



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHÈRCHÉ SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT: Ecologie et Environnement

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

FILIERE: Ecologie et Environnement

OPTION: Protection et Décontamination des Eaux et des Sols
Pollués (PDESP)

Thème

**Modélisation Pluie – Debit : Calage et validation modèles
hydrologiques GR1A,GR2M du bassin versant Foum El Gueiss
(Hauts Plateaux Constantinois, Algérie)**

Présenté par:

Zerouali Haroun

Encadré par:

M^{elle}.Dali Naouel

Soutenu le: 19 / 09 /2017

Jury de soutenance:

Président: M Bouchama Khaled M.A.A

Univ. Khenchela

Encadreur: M^{elle} Dali Naouel M.A.A

Univ. Khenchela

Examineur: M Bouzo lazher mourad M.A.A

Univ. Khenchela

Promotion: Septembre 2017

REMERCIEMENT

Au tout puissant Allah

A toi la louange, O la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils renferment. Gloire a toi de nous avoir assisté de la lumière et en toute circonstance matin et soir.

Prophète Mohamed

Que les bénédictions et la paix de Dieu soient sur toi. Nous te témoignons nos respects et notre gratitude pour tout ce que tu as fait pour le bien de respects et l'humanité.

A mon encadreur M^{elle} : Dali Naouel

**Ce travail est l'aboutissement d'énormes efforts et de sacrifice consentis par vous.son précieux
En aide durant toute la période du travail.
Nos remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qui ils nous ont offert à notre recherche et,en acceptant de l'examiner.**

Remerciements aux administrations qui ont accepté de travailler avec nous : l'administration du barrage Foum El Guiness-kais-Khenchela.

Enfin nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avant tous je remercie Dieu de m'avoir guidé durant mes années d'étude et de m'avoir permis de réaliser ce travail

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui ont contribué à mon succès dans cette vie .Qui occupent une grande place dans ma réussite à mon cher père qui m'a appris à relever le défi et à préserver .A ma chère mère le soleil de ma vie

A mes chers frères : Malek, Seyf, Ziad

A toute ma famille .mes tantes.mes cousines.mes cousins

A tous mes enseignants surtout M^{elle} Dali et Mr Ziouch

A Mr Rafik Daraji pour toute l'attention qu'ils ont accordée à notre travail

A mes chers amis: Hamza, Fares, Salim, Kassem, Imade, Hamza

Enfin à tous ceux qui ont été oubliés par mon stylo mais jamais

ont été oubliés par mon cœur

Résumé :

Le bassin versant de l'Oued Fom El Gueiss (156 Km²) a fait l'objet d'une modélisation pluie-débit, par l'utilisation des modèles GR (Génie Rural) à deux pas de temps (Annuel, Mensuel). Dans un premier temps, nous avons cherché à caractériser quelques facteurs en particulier physiques, géologiques et climatiques régissant l'écoulement. Ensuite une étude hydrologique basée sur le traitement des données hydrométriques relatives à une période de 20 ans a été utilisée. La troisième phase de ce travail consiste en l'élaboration des modèles pouvant rendre compte de la relation pluie-débit. A cet effet, nous avons essayé deux approches assez différentes : une empirique de type boîte noire sous la forme débit = f (pluie) où f est déterminée par une régression effectuée sur les chroniques pluies-débits. L'autre conceptuelle globale représentée par le modèle du Génie Rural. Les résultats obtenus par la simulation de la transformation de la pluie en débit par l'utilisation des modèles du Génie Rural GR1A, GR2M sont plus satisfaisants que la modélisation par approche corrélatives. En effet le modèle GR prend en compte la succession chronologique des phénomènes d'une part et l'influence des paramètres aussi bien climatiques (évapotranspiration) que celle physico-hydrogéologiques du bassin versant (humidité du sol et échanges externes).

Mots-clés : Modélisation pluie-débit, Fom El Gueiss, GR1A, GR2M.

Abstract :

The Oued Fom El Gueiss watershed (156 km²) was the purpose of a rainfall-discharge modeling, by the use of the GR (Genie Rural) models with two time interval (annual, Monthly).

At the beginning, we tried to characterize some factors; in particular physical, geological and climatic which dominate the flow. Then it used a hydrological study which is based on the processing of 20-year hydrometric data. The third phase of this work represented by developing the models which helps us to study the relationship between the rainfall-and runoff. For realizing that, we tried two quite different approaches: One empirical – black box type – in the form of flow = f (rainfall) where f is determined by a regression done on rainfall-discharge history. The other represented by the Genie Rural comprehensive conceptual model. The results obtained by simulating the transformation of rainfall into runoff by the use of the Genie Rural models GR1A, GR2M and more satisfying than modeling by correlative approach. Actually the GR model takes into account the chronological succession of phenomena and the influence of the climatic (evapotranspiration) as well as that of the watershed physical and hydrogeological (soil moisture and external exchanges) parameters.

Key-words : rainfall-discharge modeling, Oued Fom EL Gueiss, GR1A, GR2M.

ملخص :

إن الحوض الهيدرولوجي لـ وادي فم الغيس 156 كلم²، كان موضوع اهتمام للدراسة الموجودة بين التساقط و التدفق باستعمال نموذج الهندسة الريفية

في البداية، سعينا لتحديد خصائص عدة عوامل بالخصوص المادية، الجيولوجية والمناخية التي تتحكم في التدفق. ثم استخدمت الدراسة الهيدرولوجية علي أساس معالجة البيانات الهيدرومترية لمدة 20 عاما. المرحلة الثالثة من هذا العمل تتمثل في تطوير النماذج التي تساعدنا في دراسة العلاقة بين سقوط الأمطار والجريان السطحي. تحقيقا لهذه الغاية، حاولنا استخدام طريقتين مختلفتين نوعا ما تجريبية الطريقة الأخرى يمثلها النموذج المفاهيمي الشامل للهندسة الريفية. الصندوق الأسود من نوع تدفق = المطر مستعملة علي معطيات التساقط و التدفق..

النتائج المحصل عليها من دراسة تحول المطر إلى التدفق باستعمال نموذج GR1A، GR2M

تظهر أن هذه النماذج ذات الخزائين أثبتت نجاعة نموذج "العلبة السوداء"

وبالفعل فإن نموذج GR يأخذ بعين الاعتبار التسلسل الزمني للظواهر من جهة وتأثير المقاييس المناخية (التبخّر) وكذا "الفيزيولوجيولوجية للحوض من جهة أخرى (رطوبة التربة و التبادلات المناخية).

الكلمات المفتاحية : النموذج مطر-تدفق، وادي فم الغيس، GR1A، GR2M.

Table des matières

Dedicace	
Remerciement	
Resumé	
Abstrat	
ملخص	
Table des matieres	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Listes des symboles et abbreviations	

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Présentation générale

I.1.Situation géographique	02
I.2.La géologiques du bassin versant	05
I.3.Historique Du Barrage Foum El Guess	06
I.4.Etude morphologique.....	08
I.4.1. Les coordonnées géographiques de la région d'étude.....	08
I.4.2. Paramètres géométrique	08
I.4.3. l'indice de compacité (Kc)	09
I.4.4. Indice de compacité de Gravélius (KG).....	09
I.4.5 .Le rectangle équivalent :.....	10
I.4.6. Le relief.....	10
I.4.6.1. Les altitudes caractéristiques	10
I.4.6.2. La dénivelée simple « D ».....	11
I.4.7. Les pentes.....	11
I.4.7.1. Indice de pente Global	11
I.4.7.2. Indice de pente (Ip).....	12
I.4.7.3. La dénivelée spécifique Ds	12
I.5. La végétation :.....	13
I.6. La faune de la région de Foum El Guess :.....	13

ChapitreII : Etude climatologique

II.1. La station de mesures.....	15
II.2. Etude des facteurs climatiques.....	15
II.2.1 La température	15
II.2.1.1 Variations des températures moyennes annuelles	15
II.2.1.2 Variations de la température moyenne mensuelle	16
II.2.2 La pluviométrie	16

II.2.2.1 Variations interannuelles des précipitations	17
II.2.2.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations	17
II.3. Caractérisation du climat.....	18
II.3.1. Diagramme ombrothermique.....	18
II.3.2 Indice d'aridité	19
II.3.2.1 Indice de Martonne	19
II.4. Estimation de l'évapotranspiration.....	20
II.4.1 ETP (Évapotranspiration potentielle).....	21
II.4.2 ETR (Évapotranspiration réelle).....	22
II.4.3 Evaluation de l'ETR par la méthode du bilan de Thornthwaite	22
II.5 Calcul du bilan hydrologique par la methode de thornthwaite.....	23
II.5.1 Interprétation du bilan hydrologique	24
II.6. Ruissellement R (mm)	25
II.7. L'infiltration I (mm)	25
Conclusion	26

Chapitre III : Modélisation pluie-débit par le GR

III.1 . Objectifs de développement.....	27
III.2. Historique.....	27
III.3 Mode de développement :.....	28
III.4. Description du modèle pluie-débit annuel GR1A.....	28
III.4 .1. Introduction	28
III.4. 2. Représentation mathématique.....	29
III.4.3. Paramètre	29
III .5. Description du modèle pluie-débit mensuel GR2M	29
III .5.1. Introduction.....	29
III .5. 2. Représentation mathématique	30
III.5.3. Paramètres	32
III.6. Critère de performance de NASH	33
III.7. Applications des modèles	34
Conclusion.....	35

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Introduction

IV.1. Le modèle annuel GR1A.....	36
IV.2. Le modèle mensuel GR2M.....	38
Conclusion.....	41

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Tableau 01 : Caractérisation du Barrage de Foum El Gueiss	08
Tableau 02 : Surface et périmètre du bassin versant Foum El Gueiss	09
Tableau 03 : La longueur et largeur du bassin versant Foum El Gueiss.....	10
Tableau 04 : les espèces forestières de la région de Foum El Gueiss-kais- en 2011 ...	14
Tableau 05 : coefficient de correction K dépend du site considéré (climat semi aride).....	22
Tableau 06 : valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite	22
Tableau 07 : Bilan hydrologique moyen (1996/2015) à la station Foum El Gueiss, par la méthode de Thornthwaite	24
Tableau 08 : répartition des précipitations à la station de Foum El Gueiss	25
Tableau 09: valeur des paramètres du modèle GR2M obtenues sur un large échantillon des bassins versants	33
Tableau.10 : Valeurs des paramètres du modèle GR2M obtenues sur un large échantillon de bassins versants	38
Tableau 11: Calage et validation du GR1A au bassin versant d'Oued Foum El Gueiss	36
Tableau 12: Calage et validation du GR2M au bassin versant d'Oued Foum El Gueiss	39

Liste des figures

Fig01 : situation des bassins versants de l'Algérie	02
Fig. 02 : le bassin versant Foum El Gueiss (classification d'après ABH)	03
Fig 03 : carte réseau hydrographique du bassin versant de Foum El Gueiss[23].....	04
Fig 04 :coupe géologique a l'emplacement du barrage de Foum El Gueiss [04].....	06
Fig 05 : evolution de la température moyenne annuelle à la station de Foum El Gueiss pour la période (1996/2015)	16
Fig 06 : variation de la température moyenne mensuelle à la station d'foum El Gueiss pour la période (1996/2015)	16
Fig 07: évolution des précipitations annuelles à la station Foum El Gueiss pour la période (1996/2015)	17
Fig 08 : variation des précipitations moyennes mensuelles à la station Foum El Gueiss – Kais- pour la période (1996/2015)	18
Fig 09 : diagramme ombrothermique de la station Foum El Gueiss-Kais-	19
Fig 10 : abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne	20
Fig 11: schéma de la structure du modèle GR2M	31
Fig 12 : (a+b) calage du modele GR1A obtenu a la station de Foum El Gueiss	36_37
Fig 13 :validation du modele GR1A sur les données annuelles	38
Fig14 :(a+b) calage du modèle GR2M obtenus a la station de Foum El Gueiss	39-40
Fig 15 : résultat de la validation du modele GR2M sur les données mensuelles	41

Symboles et abréviations

GR : Genie Rurale

CEMAGREF : Centre d'Étude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts

GR1A : Modèle du Génie Rural à 1 Paramètre Annuel

GR2M : Modèle du Génie Rural à 2 Paramètres Mensuels

GR3J : Modèle du Génie Rural à 3 Paramètres Journaliers

GR4J : Modèle du Génie Rural à 4 Paramètres Journaliers

GR3H : Modèle du Génie Rural à 3 Paramètres Horaires

R² : Coefficient de corrélation

X₁ : Capacité du Réservoir de Production

X₂ : Coefficient d'Echange Souterrains

N : Nord

E : Est

F.D.B.O : Forêt Domaniale de Beni Ouedjana

F.D.Y.O : Forêt Domaniale d'Ouled Yacoub

NGA : Norme Géographique Algerienne

HM³ : Hectomètre Cube

mm : Millimètre

M : Mètre

S : Surface

Kc : Indice de Compacité

Kg : Indice de Gravelieus

A : Aire du Bassin Versant

P : Périmètre

L : Longueur du Rectangle Equivalent

I : Largeur du Rectangle Equivalent

H_{moy} : Hauteur Moyenne

D : Dénivelé

I_g : Indice Global

I_p : Indice de pente

D_s : Dénivelé Specificque

ETP : Evapotranspiration Potentielle

ETP_c : Evapotranspiration Potentielle Coorigée

ETR : Evapotranspiration Réelle

R : Ruissellement

I : Infiltration

P : Précipitation

T : Température

I : Indice d'aridité Annuelle

K : Coefficient de correction cultural

RFU : Réserve Facilement Utilisable

BH : Bilan Hydrique

DA : Déficit Agricole

EX : l'Excédent

CREC : Centre de Recherche et d'Etude de Chatou

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

REMO : Régional Model

ABH : Agence des Bassins Hydriques

Introduction générale

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Aussi est-il nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible. Dans ce contexte, on comprend alors aisément la nécessité de mettre au point des outils d'aide à la gestion et à la décision. Parmi ces outils, les modèles hydrologiques qui ont vu le jour au cours des vingt dernières années, surtout en regard de la relation pluie - débit.

La simulation de la transformation de la pluie en débit du bassin versant par des modèles mathématiques est devenue très répandue grâce à l'accroissement des capacités de calcul et l'amélioration de l'outil informatique. Parmi le nombre de modèles existant, les modèles conceptuels ou empiriques globaux sont les plus performants, ils présentent le lien entre la pluie et le débit par des agencements variés de réservoirs.

Dans ce cadre, une étude intitulée "Hydrologie et modélisation pluie-débit : cas du bassin versant de Oued Foum El Gueiss nous a été confiée. Elle a visé un objectif qui détermine le bassin versant de l'oued Foum El Gueiss ,et les paramètres du modèle qui seront considérés comme celles relatifs de son fonctionnement.

Ces paramètres serviront à l'évaluation de la ressource en eau à long terme du barrage Foum El Gueiss, en utilisant les variables climatiques issues des modèles climatiques [1]

Notre étude s'articule sur quatre chapitres :

Le premier chapitre concerne un aperçu sur la présentation de la zone d'étude et les caractéristiques géologiques et morphologiques du bassin versant Foum El Gueiss.

Nous abordons en deuxième chapitre l'étude climatologique de la région ayant pour but de dégager les caractéristiques climatiques, d'établir le bilan hydrologique.

Le troisième chapitre se base sur la modélisation pluie-débit par le GR dans le bassin de Foum El Gueiss

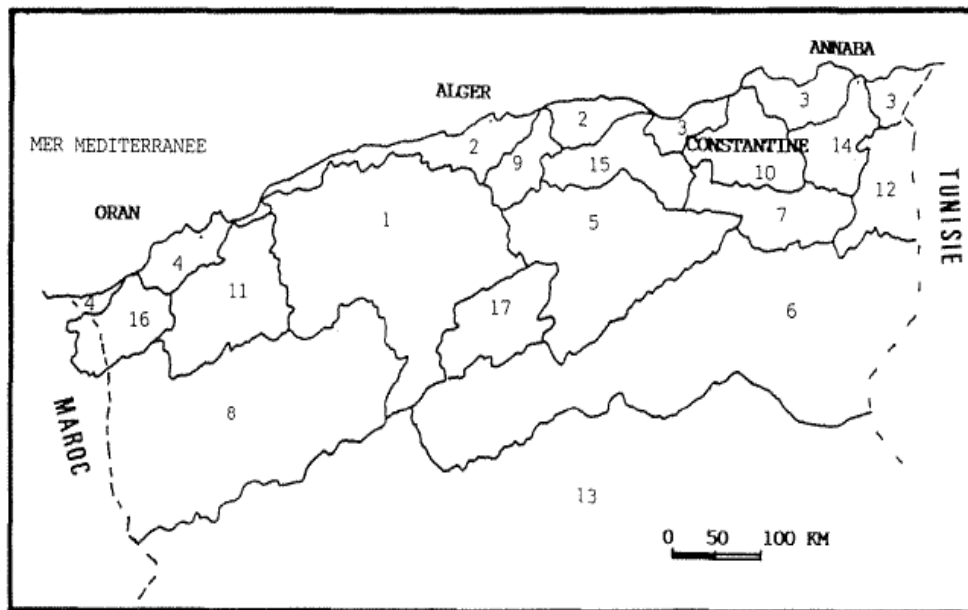
nous présentons dans le quatrième chapitre les résultats et la description des modèles GR et leurs applications selon deux pas du temps, annuel GR1A, mensuel GR2M .

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion.



Photo n°1 : Barrage Foug el Guess (kais,Khenchela ,2017)

Présentation générale



1	Chelif	10	Kebir Rhumel
2	Côtiers Algerois	11	Macta
3	Côtiers Constantinois	12	Medjerdah
4	Côtiers Oranais	13	Sahara
5	Chott Hodna	14	Seybouse
6	Chott Melrhir	15	Soummam
7	Hauts Plateaux Constantinois	16	Tafna
8	Hauts Plateaux Oranais	17	Zahrez
9	Isser		

Fig. 1 :Situation des bassins versants de l'Algérie

I.1.Situation géographique

Le bassin de Foum El Gueiss est située dans la partie Nord Orientale de l'Algérie ; à l'extrême Est des hautes plaines steppiques entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (massif des Aurès).

Le bassin versant de Foum El Gueiss fait partie de l'ensemble des bassins versants des hauts plateaux constantinois d'après l'agence des bassins (Fig.1et 2) .Il Couvre une superficie de 156 km².Il se situe entre les latitudes **35° 28'37'' N** et les longitudes **6°56'63'' E**.

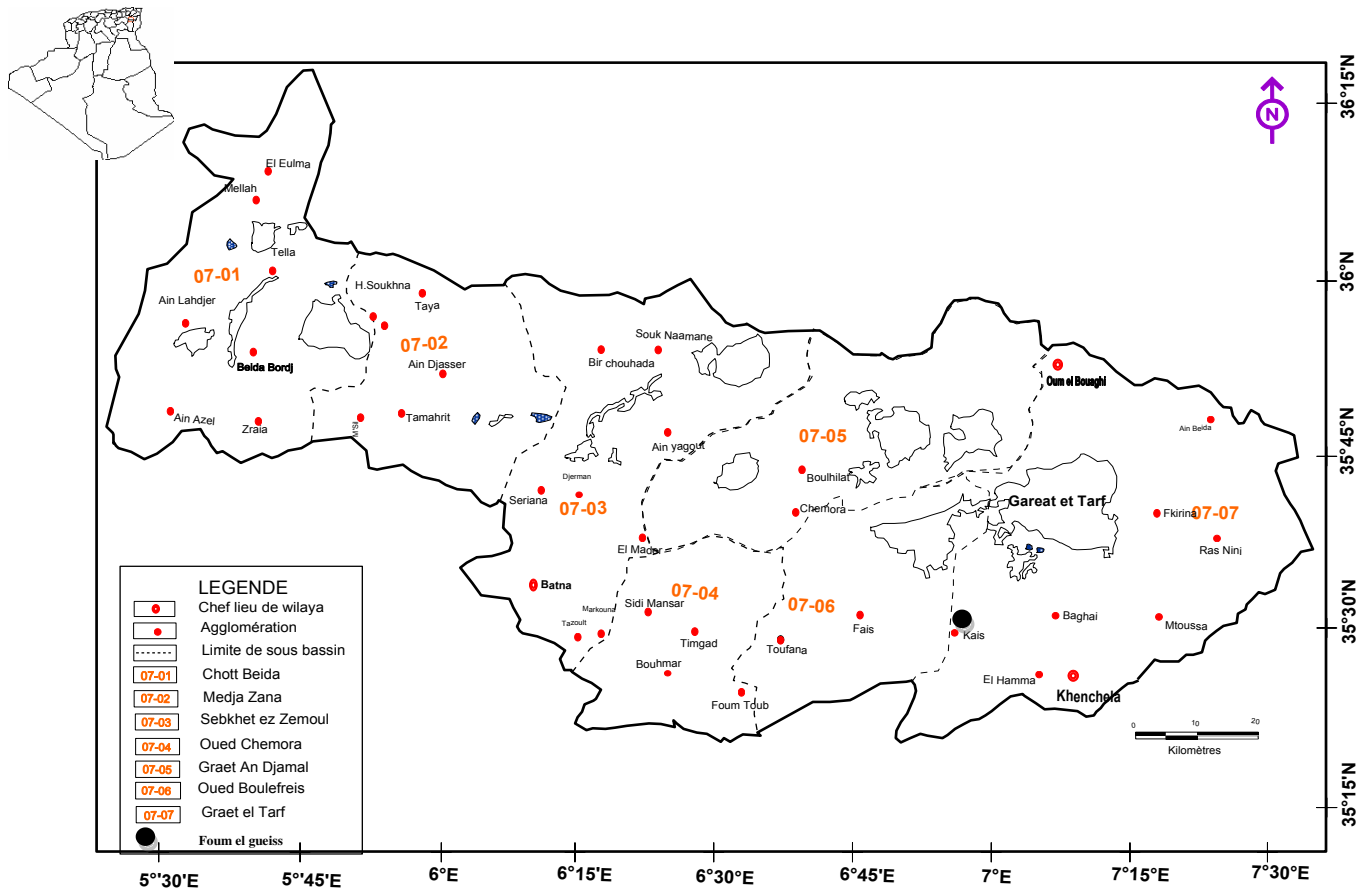


Fig. 2 : le bassin versant Foug El Gueiss (classification d'après ABH)

Le réseau du barrage de Foug El Gueiss est situé à 19 Km à l'ouest de Khenchela et à 1.5 Km (Sud-Est) du chef-lieu de la commune de Kais. Il est destiné uniquement à l'irrigation de la haute plaine de Remila [02].

Ses délimitation sont par l'Est de la daïra d'El Hamma, côté Ouest par la forêt domaniale de beniouedjana (F.D.B.O), le nord par la ville de Kais et enfin la forêt domaniale d'Ouledyacoub (F.D.Y.O) par le sud. Ses coordonnées géographiques sont de 35° 28' 28'' N de latitude, 06° 56' 09'' E de longitude et 1013 m de d'altitude [03].

Notre zone d'études se située à kais qui s'éloigne de 20 km de la wilaya de Khenchela c'est une partie essentielle qui forme le versant.

La zone est limité par :

- ✓ Au Nord : Rmila
- ✓ Au sud : Ain Mimoun
- ✓ A l'ouest : Taouziente et Bouhmama
- ✓ A l'Est : El hamma

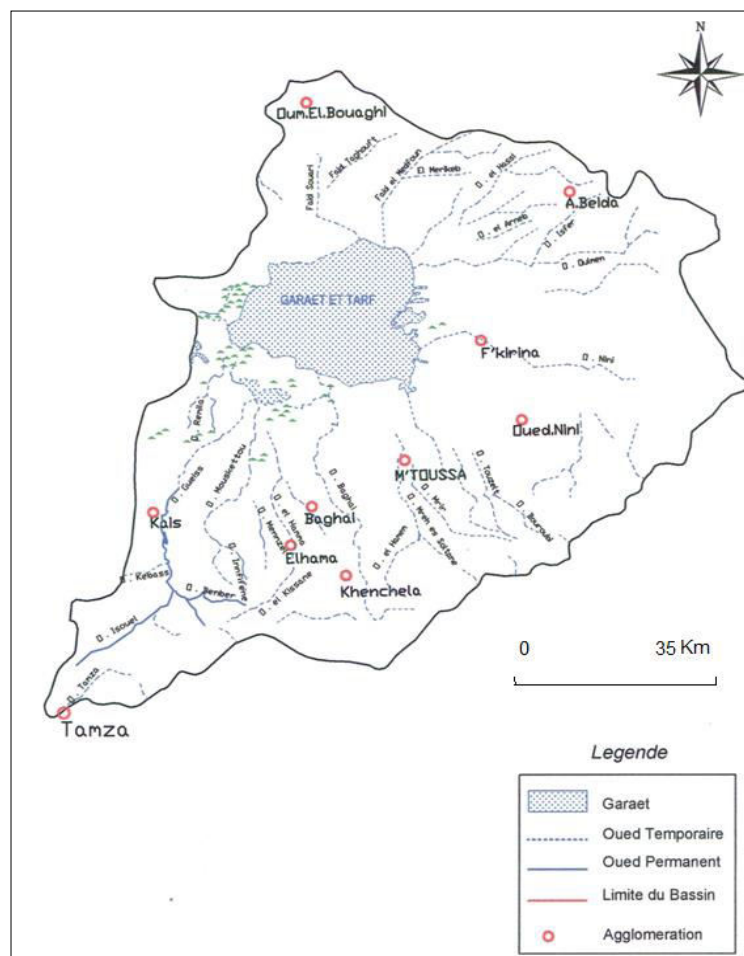


Fig 3 : carte réseau hydrographique du bassin versant de Foug El Gueiss [23]

I.2.La géologiques du bassin versant

Les conditions géologiques du site sont décrites dans la monographie de L.LIESSARD produite à l'occasion du 19^{ème} congrès géologique international «la géologie et les problèmes de l'eau en Algérie». Cette monographie fournit des indications précises et détaillées sur les conditions de fondation de la digue et des ouvrages annexes

Le site du barrage intéresse des formations burdigaliennes, résultant d'une sédimentation littorale ou sublittoral ayant crée des dépôts calcaires à la base puis marno-gréseux.

Plus précisément, l'étude stratigraphique au niveau du site d'implantation du barrage met en évidence la série lithologique suivante, reposant sur les marnes du turonien et comprenant de bas en haut :

- Des conglomérats, l'étude stratigraphique à galets roulés ou anguleux ; l'épaisseur de cette couche est très variable et les affleurements sont sporadique (couche 1)
- Une couche de grés gris bleu très compacts (couche 2)
- Une couche de grés tender argilo-marneux (couche 3)
- Une couche de grés gris bleu (couche 4)
- Une couche de schistes (couche 5et 6)
- Une couche de grés jaune quartzeux (couche 7)

La figure ci-après extraite de la monographie géologique représente les formations rencontrées sous l'axe du barrage.

Le 28 juin 1930 une décision gubernatoria le impose pour raison d'économie de réduire la hauteur du barrage tout en prévoyant une surélévation ultérieure de 5m. En conséquence, le projet adopté fut le suivant :

Digue en enrochement d'une hauteur de 23 m

- ✓ Retenue à la cote 960 m (2,4 hm³)
- ✓ Crête du barrage à 963,50.N.G.A

- 1931 – Signature du marché le 12 Janvier 1931.

Les travaux furent exécutés en deux phases :

- ✓ une phase de préparation de travaux reconnaissance exécutés du 1er Novembre 1930 au 11 juillet 1932.
- ✓ la phase définitive de construction de l'ouvrage de 1932 à 1936.
- 1936– Mise en place des organes de prise et de vidange.
- 1938– Achèvement et mise en eau du barrage au cours de l'année 1938/39.

Depuis cette date, l'ouvrage a rempli son rôle de façon satis– faisant.

- 1968– Un appel d'offre est lancé pour surélever le barrage de 1,90m portant la cote de retenue normale de 960 à 961, 90 N.G.A.(Norme Géographique Algérienne)Les travaux, comprenant notamment la construction d'un nouveau déversoir à profil CRAEGER en béton au-dessus de l'ancien, doivent être entrepris en 1969.

Tableau 01 : Caractérisation du Barrage de Foum El Gueiss

Wilaya	Khenchela
Commune	Kais
Oued	Gueiss
Type	Enrochements avec masque en béton
Déversoir	A seuil non Vane
Début et fin des Tavaux	1932-1936
Année mise en eau	1938-1939
Capacité initiale	2.5 HM3
Année de la 1ere surélévation	1969
Capacité supplient airé après la 1ere surélévation	0.90H
Année de la 2éme surélévation	2005
Capacité âpres la surélévation	0.605 HM3
Capacité dernière levé bathy 2005	0.045 HM3
Apport moyens annuel	11.3 HM3
Précipitation moyenne annuelle	409mm
Envasement annuelle	0.03 HM3
Volume régularise	3.2 HM3
Cote retenu normal	961.90 M
Surface bassin versant	156 Km2

I.4. Etude morphologique

Deux types de paramètres caractérisent le milieu physique, les uns sont géométriques les autres morpho métriques

I.4.1. Les coordonnés géographiques de la région d'étude

-latitude : 35° 28'37''N

-longitude : 6°56'63''E

I.4.2. Paramètres géométrique :

La géométrie d'un bassin versant peut être abordée à l'aide de certains indices caractéristiques quantitatifs.

Ces indices nécessitent d'abord la connaissance et la mesure de deux paramètres de base indispensables, en l'occurrence, la surface du bassin et son périmètre

La surface et le périmètre sont obtenus par l'utilisation.

Tableau 02 : Surface et périmètre du bassin versant Foum El Gueiss

Surface (Km ²)	156
Périmètre (Km)	53

I.4.3. l'indice de compacité(Kc) :

Le contour d'un bassin versant enferme une superficie (S) qui a une certaine forme, laquelle va avoir une influence sur l'écoulement global et sur l'allure de l'hydrogramme de crue résultant d'une pluie donnée. Un bassin longiligne ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme arrondie.

La compacité d'un bassin versant influe fortement sur le temps de réponse du bassin versant lors d'une crue c'est à- dire le temps de concentration de la crue

$$Kc=0.28$$

Les valeurs de Kc obtenues montrent que le B.V de Foum El Gueiss tend vers une forme plus au moins ramassée

I.4.4. Indice de compacité de Gravélius(KG) :

L'indice de compacité de Gravélius permet d'avoir une idée sur la forme géométrique du bassin

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

Avec :

KG, indice de compacité de Gravélius ;

A, surface du bassin versant (km²) ;

P, périmètre du bassin versant (km).

L'indice de compacité de Gravélius a ainsi été évalué à : **KG = 1,18 > 1**.

I.4.5. Le rectangle équivalent :

Le rectangle équivalent se réduit à un carré pour une compacité c=1,12 Sa notion est admissible car pratiquement très peu des bassins ont des compacités inférieures à 1.12.

$$L = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right] \quad l = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right]$$

Avec :

KG, indice de compacité de Gravélius ;

A, surface du bassin versant (km²) ;

P, périmètre du bassin versant (km).

Tableau03 : La longueur et largeur du bassin versant Foum El Gueiss

L(Km)	17.75
l(Km)	8.78

I.4.6. Le relief :

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

I.4.6.1. Les altitudes caractéristiques :

Le graphe de la courbe hypsométrique permet de déterminer les valeurs suivantes :

L'altitude à 5% est de 1290 m.

L'altitude à 95 % est de 849 m.

L'altitude médiane correspond à une surface cumulée de 50% est égale à 910 m.

L'altitude moyenne est donnée par l'équation suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum h_i \cdot A_i}{A_t}$$

Avec :

A_i , fraction de surface entre deux courbes de niveau (km²) ;

h_i , altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m) ;

A_t , superficie totale du bassin versant (km²).

$H_{moy} = 970$ m.

I.4.6.2. La dénivelée simple « D »

$$D = H_{5\%} - H_{95\%}$$

$D = 441$ m

I.4.7. Les pentes**I.4.7.1. Indice de pente Global**

Il a été déterminé par la formule suivante :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

Avec :

H 5 %, l'abscisse à 5 % dans la courbe hypsométrique = 1290 m ;

H 95 %, l'abscisse à 5 % dans la courbe hypsométrique = 849 m ;

L , longueur du rectangle (km).

$I_g = 4.37$ m/ km Donc le relief est faible

I.4.7.2. Indice de pente (I_p)

L'indice de pente est donné par la formule suivante :

$$IPR = \sqrt{\frac{I_g}{0.8}} = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{A_i \cdot d_i}{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}$$

$IPR = 7.3$ %

Avec :

L , longueur du rectangle équivalent (m) ;

d_i , équidistance entre deux courbes de niveau (m) ;

A_i , la fraction en (%) de la surface A comprise entre deux courbes de niveau de distance d_i .

I.4.7.3. La dénivelée spécifique D_s

Ce paramètre dépend principalement de la surface pour corriger le I_g

$$D_s = I_g \sqrt{A}$$

$D_s = 220$ m

En conclusion, la détermination de la dénivelée spécifique du bassin de Foum el Gueiss est inférieure à 250 ce qui nous permet de dire que le relief est assez fort.

I.5. La végétation :

La végétation est assez fidèle à la nature des faciès géologiques marnes gris, marno-calcaire, caractérisent notre bassin versant,

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluvial, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration, elle présente un rôle indispensable pour la genèse des sols, elle peut participer dans le processus d'accumulation de calcaire.

On peut distinguer la répartition des différents types de végétations de la région de Foum el Guies, la zone d'étude renferme un ensemble d'espèces végétales comme ; le cèdre, le pin d'Alep, le châtaignier, et Genévrier.

Le tableau suivant regroupe un ensemble des espèces végétales qui vivent dans la région d'étude.

I.6. La faune de la région de Foum El Guies :

Dans tous les barrages, il existe certaines espèces animales qui vivent dans l'eau douce des réservoirs.

Ces espèces ont une grande importance pour ces ouvrages et pour l'environnement. Car ils participent pour enrichir l'eau et la partie vitale des barrages et exterminer d'une part d'autres molécules toxiques et bactéries etc....

Ces espèces généralement soit des poissons à la majorité, d'autre part des tortues d'eau douce, des couleuvres etc....

-type de poissons des barrages, ils sont généralement des carpes.

- Carpes royale : magnifiques s'adaptent aux changements climatiques (froid, chaud, sécheresse etc....).
- Carpes argentins : d'une couleur blanche brillante qui reflète les rayons du soleil.
- Carpes local : modeste simple et calme le long des saisons.
- Barbo : poisson moustaché végétarien à la majorité mitigeur d'une efficacité importante
- Tipou : petite génération de poissons qui vivent en groupes, mangent en groupes...
- Couleuvre : plusieurs types de couleuvres vivent dans les eaux douces, ils se nourrissent des petits poissons, grenouilles etc....
- Tortues d'eau douce : calmes, végétariennes d'une mauvaise odeur mais jolie coquille.

Tableau 04 : les espèces forestières de la région de Foum El Gueiss(2011)

N° d'espece	Nom scientifique	Famille
01	Cynoglossumcheirifolium	Boraginacees
02	Paronychiaargentea	Cayophyllacees
03	Paronychiacapitata	Cayophyllacees
04	Atriplexhalinus L	Chenopodiacees
05	Ziziphustotus	Chenopodiacees
06	Halianthemumcanu	Cistaceees
07	Halianthemumvirgatum	Cistaceees
08	Artimisia herba alba : (armoïse)	Composacées
09	Cardonemsp (chardonne)	Composacées
10	Cenataureaincana	Composacées
11	Cupressus sempervivensl ; (cyprés)	Cupressacées
12	Junipersusoxycedrus (genevrienoxycedes)	Cupressacées
13	Daphiniasp (dophniegnudium)	Daphnoidées
14	Euphorbiahelioscopia L (guphorbe)	Euphorbiacées
15	Queransilex (chêne vert)	Fagacées
16	Boniumsp	Glubelifées
17	Avenafontal ; (avanie sp1)	Graminées
18	Bramusscoparins L	Graminées
19	Bramussquarrosns L	Graminées
20	Rosmarinus off : sinalis (romarin off : cinal)	Labiacées
21	Rosmarinustourney fort III (romarin off : sp)	Labiacées
22	Thymus algeriensis ; thym sp	Labiacées
23	Génistacephalanta	Léguminenes
24	Jasminum font : cons (jasmin esp)	Oléacées
25	Stipatenaciassimali (I alfa sp1)	Papilionpacées
26	Stipa cerasus L (cerise sp)	Papilionpacées
27	Prunus cerasus L (cerise sp)	Rosacées
28	Prunus malus L (pommier sp)	Rosacées

Introduction

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance du devenir des précipitations. Elle repose sur l'interprétation des données, des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique, ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, impliquant la connaissance des paramètres suivants : (les précipitations, la température, l'évapotranspiration, l'infiltration et le ruissellement), qui conditionnent ce bilan.

L'étude des données climatiques permet d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous informera sur :

- 1- Le type du climat ;
- 2- Les caractéristiques de bilan hydrique du bassin versant ;
- 3- La structure de variation temporelle des termes du bilan (Pluies, évaporation) ;
- 4- Le comportement hydro-climatologique du bassin versant.

Les paramètres climatologiques sont soit mesurés sur le terrain (précipitations, températures) soit calculés par des formules (ETP, ETR, R, I).

II.1. La station de mesures

Pour caractériser la nature des variations climatiques mensuelles et interannuelles dans notre région d'étude nous avons choisi la station météorologique, Foum ElGueiss -Kais-. Nous disposons pour cette station des données, étalant sur une durée de 20 ans d'observation.

II.2. Etude des facteurs climatiques**II.2.1. La température**

La température constitue un élément majeur qui conditionne le climat d'une région. Elle permet de déterminer l'évapotranspiration et le déficit de l'écoulement, elle intervient dans l'établissement de bilan hydrologique [05].

II.2.1.1. Variations des températures moyennes annuelles

Les histogrammes représentant la variation annuelle de la température, sur une période de 20 ans (1996//2015), montre que l'année la plus chaude est l'année 1996/1997 avec une moyenne de 20,59 °C, et l'année la plus froide est l'année 2013/2014, avec une moyenne de 14,65 °C. Signalons que la température moyenne interannuelle est de l'ordre de 18,51 °C.

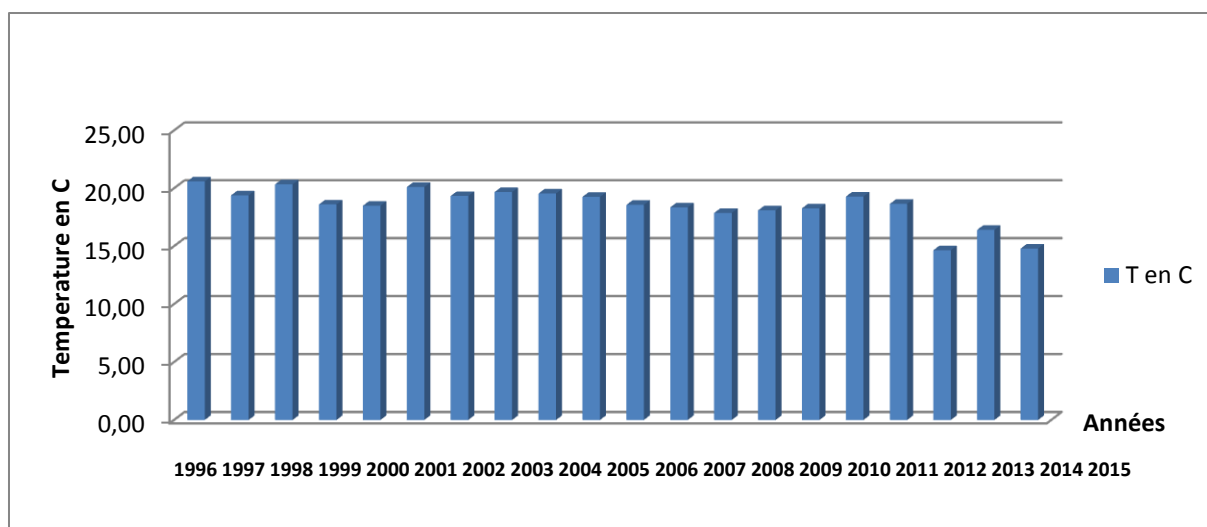


Fig. 05 : évolution de la température moyenne annuelle à la station de Foum El Gueiss pour la période (1996/2015) [24]

II.2.1.2 Variations de la température moyenne mensuelle

La température moyenne mensuelle présente de très variations saisonnières elle atteint leur minima au mois de janvier avec 8,34 °C qui est le mois le plus froid de l’année, par contre le mois d’Aout est le plus chaud par une valeur maximale de la température moyenne mensuelle de 32,46 °C.

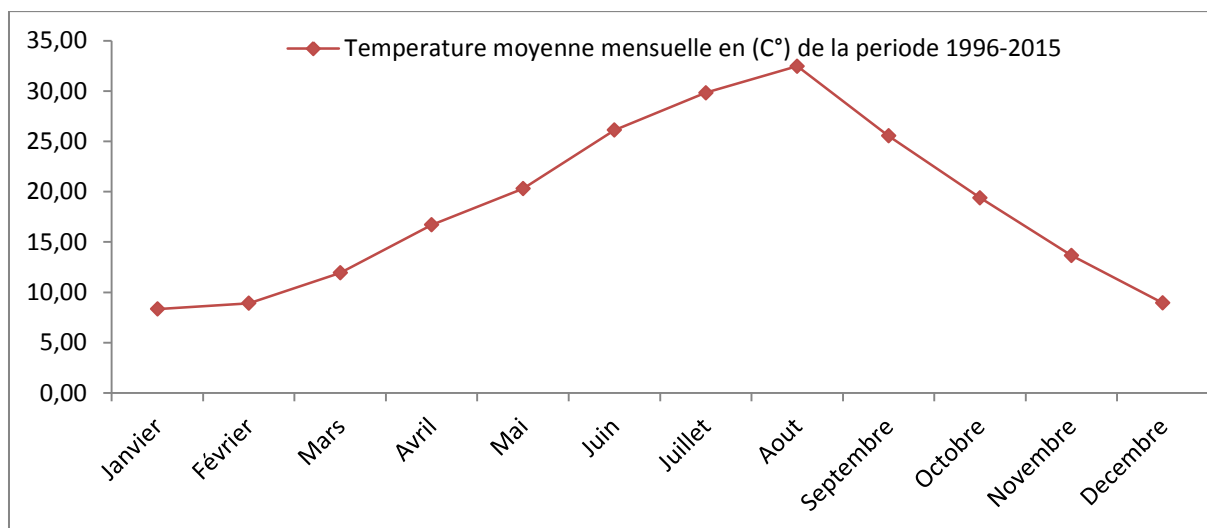


Fig.06 : variation de la température moyenne mensuelle à la station d’Foum El Gueiss pour la période (1996/2015) [24].

II.2.2. La pluviométrie

L’étude pluviométrique présente un intérêt considérable, car elle permet de déterminer la quantité d’eau écoulee qui est à l’origine du lessivage des formations géologiques.

II.2.2.1. Variations interannuelles des précipitations

Pour étudier ces données, nous sommes basés sur une série de mesures s'étalant sur la période allant de 1996 à 2015. Cette série permet de dire que: La répartition des précipitations interannuelles à la station Foum El Guieiss-Kais- est extrêmement irrégulière d'une année à l'autre. Le maximum de la pluviométrie a été observé en 2004 avec 584,3 mm et alors que le minimum a été enregistré en 2001 avec 262,6 mm. Le module pluviométrique interannuel est égal à 421,70 mm

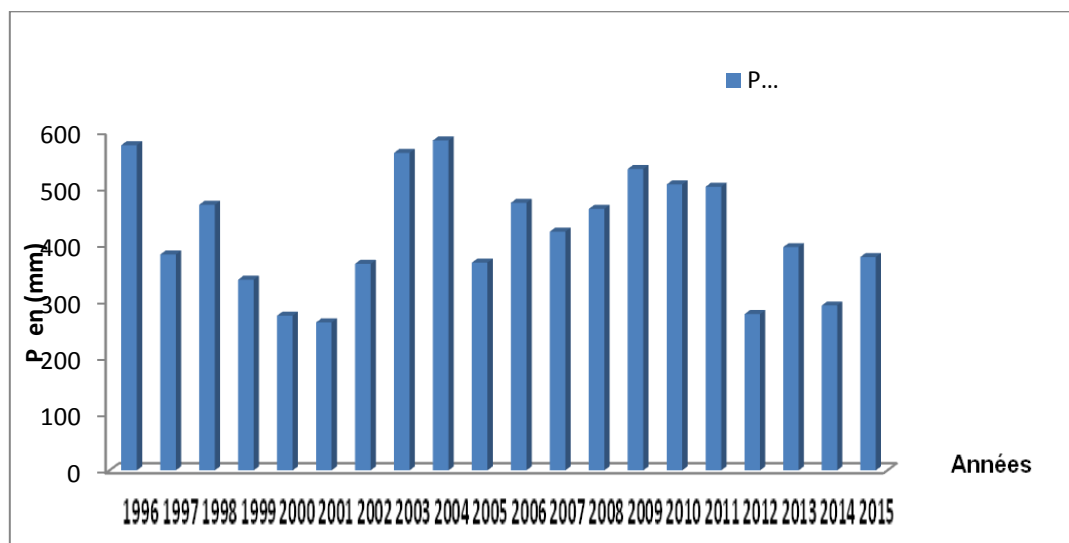


Fig. 07: évolution des précipitations annuelles à la station Foum El Guieiss pour la période (1996/2015) [24]

II.2.2.2. Variations moyennes mensuelles des précipitations

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations, sur une période de 20 ans (1996/2015), montre que le mois de mai est le plus pluvieux, avec 51 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec, avec 07 mm et la saison la plus pluvieuse c'est le printemps avec 135 mm. L'amplitude de précipitation est de 63 mm.

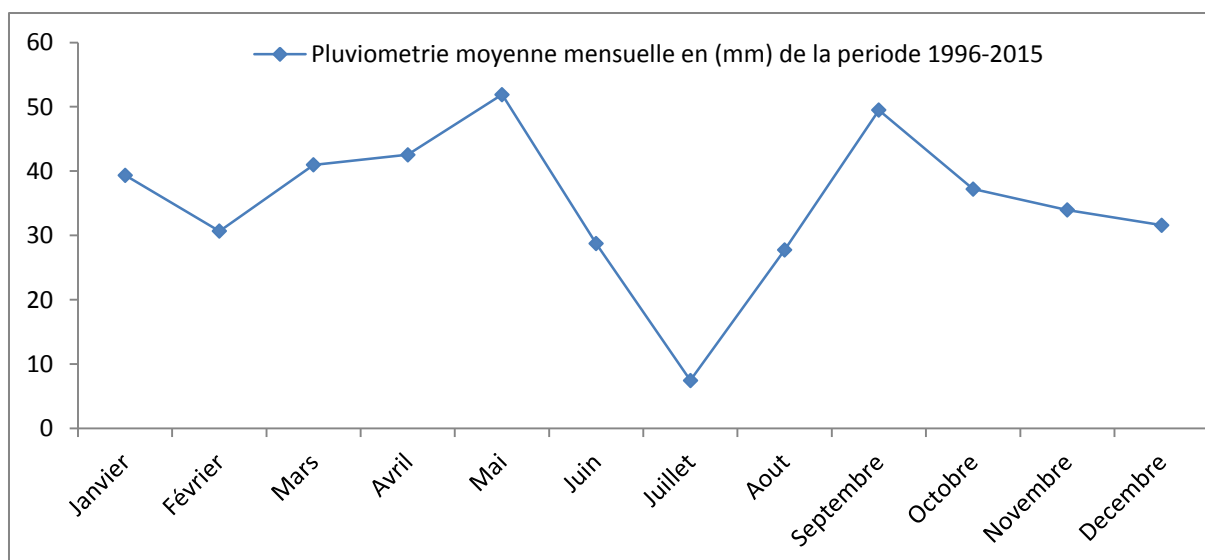


Fig. 08 : variation des précipitations moyennes mensuelles à la station Foug ElGueiss – Kais- pour la période (1996/2015) [24]

II.3.Caractérisation du climat

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques: la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide d'indices ou de diagramme ombrothermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER [06]. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

II. 3.1. Diagramme ombrothermique

Il permet de comparer mois par mois la température et la pluviosité. Les ordonnées sont choisies de telle sorte que 10 °C correspondent à 20 mm de pluie.

Une période de l'année est considérée comme sèche, lorsque la pluviosité, exprimée en mm, est inférieure ou égale au double de la température, exprimée en degrés Celsius.

L'analyse des températures et des précipitations permet de tracer le diagramme ombrothermique, suivant :

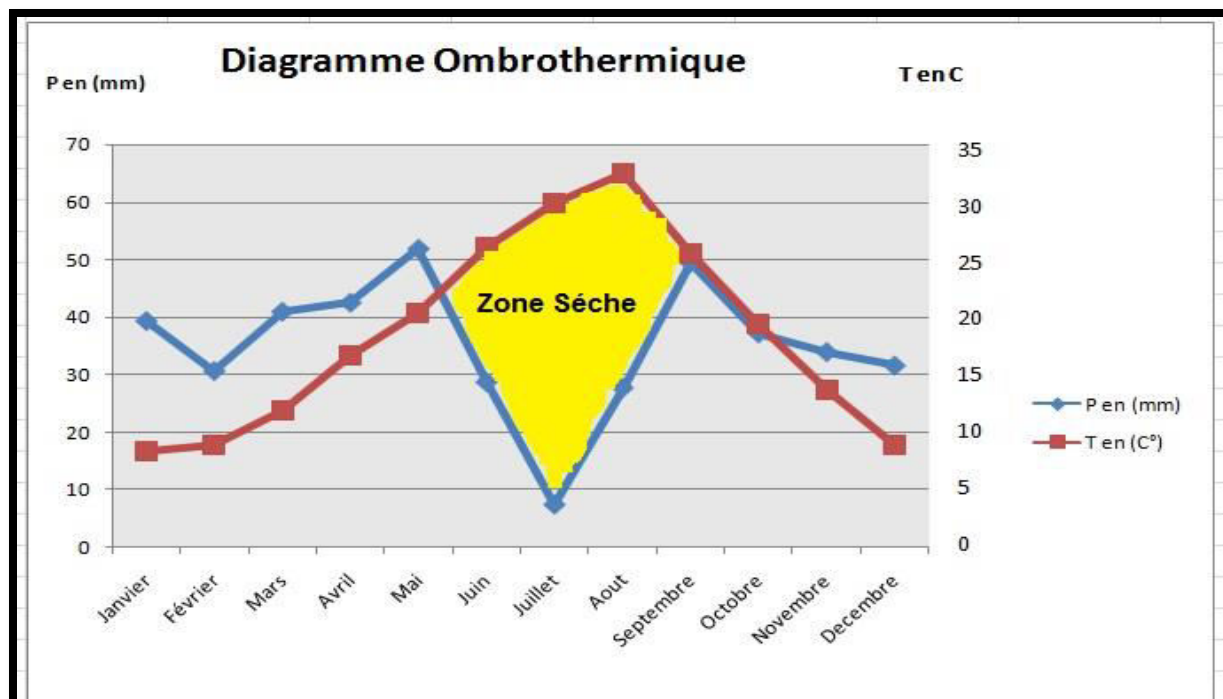


Fig. 09 : diagramme ombrothermique de la station Foum El Gueiss-Kais

Nous constatons que la saison sèche est formée par plusieurs mois secs consécutifs. Le diagramme de Gaussen permet de mettre en évidence une saison humide débutant au mois de novembre qui se termine au mois de mai, et une saison sèche qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'octobre.

II.3.2 Indice d'aridité

L'indice d'aridité est une valeur numérique sensée représente le degré de sécheresse du climat à un endroit donné, plusieurs méthodes de calcul ont été proposées.

II.3.2.1 Indice de Martonne

En 1926, Emmanuel de Martonne élabore un système de classification des climats par une méthode statistique. Il utilisa un indice qui se base sur le régime des précipitations et des températures pour caractériser le climat d'une région. Il est calculé par la relation suivante :[07]

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

I : indice d'aridité annuelle.

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Suivant les valeurs de (I), de De Martonne a établi la classification suivante :

$I < 5$: climat hyperaride

$5 < I < 7,5$: climat désertique

$7,5 < I < 10$: climat steppique

$10 < I < 20$: climat semi-aride

$20 < I < 30$: climat tempéré.

$I > 30$: climat humide

Dans notre cas, la moyenne des précipitations interannuelles est : 421,69mm. Alors que la température moyenne annuelle est de : 18,51 °C

Ce qui donne : $I = 14,79$

Nous avons trouvé que la valeur de (I) est comprise entre 10 et 20, ce qui permet de dire que la station de Fom El Guisse bénéficie d'un climat semi-aride.

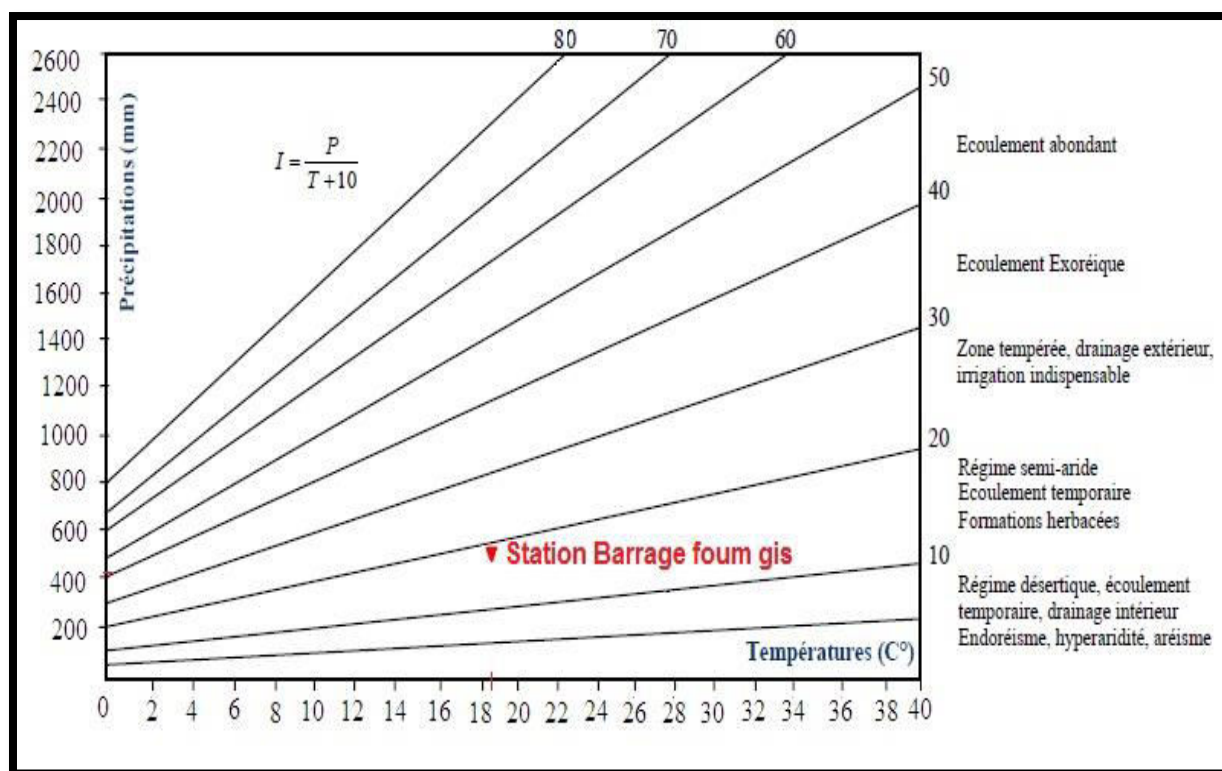


Fig.10 : abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne

II.4. Estimation de l'évapotranspiration

Par définition, le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes.

II.4.1.ETP (Évapotranspiration potentielle)

Thornthwaite, en 1948 est le premier à introduire le concept d'évapotranspiration potentielle, dans un contexte de classification du climat : « Il y a une distinction entre le volume d'eau qui est effectivement évapotranspiré et celui qui pourrait être évapotranspiré, s'il était disponible. Lorsque la disponibilité en eau augmente, l'évapotranspiration atteint un maximum qui dépend uniquement du climat. C'est ce que nous pourrions appeler l'évapotranspiration potentielle', en distinction de l'évapotranspiration réelle »

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle l'agronome américain **G.W. Thornthwaite** proposa en 1948. une formule basée essentiellement sur les températures de l'air :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a * K, \text{ (en mm).}$$

Où :

ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T : température moyenne mensuelle du mois considéré en °C a: Coefficient calculé par la formule suivante:

$$a = 1,6 \left(\frac{I}{100} \right) + 0,5$$

I : Indice thermique annuel qui est égal à la somme des douze valeurs de l'indice thermique mensuel. Cet indice est calculé par la formule suivante :

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,5}$$

K : Coefficient de correction, qui dépend de la latitude.

Les résultats de calcul de l'ETP par cette méthode sont présentés dans le tableau

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Les valeurs de l'ETP ne sont pas corrigées, donc il faut faire le coefficient de correction « **K** » qui dépend de la latitude, prend en considération la durée d'insolation thermique tirée d'un abaque, notre station se trouve à une latitude de **35°N**.

ETP corrigé=ETP. K

Tableau05 : coefficient de correction K dépend du site considéré (climat semi-aride)

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84

Tableau06 : valeurs de l’ETP estimées par la formule de Thornthwaite

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T (C°)	8,34	8,92	11,93	16,70	20,29	26,12	29,82	32,46	25,55	19,39	13,67	8,94
ETP _{nc} (mm)	11,06	12,36	26,77	55,46	90,82	150,41	199,21	222,56	122,52	66,5	29,33	12,41
K	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
ETP _c (mm)	9,62	10,51	27,57	60,45	109,8 9	182,00	245,03	258,17	126,20	64,51	25,22	10,42

T (C°) :Température **ETP_{nc} :** ETP non corrigée

K : Coefficient de correction **ETP_c :** ETP corrigée

II.4.2.ETR (Évapotranspiration réelle)

Est le flux combiné de vapeur provenant du sol et des plantes, pour une teneur en eau du sol spécifique à un moment et pour une région .Estimation de l’évapotranspiration réelle(ETR) :

Elle peut se faire à l’aide de la formule de L. Turc (1954) qui s’écrit de la manière suivante :

$$ETR = P / (0,9 + p^2/L^2)^{1/2} \text{ où : } L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

T : température moyenne annuelle de l’air en (°C),

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

Soit ETR = 411,05 mm

II.4.3. Evaluation de l’ETR par la méthode du bilan de Thornthwaite :

Le bilan hydrique est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Il tient aussi compte de la constitution de réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. Les apports d’eau sont effectués par les précipitations. Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l’évaporation et la transpiration des plantes, que l’on désigne sous le terme d’évapotranspiration. Les deux grandeurs sont évaluées en quantité d’eau par unité de surface,

mais elles sont généralement traduites en hauteurs d'eau, l'unité la plus utilisée étant le millimètre. Ces deux grandeurs étant ainsi physiquement homogènes, on peut les comparer en calculant soit leur différence (Précipitations moins évaporation), soit leur rapport (précipitations sur Eva.). Le bilan est évidemment positif lorsque la différence est positive ou que le rapport est supérieur à un. On choisit l'un ou l'autre expression en fonction de commodités ou de diverses. L'écoulement à partir d'une unité de surface sera compté dans les pertes. L'infiltration est considérée comme une mise en réserve sous forme de nappes souterraines ou d'eau capillaire dans le sol. Les précipitations solides constituent des réserves immédiatement constituées. Elles ont une durée variable, inter-saisonnière dans le cas des tapis neigeux, inter-saisonnière et interannuelle dans le cas des glaciers, voire inter-séculaire dans le cas de calottes polaires ou des grandes masses de très hautes

La détermination de l'ETR en fonction de L'ETP et de la quantité d'eau disponible (pluie+RFU)

ETR peut être évalué par l'établissement du bilan comme par l'application de certaines formules empiriques .ce paramètre peut être calculé d'après G.Thornthwaite en utilisant les conditions suivantes :

- Si **ETP=P** ; il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifie pas et aucune infiltration est produite en direction de nappe.
- Si **ETP >P** ; on a $ETR=P+RFU$.un déficit apparait une partie de l'RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETR .l'évapotranspiration agit donc sur le sol.
- Si **ETP<P** ; alors $ETR=ETP.RFU$ pourra atteindre son maximum au-delà duquel, il y aura une infiltration vers la nappe.

II.5. Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite

L'étude du bilan hydrologique permet de déterminer la répartition des eaux de précipitation entre les différents composants de ce bilan à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration, Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU),

Tableau07 : Bilan hydrologique moyen (1996/2015) à la station Foum El Gueiss, par la méthode de Thornthwaite

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Octobre	Nov	Dec	Total
P (mm)	39,36	30,68	40,97	42,55	51,91	28,74	7,47	27,76	49,48	37,22	33,96	31,61	421,70
ETP (mm)	9,62	10,51	27,57	60,45	109,89	182,00	245,03	258,17	126,20	64,51	25,22	10,42	1129,59
ETR (mm)	9,62	10,51	27,57	42,55	51,91	28,74	7,47	27,76	49,48	37,22	25,22	10,42	328,46
RFU (mm)	29,74	49,91	63,31	45,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	188,37
DA (mm)	0,00	0,00	0,00	17,91	57,99	153,26	237,56	230,41	76,72	27,29	0,00	0,00	801,12
EX (mm)	29,74	20,17	13,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,74	21,19	93,23
BH (mm)	29,74	20,17	13,40	-17,91	-57,99	-153,26	-237,56	-230,41	-76,72	-27,29	8,74	21,19	-

II.5.1. Interprétation du bilan hydrologique

L'observation du graphe du bilan hydrologique nous permet de dire qu'il existe deux périodes la première est déficitaire où l'ETP est importante à partir de mois d'avril jusqu'au mois d'octobre, dans cette période les sols sont secs et leur niveau de la réserve hydrique est nul, rendant la nécessité de l'irrigation. La deuxième période est humide qui commence à partir du mois de novembre où les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de décembre et mars. Toute la pluie non retenue par la couche superficielle du sol, s'infiltré et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

II.6. Ruissellement R (mm)

L'eau précipitée peut ruisseler directement, si l'intensité de la pluie est supérieure à la vitesse d'infiltration de sol. il est calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{P^3}{3(E.T.P)^2}$$

Avec :

R : Ruissellement (mm).

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

L'application numérique donne

$$R = 19,59 \text{ mm}$$

II.7. L'infiltration I (mm)

C'est la migration de l'eau de précipitation à travers la porosité de sol vers les nappes souterraines, il est calculé par la formule suivante :

$$I = P - (ETR + R)$$

I : infiltration (mm)

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

R : Ruissellement (mm).

ETR: Evapotranspiration (mm).

$$I = 73,64 \text{ mm}$$

Tableau 08 : répartition des précipitations à la station de Foum El Gueiss.

Précipitation (P)		Evapotranspiration réelle (ETR)		Ruissellement (R)		Infiltration (I)	
(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
421,70	100,00	328,46	77,89	19,59	4,65	73,64	17,46

Conclusion

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride (environ de six mois secs), elle est caractérisée par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 20 ans (1996/2015), sont estimées à 421,70 mm, leurs répartitions mensuelles montre deux grandes saisons bien distinctes, la première est humide, qui s'étend du mois de Octobre à Mai, soit de 73,10 % de la pluviométrie annuelle. La deuxième est sèche, qui s'étale sur les mois de Juin et Septembre, avec seulement 26,90 % de la pluviométrie annuelle. L'évapotranspiration réelle est estimée à 328,46 mm, mobilisant 77,89 % des précipitations.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 8,34 °C et 32,46 °C, avec une moyenne annuelle de 18,51°C .Le mois d'Aout étant le plus chaud, et janvier le plus froid. Près de 60,65% de l'ETP est enregistrée durant les trois mois de l'été

Le ruissellement ne représente que 4,65 % des précipitations, ce qui représente 19,59mm.

L'infiltration est estimée à 17,46%. Ce qui permet de percoler 73,64 mm Cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface.

Le déficit agricole estimé est de 801,12 mm étalé sur la période allant de mai jusqu'à octobre. Notons que le bilan hydrologique est déficitaire.

La chimie des eaux est influencée par la répartition des précipitations et des températures par dilution pendant la période pluvieuse et concentration lors de l'évaporation durant la période sèche.

III.1 . Objectifs de développement

La simulation du débit à l'exutoire d'un bassin versant est nécessaire voire indispensable pour de nombreuses applications d'ingénierie et de gestion de la ressource en eau, telles que le dimensionnement et la gestion d'ouvrages, la prévision des crues ou des étiages, la détection d'impact, etc. C'est pour répondre à ces questions que le CEMAGREF a commencé à développer au début des années 1980 des modèles hydrologiques (du Génie Rural – GR) permettant de faire le lien entre la lame d'eau précipitée sur un bassin versant et son débit à l'exutoire [08]. Au-delà de leur aspect pratique, ces modèles ont soulevé des questions essentielles sur la façon de représenter la transformation de la pluie en débit à l'échelle du bassin versant.

III.2. Historique

L'idée de la modélisation 'GR' a été lancée par C. Michel en 1983 après l'analyse d'un modèle conceptuel CREC (Centre de Recherche et d'Etude de Chatou) à neuf paramètres sur le bassin expérimental de l'Orgeval. Il a été constaté que ce modèle présentait des difficultés au niveau de la mise en œuvre et du calage.

L'idée s'est développée alors, en partant du modèle le plus élémentaire possible (un unique paramètre lié à un unique réservoir) et en ne compliquant cette architecture que pour faire face aux difficultés à reproduire les débits réels et non pour satisfaire des conceptions a priori sur le cycle hydrologique. Cette démarche a débouché sur un modèle simple à deux paramètres GR2J [08].

De façon plus générale, ce premier modèle était un modèle à deux paramètres, GR2, avec un paramètre pour chaque capacité de réservoir.

La version GR3J [09] a servi, principalement, comme modèle de base pour l'élaboration des autres versions au pas de temps journalier ainsi qu'au pas de temps mensuel. GR2 [09], GR3 [08], GR3M [10] et GR2M [11]

La version qui semble la plus performante et la plus robuste est (GR4J) proposée par [12]. Au pas de temps annuel, les travaux de [13] ont permis de jeter les premières bases d'un modèle pluie-débit annuel, avec deux versions, à un paramètre (GR1A) et deux paramètres (GR2A).

Par la suite, [13] a repris la chaîne de modélisation à pas de temps mensuel, annuel et pluriannuel, en essayant d'identifier l'adaptation des structures des modèles au pas de

temps de fonctionnement, et en recherchant les cohérences de structures entre ces différents pas de temps. Il a ainsi pu proposer un modèle mensuel (GR2M) à deux paramètres, un modèle annuel (GR1A) à un paramètre et un modèle interannuel sans paramètres à caler.

III.3 Mode de développement :

Bien que ces modèles soient parfois apparentés à des modèles conceptuels du fait de leur structure à réservoirs, ce sont en fait des modèles empiriques: leur construction s'est faite sur la base de grands jeux de données et en découvrant progressivement la structure permettant de reproduire au mieux le comportement hydrologique du bassin versant (c'est-à-dire sa réponse aux pluies). Les idées suivantes se sont progressivement imposées au cours du développement de ces modèles pour permettre d'obtenir des modèles fiables et robustes [14]

- ❖ Représentation globale du bassin versant,
- ❖ Approche empirique de développement sans recours a priori à la physique des écoulements,
- ❖ Augmentation progressive de la complexité de la structure du modèle en partant de structures simples,
- ❖ Justification de la complexité de la structure d'un modèle par ses performances,
- ❖ Recherche de structures de modèle générales (applicables à des bassins variés),
- ❖ Utilisation de larges échantillons de bassins versants pour tester les performances des modèles,
- ❖ Evaluation d'un modèle par comparaison à d'autres structures de modèle.

III.4. Description du modèle pluie-débit annuel GR1A

III.4 .1. Introduction :

Le modèle GR1A (modèle du Génie Rural à 1 paramètre Annuel) est un modèle pluie-débit global à un seul paramètre. Son développement a été initié au CEMAGREF à la fin des années 1990, avec pour objectif de mettre au point un modèle de simulation pluie-débit robuste et fiable en vue d'utilisations pour des applications d'évaluation et de gestion de la ressource en eau. La principale version, que nous présentons ici, est celle proposée par [13]

III.4. 2.Représentation mathématique

La structure du modèle est très simple puisqu'elle se résume à une simple équation, le débit Q_k de l'année k étant proportionnel à la pluie P_k de la même année, avec un coefficient d'écoulement dépendant de P_k , de la pluie P_{k-1} de l'année $k-1$ et de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne E . Le modèle s'écrit :

$$Q_k = P_k \left\{ 1 - \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{0.7P_k + 0.3P_{k-1}}{XE_k} \right)^2 \right]^{0.5}} \right\}$$

Cette formule dérive de la formule de **TURC[15]** qui donne l'écoulement moyen interannuel. Une recherche systématique de la meilleure manière de prendre en compte l'état antérieur du système a montré qu'il fallait se limiter à prendre en compte la pluie de l'année précédant l'année en cours. Le paramètre X traduit l'influence d'une ouverture du bassin sur l'extérieur non atmosphérique (par exemple échange avec des nappes profondes ou avec des bassins adjacents dans le cas d'une non-superposition des limites topographiques et géologiques : si X est supérieur à 1, le système perd de l'eau et si X est plus petit que 1, le système en gagne, le tout exprimé en fraction de l'ETP.

III.4.3. Paramètre :

Le modèle ne comporte qu'un paramètre optimisable, le paramètre X adimensionnel, qui apparaît comme un coefficient modulateur de l'évapotranspiration potentielle. Sur un large échantillon de bassins versants, la médiane de X vaut 0.7 et un intervalle de confiance à 90% est donné par [0.13;3.5].

III .5. Description du modèle pluie-débit mensuel GR2M :

III .5.1.Introduction :

Le modèle GR2M (modèle du Génie Rural à 2 paramètres Mensuel) est un modèle pluie-débit global à deux paramètres. Son développement a été initié au CEMAGREF à la fin des années 1980, avec des objectifs d'applications dans le domaine des ressources en eau et des étiages.

Ce modèle a connu plusieurs versions, proposées successivement par [10], et[16],[11],[13]qui a permis d'améliorer progressivement les performances du modèle. La

version présentée ici est celle de [13] qui paraît la plus performante.

III .5.2. Représentation mathématique :

Un schéma de la structure est donné à la **Figure 12** P_k est la pluie mensuelle du mois, k et E l'évapotranspiration potentielle moyenne pour le même mois calendaire.

Les équations qui régissent le modèle sont les suivantes :

❖ Production :

La fonction de production du modèle repose sur un réservoir de suivi d'humidité du sol. Une partie P_s de la pluie P_k va être ajoutée au contenu S_k dans le réservoir en début de pas de temps :

$$P_s = \frac{X_1 \left(1 - \left(\frac{S_k}{X_1} \right)^2 \right) \tanh \left(\frac{P_k}{X_1} \right)}{1 + \frac{S}{X_1} \tanh \left(\frac{P_k}{X_1} \right)}$$

Le paramètre X_1 , capacité du réservoir de production, est positif et exprimé en mm. La pluie en excès, PI , est donnée par :

$$PI = P_k - P_s$$

Et le contenu du réservoir est actualisé :

$$S' = S_k + P_s$$

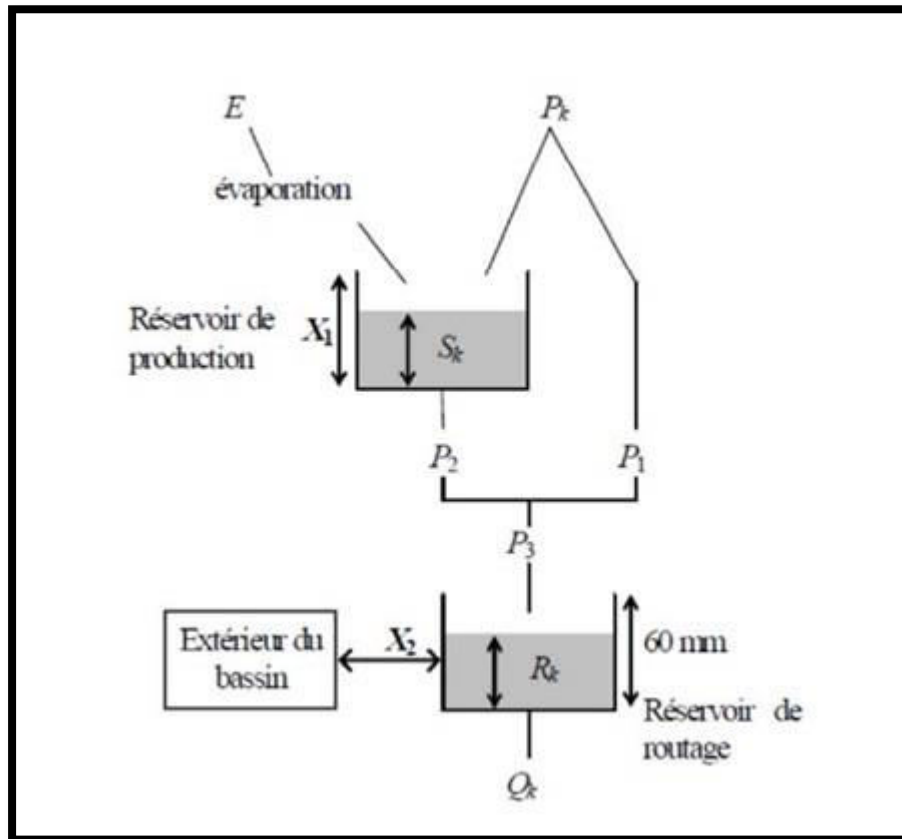


Fig. 11: schéma de la structure du modèle GR2M

Du fait de l'évapotranspiration, une quantité E_s est prélevée du réservoir :

$$E_s = \frac{S' \left(2 - \frac{S'}{X_1} \right) \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)}{1 + \left(1 - \frac{S'}{X_1} \right) \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)}$$

E est l'évapotranspiration potentielle moyenne du mois calendaire considéré. Le niveau S' devient S'' :

$$S'' = S' - E_s$$

❖ **Percolation:**

Le réservoir de suivi d'humidité du sol se vidange ensuite selon une percolation P_2 :

$$P_2 = S'' \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{S''}{X_1} \right)^3 \right]^{-1/3} \right\}$$

son niveau S_{k+1} , prêt pour les calculs du mois suivant, est alors donné par :

$$S_{K+1} = S'' - P_2$$

- ❖ Routage et échange avec l'extérieur non atmosphérique La quantité d'eau totale P_3 qui atteint le réservoir de routage est donnée par :

$$P_3 = P_1 + P_2$$

Le niveau R_k dans le réservoir devient alors R' :

$$R' = R_K + P_3$$

Un terme d'échange en eau souterrain F a été imposé par les données des nombreux bassins utilisés. Ignorer cette ouverture sur l'extérieur non atmosphérique conduit à une baisse

considérable de l'efficacité du modèle. F est alors calculé par :

$$F = (X_2 - 1) * R'$$

Le paramètre X_2 est positif et adimensionnel. Le niveau dans le réservoir devient :

$$R'' = X_2 * R'$$

Le réservoir, de capacité fixe égale à 60 mm, se vidange pour donner le débit Q_k selon l'équation suivante :

$$Q_k = \frac{R''^2}{R'' + 60}$$

Le contenu du réservoir est enfin actualisé par :

$$R_{K+1} = R'' - Q_k$$

III.5.3. Paramètres :

Le modèle à deux paramètres optimisables :

X_1 : capacité du réservoir de production (mm)

X_2 : coefficient d'échanges souterrains (-)

Sur un large échantillon de bassins versants, on obtient les valeurs données dans le tableau

Tableau 09: valeur des paramètres du modèle GR2M

Paramètre	Médiane	Intervalle de confiance à 90%
X1 (mm)	380	140-2640
X2 (-)	0.92	0.21-1.31

III.6. Critère de performance de NASH :

Il existe une bibliographie très riche présentant différentes formes de fonctions critères. Citons à titre d'exemple : le critère de Nash[17]; etc.... Notre choix de la forme de la fonction critères est porté sur le critère de Nash pour deux raisons principales: Une étude comparative entre différentes formes de critères a été effectuée par[18]et a montré que le critère de Nash s'impose comme celui qui, globalement, permet d'accéder au meilleur calage. Lors de ses travaux de recherche au sein du CEMAGREF PERRINA(2000) utilisé le même critère, après une étude comparative avec d'autres formes de fonctions critères, en vue d'une amélioration du modèle GR4J. Pour garder encore une fois une certaine cohérence entre les pas de temps (journalier, mensuel, annuel et pluriannuel), ce choix est conservé ici.

En effectuant la transformation choisie (racine de Q), le critère de Nash s'écrit comme suit [17]

$$F = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\sqrt{Q_i} - \sqrt{Q'_i})^2}{\sum_{i=1}^N (\sqrt{Q_i} - \sqrt{\bar{Q}})^2}$$

N : Le nombre total de valeurs calculées et observées ;

Q : Lame d'eau écoulee observée ;

Q' : Lame d'eau écoulee estimée par le modèle ;

\sqrt{Q} : Moyenne sur N valeurs de la racine carrée des lames d'eau écoulees observées.

Le critère de NASH est le critère le plus fréquemment utilisé.il à l'avantage de donner un

ponds important à la restitution par le modèle des forts débits.

III.7. Applications des modèles :

Les modèles présentés précédemment peuvent être utilisés pour un certain nombre d'application d'ingénierie ou de gestion de l'eau. A titre d'exemples, on peut citer :

- **la reconstitution ou l'extension de séries de débit** : après calage, le modèle est appliqué en simulation sur une période pour laquelle on dispose de données pluviométriques observées ;

- **la prédétermination** : les séries des débits observés étant souvent courte, il peut être intéressant de les étendre à l'aide d'un modèle pluie-débit. On peut pour cela soit utiliser des séries de pluie observée si elles sont suffisamment longues, soit utiliser un générateur stochastique de pluie qui permettra d'obtenir des séries probables de pluie sur le bassin (un tel générateur demandant un calage préalable sur des séries de pluie observée) ;

- la prévision à court terme (quelques heures à quelques jours) : elle est particulièrement utile pour les événements de crues. Le modèle doit alors intégrer une procédure d'assimilation des débits observés, ce qui permet d'améliorer de façon substantielle les prévisions. Les travaux de [19] ont permis de mettre au point un modèle continu (GR3P) dérivant du modèle GR4J et spécifiquement adapté à l'exercice de prévision à court terme ; voir également les travaux réalisés en mode événementiel avec le modèle GR3H(Fourmigué et Lavabre, 2005) ;

- la prévision à moyen ou long terme (de quelques semaines à quelques mois)

Elle est intéressante pour les problématiques d'étiage et de gestion de la ressource. Dans ce cas, se pose le problème de l'incertitude sur les pluies futures.

Pour en tenir compte, on doit adopter un cadre de prévision probabiliste en utilisant de nombreux scénarios de pluie future à partir de l'instant de prévision, scénarios issus soit de prévisions d'ensemble de modèles météorologiques, soit d'archives météorologiques si elles existent, soit d'un générateur stochastique de pluie ;

- la détection de tendance dans le comportement hydrologique du bassin versant : l'utilisation d'un modèle hydrologique permet d'identifier dans la variabilité des séries de débit ce qui vient de la variabilité naturelle des conditions climatiques de ce qui vient de changements de caractéristiques du bassin versant [20];

- la gestion ou le dimensionnement d'ouvrages : grâce au modèle, on peut dans une étude de dimensionnement simuler en continu des apports au réservoir et ainsi optimiser son dimensionnement pour des objectifs particuliers (soutien d'étiage, écrêtement de crue, etc.) en tenant compte ainsi de la variabilité naturelle de ces apports. En conditions opérationnelles, la prévision des apports peut permettre en mieux gérer l'ouvrage.

Conclusion :

Les modèles du Génie Rural sont des modèles simples (peu de paramètres à caler). Par suite, ils ont des besoins en données limités, dans un domaine où les modèles tendent à devenir de plus en plus complexes pour intégrer des processus supposés exister à l'échelle ponctuelle.

Les modèles GR ont été testés sur des bassins et des contextes climatiques très variés, en France mais aussi dans d'autres pays (Etats-Unis, Australie, Brésil, Allemagne, Angleterre, Côte d'Ivoire, etc.). Applicables à l'échelle du bassin versant, ils ont été testés pour des bassins versants allant de moins de 10 km² à plus de 100 000 km². Ils sont également été utilisés dans des bassins en Algérie et particulièrement au niveau des bassins de l'oued Mouilah.

Dans cette étude, pour prédire le débit d'une année donnée, on utilise à l'entrée des valeurs de pluies observées (mm), des valeurs de l'ETP calculées par la méthode de **Thornthwaite** (mm) et des débits (exprimés en lames d'eau écoulées) observés. Pour cela les données de pluies (mm) mesurées au niveau de la station de Foug El Gueiss et les débits (mm) mesurés relatifs aux périodes (1996-2015) sont utilisées.

La procédure de calage a consisté à déterminer les paramètres optimisés à partir des différents critères de qualité. Nous avons retenu les paramètres pour lesquels les critères de qualité sont optimaux.

IV.I. Le modèle annuel GR1A

Pour la phase de calage, nous avons utilisé les données d'entrée du modèle (pluie, ETP, lame d'eau écoulée observée) correspondant à la période 1996/2011 alors que pour la validation nous avons pris la série de 2012/2015. Le calage, du paramètre X du modèle, est réalisé manuellement en procédant au changement de sa valeur entre l'intervalle [0.13; 3.5] correspondant à un large échantillon de bassins versants dont la médiane est de 0.7 avec un intervalle de confiance à 90% [21].

Cette valeur de X est modifiée plusieurs fois en commençant par la valeur minimale de 0.13 en la faisant augmenter de 0.01 à chaque manipulation jusqu'à l'obtention d'une valeur du critère de **Nash-Sutcliffe** optimale supérieure à 70% et un coefficient de corrélation R^2 entre les débits mesurés et ceux calculés proche de 1, Les résultats trouvés (Nash=96.44%, X=0.98, $R^2=0.977$)

Tableau 11: Calage et validation du GR1A au bassin versant d'Oued Foug El Gueiss

Période de calage (1996 à 2011)			
ETP (Thornthwaite)			
Paramètre	Critères de qualité et d'optimisation		
X	Nash(Q)	Bilan	Coefficient de corrélation
0,98	96,44%	92,37%	0,977

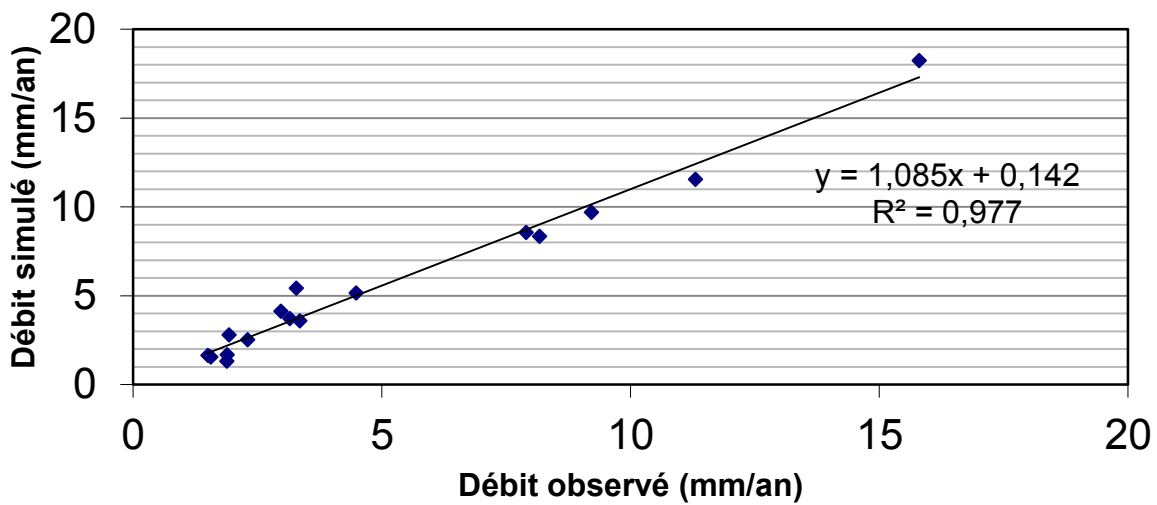


Fig.12a

et la superposition des deux graphes, des débits simulés et calculés (**Fig.12b**), dénotent d'un bon calage du modèle

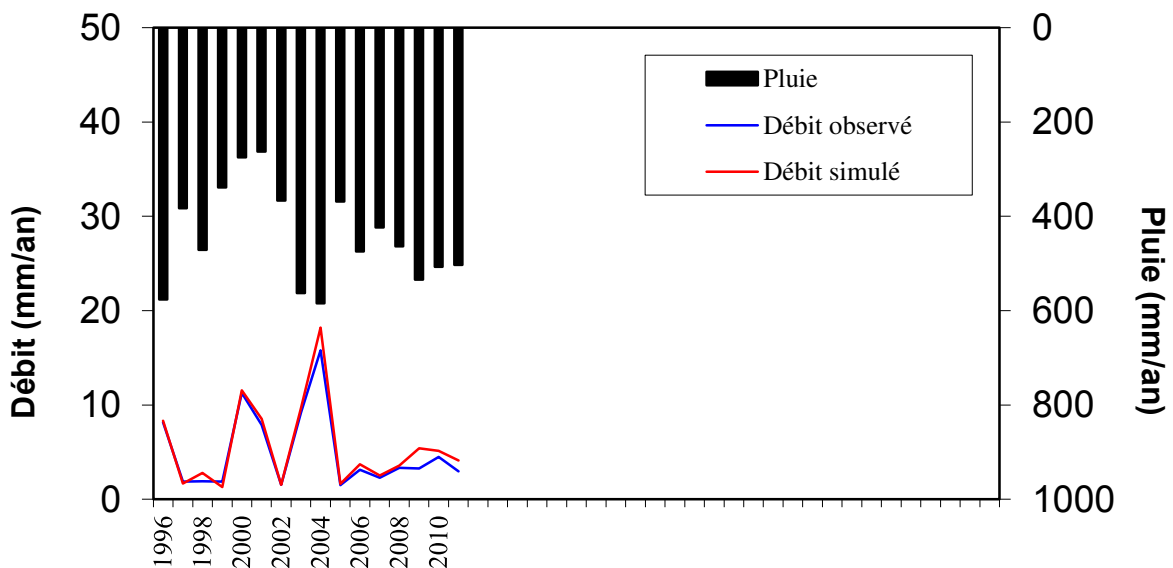


Fig.12b

Fig 12 : calage du modelé GR1A obtenu à la station de Foum El Gueiss

Pour la validation du modèle de nouvelles données des précipitations et d'évapotranspiration correspondant à la période (2012/2015) et qui n'ont pas été utilisées lors du calage sont introduites. Le calcul est lancé en prenant pour le paramètre X la valeur trouvée lors du calage. Les valeurs trouvées des débits sont alors comparées aux valeurs observées par

corrélation linéaire simple (**Fig14**). Aussi, le coefficient de corrélation de 0.996 trouvé, confirme la validité du modèle.

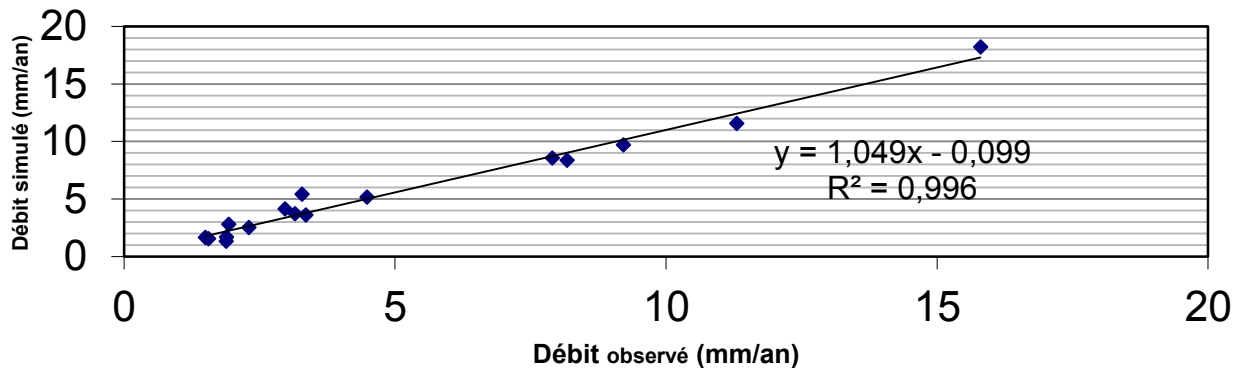


Fig. 13 : validation du modèle GR1A sur les données annuelles

IV.2. Le modèle mensuel GR2M

L'application au bassin de Foum El Gueiss a porté sur les données mensuelles de Janvier 1996 à Décembre 2015 pour le calage et celle de Janvier 1996 à Décembre 2010 pour la validation.

Pour le calage du modèle, nous avons procédé manuellement aux changements des valeurs des paramètres X1 et X2 plusieurs fois jusqu'à l'obtention des valeurs optimales du coefficient du critère de qualité de **Nash-Sutcliffe** et du coefficient de détermination R^2 de la corrélation entre les débits calculés et ceux observés. Cette opération est conduite entre les intervalles des valeurs trouvées sur un large échantillon par l'équipe du CEMAGREF (**tableau 10**)[22].

Tableau.10 : Valeurs des paramètres du modèle GR2M obtenues sur un large échantillon de bassins versants

paramètre	médiane	Intervalle de confiance à 90%
X1 (mm)	380	140 -- 2640
X2 (-)	0.92	0.21 -- 1.31

Les résultats ($X1=7.01$ donc Réels 1111.04mm, $X2=0.54$, Nash=94.3%, $R^2=0.951$)(fig. 7a) et la bonne superposition des deux courbes, des débits simulés et calculés pour l’oued Foum El Gueiss

Tableau 12: Calage et validation du GR2M au bassin versant d’Oued Foum El Gueiss

Période de calage (Janvier 1996 à Décembre 2010)				
ETP (Thorntwaite)				
Paramètres		Critères de qualité et d’optimisation		
X1	X2	Nash(Q)	Bilan	Coefficient de corrélation
1111,04	0,54	94,3%	109,5%	0,951

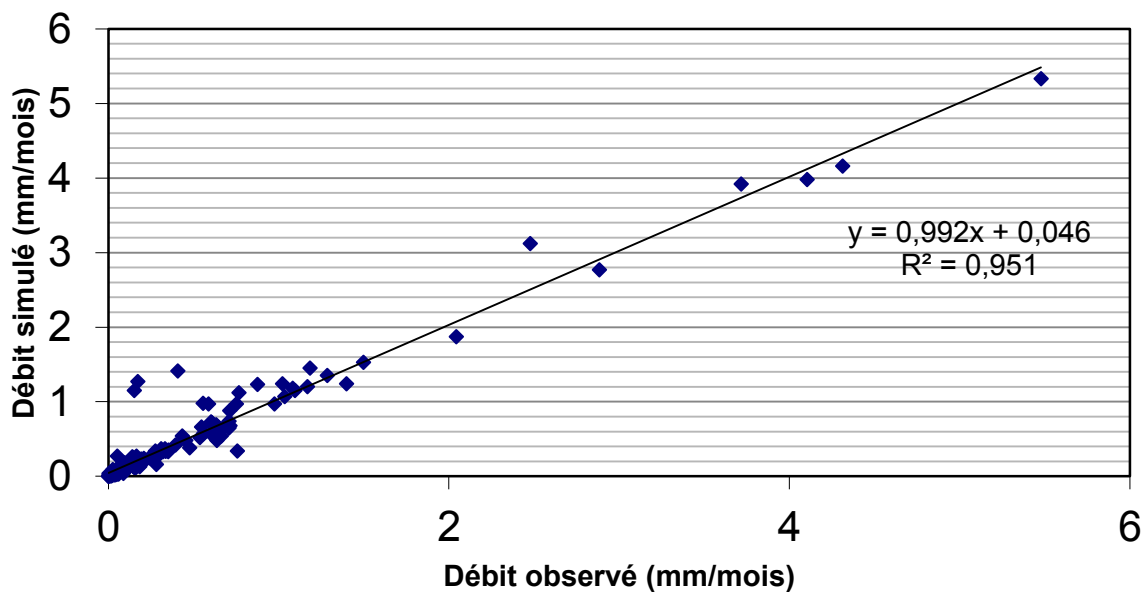


Fig.14a

(Fig. 14b), permettent de dire que le modèle est bien calé

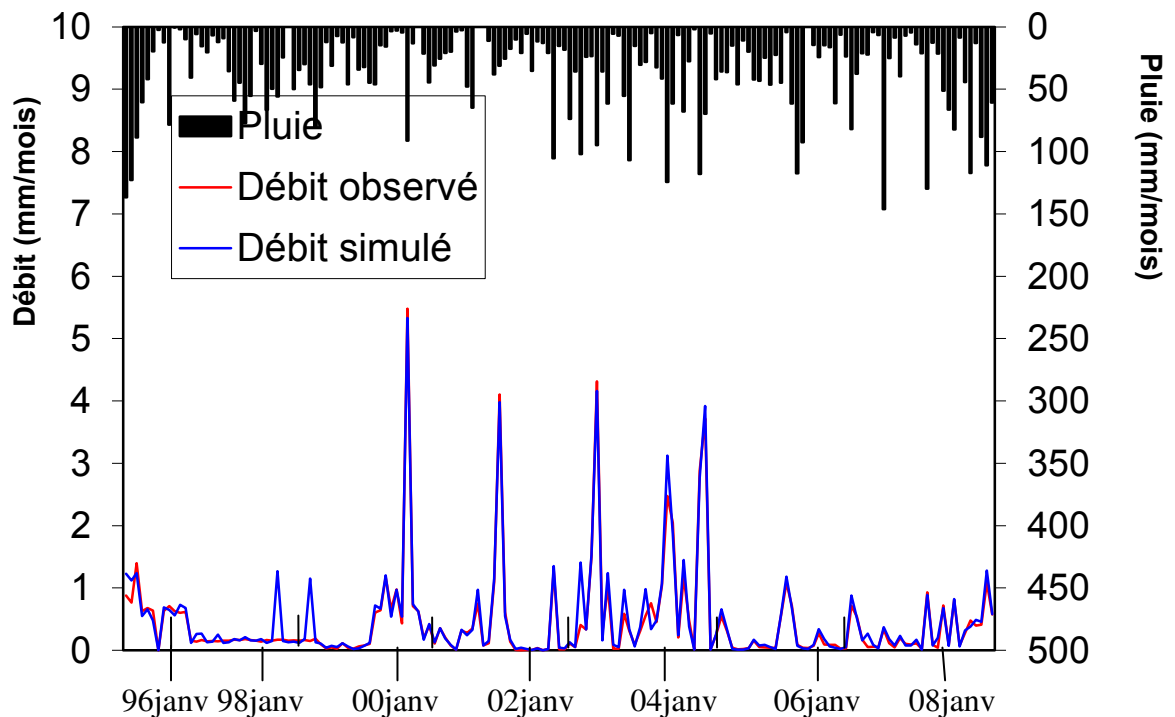


Fig.14b

Fig14 : calage du modèle GR2M obtenus à la station de Foum El Gueiss

Pour la validation du modèle de nouvelles données des précipitations et d'évapotranspiration correspondant à la période (1997/2010) et qui n'ont pas été utilisées lors du calage sont introduites. Le calcul est lancé en prenant pour les paramètres X1 et X2 les valeurs optimisées lors du calage. Les valeurs des débits issues du modèle sont alors comparées aux valeurs observées par corrélation linéaire simple (Fig. 16). Avec un coefficient de 0.951, le résultat de la validation confirme la bonne performance du modèle

Les résultats comme suits : (X1=7.01 donc Réels 1111.04mm, X2=0.54, Nash=95%, $R^2=0.951$)

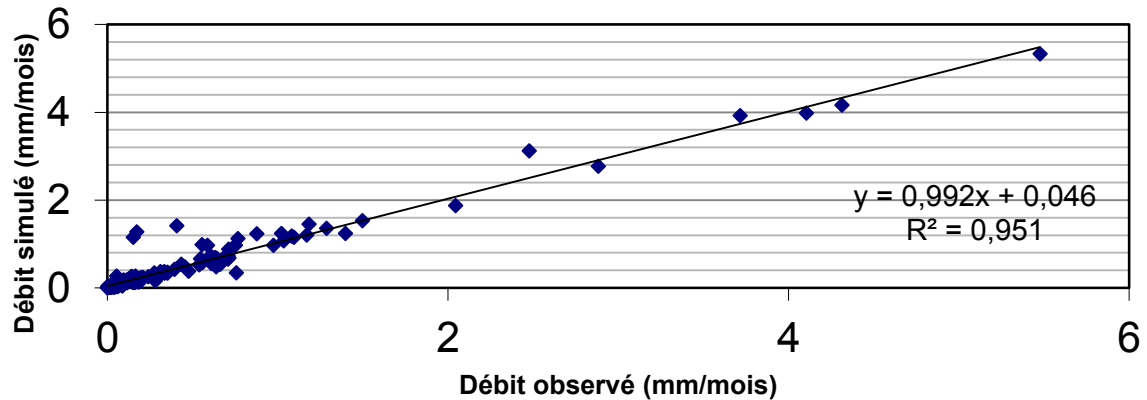


Fig 15 : résultat de la validation du modèle GR2M sur les données mensuelles

Conclusion

Les paramètres des modèles à pas de temps annuel GR1A et mensuel GR2M du CEMAGREF caractéristiques du bassin versant d'oued Foug El Gueiss ont été déterminés.

Leur optimisation a été obtenue pour des valeurs élevées des critères de qualité.

La phase de validation a donné de très bons résultats confirmant le bon calage du modèle sur le bassin et l'excellente performance quant à l'utilisation des modèles GR pour des bassins à climats semi-arides méditerranéens.

L'étape suivante consistera à utiliser les sorties des modèles climatiques pour forcer les modèles GR1A et GR2M. Il s'agit de sortie du modèle régional **REMO** qui permettront de faire des prévisions saisonnières et d'étudier l'évolution de la ressource en eau à moyenne et Long terme.

Conclusion générale

Le bassin versant de l'Oued Foum El Gueiss fait partie de l'ensemble des bassins versants des hauts plateaux, présente une superficie de 156 km² pour un périmètre de 53 km.

L'étude morphométrique a montré que le bassin versant Foug El Gueiss est de type modérément allongé. Cette valeur a une influence sur le temps de concentration. Selon l'indice de pente globale, le bassin versant se caractérise par un relief faible.

La topographie est marquée par une altitude maximale de 1013 m et une altitude

A cet effet, nous avons opté dans cette étude pour le modèle hydrologique GR, comportant peu de paramètres et pouvant rendre compte du comportement hydrologique de notre bassin.

Ce modèle est de type globale, dont les paramètres d'entrées sont les précipitations, d'ETP (calculée par la méthode de **Thornthwaite**) ainsi que la superficie du bassin versant et le paramètre de sortie est constitué par les lames d'eau écoulées.

La modélisation pluie-débit à l'aide du logiciel GR donne des résultats plus performants et représentatifs que celle par approche corrélatrice.

Les résultats de la validation entre débits observés et débits simulés sont bons, ils varient en fonction de temps utilisé. Pour le modèle annuel, les coefficients de corrélation sont significatifs, de 0,977 avec un Nash de 96.44% pour le calage et 0,996 avec un Nash de 94.07% pour la validation. A l'échelle mensuelle, les coefficients de corrélation sont aussi bons, de 0,951 avec un Nash de 94.3% pour le calage et 0,951 avec un Nash de 95% pour la validation, ceci peut s'expliquer par la régularité des précipitations au cours des mois et les bonnes conditions géologiques de cette zone.

Ce modeste travail représente un premier essai d'utilisation du modèle global GR qui a donné de bons résultats pour notre bassin. Il serait aussi souhaitable de tester d'autres modèles qui existent dans la littérature sur la modélisation hydrologique.

Rèfèrences bibliographiques

- [01] **S. Soussou, B. Masseck, A. Badji**, calage et validation des modèles hydrologiques GR4j et GR2M sur le bassin du Bafing en amont du Bafing_Makanavers l'étude de l'impact du climat sur les ressources en eau de la retenue du Manantali. 6ième ed. jour. Sci. 2iE, 4-8 avr. 2011.
- [02] **Fiche technique** ; Agence nationale des barages, barrage Fom El Gueiss.
- [03] **Fiche technique** ; Direction générale des forêts-khenchela.
- [04] **Lionel Lessard**, (la géologie et les problèmes de l'eau en Algérie), Elément de la géologie des barages Algériens et de quelques ouvrages annexes, le barrage de Fom El Gueiss-khenchela, (1952) p1.2.3
- [05] **Ramade F.**, Elément d'écologie appliquée 4^{ème} édition Ed Mc Graw Hill, Paris, (1981), 578P
- [06] **Berkani C.**, Etude hydrochimique des sources thermale des aures (khenchela), Mémoire de master, Option : Ecologie et Environnement, Centre universitaire de khenchela. (2010), P 36
- [07] **Gouidia L.**, (Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de meskiana Nord-est Algérien), Mémoire magister, Département : Géologie, Université Annaba (2008) P105
- [08] **Michel .C.**, Que peut-on faire en hydrologie avec un modèle conceptuel à un seul paramètre ? La Houille Blanche(1), 39-44. 1983
- [09]. **Edijatno et Michel, C., 1989**. Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres. La Houille Blanche(2), 113-121.
- [10] **Kabouya M.**, Modélisation pluie-débit aux pas de temps mensuel et annuel en Algérie septentrionale. Thèse de Doctorat, Université Paris Sud Orsay, 347 p. 1990
- [11] **Makhlouf, Z., 1994**. Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres. Thèse de Doctorat, Université Paris XI Orsay, 426 pp

- [12]. **Perrin, C., 2000.** Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative. Thèse de Doctorat, INPG (Grenoble) / Cemagref (Antony), 530 pp.
- [13] **Mouelhi C .,** Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. Thèse de Doctorat, ENGREF, Cemagref Antony, France, 323 pp. 2003
- [14] **Mathevet, T., 2005.** Quels modèles pluie-débit globaux pour le pas de temps horaire ? Développement empirique et comparaison de modèles sur un large échantillon de bassins versants. Thèse de Doctorat, ENGREF (Paris), Cemagref (Antony), France, 463 pp.
- [15] **Turc, L., 1955.** Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations, L'évaporation et l'écoulement. Ann. Agr. 6, 5-131.
- [16] **Kabouya, M. et Michel, C., 1991.** Estimation des ressources en eau superficielle aux pas de temps mensuel et annuel, application à un pays semi-aride. Revue des Sciences de l'Eau 4(4), 569-587.
- [17]**J.E. Nash. and J. V. Sutcliffe.,** River flow forecasting through conceptual models part I- A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10 (3), 282–290, 1970.
- [18]**Gerard.L.,** Sensibilité des performances d'un modèle de prévision des crues au critère de calage. Mem. Master, Eau Environnement. INP Toulouse.2010.
- [19]**Tangara, M., 2005** Nouvelle méthode de prévision de crue utilisant un modèle pluie-débit global. Thèse de Doctorat, EPHE, Paris, 374 pp.
- [20] **Andréassian, V., 2002.** Impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement hydrologique des bassins versants. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie Paris VI, Cemagref (Antony), 276 pp.
- [21]**HayaneSM.,** Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant d'oued Sikak. Thèse, 3ième cycle, univ. Oran, 189p, 1983.
- [22] **Bouanani. R ,** Modélisation de la fonction Pluie-Débit. Application au bassin versant de la Tafna (NW algérien). Mem, Magister, univ. Tlemcen, 105p. 2010.
- [23] **Dali.N ., 2009** Gestion intégrée des ressources en eau au niveau du bassin versant de Gareat EL Tarf.université de annaba.Algerie.
- [24] **ANRH . ; 2005** les analyses hydrochimiques de barrage Foum el Guiness kais 2015

Annexes

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm3	
ANNEE HYDROLOGIQUE 1996											
BARRAGE FOMEL GUEISS W KHENCHELA					OUED: EL GUEISS						

	UNTES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	5.620	4.910	8.960	4.020	4.350	4.090		4.060	4.540	4.020	3.870	3.940	52.370
	HM3	AEP	7.812	7.308	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	92.232
CONSUM- -MATIONS	HM3	IRR	0.351	0.377	0.403	0.390	0.403	0.390	0.403	0.319	0.270	0.279	0.242	0.070	3.897
	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	8.163	7.685	8.215	7.950	8.215	7.950	8.215	8.131	7.830	8.091	7.802	7.882	96.129
	HM3	FUTES	0.031	0.029	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.366
PERTES	HM3	V.FOND	0.612		0.864	0.013		0.027							1.516
ET	HM3	DEVERSEMENTS	1.960	2.428	9.257		0.702	0.078			0.588				15.013
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.030	0.020	0.035	0.042	0.055	0.067	0.123	0.123	0.063	0.049	0.035	0.028	0.670
	HM3	PERTES	2.633	2.477	10.187	0.085	0.488	0.202	0.154	0.154	0.093	0.080	0.065	0.059	16.677
	HM3	DEFFLUENTS	10.796	10.162	18.402	8.035	9.003	8.152	8.369	8.285	7.923	8.171	7.867	7.941	113.106
DEFFLUENT	HM3	AFF-DEFF	-5.176	-5.252	-9.442	-4.015	-4.653	-4.062	-8.369	-4.225	-3.383	-4.151	-3.997	-4.001	-60.726
SITUATION	M NGA	COTE	961.84	961.90	961.90	961.90	961.86	961.90	961.52	961.20	961.90	961.59	960.29	960.12	
FIN DU	HM3	VOLUME	1.245	1.280	1.280	1.280	1.257	1.280	1.067	0.900	1.280	0.614	0.490	0.425	
MOIS	%	REMPLE	289.5	297.7	297.7	297.7	292.3	297.7	248.1	209.3	297.7	142.8	114.0	98.8	
	mm	PLUIE	136.6	122.9	88.7	60.5	41.9	19.6	2.5	12.4	78.5	0.4	1.9	10.0	575.9
CLIMAT	mm	ETP	58.00	36.70	83.30	108.70	143.70	177.50	312.10	317.50	165.70	143.00	115.90	77.00	1739.10
	°C	MOY	8.16	9.72	12.89	19.14	24.37	30.06	34.74	36.11	26.40	21.26	14.18	10.09	

		BILAN HYDRAULIQUE											CAPACITE: 0.43 Hm3		
		ANNEE HYDROLOGIQUE 1997													
		BARRAGE FOUHEL GUESS W KHENCHELA							OUED: EL GUESS						
	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.980	0.900	1.060	0.940	0.940	0.940	0.990	0.990	1.080	1.060	1.160	1.060	12.110
	HM3	AEP	7.812	7.056	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	91.980
CONSOM- -MATIONS	HM3	IRR											0.390		0.390
	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	7.812	7.056	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	7.812	7.560	7.812	7.950	7.812	92.370
	HM3	FUTES	0.031	0.028	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.365
PERTES ET	HM3	V.FOND									0.090	0.315	0.594	0.216	1.215
	HM3	DEVERSEMENTS									0.052	0.208	0.760	0.346	1.366
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.023	0.028	0.033	0.039	0.065	0.079	0.080	0.059	0.043	0.046	0.031	0.031	0.557
	HM3	PERTES	0.054	0.056	0.136	0.069	0.096	0.107	0.111	0.090	0.215	0.599	1.415	0.624	3.572
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	7.866	7.112	8.351	7.629	7.908	7.667	7.923	7.902	7.775	8.414	9.365	8.436	96.348
	HM3	AFF-DEFF	-6.886	-6.212	-7.291	-6.689	-6.968	-6.727	-6.933	-6.912	-6.695	-7.354	-8.205	-7.376	-84.248
SITUATION	M NGA	COTE	961.13	960.35	960.60	960.36	960.05	959.87	959.85	959.96	961.80	961.88	961.78	961.90	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.429	0.514	0.618	0.518	0.399	0.236	0.329	0.367	1.222	1.268	1.222	1.280	
MOIS	%	REMPLE	99.8	119.5	143.7	120.5	92.8	54.9	76.5	85.3	284.2	294.9	284.2	297.7	
	mm	PLUIE	40.8	5.8	15.5	20.4	6.8	12.3	9.2	35.5	59.1	44.9	77.2	55.3	382.8
CLIMAT	mm	ETP	58.50	75.20	119.30	142.90	260.60	345.80	366.50	288.00	140.60	102.00	56.60	46.40	2002.40
	°C	MOY	7.81	8.07	10.22	18.46	22.26	27.93	31.73	33.67	25.58	22.49	16.38	8.11	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm3			
ANNEE HYDROLOGIQUE 1998													
BARRAGE FOMEL GUEISS W KHENCHELA										OUED: EL GUEISS			

	UNTES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.980	0.890	1.040	1.000	1.100	1.090	1.000	1.040	0.990	1.060	0.970	1.180	12.360
	HM3	AEP	7.812	7.056	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	7.812	7.560	7.812	7.560	7.812	91.980
CONSOM- -MATIONS	HM3	IRR			0.403	0.390	0.403	0.390	0.403	0.156	0.390	0.403	0.390	0.403	3.731
	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	7.812	7.056	8.215	7.950	8.215	7.950	8.215	7.968	7.950	8.215	7.950	8.215	95.711
	HM3	FUITES	0.031	0.028	0.031	0.030	0.031	0.030	0.109	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.443
PERTES ET	HM3	V.FOND			0.072		0.090			0.072		0.072		0.405	0.711
	HM3	DEVERSEMENTS												0.667	0.667
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.310	0.029	0.032	0.053	0.046	0.079	0.109	0.072	0.063	0.034	0.031	0.031	0.889
	HM3	PERTES	0.062	0.057	0.135	0.083	0.167	0.109	0.140	0.175	0.093	0.137	0.061	1.134	2.353
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	7.874	0.113	8.350	8.033	8.382	8.059	8.355	8.143	8.043	8.352	8.011	9.349	91.064
	HM3	AFF-DEFF	-6.894	0.777	-7.310	-7.033	-7.282	-6.969	-7.355	-7.103	-7.053	-7.292	-7.041	-8.169	-78.724
SITUATION	M NGA	COTE	961.90	961.90	961.90	961.90	961.85	961.50	961.82	961.18	960.90	961.18	961.72	961.90	
FIN DU	HM3	VOLUME	1.280	1.280	1.280	1.280	1.251	1.056	0.716	0.890	0.754	0.890	0.671	1.280	
MOIS	%	REMPLE	297.7	297.7	297.7	297.7	290.9	245.6	166.5	207.0	175.3	207.0	156.0	297.7	
	mm	PLUIE	3.1	29.7	66.7	49.7	55.8	24.6		49.8	34.6	30.0	46.2	80.4	470.6
CLIMAT	mm	EVAPO	39.10	46.30	72.80	109.00	122.70	203.80	282.50	202.60	169.90	93.30	75.90	32.40	1450.30
	°C	MOY	9.18	8.22	13.56	17.80	24.61	29.34	32.59	33.81	28.15	24.39	15.02	7.33	

BILAN HYDRAULIQUE	CAPACITE: 0.43 Hm³
ANNEE HYDROLOGIQUE 1999	
BARRAGE FOUHEL GUEISS W KHENCHELA	OUED

	UNTES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM ³	APPORT	0.630	0.210	0.300	0.180	0.740	0.270	0.180	0.390	0.490	0.670	3.900	4.110	12.060
	HM ³	AEP	7.812	7.056	7.812	7.560	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	7.560	7.812	45.648
CONSOM-	HM ³	IRR	0.403	0.364	0.403	0.390	0.403	0.390	0.403	0.403	0.390	0.403	0.390	0.403	4.745
-MATIONS	HM ³	AEI													0.000
	HM ³	TOTAL	8.215	7.420	8.215	7.950	0.409	0.396	0.409	0.409	0.396	0.409	7.950	8.215	50.393
	HM ³	FUITES	0.031	0.028	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.365
PERTES	HM ³	V.FOND	0.072				0.072			0.090	0.090	0.135			0.459
ET	HM ³	DEVERSEMENTS	0.286								0.430	0.432			1.148
LACHEES	HM ³	EVAPORATION	0.003	0.028	0.031	0.050	0.064	0.072	0.088	0.081	0.054	0.036	0.031	0.031	0.569
	HM ³	PERTES	0.106	0.056	0.062	0.080	0.167	0.102	0.119	0.202	0.606	0.634	0.061	0.062	2.257
DEFFLUENT	HM ³	DEFFLUENTS	0.509	0.420	0.465	0.470	0.570	0.492	0.522	0.605	1.002	1.043	8.011	8.277	22.386
	HM ³	AFF- DEFF	0.121	-0.210	-0.165	-0.290	0.170	-0.222	-0.342	-0.215	-0.512	-0.373	-4.111	-4.167	-10.316
SITUATION	M NGA	COTE	961.90	961.90	961.90	961.70	961.58	961.50	961.19	961.39	961.22	961.34	961.72	961.60	
FIN DU	HM ³	VOLUME	1.280	1.280	1.280	1.166	1.099	1.056	0.895	0.997	0.910	0.971	0.671	0.618	
MOIS	%	REPLI	297.7	297.7	297.7	271.2	255.6	245.6	208.1	231.9	211.6	225.8	156.0	143.7	
	mm	PLUIE	48.3	12.3	31.1	7.4	12.4	46.2	8.4	34.2	32.2	44.9	46.2	14.8	338.4
CLIMAT	mm	ETP	53.50	34.20	79.00	137.00	191.80	233.90	270.00	274.40	180.30	130.10	75.90	46.80	1706.90
	°C	MOY	7.87	9.12	14.08	19.52	21.13	28.44	34.60	28.19	22.15	17.46	11.06	9.62	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm3				
ANNEE HYDROLOGIQUE 2000														
BARRAGE FOU MEL GUEISS					W KHENCHELA					OUED				

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.750	0.425	0.625	0.278	35.110	4.540	4.010	1.240	2.530	0.700	2.260	1.310	72.480
	HM3	AEP								0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.025
CONSUM-	HM3	IRR	0.403	0.364	0.403		0.403	0.299	0.403	0.050	0.030	0.155	0.030	0.050	2.590
-MATIONS	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.403	0.364	0.403	0.000	0.403	0.299	0.403	0.055	0.035	0.160	0.035	0.055	2.615
	HM3	FUITES	0.031	0.029	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.031	0.030	0.031	0.003	0.031	0.339
PERTES	HM3	V.FOND								0.030	0.031				0.061
ET	HM3	DEVERSEMENTS	0.286				2.670	0.065							3.021
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.030	0.032	0.056	0.054	0.057	0.069	0.120	0.020	0.122	0.045	0.093	0.028	0.726
	HM3	PERTES	0.347	0.061	0.087	0.084	2.758	0.164	0.151	0.081	0.183	0.076	0.096	0.059	4.147
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	0.750	0.425	0.490	0.474	3.161	0.463	0.554	0.136	0.218	0.236	0.131	0.114	7.152
	HM3	AFF-DEFF	0.000	0.000	0.135	-0.196	31.949	4.077	3.456	1.104	2.312	0.464	2.129	1.196	46.626
SITUATION	M NGA	COTE	961.90	961.90	961.78	961.26	961.90	961.87	961.60	961.47	961.65	961.34	961.50	961.47	
FIN DU	HM3	VOLUME	1.280	1.280	1.211	0.930	1.280	1.263	1.110	1.039	1.145	0.971	1.050	1.039	
MOIS	%	REPLI	297.7	297.7	281.6	216.3	297.7	293.7	258.1	241.6	266.3	225.8	244.2	241.6	
	mm	PLUIE	15.9	3.4	2.9	4.4	91.3	13.2		21.4	44.5	30.8	25.9	21.0	274.7
CLIMAT	mm	EIP	41.80	66.70	105.40	169.40	171.70	209.00	360.00	52.00	219.80	118.60	121.50	77.40	1713.30
	°C	MOY	9.51	8.14	12.51	12.06	17.70	26.33	30.70	29.70	28.33	22.48	15.16	9.29	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm3			
ANNEE HYDROLOGIQUE 2001													
BARRAGE FOUHEL GUESS W KHENCHELA										OUED			

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.510	0.090	2.060	1.770	2.260	4.820	0.490	0.720	7.030	26.310	3.910	0.910	50.850
	HM3	AEP	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.058
CONSUM-	HM3	IRR	0.017	0.028	0.030	0.030	0.031	0.030	0.031	0.031	0.030	0.031	0.030	0.031	0.350
MATIONS	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.022	0.032	0.035	0.034	0.036	0.035	0.036	0.036	0.035	0.036	0.035	0.036	0.408
	HM3	FUITES	0.031	0.003	0.003	0.030	0.031	0.030	0.031	0.031	0.030	0.028	0.005		0.253
PERTES	HM3	V.FOND		0.085	0.020	0.241	0.247	0.029	0.041		0.630	0.603	0.630		2.526
ET	HM3	DEVERSEMENTS	0.010								0.270	4.410		0.020	4.710
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.018	0.020	0.048	0.064	0.067	0.106	0.129	0.107	0.060	0.054	0.024	0.015	0.712
	HM3	PERTES	0.058	0.108	0.248	0.335	0.346	0.165	0.201	0.138	0.990	5.095	0.659	0.035	8.378
	HM3	DEFFLUENTS	0.080	0.140	0.284	0.369	0.382	0.200	0.237	0.174	1.025	5.131	0.694	0.071	8.787
DEFFLUENT	HM3	AFF-DEFF	0.430	-0.050	1.776	1.401	1.878	4.620	0.253	0.546	6.005	21.179	3.216	0.839	42.093
SITUATION	M NGA	COTE	961.50	961.22	961.45	961.35	961.51	961.24	960.94	960.87	961.90	961.89	961.73	961.68	
FIN DU	HM3	VOLUME	1.056	0.909	1.029	0.922	1.061	0.920	0.772	0.740	0.478	0.773	0.399	0.378	
MOIS	%	REMPLE	245.6	211.4	239.3	214.4	246.7	214.0	179.5	172.1	111.2	179.8	92.8	87.9	
	mm	PLUIE	20.0	3.6	2.7	47.8	64.9			11.1	38.1	31.1	25.6	17.7	262.6
CLIMAT	mm	ETP	50.10	57.60	130.50	178.10	184.60	293.40	377.40	339.50	160.30	139.50	68.80	44.80	2024.60
	°C	MOY	8.70	10.11	14.06	19.10	22.60	29.86	33.42	36.17	27.45	15.58	14.33	9.86	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm ³				
ANNEE HYDROLOGIQUE 2002														
BARRAGE FOUHEL GUESS W KHENCHELA										OUED				

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM ³	APPORT	0.050	0.020	0.020	0.030	0.220	0.010	0.150	8.250	0.110	0.110	0.710	0.340	10.010
	HM ³	AEP	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.071
CONSOM-	HM ³	IRR	0.031		0.023	0.040	0.062		0.040	0.048	0.012	0.207	0.014	0.062	0.539
-MATIONS	HM ³	AEI													0.000
	HM ³	TOTAL	0.037	0.005	0.029	0.046	0.068	0.006	0.046	0.054	0.018	0.213	0.020	0.068	0.610
	HM ³	FUITES	0.215				0.104	0.009					0.023		0.351
PERTES	HM ³	V.FOND								1.949	0.010	0.045	0.243	0.530	2.777
ET	HM ³	DEVERSEMENTS								14.150	0.084	0.005	0.859	0.090	15.188
LACHEES	HM ³	EVAPORATION	0.018	0.013	0.026	0.003	0.031	0.043	0.072	0.083	0.068	0.058	0.027	0.018	0.460
	HM ³	PERTES	0.233	0.013	0.026	0.029	0.135	0.052	0.072	16.213	0.162	0.108	1.152	0.638	18.833
DEFFLUENT	HM ³	DEFFLUENTS	0.271	0.018	0.055	0.075	0.203	0.058	0.118	16.267	0.180	0.321	1.172	0.706	19.444
	HM ³	AFF-DEFF	-0.221	0.002	-0.035	-0.045	0.017	-0.048	0.032	-8.017	-0.070	-0.211	-0.462	-0.366	-9.424
SITUATION	M NGA	COTE	961.23	961.21	961.15	961.80	960.88	960.66	960.35	961.87	961.87	961.56	961.81	961.70	
FIN DU	HM ³	VOLUME	0.209	0.204	0.189	0.171	0.124	0.080	0.250	0.463	0.463	0.327	0.435	0.386	
MOIS	%	REMPLE	48.6	47.4	44.0	39.8	28.8	18.6	58.1	107.7	107.7	76.0	101.2	89.8	
	mm	PLUIE	10.2	21.0	5.6	35.4	11.6	12.9	21.0	105.5	15.2	18.3	73.9	35.7	366.3
CLIMAT	mm	EVAPO	63.60	66.50	118.50	150.20	190.50	281.10	305.10	239.40	167.20	175.60	93.80	55.10	1906.60
	°C	MOY	9.36	8.87	13.61	18.49	21.13	26.87	32.14	33.24	25.66	19.09	14.35	9.18	

BILAN HYDRAULIQUE	CAPACITE: 0.43 Hm3
ANNEE HYDROLOGIQUE 2003	
BARRAGE FOMEL GUEISS W KHENCHELA	OUED

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	2.612	2.155	9.604	27.648	1.805	6.551	0.172	0.167	3.763	2.029	0.573	1.992	59.071
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.072
CONSUM- -MATIONS	HM3	IRR	0.042	0.056	0.052	0.060	0.093	0.090	0.062	0.056	0.036	0.078	0.052	0.042	0.719
	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.048	0.062	0.058	0.066	0.099	0.096	0.068	0.062	0.042	0.084	0.058	0.048	0.791
	HM3	FUITES	0.005												0.005
PERTES ET	HM3	V.FOND	1.020	1.138	6.540	6.565	0.773	1.393			0.374	0.004	0.202	0.471	18.480
	HM3	DEVERSEMENTS	1.428	0.930	2.977	20.987	0.816	5.002	0.005		3.140	1.866	0.273	1.449	38.873
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.018	0.019	0.029	0.030	0.093	0.069	0.113	0.094	0.062	0.045	0.024	0.014	0.610
	HM3	PERTES	2.471	2.087	9.539	27.583	2.276	6.462	0.118	0.094	3.576	1.915	0.499	1.934	58.554
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	2.520	2.149	9.604	27.648	2.344	6.560	0.186	0.156	3.618	1.999	0.557	1.983	59.324
	HM3	AFF- DEFF	0.092	0.006	0.000	0.000	-0.539	-0.009	-0.014	0.011	0.145	0.030	0.016	0.009	-0.253
SITUATION	M NGA	COTE	961.90	961.90	961.90	961.90	961.81	961.88	961.74	961.60	961.90	961.90	961.90	961.90	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.477	0.477	0.477	0.477	0.435	0.468	0.403	0.344	0.477	0.477	0.477	0.477	
MOIS	%	REMPLE	110.9	110.9	110.9	110.9	101.2	108.8	93.7	80.0	110.9	110.9	110.9	110.9	
CLIMAT	mm	PLUIE	102.0	24.0	23.5	94.8	35.9	61.5	5.5	7.0	55.4	107.0	15.2	30.5	562.3
	mm	ETP	57.90	57.90	81.70	81.00	216.50	186.10	323.60	300.00	167.00	102.00	67.90	42.80	1684.40
	°C	MOY	10.14	11.02	10.92	15.09	20.06	26.09	31.12	34.61	26.01	23.19	17.72	10.12	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE:		0.43 Hm3		
ANNEE HYDROLOGIQUE 2004														
BARRAGE					FOUMEL GUEISS W KHENCHELA					OUED				

	UNTES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	3.560	4.850	2.910	6.640	15.880	13.100	1.340	7.590	3.060	0.090	18.480	23.820	101.320
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.072
CONSOM-	HM3	IRR	0.016	0.066	0.093	0.087	0.093	0.090	0.093	0.093	0.054	0.026	0.017	0.469	1.197
-MATIONS	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.022	0.072	0.099	0.093	0.099	0.096	0.099	0.099	0.060	0.032	0.023	0.475	1.269
	HM3	FUTES													0.000
PERTES	HM3	V.FOND	1.105	0.136	0.442	0.396	1.801	1.393	0.092	1.307	0.137			0.213	7.022
ET	HM3	DEVERSEMENTS	0.605	2.149	0.869	2.790	5.980	5.002	0.373	2.333	1.308	0.001	9.196	11.215	41.821
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.018	0.016	0.031	0.031	0.044	0.069	0.095	0.074	0.014	0.011	0.005	0.007	0.415
	HM3	PERTES	1.728	2.301	1.076	3.217	7.824	6.462	0.560	3.714	1.459	0.012	9.201	11.435	48.989
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	1.705	2.373	1.441	3.310	7.924	6.560	0.659	3.813	1.519	0.044	9.224	11.911	50.483
	HM3	AFF-DEFF	1.855	2.477	1.469	3.330	7.956	6.540	0.681	3.777	1.541	0.046	9.256	11.909	50.837
SITUATION	M NGA	COTE	961.90	961.90	961.90	961.90	961.90	961.88	961.90	961.90	961.90	961.80	961.90	961.90	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.468	0.477	0.044	0.044	0.033	0.044	0.044	
MOIS	%	REMPLE	110.9	110.9	110.9	110.9	110.9	108.8	110.9	10.2	10.2	7.7	10.2	10.2	
	mm	PLUIE	28.0	4.9	32.4	41.5	124.3	61.5	6.5	68.0	27.5	2.0	118.0	69.7	584.3
CLIMAT	mm	EVAPO	60.20	48.70	68.80	83.50	101.80	186.10	260.90	268.80	178.30	144.80	54.60	69.90	1526.40
	°C	MOY	9.32	8.82	14.11	19.92	22.17	26.92	29.97	34.61	26.44	19.11	13.18	10.01	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm3			
ANNEE HYDROLOGIQUE 2006													
BARRAGE FOUHEL GUEISS W KHENCHELA					OUED								

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.230	3.580	6.940	4.580	0.570	0.280	0.250	0.480	1.770	0.610	0.570	0.560	20.380
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.073
CONSOM-	HM3	IRR			0.007	0.093	0.014								0.114
-MATIONS	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.006	0.006	0.013	0.099	0.020	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.187
	HM3	FUITES	0.006	0.006	0.006	0.006					0.006	0.006		0.006	0.042
PERTES	HM3	V.FOND				0.022					0.022				0.044
ET	HM3	DEVERSEMENTS		0.674	1.345	0.757	0.090	0.054			0.189			0.045	3.154
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.019	0.017	0.017	0.026	0.003	0.050	0.034	0.085	0.040	0.030	0.023	0.012	0.356
	HM3	PERTES	0.025	0.697	1.314	0.813	0.093	0.099	0.034	0.085	0.257	0.036	0.023	0.063	3.539
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	0.031	0.702	1.382	0.912	0.113	0.110	0.041	0.091	0.029	0.042	0.030	0.069	3.552
	HM3	AFF-DEFF	0.199	2.878	5.558	3.668	0.457	0.170	0.209	0.389	1.741	0.568	0.540	0.491	16.868
SITUATION	M NGA	COTE	962.90	962.90	962.91	962.91		962.61	962.90	962.76	962.82	962.80	962.88	962.89	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.430	0.430	0.435	0.435		0.278	0.430	0.360	0.386	0.376	0.419	0.424	
MOIS	%	REPLI	100.0	100.0	101.2	101.2	0.0	64.7	100.0	83.7	89.8	87.4	97.4	98.6	
	mm	PLUIE	22.5	44.7	4.3	61.6	117.4	92.5		14.6	24.3	14.7	16.4	61.1	474.1
CLIMAT	mm	ETP	42.50	42.30	44.80	66.20	6.80	110.80	66.90	110.00	73.40	89.60	62.00	37.30	752.60
	°C	MOY	7.13	9.44	14.05	19.61	21.18	27.32	29.10	35.93	25.74	20.12	13.63	9.47	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE:		0.43 Hm3				
ANNEE HYDROLOGIQUE 2007																
BARRAGE					FOUMEL GUEISS					W KHENCHELA					OUED	

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.170	0.200	4.570	3.450	1.090	0.340	0.360	0.340	2.140	0.740	0.290	1.250	14.900
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.073
CONSUM-	HM3	IRR			0.014	0.002								0.027	0.042
MATIONS	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.006	0.006	0.020	0.008	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.033	0.115
	HM3	FUITES													0.000
PERTES	HM3	V.FOND			0.009	0.022	0.081				0.006			0.038	0.156
ET	HM3	DEVERSEMENTS			0.801	0.606	0.067				0.097			0.076	1.647
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.019	0.014	0.028	0.021	0.033	0.058	0.083	0.089	0.040	0.027	0.027	0.014	0.453
	HM3	PERTES	0.019	0.014	0.839	0.612	0.181	0.056	0.083	0.089	0.143	0.027	0.027	0.138	2.228
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	0.025	0.019	0.857	0.056	0.187	0.064	0.089	0.096	0.149	0.033	0.033	0.171	1.779
	HM3	AFF- DEFF	0.145	0.181	3.713	3.394	0.903	0.276	0.271	0.244	1.991	0.707	0.257	1.079	13.161
SITUATION	M NGA	COTE	962.89	962.84	962.90	962.90	962.88	962.72	962.56	962.41	962.82	962.90	962.85	962.91	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.424	0.379	0.430	0.430	0.419	0.344	0.253	0.185	0.386	0.430	0.403	0.435	
MOIS	%	REMPLE	98.6	88.1	100.0	100.0	97.4	80.0	58.8	43.0	89.8	100.0	93.7	101.2	
	mm	PLUIE	6.2	23.7	81.9	37.7	21.3	22.3	4.2	6.5	146.1	25.0	8.7	39.6	423.2
CLIMAT	mm	ETP	40.40	40.00	68.40	50.80	89.00	135.80	205.00	261.30	118.60	83.80	34.50	41.30	1168.90
	°C	MOY	8.40	9.13	9.04	16.22	22.44	26.32	30.83	34.66	22.20	18.31	13.08	9.54	

BILAN HYDRAULIQUE **CAPACITE: 0.43 Hm3**

ANNEE HYDROLOGIQUE 2008

BARRAGE FOU MEL GUESS W KHENCHELA OUED

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.670	0.600	0.730	0.140	5.950	0.560	0.260	4.620	0.530	5.140	0.500	1.970	21.500
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.073
CONSOM-	HM3	IRR				0.001	0.218					0.051		0.011	0.281
-MATIONS	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.006	0.006	0.006	0.007	0.224	0.006	0.670	0.006	0.006	0.057	0.006	0.017	1.018
	HM3	FUITES													0.000
PERTES	HM3	V.FOND				0.002	0.134			0.023		0.120		0.022	0.301
ET	HM3	DEVERSEMENTS			0.005	0.059	0.202			0.072		0.332		0.077	0.747
LACHEES	HM3	EVAPORATION	0.017	0.027	0.025	0.036	0.033	0.045	0.045	0.048	0.034	0.014	0.032	0.013	0.369
	HM3	PERTES	0.017	0.027	0.030	0.098	0.368	0.042	0.045	0.143	0.034	0.465	0.032	0.012	1.313
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	0.023	0.033	0.036	0.106	0.593	0.051	0.051	0.149	0.040	0.522	0.039	0.129	1.772
	HM3	AFF- DEFF	0.647	0.567	0.694	0.034	5.357	0.509	0.209	4.471	0.490	4.618	0.461	1.841	19.898
SITUATION	M NGA	COTE	962.88	962.88	962.89	962.72	962.78	962.51	962.18	962.89	962.77	962.88	962.85	962.90	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.419	0.419	0.424	0.334	0.365	0.230	0.102	0.424	0.360	0.419	0.403	0.430	
MOIS	%	REMPLE	97.4	97.4	98.6	77.7	84.9	53.5	23.7	98.6	83.7	97.4	93.7	100.0	
	mm	PLUIE	7.1	4.4	13.9	21.2	129.8	12.6	21.4	51.2	66.4	82.2	8.7	44.4	463.3
CLIMAT	mm	EIP	37.90	39.70	53.40	93.90	127.80	124.10	183.20	147.70	105.70	49.90	34.50	45.40	1043.20
	°C	MOY	7.22	9.38	8.40	13.11	19.89	23.18	29.31	32.02	27.42	20.60	15.78	8.10	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE:		0.43 Hm ³		
ANNEE HYDROLOGIQUE 2009														
BARRAGE FOMEL GUEISS W KHENCHELA										OUED				

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM ³	APPORT	3.051	2.533	2.632	6.946	3.684	0.367	0.067	0.266	1.273	0.088	0.063	0.072	21.042
	HM ³	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.003	0.006	0.003	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.066
CONSUM	HM ³	IRR	1.748	0.035		0.863	0.645								3.291
-MATION	HM ³	AEI													0.000
	HM ³	TOTAL	1.754	0.041	0.006	0.869	0.648	0.006	0.003	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	3.357
	HM ³	FUITES	0.735												0.735
PERTES	HM ³	V.FOND		0.207		1.229	0.360				0.023				1.819
ET	HM ³	DEVERSEMENT	2.146	2.587	2.570	4.830	0.646	0.290		0.081	1.098				14.248
LACHEES	HM ³	EVAPORATION	0.005	0.016	0.025	0.029	0.036	0.062	0.084	0.065	0.043	0.026	0.022	0.022	0.435
	HM ³	PERTES	2.886	2.810	2.460	5.727	3.042	0.348	0.077	0.146	1.146	0.026	0.022	0.022	18.712
DEFLUEN	HM ³	DEFLUENTS	4.886	2.851	2.601	6.957	3.690	0.357	0.088	0.015	1.189	0.033	0.028	0.028	22.723
	HM ³	AFF-DEFF	-1.835	-0.318	0.031	-0.011	-0.006	0.010	-0.021	0.251	0.084	0.055	0.035	0.044	-1.681
SITUATIO	M NGA	COTE	962.91	962.91	962.94	962.92	962.91	962.90	962.48	962.91	962.88	962.86	962.85	962.75	
FIN DU	HM ³	VOLUME	0.435	0.435	0.452	0.441	0.435	0.430	0.397	0.435	0.419	0.408	0.403	0.349	
MOIS	%	REMPLE	101.2	101.2	105.1	102.6	101.2	100.0	92.3	101.2	97.4	94.9	93.7	81.2	
	mm	PLUIE	117.2	12.9	88.3	111.1	60.8	7.1	1.8	44.0	47.9	19.6	5.5	17.7	533.9
CLIMAT	mm	ETP	33.70	40.00	42.30	66.30	91.60	154.80	203.40	166.00	96.50	64.30	53.80	57.80	1070.50
	°C	MOY	8.19	10.30	10.07	12.45	17.32	25.60	29.82	33.15	25.14	20.71	14.03	10.28	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE:		0.43 Hm ³		
ANNEE HYDROLOGIQUE 2010														
BARRAGE FOUHEL GUEISS W KHENCHELA										OUED: EL GUEISS				

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM ³	APPORT	9.150	0.800	1.730	8.850	1.310	1.120	0.120	2.210	1.040	0.400	1.670	0.300	28.700
	HM ³	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.070
CONSOM-	HM ³	IRR	1.748		0.002	0.115									1.865
MATIONS	HM ³	AEI													0.000
	HM ³	TOTAL	1.754	0.006	0.008	0.121	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	1.935
	HM ³	FUITES	0.735												0.735
PERTES	HM ³	V.FOND			0.023	1.035							0.023		1.081
ET	HM ³	EVERSEMENT	2.146	0.279	0.382	1.121	0.324	0.260					0.341		4.853
LACHEES	HM ³	EVAPORATION	0.005	0.020	0.033	0.546	0.056	0.077	0.086	0.082	0.019	0.029	0.062	0.027	1.042
	HM ³	PERTES	2.886	0.299	0.409	1.337	0.380	0.335	0.072	0.081	0.019	0.028	0.426	0.027	6.299
DEFFLUENT	HM ³	DEFFLUENTS	4.640	0.304	0.444	2.822	0.386	0.343	0.092	0.088	0.025	0.033	0.432	0.032	9.641
	HM ³	AFF-DEFF	4.510	0.496	1.286	6.028	0.924	0.777	0.028	2.122	1.015	0.367	1.238	0.268	19.059
SITUATION	M NGA	COTE	962.92	962.88	962.80	962.91	962.91	962.80	962.58	962.06	962.75	962.72	962.76	962.75	
FIN DU	HM ³	VOLUME	0.441	0.419	0.376	0.435	0.435	0.376	0.263	0.071	0.349	0.334	0.354	0.349	
MOIS	%	REMPLE	102.6	97.4	87.4	101.2	101.2	87.4	61.2	16.5	81.2	77.7	82.3	81.2	
	mm	PLUIE	117.2	15.6	24.8	86.3	66.2	22.5	5.2	8.5	71.8	22.9	54.6	11.0	506.6
CLIMAT	mm	ETP	33.70	50.40	80.70	118.40	130.20	179.20	229.40	181.70	118.90	77.90	89.40	69.10	1359.00
	°C	MOY	6.48	8.12	9.32	14.20	20.60	24.81	28.17	33.70	28.21	21.02	15.27	9.32	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE:		0.43 Hm3			
ANNEE HYDROLOGIQUE 2011															
BARRAGE FOUMEL GUEISS W KHENCHELA										OUED: EL GUEISS					

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORT	HM3	APPORT	0.125	0.931	9.266	1.749	2.841	2.540	0.218	0.068	0.044	0.283	0.410	0.572	19.047
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.073
CONSO	HM3	IRR			0.223			0.060							0.283
-MATIO	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.006	0.006	0.229	0.006	0.006	0.066	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.356
	HM3	FUITES				0.003	0.003	0.003	0.001				0.003		0.013
PERTES	HM3	V.FOND			3.139			0.023							3.162
ET	HM3	EVERSEMENTS		0.868	5.874	1.748	2.795	2.401	0.220				0.342	0.459	14.707
LACHEE	HM3	VAPORATIO	0.024	0.016	0.024	0.037	0.037	0.048	0.053	0.066	0.047	0.040	0.033	0.016	0.441
	HM3	PERTES	0.024	0.884	9.037	1.758	2.835	2.474	0.266	0.066	0.047	0.039	0.378	0.475	18.283
	HM3	DEFFLUENT	0.030	0.889	9.266	1.794	2.841	2.540	0.280	0.073	0.053	0.046	0.384	0.481	18.677
	HM3	AFF- DEFF	0.095	0.042	0.000	-0.045	0.000	0.000	-0.062	-0.005	-0.009	0.237	0.026	0.091	0.370
SITUATI	M NGA	COTE	962.87	962.91	962.91	962.91	962.91	962.91	962.82	962.64	962.50	962.91	962.75	962.91	
FIN DU	HM3	VOLUME	0.414	0.435	0.435	0.435	0.435	0.435	0.069	0.293	0.225	0.435	0.349	0.435	
MOIS	%	REMPLE	96.3	101.2	101.2	101.2	101.2	101.2	16.0	68.1	52.3	101.2	81.2	101.2	
	mm	PLUIE	9.3	73.9	70.4	33.3	96.4	45.9	30.6	28.5	11.7	68.3	17.9	16.4	502.6
CLIMAT	mm	ETP	54.90	38.80	56.60	87.70	80.40	105.70	186.50	170.70	133.00	92.70	81.20	40.10	1128.30
	°C	MOY	10.41	10.72	11.03	13.61	19.46	25.30	30.01	35.44	25.80	20.96	18.56	10.08	

BILAN HYDRAULIQUE										CAPACITE: 0.43 Hm ³	
ANNEE HYDROLOGIQUE 2012											
BARRAGE FOU MEL GUEISS W KHENCHELA										OUED: EL GUEISS	

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	0.026	0.029	0.616	2.080	0.192	0.124	0.151	0.243	0.898	0.196	0.247	0.214	5.016
	HM3	AFP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.071
CONSOM- -MATIONS	HM3	IRR									0.129				0.129
	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004	0.006	0.006	0.135	0.006	0.006	0.006	0.200
	HM3	FUITES			0.009	0.006	0.009	0.006							0.030
PERTES ET LACHEES	HM3	V.FOND			0.570	0.098					0.180				0.848
	HM3	DEVERSEMENTS				1.954	0.077								2.031
	HM3	EVAPORATION	0.019	0.016	0.026	0.034	0.051	0.054	0.053	0.024	0.041	0.028	0.029	0.022	0.396
	HM3	PERTES	0.019	0.016	0.605	2.092	0.137	0.060	0.051	0.024	0.221	0.028	0.029	0.063	3.345
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS		0.021	0.611	2.098	0.143	0.064	0.059	0.030	0.355	0.034	0.035	0.028	3.478
	HM3	AFF-DEFF	0.026	0.008	0.005	-0.018	0.049	0.060	0.092	0.213	0.543	0.162	0.212	0.186	1.538
SITUATION FIN DU MOIS	M NGA	COTE	962.91	962.91	962.91	962.87	962.84	962.69	962.05	961.71	962.43	962.37	962.50	962.84	
	HM3	VOLUME	0.435	0.435	0.435	0.414	0.397	0.318	0.069	0.025	0.194	0.169	0.225	0.397	
	%	REMPLE	101.2	101.2	101.2	96.3	92.3	74.0	16.0	5.8	45.1	39.3	52.3	92.3	
CLIMAT	mm	PLUIE	13.6	40.4	26.2	51.9	20.5	17.4	1.5		69.0	11.7	15.5	9.8	277.5
	mm	ETP	45.40	31.20	62.40	76.70	123.60	147.10	198.40	234.60	119.50	86.80	85.60	56.30	1267.60
	°C	MOY	9.51	8.14	12.54	14.12	17.72	26.33	30.70	29.70	26.50	20.18	12.93	7.45	

BILAN HYDRAULIQUE

CAPACITE: 0.43 Hm³**ANNEE HYDROLOGIQUE :2013**

BARRAGE FOUHEL GUEISS W KHENCHELA

OUED: EL GUEISS

	UNITES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM ³	APPORT	0.150	0.270	0.200	0.640	0.570	0.710	0.010	0.080	0.240	15.940	4.030	0.630	23.480
	HM ³	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.003	0.002	0.003	0.006	0.006	0.062
CONSOM-	HM ³	IRR								0.137					0.137
-MATIONS	HM ³	AEI													0.000
	HM ³	TOTAL	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.140	0.002	0.003	0.006	0.006	0.199
	HM ³	FUITES										0.003	0.006	0.006	0.015
PERTES	HM ³	V.FOND										1.154			1.154
ET	HM ³	DEVERSEMENTS	0.126									0.436	0.522	0.038	1.122
LACHEES	HM ³	EVAPORATION	0.019	0.020	0.029	0.041	0.040	0.053	0.032	0.015	0.007	0.031	0.020	0.018	0.325
	HM ³	PERTES	0.145	0.020	0.029	0.041	0.040	0.053	0.032	0.015	0.007	1.624	0.548	0.038	2.592
DEFFLUENT	HM ³	DEFFLUENTS	0.151	0.026	0.035	0.047	0.046	0.059	0.038	0.018	0.009	1.764	0.554	0.069	2.816
	HM ³	AFF- DEFF	-0.001	0.244	0.165	0.593	0.524	0.651	-0.028	0.062	0.231	14.176	3.476	0.561	20.654
SITUATION	M NGA	COTE	962.90	962.91	962.86	962.75	962.63	962.27	962.79	961.54	962.80	962.91	962.90	962.88	
FIN DU	HM ³	VOLUME	0.430	0.435	0.408	0.349	0.288	0.131	0.032	0.015	0.033	0.435	0.430	0.419	
MOIS	%	REMPLE	100.0	101.2	94.9	81.2	67.0	30.5	7.4	3.5	7.7	101.2	100.0	97.4	
	mm	PLUIE	34.9	14.6	32.0	42.5	31.9	2.6	12.3	14.2	63.0	83.3	36.3	28.2	395.8
CLIMAT	mm	ETP	45.70	40.80	74.30	101.10	100.90	161.10	173.70	212.30	82.40	106.90	51.90	42.20	1193.30
	°C	MOY	7.00	5.95	12.05	15.10	17.65	21.60	26.35	24.75	21.75	7.00	9.95	6.60	

BILAN HYDRAULIQUE

CAPACITE: 0.43 Hm³**ANNEE HYDROLOGIQUE :2014**

BARRAGE FOMEL GUEISS W KHENCHELA

OUED: EL GUEISS

	UNTES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM ³	APPORT	0.230	0.560	1.170	0.430	0.040	0.140	0.060	0.010	0.010	0.090	0.020	0.060	2.800
	HM ³	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.072
CONSUM- -MATIONS	HM ³	IRR			0.869	0.529									1.398
	HM ³	AEI													0.000
	HM ³	TOTAL	0.006	0.006	0.875	0.535	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	1.470
	HM ³	FUITES	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.072
PERTES ET	HM ³	V.FOND			0.217										0.217
	HM ³	DEVERSEMENTS	0.864	2.187	3.569	1.149		0.484	0.214						8.467
LACHEES	HM ³	EVAPORATION	0.021	0.025	0.020	0.027	0.036	0.040	0.080	0.065	0.040	0.021	0.031	0.032	0.438
	HM ³	PERTES	0.891	2.218	3.812	1.182	0.042	0.429	0.301	0.071	0.046	0.028	0.037	0.038	9.095
DEFFLUENT	HM ³	DEFFLUENTS	0.897	2.224	4.687	1.717	0.092	0.535	0.307	0.077	0.052	0.034	0.043	0.045	10.710
	HM ³	AFF- DEFF	-0.667	-1.664	-3.517	-1.287	-0.052	-0.395	-0.247	-0.067	-0.042	0.056	-0.023	0.015	-7.890
SITUATION	M NGA	COTE	962.90	962.90	962.91	962.89	962.84	962.86	962.45	962.22	961.80	962.68	962.59	962.88	
FIN DU	HM ³	VOLUME	0.430	0.549	0.435	0.424	0.397	0.408	0.203	0.114	0.033	0.313	0.268	0.419	
MOIS	%	REMPLE	100.0	127.7	101.2	98.6	92.3	94.9	47.2	26.5	7.7	72.8	62.3	97.4	
CLIMAT	mm	PLUIE		66.5	88.1	0.0	28.5	43.5			11.7	12.6	19.3	22.5	292.7
	mm	EVAPO	51.90	56.50	47.10	59.00	90.40	99.70	215.90	231.70	197.00	116.80	66.00	55.30	1287.30
	°C	MOY	7.45	8.80	8.35	13.90	18.00	22.55	26.65	27.55	24.45	18.80	13.55	6.75	

BILAN HYDRAULIQUE

CAPACITE:

0.43 Hm3

ANNEE HYDROLOGIQUE 2015

BARRAGE FOU EL GUEISS W KHENCHELA

OUED: EL GUEISS

	UNTES	MOIS	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
APPORTS	HM3	APPORT	1.503	2.373	6.260	4.000	0.090	0.280	0.020	0.590	0.760	0.820	0.190	0.120	17.006
	HM3	AEP	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.003				0.052
CONSOM- -MATIONS	HM3	IRR			0.243		0.036			0.034	0.033	0.130			0.476
	HM3	AEI													0.000
	HM3	TOTAL	0.006	0.006	0.249	0.006	0.042	0.006	0.006	0.040	0.036	0.130	0.000	0.000	0.528
	HM3	FUITES	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.072
PERTES ET LACHEES	HM3	V.FOND								0.198		0.180			0.378
	HM3	DEVERSEMENTS	1.451	2.340	5.967	3.969		0.198			0.594	0.450			14.969
	HM3	EVAPORATION	0.028	0.022	0.027	0.030	0.044	0.054	0.086	0.040	0.041	0.036	0.028		0.436
	HM3	PERTES	1.486	2.362	6.000	4.005	0.050	0.258	0.092	0.244	0.641	0.672	0.034	0.022	15.866
DEFFLUENT	HM3	DEFFLUENTS	1.492	2.374	6.249	4.001	0.092	0.264	0.098	0.284	0.680	0.808	0.034	0.022	16.398
	HM3	AFF-DEFF													0.000
SITUATION FIN DU MOIS	M NGA	COTE	962.90	962.91	962.92	962.90	962.83	962.70	962.32	962.88	962.89	962.59	962.76	962.89	
	HM3	VOLUME	0.453	0.435	0.441	0.430	0.392	0.323	0.149	0.419	0.424	0.268	0.354	0.424	
	%	REMPLE	105.3	101.2	102.6	100.0	91.2	75.1	34.7	97.4	98.6	62.3	82.3	98.6	
CLIMAT	mm	PLUIE	49.0	47.0	84.5	7.0	5.5	10.5	8.4	22.9	50.9	51.5	41.1		378.3
	mm	ETP	49.20	41.60	66.80	86.40	110.00	137.00	233.40	162.60	123.50	87.60	58.10	39.50	1195.70
	°C	MOY	6.00	5.00	9.65	19.45	14.55	22.10	26.45	26.05	22.35	17.00	11.05	8.04	

7	Nom du bassin	Foum El Gueiss			
8					
9	Superficie du bassin		156		
10					
11	Paramètres modèle	Transf.	Réels		
12	α: Coefficient de correction de l'ETP (r	0,98	2,66		
13					
14	Valeur initiale de la p				
15	Pk-1		434,28		
16					
17	Période				
18	Durée de la période test (années)		15		
19	Date de départ		1997		
20	Date de fin		2011		
21					
22	Moyenne des pluies observées (mm/an)		434,3		
23	Moyenne des ETP observées (mm/an)		1034,1		
24	Moyenne des débits observés (mm/an)		4,8		
25	Moyenne des racines des débits observés		2,0		
26	Moyenne des log des débits observés		1,3		
27					
28	Critères d'efficacité (
29	Nash(Q)		96,44		
30	Nash(VQ)		9,81		
31	Nash(ln(Q))		4,56		
32	Bilan		92,37		
33					
34					
35	Données			Modèle	
36	Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Débit (mm)	Débit simulé
37	1996	575,9	1163,09	8,17	8,35
38	1997	382,8	1071,32	1,89	1,68
39	1998	470,6	1129,48	1,93	2,79
40	1999	338,4	1022,7	1,88	1,32
41	2000	274,7	991,74	11,30	11,55
42	2001	262,6	1129,44	7,90	8,55
43	2002	366,3	1045,26	1,56	1,54
44	2003	562,3	1045,02	9,21	9,70
45	2004	584,3	1055,47	15,80	18,22
46	2005	368,5	1028,48	1,50	1,64
47	2006	474,1	991,22	3,15	3,71
48	2007	423,2	1017,02	2,30	2,51
49	2008	463,3	971,88	3,35	3,59
50	2009	533,9	977,56	3,28	5,41
51	2010	506,6	1001,22	4,48	6,16
52	2011	502,6	1033,23	2,97	4,12

7	Nom du bassin	Foum El Gueiss	
8			
9	Superficie du bassin (k)	156	
10			
11	Paramètres modèle	Transf.	Réels
12	x1: Capacité rés. production (mm)	7,01	1111,04
13	x2: Paramètre d'échange (mm)	0,54	0,54
14			
15	Valeurs initiales		
16	Niveau de remplissage initial S0 (max.: x1 mm)	555,52	
17	Niveau de remplissage initial R0 (max.: 60 mm)	30	
18			
19	Période		
20	Longueur de la période de mise en route (mois)	12	
21	Durée de la période test (mois)	227	
22	Date de départ	01/1997	
23	Date de fin	12/2015	
24			
25	Moyenne des pluies observées (mm/mois)	34,6	
26	Moyenne des ETP observées (mm/mois)	83,9	
27	Moyenne des débits observés (mm/mois)	0,4	
28	Moyenne des racines des débits observés	0,5	
29	Moyenne des log des débits observés	-2,0	
30			
31	Critères d'efficacité (%)		
32	Nash(Q)	94,3	
33	Nash(VQ)	89,7	
34	Nash(ln(Q))	82,4	
35	Bilan	110,7	

Données				Variables du modèle										
Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Débit (mm)	S1	P1	S2	S	P2	P3	R1	F	R2	R	Débit simulé
janv-96	136,6	6,97	0,88	651,59	40,54	645,82	608,35	37,47	78,01	103,01	-50,21	57,80	56,57	1,21
févr-96	122,9	10,13	0,77	683,18	42,07	681,54	635,19	45,34	87,41	143,98	-66,34	77,04	75,32	1,12
mars-96	88,7	23,30	1,40	692,18	31,71	672,35	628,95	43,40	75,11	151,04	-70,22	80,82	79,58	1,24
avr-96	60,5	60,51	0,63	668,79	20,66	619,00	586,95	32,05	52,71	132,29	-61,50	70,79	70,24	0,55
mai-96	41,9	116,25	0,68	616,55	12,30	527,78	510,17	17,61	29,91	100,15	-46,56	53,59	52,93	0,66
juin-96	19,6	187,21	0,64	525,51	4,26	402,39	396,21	6,18	10,44	63,37	-29,46	33,91	33,43	0,48
juil-96	2,5	264,32	0,00	398,39	0,32	265,58	264,38	1,20	1,52	34,95	-16,25	18,70	18,70	0,00
août-96	12,4	272,16	0,63	276,05	0,73	177,68	177,44	0,24	0,98	19,67	-9,15	10,53	9,84	0,69
sept-96	78,5	118,68	0,71	252,96	2,98	208,87	208,41	0,46	3,44	13,28	-6,17	7,11	6,46	0,65
oct-96	0,4	229,96	0,62	208,80	0,01	198,66	198,26	0,29	0,21	6,76	-2,14	2,62	2,06	0,58

7	Nom du bassin	Foum El Gueiss			
8					
9	Superficie du bassin (km²)		156		
10					
11	Paramètres modèle	Transf.	Réels		
12	x1: Capacité rés. production (mm)	7,01	1111,04		
13	x2: Paramètre d'échange (mm)	0,54	0,54		
14					
15	Valeurs initiales				
16	Niveau de remplissage initial S0 (max.: x1 mm)		555,52		
17	Niveau de remplissage initial R0 (max.: 60 mm)		30		
18					
19	Période				
20	Longueur de la période de mise en route (mois)		12		
21	Durée de la période test (mois)		156		
22	Date de départ		01/1997		
23	Date de fin		01/2010		
24					
25	Moyenne des pluies observées (mm/mois)		35,3		
26	Moyenne des ETP observées (mm/mois)		86,4		
27	Moyenne des débits observés (mm/mois)		0,4		
28	Moyenne des racines des débits observés		0,5		
29	Moyenne des log des débits observés		-1,8		
30					
31	Critères d'efficacité (%)				
32	Nash(Q)		95,0		
33	Nash(VQ)		92,0		
34	Nash(ln(Q))		89,8		
35	Bilan		109,5		
36					
37					
38	Données		Variab		
39	Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Débit (mm)	S1
40	janv-96	136,6	6,97	0,88	8
Readme GR2M Graph5 Graph6 Graph7 Grap					

9	Superficie du bassin (km ²)			156	
10					
11	Paramètres modèle		Transf.	Réels	
12	x: Coefficient de correction de l'ETP (mm)	0,98		2,66	
13					
14	Valeur initiale de la pluie				
15	Pk-1			325,60	
16					
17	Période				
18	Durée de la période test (années)			4	
19	Date de départ			2012	
20	Date de fin			2015	
21					
22	Moyenne des pluies observées (mm/an)			325,6	
23	Moyenne des ETP observées (mm/an)			849,2	
24	Moyenne des débits observés (mm/an)			2,2	
25	Moyenne des racines des débits observés			1,4	
26	Moyenne des log des débits observés			0,5	
27					
28	Critères d'efficacité (%)				
29	Nash(Q)			94,07	
30	Nash(VQ)			9,81	
31	Nash(ln(Q))			4,56	
32	Bilan			92,37	
33					
34					
35	Données			Modèle	
36	Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Débit (mm)	Débit simulé
37	2012	277,5	994,53	0,78	0,75
38	2013	395,8	815,92	3,66	3,83
39	2014	202,7	879,53	0,44	0,37
40	2015	378,3	852,12	2,65	2,55
41					

F(m,φ) : facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude:35N

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.86	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.00	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41