfaces des jaugeages 1

Le zoom sur une case du tableau dirige l'utilisateur vers l'interface initiale de saisie des données d'un relevé de jaugeage :

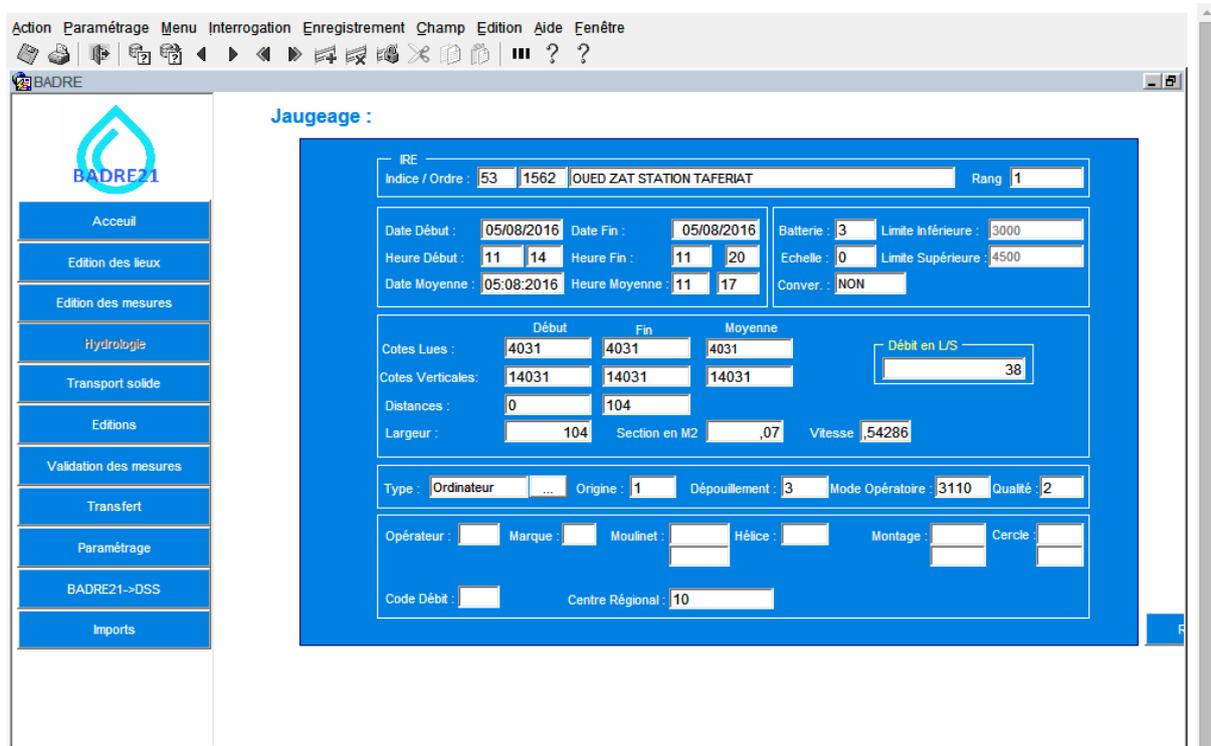


Figure 14 : Interface des jaugeages 2

4.2.6 Batterie d'échelle :

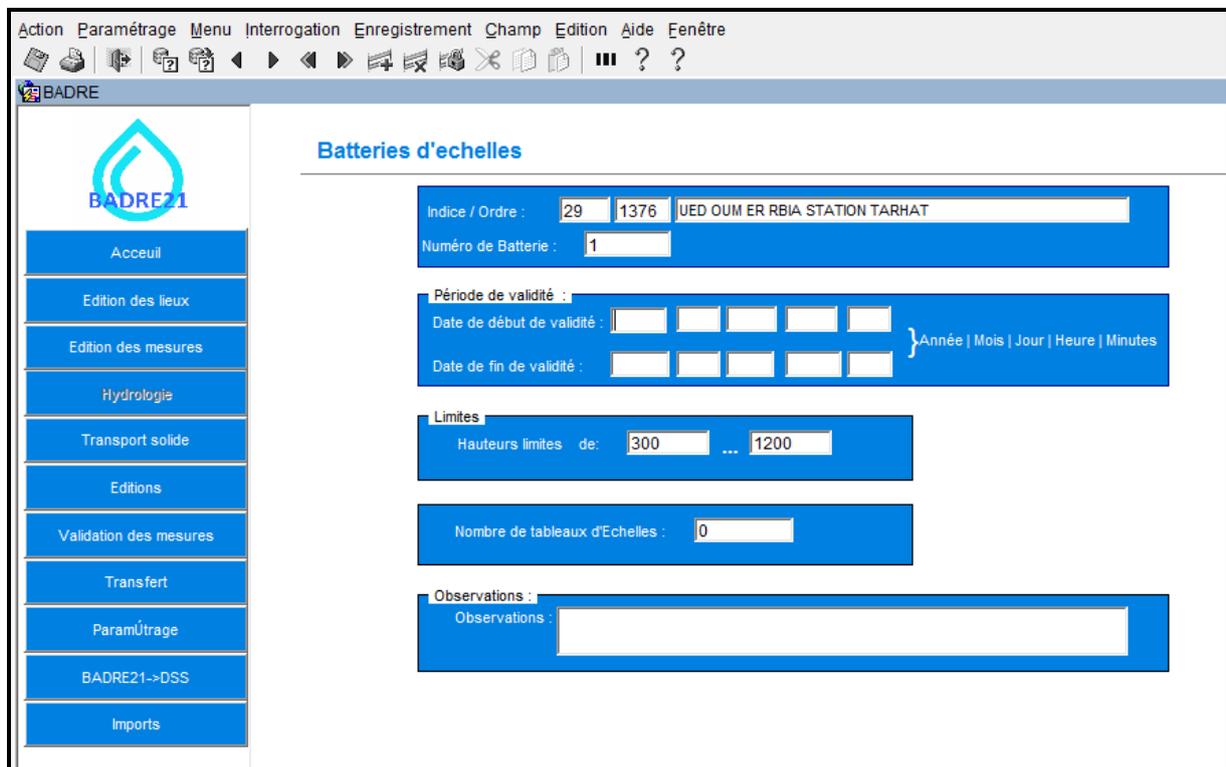


Figure 15 : Interface des batteries d'échelle

Lorsqu'on crée un point d'eau, il faut saisir les informations de la batterie d'échelle qui sont :

- Indice et le IRE du point d'eau.
- Le nom de l'oued et du point d'eau.
- Numéro de la batterie d'échelle que nous avons établie.
- Période de validité :
 - Date de début de validité Année Mois jour heure min
 - Date de fin de validité 9999 12 31 23 55
- Limites
 - Hauteurs limites de : inférieur à supérieur

A partir du menu de l'application, l'utilisateur a le droit d'accéder aux interfaces de saisie des hauteurs d'eau, de jaugeages, des couples H/Q, ...

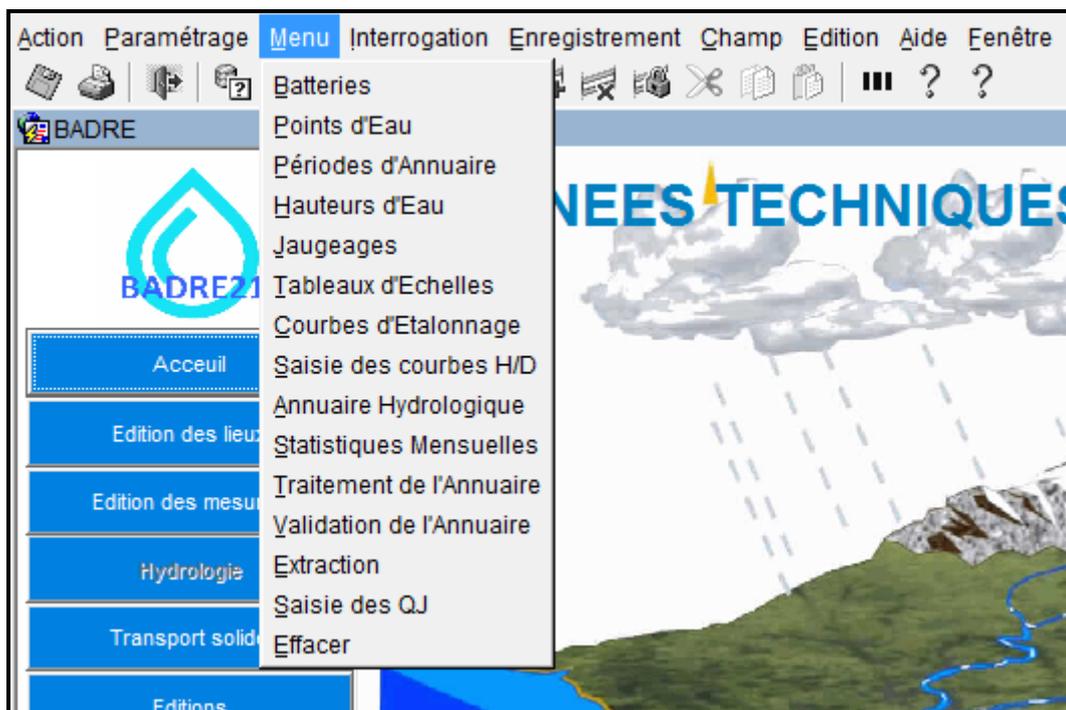


Figure 16 : Le menu d'application BADRE21

➔ La première étape dans le traitement de l'annuaire hydrologique d'une station est la saisie des hauteurs d'eau et les jaugeages.

4.3 Saisie des données (H-Q):

4.3.1 Saisie des hauteurs d'eau

La saisie des hauteurs d'eau et des détails de crues est réalisée via l'interface suivante:

Hauteur d'eau :

Point d'eau : UED OUM ER RBIA STATION TARHAT Batterie : 1

Année : 2013 Mois : 1 Echelle : 0 NON Type Relevé : 1 Heure : 8

Jour	Heure	Minute	Cote Lue	Cote Verticale	Débit (L/S)
01	1	8	365	10366	13640.000
02	2	8	366	10366	13640.000
03	3	8	365	10365	13000.000
04	4	8	366	10366	13640.000
05	5	8	365	10365	13000.000
06	6	8	365	10365	13000.000
07	7	8	365	10365	13000.000
08	8	8	365	10365	13000.000
09	9	8	365	10365	13000.000
10	10	8	364	10364	12373.333
11	11	8	365	10365	13000.000
12	12	8	365	10365	13000.000
13	13	8	365	10365	13000.000
14	14	8	366	10366	13640.000
15	15	8	365	10365	13000.000
16	16	8	365	10365	13000.000

Limite de la batterie d'échelle : Limite Inf. : 300, Limite Sup. : 1200

Limite courbe d'étalonnage : Limite Inf. : , Limite Sup. :

Calcul et consultations : Calcul des débits, Echelle, Etalonnage, Retour

Légende : Côte lue : 99999 : Isolé/ensablé, -9999 :Gac. Type de relevé : 1 : Jours de 1 à 16, 2 : Jours de 17 à 31, 99 : Saisie par jour, 11 : Saisie de 00:00 H à 16:00 H, 12 : Saisie de 17:00 H à 00:00 H, 21 : Saisie de 00:00 H à 07:30 H, 22 : Saisie de 08:00 H à 15:30 H, 23 : Saisie de 16:00 H à 23:30 H

Nombre de mesures : 16

Figure 17 : Interface des Hauteur d'eau

4.3.2 Saisie des jaugeages :

Jaugeage :

IRE : UED OUM ER RBIA STATION TARHAT Rang : 1

Date Début : 16/11/2014 Date Fin : 16/11/2014 Batterie : 1 Limite Inférieure : 300

Heure Début : 11 55 Heure Fin : 12 40 Echelle : 0 Limite Supérieure : 1200

Date Moyenne : 16.11.2014 Heure Moyenne : 12 18 Conver. : NON

Cotes Lues : Début : 358 Fin : 358 Moyenne : 358 Débit en L/S : 15000

Cotes Verticales : 10358 10358 10358

Distances : 13,8 36,1

Largeur : 22,3 Section en M2 : 27,6 Vitesse : 54348

Type : Ordinateur Origine : 1 Dépouillement : 3 Mode Opérateur : 3110 Qualité : 2

Opérateur : Marque : Moulinet : Hélice : Montage : Cercle :

Code Débit : Centre Régional : 2

Retour

Figure 18 : Interface des jaugeages 1

4.4 Traçage des courbes d'étalonnage :

4.4.1 Extraction de recueil des jaugeages

La courbe d'étalonnage est la variation du débit en fonction du niveau d'eau dans la section transversale du point d'eau.

Cette courbe est tracée à partir des hauteurs d'eaux correspondantes, il faut que toute la gamme d'eau soit mesurée.

La courbe d'étalonnage doit être extrapolée de la cote maximum jaugée à la cote maximum observée en utilisant la formule de Manning Strickler qui s'écrit.

$$Q = K * I^{1/2} * RH^{2/3} * S$$

Où :

K : Coefficient de Strickler

I : Pente du profil en long du cours d'eau.

RH : Rayon hydraulique, c'est la section mouillée divisé par le périmètre mouillé.

S : Section mouillée.

Il faut donc effectuer un profil en travers et en long. Pour leur dépouillement, on utilise l'état de sortie sur l'Excel au niveau Badre21.

Hauteur	Débits(L/s)
4008	14
4010	18
4014	32
4017	125
4020	220
4030	635
4040	1500
4050	3000
4060	4600
4070	7000
4090	15700
4120	42000
4150	78000
4200	168000
4250	308000
4300	520000

STATION TAFERIAT : 53/1562

BATTERIE : 3

Début de validité : 2010/02/19 à 14h00

Fin de validité : 9999/12/31 à 23h59

Qualité : Entièrement jaugée

Nombres des points : 16

Tableau 1 : Tableau des couples Hauteur/Débits de la courbe de tarage n° 210

Date	Côte	Débit m ³ /s
04/09/2015	4084	1,067
09/10/2015	4078	0,470
13/11/2015	4082	0,520
08/01/2016	4074	0,190
03/02/2016	4072	0,122
03/03/2016	4101	3,051
15/04/2016	4108	2,073
29/05/2016	4041	0,776
07/05/2016	4080	15,042
07/05/2016	4083	15,578
07/05/2016	4084	15,165
17/06/2016	4052	0,382
11/07/2016	4048	0,075
05/08/2016	4031	0,038
	MIN	0,038
	MAX	15,578

Tableau 2 : Les jaugeages obtenus de l'année hydrologique 2016 de la station TAFERIAT

Le profil en travers, le profil en long et le dépouillement du profil en travers

Profil en long:

Profil qui permet de caractériser la pente du cours d'eau, cette pente tend à diminuer vers l'aval. Le profil en long est représenté dans le plan vertical qui suit la ligne des profondeurs maximales de chaque profil en travers. Deux lignes composent le profil: l'une inférieure correspond à la trace du fond du lit sur le plan vertical, l'autre supérieure est la trace de la surface libre de l'eau.

Le profil en travers :

C'est une coupe transversale de la section de jaugeage.

Le dépouillement du profil en travers :

Consiste à déterminer la section mouillée du profil en travers par tranche des hauteurs à partir du levé topographique. (Figure 19)

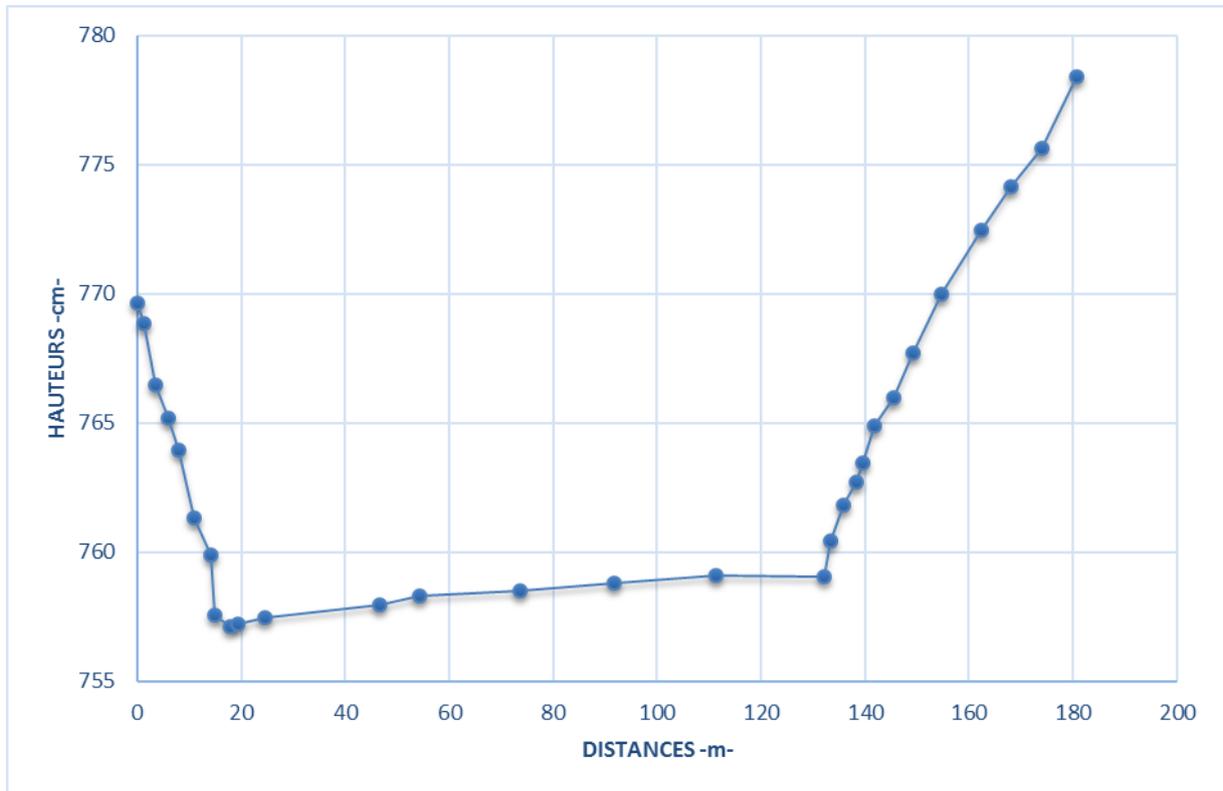


Figure 19 : Dépouillement des profils en travers

Dans le cas de la station de TAFERIAT

Vérification des cotes lues et observées lors de l'opération de mesure de débit avec celles lues par l'observateur des hauteurs d'eau.

3 cas d'erreurs peuvent avoir lieu :

Cas 1 : les cotes lues dans les fiches de mesures de jaugeages ne sont pas mentionnées alors qu'elles existent dans les relevés des hauteurs d'eau.

Cas 2 : les cotes lues sont erronées

Cas 3 : des débits erronés (faute de saisie, faute d'unité)

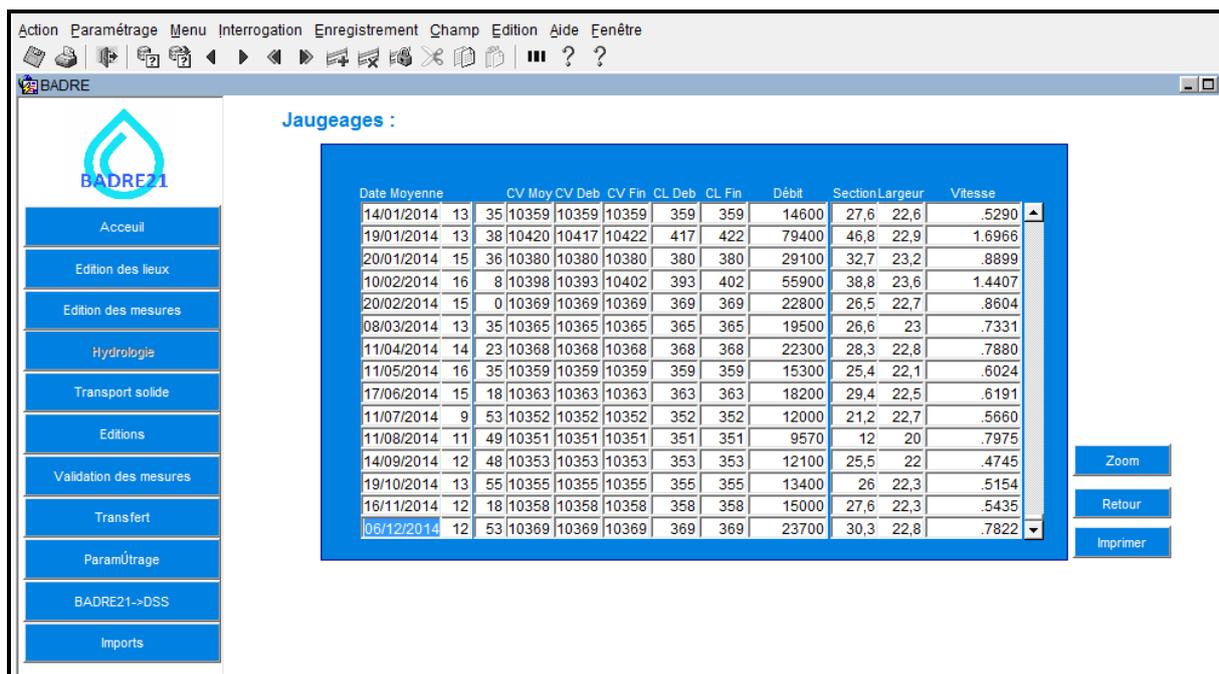


Figure 20 : Interface des jaugeages 2

4.4.2 Report des couples H/Q :

Choix d'échelle convenable selon les données de chaque station

Le report doit être : les hauteurs d'eau en Cm et les jaugeages en m³/s et par ordre chronologique de mesure de débit

N.B : L'unité de débit au niveau de recueil de jaugeage est L/S

Le changement brutal de l'allure de la courbe indique le changement de la section du cours d'eau et automatiquement la date de fin de validité de la courbe et la date de début de validité d'une autre courbe d'étalonnage.

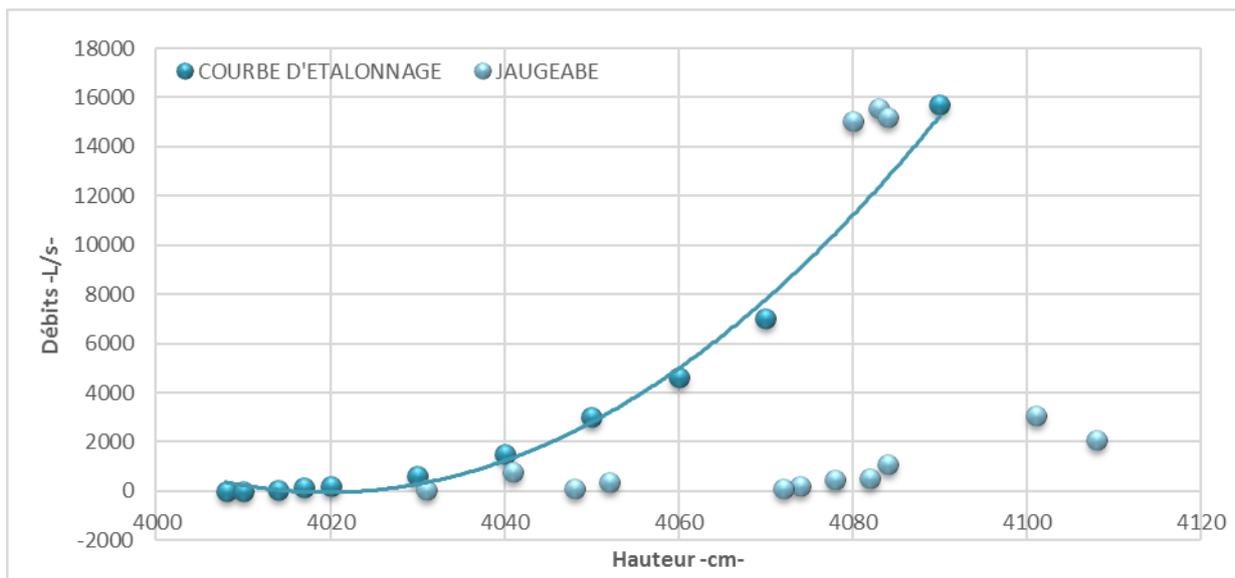


Figure 21 : Courbe d'étalonnage n° 210 + Jaugeages de l'année hydrologique 2015/16 de la station TAFERIAT

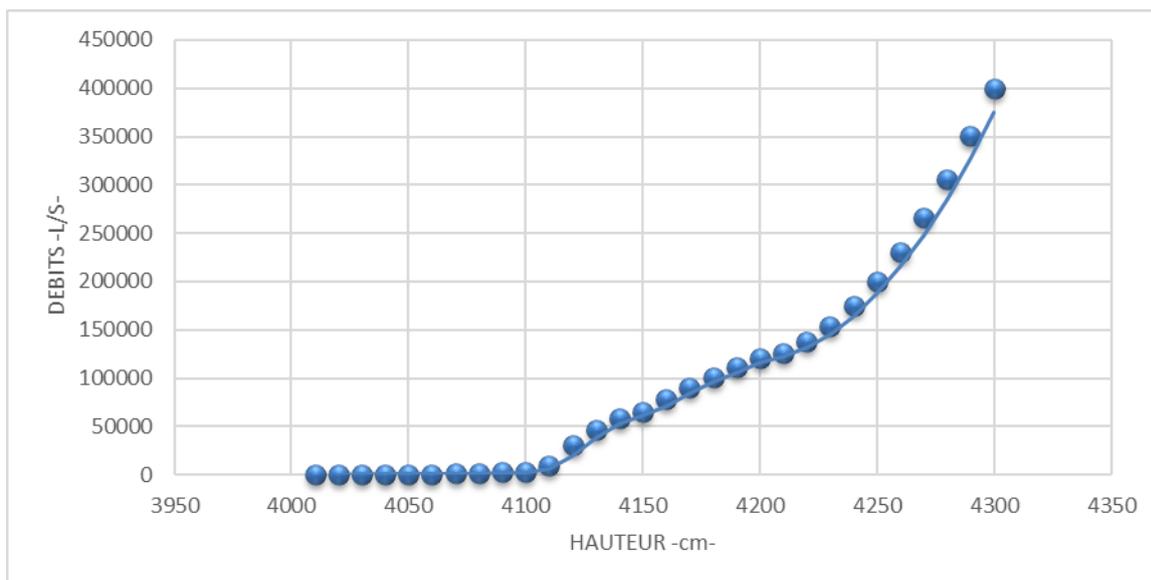


Figure 22 : Courbe d'étalonnage de la station TAFERIAT (Batterie 3), date de validité : 04/09/2015 - 29/05/2016

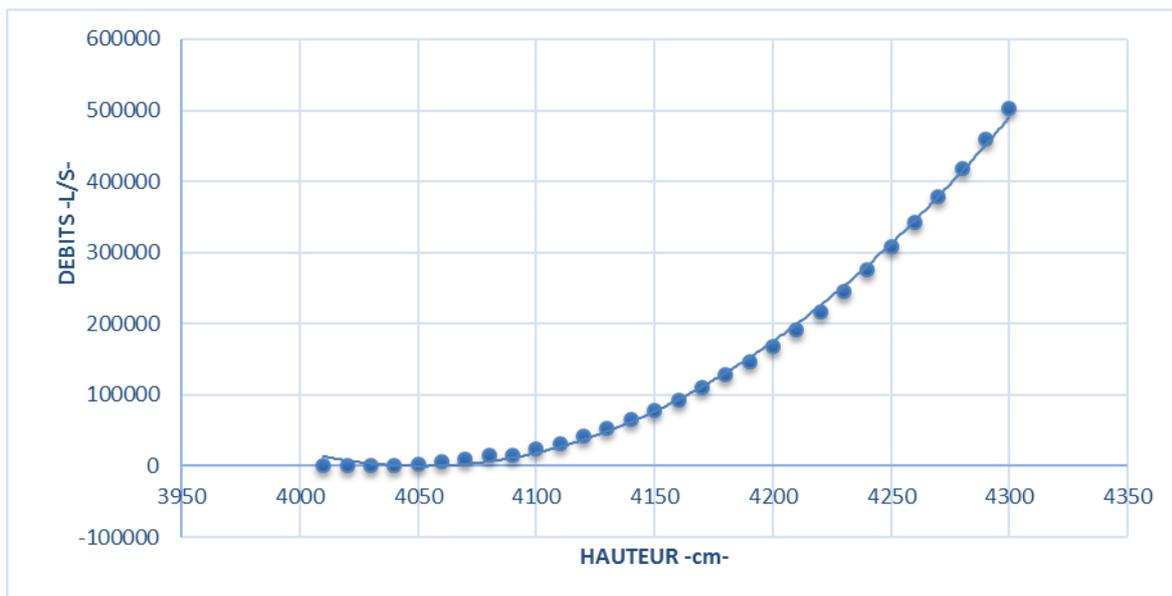


Figure 23 : Courbe d'étalonnage de la station TAFERIAT (Batterie 3), date de validité : 29/05/2016 - 05/08/2016

4.4.3 Discretisation de la courbe

Opération qui consiste à sélectionner un certain nombre de couple H/Q des courbes tracées.

STATION	TAFERIAT	STATION	TAFERIAT
Courbe N°	215	Courbe N°	216
DEBUT	04/09/2015	DEBUT	29/05/2016
FIN	29/06/2016	FIN	05/08/2016
H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)
4010	102	4010	10
4020	200	4020	220
4030	240	4030	500
4040	300	4040	800
4050	500	4050	3000
4060	650	4060	6800
4070	1000	4070	10000
4080	1500	4080	14500
4090	2200	4090	15700
4100	3000	4100	23389
4110	9000	4110	32156
4120	30000	4120	42000
4130	46333	4130	52922
4140	58000	4140	64922
4150	65000	4150	78000

4160	78000	4160	93333
4170	90000	4170	110000
4180	101000	4180	128000
4190	111000	4190	147333
4200	120000	4200	168000
4210	126400	4210	191680
4220	137600	4220	217520
4230	153600	4230	245520
4240	174400	4240	275680
4250	200000	4250	308000
4260	230400	4260	342480
4270	265600	4270	379120
4280	305600	4280	417920
4290	350400	4290	458880
4300	400000	4300	502000

Tableau 3 : Tableau des couples Hauteurs/Débits de la nouvelle courbe de tarage

4.4.4 Saisie des couples H/Q

The screenshot shows the 'BADRE21' software interface. The main window is titled 'Courbes d'étalonnage :'. It contains several input fields for configuration:

- Index / Ordre: 53, 1562, OUED ZAT STATION TAFERFIAT, Batterie: 3, Rang: 25
- Période: Début de Validité: A 2016 M 5 J 29 H 8 Min 0; Fin de Validité: A 9999 M 12 J 31 H 23 Min 59
- Qualité: Entièrement jaugée
- Hauteur d'extrapolation: (empty field)
- Numéro de Courbe: 216
- Echelle: Pas de tableau d'échelle
- Unités: cm, 0, 0, 0, 0
- Code: 1, Statut: Validé

Below these fields is a table titled 'Tronçons de la Courbe' (Curve Segments) with the following data:

Num	LimInf	LimSup	Coeff de X2	Coeff de X	Constante	
1	14010	14030	35000000	0	17500000	2
2	14030	14050	95000000	1	65000000	2
3	14050	14070	30000000	1	41000000	3
4	14070	14090	16500000	2	61500000	3
5	14090	14110	53900000	1	71500000	3
6	14110	14130	53900000	1	93050000	3
7	14130	14150	53900000	1	11461000	4
8	14150	14170	66700000	1	114666000	4
9	14170	14190	66650000	1	117333500	4
10	14190	14210	15065000	2	19160500	4

On the right side, there is a 'Calculs et consultations' panel with buttons for: Validation, Annuler Val., Calcul Barème, Lister Barème, Imprimer Baré., Calculer Débits, -> HauteursEau, -> Saisie H/D, and Retour.

Figure 24 : Courbes d'étalonnage

Une fois que la courbe d'étalonnage est extrapolée, il faut la saisir dans l'application BADRE21. Les étapes à suivre au niveau de cet axe sont :

4.4.4.1 Saisie des paramètres de la courbe

- On saisit l'indice et le numéro IRE du point d'eau.
- Le nom de l'oued et de la station est affiché automatiquement
- On saisit le numéro de la batterie d'échelle sur laquelle on veut tracer la courbe d'étalonnage.
- Rang : le rang est affiché automatiquement par l'application, la courbe sera classée d'après sa date de début de validité
- Période :
 - Début de validité Année Mois jour heure min

C'est le début de validité de la courbe d'étalonnage qu'on veut saisir.

- Fin de validité C'est la date de fin de validité.
- Qualité: : c'est la nature de la courbe qu'on veut tracer, il existe trois types de courbe d'étalonnage :
 - Théorique : la courbe d'étalonnage est établie à partir du profil en travers dépouillé en utilisant la formule de Manning Strickler.
 - Entièrement jaugée : lorsque le maximum de la cote jaugée est égal au maximum de la cote observée.
 - Extrapolé : Lorsque la courbe d'étalonnage est extrapolée à partir de la cote maximum jaugée vers cote maximum observée. L'extrapolation se fait par la formule de Manning Strickler.
 - Hauteur d'extrapolation : C'est la hauteur à partir de laquelle nous avons extrapolé la courbe d'étalonnage, c'est la hauteur maximum jaugée.
 - Numéro de la courbe : chaque courbe d'étalonnage a son propre numéro, le numéro de la courbe correspond à l'année de début de validité.
 - Echelle ▼ :

On clique sur le bouton ▼ on aura deux options :

- Tableau d'échelle
- Pas tableau.

Puis on clique sur l'option qui correspond à notre point d'eau.

4.4.4.3 Calcul des barèmes

L'opération consiste à calculer le barème d'étalonnage sur la base des couples H/Q :

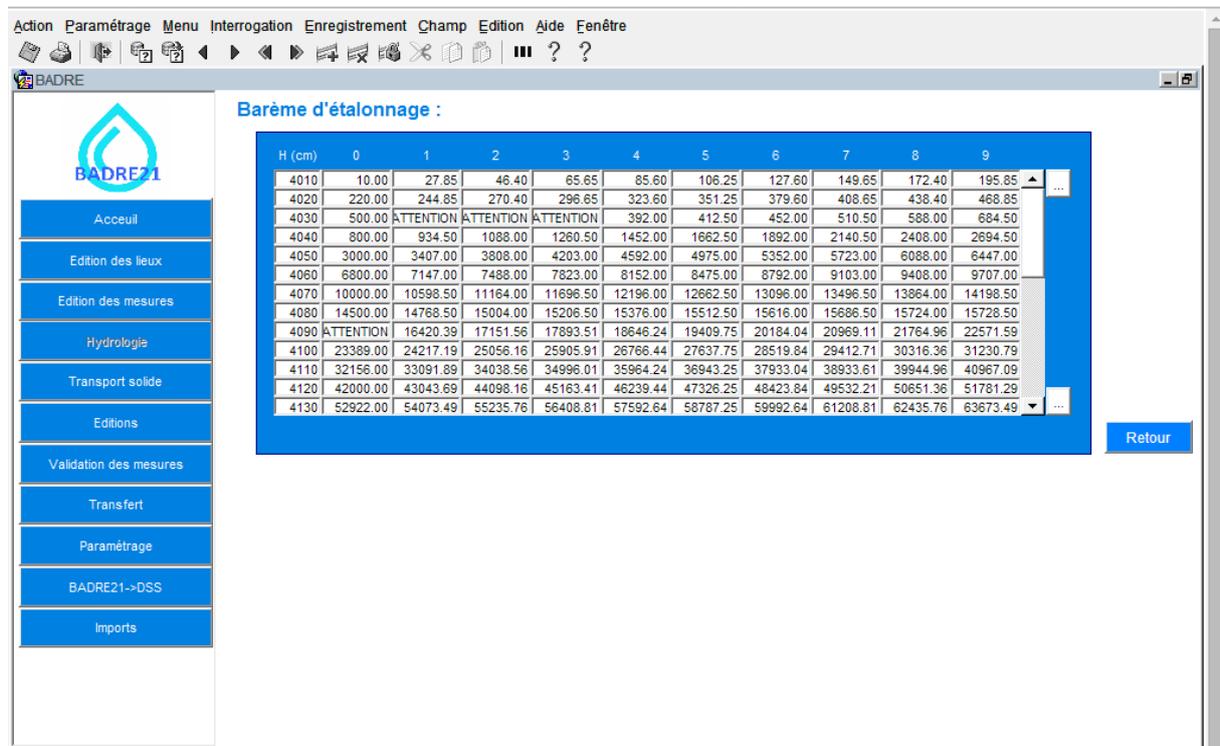


Figure 26 : Barème d'étalonnage

4.4.4.4 Vérification des barèmes :

Cette vérification a pour objet de corriger les anomalies qui apparaissent par le mot "Attention" dans des cas où les couples H/Q ne respecte pas l'allure exponentielle de la courbe d'étalonnage.

La correction de cette erreur nécessite le retour au tableau de saisie des couples H/Q et la modification des valeurs des couples.

4.4.4.5 Validation de la courbe

C'est l'étape finale de la saisie d'une courbe d'étalonnage. Après la validation de la courbe, l'utilisateur procède à calculer les débits instantanés sur la base de la nouvelle courbe d'étalonnage.



Liste annuelle provisoire

IRE : 1562/53
Nom de la station : OUED ZAT STATION TAFERIAT

Année Hydrologique : 2015-2016
Altitude de la Station : 760 M
Superficie du Bassin Versant : 516 Km²
Station en service depuis : 1962
Date d'Édition : 25/04/2017

DEBITS MOYENS JOURNALIERS (M3/S) EDITION PROVISOIRE

JOUR	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
1	10.0	.900	1.89	1.50	1.10	1.12	3.03	32.1	5.25	4.97	2.71	1.79
2	8.30	.345	2.11	1.50	1.08	1.09	2.78	27.2	4.82	5.16	2.55	1.77
3	7.67	.345	2.05	1.50	1.08	1.08	3.00	23.8	4.51	5.47	2.43	1.66
4	1.29	.345	2.04	1.47	1.08	1.08	3.33	23.9	31.1	5.37	2.52	1.66
5	1.01	.345	2.01	1.42	1.08	1.06	3.36	26.2	55.2	5.34	2.57	1.66
6	.939	.345	1.97	1.41	1.29	1.06	3.21	31.2	5.97	5.28	2.57	1.66
7	.874	.345	1.90	1.41	1.25	1.08	3.03	23.6	1.77	5.19	2.57	1.70
8	.860	.345	1.79	1.38	1.19	1.04	2.71	20.4	1.34	4.49	2.57	1.71
9	.845	.345	1.73	1.41	1.31	1.06	2.68	19.1	1.13	4.06	2.57	1.89
10	.826	.345	1.71	1.37	1.27	1.08	2.48	18.1	1.00	3.34	2.55	1.93
11	.797	.345	1.72	1.33	1.22	1.08	2.18	15.4	.928	2.47	2.40	1.81
12	.772	.345	1.64	1.32	1.30	1.04	2.01	14.4	.864	2.90	2.40	1.70
13	.762	.367	1.59	1.33	1.32	1.04	1.91	10.5	.794	3.33	2.40	1.66
14	.875	.383	1.59	1.35	1.30	1.09	1.89	8.85	.731	3.06	2.40	1.57
15	.786	.383	1.56	1.28	1.25	1.56	1.89	7.26	.675	3.17	2.40	1.46
16	.846	.383	1.56	1.30	1.22	2.03	1.91	7.07	.640	3.43	2.40	1.64
17	1.12	.383	1.64	1.25	1.18	2.07	1.92	7.32	.617	3.78	2.40	1.66
18	1.12	.383	1.59	1.25	1.17	2.05	1.92	6.95	.632	3.79	2.40	1.68
19	1.11	.383	1.58	1.22	1.13	2.08	1.90	7.75	.609	3.73	2.40	1.73
20	1.10	.383	1.57	1.20	1.10	2.07	1.98	9.31	.578	3.33	2.40	1.66
21	1.08	.383	1.62	1.17	1.11	2.01	2.71	8.04	.567	3.10	10.0	1.66
22	1.15	.383	1.62	1.17	1.12	2.01	9.83	7.13	.551	3.10	9.23	1.66
23	1.20	.383	1.65	1.17	1.08	2.05	31.0	6.66	.546	3.13	5.40	1.59
24	1.21	.383	1.62	1.17	1.07	2.04	46.7	6.36	.543	2.93	3.99	1.57
25	1.20	.649	1.61	1.18	1.08	2.01	35.1	6.36	.541	2.69	2.73	1.66
26	1.18	1.37	1.56	1.17	1.09	1.98	32.5	6.59	.551	2.87	2.25	1.73
27	1.15	1.06	1.55	1.16	1.10	6.68	35.5	6.77	.551	3.03	2.01	1.64
28	1.19	.703	1.50	1.17	1.09	20.9	40.6	6.65	.744	3.03	1.99	1.90
29	1.92	.609	1.50	1.14	1.07	4.26	40.3	6.37	4.59	2.98	1.89	1.57
30	1.90	.585	1.50	1.11	1.06		38.0	5.41	4.84	2.84	1.79	1.92
31		.646		1.10	1.04		36.3		4.81		1.79	1.66
Debit Mens												
Moyen	1.84	.500	1.70	1.29	1.16	2.45	12.8	13.6	4.45	3.72	2.99	1.70

Débit Moyen Annuel : 4.01 M3/S Débit Maximum Instantané : 163 M3/S Le : 04/05/2016 22:00

Figure 27 : Liste d'annuaire provisoire de l'Oued ZAT station TAFERIAT

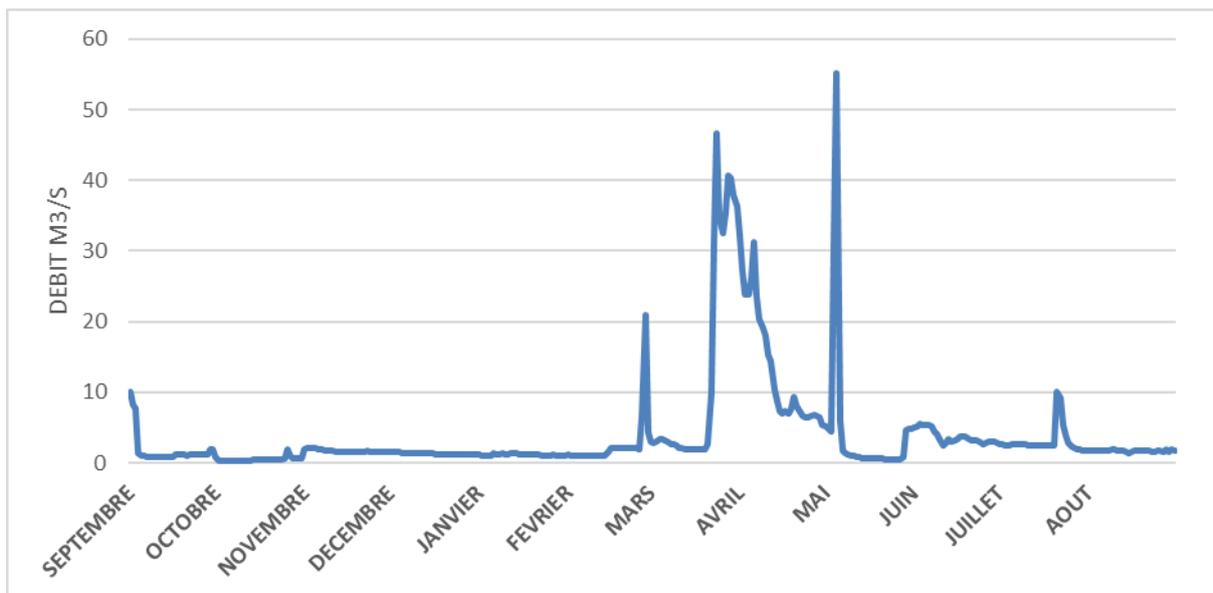


Figure 28 : Débits journaliers de l'année hydrologique 2015-2016 de la station TAFERIAT

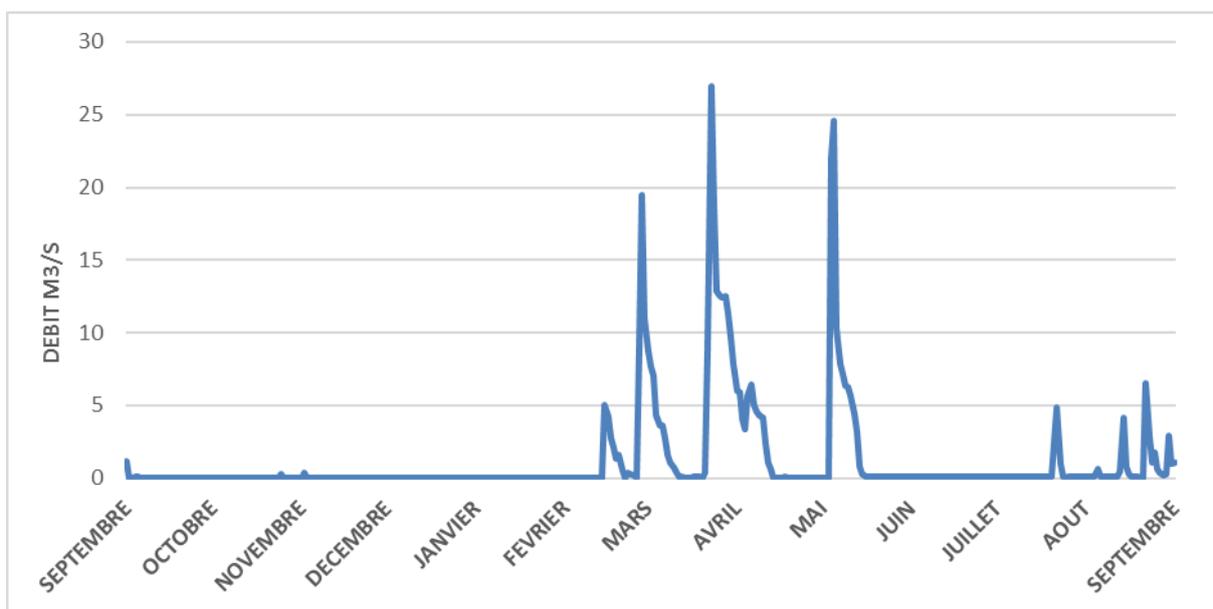


Figure 29 : Débits journaliers de l'année hydrologique 2015-2016 de la station SIDI RAHAL

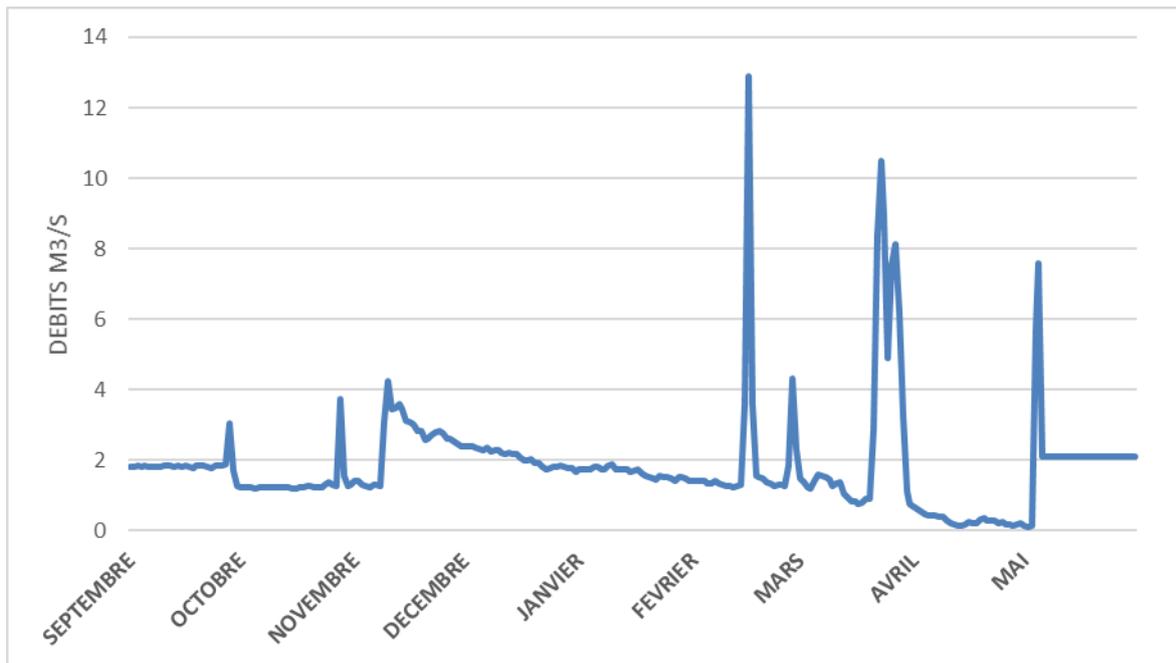


Figure 30 : Débits journaliers de l'année hydrologique 2015-2016 de la station TAHANAOUT



Partie 3 : Réalisation de l'étude

1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA STATION HYDROMETRIQUE ET DELIMITATION DU BASSIN VERSANT:

1.1 Situation géographique de la station hydrométrique:

Le bassin versant de ZAT est Situé à 50 Km au Sud-Est de Marrakech entre la latitude $31^{\circ}.30$ et $31^{\circ}.45$ et la longitude $7^{\circ}.30$ et $7^{\circ}.45$. Il est limité au Nord par la plaine du Haouz, au Sud par la zone axiale du Haut Atlas, à l'Ouest par l'Oued Ourika et à l'Est par l'Oued R'Dat (Figure 31).

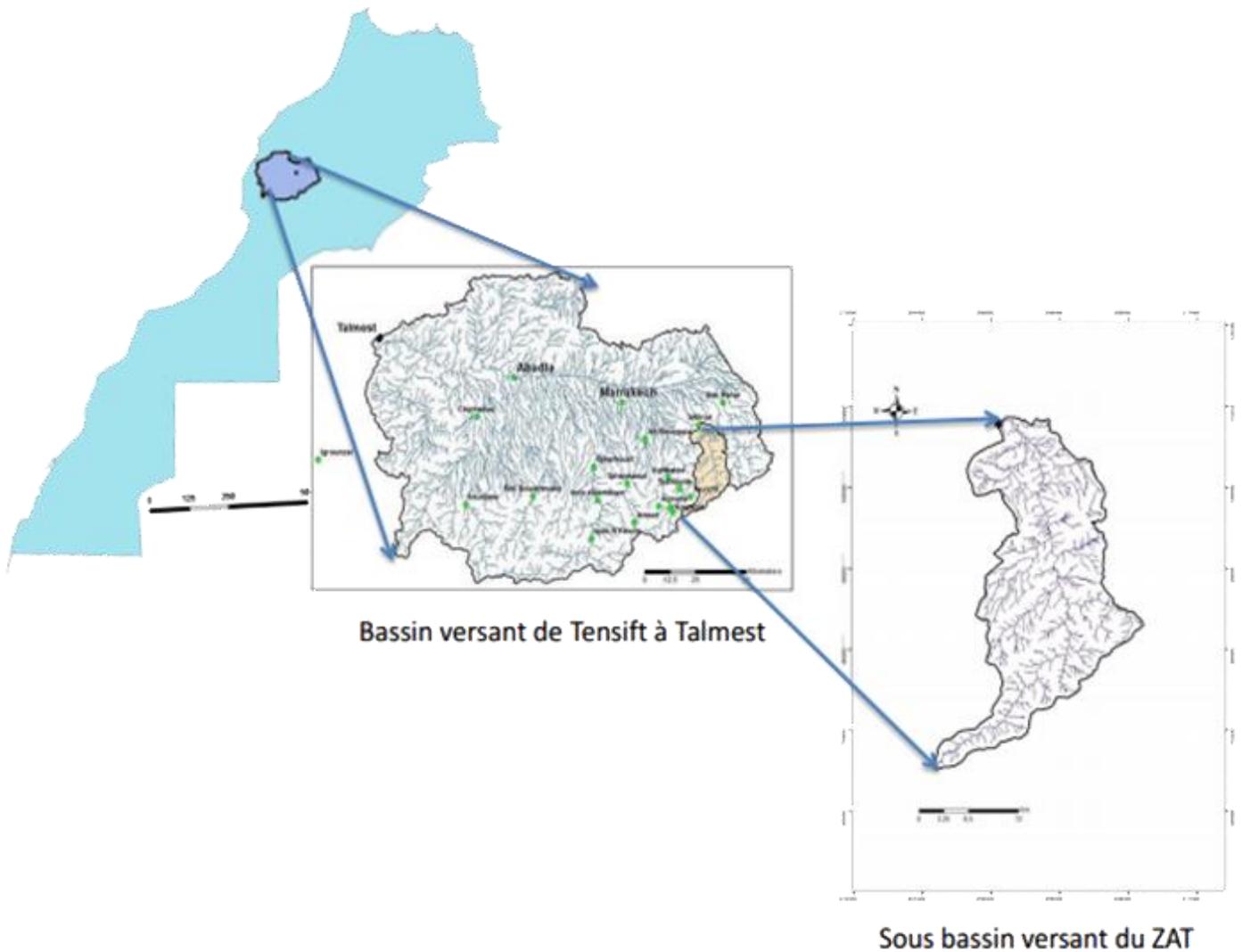


Figure 31 : Situation géographique de la station hydrométrique

1.2 Délimitation du bassin versant :

L'identification du bassin versant d'oued ZAT a été faite sur les modèles numériques du terrain à 30 m de résolution. Oued ZAT est un affluent atlasique rive gauche de l'oued TENSIFT. Le bassin est contrôlé par la station TAFERIAT au droit de laquelle, le bassin versant drainé totalise une superficie de 534 km², et un périmètre de 146 Km. La lithologie montre (selon des données de l'ABHT), 14% de sols perméables, 40% de sols semi perméables et 46% de sols imperméables.

La station TAFERIAT est mise en service le 09/02/1962 sous le N°IRE 1562/53.

Ses coordonnées LAMBERT sont:

$$X = 291.250$$

$$Y = 107.500$$

$$Z = 757.10$$

1.2.1 Le réseau hydrographique :

L'oued ZAT est un affluent atlasique rive gauche de l'oued Tensift qui draine un bassin versant montagneux (Figure 32). Il constitue l'un des bassins les plus actifs et pentus du bassin de Tensift. Concernant l'indice de compacité ($Kc = 0,28P/S$) qui est égale à 1,73, le bassin a une forme allongée qui aura un impact sur les écoulements observés à l'exutoire. Le cours d'eau principal à une longueur de 62 km et le réseau hydrographique est bien ramifié. Il donne une densité de drainage de l'ordre de 3,2 km/km² marqueur d'une forte densité qui va aboutir à une collecte aisée des eaux de pluie et un acheminement important des ruissellements vers l'exutoire.

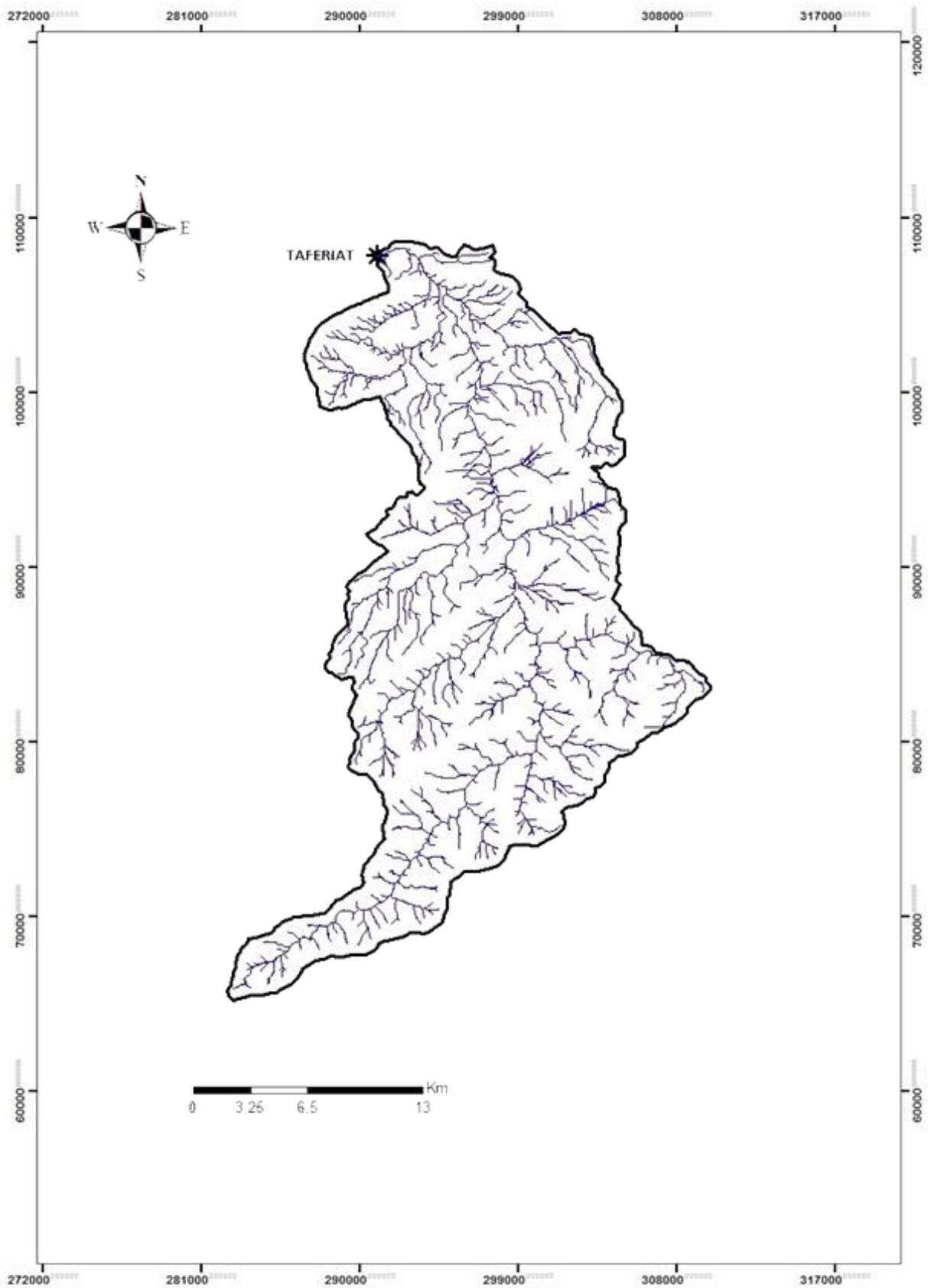


Figure 32 : Carte du réseau hydrographique du bassin ZAT

1.2.2 Morphologie et relief :

L'analyse de la carte hypsométrique du bassin de ZAT (Figure 33), montre que le bassin est constitué généralement de terrains de hautes altitudes avec une prédominance des terrains entre 1000 et 2000 m représentant 70 % de la surface totale du bassin. La moyenne est de l'ordre de 1880m, et on note aussi que le point culminant du bassin est situé à 3798m alors que le point le plus bas, est celui de l'exutoire à TAFERIAT (760m).

1.2.3 Les pentes

La carte des pentes (Figures 34) est tracée à partir d'un MNT de 30m de résolution et à l'aide d'un outil de SIG. Elle montre des zones de faibles pentes (0 à 11,7°) mais aussi des zones de très forte pente (37° à 64°). La pente moyenne est également assez élevée. Elle est l'ordre de 20,18°.

Ces fortes pentes vont conférer un écoulement important voir torrentiel en cas de fortes pluies.

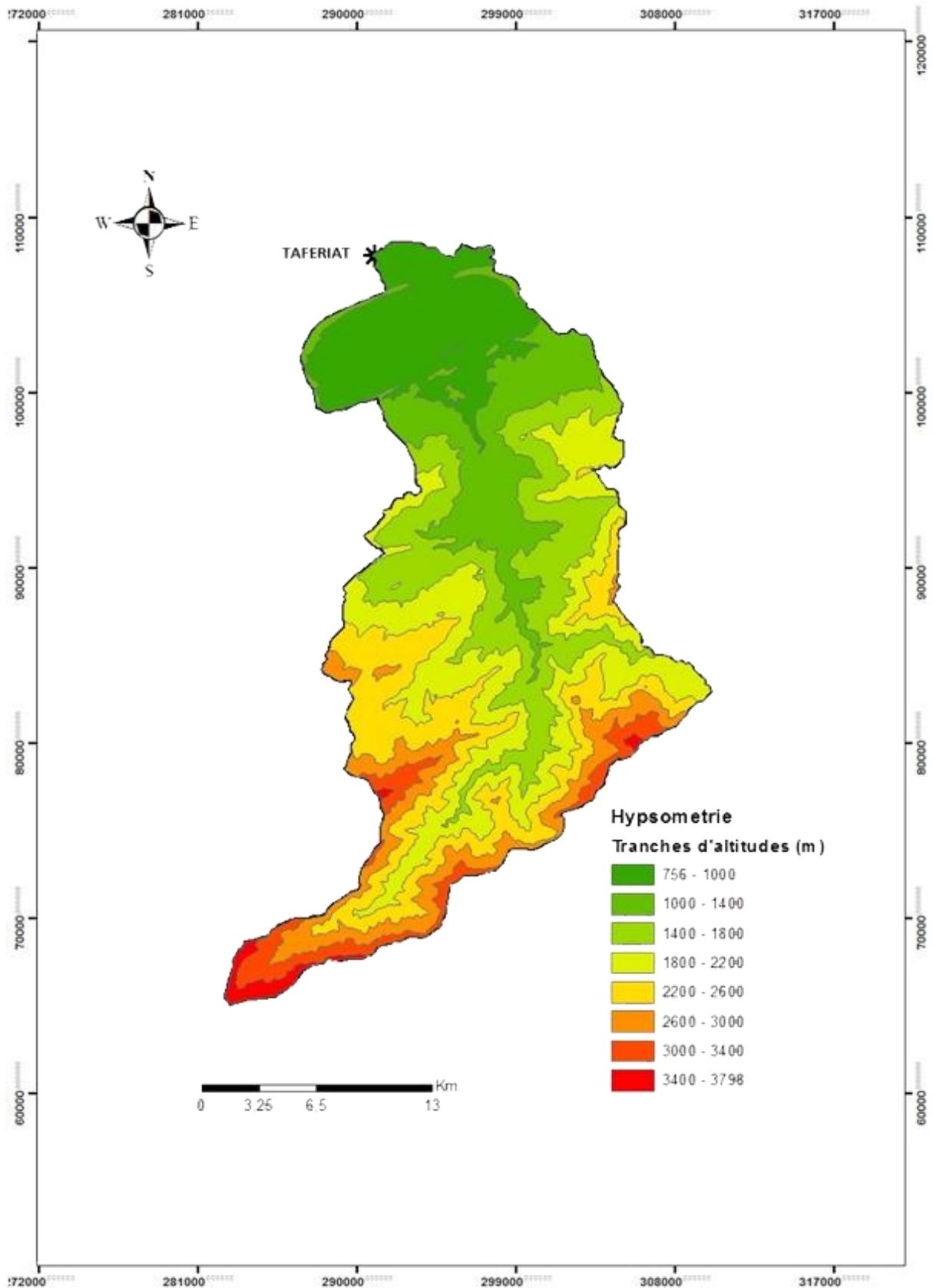


Figure 33 : Carte hypsométrique du bassin du ZAT à TAFERIAT

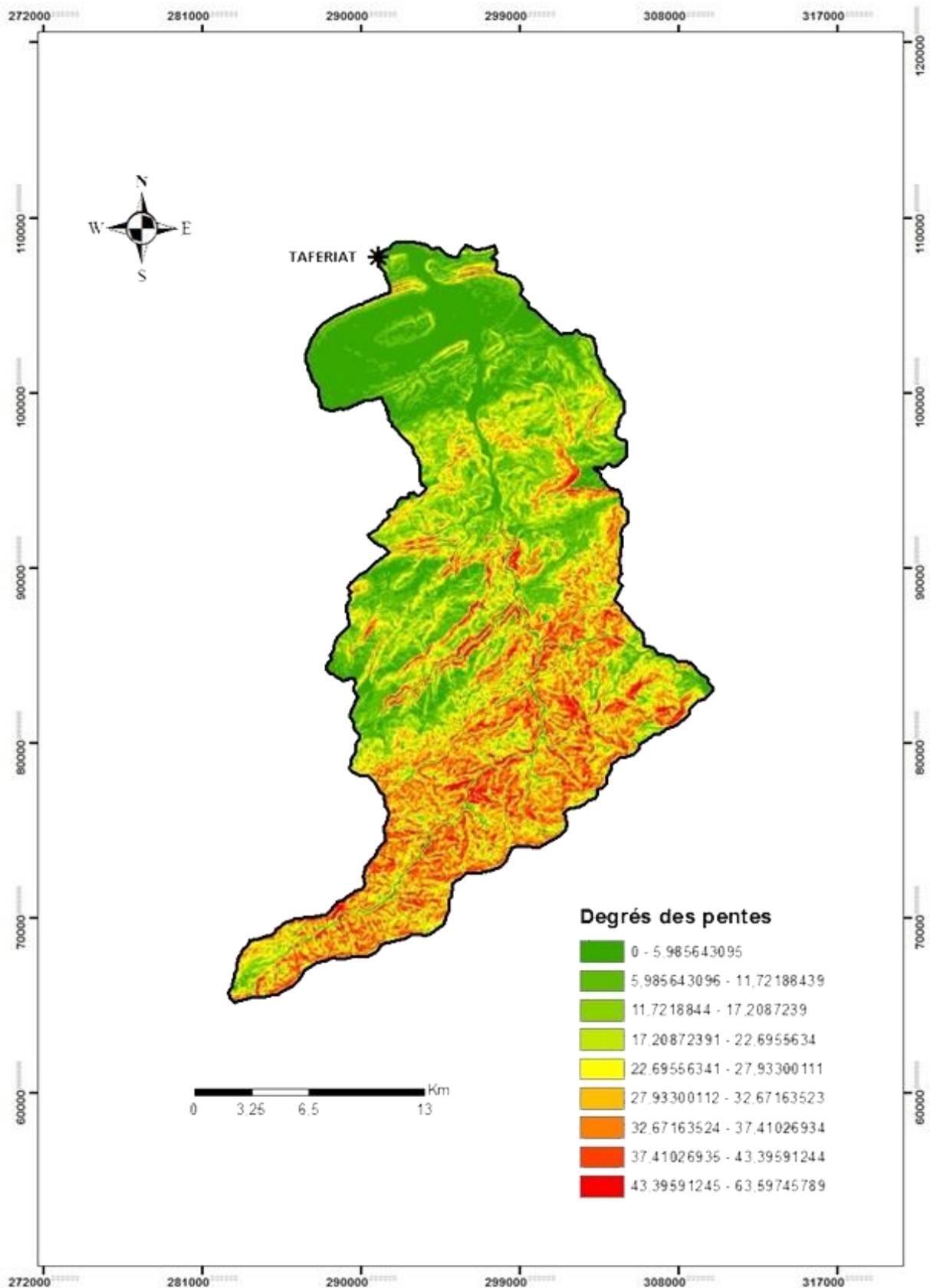


Figure 34 : Carte des pentes en degrés du bassin du ZAT à TAFERIAT

2 ETUDE HYDROLOGIQUE SOMMAIRE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED ZAT A TAFERIAT

2.1 Précipitations moyennes annuelles :

A la station TAFERIAT nous avons une période de 34 ans de données de (1982/83) à (2015/16).

Les données de précipitation annuelles sont obtenues par la somme de précipitations moyennes mensuelles.

L'illustration graphique de la variation des précipitations moyennes annuelles du bassin versant du ZAT est représentée sur la figure suivante :

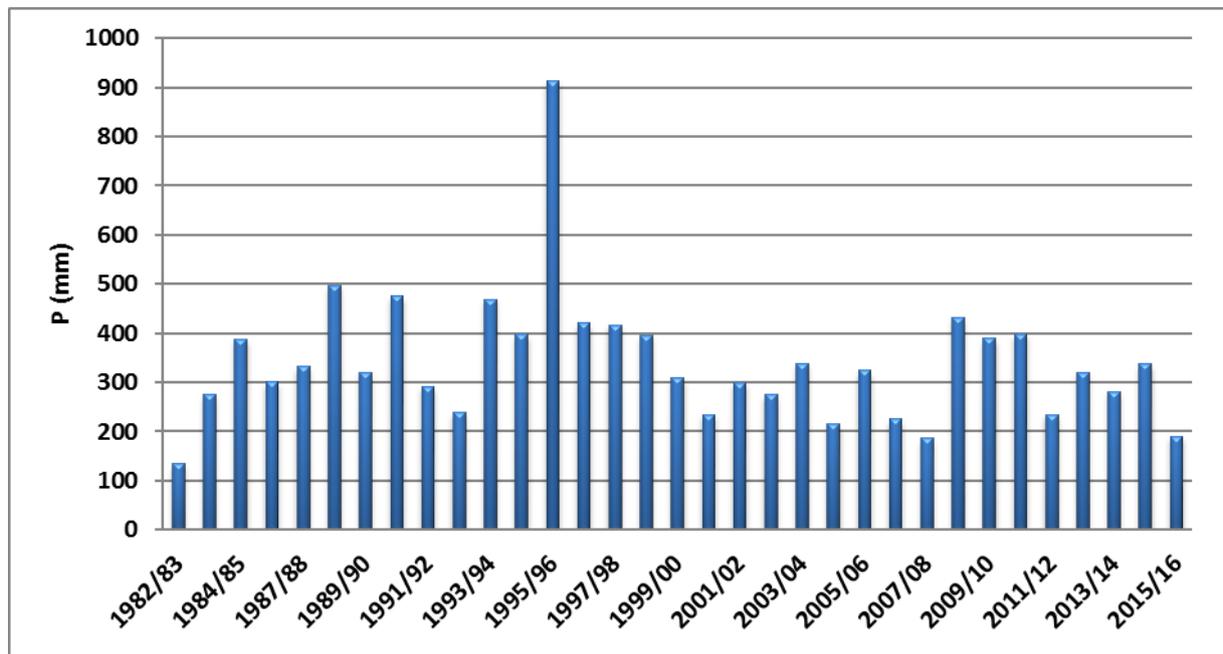


Figure 35 : Précipitations moyennes annuelles interannuelles du bassin versant de l'oued ZAT à la station de TAFERIAT (1982-2016)

L'analyse de l'évolution des précipitations à la station de TAFERIAT, durant la période de 1982 à 2016, montre que l'année 1995/96 est la plus arrosée avec une valeur de 913,4mm et l'année 1982/83 est la plus sèche avec une valeur de 133,4mm. Notons que la précipitation moyenne interannuelle s'évalue à 340,8mm.

2.2 Précipitations moyennes mensuelles :

A la station de TAFERIAT, la représentation graphique des variations des moyennes mensuelles interannuelles des précipitations, durant la période 1982/83-2015/2016, montre une variation irrégulière. Les fortes valeurs de pluies sont enregistrées du mois d'Octobre au mois d'Avril avec plus de 30 mm de pluie par mois, alors que les faibles valeurs caractérisent les mois de Juin, Juillet et Aout, Septembre. Ce sont les mois les plus secs, avec un minimum de 2 mm en Juillet.

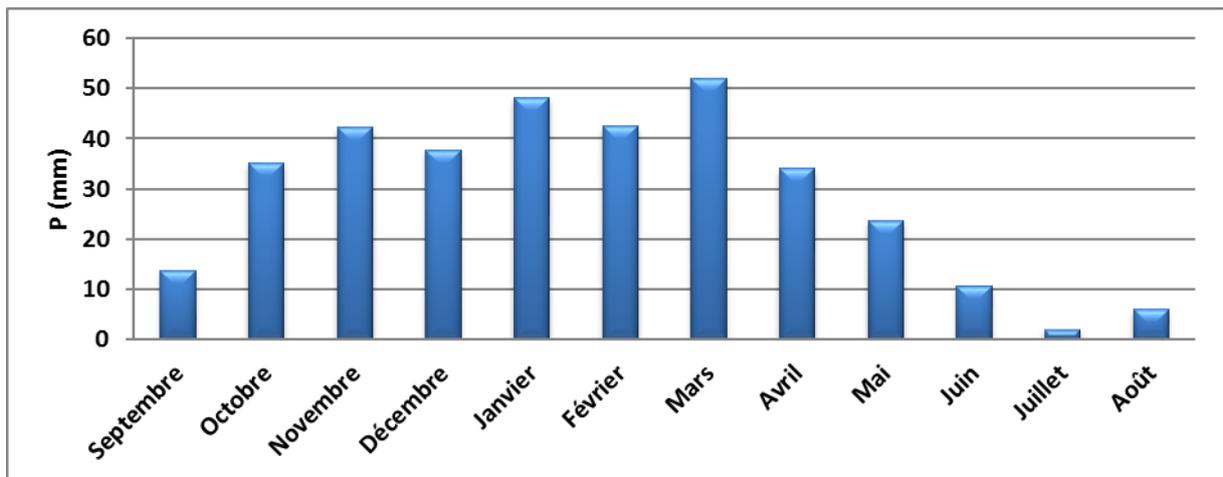


Figure 36 : Précipitations moyennes mensuelles interannuelles du bassin versant de l’oued ZAT à TAFERIAT (1982/83-2015/2016).

2.3 Précipitations moyennes saisonnières :

A partir des valeurs moyennes mensuelles des précipitations sur les stations pluviométriques du bassin versant on peut calculer les variations saisonnières des précipitations, dans le but de connaître la pluviosité moyenne pour chaque saison de l’année :

- L’été (juin, juillet et août)
- L’automne (septembre, octobre et novembre)
- L’hiver (décembre, janvier et février)
- Le printemps (mars, avril et mai)

Pour le bassin du ZAT la répartition se présente comme suit :

Automne	Hiver	Printemps	Eté
91,5	128,5	109,7	18,8

Tableau 4 : Pluviosité moyenne pour chaque saison de l’année (mm)

L’analyse de l’évolution de ces précipitations à TAFERIAT, durant la période de 1982 à 2016 montre que la saison Hiver est plus arrosée avec une valeur de 128,5 mm et la saison Eté est la plus sèche avec une valeur 18,8 de mm.

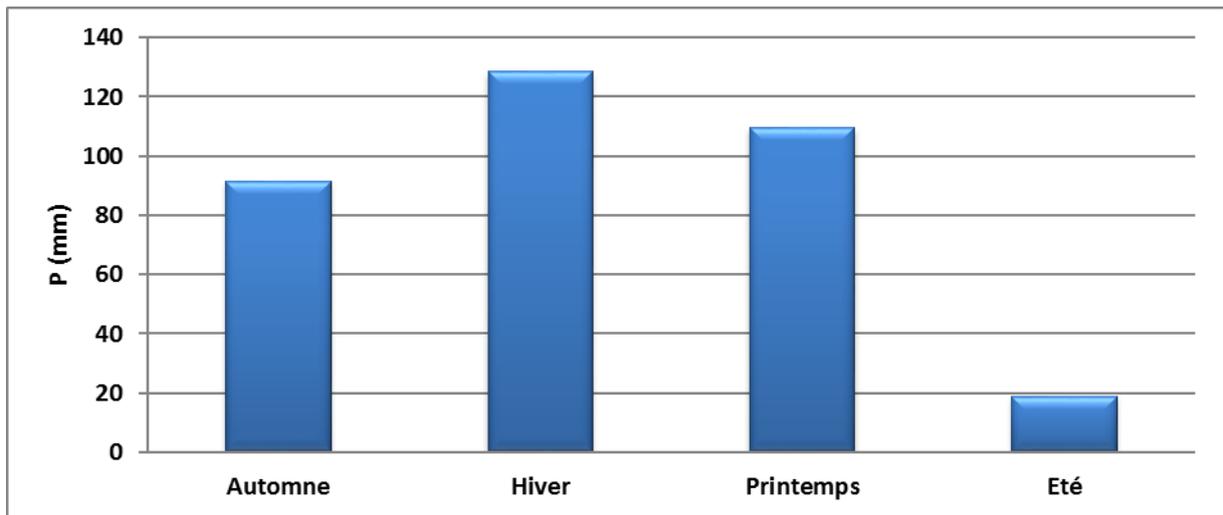


Figure 37 : Précipitation moyennes saisonnière du bassin versant de l'oued ZAT à la station de TAFERIAT (1982-2016)

3 CRITIQUE ET CORRECTION EVENTUELLE DES DONNEES HYDROMETRIQUES DE LA STATION TAFERIAT

3.1 Critique des données hydrométriques de la station TAFERIAT :

Nous avons analysé les données de débits mensuelles de la station de TAFERIAT, et nous les avons comparées à celles de la station de SIDI RAHAL sur le cours d'eau voisin.

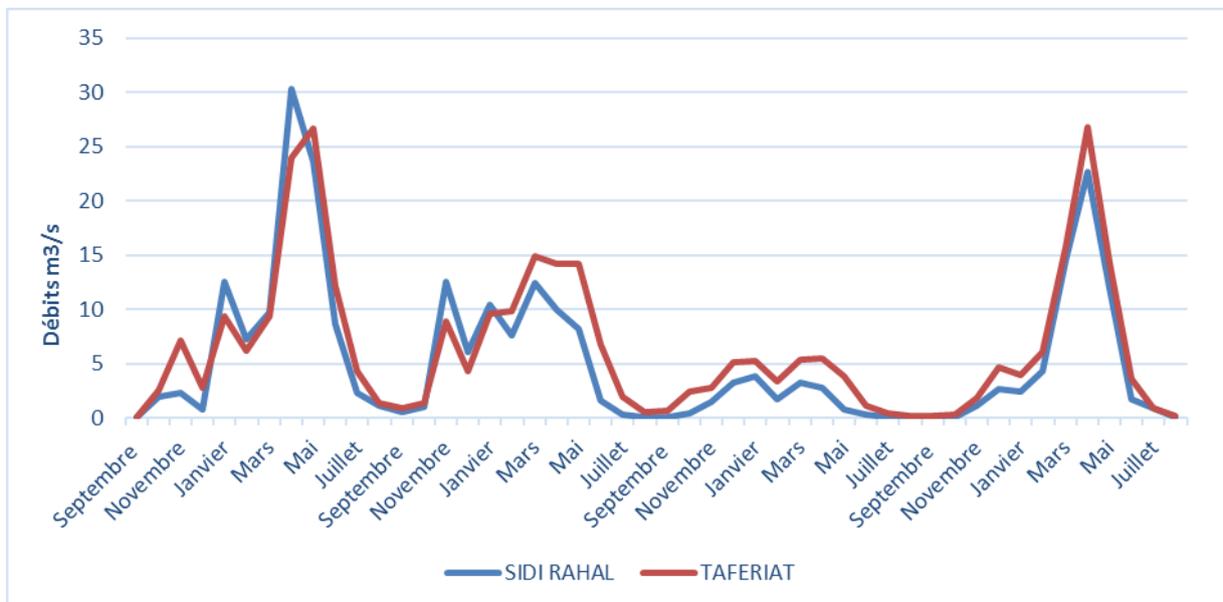


Figure 38 : Débits mensuels des deux stations « TAFERIAT & SIDI RAHAL »

Exemple de la période 1970 à 1974

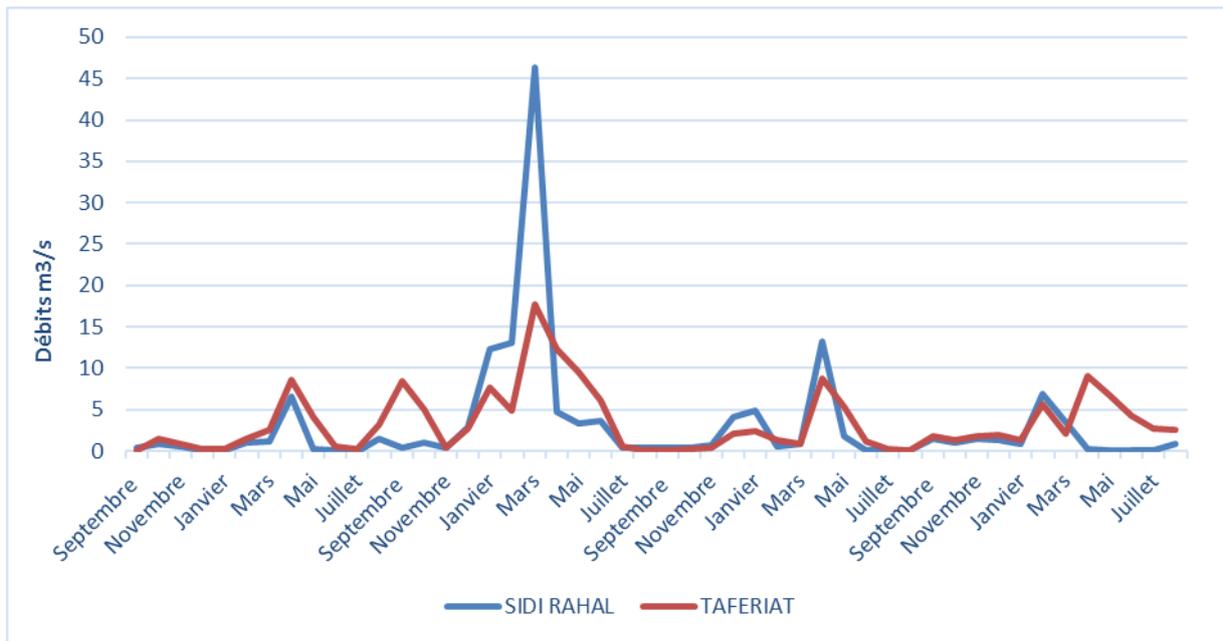


Figure 39 : Débits mensuels des deux stations « TAFERIAT & SIDI RAHAL »

Exemple de la période 1994 à 1998

D’après la lecture du graphe ci-dessus, on constate que certains débits de la station TAFERIAT, semblent douteux et illogiques en les comparant avec ceux de la station SIDI RAHAL et surtout en les comparant aux pluies des mois concernés. Cette station de SIDI RAHAL a presque les mêmes caractéristiques que notre station d’étude, pourtant on remarque qu’il y a parfois un grand décalage entre les débits des deux stations. Comme en témoigne les trois exemples suivants :

Année	Débit SIDI RAHAL	Débit TAFERIAT	Pluie SIDI RAHAL	Pluie TAFERIAT
Novembre 1989	07,03	23,00	104,1	118,6
Mars 1996	46,30	17,74	117,0	147,0
Octobre 1999	05,00	56,00	68,00	61,00

Tableau 5 : Tableau comparatif des débits et pluies des deux stations

Prenant l’exemple de l’année 1999 : On dispose des données de précipitations de 68mm et 61mm respectivement de la station SIDI RAHAL et TAFERIAT, qui correspondent à un débit de 5m³/s pour le cas de la station SIDI RAHAL et 56m³/s pour celle de TAFERIAT. Cette surestimation provient du fait que la section a connu des apports sédimentaires davantage, suites à des événements pluvieux et crues, qui transforment le profil à un autre contenant plus de charge solide, donc moins de volume, la profondeur de l’eau est donc surestimée. D’un autre côté on peut avoir une sous-estimation des débits, cas d’un creusement de la section, puis augmentation de son volume. Ce qui provoque une perturbation de mesures, par conséquences faussées les résultats. En effet c’est la raison pour laquelle ces données hydrométriques nécessitent une correction statistique.

3.2 Correction des données hydrométriques de la station TAFERIAT :

La corrélation par régression linéaire va nous renseigner sur le degré de liaison entre les débits des deux stations SIDI RAHAL et TAFERIAT, sur une période de 52 ans de 1964 à 2016.

Cette liaison est mise en lumière par un diagramme de dispersion où sont portés les indices annuels/mensuels de débits des deux stations. Chaque couple de valeurs x et y relatifs à une même année, représente l'abscisse et l'ordonnée d'un point par rapport aux systèmes d'axes Ox et Oy.

Sur la figure 37, qui illustre cette corrélation, le nuage des points expérimentaux a pris la forme d'une fonction linéaire inclinée par rapport aux axes ; la relation est donc linéaire, et la droite sera de la forme : $Y = aX + b$

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

3.2.1 Corrélation annuelles débits-débits :

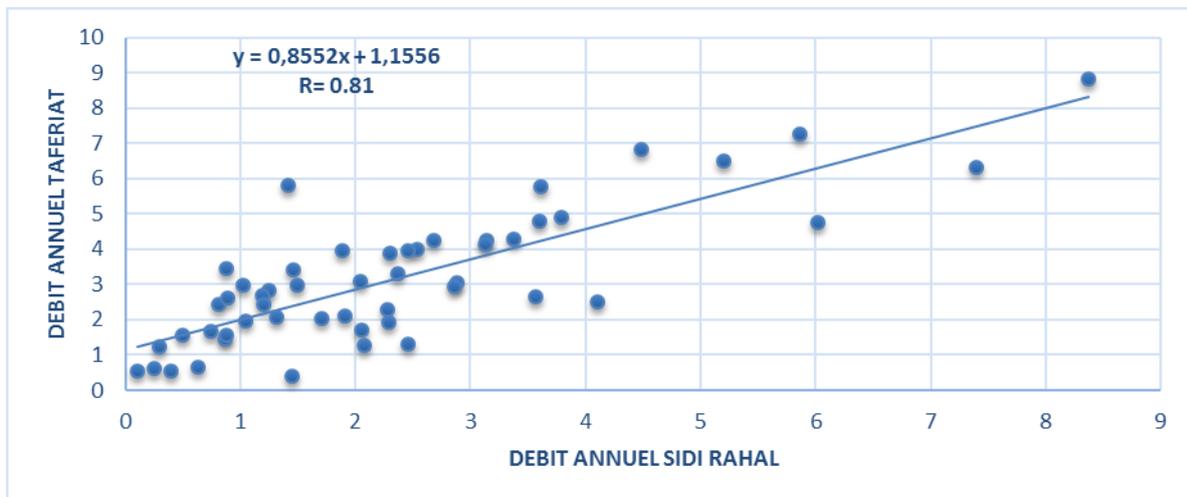


Figure 40 : Corrélation annuelle entre les débits de la station TAFERIAT et ceux de SIDI RAHAL avant correction

Le degré de corrélation entre les 2 stations est assez bon ($R = 0,81$). Il existe donc une liaison significative entre les données hydrométriques des deux stations à l'échelle annuelle.

3.2.2 Corrélation mensuelle débits-débits :

Pour plus de précision, nous allons procéder avec des débits mensuels. La figure 38 montre des points aberrants, qu'il faut vérifier et éventuellement corriger. La corrélation entre les 2 stations ne semble pas très bonne, à cause de certains points assez éloignés de la droite de régression ($R = 0,71$). Après correction de celle-ci, elle s'améliore pour donner comme valeur 84% ($R = 0,84$), dont la courbe de tendance est présentée ci-dessous (Figure 41).



Figure 41 : Corrélation mensuelle des débits de la station TAFERIAT avec SIDI RAHAL avant correction

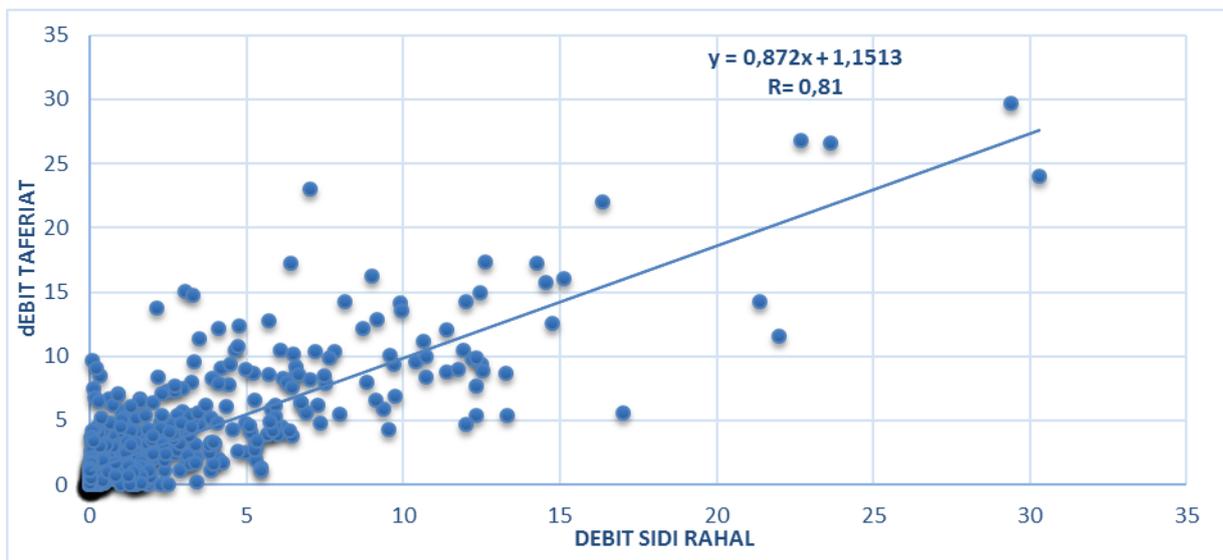


Figure 42 : Corrélation mensuelle des débits de la station TAFERIAT avec SIDI RAHAL après élimination des points aberrants

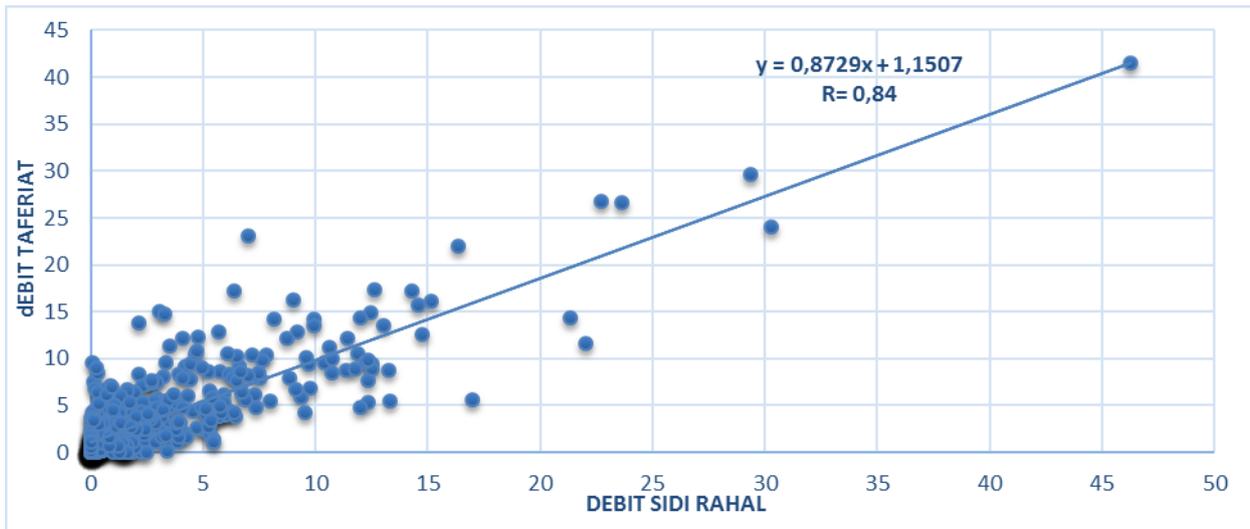


Figure 43 : Corrélation mensuelle des débits de la station TAFERIAT avec SIDI RAHAL après correction

ANNEE	DEBIT SIDI RAHAL	DEBIT TAFERIAT	DEBIT TAFERIAT CORRIGE	PLUIE SIDI RAHAL	PLUIE TAFERIAT
Avril-16	1,81	13,6	2,72	9,1	12,5
Octobre-99	5,427	56,687	5,88	68	61
Mars-96	46,294	17,741	41,51	117	147
Fevrier-96	13,029	4,916	13,512	136	111,4

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des débits mensuels corrigés

4 RECOMMANDATIONS :

Pour remédier aux erreurs de calcul, qui ont pour origine les apports de sédiments déposés dans l'Oued qui perturbent, soit le gardien qui mesure à l'aide de la batterie d'échelle ou bien le radar qui est une technologie récente adoptée par l'ABHT, c'est vrai qu'il présente un grand nombre d'avantage, mais il est pas la solution idéal, puisqu'il ne détecte pas les matériaux déposés au fond, on propose comme solution, de construire une section stable en béton armé, avec une forme précise, elle peut être soit d'une forme trapézoïdale, soit rectangulaire, qu'on connait déjà sa courbe de tarage, pour éviter toute modification du fond du lit ou de la section globale ; et dès qu'on constate la cumulation des charges, on fait appel à un marché cadre ou marché curative pour le nettoyage de cette dernière. Par ailleurs la deuxième proposition, c'est de refaire la topographie de la section après chaque crue, cette technique est plus couteuse que celle motionnée précédemment, mais ça reste la plus fiable ; et pour des résultats extrêmement fiables, une autre technologie est proposée, il s'agit d'un radar de haute précision qui mesure directement les hauteurs d'eau réelles. En comparaison avec celui utilisé actuellement, celui-là avec son faisceau radar, mesure directement la tranche d'eau au lieu la distance entre le radar et la surface de l'eau.

Conclusion

L'analyse de l'ensemble des données hydrologiques, et le traitement des annuaires de la zone d'études, nous a permis de déduire que le bassin versant ZAT en question présente des contradictions tout en les comparant avec celui de R'DAT, plus précisément au niveau des débits journaliers, et ceci revient aux sédiments apportés par l'Oued déposés au fond de la section, et qui rends par la suite nos résultats fausses, soit par surestimation ou par sous-estimation. Dans le but d'améliorer la qualité des résultats, et pour prouver cette contradiction une étude pluviométrique est nécessaire.

A la fin de cette étude nous avons proposé un ensemble de recommandations en vue de remédier aux erreurs de calcul, par l'entretien de lit de l'Oued, sans négliger de refaire la topographie après chaque crue, par ailleurs, la construction d'une section de forme connue à l'aide du béton armé et le renforcement de cette dernière seraient de grande vigueur pour faire face à ce fléau naturel.

Durant ce stage de 2 mois, nous avons pu mettre en avant nos connaissances dans le domaine de l'hydrométrie. Nous avons vraiment apprécié la mission qui nous a été confiée, nous avons effectuées des tâches très diversifiées et nous n'avons pas vu le temps passer.

Aujourd'hui, nous avons donné une nouvelle dimension à notre curriculum Vitae en participant à un stage très enrichissant au sein d'une équipe dynamique et ouverte, avec laquelle nous avons pu développer des notions de relations humaines et améliorer nos compétences dans le domaine de l'eau.

Cette expérience fut l'expérience professionnelle la plus riche que nous avons vécu, on remercie donc grandement l'Agence de Bassin Hydrauliques Tensift, et plus particulièrement le Service de suivi et évaluation des ressources en eau, pour nous avoir fait confiance et de nous avoir permis d'évoluer dans de bonnes conditions.

Annexes

H(CM)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10320						23	26	32	40	51
10330	65	85	106	127	150	174	198	224	250	266
10340	292	331	380	441	512	596	690	853	1025	1208
10350	1400	1602	1814	2036	2268	Attention	Attention	Attention	Attention	Attention
10360	Attention									
10370	8810	8819	8827	8836	8845	8854	8863	8872	8881	8891
10380	8900	8910	8919	8929	8939	8949	8959	8969	8979	8990
10390	9000	9057	9113	9167	9220	9271	9320	9367	9413	9457
10400	9500	9541	9580	9617	9653	9687	9720	9751	9780	9807
10410	9833	9857	9880	9901	9920	9937	9953	9967	9980	9991
10420	10000	12124	14208	16253	18259	20225	22152	24040	25888	27697
10430	29467	31197	32888	34540	36152	37725	39259	40753	42208	43624
10440	45000	46337	47635	48893	50112	51292	52432	53533	54595	55617
10450	56600	57544	58448	59313	60139	60925	61672	62380	63048	63677
10460	64267	64817	65328	65800	66232	66625	66979	67293	67568	67804
10470	68000	68157	68275	68353	68392	68392	68352	68273	68155	67997
10480	Attention									
10490	Attention									
10500	Attention									
10510	Attention									
10520	Attention									
10530	Attention									
10540	Attention									
10550	80000	81851	83692	85523	87345	89156	90957	92749	94531	96302
10560	98064	99816	101558	103290	105012	106724	108426	110119	111801	113473
10570	115136	116789	118431	120064	121687	123300	124903	126496	128079	129653
10580	131216	132769	134313	135847	137370	138884	140388	141882	143366	144840
10590	146304	147758	149203	150637	152061	153476	154881	156275	157660	159035
10600	160400	161755	163100	164435	165761	167076	168381	169677	170963	172238
10610	173504	174760	176006	177242	178468	179684	180890	182087	183273	184449
10620	185616	186773	187919	189056	190183	191300	192407	193504	194591	195669
10630	196736	197793	198841	199879	200906	201924	202932	203930	204918	205896
10640	206864	207822	208771	209709	210637	211556	212465	213363	214252	215131

Tableau 7 : Testage des barèmes



Liste annuelle provisoire

IRE : 44/54
 Nom de la station : OUED R DAT STATION SIDI RAHAL

Année Hydrologique : 2015- 2016
 Altitude de la Station : 690 M
 Superficie du Bassin Versant : Km2
 Station en service depuis :
 Date d'Édition : 05/05/2017

DEBIT'S MOYENS JOURNALIERS (M3/S) EDITION PROVISOIRE

JOUR	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
1	1.14	.013	.014	.006	.006	.008	8.76	6.01	.009	.073	.073	.073
2	.036	.013	.356	.006	.006	.008	7.72	5.89	.011	.073	.073	.073
3	.065	.013	.009	.006	.006	.008	7.10	4.04	.011	.073	.073	.073
4	.073	.013	.007	.006	.006	.008	4.37	3.37	22.0	.073	.073	.083
5	.073	.013	.006	.006	.006	.008	3.66	5.63	24.6	.073	.073	.648
6	.049	.013	.006	.006	.006	.008	3.64	6.48	10.3	.073	.073	.148
7	.031	.013	.006	.006	.006	.008	2.72	5.08	7.83	.073	.073	.073
8	.031	.013	.008	.006	.006	.008	1.61	4.64	7.11	.073	.073	.073
9	.031	.013	.009	.006	.006	.008	1.09	4.35	6.34	.073	.073	.073
10	.031	.013	.009	.006	.006	.008	.766	4.17	6.24	.073	.073	.073
11	.031	.013	.008	.006	.006	.008	.374	2.42	5.66	.073	.073	.073
12	.031	.016	.007	.006	.006	.008	.087	1.11	4.42	.073	.073	.073
13	.031	.034	.007	.006	.006	.008	.073	.595	3.18	.073	.073	.425
14	.031	.042	.007	.006	.006	.008	.051	.017	.817	.073	.073	4.19
15	.031	.031	.007	.006	.006	5.01	.029	.024	.250	.073	.073	.793
16	.031	.031	.007	.006	.006	4.21	.032	.013	.137	.073	.073	.244
17	.031	.031	.007	.006	.006	2.72	.068	.015	.073	.073	.073	.087
18	.031	.031	.007	.006	.006	2.17	.073	.111	.073	.073	.073	.073
19	.031	.031	.007	.006	.006	1.33	.070	.013	.073	.073	.073	.073
20	.031	.031	.006	.006	.006	1.59	.030	.019	.073	.073	.073	.036
21	.031	.031	.006	.006	.006	.571	.339	.015	.073	.073	2.49	.010
22	.031	.031	.006	.006	.006	.032	8.75	.013	.073	.073	4.86	6.53
23	.031	.031	.006	.006	.006	.401	27.0	.013	.073	.073	.947	2.94
24	.031	.038	.006	.006	.006	.310	18.9	.013	.073	.073	.084	1.11
25	.031	.298	.006	.006	.006	.190	12.9	.013	.073	.073	.040	1.77
26	.031	.011	.006	.006	.006	.011	12.6	.010	.073	.073	.073	.621
27	.031	.011	.006	.006	.006	9.00	12.4	.009	.073	.073	.073	.334
28	.031	.011	.006	.006	.006	19.5	12.5	.009	.073	.073	.073	.238
29	.031	.011	.006	.006	.006	11.0	11.3	.009	.073	.073	.073	.260
30	.021	.011	.006	.006	.006		9.67	.009	.073	.073	.073	2.94
31		.011		.006	.008		7.82		.073		.073	.961
Debit Mens												
Moyen	.072	.030	.019	.006	.006	2.01	5.70	1.81	3.23	.073	.333	.813

Debit Moyen Annuel : 1.18 M3/S

Debit Maximum Instantané : 287 M3/S

Le : 04/05/2016 23:00

Figure 44 : Liste d'annuaire provisoire de l'Oued R'DAT station SIDI RAHAL



Liste annuelle provisoire

IRE : 1565/53
 Nom de la station : OUED RERAYA STATION TAHANAOUT

Année Hydrologique : 2015-2016
 Altitude de la Station : 925 M
 Superficie du Bassin Versant : 225 Km2
 Station en service depuis : 1971
 Date d'Édition : 02/05/2017

DEBITS MOYENS JOURNALIERS (M3/S) EDITION PROVISOIRE

JOUR	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
1	1.82	1.24	1.42	2.39	1.73	1.42	1.49	.685	.144	2.10	2.10	2.10
2	1.80	1.22	1.42	2.39	1.75	1.42	1.36	.592	.115	2.10	2.10	2.10
3	1.83	1.23	1.31	2.39	1.72	1.42	1.23	.529	.133	2.10	2.10	2.10
4	1.81	1.23	1.27	2.37	1.72	1.40	1.18	.478	5.71	2.10	2.10	2.10
5	1.83	1.19	1.24	2.30	1.79	1.35	1.41	.440	7.58	2.10	2.10	2.10
6	1.80	1.21	1.29	2.28	1.82	1.35	1.59	.434	2.10	2.10	2.10	2.10
7	1.80	1.23	1.30	2.34	1.75	1.40	1.57	.419	2.10	2.10	2.10	2.10
8	1.80	1.24	1.28	2.24	1.72	1.35	1.51	.385	2.10	2.10	2.10	2.10
9	1.81	1.22	3.09	2.29	1.83	1.30	1.44	.373	2.10	2.10	2.10	2.10
10	1.83	1.23	4.24	2.27	1.88	1.28	1.26	.289	2.10	2.10	2.10	2.10
11	1.83	1.22	3.44	2.20	1.72	1.26	1.32	.206	2.10	2.10	2.10	2.10
12	1.83	1.23	3.49	2.18	1.75	1.24	1.36	.174	2.10	2.10	2.10	2.10
13	1.81	1.24	3.58	2.22	1.72	1.26	1.06	.118	2.10	2.10	2.10	2.10
14	1.83	1.23	3.44	2.18	1.72	1.30	.942	.123	2.10	2.10	2.10	2.10
15	1.81	1.19	3.11	2.18	1.67	3.57	.809	.168	2.10	2.10	2.10	2.10
16	1.83	1.19	3.09	2.07	1.71	12.9	.841	.236	2.10	2.10	2.10	2.10
17	1.81	1.23	2.99	1.99	1.72	3.60	.745	.214	2.10	2.10	2.10	2.10
18	1.78	1.22	2.84	1.99	1.63	1.57	.784	.205	2.10	2.10	2.10	2.10
19	1.83	1.27	2.82	2.04	1.54	1.50	.894	.316	2.10	2.10	2.10	2.10
20	1.83	1.27	2.56	1.90	1.50	1.49	.886	.355	2.10	2.10	2.10	2.10
21	1.83	1.24	2.59	1.92	1.49	1.37	2.86	.292	2.10	2.10	2.10	2.10
22	1.81	1.22	2.70	1.82	1.43	1.32	8.40	.271	2.10	2.10	2.10	2.10
23	1.78	1.24	2.80	1.75	1.55	1.28	10.5	.287	2.10	2.10	2.10	2.10
24	1.83	1.30	2.84	1.76	1.52	1.29	8.98	.220	2.10	2.10	2.10	2.10
25	1.83	1.36	2.75	1.80	1.50	1.30	4.91	.231	2.10	2.10	2.10	2.10
26	1.83	1.30	2.61	1.79	1.49	1.28	7.53	.177	2.10	2.10	2.10	2.10
27	1.87	1.28	2.59	1.83	1.42	1.83	8.13	.156	2.10	2.10	2.10	2.10
28	3.06	3.72	2.52	1.80	1.50	4.32	6.20	.147	2.10	2.10	2.10	2.10
29	1.71	1.56	2.45	1.76	1.52	2.33	3.27	.178	2.10	2.10	2.10	2.10
30	1.26	1.28	2.39	1.77	1.49		1.12	.198	2.10	2.10	2.10	2.10
31		1.29		1.67	1.42		.760		2.10		2.10	2.10
Debit Mens												
Moyen	1.84	1.34	2.52	2.07	1.64	2.06	2.79	.297	2.20	2.10	2.10	2.10

Débit Moyen Annuel : 1.92 M3/S

Débit Maximum Instantané : 55.8 M3/S

Le : 16/02/2016 18:00

Figure 45 : Liste d'annuaire provisoire de l'Oued RERAYA station TAHANAOUT



GLOSSAIRE

FST : FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

SPAC : SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES DE L'ATLAS, CENTRE INFORMATIQUE PRINCIPAL

ABHT : AGENCE DE BASSIN HYDRAULIQUE TENSIFT

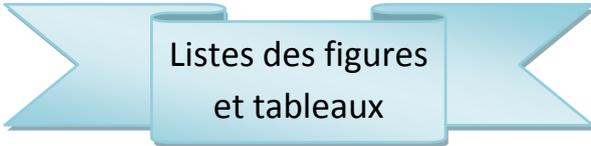
BADRE21 : BASE DE DONNEES DES RESSOURCES EN EAU, INNOVEEE EN 2001 D'OU LE NUMERO 21

N° IRE :

PE : POINTS D'EAU

QJ : DEBIT JOURNALIER

QI : DEBITS INSTANTANEE



Listes des figures et tableaux



Figures :

Figure 1 : Zone d'action du bassin hydraulique du Tensift

Figure 2 : Les différentes agences des bassins hydrauliques

Figure 3 : Interface de connexion de l'application BADRE21

Figure 4 : L'interface d'accueil de l'application BADRE21

Figure 5 : Données techniques de l'hydrologie

Figure 6 : Le Menu de l'application BADRE21

Figure 7 : Interface des Points d'eau

Figure 8 : Interface des statistiques mensuelles 1

Figure 9 : Interface des statistiques mensuelles 2

Figure 10 : Interface des courbes d'étalonnages

Figure 11 : Exécution de batch de traitement de l'annuaire

Figure 12 : Interface d'Annuaire hydrologiques

Figure 13 : Interfaces des jaugeages 1

Figure 14 : Interface des jaugeages 2

Figure 15 : Interface des batteries d'échelle

Figure 16 : Le menu d'application BADRE21

Figure 17 : Interface des Hauteur d'eau

Figure 18 : Interface des jaugeages 1

Figure 19 : Dépouillement des profils en travers

Figure 20 : Interface des jaugeages 2

Figure 21 : Courbe d'étalonnage n° 210 + Jaugeages de l'année hydrologique 2015/16 de la station TAFERIAT

Figure 22 : Courbe d'étalonnage de la station TAFERIAT (Batterie 3), date de validité : 04/09/2015 - 29/05/2016

Figure 23 : Courbe d'étalonnage de la station TAFERIAT (Batterie 3), date de validité : 29/05/2016 - 05/08/2016

Figure 24 : Courbes d'étalonnage

Figure 25 : Saisie des courbes Hauteurs/Débits

Figure 26 : Barème d'étalonnage

Figure 27 : Liste d'annuaire provisoire de l'Oued ZAT station TAFERIAT

Figure 28 : Débits mensuels de l'année hydrologique 2015-2016 de la station TAFERIAT

Figure 29 : Débits mensuels de l'année hydrologique 2015-2016 de la station SIDI RAHAL

Figure 30 : Débits mensuels de l'année hydrologique 2015-2016 de la station TAHANAOUT

Figure 31 : Situation géographique de la station hydrométrique

Figure 32 : Carte du réseau hydrographique du bassin ZAT

Figure 33 : Carte hypsométrique du bassin du ZAT à TAFERIAT

Figure 34 : Carte des pentes en degrés du bassin du ZAT à TAFERIAT

Figure 35 : Précipitations moyennes annuelles interannuelles du bassin versant de l'oued ZAT à la station de TAFERIAT (1982-2016)

Figure 36 : Précipitations moyennes mensuelles interannuelles du bassin versant de l'oued ZAT à TAFERIAT (1982/83-2015/2016).

Figure 37 : Précipitation moyennes saisonnière du bassin versant de l'oued ZAT à la station de TAFERIAT (1982-2016)

Figure 38 : Débits mensuels des deux stations « TAFERIAT & SIDI RAHAL »

Exemple de la période 1970 à 1974

Figure 39 : Débits mensuels des deux stations « TAFERIAT & SIDI RAHAL »

Exemple de la période 1994 à 1998

Figure 40 : Corrélation annuelle entre les débits de la station TAFERIAT et ceux de SIDI RAHAL avant correction

Figure 41 : Corrélation mensuelle des débits de la station TAFERIAT avec SIDI RAHAL avant correction

Figure 42 : Corrélation mensuelle des débits de la station TAFERIAT avec SIDI RAHAL après élimination des points aberrants

Figure 43 : Corrélation mensuelle des débits de la station TAFERIAT avec SIDI RAHAL après correction

Figure 44 : Liste d'annuaire provisoire de l'Oued R'DAT station SIDI RAHAL

Figure 45 : Liste d'annuaire provisoire de l'Oued RERAYA station TAHANAOUT

Tableaux :

Tableau 1 : Tableau des couples Hauteur/Débits de la courbe de tarage n° 210

Tableau 2 : Les jaugeages obtenus de l'année hydrologique 2016 de la station TAFERIAT

Tableau 3 : Tableau des couples Hauteurs/Débits de la nouvelle courbe de tarage

Tableau 4 : Pluviosité moyenne pour chaque saison de l'année (mm)

Tableau 5 : Tableau comparatif des débits et pluies des deux stations

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des débits mensuels corrigés

Tableau 7 : Testage des barèmes



Sources :

Agence de Bassin Hydraulique de Tensift (non daté). Manuel d'utilisation des différents composants de la chaîne de traitement hydrologique, 66p

<http://www.saidi.ma/ee> , Support de cours de climatologie et hydrologie, bassin versant et hydrométrie.

A. HIQUI, (2015) Les événements hydrologiques exceptionnels au Maroc. L'exemple des crues des bassins versants du haut Atlas de Marrakech. Mémoire de fin d'études, Master eau et environnement. Faculté de Sciences et Techniques, Marrakech, 65p.

A. RAMROMI, (2007). Les crues en zone montagneuse semi-aride Le cas des bassins du R'DAT et du ZAT (Haut Atlas, Maroc). Mémoire de fin d'études, Master eau et environnement. Faculté de Sciences et Techniques, Marrakech, 46p.

S. ED-DAOUDI & Y. BOULOUMOU, (2012). Hydromorphologie du bassin versant d'Issil et crues de l'oued en amont de Marrakech. Mémoire de fin d'études, Licence eau et environnement. Faculté de Sciences et Techniques, Marrakech, 50p.

Logiciels

BADRE21 ; Base de données des ressources en eaux.

SIG (ARCGIS, ARCMAP)

AutoCAD

Global Mapper

