

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Tébessa



Faculté des Sciences Exactes
et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences de la terre et de l'univers

Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER
Option : Hydrogéologie appliquée

Par
Bilel DJOULAH

**Structure et fonctionnement du karst Maastrichtien
du synclinal de Dyr (Tébessa)
par application des méthodes de l'approche fonctionnelle**

Soutenu publiquement le :04 juillet 2012

Devant le jury composé de :

Président : **Dr DJERRAB Abdelrazak** : Professeur à l'Université de Tébessa

Examineur : **Dr SAADIA Bachir** : Maître de conférences à l'université d'Annaba

Examineur : **Dr CHAAB Salah** : Maître de conférences à l'université d'Annaba

Rapporteur : **Dr HEMILA Mohammed Laid** : Maître de conférences à l'Université de Tébessa

Abstract:

As part of research in the field of study of karst and fractured aquifers of Tébessa, we were given a characterization of the Maastrichtian karst (Tebessa). The main task is the identification of the structure and the hydraulic behavior of karst with the use of the functional approach methods based on our data processing in situ hydrometric measurement and the rainfall recorded in Ain Zerga over ten hydrological cycles, from 2000/2001 to 2010/2011, we have:

- Define the operation of the main outlet of the karstic aquifer and its temporal variability depending hydroclimate conditions specific to the region,
- Identify one way approximate the behavior of the two subsystems that constitute the karst system: the unsaturated zone or the infiltration system and the saturated zone or under drowned karst system,
- Determine the importance of transmissive and capacitive functions that are provided by the drain (drainage axis) and as adjuncts to drainage (S.AD.) through the inertia of the karst system.

Résumé :

Dans le cadre des travaux de recherche dans le domaine d'étude des aquifères fissurés et karstiques de la wilaya de Tébessa, il m'a été confié un travail de caractérisation du karst maestrichtien du synclinal de Dyr (Tébessa). La tâche principale est donc l'identification de la structure et du comportement hydraulique du karst en question par application des méthodes de l'approche fonctionnelle. Sur la base de traitement de nos données de mesure in situ et des nouvelles données hydrométriques et pluviométriques enregistrées à Ain Zerga sur une période de dix cycles hydrologiques, allant de 2000/2001 à 2010/2011, nous avons pu:

- Définir le fonctionnement du principal exutoire de l'aquifère karstique et sa variabilité temporelle en fonction des conditions hydro climatiques propres à la région,
- Identifier d'une façon approximative le comportement des deux sous systèmes qui constituent le système karstique : la zone non saturée ou sous système infiltration et la zone saturée ou sous système karst noyé,
- Déterminer l'importance des fonctions transmissives et capacitatives qui sont assurées par le drain (axe de drainage) et les sous systèmes annexes au drainage (S.AD.) au travers de l'inertie propre du système karstique.

Liste des tableaux

<u>Tab n°01.</u> Tableau récapitulatif des forages captant l'aquifère karstique du Maestrichtien.....	11
<u>Tab n°02.</u> Tableau récapitulatif des résultats de 62 jaugeages instantanés réalisés au niveau de la source Ain Zerga.....	16
<u>Tab n°03.</u> Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga.....	17
<u>Tab n°04.</u> Tableau récapitulatif des chroniques des pluies journalières d'Ain Zerga-	18
<u>Tab n°05.</u> Interprétation des ruptures de pente de la droite représentative des débits classés (Selon Mangin 1984).....	26
<u>Tab n°06.</u> Résultats de l'analyse des débits classés relatifs à la Période de suivi de l'écoulement de la source Ain Zerga réalisé du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011.....	28
<u>Tab n°07.</u> Résultats de l'analyse des débits classés relatifs aux deux cycles hydrologiques 2002/2003 - 2003/2004	29
<u>Tab n°08.</u> Résultats de l'analyse des débits classés relatifs aux trois cycles hydrologiques 2004/2005 - 2005/2006-2006/2007.....	30
<u>Tab n°09.</u> Résultats de l'analyse des débits classés relatifs aux trois cycles hydrologiques 2007/2008 - 2008/2009-2009/2010.....	31
<u>Tab n°10.</u> Résultats de l'analyse des débits classés relatifs à l'écoulement de la source Ain Zerga du 01 Septembre 2002 au 31 Mars 2011 (3134 valeurs de débits).....	32
<u>Tab n°11.</u> Cas de rupture de pente de la droite représentative de débits classé de la Source Ain Zerga.....	37
<u>Tab n°12.</u> Synthèse d'analyse interannuelle des débits classés d'écoulement d'Ain Zerga sur une période de huit cycles hydrologiques (2002/2003-2009/2010).....	37
<u>Tab n°13.</u> Tableau récapitulatif de détermination des paramètres statistiques de l'ajustement des courbes de récession de la source d'Ain Zerga relatives à la période de suivi du 01/04/2010 au 24/04/2011.....	49
<u>Tab n°14.</u> Tableau récapitulatif de détermination des paramètres statistiques de l'ajustement des courbes de récession de la source de Ain Zerga relatives à la période de huit cycles hydrologiques 2002/2003 au 2009/2010...	57
<u>Tab n°15.</u> Classification de Mangin des systèmes Karstiques à partir des paramètres des ACS.....	69
<u>Tab n°16.</u> Résultats d'application de l'analyse corrélatoire et spectrale sur le système karstique maestrichtien de Dyr-Tébessa et sa classification par rapport aux systèmes karstiques de référence selon Mangin (1984).....	75

Liste des figures

<u>Fig n°01</u> .Position géographique du synclinal de Dyr-Gastel Tébessa - (Algérie).....	04
<u>Fig n°02</u> .Position géographique du synclinal de Dyr-Gastel par rapport au grand bassin versant de Medjerda et du sous bassin de Mèlègue (Est Algérien).....	05
<u>Fig n°03</u> .Carte géologique du synclinal de Dyr – Gastel.....	06
<u>Fig n°03 bis</u> .Esquisse géologique du synclinal de Dyr – Gastel.....	07
<u>Fig n°04</u> .Colonne lithologique du synclinale de Dyr-Gastel.....	09
<u>Fig n°05</u> .Vue générale de l'émergence de La source Ain Erkel – Gastel.....	12
<u>Fig n°06</u> .Vue générale de l'émergence de La source Ain Zerga (Maestrichtien).....	12
<u>Fig n°07</u> .Vue générale de l'émergence de La source Ain Zerga (Maestrichtien).....	12
<u>Fig n°08</u> .La section aménagée de réalisation des jaugeages au moulinet de la source d'Ain Zerga.....	15
<u>Fig n°09</u> .Exemple d'une courbe d'intégration des vitesses de la lame d'eau écoulée en fonction de la profondeur...	15
<u>Fig n°10</u> .Exemple d'une courbe d'intégration des débits unitaires en fonction de la distance.....	15
<u>Fig n°11</u> .Courbe du tarage liant les débits et les hauteurs instantanés de 62 jaugeages réalisés (du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011).....	20
<u>Fig n°12</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga de la période du suivi de 01 avril 2010 au 24 avril 2011.....	20
<u>Fig n°13</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2002/2003).....	21
<u>Fig n°14</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2003/2004).....	21
<u>Fig n°15</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2004/2005).....	21
<u>Fig n°16</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2005/2006).....	22
<u>Fig n°17</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2006/2007).....	22
<u>Fig n°18</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2007/2008).....	22
<u>Fig n°19</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2008/2009).....	23
<u>Fig n°20</u> .Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2009/2010).....	23
<u>Fig n°21</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Période de suivi : du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011).....	34
<u>Fig n°22</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source d'Ain Zerga de 01/09/2002 au 31/03/2011.....	34
<u>Fig n°23</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique2002/2003).....	38
<u>Fig n°24</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique2003/2004).....	38
<u>Fig n°25</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2004/2005).....	39
<u>Fig n°26</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2005/2006).....	39
<u>Fig n°27</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2006/2007).....	40
<u>Fig n°28</u> .Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2007/2008).....	40

<u>Fig n°29</u> . Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2008/2009).....	41
<u>Fig n°30</u> . Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2009/2010).....	41
<u>Fig n°31</u> . Décomposition de la récession selon la méthode de Mangin 1970.....	44
<u>Fig n°32</u> . Classification des systèmes karstiques à partir de l'analyse de la récession.....	46
<u>Fig n°33</u> . Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga de la période du suivi de 01 avril 2010 au 24 avril 2011.....	47
<u>Fig n°34</u> . Ajustement de la récession de 18/04/2010 au 12/07/2010 (Cycle hydrologique 2010/2011).....	47
<u>Fig n°35</u> . Ajustement de la récession de 07/11/2010 au 31/01/2011 (Cycle hydrologique 2010/2011).....	48
<u>Fig n°36</u> . Ajustement de la récession de 07/03/2011 au 24/04/2011 (Cycle hydrologique 2010/2011).....	48
<u>Fig n°37</u> . Ajustement de la récession de 06/04/2003 au 11/07/2003 (Cycle hydrologique 2002/2003).....	51
<u>Fig n°38</u> . Ajustement de la récession de 18/12/2003 au 14/05/2004 (Cycle hydrologique 2003/2004).....	51
<u>Fig n°39</u> . Ajustement de la récession de 10/02/2005 au 31/08/2005 (Cycle hydrologique 2004/2005).....	51
<u>Fig n°40</u> . Ajustement de la récession de 13/12/2005 au 19/01/2006 (Cycle hydrologique 2005/2006).....	52
<u>Fig n°41</u> . Ajustement de la récession de 23/02/2006 au 14/04/2006 (Cycle hydrologique 2005/2006).....	52
<u>Fig n°42</u> . Ajustement de la récession de 05/05/2006 au 31/08/2006 (Cycle hydrologique 2005/2006).....	52
<u>Fig n°43</u> . Ajustement de la récession de 18/12/2006 au 01/02/2007 (Cycle hydrologique 2006/2007).....	53
<u>Fig n°44</u> . Ajustement de la récession de 03/05/2007 au 15/08/2007 (Cycle hydrologique 2006/2007).....	53
<u>Fig n°45</u> . Ajustement de la récession de 25/09/2007 au 17/11/2007 (Cycle hydrologique 2007/2008).....	53
<u>Fig n°46</u> . Ajustement de la récession de 01/04/2008 au 05/07/2008 (Cycle hydrologique 2007/2008).....	54
<u>Fig n°47</u> . Ajustement de la récession de 03/10/2008 au 03/12/2008 (Cycle hydrologique 2008/2009).....	54
<u>Fig n°48</u> . Ajustement de la récession de 01/02/2009 au 03/04/2009 (Cycle hydrologique 2008/2009).....	54
<u>Fig n°49</u> . Ajustement de la récession de 02/05/2009 au 14/08/2009 (Cycle hydrologique 2008/2009).....	55
<u>Fig n°50</u> . Ajustement de la récession de 20/09/2009 au 13/12/2009 (Cycle hydrologique 2009/2010).....	55
<u>Fig n°51</u> . Ajustement de la récession de 18/04/2010 au 01/07/2010 (Cycle hydrologique 2009/2010).....	55
<u>Fig n°52</u> . Classification du système karstique maastrichtien d'Ain Zerga à partir de l'analyse des courbes de récession des cycles hydrologiques de 2002/2003 au 2009/2010 (Mangin,1975 in Marsaud 1997).....	59
<u>Fig n°53</u> . Corrélogramme simple des pluies à Ain Zerga (suivi de 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011, n=365 jours, m=125jours).....	71
<u>Fig n°54</u> . Spectre de densité de variance des pluies à Ain Zerga "suivi de 01 Avril 2010 au 31 mars 2011, n=365 jours, m=125".....	71
<u>Fig n°55</u> . Corrélogramme simple des Débits d'écoulement de la source Ain Zerga (suivi de 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011, n=365 jours, m=125jours).....	72
<u>Fig n°56</u> . Spectre de densité de variance des débits de la source Ain Zerga "suivi de 01 Avril 2010 au 31 mars 2011, n=365 jours, m=125".....	72
<u>Fig n°57</u> . Corrélogramme croisé Pluie-Débit d'écoulement de la source Ain Zerga (suivi du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011, n=365 jours, m=125jours).....	74

<u>Fig n°58</u> .Fonction d'Amplitude de la source Ain Zerga "suivi du 01 Avril 2010 au 31 mars 2011,n=365 jours,m=125").....	74
<u>Fig n°59</u> .Fonction de Cohérence de la source Ain Zerga "suivi de 01 Avril 2010 au 31 mars 2011,n=365 jours,m=125".....	74
<u>Fig n°60</u> .Fonction de phase de la source Ain Zerga "suivi du 01 Avril 2010 au 31 mars 2011, n=365 jours, m=125").....	76
<u>Fig n°61</u> .Fonction de Gain de la source Ain Zerga "suivi du 01 Avril 2010 au 31 mars 2011, n=365 jours, m=125").....	76
<u>Fig n°62</u> .Corrélogramme simple à long terme des pluies de la source Ain Zerga (du 01 Septembre 2002 au 31 Mars 2011, n=3134 jours, m=1045 jours).....	78
<u>Fig n°63</u> .Spectres de densité de variance des pluies à Ain Zerga "du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours, m=1045.....	78
<u>Fig n°64</u> .Corrélogramme simple de Débit d'écoulement à long terme de la source Ain Zerga (du 01 Septembre 2002 au 31 Mars 2011, n=3134 jours, m= 1045 jours).....	79
<u>Fig n°65</u> .Spectres de densité de variance à long terme des débits de la source Ain Zerga "du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours, m=1045".....	79
<u>Fig n°66</u> .Corrélogramme croisé à long terme Pluie-Débit d'écoulement de la source Ain Zerga (de 01 septembre 2002 au 31 Mars 2011, n=3134 jours, m=1045 jours).....	79
<u>Fig n°67</u> .Fonction d'Amplitude à long terme de la source Ain Zerga (du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours, m=1045).....	81
<u>Fig n°68</u> .Fonction de Cohérence à long terme de la source Ain Zerga "du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours, m=1045".....	81
<u>Fig n°69</u> .Fonction de Gain à long terme de la source Ain Zerga (du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours, m=1045).....	81

Remerciements

Tout d'abord, j'exprime ma plus profonde reconnaissance à mes chères mère et père pour leur inestimable soutien durant toute ma carrière d'étude.

Je tiens à exprimer mes remerciements aux personnes et aux institutions qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

- D'abord, j'exprime mes gratitudes et mes remerciements s'adressent à mon encadreur Dr. HEMILA Mohammed Laid. Je le remercie de son aide, conseils précieuses, sa confiance et de son appui pour la bonne réussite de mon travail.
- L'ensemble des enseignants qui nous ont formés le long de la formation du Magistère.

Un grand merci pour :

- Les Autochtones de la région de Dyr-Gastel surtout mes amis de classe, pour leurs curiosités, l'esprit de collaboration et de leurs générosités.
- Aux travailleurs de l'agence nationale de ressources hydriques ANRH-Tébessa, pour leurs aides à la collecte des données hydro-pluviométriques.
- Directeur de l'entreprise « GREPCO ». Je le remercie pour leur compréhension et la permission d'une dérogation administrative qui ma permis de prendre le temps nécessaire pour effectuer les mesures.
- Les techniciens du laboratoire de sciences de la terre et de l'univers.
- Mes remerciements s'adressent à tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.
- J'exprime ma plus profonde reconnaissance à mes parents pour leur inestimable soutien durant cette étude.

Dédicace

A ma chère mère

A mon père

A mes frères : Belgacem, Isaak.

A mon beau frère Mohammed.

A tous les gens qui font des efforts considérables pour mettre notre pays

dans la bonne voie.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

I- Buts et méthodologie	
d'étude :	2
II- Situation géographique et	
géomorphologique :	3
III- Aperçu géologique :	3
IV- Aperçu hydroclimatologique :	3
V- Aperçu hydrogéologique :	10

CHAPITRE I

ACQUISITION DES DONNES HYDROPLUVIOMETRIQUE

I-	
Introduction :	14
II- Acquisition des données :	14
II.1 Acquisition pour un traitement à court terme :	14
a) <i>Jaugeage des débits de la source Ain Zerga :</i>	14
b) <i>Mesure des précipitations journalières :</i>	19
II.2 Acquisition pour un traitement à long terme :	19
a) <i>Présentation des données hydro pluviométriques :</i>	19

CHAPITRE II

ANALYSE DES DEBITS CLASSES

I-Principe de la méthode des débits classés :	25
1.1 Fondement mathématique de la méthode	27
1.2 Interprétation	27
I.3 Interprétation des courbes	
II- Etablissement et Interprétation des courbes des débits classés :	
II.1 Analyse des débits classés à court terme :	27
II.2 Analyse des débits classés à long terme :	33

II.3 Variabilité interannuelle de fonctionnement de l'exutoire :	33
III. Conclusion :	36

CHAPITRE III

ANALYSE DES COURBES DE RECESSION

Introduction :	43
I. Principe de la méthode :	43
II. Analyse à court terme (Période de suivi du 01 avril 2010 au 24 avril 2011) :	46
<i>II.1 Comportement de la zone d'infiltration (Zone non saturée):</i>	46
<i>II.2 Comportement de la zone noyée (Zone saturée):</i>	50
III. Analyse à long terme :	50
<i>III.1 Comportement de la zone d'infiltration (Zone non saturée):</i>	56
<i>III.2 Comportement de la zone noyée (Zone saturée) :</i>	56
IV. Classification du système karstique :	58
V. Conclusion :	59

CHAPITRE IV :

ANALYSES CORRELATOIRES ET SPECTRALES :

I-Introduction :	62
II- Principe des méthodes des analyses corrélatoires et spectrales :	62
II.1 Analyse simple :	63
<i>a) Le</i>	
<i>Corrélogramme simple:</i>	63
<i>b) Le spectre simple :</i>	64
II.2 Analyse croisée :	65
<i>a) Le corrélogramme croisé :</i>	65
<i>b) Le spectre croisé :</i>	66
II.3 Classification des systèmes karstiques :	68

III - Application et interprétation des résultats :	69
III-1 Analyse à court terme:	70
III-1-1 Analyse simple des chroniques des pluies:	70
III-1-2-Analyse simple des chroniques des débits:	70
III-1-3 Analyses Croisées (Pluies-Débits):	73
a) <i>Le corrélogramme croisé :</i>	73
b) <i>Le spectre croisé :</i>	73
• <i>La fonction d'amplitude :</i>	73
• <i>La fonction de cohérence :</i>	73
• <i>La fonction de phase :</i>	75
• <i>La fonction de gain :</i>	75
III.1.4. Classification du système karstique :	75
III.2 Analyse à long terme :	77
III-2-1 Analyse simple des chroniques des pluies:	77
III-2-2 Analyse simple des chroniques des Débits:	77
III-2-3 Analyses Croisées (Pluies-Débits):	77
a) <i>Le corrélogramme croisé :</i>	
b) <i>Le spectre croisé :</i>	80
• <i>La fonction d'amplitude</i>	80
• <i>La fonction de cohérence</i>	80
• <i>La fonction de gain</i>	80
IV. Conclusion :	82

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION ET APERÇUS GÉNÉRAUX

I. Buts et méthodologie d'étude :

Dans le cadre des travaux de recherche dans le domaine d'étude des aquifères fissurés et karstiques de la wilaya de Tébessa, il m'a été confié un travail de caractérisation du karst maestrichtien du synclinal de Dyr (Tébessa). La tâche principale est donc l'identification de la structure et du comportement hydraulique du karst en question par application des méthodes de l'approche fonctionnelle.

Comme démarche et méthodologie d'étude, on devra dans un premier temps réaliser un suivi rigoureux de l'écoulement de la source Ain Zerga sur une période d'une année avec un pas de temps journalier. Puis, dans un second temps on exploitera les nouvelles données hydrométriques et pluviométriques enregistrées à Ain Zerga sur dix cycles hydrologiques, allant de 2000/2001 à 2010/2011.

Les procédés de traitement ont été réalisés en deux termes de temps :

- Traitement à court terme : basé sur les données du suivi d'écoulement de la source d'Ain Zerga effectué par nous même du 01 avril 2010 au 31 mars 2011,
- Traitement à long terme : basé sur les données hydrométriques corrigées relatives à une période de dix (10) cycles hydrologiques allant de 2000/2001 à 2010/2011.

Comme présentation écrite du rapport, l'étude se présente en quatre chapitres :

- Le premier chapitre sera consacré à l'acquisition des données hydrométriques, dans lequel nous donnons les techniques et les résultats de suivi de l'écoulement de la source Ain Zerga effectué par nous même du 01 avril 2010 au 31 mars 2011, ainsi que les résultats de détermination des débits journaliers sur la période de dix (10) cycles hydrologiques allant de 2000/2001 à 2010/2011.
- Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse des débits classés afin de définir le fonctionnement du principal exutoire de l'aquifère karstique et sa variabilité temporelle en fonction des conditions hydro climatiques propres à la région,
- Le troisième chapitre sera consacré à la méthode de l'analyse des courbes de récession afin d'identifier d'une façon approximative le comportement des deux sous systèmes qui constituent le système karstique : la zone non saturée ou sous système infiltration et la zone saturée ou sous système karst noyé,
- Le quatrième chapitre sera consacré à la méthode des analyses corrélatoires et spectrales (A.C.S.) qui permet la détermination de l'importance des fonctions

transmissives et capacitives qui sont assurées par le drain (axe de drainage) et les sous systèmes annexes au drainage (S.AD.) au travers de l'inertie propre du système karstique.

A la fin de cette étude nous donnerons une conclusion générale dans la quelle nous dégagerons des synthèses sur la structure et fonctionnement du système karstique étudié.

II- Situation géographique et géomorphologique :

La région d'étude a une superficie de 162 Km², elle est située au Nord Est de la ville de Tébessa et à 15 Km de la frontière Algéro-Tunisienne. Elle fait partie du grand bassin versant du Medjerda et du sous bassin du Méllègue (Fig 1 et 2). Elle est délimitée :

- Au Nord : par la ligne de partage des eaux de Djebel Senane ;
- Au Sud : par les monts de Gouraye-Dyr ;
- A l'Est : par les versants de Bourbaia ;
- A l'Ouest : par la ligne de partage des eaux formée par les falaises de Boulhaf Dyr.

Dans un contexte géomorphologique, la région se trouve entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, limitée par les lignes de crêtes des massifs carbonatés. Les massifs carbonatés se présentent comme des chaînes continues dont leurs altitudes varient entre 1100 et 1450 m avec un maximum de 1472 m (Kef Ahmed). Elle présente un relief de forme plateau avec une pente plus au moins douce qui devient plus forte en allant vers les hautes altitudes.

III- Aperçu géologique :

Selon les anciens travaux géologiques régionaux effectués par nombreux auteurs, Le Dyr-Gastel correspond à une région sédimentaire de formations autochtones nord aurésiennes (Aures-Nemamcha) (fig. 3) constituées essentiellement de très importantes assises carbonatées de calcaires et des marnes d'âges Paléogène-Crétacé supérieur. Un dépôt de remplissage alluvionnaire de Mio-Plio-Quaternaire occupe la plaine et couvre les formations anciennes aux pieds de versant.

Des plissements importants ont affecté les couches anciennes en donnant à la région une structure synclinale dont l'axe est orienté suivant une direction Nord Est – Sud Ouest. Le plissement est postérieur au Lutétien inférieur et antérieur au Miocène et se trouve responsable de l'émersion de la région à l'Eocène moyen.

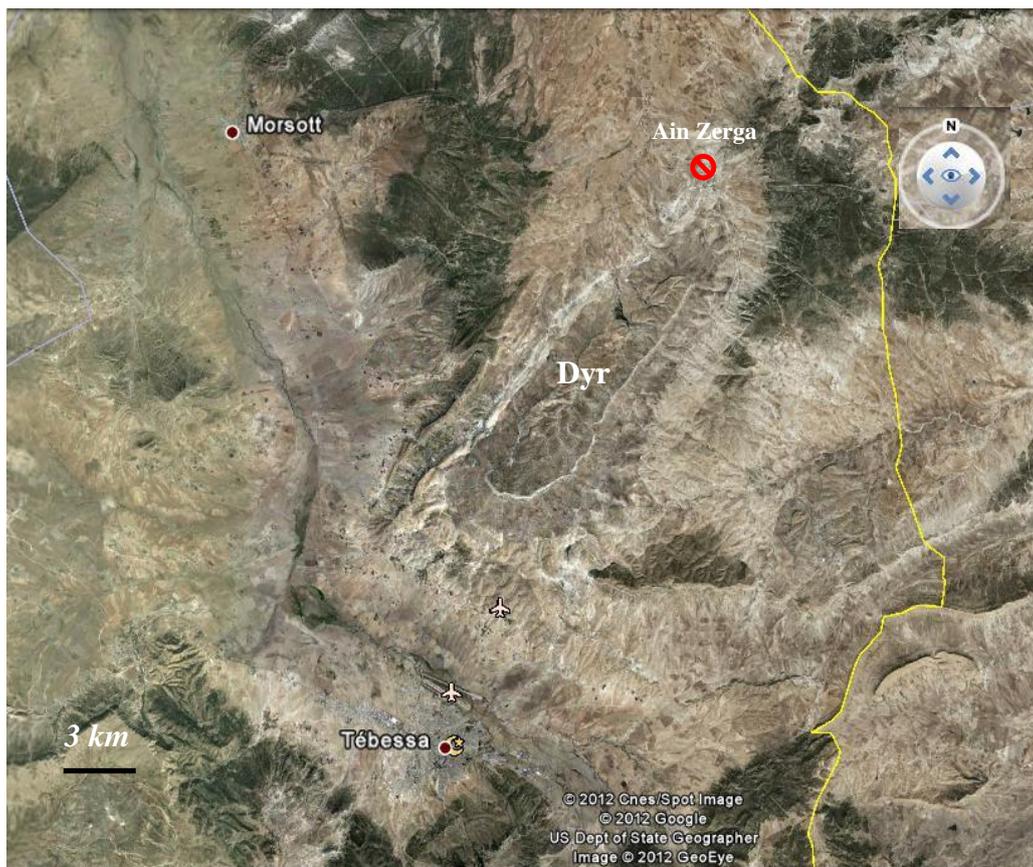


Fig. 1 Position géographique du synclinal de Dyr-Gastel Tébessa - (Algérie)
Google earth 2012

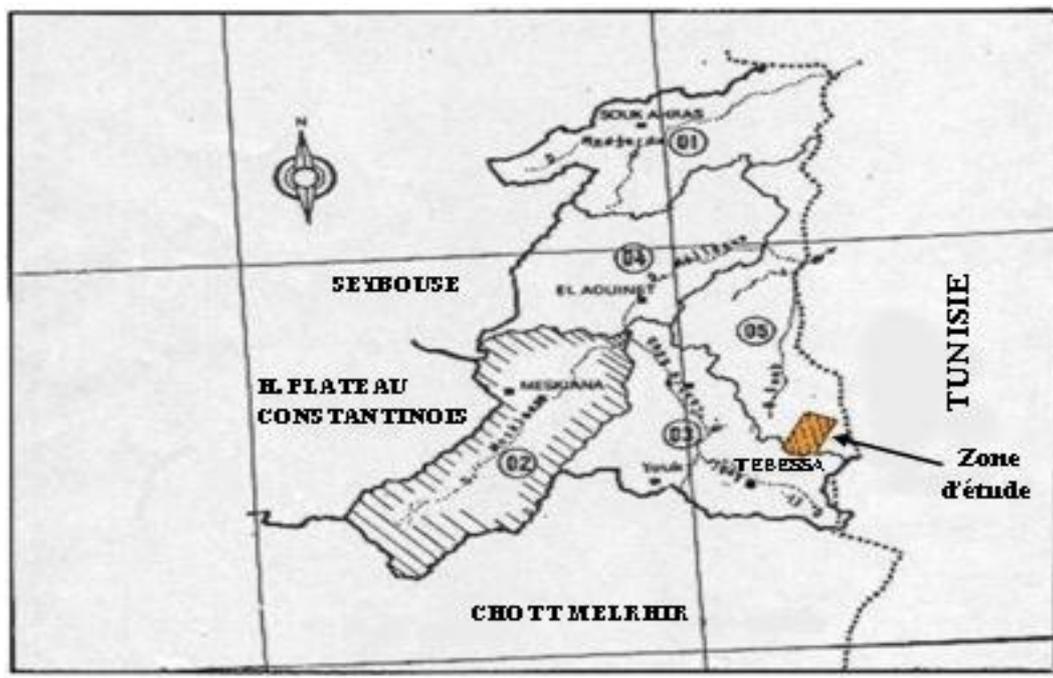
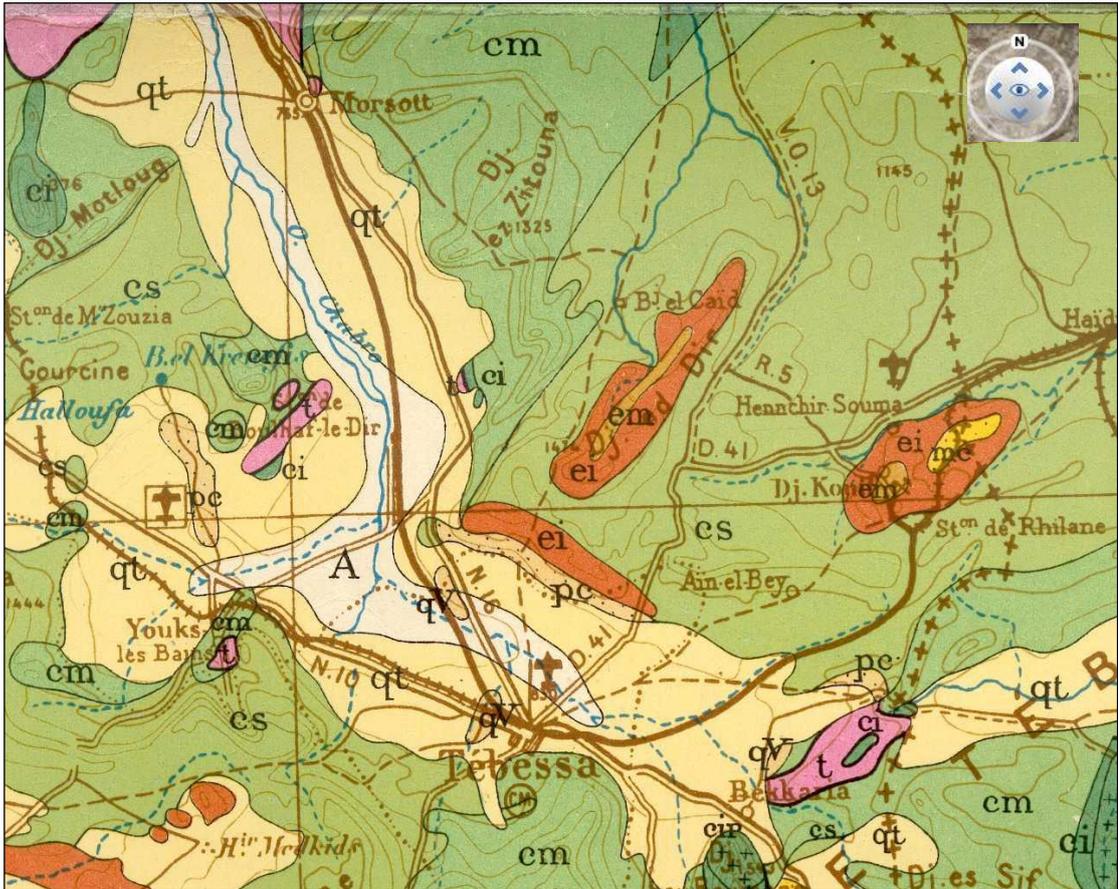


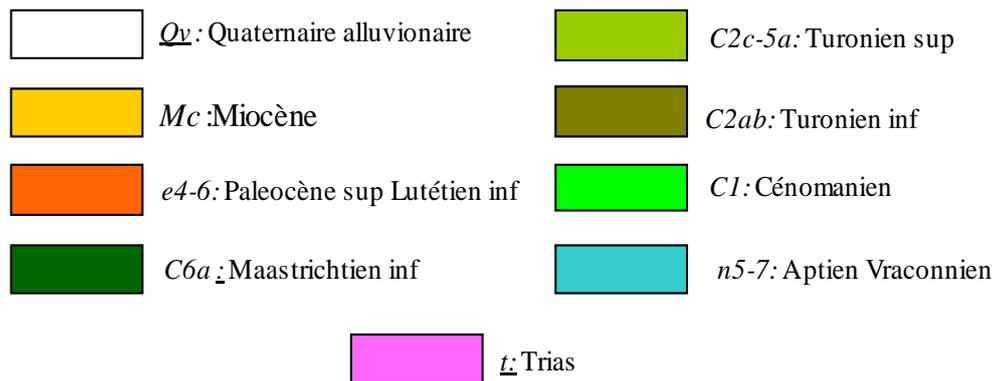
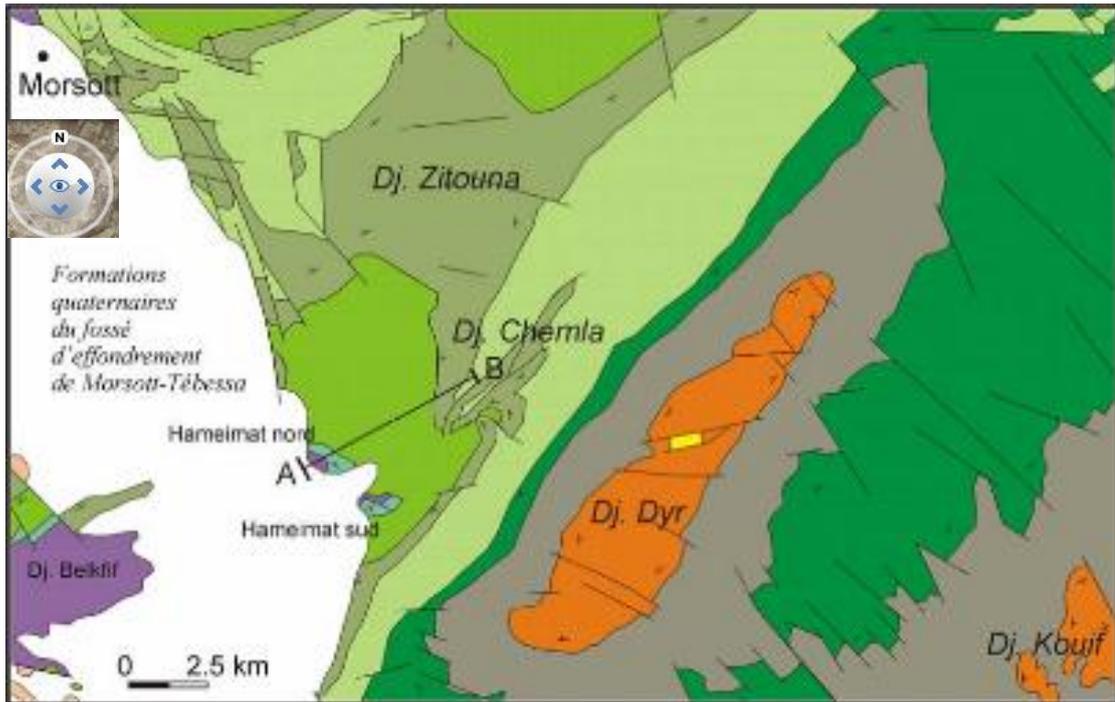
Fig. 2 Position géographique du synclinal de Dyr-Gastel par rapport au grand bassin versant de Medjerda et du sous bassin de Mèlègue (Est Algérien)



	<i>Qv</i> : Quaternaire alluvionaire		<i>ei</i> : Eocène inférieur
	<i>Qt</i> : Quaternaire		<i>Cs</i> : Crétacé supérieur
	<i>Mc</i> : Miocène		<i>Cm</i> : Crétacé moyen
	<i>em</i> : Eocène moyen		<i>Ci</i> : Crétacé inférieur
		<i>t</i> : Trias	

D'après: R. Laffitté et All (1951) (Echelle : 1/400 000)

Fig. 3 Carte géologique du synclinal de Dyr – Gastel.



D'après: Morel et All (1967) (Echelle approximative :1/135 000)

Fig. 3bis Esquisse géologique du synclinal de Dyr-Gastel

Les failles qui ont accompagné les mouvements tectoniques sont en général simples, elles ont exercé une grande influence sur l'érosion depuis l'Eocène, car ce sont ces failles qui ont accompagné les glissements. Les travaux récents d'identification de la fracturation en cette zone d'étude ont montré que les deux massifs calcaires Eocènes et Maestrichtiens ont subis dans le temps des fracturations intenses en favorisant le développement du Karst. Ils ont mis en évidence sur l'ensemble du synclinal mille seize (1016) linéaments classés par fourchette directionnelle suivant des secteurs angulaires de 10° et par unité de longueur.

Dans les calcaires Maestrichtiens, trois principales familles linéamentaires se répartissent comme suit :

- La première famille Nord 14° avec une fréquence de 12.5 % et une longueur cumulée de 107.2 cm correspondant à 21.44 km sur terrain ;
- La seconde famille Nord 10° qui représente 8.10% et une longueur de 98.2 cm ce qui correspond sur terrain à 19.64 km ;
- La troisième famille Nord 40° avec un pourcentage de 7.6 % et une longueur de 82.4 cm ce qui correspond sur terrain à 16.48 km ;

Dans les calcaires Eocènes. Un grand couloir linéamentaire de direction préférentielle de 50 à 90° a été visualisé avec un pourcentage de 45.1 % équivalent à une longueur cumulée de 850 cm ce qui correspond sur terrain à 170 km ;

De plus ancien vers le plus récent, la série stratigraphique peut être résumée comme suite (fig. 4) :

- *Le Coniacien* : Il s'agit de 200 m des marnes à lumachelles. Dans la région, cette formation correspond à un gros banc bien individualisé, souvent bien visible dans sa morphologie.
- *Le Santonien* : Il est représenté par environ de 300 m de marnes grises à rares passés de calcaires à la base.
- *Le Campanien inférieur* : Il est représenté par une couche de 150 m de marnes grises.
- *Le Campanien moyen* : Il s'agit d'une mince couche de 70 à 80 m d'épaisseur de calcaires blancs à gris claires, crayeux en gros bancs, alternant avec de petits niveaux de marnes claires grises parfois verdâtres.
- *Le Campanien supérieur* : Il est constitué de 150 m environ de marnes grises claires à patine vert-jaunâtre admettant dans le tiers inférieur de nombreuses petites intercalations de calcaires argileux sous-jacents et dans les 20 derniers mètres avec les calcaires supérieurs.

ERE	SYSTEME	ETAGE	Epaisseur en (m)	Lithologique	Description lithologique
-----	---------	-------	------------------	--------------	--------------------------

- *Le Maastrichtien inférieur* : Il s’agit de 170 m de calcaires massifs grisâtres ; en gros bancs renfermant parfois de nombreuses empreintes d’Inocérames typiques.
- *Le Maestrichtien supérieur* : Il est représenté par une couche de 150 m d’épaisseur en moyenne de marnes grises montrant quelques intercalations calcaires à l’extrême base.
- *Le Danien* : Il est formé de 75 à 100 m des calcaires argileux gris clairs un peu crayeux, en petits bancs à surfaces ondulées, alternant avec des marnes grises.
- *Le Montien* : Il constitue 200 m en moyenne de marnes grises homogènes au sommet desquelles apparaissent des rares bancs de calcaires argileux gris et de minces niveaux phosphatés. *Thanétien* : Il s’agit d’une mince couche de 20 m en moyenne, plus de 40 m à la pointe sud du Djebel Dyr, de calcaires argileux en petits bancs souvent noduleux à silex. Ces calcaires admettent à leur partie inférieure des intercalations phosphatées.
- *L’Eocène inférieur ‘Lutetien yprésien’* : Il s’agit d’une formation de 150 m environ de bancs épais.
- *Le Miocène* : Il s’agit d’une formation continentale transgressive constituée essentiellement par des sables et des graviers quartzeux en blancs à traces ferrugineuses rousses et à stratification entrecroisée. Il se trouve dans la partie centrale de la cuvette synclinale du Djebel de Dyr.
- *Le Quaternaire continental* : Les formations Quaternaires, toutes d’origine continentale occupent d’importantes surfaces, principalement dans les plaines et aux pieds des montagnes, elles sont constituées d’éboulis actuels et récents, des limons, des éboulis anciens (éléments de calcaires d’Eocène et Maestrichtien), des croûtes calcaires et des brèches et cailloutis d’épandages anciens.

IV- Aperçu hydroclimatologique :

La région de Dyr – Gastel se caractérise par un climat semi aride qui se traduit par un hiver très froid et pluvieux et un été très chaud et sec. Les précipitations moyennes inter annuelles sont de l’ordre de 360 mm. Son bilan hydrique a permis de montrer que le Dyr-Gastel se trouve dans une région de forte évapotranspiration et de faible excédent qui représentent, par rapport à la totalité des précipitations, respectivement 90 % et 10 %. La période excédentaire s’étale au maximum sur cinq mois ; du mois de janvier au mois de mai.

Quaternaire	A	Eboulis-alluvions			Cailloutis calcaires argileux limons fins à des cailloutis anguleux Calcaire blanchâtre à rose Conglomérat argileux	
	Q Qer q	actuel et récent Croute calcaire Villa franchien				
	Miocène m	Tortonien Langhien			Sables et graviers quartzeux	
TERTIAIRE	PALEOGENE	e 5-6	Lutétien-inf-Yprésien	150		Calcaires massifs à gros silex Calcaires argileux à silex Marnes grises,rars bancs de calcaire Calcaires argileux un peu crayeux
		e 4	Paléocène.Sup Thantien	20		
		e 2-3	Paléocène	200		
		e 1	Danien	100		
SECONDAIRE	CRETACE	c 6b	Maastrichtien. Sup	150		Marnes grises intercalé par des bancs calcaires
		c 6a	Maastrichtien. Inf	200		Calcaires massifs grisâtres à inocérames
		c 5c	Campanien.Sup	170		Marnes grise claire
		c 5b	Campanien.Moy	75		Calcaires blancs à gris claires crayeux
		c 3.5a	Companien.Inf Santonien Coniacien	600		Marnes grises Marnes grises à rare passés calcaire Marnes à Lumachelle.

Fig.4 Colonne lithologique du synclinale de Dyr-Gastel.

V- Aperçu hydrogéologique :

Les travaux d'investigation et les études hydrogéologiques réalisés dans cette région ont permis de déceler deux systèmes aquifères carbonatés et karstique :

- Le premier, constitué par des calcaires fissurés d'Éocène, est de type épi karst avec la source Ain Erkel le principal exutoire (fig. 5) ;
- Le second, constitué par des calcaires fissurés du Maestrichtien est de type holokarst avec la source Ain Zerga le principal exutoire (fig 6 et 7).

Ces aquifères sont caractérisés par une complexité du mécanisme hydrodynamique. La nature lithologique, la géométrie et la variabilité hydroclimatique sont les principaux indices de détermination de l'ampleur de cette complexité qui restait indéfinie.

Comme le montre le tableau n°1, les forages implantés dans le synclinal de Dyr démontrent la karstification et la grande potentialité hydraulique de l'aquifère maestrichtien.

Sigle	Coordonnées Lambert	H	NS	Δ	Q	10	50	Epais.	P a r t	S t r
-------	---------------------	---	----	----------	---	----	----	--------	---------	-------

	X	Y	Z	(m)	(m)	(m)	en l/s			(m)		
AZ1	1003.85	274 .1 5	870	260	18,6	32,6	15	29	>26 0	>231	Perte totale et chute d'outil à partir de 150m	S.A.D et drain principal
AZ1 Bis	1003.85	274 .1 5	870	300	21,6	34,4	18	32	200	168	Perte totale et chute d'outil à partir de 60m	S.A.D et drain principal
AZ2 BIS	1003,6	274,5	866	150	15,6	32	18	8	>15 0	>142		S.A.D et drain principal
AZ2	1005.5	273 .6	901	245	74,2 6	50.7	2	40	245	205	Perte totale et chute d'outil à partir de 40m	S.A.D sur le flanc Est
MZ1	1003.85	274 .1	852	150	30,4		4	3	150	>147	Perte totale et chute d'outil à partir de 40m	S.A.D sur le flanc Est
MT1	1001	262	1119	267	/	/	/	0	267	>267	/	Forage stérile flanc Est

Tableau n°1 : Tableau récapitulatif des forages captant l'aquifère karstique du Maestrichtien



Fig. 5 : Vue générale de l'émergence de La source Ain Erkel – Gastel



Fig. 6 Vue générale de l'émergence de La source Ain Zerga (Maestrichtien)



Fig. 7 : Vue générale de l'émergence de La source Ain Zerga (Maestrichtien)

CHAPITRE I :
ACQUISITION DES DONNES DE BASE DE TRAITEMENT

I- Introduction :

Comme nous l'avons mentionné précédemment, notre tâche principale est l'étude de la structure et du comportement hydraulique du karst maestrichtien du synclinal de Dyr-Gastel (Tébessa) par application des méthodes de l'approche fonctionnelle. Pour cela, nous avons adopté une méthodologie d'analyse et de traitement en deux termes de temps nécessitant l'acquisition des données complémentaires sur :

- Les débits d'écoulement à l'exutoire principal du système aquifère en question,
- Les précipitations tombées sur la région de Dyr-Gastel sur une longue période.

II- Acquisition des données :

II.1 Acquisition pour un traitement à court terme :

a) Jaugeage des débits de la source Ain Zerga :

Dans le but d'une analyse du fonctionnement du système en question relative à une période à court terme, nous avons réalisé un suivi rigoureux de l'écoulement de la source Ain Zerga sur une période d'une année avec un pas de temps journalier. Les mesures des débits et des hauteurs de la lame d'eau écoulée de la source ont été commencées le 01 avril 2010 et sont arrêtées le 31 mars 2011. Elles ont été prélevées par nous même au niveau de la section aménagée de la station de jaugeage de Ain Zerga qui contrôle l'écoulement des eaux de surface et l'écoulement de la source Ain Zerga (fig.8).

Nous avons alors réalisé le long d'une année soixante deux (62) jaugeages de débits avec un moulinet de type Ott XV en utilisant l'hélice n°4. Alors, c'est l'exploration du champ de vitesse d'écoulement au niveau de la section. Les jaugeages sont effectués au pas de temps hebdomadaire et en périodes des averses au niveau d'une section aménagée et équipée d'une échelle limnimétrique.

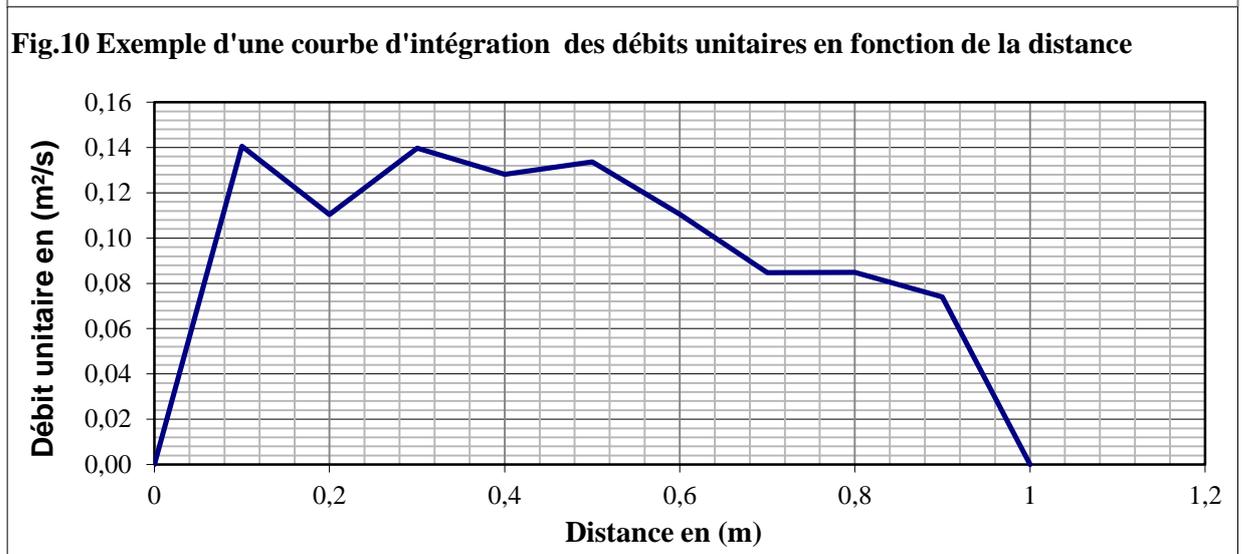
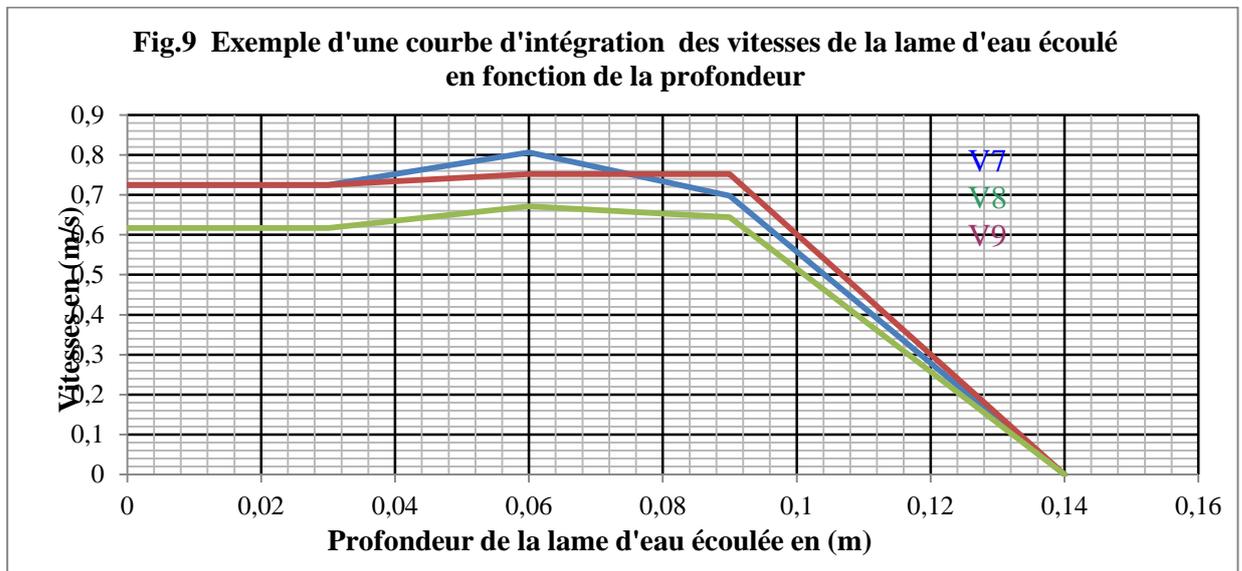
La technique de jaugeage et de dépouillement est celle de double intégration du champ de vitesse ; la première intégration est celle de la vitesse par rapport à la profondeur de la lame d'eau pour déterminer le débit par unité de largeur. La deuxième intégration est celle de débit unitaire par rapport à la distance, entre la rive droite et la rive gauche, pour le calcul du débit d'écoulement de la source (fig. 9 et 10). Les résultats de jaugeages et de détermination des débits instantanés sont présentés dans le tableau n° 2 .

Durant cette période de suivi, la mesure des hauteurs de la lame d'eau écoulée au niveau de la section aménagée a été relevé par nous même quotidiennement, c'est-à-dire des mesures au pas de temps journaliers.

Les résultats de mesure sont présentés dans le tableau n° 3.



Fig. 8 La section aménagée de réalisation des jaugeages au moulinet de la source d'Ain Zerga.



N°	Date	Hauteur d'eau écoulee H(m)	Débits instantanés (m³/s)	N°	Date	Hauteur d'eau écoulee H(m)	Débits instantanés (m³/s)
1	19/04/2010	0,14	0,1008	32	04/11/2010	0,055	0,03648
2	23/04/2010	0,16	0,1052	33	05/11/2010	0,085	0,04656
3	23/04/2010	0,14	0,09376	34	07/11/2010	0,19	0,1696
4	23/04/2010	0,12	0,0724	35	07/11/2010	0,175	0,1508
5	24/04/2010	0,11	0,06376	36	08/11/2010	0,175	0,1356
6	01/05/2010	0,07	0,05304	37	10/11/2010	0,175	0,1368
7	08/05/2010	0,06	0,03536	38	09/11/2010	0,14	0,1156
8	18/05/2010	0,045	0,02998	39	09/11/2010	0,14	0,0954
9	22/05/2010	0,04	0,02884	40	10/10/2010	0,125	0,0858
10	29/05/2010	0,05	0,02952	41	10/10/2010	0,125	0,08688
11	05/06/2010	0,05	0,02936	42	11/10/2010	0,125	0,09024
12	14/06/2010	0,05	0,0244	43	11/11/2010	0,125	0,08944
13	19/06/2010	0,03	0,01124	44	13/11/2010	0,12	0,07984
14	26/06/2010	0,035	0,01356	45	13/11/2010	0,12	0,07776
15	03/07/2010	0,045	0,01988	46	20/11/2010	0,08	0,05912
16	17/08/2010	0,04	0,02698	47	27/11/2010	0,065	0,04228
17	21/08/2010	0,035	0,01552	48	04/12/2010	0,045	0,02126
18	28/08/2010	0,03	0,01104	49	01/01/2011	0,02	0,01308
19	11/09/2010	0,035	0,01707	50	08/01/2011	0,025	0,01276
20	02/09/2010	0,1	0,05632	51	15/01/2010	0,02	0,01116
21	02/09/2010	0,085	0,0642	52	22/01/2011	0,03	0,01774
22	02/09/2010	0,07	0,05184	53	29/01/2011	0,025	0,01472
23	04/09/2010	0,06	0,03432	54	01/02/2011	0,05	0,03096
24	18/09/2010	0,03	0,0138	55	04/02/2011	0,14	0,10032
25	25/09/2010	0,025	0,01208	56	05/02/2011	0,135	0,0958
26	09/10/2010	0,02	0,01236	57	06/02/2011	0,115	0,07552
27	16/10/2010	0,015	0,00895	58	07/02/2011	0,105	0,08128
28	18/10/2010	0,07	0,05424	59	08/02/2011	0,09	0,076
29	18/10/2010	0,05	0,0364	60	09/02/2011	0,08	0,07
30	23/10/2010	0,03	0,01592	61	12/02/2011	0,06	0,04228
31	30/10/2010	0,02	0,01404	62	09/03/2011	0,255	0,2332

Tableau n°02 Tableau récapitulatif des résultats de 62 jaugeages instantanés réalisés au niveau de la source Ain Zerga.

jours	avr-10		mai-10		juin-10		juil-10		août-10		sept-10		oct-10		nov-10		déc-10		janv-11		févr-11		mars-11	
	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)
1	0,03	22,2	0,07	51,8	0,06	44,4	0,035	25,9	0	0	0,06	44,4	0,11	81,4	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,15	111
2	0,03	22,2	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2	0	0	0,1	74	0,065	48,1	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,025	18,5	0,14	103,6
3	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,045	33,3	0	0	0,065	48,1	0,055	40,7	0,02	14,8	0,05	37	0,02	14,8	0,035	25,9	0,15	111
4	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6	0	0	0,06	44,4	0,05	37	0,02	14,8	0,045	33,3	0,02	14,8	0,05	37	0,17	125,8
5	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6	0	0	0,055	40,7	0,045	33,3	0,03	22,2	0,045	33,3	0,02	14,8	0,07	51,8	0,16	118,4
6	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,035	25,9	0	0	0,05	37	0,045	33,3	0,06	44,4	0,045	33,3	0,02	14,8	0,09	66,6	0,18	133,2
7	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,025	18,5	0	0	0,05	37	0,035	25,9	0,085	62,9	0,03	22,2	0,02	14,8	0,14	103,6	0,21	155,4
8	0,03	22,2	0,05	37	0,1	74	0,01	7,4	0	0	0,04	29,6	0,035	25,9	0,14	103,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,135	99,9	0,19	140,6
9	0,03	22,2	0,05	37	0,09	66,6	0,01	7,4	0	0	0,035	25,9	0,02	14,8	0,19	140,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,11	81,4	0,175	129,5
10	0,03	22,2	0,05	37	0,06	44,4	0,01	7,4	0	0	0,035	25,9	0,02	14,8	0,175	129,5	0,03	22,2	0,025	18,5	0,105	77,7	0,16	118,4
11	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,01	7,4	0	0	0,035	25,9	0,02	14,8	0,14	103,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,09	66,6	0,16	118,4
12	0,065	48,1	0,04	29,6	0,04	29,6	0,01	7,4	0	0	0,03	22,2	0,02	14,8	0,125	92,5	0,03	22,2	0,02	14,8	0,08	59,2	0,16	118,4
13	0,1	74	0,03	22,2	0,04	29,6	0	0	0	0	0,03	22,2	0,02	14,8	0,125	92,5	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,16	118,4
14	0,07	51,8	0,03	22,2	0,05	37	0	0	0	0	0,035	25,9	0,02	14,8	0,12	88,8	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,15	111
15	0,05	37	0,045	33,3	0,05	37	0	0	0	0	0,03	22,2	0,015	11,1	0,12	88,8	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,15	111
16	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0	0	0,04	29,6	0,03	22,2	0,015	11,1	0,11	81,4	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,15	111
17	0,11	81,4	0,03	22,2	0,04	29,6	0	0	0,04	29,6	0,03	22,2	0,015	11,1	0,11	81,4	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,15	111
18	0,18	133,2	0,045	33,3	0,04	29,6	0	0	0,04	29,6	0,03	22,2	0,015	11,1	0,105	77,7	0,05	37	0,02	14,8	0,06	44,4	0,14	103,6
19	0,14	103,6	0,02	14,8	0,03	22,2	0	0	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,1	74	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,14	103,6
20	0,11	81,4	0,02	14,8	0,04	29,6	0	0	0,035	25,9	0,03	22,2	0,095	70,3	0,09	66,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,065	48,1	0,14	103,6
21	0,1	74	0,02	14,8	0,05	37	0	0	0,035	25,9	0,035	25,9	0,045	33,3	0,09	66,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,13	96,2
22	0,1	74	0,04	29,6	0,05	37	0	0	0,04	29,6	0,03	22,2	0,045	33,3	0,08	59,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,08	59,2	0,13	96,2
23	0,16	118,4	0,05	37	0,05	37	0	0	0,04	29,6	0,025	18,5	0,04	29,6	0,08	59,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,08	59,2	0,13	96,2
24	0,11	81,4	0,04	29,6	0,05	37	0	0	0,035	25,9	0,03	22,2	0,035	25,9	0,08	59,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,07	51,8	0,12	88,8
25	0,1	74	0,04	29,6	0,04	29,6	0	0	0,035	25,9	0,025	18,5	0,03	22,2	0,07	51,8	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,12	88,8
26	0,1	74	0,04	29,6	0,04	29,6	0	0	0,03	22,2	0,015	11,1	0,03	22,2	0,07	51,8	0,03	22,2	0,02	14,8	0,08	59,2	0,11	81,4
27	0,1	74	0,04	29,6	0,04	29,6	0	0	0,03	22,2	0,01	7,4	0,035	25,9	0,065	48,1	0,03	22,2	0,02	14,8	0,1	74	0,11	81,4
28	0,085	62,9	0,04	29,6	0,04	29,6	0	0	0,03	22,2	0,06	44,4	0,035	25,9	0,065	48,1	0,03	22,2	0,02	14,8	0,09	66,6	0,11	81,4
29	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2	0	0	0,015	11,1			0,035	25,9	0,065	48,1	0,03	22,2	0,035	25,9	0,09	66,6	0,12	88,8
30	0,08	59,2	0,06	44,4	0,035	25,9	0	0	0,01	7,4			0,03	22,2	0,05	37	0,025	18,5	0,02	14,8	0,09	66,6	0,12	88,8
31			0,06	44,4			0	0	0,01	7,4			0,025	18,5			0,03	22,2			0,15	111	0,12	88,8
moy	0,07	54,51	0,05	33,42	0,05	35,89	0,01	7,16	0,02	12,05	0,04	28,81	0,04	27,21	0,09	64,63	0,03	25,06	0,02	16,03	0,08	57,89	0,15	107,54

Tableau n°03 Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga

jours	avr-10	mai-10	juin-10	juil-10	août-10	sept-10	oct-10	nov-10	déc-10	janv-11	févr-11	mars-11
1	6,5	0	0	0	0	8	0	0	0	2	40	0
2	0	0	0	4	0	33,6	0	5,8	0	1	4,5	0
3	0	2	0	0	0	0	0	17,5	0	0	0	47
4	0	0	0	0	0	0	0	29,1	0	0	0	0
5	0	0	0	2,5	0	0	0	54,8	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	4,2	0	0	0	0
7	0	0	6,5	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
9	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0,5	0	0,5	0	0	0	2	0	0	1,5	0	0
14	0	2	3	0,6	0	0	0	0	0	0	1,5	0
15	0	0	0,4	0	0	0	3,8	1	5,5	0	0	0
16	0	0	0	0	27	0	0,5	0	0	0	12,5	1,5
17	16,5	0	0	0	0	0	22,5	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	4,2	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	36,5	0
22	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
23	17,5	6	0	0	0	0	0	0	0	4	3,5	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	2,5	0	0	0	6	1,5	0	3,5	1,5	0
26	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
28	0	0	0	6	0	24	0	0	0	0	0	0
29	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0		4,7
30	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	11,5		0
31		0		0	0		0		0	0		0
moyenne	1,6	0,8	0,6	0,4	0,9	2,2	1,4	3,9	0,2	0,9	4,7	1,8

Tableau n°04 Tableau récapitulatif des chroniques des pluies journalières d'Ain Zerga- Tébessa.

A partir des débits instantanés et leurs hauteurs correspondant, nous avons établi le graphe de corrélation entre ces deux paramètres qui nous permet de déterminer les débits journaliers (fig. 11). La bonne corrélation entre les deux paramètres nous a permis de déterminer les débits journaliers qui sont présentés dans le tableau n° 03.

Comme le montre la figure n° 12, ces débits journaliers ont fourni l'hydrogramme des chroniques des débits de la source relatif à notre période de suivi étalée jusqu'au 24 avril 2011.

b) Mesure des précipitations journalières :

En parallèle des mesures des hauteurs journalières de la lame d'eau écoulée, nous avons relevé les précipitations journalières tombées durant la période de suivi au niveau de la station pluviométrique de Ain Zerga. Les résultats des chroniques des pluies sont présentés dans le tableau n°4.

II.2 Acquisition pour un traitement à long terme :

a) Présentation des données hydro pluviométriques :

Afin de réaliser un travail de traitement à long terme, nous avons récolté tous les débits instantanés et les hauteurs journalières de la lame d'eau écoulée jaugés et relevés par les services de l'ANRH de Tébessa sur une période de dix cycles hydrologiques allant du 2000/2001 à 2009/2010. L'analyse des chroniques de mesure des hauteurs journalières a révélé des lacunes d'observation durant les deux cycles hydrologiques 2000/2001 et 2001/2002. La détermination des débits journaliers par l'utilisation de la courbe de tarage liant les débits instantanés et les hauteurs correspondant a été faite sur la base des données des huit cycles hydrologiques retenus allant du 2002/2003 à 2009/2010. Les hydrogrammes des chroniques des débits présentés en annexe I sont illustrés dans les figures n° 13 à 20.

Concernant les précipitations tombées durant cette période (2002/2003 à 2009/2010), nous avons ainsi récolté les données pluviométriques qui sont présentées dans les tableaux en annexe II.

Fig. 11 Courbe du tarage liant les débits et les hauteurs instantanés de 62 jaugeages réalisés (du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011)

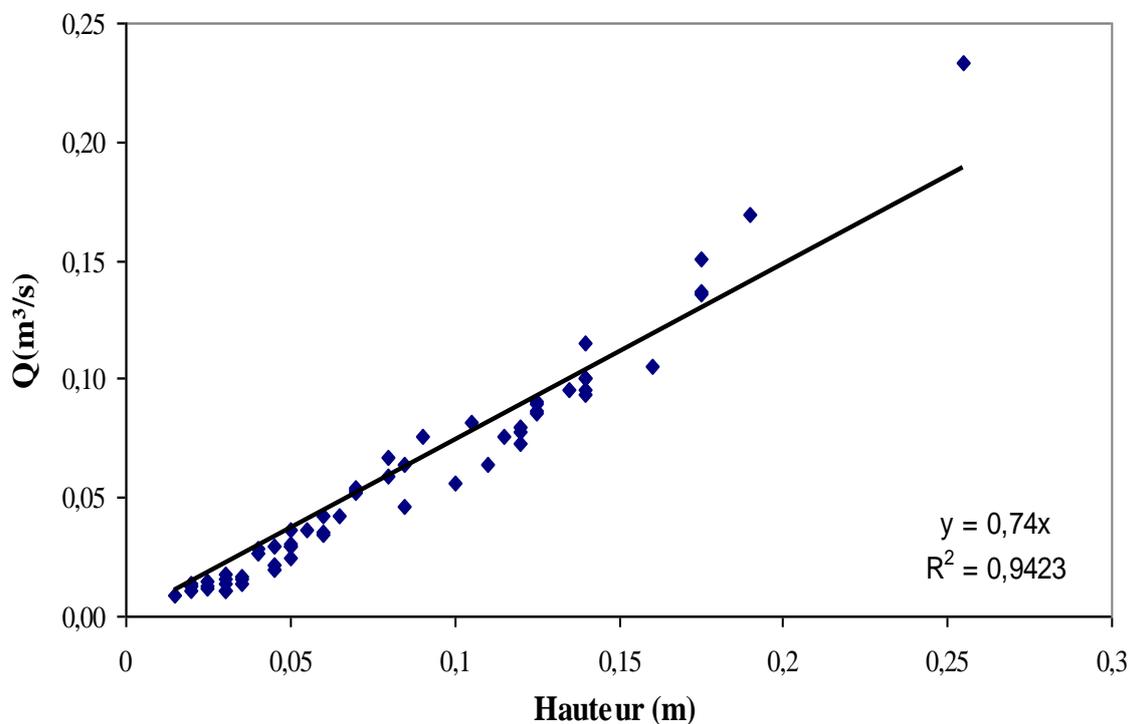
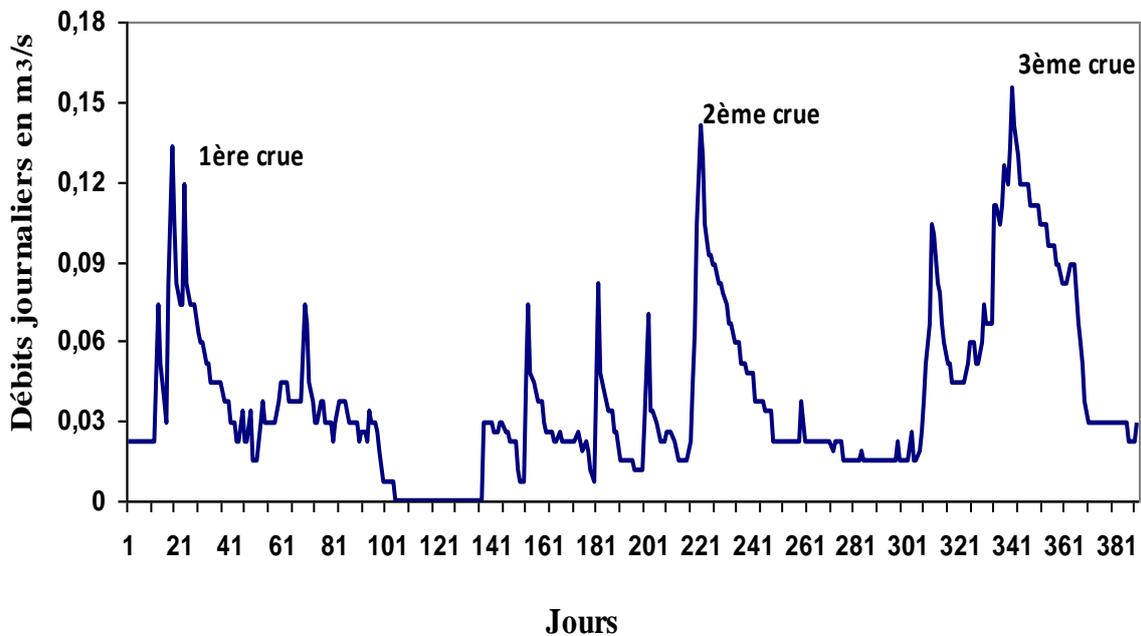
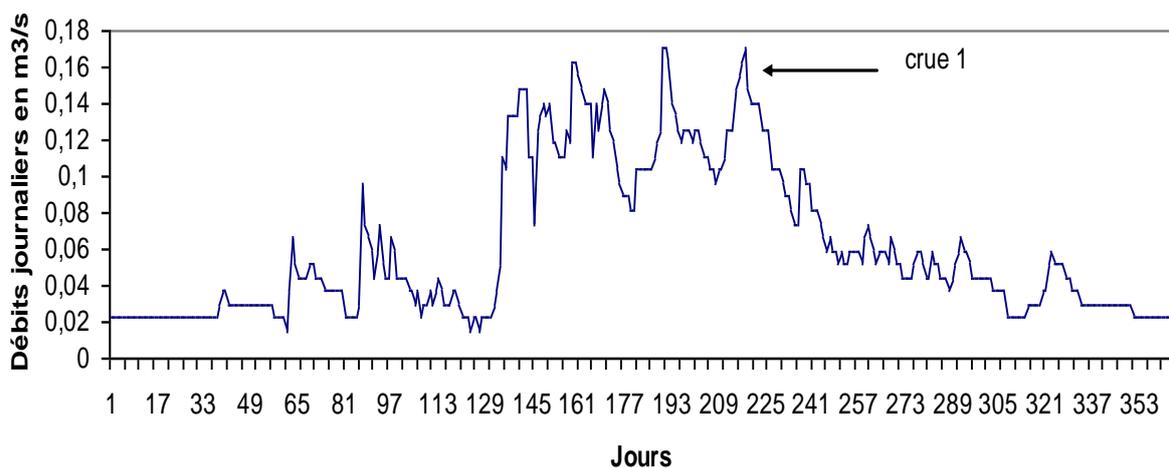


Fig.12 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga de la période du suivi de 01 avril 2010 au 24 avril 2011



**Fig-13 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga
(Cycle hydrologique 2002/2003)**



**Fig-14 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga
(Cycle hydrologique 2003/2004)**

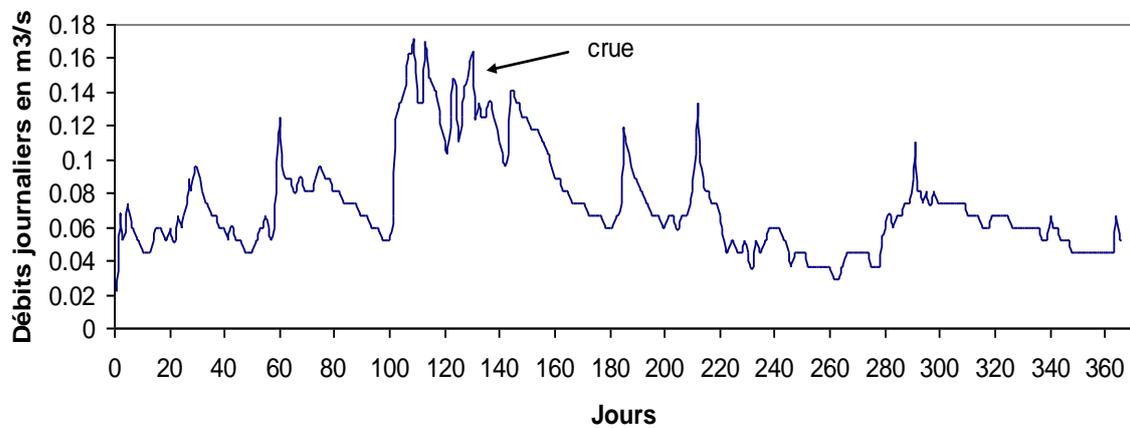


Fig-15 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2004/2005)

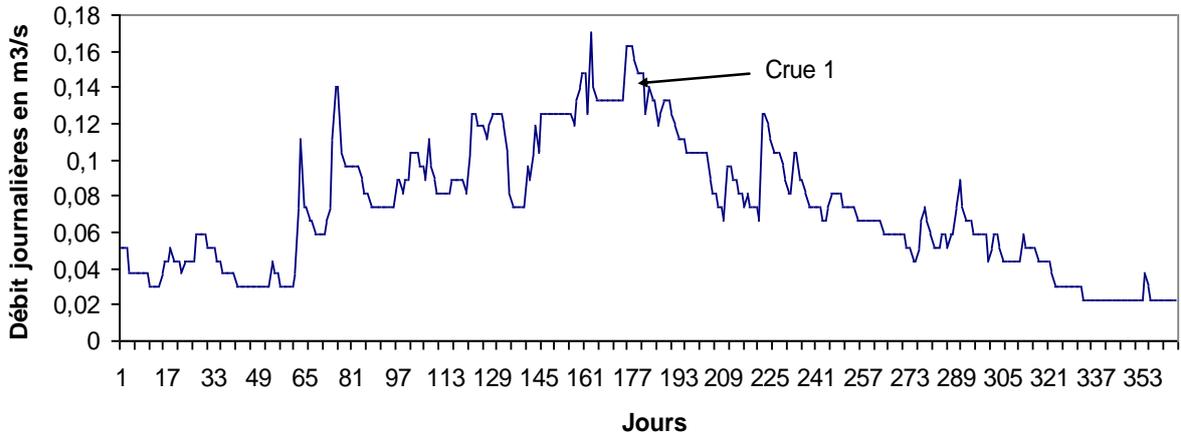


Fig-16 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2005/2006)

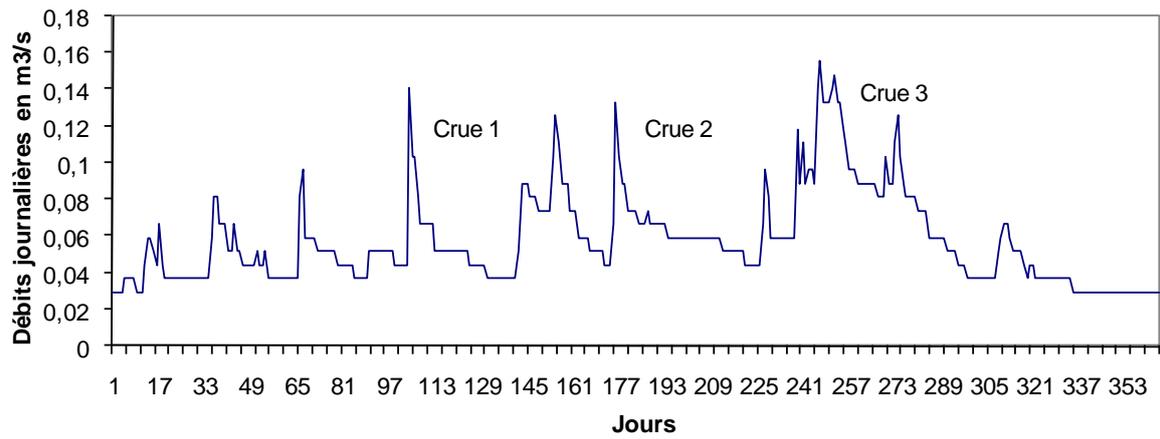


Fig-17 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2006/2007)

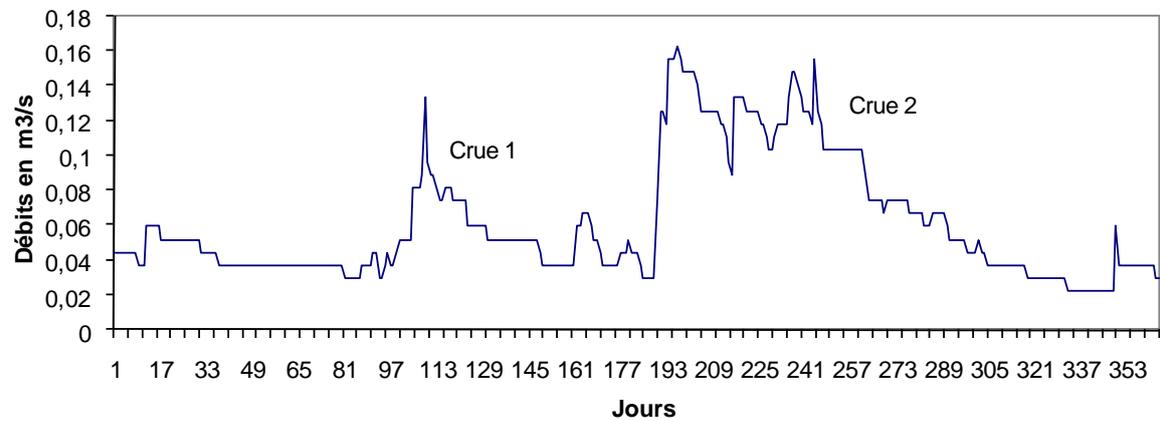


Fig-18 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2007/2008)

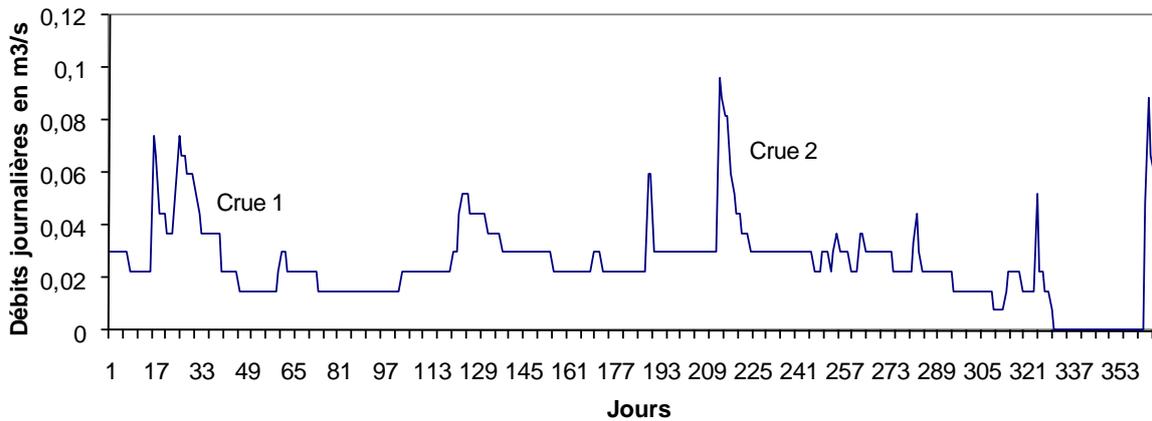


Fig-19 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2008/2009)

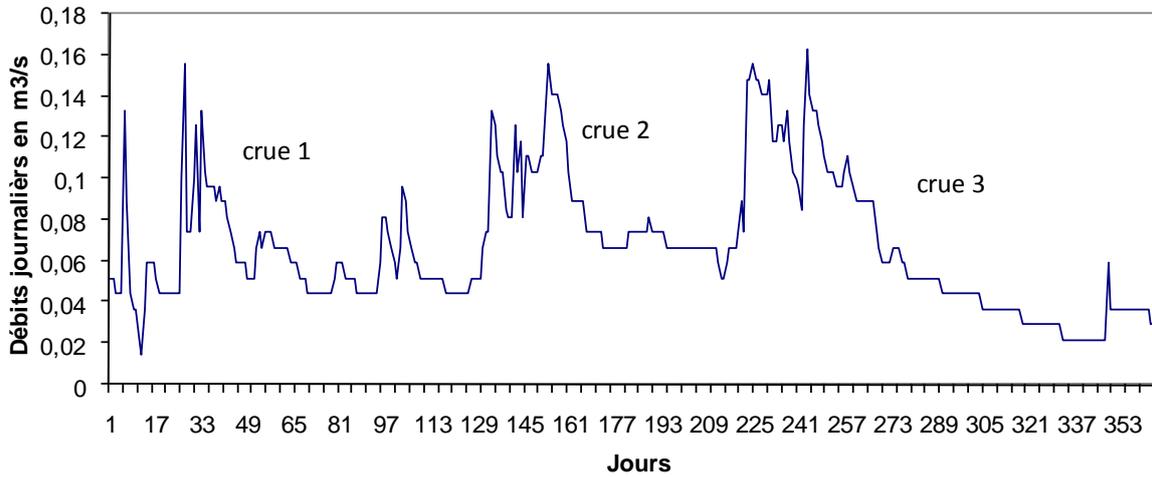
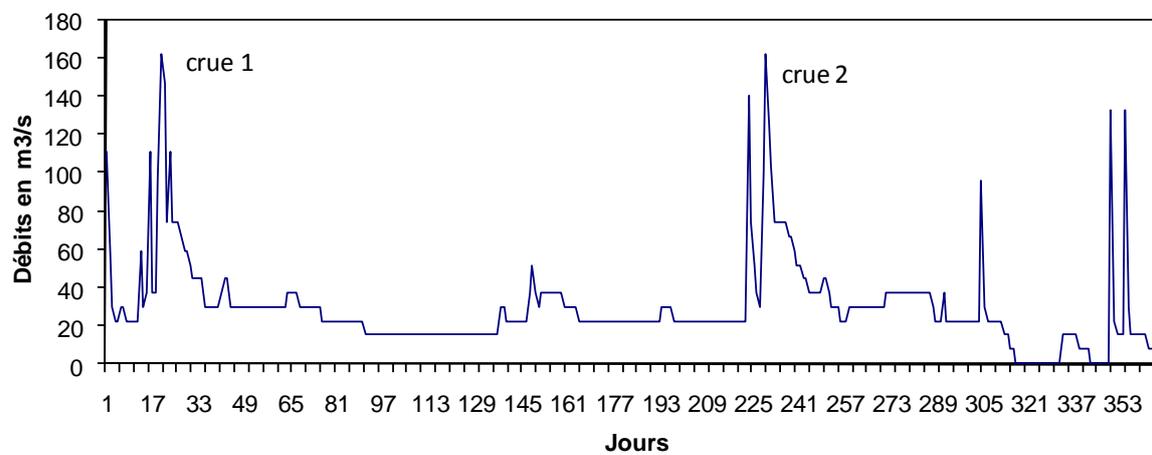


Fig.20 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga (Cycle hydrologique 2009/2010)



CHAPITRE II :
ANALYSE DES DEBITS CLASSES

I-Principe de la méthode des débits classés :

L'analyse d'une courbe des débits classés a pour but de mettre en évidence des phénomènes pouvant agir sur le régime des eaux des émergences karstiques : fuites d'eau vers l'extérieur du système, apport d'eau supplémentaire vers le système. Cela se traduit par des discontinuités.

Cette courbe s'obtient en décomposant l'hydrogramme du cycle en classes de débits, et en portant pour une classe de débit donnée, le nombre d'événements pendant lesquels ce débit a été observé. La distribution de ces classes de débits exprimée en pourcentage cumulé, est reportée en ordonnées sur une échelle de probabilité, et les classes en abscisses sur une échelle arithmétique ou logarithmique. Si une classe de débit possède un nombre d'évènements anormalement faible ou élevé, cela se traduit sur la courbe obtenue par une rupture de pente indiquant ainsi une variation dans le régime d'écoulement.

La loi de probabilité utilisée (Mangin, 1971, 1975) correspond à celle de Laplace. L'avantage de cette loi est que sa mise en application est relativement facile et qu'elle s'adapte bien aux résultats obtenus en faisant intervenir un nombre limité de paramètres. L'ajustement de la répartition des classes de débit par une telle loi ne doit en aucun cas être utilisé à des fins de prévision (chronique de débits journaliers qui représente une succession dans le temps de variables aléatoires dépendantes). En revanche, cette loi sera appliquée essentiellement dans un esprit de description et de comparaison de résultats fournis par les différents systèmes.

L'ajustement des débits selon une échelle arithmétique traduit une infiltration lente du système, cependant en cas d'ajustement selon une échelle logarithmique, l'infiltration est rapide. Les ruptures de pentes de la droite représentative traduisent des variations des vitesses de croissances ou de décroissances des débits. Le tableau n° 5 représente les cinq cas de rupture de pente de la droite représentative des débits classés.

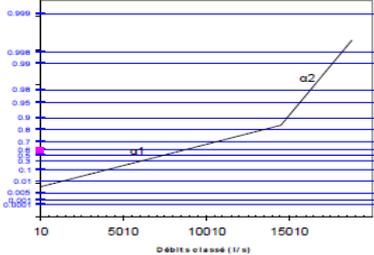
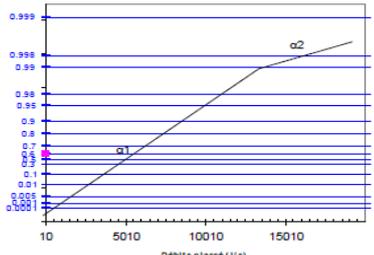
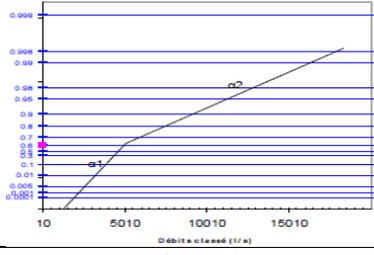
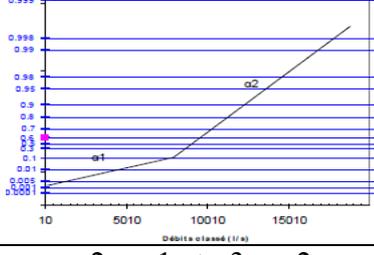
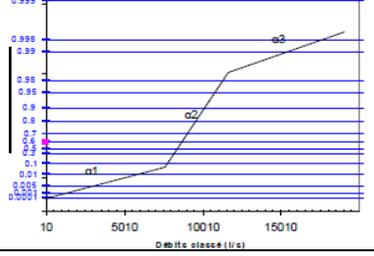
Cas	Pentes des droites	Position de la rupture	Interprétation
A	$\alpha_2 > \alpha_1$ 	Forts pourcentages	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en fonctionnement de trop-plein - Fuites vers un autre système - Stockage momentané - Fuites ou débordement de la station de jaugeage lors des hautes eaux
B	$\alpha_2 < \alpha_1$ 		<ul style="list-style-type: none"> - Apports en provenance d'un autre système - La station de jaugeage prend en compte lors des crues des écoulements n'appartenant pas au système
C	$\alpha_2 < \alpha_1$ 	Faibles pourcentages	<ul style="list-style-type: none"> - Apports d'une réserve issue d'un cycle antérieur
D	$\alpha_2 > \alpha_1$ 		<ul style="list-style-type: none"> - Constitution d'une réserve
E	$\alpha_2 > \alpha_1$ et $\alpha_3 < \alpha_2$ 	Double rupture	<ul style="list-style-type: none"> - Piégeage d'une réserve lors de la décrue et restitution au cours du tarissement

Tableau n° 5 : Interprétation des ruptures de pente de la droite représentative des débits classés (Selon Mangin 1984).

II- Etablissement et Interprétation des courbes des débits classés :

Afin de déterminer le fonctionnement du principal exutoire de l'aquifère karstique maestrichtien du synclinal de Dyr - Gastel et sa variabilité temporelle en fonction des conditions hydro climatiques propres à la région, nous avons procédé à l'application de la méthode d'analyse des débits classés en deux termes de temps :

- Analyse des débits classés à court terme : qui est basée sur les données du suivi d'écoulement de la source d'Ain Zerga effectué par nous même du 01 avril 2010 au 31 mars 2011,
- Analyse des débits classés à long terme : qui est basée sur toutes les données hydrométriques disponibles : les données de notre période de suivi et les données hydrométriques corrigées relatives à une période de huit (08) cycles hydrologiques allant de 2002/2003 à 2009/2010.

Comme technique de traitement, selon la théorie de la loi de distribution normale de Gauss, nous avons adopté la représentation graphique des fréquences cumulées des chroniques des débits classés selon des intervalles de classe de 5 l/s.

Les traitements des chroniques des débits ont donné les résultats de classement et de calcul des fréquences cumulées présentés dans les tableaux n° 6 à 10 .

II.1 Analyse des débits classés à court terme :

L'établissement de la courbe des débits classés relatifs à notre période d'observation (fig. 21), nous a révélé une représentation du nuage des points qui répond bien à l'ajustement arithmétique conformément à la loi de distribution normale de Gauss. Ceci explique que l'infiltration d'eau est lente à travers la zone d'infiltration de ce système aquifère karstique.

La courbe des débits classés présente une seule rupture de pente qui sépare deux segments à une valeur de débits dépassant 120 l/s et positionner dans la zone à fort pourcentage de fréquence cumulée. Selon les cinq cas de rupture de pente donnés par Mangin en 1984 (Tab.5), ce modèle de courbe de débits classés est de type 1 où la pente du segment 2 est supérieure à celle du segment 1 ($\alpha_2 > \alpha_1$).

Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %
0-05	0	0.000	0.000	90-95	0	0.000	70.959
05-10	0	0.000	0.000	95-100	13	3.562	74.521
10-15	0	0.000	0.000	100-105	21	5.753	80.274
15-20	0	0.000	0.000	105-110	0	0.000	80.274
20-25	31	8.493	8.493	110-115	8	2.192	82.466
25-30	32	8.767	17.260	115-120	10	2.740	85.205
30-35	0	0.000	17.260	120-125	0	0.000	85.205
35-40	19	5.205	22.466	125-130	23	6.301	91.507
40-45	27	7.397	29.863	130-135	16	4.384	95.890
45-50	0	0.000	29.863	135-140	0	0.000	95.890
50-55	20	5.479	35.342	140-145	5	1.370	97.260
55-60	29	7.945	43.288	145-150	5	1.370	98.630
60-65	0	0.000	43.288	150-155	0	0.000	98.630
65-70	21	5.753	49.041	155-160	1	0.274	98.904
70-75	38	10.411	59.452	160-165	3	0.822	99.726
75-80	0	0.000	59.452	165-170	0	0.000	99.726
80-85	22	6.027	65.479	170-175	1	0.274	100.000
85-90	20	5.479	70.959	Total	365	100	

Tableau n° 6 Résultats de l'analyse des débits classés relatifs à la Période de suivi de l'écoulement de la source Ain Zerga réalisé du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011

Cycle hydrologique 2002/2003				Cycle hydrologique 2003/2004			
Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %
0-05	0	0.00	0.00	0-05	0	0.00	0.00
05-10	0	0.00	0.00	05-10	0	0.00	0.00
10-15	3	0.82	0.82	10-15	0	0.00	0.00
15-20	0	0.00	0.82	15-20	0	0.00	0.00
20-25	78	21.37	22.19	20-25	1	0.27	0.27
25-30	50	13.70	35.89	25-30	2	0.55	0.82
30-35	0	0.00	35.89	30-35	0	0.00	0.82
35-40	30	8.22	44.11	35-40	18	4.93	5.75
40-45	34	9.32	53.42	40-45	47	12.88	18.63
45-50	0	0.00	53.42	45-50	0	0.00	18.63
50-55	24	6.58	60.00	50-55	37	10.14	28.77
55-60	23	6.30	66.30	55-60	55	15.07	43.84
60-65	0	0.00	66.30	60-65	0	0.00	43.84
65-70	9	2.47	68.77	65-70	50	13.70	57.53
70-75	7	1.92	70.68	70-75	40	10.96	68.49
75-80	0	0.00	70.68	75-80	0	0.00	68.49
80-85	6	1.64	72.33	80-85	24	6.58	75.07
85-90	5	1.37	73.70	85-90	19	5.21	80.27
90-95	0	0.00	73.70	90-95	0	0.00	80.27
95-100	6	1.64	75.34	95-100	8	2.19	82.47
100-105	18	4.93	80.27	100-105	7	1.92	84.38
105-110	0	0.00	80.27	105-110	0	0.00	84.38
110-115	11	3.01	83.29	110-115	8	2.19	86.58
115-120	8	2.19	85.48	115-120	8	2.19	88.77
120-125	0	0.00	85.48	120-125	0	0.00	88.77
125-130	17	4.66	90.14	125-130	12	3.29	92.05
130-135	7	1.92	92.05	130-135	11	3.01	95.07
135-140	0	0.00	92.05	135-140	0	0.00	95.07
140-145	13	3.56	95.62	140-145	7	1.92	96.99
145-150	7	1.92	97.53	145-150	5	1.37	98.36
150-155	0	0.00	97.53	150-155	0	0.00	98.36
155-160	2	0.55	98.08	155-160	1	0.27	98.63
160-165	4	1.10	99.18	160-165	3	0.82	99.45
165-170	0	0.00	99.18	165-170	0	0.00	99.45
170-175	3	0.82	100.00	170-175	2	0.55	100.00
Total	365	100.00	*****	Total	365	100.00	*****

Tableau n° 7 Résultats de l'analyse des débits classés relatifs aux deux cycles hydrologiques 2002/2003 - 2003/2004

Cycle hydrologique 2004/2005				Cycle hydrologique 2005/2006				Cycle hydrologique 2006/2007			
Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %
0-05	0	0.000	0.000	0-05	0	0.000	0.000	0-05	0	0.00	0.00
05-10	0	0.000	0.000	05-10	0	0.000	0.000	05-10	0	0.00	0.00
10-15	0	0.000	0.000	10-15	0	0.000	0.000	10-15	0	0.00	0.00
15-20	0	0.000	0.000	15-20	0	0.000	0.000	15-20	0	0.00	0.00
20-25	31	8.493	8.493	20-25	0	0.000	0.000	20-25	17	4.66	4.66
25-30	32	8.767	17.260	25-30	38	10.411	10.411	25-30	29	7.95	12.60
30-35	0	0.000	17.260	30-35	0	0.000	10.411	30-35	0	0.00	12.60
35-40	19	5.205	22.466	35-40	72	19.726	30.137	35-40	100	27.40	40.00
40-45	27	7.397	29.863	40-45	42	11.507	41.644	40-45	32	8.77	48.77
45-50	0	0.000	29.863	45-50	0	0.000	41.644	45-50	0	0.00	48.77
50-55	20	5.479	35.342	50-55	58	15.890	57.534	50-55	47	12.88	61.64
55-60	29	7.945	43.288	55-60	47	12.877	70.411	55-60	20	5.48	67.12
60-65	0	0.000	43.288	60-65	0	0.000	70.411	60-65	0	0.00	67.12
65-70	21	5.753	49.041	65-70	23	6.301	76.712	65-70	14	3.84	70.96
70-75	38	10.411	59.452	70-75	17	4.658	81.370	70-75	21	5.75	76.71
75-80	0	0.000	59.452	75-80	0	0.000	81.370	75-80	0	0.00	76.71
80-85	22	6.027	65.479	80-85	15	4.110	85.479	80-85	8	2.19	78.90
85-90	20	5.479	70.959	85-90	21	5.753	91.233	85-90	4	1.10	80.00
90-95	0	0.000	70.959	90-95	0	0.000	91.233	90-95	0	0.00	80.00
95-100	13	3.562	74.521	95-100	7	1.918	93.151	95-100	3	0.82	80.82
100-105	21	5.753	80.274	100-105	6	1.644	94.795	100-105	16	4.38	85.21
105-110	0	0.000	80.274	105-110	0	0.000	94.795	105-110	0	0.00	85.21
110-115	8	2.192	82.466	110-115	4	1.096	95.890	110-115	4	1.10	86.30
115-120	10	2.740	85.205	115-120	2	0.548	96.438	115-120	11	3.01	89.32
120-125	0	0.000	85.205	120-125	0	0.000	96.438	120-125	0	0.00	89.32
125-130	23	6.301	91.507	125-130	2	0.548	96.986	125-130	18	4.93	94.25
130-135	16	4.384	95.890	130-135	6	1.644	98.630	130-135	6	1.64	95.89
135-140	0	0.000	95.890	135-140	0	0.000	98.630	135-140	0	0.00	95.89
140-145	5	1.370	97.260	140-145	3	0.822	99.452	140-145	2	0.55	96.44
145-150	5	1.370	98.630	145-150	1	0.274	99.726	145-150	7	1.92	98.36
150-155	0	0.000	98.630	150-155	0	0.000	99.726	150-155	0	0.00	98.36
155-160	1	0.274	98.904	155-160	1	0.274	100.000	155-160	5	1.37	99.73
160-165	3	0.822	99.726	Total	365	100		160-165	1	0.27	100.00
165-170	0	0.000	99.726					Total	365	100.00	
170-175	1	0.274	100.000								
Total	365	100									

Tableau n° 8 Résultats de l'analyse des débits classés relatifs aux trois cycles hydrologiques 2004/2005 - 2005/2006-2006/2007

Cycle hydrologique 2007/2008				Cycle hydrologique 2008/2009				Cycle hydrologique 2009/2010			
Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %
0-05	32	8.743	8.743	0-05	0	0	0	0-05	23	6.301	6.301
05-10	5	1.366	10.109	05-10	0	0	0	05-10	9	2.466	8.767
10-15	65	17.760	27.869	10-15	1	0.274	0.274	10-15	64	17.534	26.301
15-20	0	0.000	27.869	15-20	0	0.000	0.274	15-20	0	0.000	26.301
20-25	106	28.962	56.831	20-25	17	4.658	4.932	20-25	112	30.685	56.986
25-30	96	26.230	83.060	25-30	16	4.384	9.315	25-30	70	19.178	76.164
30-35	1	0.273	83.333	30-35	0	0.000	9.315	30-35	0	0.000	76.164
35-40	21	5.738	89.071	35-40	31	8.493	17.808	35-40	42	11.507	87.671
40-45	14	3.825	92.896	40-45	52	14.247	32.055	40-45	10	2.740	90.411
45-50	1	0.273	93.169	45-50	0	0.000	32.055	45-50	0	0.000	90.411
50-55	6	1.639	94.809	50-55	42	11.507	43.562	50-55	5	1.370	91.781
55-60	8	2.186	96.995	55-60	26	7.123	50.685	55-60	4	1.096	92.877
60-65	0	0.000	96.995	60-65	0	0.000	50.685	60-65	0	0.000	92.877
65-70	4	1.093	98.087	65-70	47	12.877	63.562	65-70	3	0.822	93.699
70-75	2	0.546	98.634	70-75	33	9.041	72.603	70-75	10	2.740	96.438
75-80	0	0.000	98.634	75-80	0	0.000	72.603	75-80	0	0.000	96.438
80-85	2	0.546	99.180	80-85	7	1.918	74.521	80-85	0	0.000	96.438
85-90	2	0.546	99.727	85-90	20	5.479	80.000	85-90	0	0.000	96.438
90-95	0	0.000	99.727	90-95	0	0.000	80.000	90-95	0	0.000	96.438
95-100	1	0.273	100.000	95-100	13	3.562	83.562	95-100	3	0.822	97.260
Total	366	100		100-105	14	3.836	87.397	100-105	1	0.274	97.534
				105-110	0	0.000	87.397	105-110	0	0.000	97.534
				110-115	7	1.918	89.315	110-115	2	0.548	98.082
				115-120	7	1.918	91.233	115-120	0	0.000	98.082
				120-125	0	0.000	91.233	120-125	0	0.000	98.082
				125-130	8	2.192	93.425	125-130	1	0.274	98.356
				130-135	7	1.918	95.342	130-135	2	0.548	98.904
				135-140	0	0.000	95.342	135-140	0	0.000	98.904
				140-145	8	2.192	97.534	140-145	1	0.274	99.178
				145-150	5	1.370	98.904	145-150	1	0.274	99.452
				150-155	0	0.000	98.904	150-155	0	0.000	99.452
				155-160	3	0.822	99.726	155-160	1	0.274	99.726
				160-165	1	0.274	100.000	160-165	1	0.274	100.000
				Total	365	100		Total	365	100	

Tableau n°9 Résultats de l'analyse des débits classés relatifs aux trois cycles hydrologiques 2007/2008 - 2008/2009-2009/2010

Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %	Classe	N. Obs	Fréq. %	Fréq. Cum. %
0-05	66	2,11	2,11	90-95	2	0,06	84,30
05-10	13	0,41	2,52	95-100	56	1,79	86,09
10-15	161	5,14	7,66	100-105	90	2,87	88,96
15-20	7	0,22	7,88	105-110	0	0,00	88,96
20-25	385	12,28	20,17	110-115	51	1,63	90,59
25-30	365	11,65	31,81	115-120	52	1,66	92,25
30-35	11	0,35	32,16	120-125	0	0,00	92,25
35-40	336	10,72	42,88	125-130	83	2,65	94,89
40-45	274	8,74	51,63	130-135	56	1,79	96,68
45-50	8	0,26	51,88	135-140	0	0,00	96,68
50-55	247	7,88	59,76	140-145	40	1,28	97,96
55-60	221	7,05	66,82	145-150	31	0,99	98,95
60-65	2	0,06	66,88	150-155	0	0,00	98,95
65-70	177	5,65	72,53	155-160	14	0,45	99,39
70-75	173	5,52	78,05	160-165	13	0,41	99,81
75-80	2	0,06	78,11	165-170	0	0,00	99,81
80-85	94	3,00	81,11	170-175	6	0,19	100,00
85-90	98	3,13	84,24	Total	3134	100	

Tableau n° 10 Résultats de l'analyse des débits classés relatifs à l'écoulement de la source Ain Zerga du 01 Septembre 2002 au 31 Mars 2011 (3134 valeurs de débits) .

Comme interprétation hydrogéologique, nous considérons que la discontinuité, visualisée à partir de la classe de débits 120 l/s, entre deux segments traduit certainement un changement de la loi d'écoulement de l'exutoire du système karstique Maestrichtien de Dyr ; le segment 2 représente l'écoulement de la décrue par contre le segment 1 représente l'écoulement de tarissement correspondant à la loi de Maillet.

L'augmentation remarquable de la vitesse de croissance des débits classés à partir d'une valeur élevée (120 l/s) reflète, lors de la montée d'une crue, un ralentissement de l'augmentation du débit où l'écart devenait minimal entre les valeurs des débits supérieurs à 120 l/s. Ceci peut être expliqué par un stockage momentané des entrées « précipitations » dans les réservoirs de notre système et par la mise en fonctionnement de trop-plein qui met en stabilisation la charge hydraulique dans le réseau karstique. L'apparition des fuites ou de débordement d'eau en période des hautes eaux est envisageable en cette situation.

II.2 Analyse des débits classés à long terme :

Afin de comprendre le fonctionnement de l'exutoire de notre système sur une longue période d'observation, nous avons fait une analyse des débits classés sur la base de 3134 valeurs de débits journaliers relatifs à l'écoulement de la dite source. Selon l'intervalle de classe de 05 l/s, le classement des débits journaliers et le calcul des fréquences cumulées correspondants ont donné les résultats du tableau n° 6 .

L'établissement de la courbe des débits classés à long terme (fig.22), nous a révélé le même cas de rupture de pente que celle issue de l'analyse des débits classés à court terme relatif à notre période d'observation. Le nuage des points de classement des débits répondant à un ajustement arithmétique explique que l'infiltration d'eau est toujours lente à travers la zone d'infiltration de ce système karstique.

La rupture de la pente (**$\alpha_2 > \alpha_1$**), à une valeur de 140 l/s, reflète un ralentissement de la croissance du débit lors des crues et indique le stockage momentané de précipitations, la mise en fonctionnement de trop-plein qui met en stabilisation la charge hydraulique dans le réseau karstique et ainsi l'apparition des fuites ou de débordement d'eau en période des hautes eaux.

II.3 Variabilité interannuelle de fonctionnement de l'exutoire :

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'analyse interannuelle des débits classés sur une longue période d'observation de l'écoulement de la source Ain Zerga nous permettra de mieux comprendre le fonctionnement de l'exutoire en fonction de la variabilité interannuelle du climat surtout la grandeur et la périodicité des précipitations et la sévérité d'une sécheresse prolongée.

Fig. 21 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga
(Période de suivi : 01 Avril 2010- 31 Mars 2011)

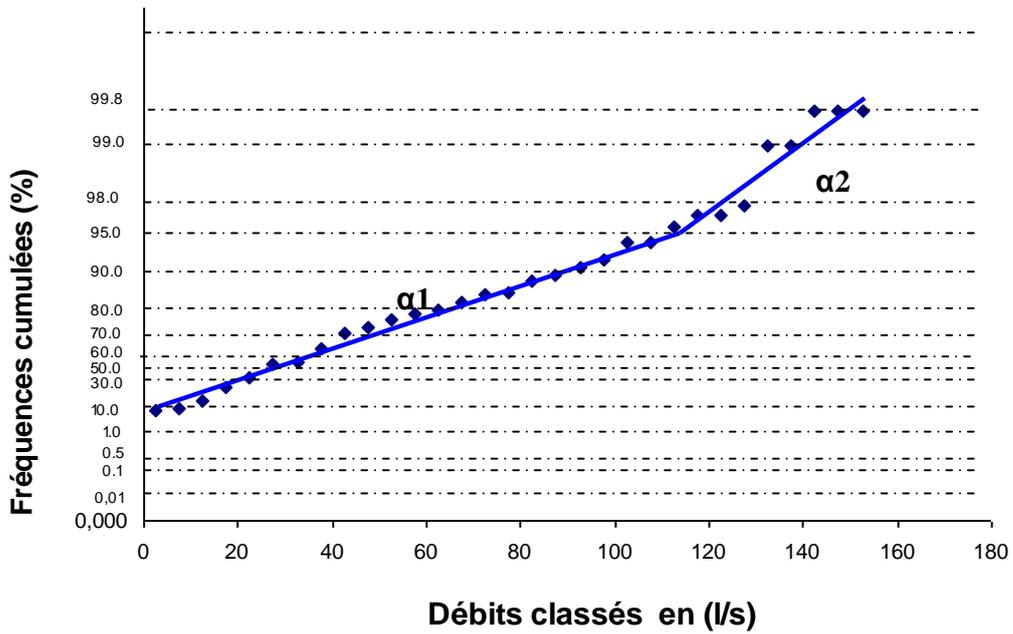
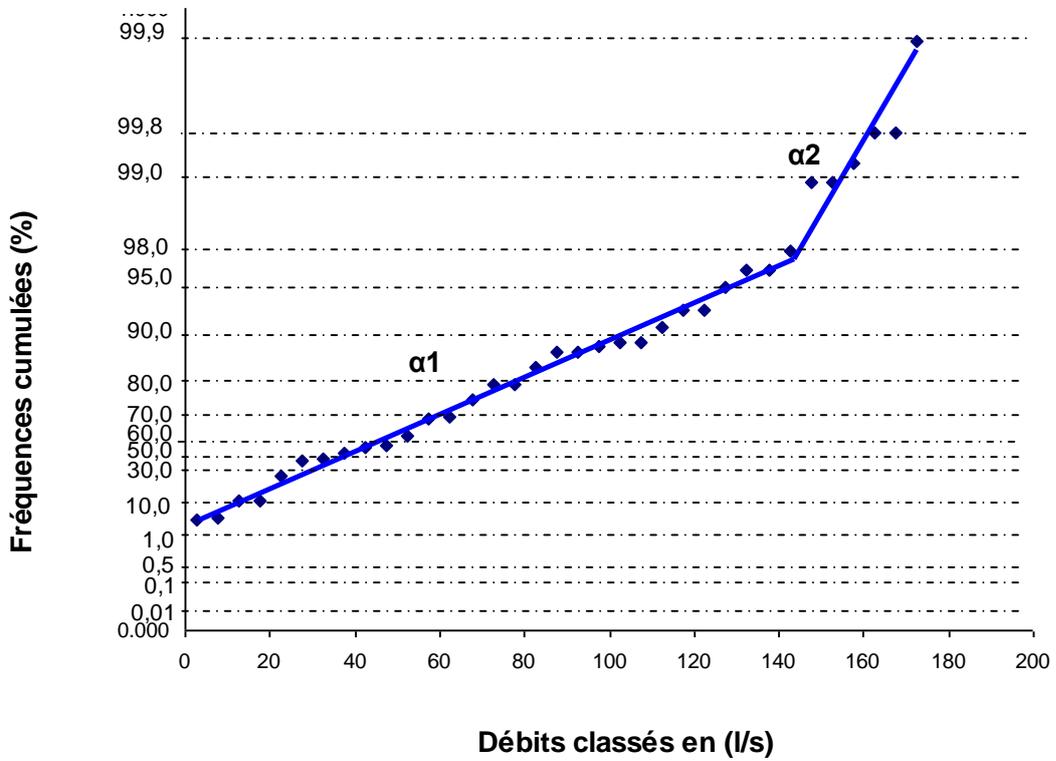


Fig. 22 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source d'Ain Zerga
de 01/09/2002 au 31/03/2011,



A cet effet nous avons analysé les chroniques des huit cycles hydrologiques (2002/2003 au 2009/2010) et les graphes obtenus (fig. 23 à 30) nous ont mis en évidence trois types de modèles de rupture de pente (Tableaux n° 11 et 12) :

- Droite à simple rupture de pente qui répond à l'expression ($\alpha_2 > \alpha_1$) : cette allure est identique à celle obtenue par l'analyse des débits classés relatifs à notre période d'observation, elle concerne les courbes des débits classés de trois cycles hydrologiques 2004/2005, 2005/2006 et 2008/2009 (fig. 25, 26 et 29). Le système fonctionne de la même manière durant ces cycles malgré qu'ils aient connu des certaines variations des paramètres hydro-pluviométriques (Tableau n°12). La rupture de pente est due à un stockage momentané de l'eau, à la mise en fonctionnement de trop-plein qui met stabilisation la charge hydraulique dans le réseau karstique et ainsi à l'apparition des fuites ou de débordement d'eau en période des hautes eaux.
- Droite à simple rupture de pente qui répond à l'expression ($\alpha_2 < \alpha_1$) : ce modèle est spécifique seulement au cycle hydrologique le plus sec (2007/2008) où les précipitations annuelles et le débit moyen annuel sont respectivement 251.5 mm et 20 l/s (Tableau n° 12). Le graphique des débits classés de ce cycle a donné une rupture de pente lorsque le débit classé atteint 45 l/s accompagnée d'une diminution de pente du segment 2 qui caractérise la décrue (fig.28). Autant que le système karstique est en état de déstockage durant ce cycle hydrologique sec, alors l'individualisation de ce modèle de rupture de la pente ne peut être interprété que par des apports en provenance d'un ou plusieurs sous systèmes annexes aux drains (S.A.D.) et la station de jaugeage prend en compte lors des crues des écoulements n'appartenant pas au système.
- Droite à double rupture de pente qui répond à l'expression ($\alpha_1 > \alpha_2$ et $\alpha_3 > \alpha_2$) : ce cas de droite a été constaté au niveau de l'analyse des débits classés des cycles hydrologiques 2002/2003, 2003/2004, 2006/2007 et 2009/2010. En se référant au cinq cas de rupture de pente désignés par Mangin en 1984, le modèle de droite à double rupture trouvé est hors catégorie. La discontinuité entre les deux segments 2 et 3 représente une deuxième décrue avec une augmentation de la pente au niveau du segment 3. Cette allure ne peut être expliquée que par la complexité du système aquifère karstique du Maestrichtien. Selon Marssaud en 1997, en considérant les ruptures aux moyens et à forts débits (prenant en considération la proportion et l'ampleur de la source), ce modèle pourrait être dû à la diversité de fonctionnement de ce système. On peut éventuellement rencontrer à la fois des fuites d'un sous système vers un autre sous système, la constitution de réserve, la mise

en fonctionnement de trop plein et l'apparition des fuites ou de débordement en période des hautes eaux au niveau des drains situés au dessus de l'exutoire principal « Ain Zerga ».

III. Conclusion :

L'analyse des débits classés de la source d'Ain Zerga aux différents pas de temps ; court terme et long terme sur une période de dix ans (2000/2001-2010/2011) a révélé que l'infiltration d'eau est toujours lente à travers la zone d'infiltration de notre système karstique.

Le modèle de la rupture de pente de la droite représentative des débits classés cumulés à long terme est de type 1. Cependant au pas de temps annuel trois modèles ont été rencontrés. Le modèle de type 1 a été constaté durant notre période de suivi de l'écoulement de la source et durant trois autres cycles malgré qu'ils aient connu des certaines variations des paramètres hydro-pluviométriques. Le cycle le plus sec se traduit par une rupture de pente de la droite représentative de type 2. Le modèle de droite à double rupture a été constaté durant quatre cycles.

En conséquence, nous pouvons admettre que le fonctionnement de ce système aquifère est complexe au pas de temps annuel. Ceci est certainement lié à la complexité de la structure de ce système karstique et à l'irrégularité temporelle de précipitations tombées dans cette région semi aride. Cette ambiguïté sera étudiée ultérieurement par application de l'analyse des récessions et l'analyse corrélatrice et spectrale.

Nature de pente	Expression	Modèle de rupture	Nombre de cycles	Interprétation hydrologique
Pente à simple rupture	$\alpha_2 > \alpha_1$	Type 1	03	-Mise en fonctionnement de trop-plein. -Fuite vers un autre système. -Stockage momentané. -Fuite ou débordement de la station de jaugeage en hautes eaux.
	$\alpha_2 < \alpha_1$	Type 2	01	-Apports en provenance d'un autre système. -Jaugeage d'écoulement n'appartenant pas au système.
Pente à double rupture	$\alpha_1 > \alpha_2 < \alpha_3$	Hors référence	04	- Fuite du système vers un autre système. - La constitution de réserve. - La mise en fonctionnement de trop plein.

Tableau n° 11 : Cas de rupture de pente de la droite représentative de débits classé de la Source Ain Zerga.

Cycle hydrologique	Précipitation annuelle en (mm)	Débit moyen annuel en (l/s)	Modèle de rupture
2002-2003	280	61,8	Pente à double rupture Hors catégorie
2003-2004	422,8	73,7	Pente à double rupture Hors catégorie
2004-2005	333,3	73,6	Type 1
2005-2006	443,6	57,7	Type 1
2006-2007	401,7	61,7	Pente à double rupture Hors catégorie
2007-2008	251,5	20	Type 2
2008-2009	720,9	67,7	Type 1
2009-2010	465,6	29,5	Pente à double rupture Hors catégorie

Tableau n° 12 Synthèse d'analyse interannuelle des débits classés d'écoulement d'Ain Zerga sur une période de huit cycles hydrologiques (2002/2003-2009/2010)

Fig. 23 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source d'Ain Zerga
-Cycle hydrologique 2002/2003-

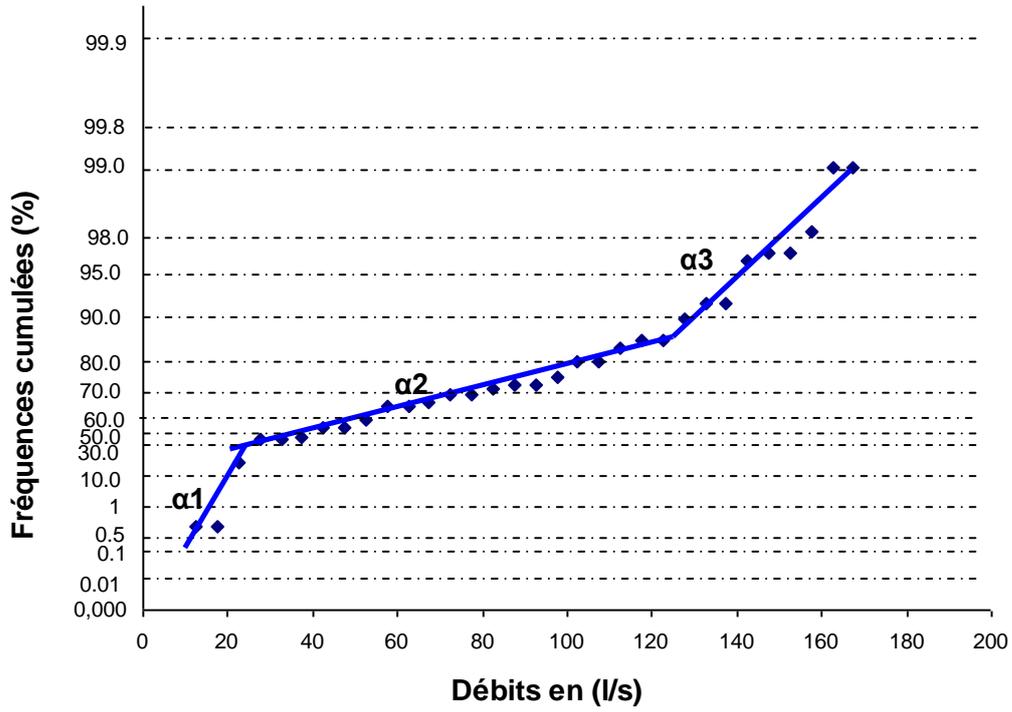


Fig. 24 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga
-Cycle hydrologique 2003/2004-

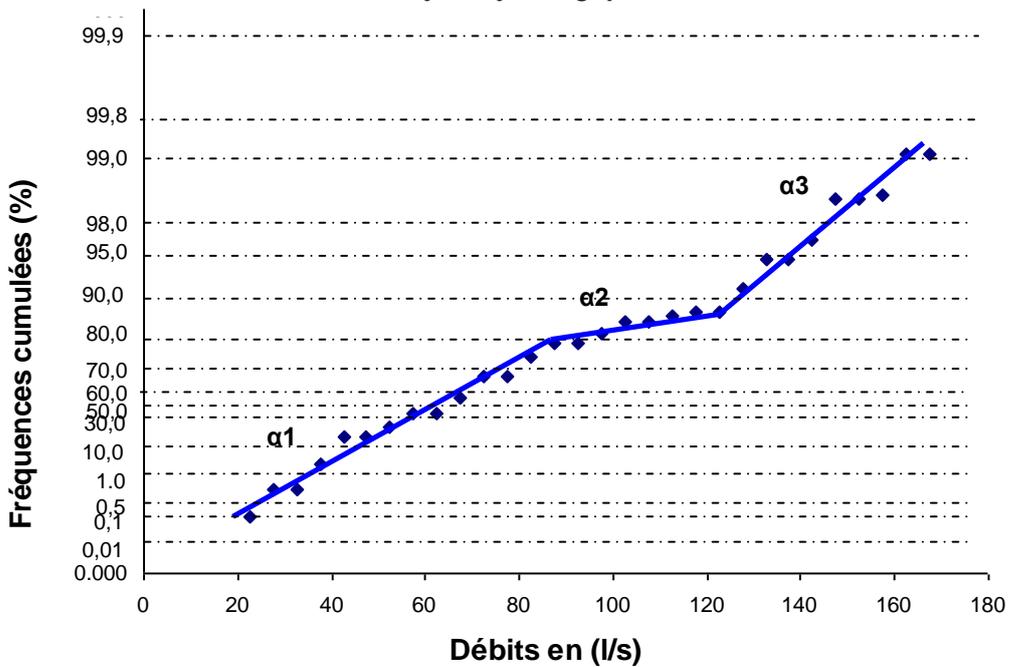


Fig. 25 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2004/2005)

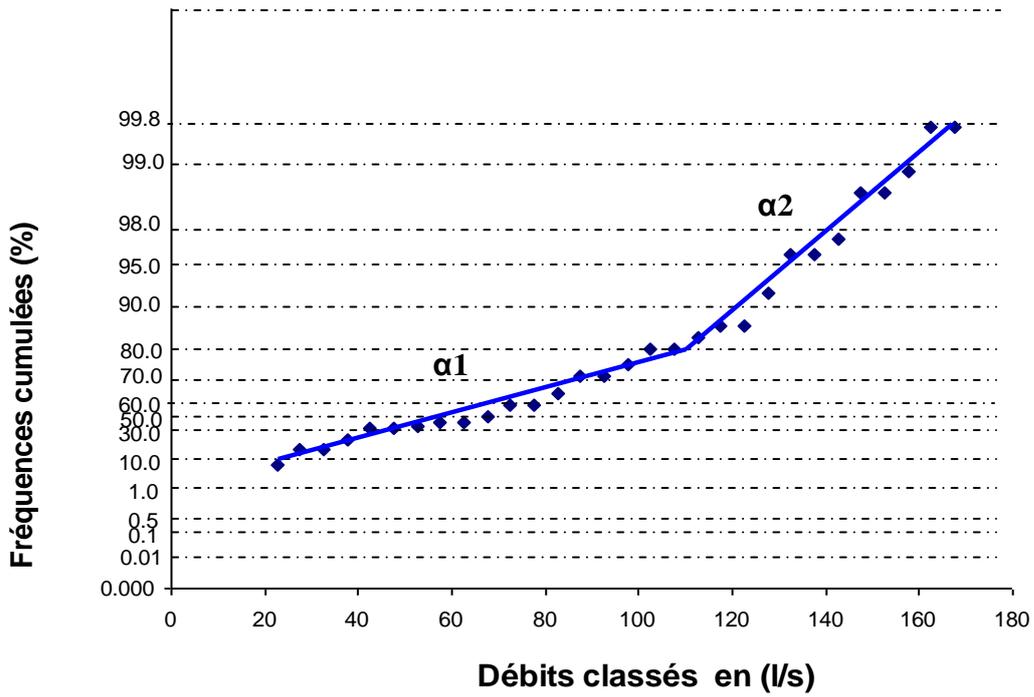


Fig. 26 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2005/2006)

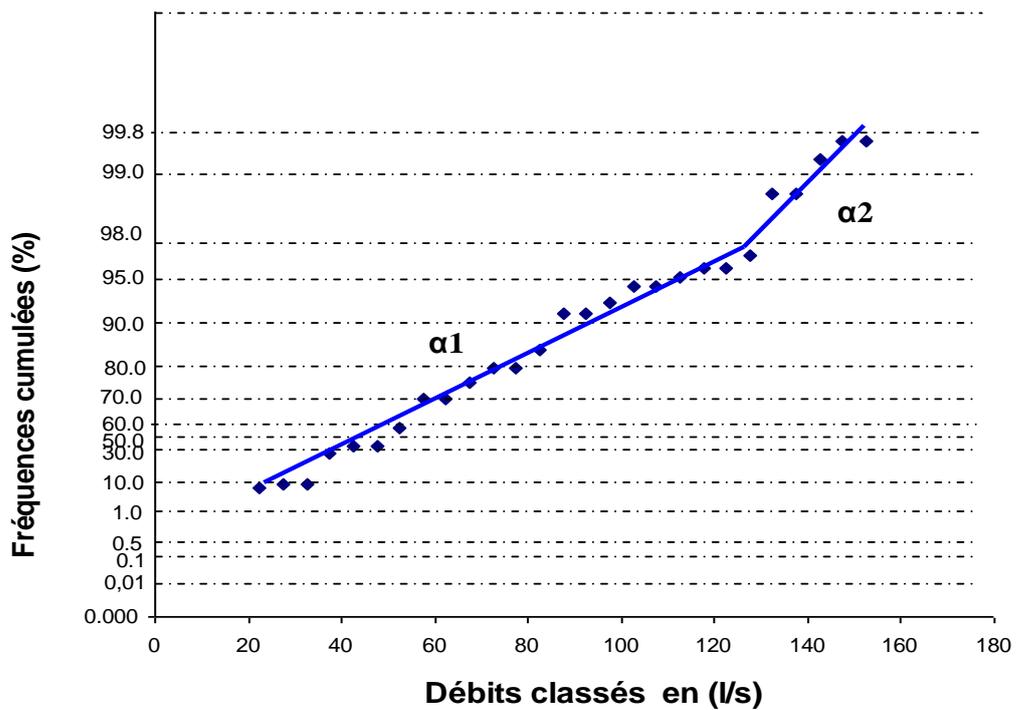


Fig. 27 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2006/2007)

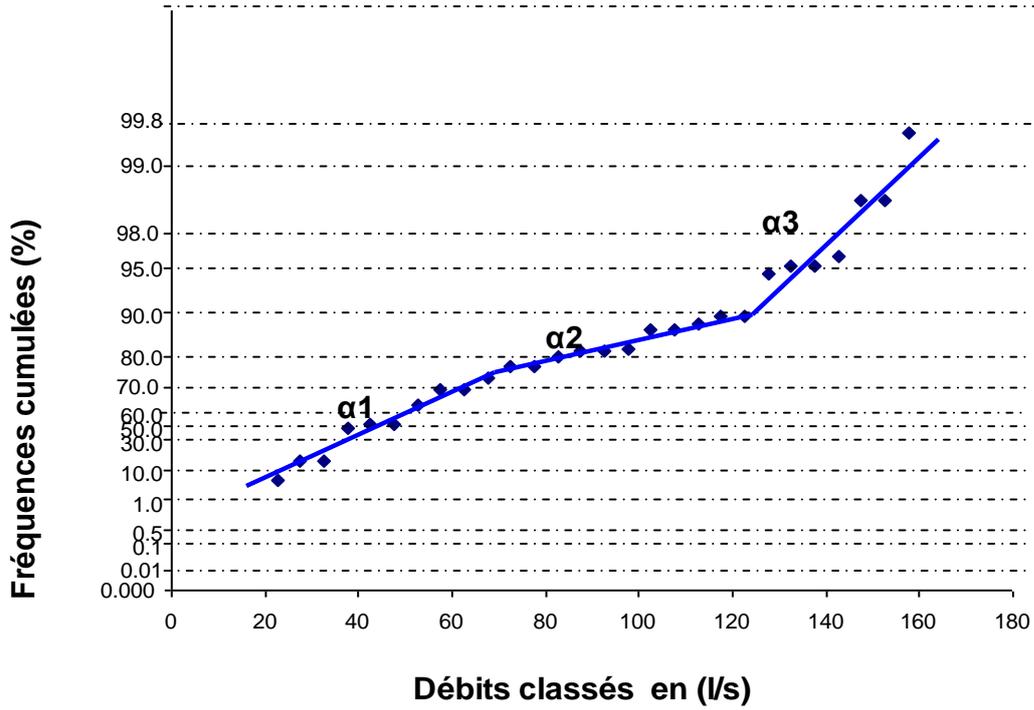


Fig. 28 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga Cycle hydrologique 2007/2008

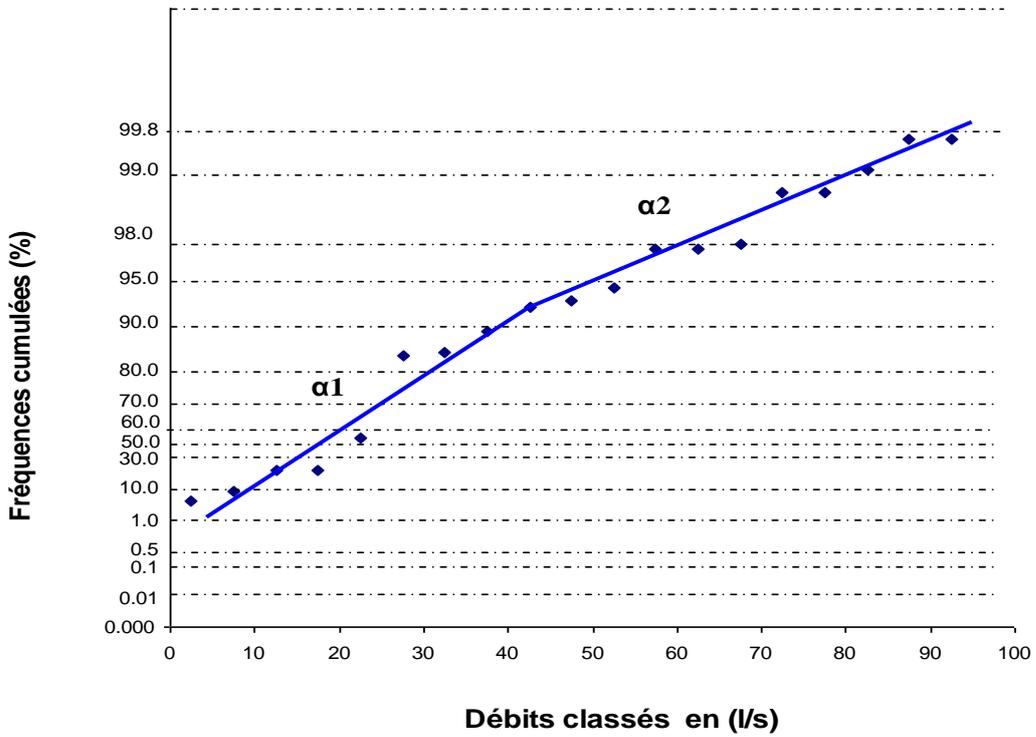


Fig. 29 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2008/2009)

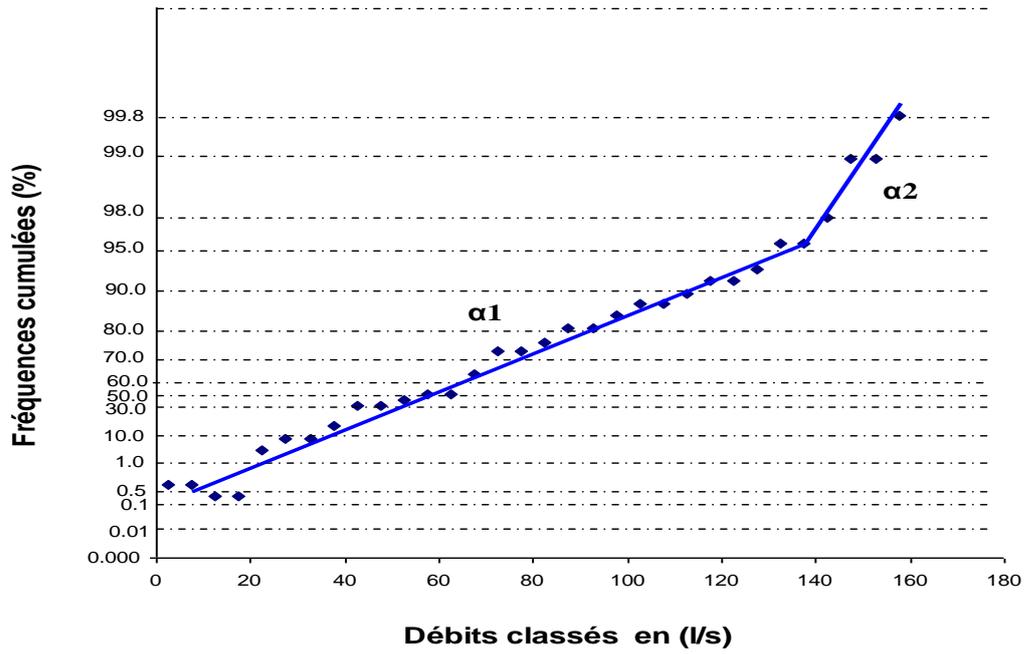
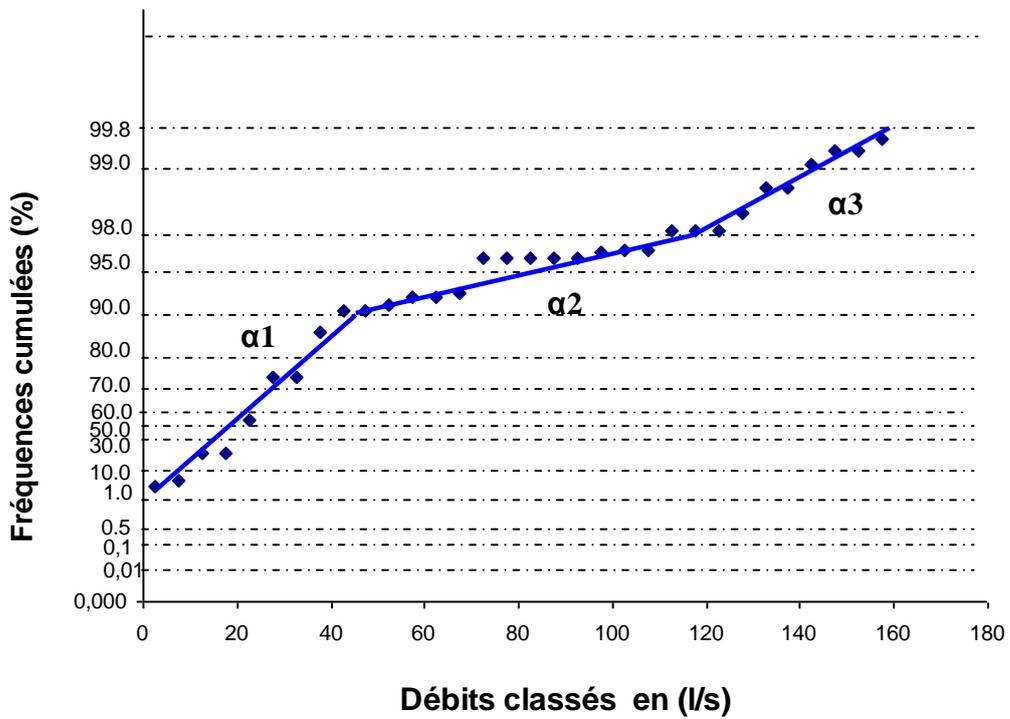


Fig. 30 Courbe des débits classés de l'écoulement de la source Ain Zerga (Cycle hydrologique 2009/2010)



CHAPITRE III :
ANALYSE DES COURBES DE RECESSION

Introduction :

La méthode d'analyse des courbes de récession est l'une des méthodes de l'approche fonctionnelle, elle est très employée pour l'identification de la structure et la fonctionnalité d'un système aquifère karstique. Cette méthode préconisée par Alain Mangin en 1970, permet l'étude d'une façon approximative du comportement des deux sous systèmes qui constituent le système karstique : la zone non saturée ou sous système infiltration et la zone saturée ou sous système karst noyé. L'analyse des courbes de récession consiste à étudier la portion de l'hydrogramme unitaire de crue, de l'écoulement au niveau d'un exutoire, allant de la pointe de crue à la fin de tarissement. C'est donc un traitement de la descente de l'hydrogramme à partir d'un modèle qui, dans le cas d'aquifère karstique, prend en compte l'écoulement lié à l'infiltration dans la zone non saturée. Le modèle utilisé possède donc deux réservoirs se vidangeant au travers d'un principal exutoire.

Afin d'identifier le comportement des deux sous systèmes du système aquifère karstique maestrichtien du synclinal de Dyr-Gastel, nous avons appliqué cette méthode d'analyse sur la base des chroniques de l'écoulement de la source de Ain Zerga en adoptant le même procédé du pas de temps de traitement que nous l'avons déjà utilisé dans le chapitre analyse des débits classés.

I- Principe de la méthode :

L'aquifère est assimilé à un réservoir se vidangeant au travers d'un bouchon poreux. On ne s'intéresse qu'à la partie décroissante de l'hydrogramme de crue de l'écoulement d'une source. Le modèle utilisé possède deux réservoirs : Le premier représente la zone d'infiltration qui se vidange avec un débit d'infiltration (q_i), le deuxième, de type Maillet, correspond à la zone noyée qui se vidange avec un débit Q (fig. 31).

De ces courbes de récession, on peut distinguer alors :

- La décrue, durant laquelle l'infiltration (q_i) influence la vidange du réservoir ;
- Le tarissement, qui débute à l'instant où le débit d'infiltration (q_i) devient nul. La vidange du réservoir principal obéit alors uniquement à la loi de MAILLET.

L'expression globale utilisée pour la description analytique du modèle est de la forme :

$$Q_{(t)} = \varphi_{(t)} + \psi_{(t)} \dots \dots \dots (1)$$

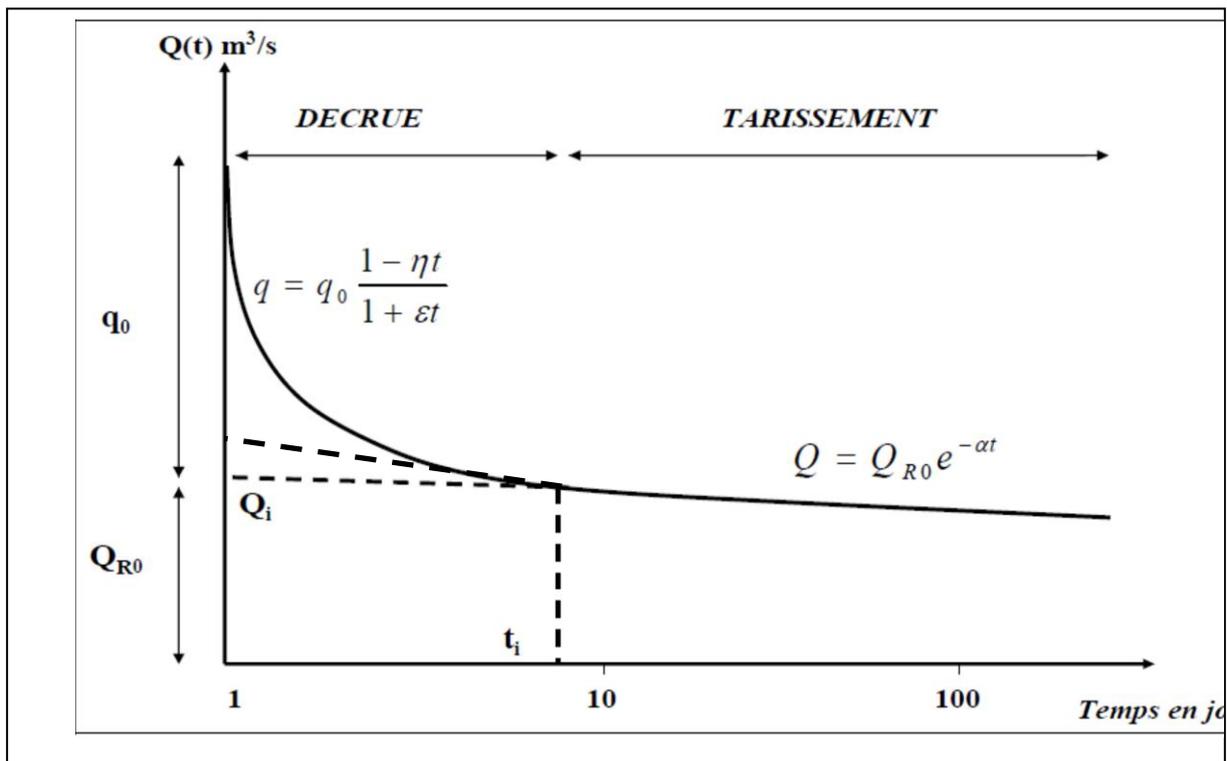


Figure 31 Décomposition de la récession selon la méthode de Mangin 1970

Le modèle qui décrit la vidange de la zone noyée est celui de Maillet. Cette fonction de vidange est définie par la relation suivante :

$$\varphi(t) = Q_{R0} \cdot e^{-\alpha t} \dots\dots\dots(2)$$

Où :

- α : coefficient de tarissement.
- Q_{R0} : débit à l'instant t_0 ;

Le modèle utilisé pour décrire la fonction d'infiltration est une fonction homographique. Elle est donnée par la relation (Mangin 1970) :

$$\psi(t) = q_0 (1 - \eta t) / (1 + \epsilon t) \dots(3)$$

Avec :

- q_0 : débit d'infiltration à l'instant t marquant la pointe de crue ($q_0 = Q_{MAX} - Q_{R0}$) ;

- ε : coefficient d'hétérogénéité d'écoulement, décrivant la concavité de la courbe et variant entre deux fourchettes, la première (0.001 à 0.01) indiquant une infiltration lente, et la seconde (1 à 10) traduisant une décrue très rapide ($\varepsilon = Q_{R0} - Q_i$) ;
- η : coefficient de vitesse d'infiltration est égale à $1/t_i$ correspondant à l'instant où l'infiltration cesse, il est assimilé à la vitesse moyenne d'infiltration. Il varie entre 0 et 1 ; quand η tend vers 1, il traduit une infiltration rapide ;

Le coefficient de tarissement (α) permet de calculer le volume dynamique correspondant au volume d'eau en mouvement au moment du tarissement, aussi bien au dessus qu'en dessous de l'exutoire (MANGIN 1970). Ce paramètre est donné par l'expression suivante:

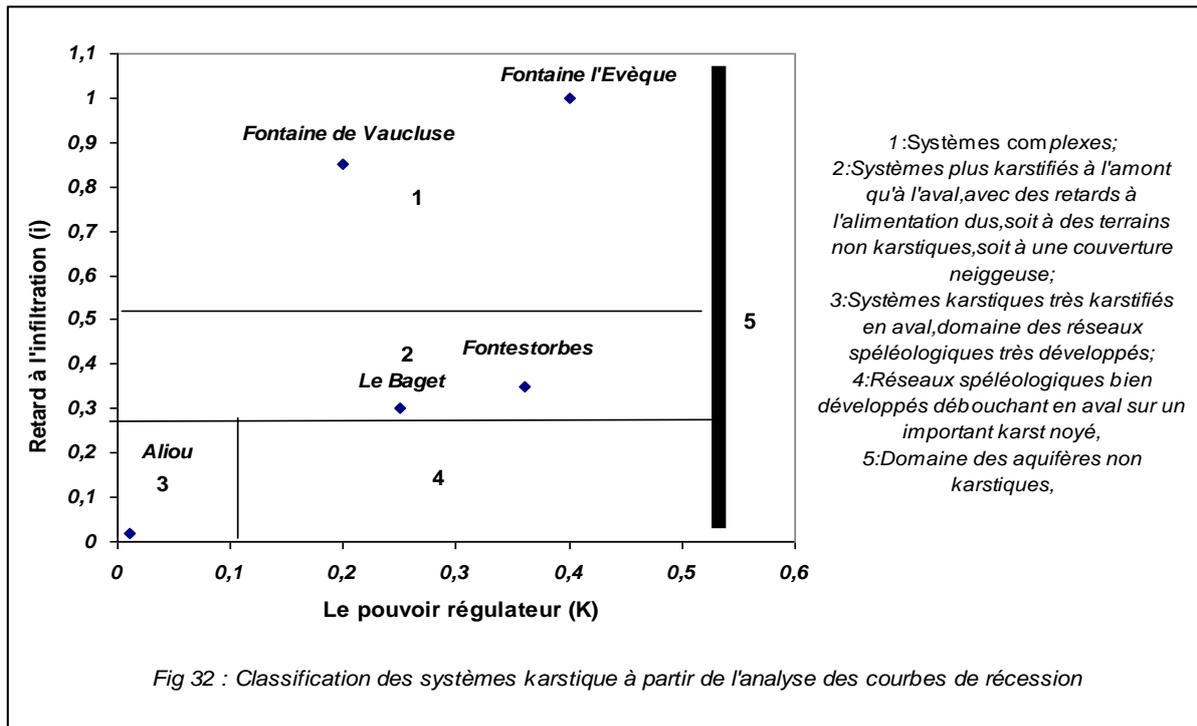
$$V_{dyn} = \int Q_i \cdot e^{-\alpha t} = Q_i \cdot c / \alpha \dots (4)$$

Où :

- Q_i : débit au moment où le tarissement devient effectif ;
- t_i : l'instant où l'infiltration cesse ;
- c : constante, prise égale 86 400.

Afin de comparer les systèmes karstiques, Mangin a préconisé un digramme de classification avec lequel le fonctionnement du système aquifère karstique peut être déterminé (fig. 32). Cette classification repose sur le calcul de deux coefficients :

- **Le coefficient « K »** : qui traduit l'aptitude de la zone noyée du karst à stocker les précipitations et les restituer progressivement dans le temps, c'est-à-dire son pouvoir régulateur. Il est égal au rapport entre le volume dynamique maximum obtenu sur une grande période et le volume de transit interannuel sur la même période. Dans le cas d'un aquifère karstique, ce coefficient K est inférieur à 0,5 et une valeur proche de 0 indique un pouvoir régulateur peu important.
- **Le coefficient « i »** : qui caractérise les retards à l'infiltration, il est compris entre 0 et 1. Ce coefficient est égal à la valeur de la fonction homographique deux jours après la pointe de crue. Une forte valeur traduit une infiltration lente ou complexe contribuant à une meilleure régulation de l'écoulement. Cependant une faible valeur est le signe d'un transit rapide des eaux vers la zone noyée.



II. Analyse à court terme (Période de suivi du 01 avril 2010 au 24 avril 2011) :

Comme le montre la figure n° 33, l'hydrogramme des chroniques de débits de suivi d'écoulement de la source de Ain Zerga, effectué par nous même durant 390 jours allant du 01 avril 2010 au 24 avril 2011, a mis en évidence trois pointes de crues dont la plus importante est celle issue de la fonte des neiges tombées le 04 mars 2011 avec une épaisseur de 20 cm en donnant une précipitation journalière de 47 mm.

Le traitement des données par voie automatique en utilisant le logiciel Excel a permis d'obtenir, selon la fonction exponentielle, les représentations graphiques de trois courbes de récession (fig. 34 à 36). Le calcul des paramètres hydrogéologiques caractéristiques du comportement de la zone d'infiltration et celle du karst noyé a donné les résultats récapitulés dans le tableau n° 13.

II.1 Comportement de la zone d'infiltration (Zone non saturée):

L'analyse des valeurs de coefficient d'hétérogénéité d'écoulement (ε) relatives aux trois courbes de récession de cette période d'observation a révélé que l'infiltration au sein de la zone non saturée du système karstique étudié est généralement lente. Le coefficient d'hétérogénéité d'écoulement (ε) varie entre deux fourchettes : La première fourchette de très faible valeur $0.001 < \varepsilon < 0.01$ est représentative de la première crue;

Fig. 33 Hydrogramme des chroniques des débits de la source d'Ain Zerga

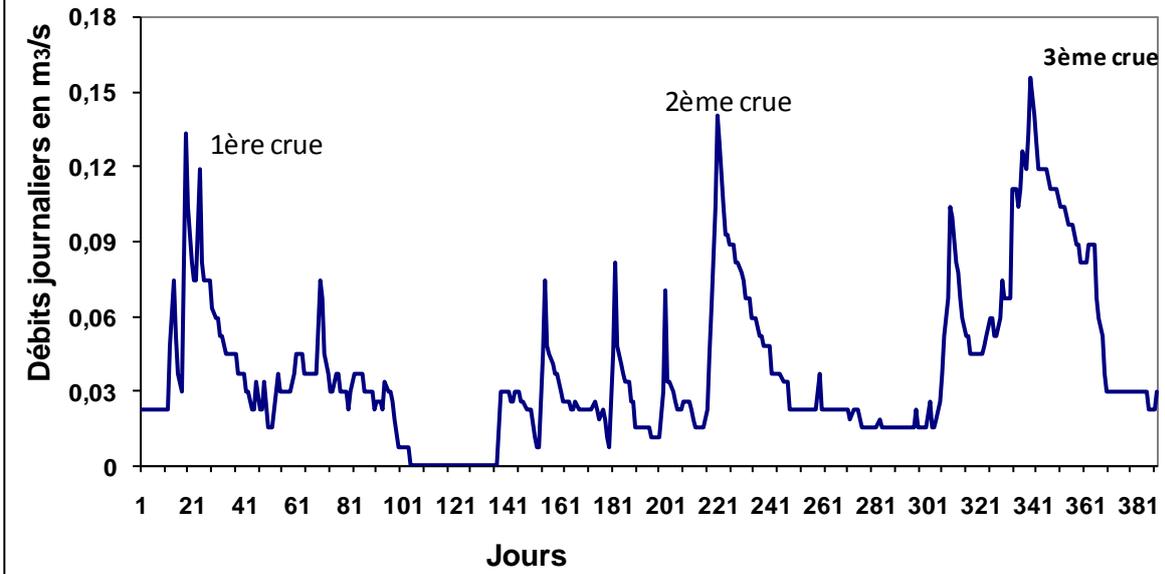
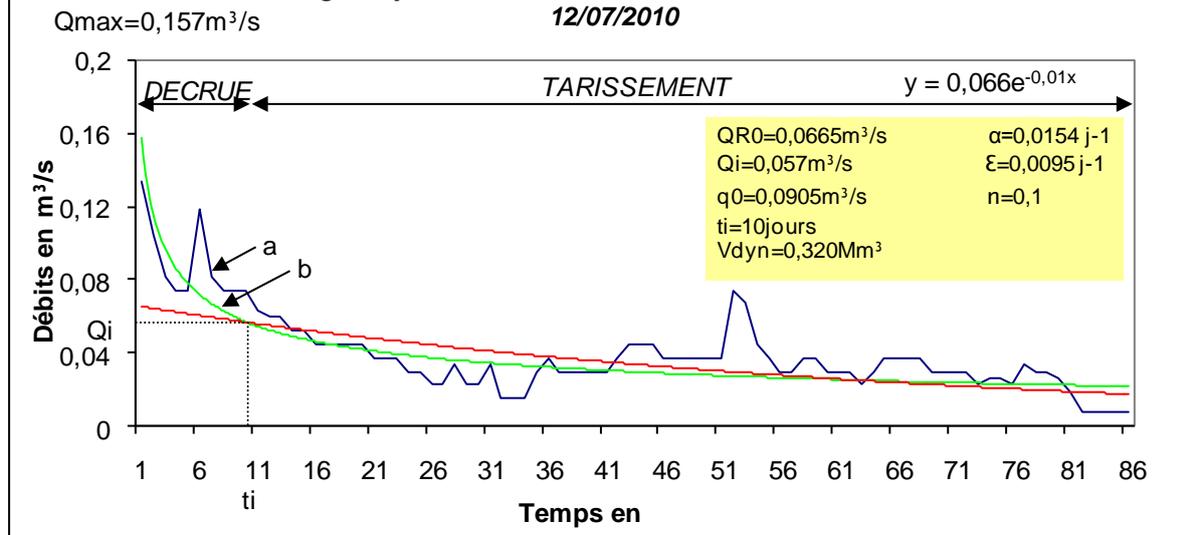
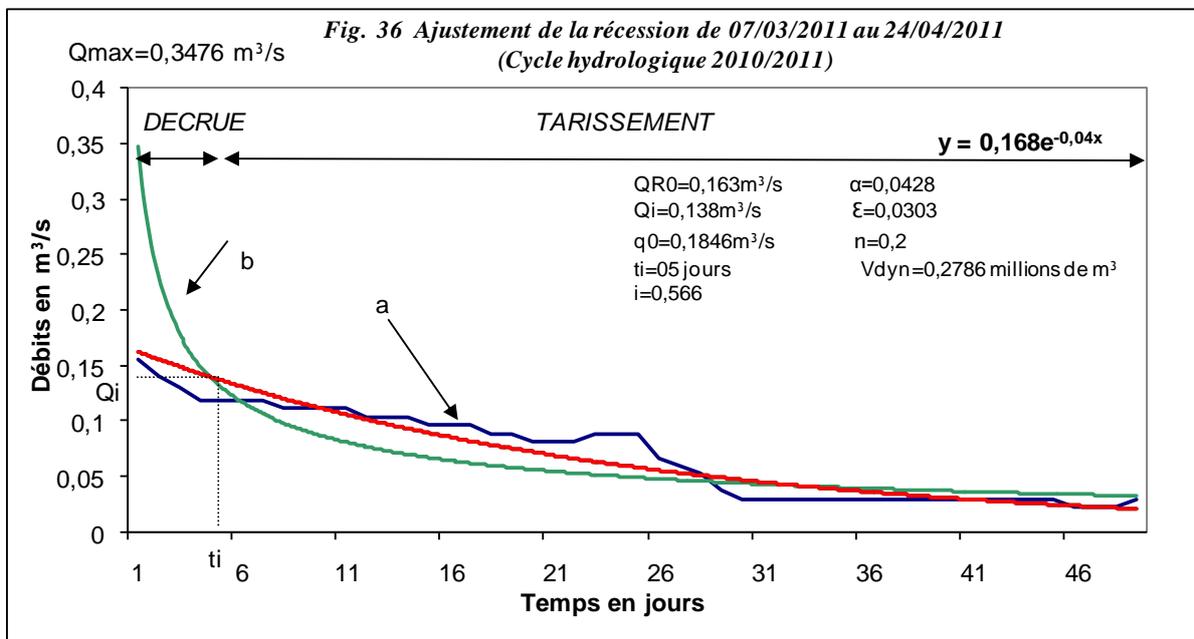
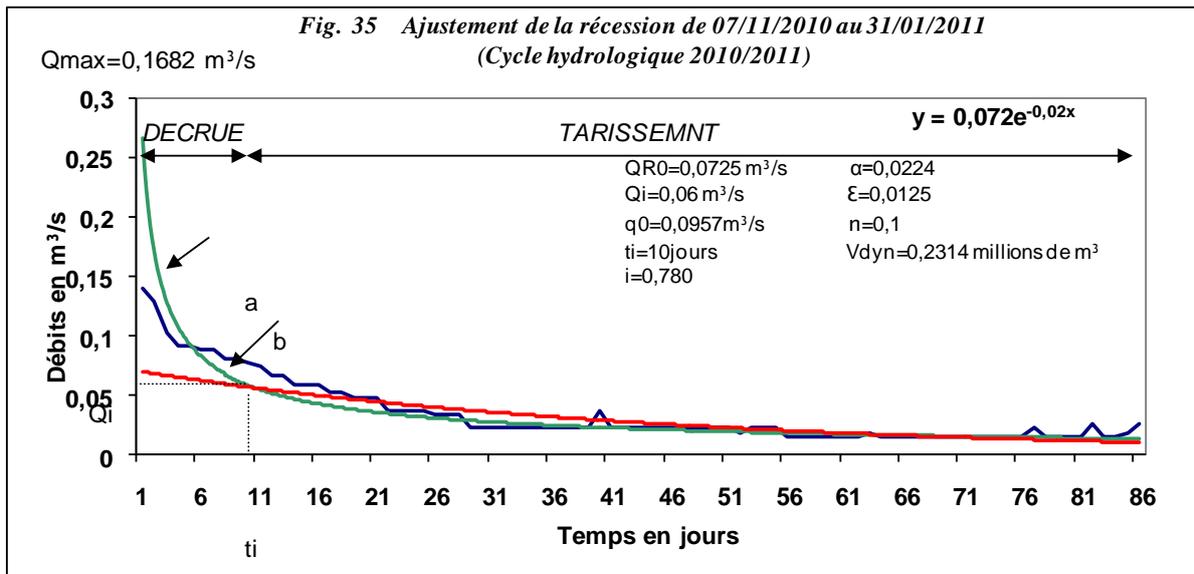


Fig.34 Ajustement de la récession de 18/04/2010 au 12/07/2010



a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée



a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée

<i>Cycles hydrologiques</i>	<i>Période de la récession</i>	QR0 (m ³ /s)	Q_i (m ³ /s)	q0 (m ³ /s)	t_i (j)	η	ε	α	Vdyn (Millions de m ³)	i
2009/2010	18/04/2010 au 12/07/2010	0,0665	0.057	0,0905	10	0,1	0,0095	0,0154	0,32	0,785
2010/2011	07/11/2010 au 31/01/2011	0,0725	0.06	0,0957	10	0,1	0,0125	0,0224	0,2314	0,78
2010/2011	07/03/2011 au 24/04/2011	0,1683	0.138	0,1793	5	0,2	0,0303	0,0428	0,2786	0,566
Moyenne						0,1333	0,0174	0,0269	0,2767	0,7103
Total						/	/	/	0,83	/

Tableau n° 13 .Tableau récapitulatif de détermination des paramètres statistiques de l'ajustement des courbes de récession de la source d'Ain Zerga relatives à la période de suivi du 01/04/2010 au 24/04/2011.

- Q_{R0} : débit à l'instant t_0 ;
- Q_i : débit au moment où le tarissement devient effectif ;
- q_0 : débit d'infiltration à l'instant t marquant la pointe de crue
- t_i : l'instant où l'infiltration cesse ;
- η : coefficient de vitesse d'infiltration ;
- ε : coefficient d'hétérogénéité d'écoulement
- α : coefficient de tarissement.
- i : coefficient caractérisant les retards à l'infiltration.

La seconde fourchette est de valeur plus élevée ($0.01 < \varepsilon < 0.1$) caractérisant une infiltration plus au moins accélérée, elle représente les deux crues des hautes eaux du cycle hydrologique 2010/2011. Celle-ci ne peut être expliquée que par l'effet d'une recharge hydraulique plus importante soutenue par la fonte des neiges tombées en période hivernale et au début du mois de mars.

Les valeurs calculées de coefficient de vitesse d'infiltration (η) sont proches de la borne inférieure zéro (de 0.1 à 0.2), ceci confirme la persistance du processus d'infiltration qui se fait d'une manière lente au niveau de la zone d'infiltration de ce système aquifère.

II.2 Comportement de la zone noyée (Zone saturée):

L'application de l'équation (2) et le dépouillement graphique des trois droites représentatives des tarissements ont montré que la zone noyée de ce système karstique en cette période de suivi a été caractérisée par une variation du coefficient de tarissement (α) entre 0,01 et 0,043.

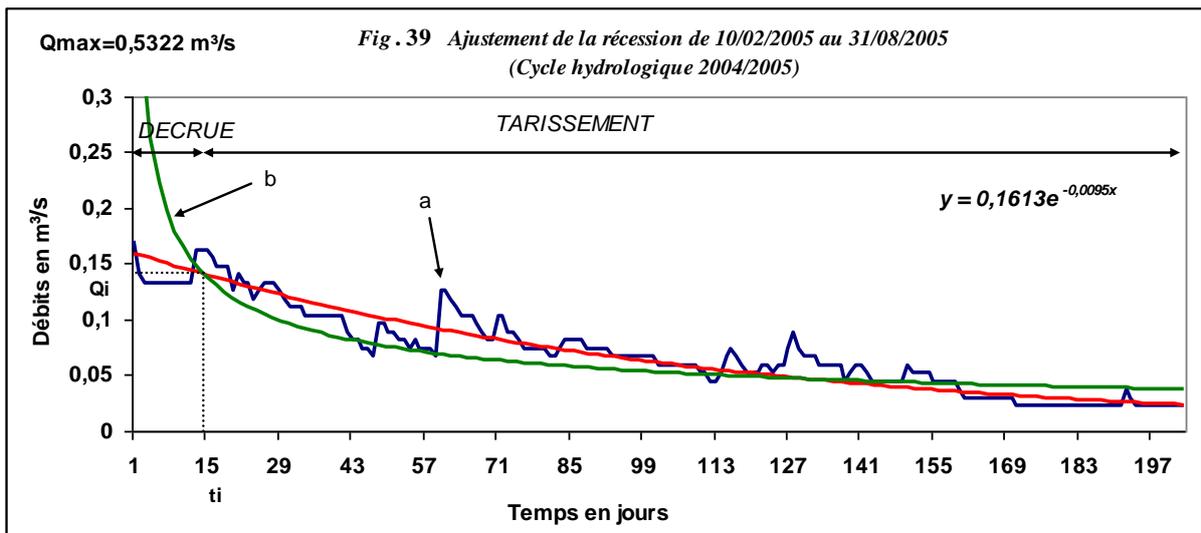
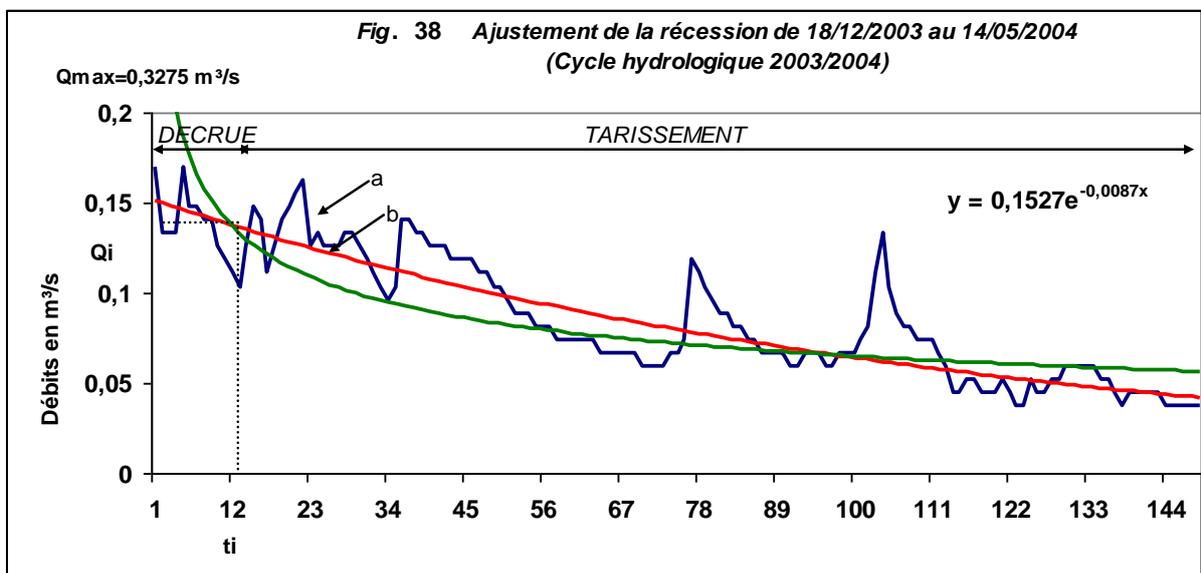
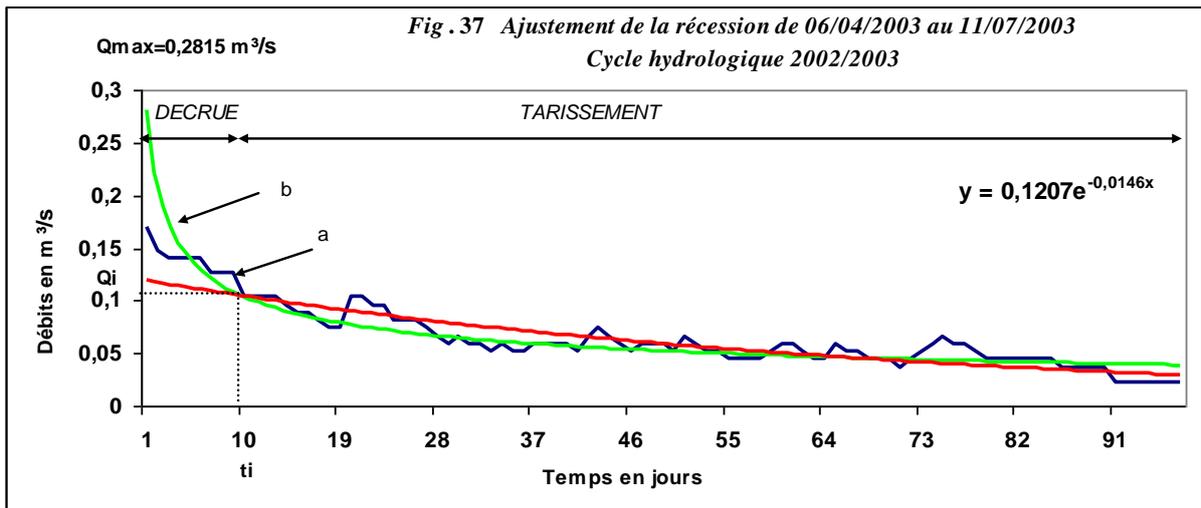
Par application de l'équation (4), les calculs des volumes dynamiques correspondant au volume d'eau en mouvement au moment du tarissement, ont révélé la présence d'une réserve d'eau assez importante dans ce système aquifère où le volume dynamique moyen est 0.2767 millions de mètres cubes.

Le calcul du coefficient « i » qui caractérise les retards à l'infiltration a donné une valeur comprise entre 0.566 et 0.785. Ceci confirme bien l'infiltration lente au sein de la zone non saturée qui sans doute contribue à la bonne régulation de l'écoulement dans la zone noyée du système aquifère étudié.

III. Analyse à long terme :

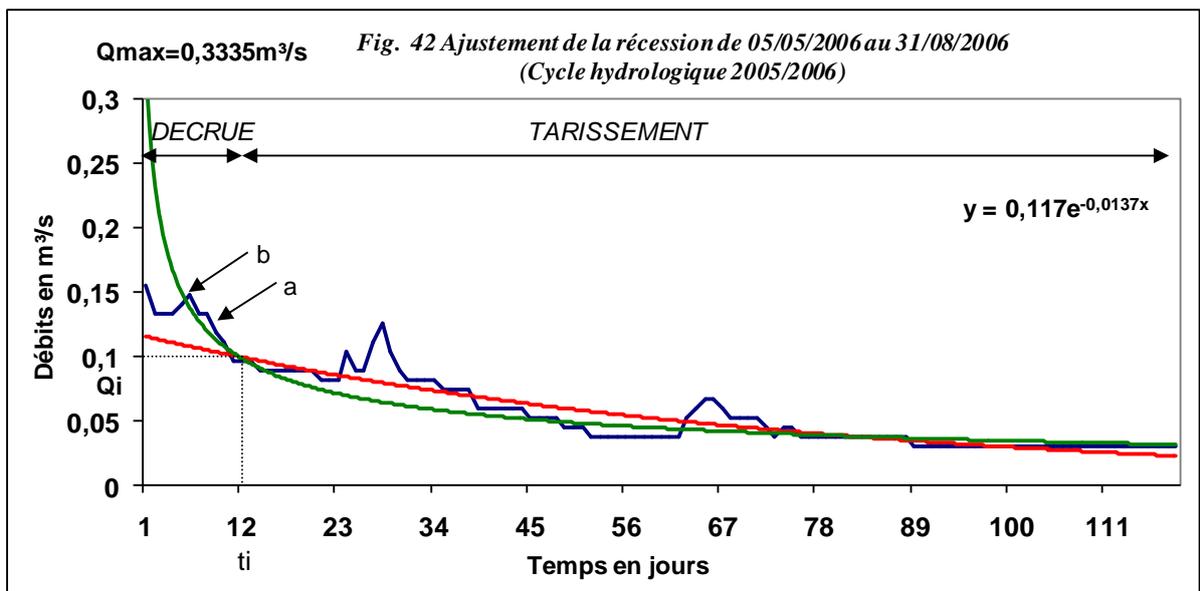
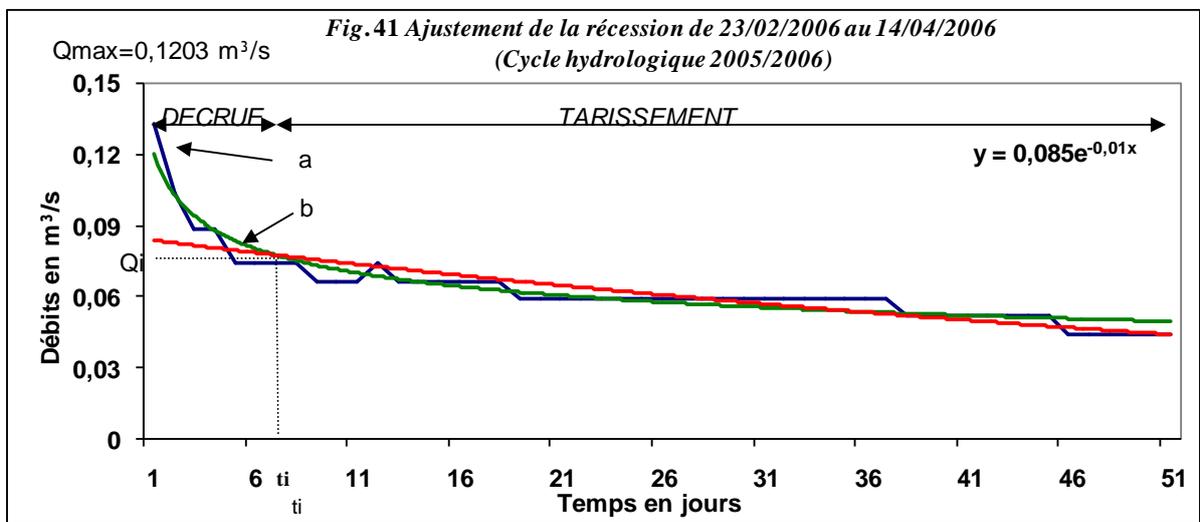
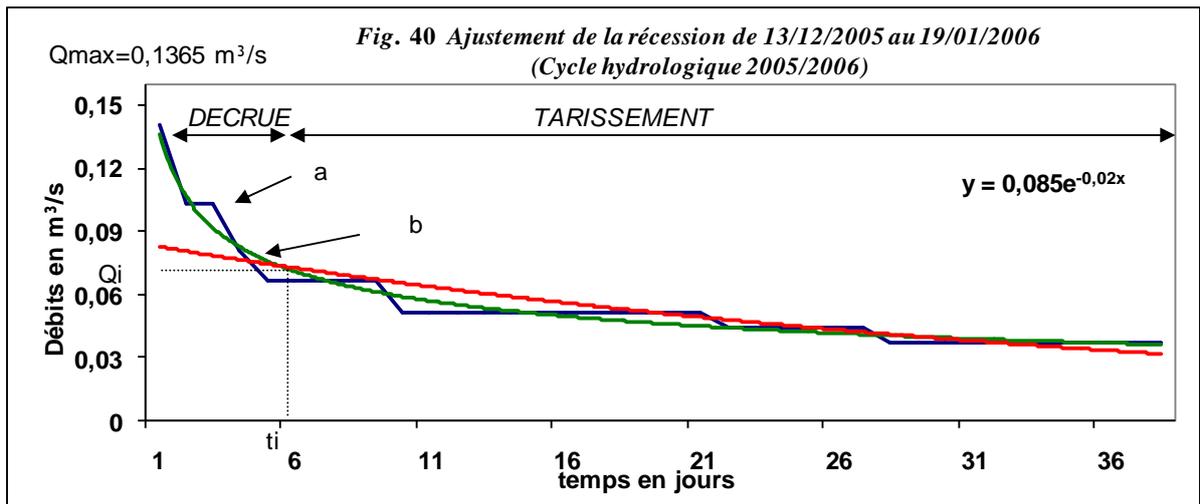
Afin de mieux comprendre le comportement du système aquifère maestrichtien de Dyr et le comparer par rapport aux autres modèles karstiques qui sont définis par le digramme de classification de Mangin, nous avons appliqué la méthode d'analyse des courbes de récession sur les hydrogrammes d'écoulement de la source Ain Zerga relatifs à une longue période d'observation de huit cycles hydrologiques (2002/2003 au 2009/2010).

Le traitement automatique par l'utilisation du logiciel Excel des chroniques des débits journaliers a permis de détecter quinze crues unitaires qui sont caractérisées par des bons ajustements entre les courbes de récession expérimentales et celles calculées selon la fonction exponentielle (fig.37 à 51).



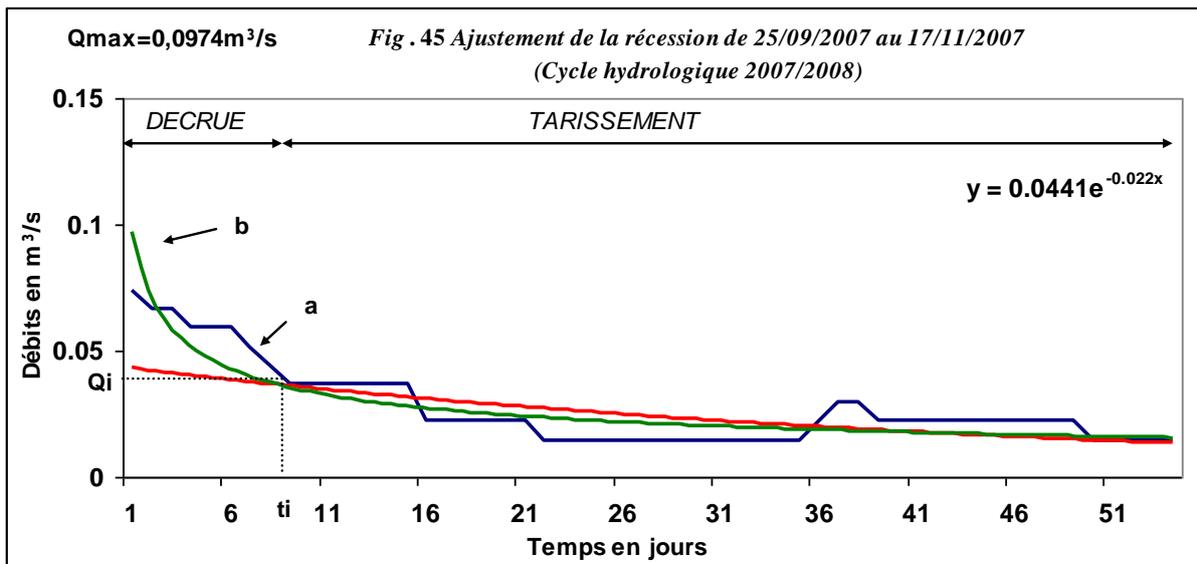
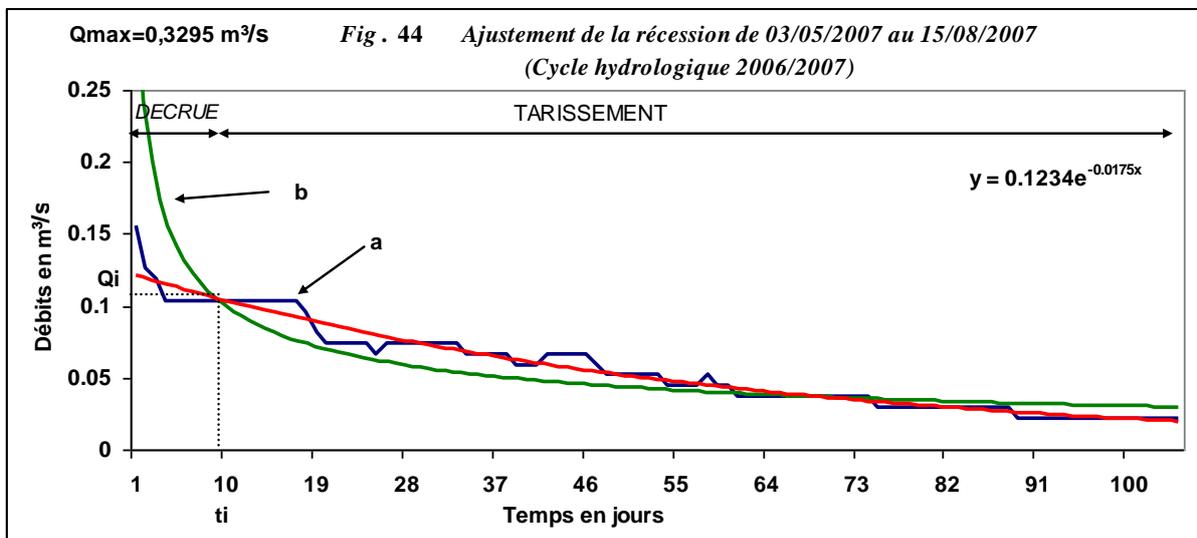
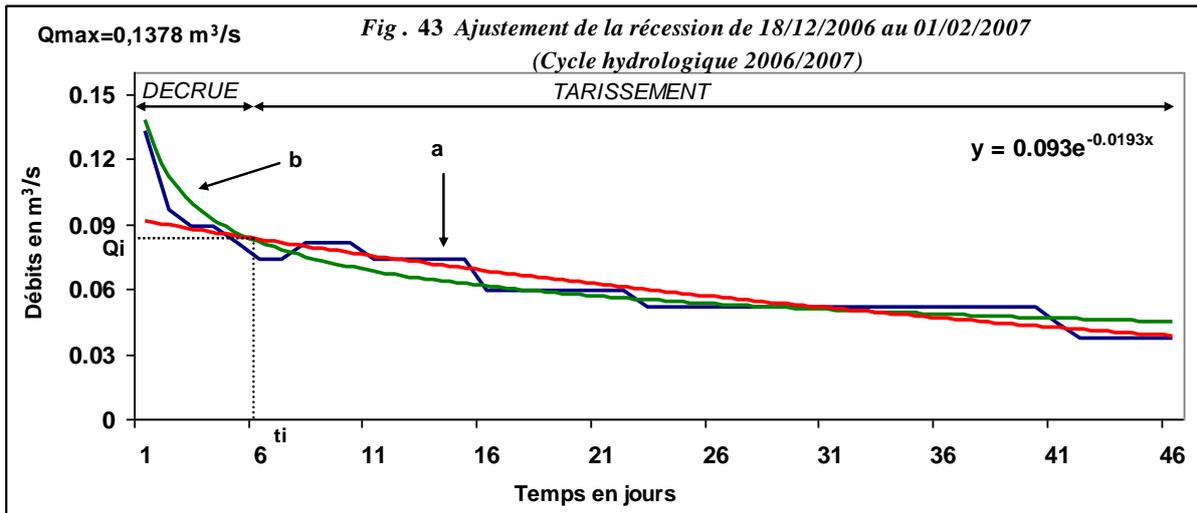
a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée



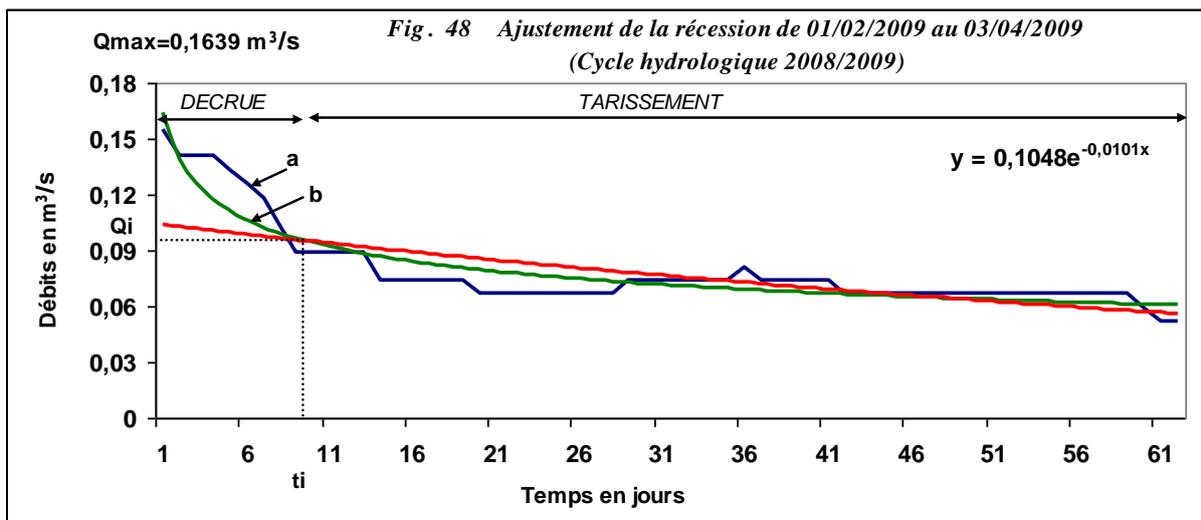
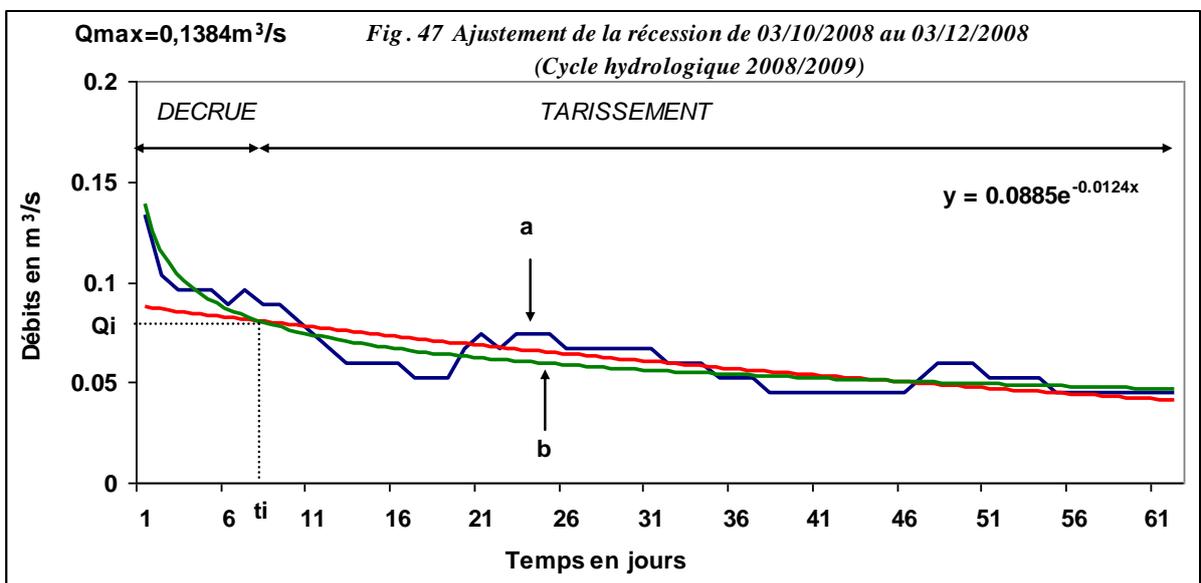
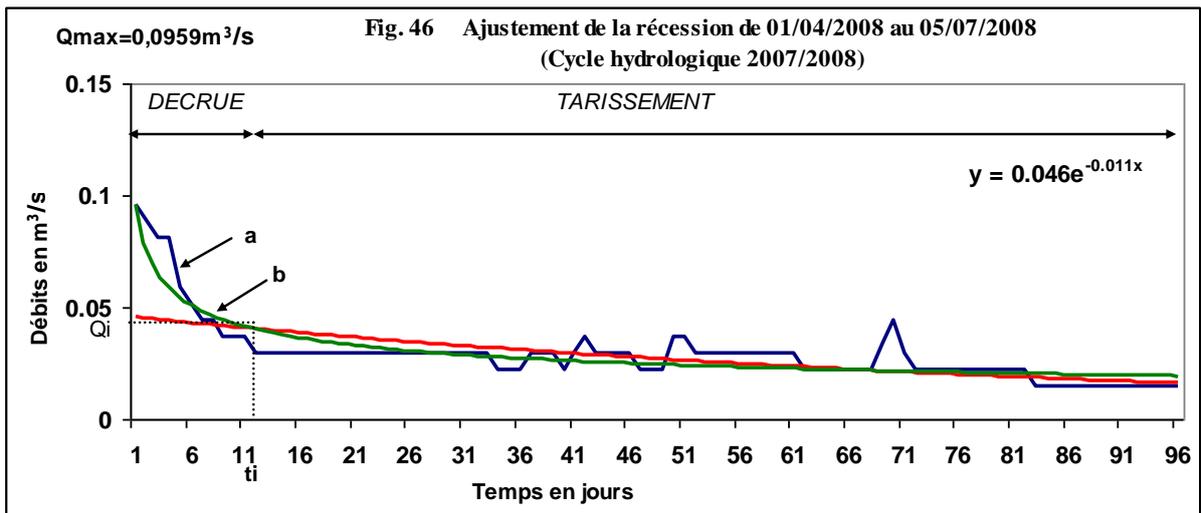
a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée



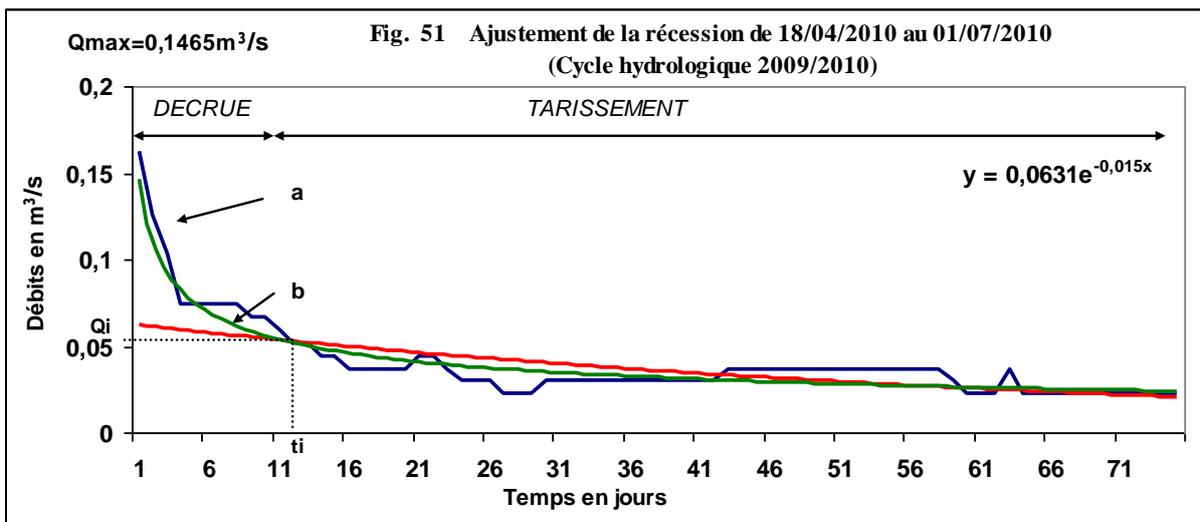
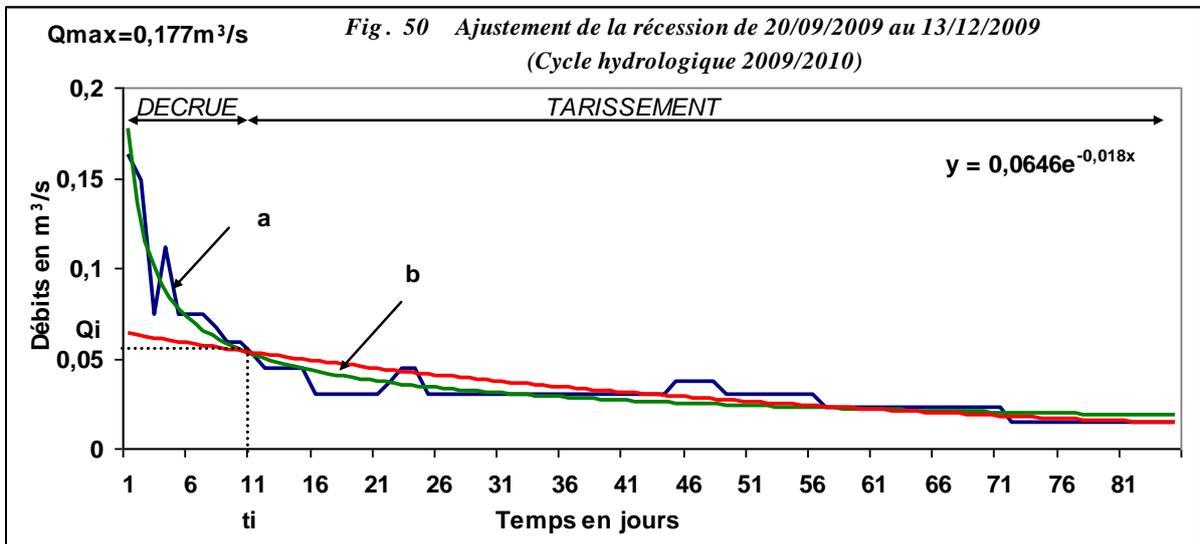
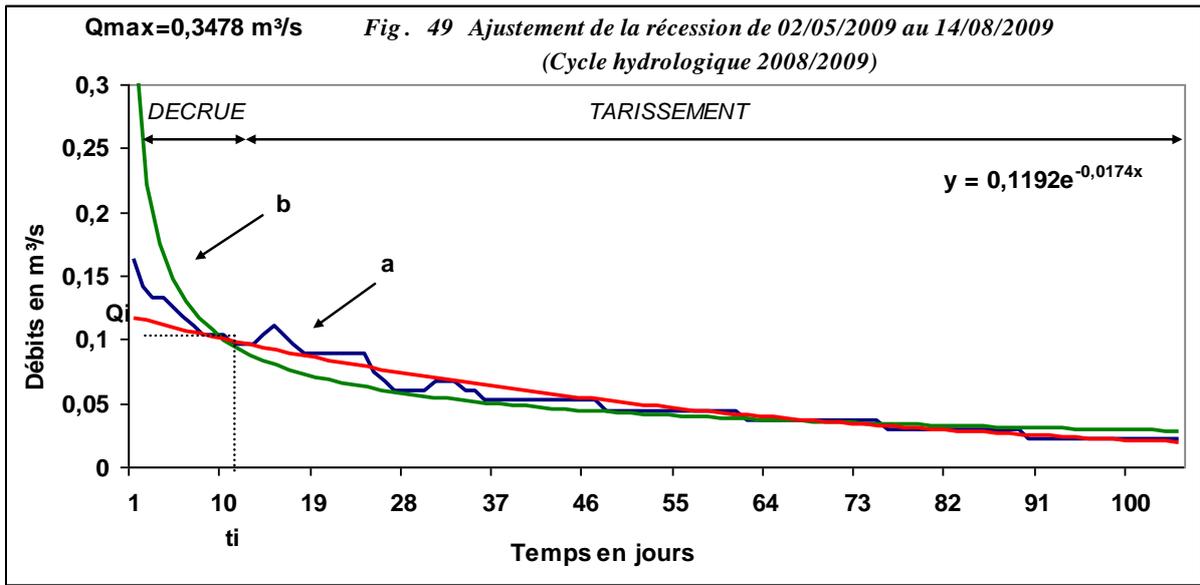
a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée



a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée



a : Courbe expérimentale,

b : Courbe calculée

Les calculs des différents paramètres statistiques caractéristiques du comportement de la zone d'infiltration et celle du karst noyé ont donné les résultats récapitulés dans le tableau n° 14 .

III.1 Comportement de la zone d'infiltration (Zone non saturée):

L'analyse qualitative des courbes de récessions retenues a permis de mettre en évidence la persistance de l'infiltration lente à travers la zone non saturée de ce système karstique malgré le changement notable des conditions climatiques qu'a connu la région en cette période d'étude. Une certaine variabilité du coefficient d'hétérogénéité d'écoulement (ϵ) a été remarquée d'une crue à l'autre. Il oscille entre les deux fourchettes :

- La première où le coefficient de l'hétérogénéité d'écoulement (ϵ) est compris entre 0.005 et 0.01. Elle caractérise l'écoulement du cycle hydrologique 2007/2008 durant le quel la recharge par les précipitations était très faible (Précipitation totale annuelle 251.5 mm). Elle est ainsi constatée durant les crues secondaires de court temps de concentration qui ne dépasse pas 50 jours (cycles hydrologiques 2005/2006 et 2006/2007).
- La deuxième fourchette où le coefficient de l'hétérogénéité d'écoulement (ϵ) est compris entre 0.01 et 0.0213, elle signifie que l'infiltration à travers la zone non saturée a connu une certaine accélération mais elle reste dans la limite de l'infiltration lente.

Dans un contexte de variabilité, on signale que les principaux paramètres hydrologiques sont dispersés et leurs changements en fonction du couple recharge – drainage sont en général aléatoires. Ceci ne peut être expliqué que par la complexité de la structure du système aquifère liée sans doute à la hiérarchisation des vides d'une part et à l'irrégularité considérable de la distribution des précipitations d'autre part.

III.2 Comportement de la zone noyée (Zone saturée)

Le coefficient de tarissement (α) traduit l'intensité de la vidange de la zone noyée, la valeur moyenne est de 0.0152. Cette valeur assez élevée est représentative d'une vidange assez rapide ; qui est inversement proportionnel à la tendance de stockage (stockage momentané de la zone noyée), malgré la présence d'une réserve d'eau importante ; ceci indique que notre système possède une zone saturée fonctionnelle (karstifiée).

Pour une meilleure analyse du comportement de la zone noyée de notre système, il est nécessaire de connaître la variabilité temporelle du volume dynamique.

<i>Cycles hydrologiques</i>	<i>Période de la récession</i>	<i>QR0 (m³/s)</i>	<i>Qi</i>	<i>q0 (m³/s)</i>	<i>ti (j)</i>	<i>η</i>	<i>ε</i>	<i>α</i>	<i>Vdyn (Millions de m³)</i>	<i>I</i>
2002/2003	06/04/2003 au 11/07/2003	0,1207	0,105	0,1608	10	0,100	0,0157	0,0146	0,6214	0,776
2003/2004	18/12/2003 au 14/05/2004	0,1527	0,1381	0,1748	12	0,083	0,0146	0,0087	1,3715	0,81
2004/2005	10/02/2005 au 31/08/2005	0,1613	0,14	0,3709	15	0,067	0,0213	0,0095	1,2733	0,831
2005/2006	13/12/2005 au 19/01/2006	0,085	0,0729	0,0506	6	0,167	0,0121	0,0261	0,2413	0,651
2005/2006	23/02/2006 au 14/04/2006	0,085	0,078	0,0353	7	0,143	0,007	0,0128	0,5265	0,704
2005/2006	05/05/2006 au 31/08/2006	0,117	0,099	0,2165	12	0,083	0,018	0,0137	0,6244	0,804
2006/2007	18/12/2006 au 01/02/2007	0,093	0,084	0,0448	6	0,167	0,009	0,0193	0,376	0,655
2006/2007	03/05/2007 au 15/08/2007	0,1234	0,105	0,2061	10	0,100	0,0184	0,0175	0,5184	0,772
2007/2008	25/09/2007 au 17/11/2007	0,0441	0,037	0,0533	9	0,111	0,0071	0,022	0,1453	0,767
2007/2008	01/04/2008 au 05/07/2008	0,046	0,041	0,0499	12	0,083	0,005	0,011	0,322	0,825
2008/2009	03/10/2008 au 03/12/2008	0,0885	0,0783	0,0499	8	0,125	0,0102	0,0124	0,5456	0,735
2008/2009	01/02/2009 au 03/04/2009	0,1048	0,0943	0,0591	10	0,100	0,0105	0,0101	0,8067	0,784
2008/2009	02/05/2009 au 14/08/2009	0,1192	0,099	0,2286	10	0,100	0,0202	0,0174	0,4916	0,769
2009/2010	20/09/2009 au 13/12/2009	0,0646	0,0532	0,1124	11	0,091	0,0114	0,018	0,2554	0,8
2009/2010	18/04/2010 au 01/07/2010	0,0631	0,0524	0,0834	12	0,083	0,0107	0,015	0,3018	0,816
<i>min</i>						0,067	0,005	0,0087	0,1453	0,651
<i>moy</i>						0,1069	0,0127	0,0152	0,5614	0,7666
<i>max</i>						0,1667	0,0213	0,0261	1,3715	0,831
<i>somme</i>									8,4212	
Volume de transit interannuel sur la période d'observation de 08 cycles hydrologiques									14.179	

Tableau n° 14 .Tableau récapitulatif de détermination des paramètres statistiques de l'ajustement des courbes de récession de la source de Ain Zerga relatives à la période de huit cycles hydrologiques 2002/2003 au 2009/2010.

Avec : Q_{R0} : débit à l'instant t_0 ; Q_i : débit au moment où le tarissement devient effectif ; q_0 : débit d'infiltration à l'instant t marquant la pointe de crue
 t_i : l'instant où l'infiltration cesse ; η : coefficient de vitesse d'infiltration ; ε : coefficient d'hétérogénéité d'écoulement α : coefficient de tarissement.
 i : coefficient caractérisant les retards à l'infiltration.

Par application de l'équation (4) et selon le coefficient de tarissement calculé qui varie entre 0.0087 et 0.0261, le volume dynamique fluctue entre 0.1453 millions de m³ et 1.3715 millions de m³ (Tableau n°14). Ces valeurs de volume dynamique expriment la présence des réserves d'eau assez importantes.

Selon ces constatations, nous pouvons admettre que la zone noyée du système aquifère étudié est en régime d'écoulement influencé durant une longue période. Les grandes pertes en amont de l'exutoire principal et l'intensification des pompages au niveau des forages implantés juste en amont de la source d'Ain Zerga (AZ1 et AZ2) sont sans doute la cause principale de cette situation.

Pour les retards à l'infiltration, le calcul du coefficient « i » donne des valeurs qui balancent entre 0.651 et 0.831, ces valeurs sont élevées ; ce qui indique que l'infiltration lente à travers la zone non saturée est toujours conservée et les apports d'eau ont un effet notable sur la régulation de l'écoulement de l'exutoire du notre système karstique.

IV. Classification du système karstique :

Pour voir graphiquement l'appartenance de notre système karstique vis-à-vis des cinq systèmes références étudiés et classés par Mangin, le repérage de notre système karstique se fait à partir des coordonnées des deux coefficients « k » et « i » qui caractérisent respectivement le pouvoir régulateur et les retards à l'infiltration. Les calculs de ces deux paramètres ont donné des valeurs de 0.10 pour « k » et 0.76 pour « i ». Le report de ces deux valeurs sur le diagramme de classification nous a permis de considérer que notre système aquifère est karstique ($K < 0.5$) et complexe caractérisé par une géométrie de grande taille avec des nombreux sous-systèmes (fig. 52). Son fonctionnement hydraulique peut être analogue à celui de la fontaine de Vaucluse.

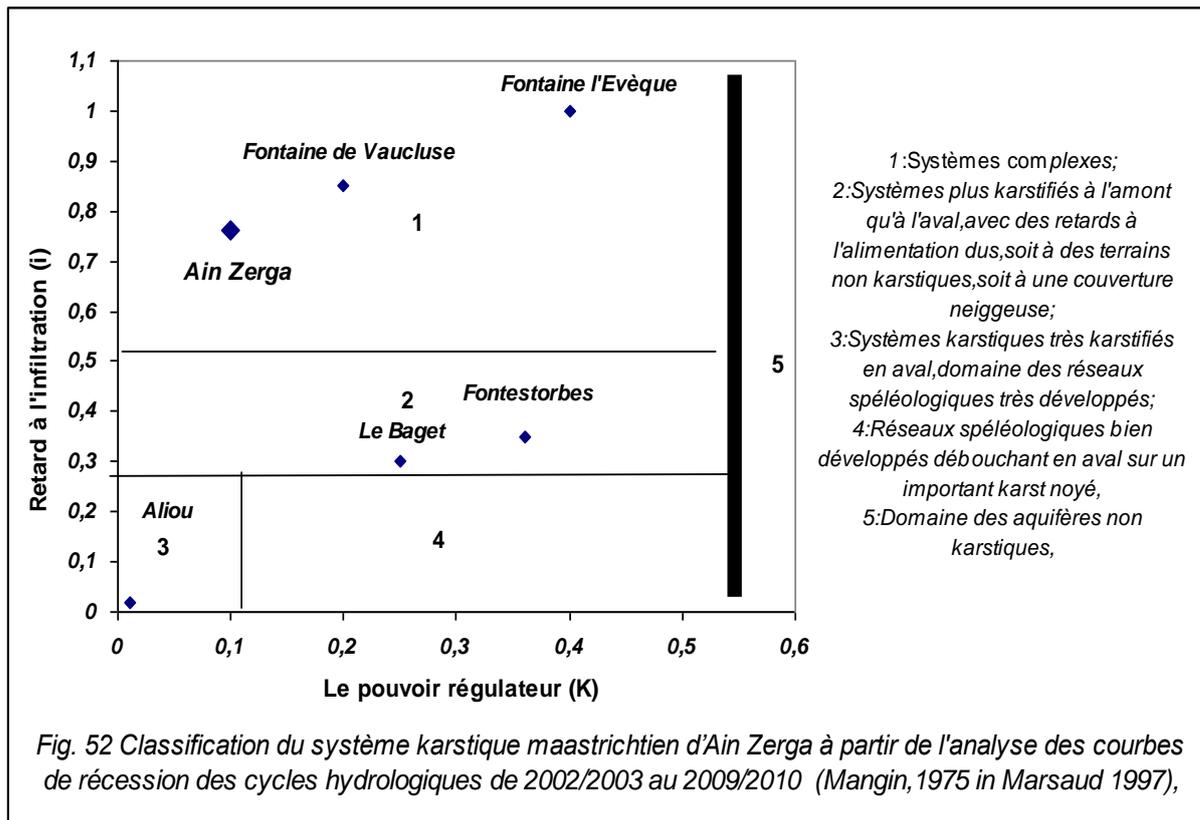


Fig. 52 Classification du système karstique maastrichtien d'Ain Zerga à partir de l'analyse des courbes de récession des cycles hydrologiques de 2002/2003 au 2009/2010 (Mangin, 1975 in Marsaud 1997),

V. Conclusion :

L'essai d'application de la méthode d'analyse des courbes de récession sur les chroniques d'écoulement d'Ain Zerga, nous a permis de retenir que le système karstique maastrichtien du synclinal de Dyr se caractérise par une structure et fonctionnement hydraulique complexes. Cette complexité est due sans doute à la hiérarchisation des vides et à l'irrégularité considérable de la distribution temporelle des précipitations.

La zone non saturée est marquée par une infiltration toujours lente malgré le changement notable des conditions climatiques dans cette zone d'étude. En cas d'une recharge hydraulique particulière soutenue surtout par la fonte des neiges tombées en période hivernale cette infiltration sera plus au moins accélérée.

L'écoulement à travers la zone noyée est en régime influencé durant un longue période. Les grandes pertes en amont de l'exutoire principal et l'intensification des pompages au niveau des forages implantés juste en amont de la source d'Ain Zerga (AZ1 et AZ2) sont sans doute la cause principale de cette situation. Les apports d'eau ont un effet notable sur la régulation de l'écoulement de l'exutoire du notre système karstique. Les valeurs calculées de volume dynamique indiquent la présence des réserves d'eau assez importantes.

Selon les calculs des deux coefficients « k » et « i », qui caractérisent respectivement le pouvoir régulateur et les retards à l'infiltration, et le report de leurs valeurs (0.10 pour « k » et 0.76 pour « i ») sur le diagramme de classification nous pouvons considérer que notre système aquifère est karstique ($K < 0.5$) et son fonctionnement peut être analogue à celui de la fontaine de Vaucluse. Le système est donc complexe caractérisé par une géométrie de grande taille avec des nombreux sous-systèmes.

CHAPITRE IV :
ANALYSES CORRELATOIRES ET SPECTRALES

I-Introduction :

Dans le cadre de la caractérisation du comportement hydraulique ainsi que la structure du système karstique étudié, nous avons fait aussi appel aux méthodes des analyses corrélatoires et spectrales (A.C.S.) qui rentrent dans le cadre de l'approche systémique ou fonctionnelle du karst. Cette analyse systémique permet la caractérisation du système par sa fonction de transfert ou par le mécanisme qui modifie l'entrée et la sortie par une relation de cause à effet. L'objectif principal, dans l'étude d'un karst, est la détermination de l'importance des fonctions transmissives et capacitives qui sont assurées respectivement par le drain (axe de drainage) et les sous systèmes annexes au drainage (S.AD.) au travers de l'inertie propre du système karstique.

Ces méthodes, qui utilisent les fondements de traitement du signal, ont été recommandées pour la première fois par Jenkins & Watts (1968), Box & Jenkins (1976) (in Mangin, 1981,1984). Depuis 1981, elles ont été adaptées par le laboratoire souterrain du centre national de recherche scientifique à Moulis (France) à l'étude des aquifères karstiques. L'aquifère karstique est assimilé à un système de type boîte noire dont la pluie et le débit à l'exutoire représentent respectivement l'excitation (entrée) et la réponse (sortie).

II- Principe des méthodes des analyses corrélatoires et spectrales :

Le principe fondamental des méthodes des analyses corrélatoires et spectrales est de considérer que le système karstique possède un comportement de filtre plus ou moins inertiel qui est lié directement à l'organisation de la structure de drainage et à l'importance des réserves. Plus le système possède de grandes réserves avec un drainage faible, plus le pouvoir filtre du système est grand, ce qui modifie le signal d'entrée en le filtrant et vice versa. Les paramètres statistiques obtenus à partir de cette analyse permettent alors de caractériser le comportement hydraulique ainsi que la structure du système étudié.

Les analyses corrélatoires et spectrales permettent de décrire et de comparer les structures des deux séries chronologiques ; la pluie comme entrée du système et le débit comme sortie, et elles mettent en évidence les composantes du signal pour connaître le fonctionnement du système. L'analyse corrélatoire étudie la pondération relative des événements entre eux dans le domaine temporel tandis que l'analyse spectrale traduit les périodicités du signal en décomposant la variance de la variable étudiée dans le domaine fréquentiel. Deux types d'analyse sont employés pour identifier ce fonctionnement :

- Analyse simple qui permet d'identifier les composantes d'une seule chronique (entrée ou sortie),

- Analyse croisée qui traite deux chroniques, l'une considérée comme entrée du système et l'autre comme sortie. Elle permet aussi l'étude de la relation pluie-débit (entrée – sortie) et offre une image très claire de la réponse impulsionnelle du système par le corrélogramme croisé.

II.1 Analyse simple :

L'analyse simple permet de comparer un événement récent aux événements précédents pour mettre en évidence l'aptitude d'un système à conserver la mémoire en vérifiant si l'information de chaque événement actuel provient des événements précédents. Elle traite séparément les séries chronologiques des pluies et des débits pour identifier leurs composantes, ce qui permet une meilleure compréhension du fonctionnement hydrologique : l'importance des réserves et leur rôle dans la régulation du système. Dans cette analyse, nous utilisons deux outils : le corrélogramme simple et le spectre de densité de variance.

c) Le Corrélogramme simple:

Le corrélogramme simple traduit la dépendance dans le temps des événements affectant la chronique selon des intervalles de temps de plus en plus grands. Alors de ce fait, il caractérise « la mémoire » du système étudié (A. Mangin 1984). Analytiquement, le corrélogramme simple met en évidence l'évolution du coefficient d'autocorrélation r_k qui doit être calculé à partir d'une formule proposée par Jenkins et Watts (1968) :

$$r_k = \frac{C_k}{C_0}$$

$$C_k = \frac{1}{n} + \sum_1^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})$$

Avec :

$$k = 0, 1, 2, \dots, m$$

m est la troncature

n : longueur de la chronique (nombre d'observations)

$$r_k = 1 \text{ lorsque } k = 0$$

x_i : Processus étudié

\bar{x} : Moyenne des x de la série chronologique.

Le choix de la fenêtre d'observation (m) est basé sur des principes semi-empiriques :

- $m > n/2$, les résultats ne sont pas corrects,
- $n/3 < m < n/2$, les résultats sont légèrement faussés,
- $m < n/3$, les résultats sont corrects.

Selon A. Mangin, la troncature doit être de préférence inférieure au tiers de la longueur de la période d'observation ($m < n/3$).

Comme interprétation qualitative du graphe obtenu, deux conditions peuvent être envisagées : Si le corrélogramme décroît très vite (valeurs proches de 0), il indique une succession des événements indépendants les uns des autres et dans ce cas, le phénomène peut être considéré comme processus quasi aléatoire. A l'inverse, si la décroissance du corrélogramme est lente, les événements sont alors dépendants les uns des autres et le phénomène est plus structuré donc l'effet mémoire est très important. La valeur du corrélogramme $r_k = 0,2$ est une valeur remarquable, puisque des événements peuvent être considérés indépendants dès que $r_k < 0,2$.

Dans le cas d'application sur les données hydrométriques, le corrélogramme simple montre la façon dont le système module le signal d'entrée. Si le corrélogramme des débits décroît lentement, l'effet mémoire du système est important, ce qui se traduit par une régulation liée à l'importance des réserves. Au contraire, si le corrélogramme décroît rapidement, le système module très peu le signal d'entrée, il est donc sans mémoire et de ce fait, il est bien drainé avec des réserves négligeables. Ainsi, le corrélogramme simple fournit une idée qualitative de l'importance globale des réserves.

A partir du corrélogramme simple, on détermine le paramètre " Effet mémoire" qui est égal au nombre de jours (k) correspondant à la valeur $r(k) = 0.2$ du corrélogramme. Ce paramètre qui traduit l'inertie de l'aquifère est lié à la présence de réserves et au degré de karstification (Mangin 1984). Cet effet est proportionnel au pouvoir de filtre du système; il est inversement proportionnel au degré de karstification, c'est-à-dire moins un système est drainé avec des réserves importantes, plus la décroissance du débit et du corrélogramme sera lente, et plus les valeurs de l'effet mémoire seront élevées et vice versa.

d) Le spectre simple :

L'analyse spectrale correspond à un changement d'un domaine de temps à un domaine de fréquence grâce à la transformée de Fourier de la fonction d'autocorrélation. Elle peut porter sur l'étude de la variance d'une seule série, alors c'est le spectre simple, ou sur celle de la covariance entre les entrées et les sorties d'un système (spectre croisé). Le paramètre de cette analyse est le spectre de densité de variance. La fonction de densité spectrale $S(f)$ représente la décomposition de la variance de la série chronologique dans le domaine de

fréquence, elle permet alors l'identification des événements périodiques par la détermination de leur fréquence. La fonction de densité spectrale $S(f)$ est écrite comme suit :

$$s_f = 2(1 + 2 \sum_{k=1}^{k=m} D_{(k)} r_{(k)} \cos 2\pi f_{(k)}) \dots \dots \dots (2)$$

Où :

- f est la fréquence, $f = j/2m$,
- $j = 1$ à m ,
- $D(k)$ assure que les valeurs de $S(f)$ estimées ne sont pas impartiales. $D(k)$ est le filtre de Tukey (Mangin, 1984).

Dans le cas d'une chronique de débits, le spectre de densité de variance fournit deux paramètres qui renseignent sur le fonctionnement du système hydrologique :

- **LA FREQUENCE DE COUPURE** est égale à la valeur de fréquence pour laquelle la densité de variance devient nulle ou négligeable et à partir de laquelle les informations liées à la fonction d'entrée du système sont totalement filtrées. Plus cette fréquence est faible, plus l'inertie est grande et donc le système est moins karstifié. Entre autres, elle quantifie la régulation introduite par le système qui filtre l'information à court terme et la restitue à l'échelle du cycle annuel ou pluriannuel. La fréquence de coupure est la durée minimale que doit avoir une pluie pour influencer sur le système.
- **LE TEMPS DE REGULATION** représente la durée d'influence du signal d'entrée, c'est-à-dire la longueur de la réponse impulsionnelle (Mangin, 1984). Par exemple il définit la durée d'influence d'événements pluvieux sur le système. Sa valeur est égale à la valeur du spectre pour $f = 0$, divisée par 2. Plus le temps de régulation est long, plus le système possède un comportement inertiel, plus les réserves sont grandes et le système est moins karstifié (Marsaud 1997).

II.2 Analyse croisée :

L'analyse croisée permet l'étude de la fonction d'inter corrélation entre les fonctions d'entrée et de sortie du système, elle permet de comparer simultanément le signal d'entrée supposée être la cause (par exemple la pluie), à celui de sortie supposée être l'effet (le débit). De même que l'analyse simple, les outils sont le corrélogramme croisé et le spectre croisé.

a) Le corrélogramme croisé :

Le corrélogramme croisé est exprimé pour des retards k , aussi bien positifs que

négatifs. Il renseigne sur la réponse impulsionnelle du système due à l'effet du signal d'entrée. Le pic de la réponse est étalé dans le cas des systèmes mal drainés et d'autant plus accentué que le système est bien drainé. Le corrélogramme croisé est décrit comme suit :

$$r_{xy}(k) = C_{xy}(k) / (\sigma_x \sigma_y) \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{avec : } C_{xy} = 1/n (\sum (x_i - \bar{x}) (Y_{i+k} - \bar{y}))$$

où σ_x et σ_y sont les écarts type des séries chronologiques.

Quand la série chronologique d'entrée est aléatoire, la fonction de corrélation croisée $r_{(xy)}(k)$ représente la réponse impulsionnelle du système. Le retard entre l'entrée et la sortie peut également être déduit du corrélogramme croisé, comme délai entre $k = 0$ et le maximum $r_{(xy)}(k)$.

Le retard fournit une évaluation des temps de transfert de l'impulsion par le système. La fonction de corrélation croisée n'est pas symétrique en principe [$r_{xy}(k) \neq r_{yx}(k)$]. Si $r_{xy}(k) > 0$ pour $k > 0$, le signal d'entrée influence le signal de sortie.

Dans le cas des systèmes hydrologiques, la fonction d'entrée représentée par la pluie, peut être considérée comme quasi aléatoire. Par conséquent, le corrélogramme croisé fournit une image assez correcte de l'hydrogramme unitaire.

La forme de l'hydrogramme unitaire obtenu permet de donner des renseignements sur la modulation par le système de l'impulsion d'entrée. Plus le système module l'impulsion d'entrée, plus le corrélogramme croisé est aplati. A l'inverse, un corrélogramme aigu et peu étalé indique un système qui modifie très peu l'impulsion d'entrée. Ce système est donc très bien drainé et ne possède que peu de réserve. Si le signal d'entrée est structuré, le corrélogramme croisé est caractérisé par l'apparition des périodicités. Si le corrélogramme croisé est symétrique, alors les processus choisis comme étant les entrées et les sorties peuvent être reliés par une même cause.

b) Le spectre croisé :

Le spectre croisé qui représente la transformée de Fourier du corrélogramme croisé, est précisé par quatre fonctions dans le domaine fréquentiel : le spectre est exprimé par un nombre complexe. Deux expressions peuvent le décrire :

- Le spectre croisé = cospectre [$h_{xy}(f)$] – spectre de quadrature [$i \lambda_{xy}(f)$]

$$S_c(f) = h_{xy}(f) - i \lambda_{xy}(f) \dots \dots \dots (4)$$

Avec :

$$h_{xy}(f) = 2[r_{xy}(0) + \sum_i^m \{ r_{xy}(k) + r_{yx}(k) \} \cdot D(k) \cos 2\pi f k]$$

$$\lambda_{xy}(f) = 2 \sum_i^m [r_{xy}(k) - r_{yx}(k)] \cdot D(k) \cdot \sin 2\pi f k$$

- Le spectre croisé peut être exprimé en fonction d'amplitude $|S_{xy}(f)|$ et de fonction de phase $\theta_{xy}(f)$

$$S_{xy} = |S_{xy}(f)| e^{-i\theta_{xy}(f)} \dots\dots\dots(5)$$

Le spectre croisé est défini par deux fonctions principales (la fonction d'amplitude et la fonction de phase) et deux fonctions additionnelles (la fonction de cohérence et la fonction de gain) :

- **La fonction d'amplitude croisée :** Elle fournit la valeur de la fréquence de coupure, déterminée sur le spectre, pour laquelle la corrélation pluie-débit est maximale et devient nulle en passant vers les hautes fréquences. La comparaison de cette fonction avec le spectre simple de la pluie permet de montrer la façon suivant laquelle le signal d'entrée (la pluie) est modulé par le système. Cette fonction d'amplitude est donnée par :

$$|S_{xy}(f)| = \sqrt{h_{xy}^2(f) + \lambda_{xy}^2(f)} \dots\dots\dots(6)$$

- **La fonction de phase :** Cette fonction donne le moyen d'estimer, pour chacune des fréquences, le déphasage entre l'entrée et la sortie. Ce déphasage est fonction de la durée de l'impulsion d'entrée, proportionnelle au stockage dans le système. Pour une fréquence donnée, le spectre de phase caractérise le retard de la sortie par rapport à l'entrée. Cette fonction de phase est exprimé par :

$$\theta_{xy}(f) = \arctan(\lambda_{xy}(f) / h_{xy}(f)) \dots\dots\dots(7)$$

La phase θ est exprimée en radians (1 rad = 57.3°) et correspond à la projection de la valeur de fréquence. Le retard (déphasage) pour une période donnée est calculé par la formule suivante :

$$\text{Retard (j)} = T_o \cdot \theta / 2\pi \quad \text{Avec : } T_o = 1/fc$$

- **La fonction de cohérence :** Cette fonction indique si les variations de la série chronologique de sortie correspondent au même type que celles de la série

d'entrée, elle permet donc d'évaluer les linéarités entre ces deux séries. cette fonction est exprimé par :

$$CO_{xy}(f) = (S_{xy}(f)/\sqrt{S_x(f) S_y(f)}) \dots\dots\dots(8)$$

Dans l'étude du système karstique, la linéarité entre la série du débit et celle de la pluie est en relation avec le drainage : plus le drainage est fonctionnel, plus les valeurs de la cohérence sont proches de 0.9. Dans le cas où les crues sont moins violentes et l'eau reconstitue les réserves, la valeur de la cohérence est plus faible.

- **La fonction de gain :** La fonction de gain permet d'évaluer la dynamique des réserves d'un système donné puisqu'elle représente la régression entre l'entrée (pluie) et la sortie (débit) en fonction de la fréquence : cette fonction est exprimé la relation suivante :

$$G_{xy}(f) = S_{xy}(f) / S_x(f) \dots\dots\dots(9)$$

- Si le gain est supérieur à 1 on a amplification du signal d'entrée, ce qui signifie un déstockage des réserves.
- Si le gain est inférieur à 1 on a atténuation du signal d'entrée, ce qui se traduit pour les hautes fréquences par un stockage lors des crues.

II.3 Classification des systèmes karstiques :

Les paramètres calculés à partir des A.C.S. permettent de caractériser le fonctionnement des différents systèmes et d'identifier leur structure en les comparants avec des systèmes connus. Une classification a été établie par Mangin (1984) pour comparer les karsts étudiés à deux systèmes karstiques extrêmes de référence dont la structure est connue, ce sont :

- Aliou (Pyrénées françaises) : Système à degré de karstification élevé et sans réserves. La réponse de ce type de système s'apparente à l'hydrogramme unitaire d'un bassin de surface avec : un effet mémoire réduit (5 jours, peu de réserves), une fréquence de coupure très haute (0.30 jours, peu de filtrage) et un temps de régulation court (10 à 15 jours, courte réponse impulsionnelle).
- Torcal (Espagne) : système à degré de karstification faible. L'effet mémoire est considérable (fortes réserves), la fréquence de coupure basse (filtrage important) et le temps de régulation très long court (réponse impulsionnelle longue).

Deux autres systèmes intermédiaires, Baget et Fontestorbes, sont envisagés pour compléter la classification (Tableau.).

Types de systèmes karstiques	Effet de mémoire	Fréquence de coupure	Bande spectrale	Temps de régulation (jours)
Aliou	Réduit (05 Jours)	Très Haute (0,30)	Très large	10-15 Jours
Baget	Petit (10 à 15 jours)	Haute (0,20)	Large	20 - 30 Jours 50
Fontestorbes	Grand (50 à 60 jours)	Basse (0,10)	Etroite	Jours
Torcal	Considérable (70 jours)	Très basse(0,05)	Très étroite	70 Jours

Tableau 15 : Classification de Mangin des systèmes Karstiques à partir des paramètres des ACS.

III - Application et interprétation des résultats :

Pour une meilleure caractérisation du fonctionnement du système karstique, on a adopté les mêmes étapes d'analyses :

- En première étape, c'est l'analyse à court terme. Nous avons appliqué l'ACS sur les données hydro-pluviométriques de notre période de suivi en utilisant les deux séries chronologiques ; la pluie comme la cause (entrée) et le débit à l'exutoire comme l'effet (sortie). Le traitement statistique est donc réalisé avec un pas de temps journalier et une troncature « m » de 125 jours. La longueur d'observation est de 365 jours.
- En deuxième étape, c'est l'analyse à long terme qui permet de discerner le comportement interannuel du système aquifère karstique et de montrer les différents événements périodiques. Dans cette étape nous avons fait un traitement sur la base des données hydro-pluviométriques enregistrées durant 3134 jours allant du 01/09/2002 au 31/03/2011. La troncature « m » utilisée est de 1045 jours.

Les chroniques disponibles des précipitations-débits de la station d'Ain Zerga sont traitées par un nouveau logiciel « Xlstat 2011 ». Ce logiciel permet de procéder les divers analyses statistiques descriptives des séries des données dans l'espace temporel (corrélo-gramme simple et croisé), et dans l'espace fréquentiel (spectre de densité de variance), puis la mise en évidence de corrélations entre ces séries afin de déduire l'existence de relation de causalité entre les variables (fonction de cohérence, gain et le déphasage).

III-1 Analyse à court terme:

III-1-1 Analyse simple des chroniques des pluies:

L'analyse simple à court terme des chroniques des pluies enregistrées à la station pluviométrique d'Ain Zerga a donné un corrélogramme simple reporté dans la figure n° 53.

Le corrélogramme est caractérisé par une décroissance très rapide, il atteint la valeur $r_k=0.2$ dès le deuxième jour pour atteindre la valeur zéro au troisième jour, puis reste proche d'une valeur égale zéro ($r_k=0$). L'effet mémoire est très faible. Cette allure nous permet de considérer que la distribution des précipitations a un caractère quasi-aléatoire, elle n'obéit plus à aucune linéarité ou périodicité. Ceci est confirmé par le spectre de densité de variance des pluies à Ain Zerga (fig. 54), qui varie d'une façon aléatoire. Cette distribution quasi-aléatoire peut être affirmée par l'extrême variabilité des pluies journalières et mensuelles, elle est typique d'une région semi aride.

III-1-2-Analyse simple des chroniques des débits:

L'analyse simple à court terme des chroniques des débits d'écoulement de la source Ain Zerga a fourni le corrélogramme simple présenté dans la figure n°55. Comme le montre cette dernière, le corrélogramme décroît d'une façon assez lente et est inférieur à 0.2 à partir de 26 jours puis reste proche d'une valeur égale zéro ($r_k=0$). Cette décroissance est significative d'un filtrage peu important. L'effet de mémoire est assez petit. Le spectre de densité de variance (fig. 56) a mis en évidence une bande spectrale large avec une fréquence de coupure (F_c) égale à 0.212 par jour ($t = 1/0.212= 05$ jours) et temps de régulation de l'ordre de 13 jours, ce qui traduit une inertie moins importante. Ces deux valeurs nous indiquent que les événements pluvieux de durée inférieure à 05 jours ne sont pas filtrés par le système, et ils sont évacués à l'exutoire, ceci nous permet de considérer que notre système karstique est moins inertiel et il est bien vidangé. En conséquence, il possède une structure de drainage bien développée (karstification fonctionnelle).

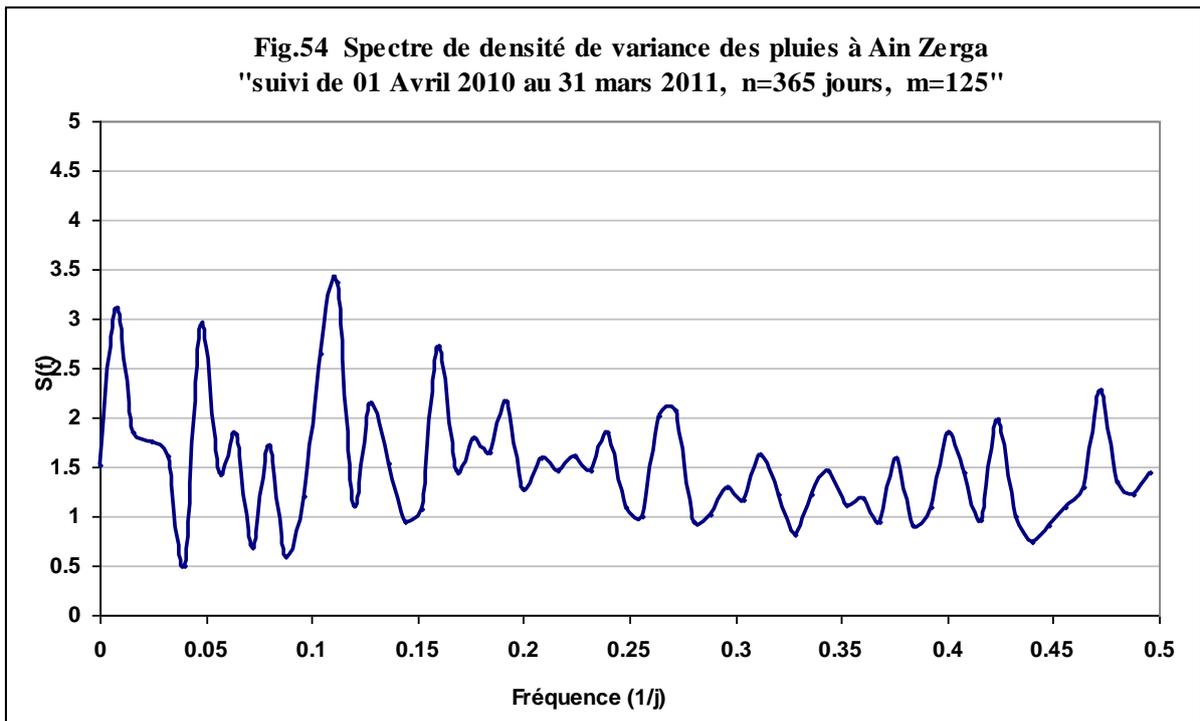
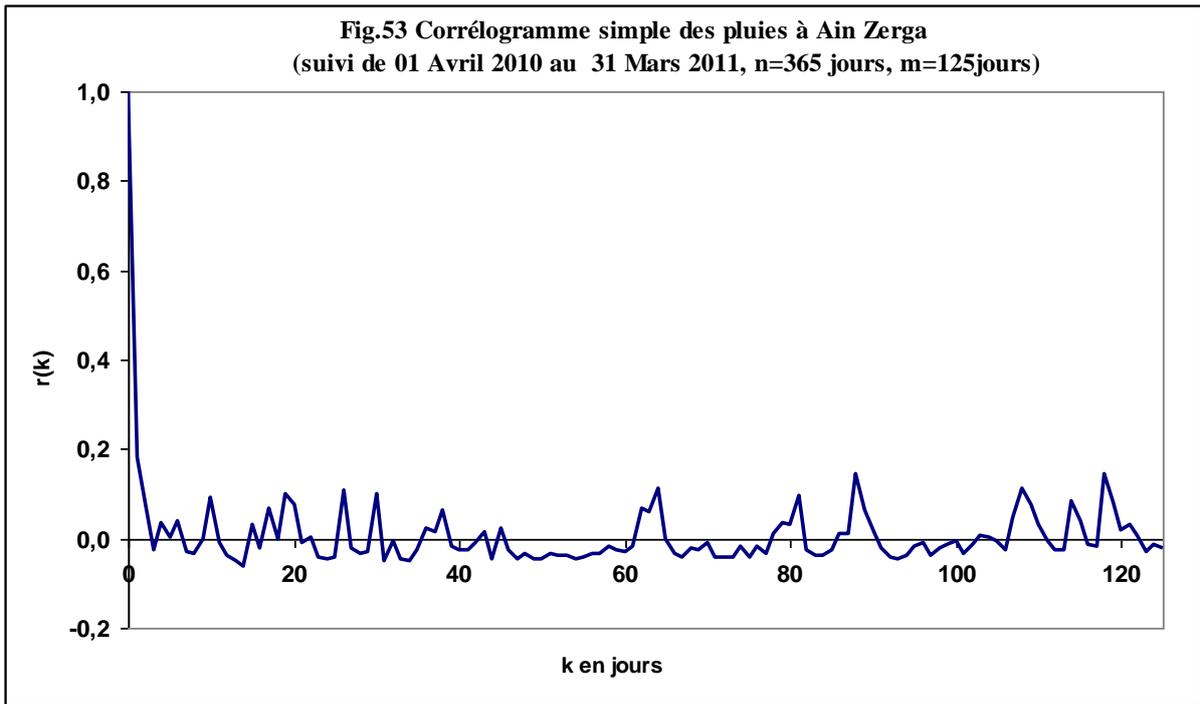


Fig.55 Corrélogramme simple des Débits d'écoulement de la source Ain Zerga
(suivi de 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011, n=365 jours, m=125jours)

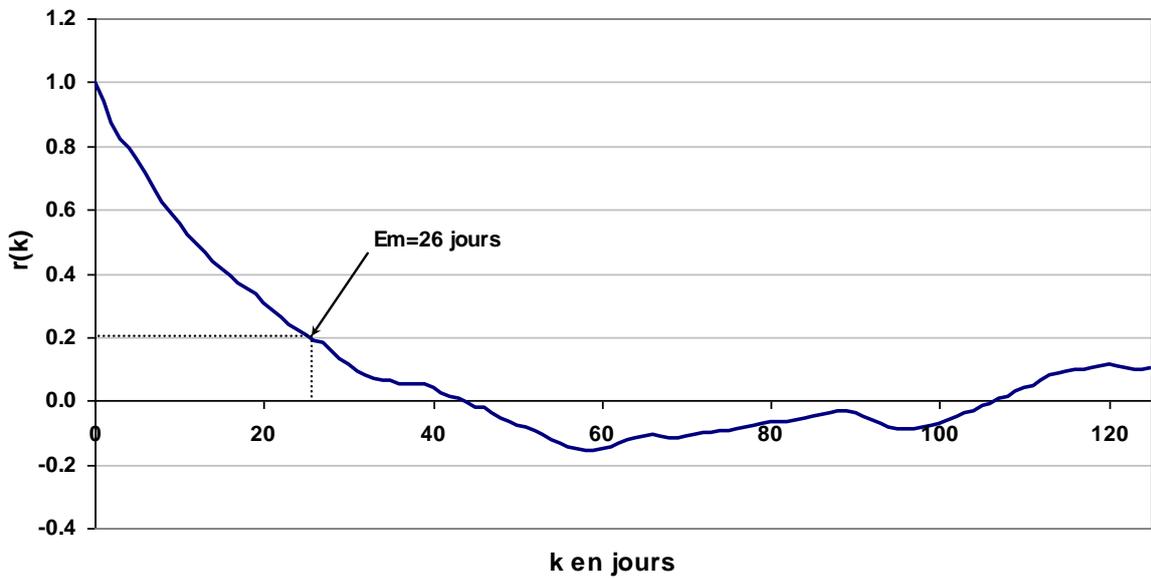
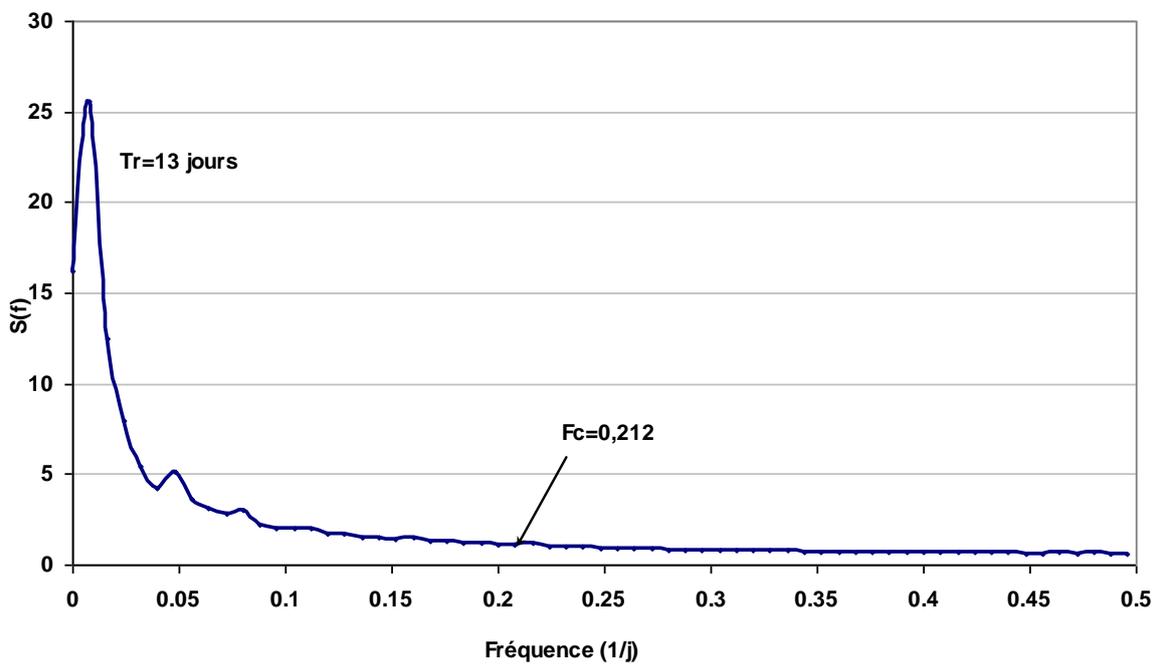


Fig.56 Spectre de densité de variance des débits de la source Ain Zerga
"suivi de 01 Avril 2010 au 31 mars 2011, n=365 jours, m=125"



III-1-3 Analyses Croisées (Pluies-Débits):

c) Le corrélogramme croisé :

L'analyse croisée nous permet d'étudier la relation pluie-débit. L'application de cet outil sur les deux séries chronologiques des pluies et des débits a donné le corrélogramme croisé reporté sur la figure n° 57. Ce corrélogramme croisé a fourni une image très claire de la réponse impulsionnelle, il présente un hydrogramme unitaire caractérisé par un grand pic bien individualisé au troisième jour. L'amplitude globale étalée sur une durée de 50 jours signifie que le système est à faible pouvoir régulateur possédant un drainage bien développé. Le premier pic de trois jours, caractérisé par des valeurs élevées du coefficient d'auto-corrélation, traduit des réponses immédiates de notre système (crues) suite à des fortes précipitations. Le deuxième pic de vingt sept jours (27 jours), où les valeurs du coefficient d'auto-corrélation sont moins élevées, représente un écoulement retardé dû essentiellement à la fonte des neiges surtout celles tombées le 04 mars 2011. La décroissance peu rapide à partir de ce deuxième pic explique la mise en réserves du système lors de la période des hautes eaux.

d) Le spectre croisé :

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le spectre croisé qui représente la transformée de Fourier du corrélogramme croisé est défini par deux fonctions principales (la fonction d'amplitude et la fonction de phase) et deux fonctions additionnelles (la fonction de cohérence et la fonction de gain) :

- La fonction d'amplitude : La représentation graphique de la fonction d'amplitude (fig. 58) a permis de montrer que le système amplifie le signal des pluies aux basses fréquences et le filtre fortement aux hautes fréquences. La covariance élevée pour les basses fréquences devient négligeable à partir de la valeur 0.212 (05 jours) confirmant la fréquence de coupure (F_c) déjà déterminée par le spectre de densité de variance des débits. Ceci confirme un comportement faiblement inertiel. A partir de cette constatation, nous pouvons dire que notre système karstique amplifie le signal des pluies quand le débit arrive à l'exutoire avec un certain retard.
- La fonction de cohérence : Comme le montre la figure n° 59, la fonction de cohérence est relativement bonne aux basses fréquences et devient plutôt moins bonne à mauvaise pour les moyennes et hautes fréquences. Le coefficient de cohérence varie autour d'une valeur moyenne de 0.7 à 0.9. Ces valeurs importantes signifient qu'une forte pluie peut donner une forte crue. Ce changement de la fonction de cohérence peut être expliqué par la complexité du système.

Fig . 57 :Corrélogramme croisé Pluie-Débit d'écoulement de la source Ain Zerga
(suivi du 01 Avril 2010 au 31 Mars 2011, n=365 jours, m=125jours)

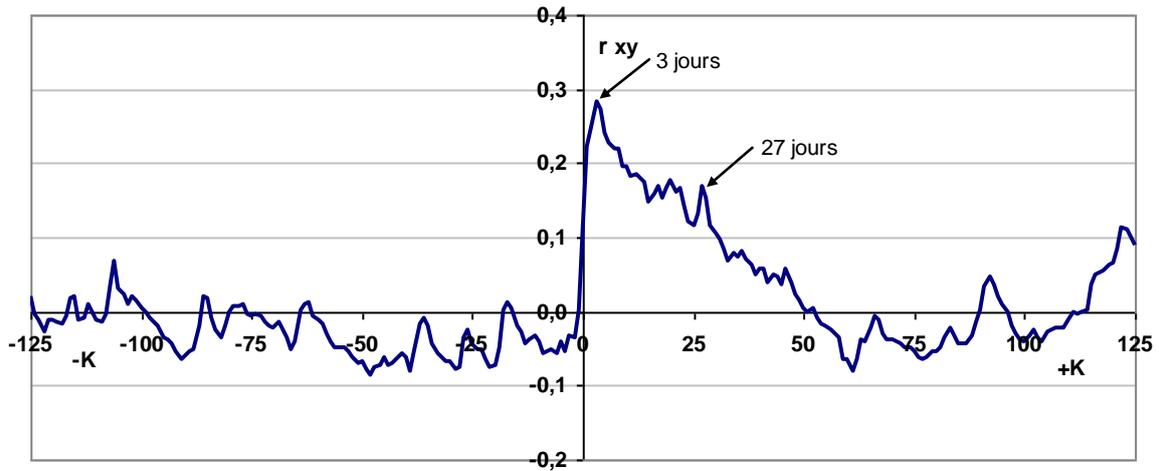
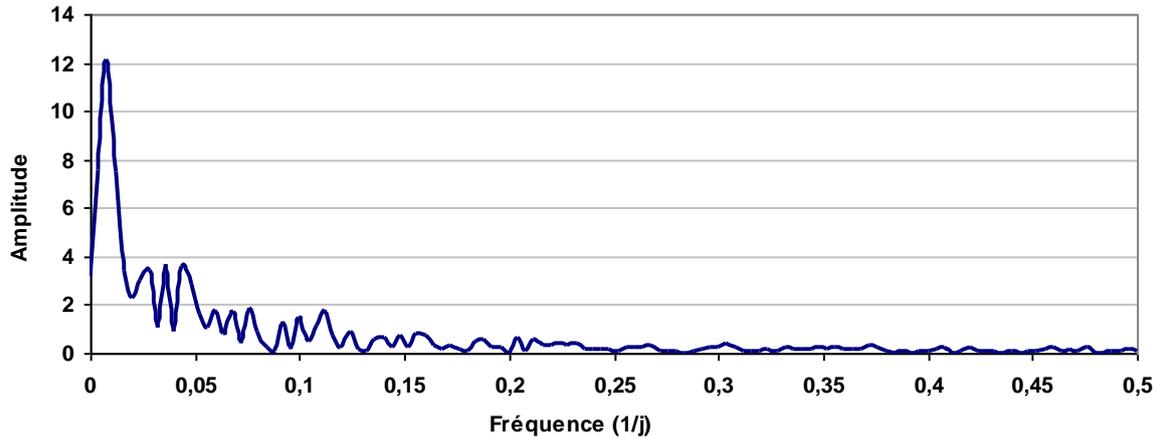
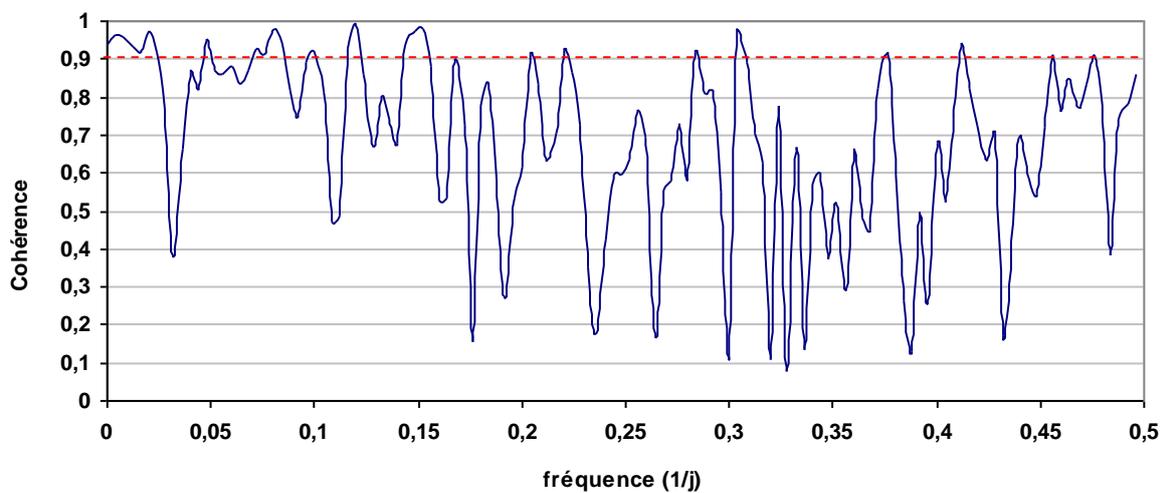


Fig.58 Fonction d'Amplitude de la source Ain Zerga
"suivi du 01 Avril 2010 au 31 mars 2011,n=365 jours,m=125")



Fig,59 Fonction de Cohérence de la source Ain Zerga
"suivi de 01 Avril 2010 au 31 mars 2011,n=365 jours,m=125"



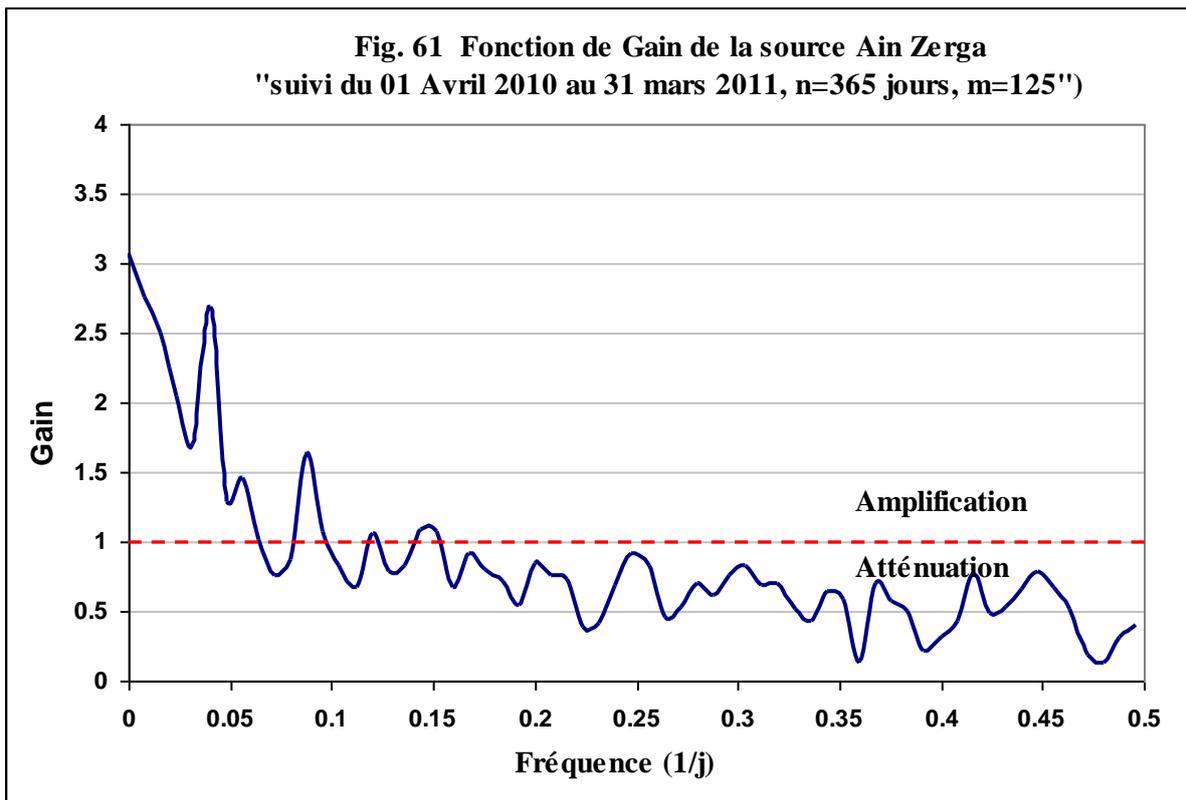
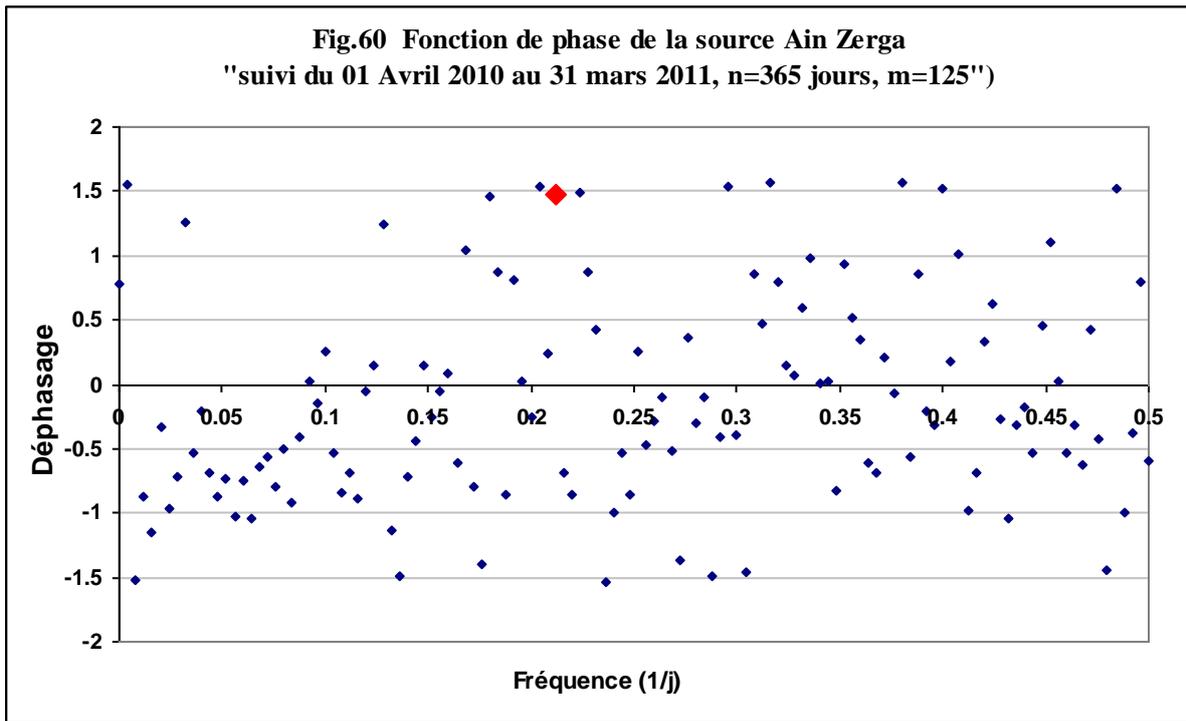
- La fonction de phase : La fonction de phase permet d'estimer le déphasage entre les pluies et les débits. Pour la fréquence de coupure (F_c) égale à 0.212 (5 jours), le déphasage spécifique de la relation pluie-débit (fig. 60) est de 1.482 rad correspondant à 84.91° . Le retard des débits par rapport aux précipitations est d'une journée (1.17 jour), Ce qui permet de dire que l'effet de la pluie apparaît à l'exutoire après une période d'un jour d'où le comportement du système karstique étudié est faiblement inertiel.
- La fonction de gain : La fonction de gain permet d'évaluer la dynamique des réserves d'un système donné puisqu'elle représente la régression entre l'entrée (pluie) et la sortie (débit) en fonction de la fréquence. Elle fournit une bonne image du caractère régulateur du système karstique étudié. La représentation graphique de cette fonction (fig.61) a donné la même allure de la fonction d'amplitude. Nous constatons des amplifications du signal d'entrée (pluie) pour les basses fréquences, ce qui correspond à une situation déstockage rapide lors des crues. Des atténuations du signal sont visualisées pour les moyennes et les hautes fréquences, ceci indique que durant les événements pluvieux (grandes averses) le système stock une certaine quantité d'eau, alors c'est la mise en réserves par le système.

III.1.4. Classification du système karstique :

En comparant notre système par rapport aux systèmes karstiques de référence dont la structure est connue, le système karstique maestrichtien de Dyr peut être classé dans les aquifères karstiques à effet de mémoire petit (Tableau n° 15). Selon les valeurs de calcul des paramètres hydrologiques de l'application de l'A.C.S. sur les chroniques des pluies et des débits de la source Ain Zerga, le système en question peut être proche du système karstique de Baget. Il est donc caractérisé par un comportement faiblement inertiel avec un effet mémoire petit et une fréquence de coupure haute. La réponse impulsionnelle des pluies est courte où le temps de régulation est court (13 jours).

Types de systèmes karstiques	Effet de mémoire	Fréquence de coupure	Bande spectrale	Temps de régulation (jours)
Aliou	Réduit (05 Jours)	Très Haute (0,30)	Très large	10-15 Jours
Baget	Petit (10 à 15 jours)	Haute (0,20)	Large	20 - 30 Jours
Fontestorbes	Grand (50 à 60 jours)	Basse (0,10)	Étroite	50 Jours
Torcal	Considérable (70 jours)	Très basse(0,05)	Très étroite	70 Jours
Aquifère de Dyr - Tébessa	26 jours	0.212	Large	13 Jours

Tableau n° 15 : Résultats d'application de l'analyse corrélatrice et spectrale sur le système karstique maestrichtien de Dyr- Tébessa et sa classification par rapport aux systèmes karstiques de référence selon Mangin (1984).



III.2 Analyse à long terme :

III-2-1 Analyse simple des chroniques des pluies:

L'analyse simple à long terme des chroniques des pluies relevées sur une période de huit cycles hydrologiques a fourni un corrélogramme simple illustré dans la figure n° 62. Ce corrélogramme montre la conservation de la distribution quasi aléatoire de la pluviométrie où le filtrage du signal des pluies est très fiable. Ceci est affirmé par le spectre de densité de variance (fig.63). L'absence de linéarité ou périodicité des évènements pluvieux est certainement due à l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre où l'écart de pluviosité par rapport à la normale est très considérable.

III-2-2 Analyse simple des chroniques des débits:

L'analyse simple à long terme des chroniques des débits d'écoulement de la source Ain Zerga a donné le corrélogramme reporté dans la figure n° 64. Le corrélogramme est caractérisé par une décroissance lente avec des variations périodiques très nettes. Le spectre de densité de variance confirme la périodicité assez régulière égale à 365 jours et met en relief la dominance d'un pic d'un cycle annuel (fig.65), Ceci indique que le système à long terme possède un pouvoir régulateur annuel et restitue les quantités d'eaux infiltrées chaque année. Cette régulation est assurée par les grandes réserves existantes dans le système.

III-2-3 Analyses Croisées (Pluies-Débits):

c) Le corrélogramme croisé :

L'analyse croisée à long terme sur les deux séries chronologiques des pluies et des débits enregistrés sur la période de huit cycles a donné le corrélogramme croisé représenté sur la figure n° 66. Ce corrélogramme croisé a fourni un hydrogramme unitaire même genre que celui de l'analyse à court terme. Il est caractérisé par un grand pic bien individualisé et très peu étalé avec une valeur relativement faible du coefficient d'auto-corrélation qui est égale à 0.181. Des pics secondaires avec des valeurs du coefficient d'auto-corrélation très peu significatives sont observés. Ceci nous permet de considérer que la réponse impulsionnelle à long terme du système est comparable à celle déduite par l'analyse à court terme. Avec le grand pic, le système possède une structure de drainage développé tandis que les pics secondaires reflètent un bon filtrage du signal des pluies par le système et la tendance est plutôt la mise en réserves d'où le stockage par les fortes averses.

Fig.62 Corrélogramme simple à long terme des pluies de la source Ain Zerga
(du 01 Septembre 2002 au 31 Mars 2011, n=3134 jours, m=1045 jours)

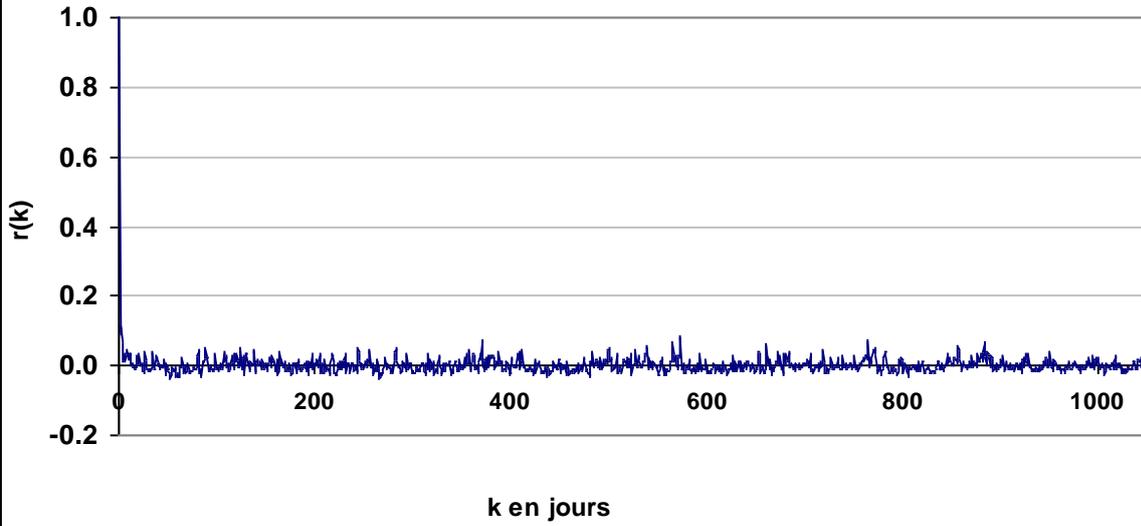


Fig.63 Spectres de densité de variance des pluies à Ain Zerga
"du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours,

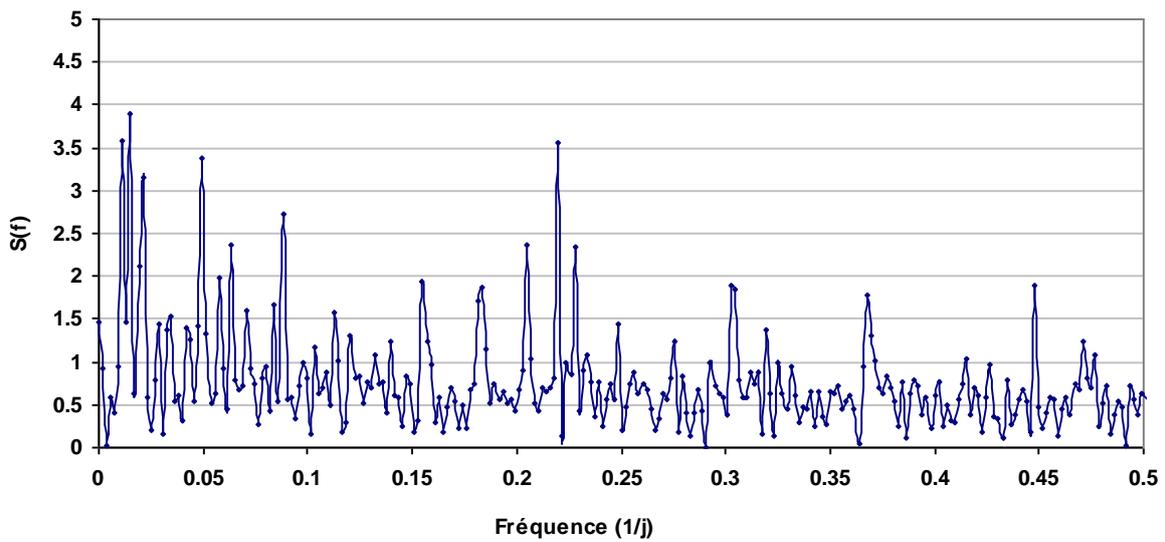


Fig.64 Corrélogramme simple de Débit d'écoulement à long terme de la source Ain Zerga (du 01 Septembre 2002 au 31 Mars 2011, n=3134 jours, m= 1045 jours)

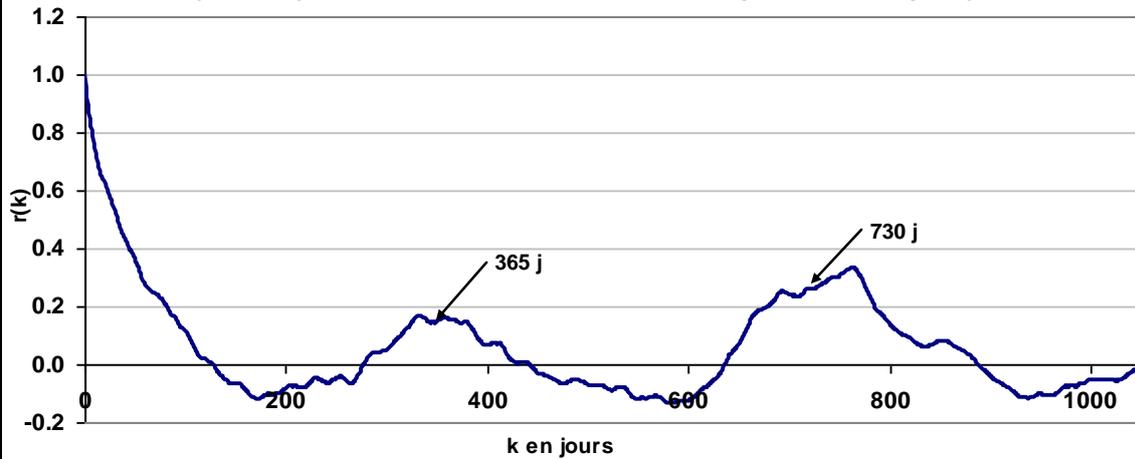


Fig: 65 Spectres de densité de variance à long terme des débits de la source Ain Zerga "du 01 Septembre 2002 au 31 mars 2011, n=3134 jours, m=1045"

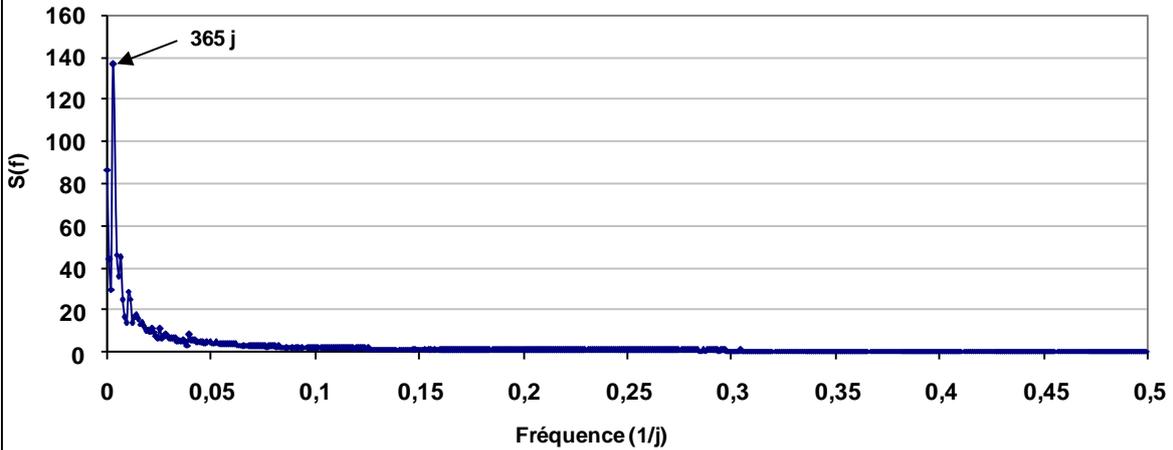
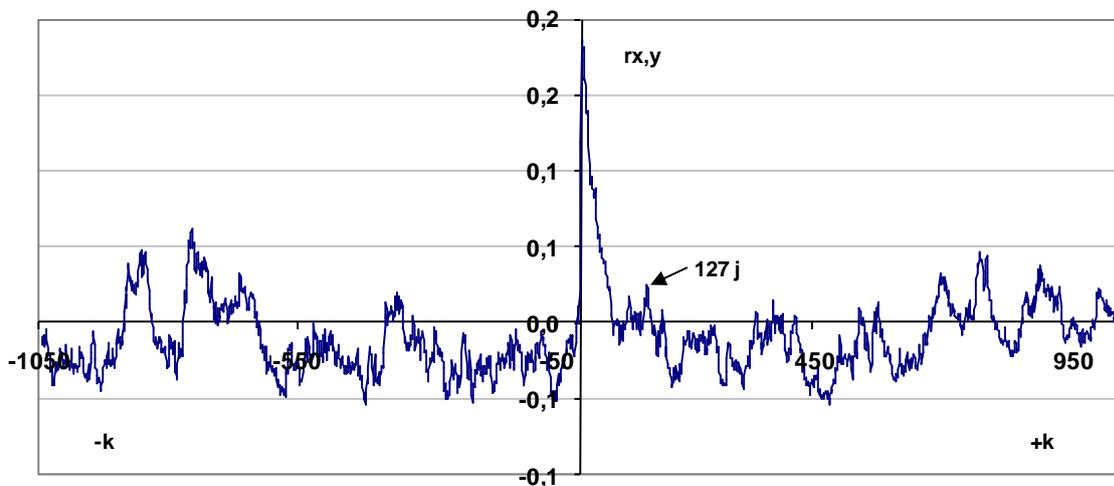


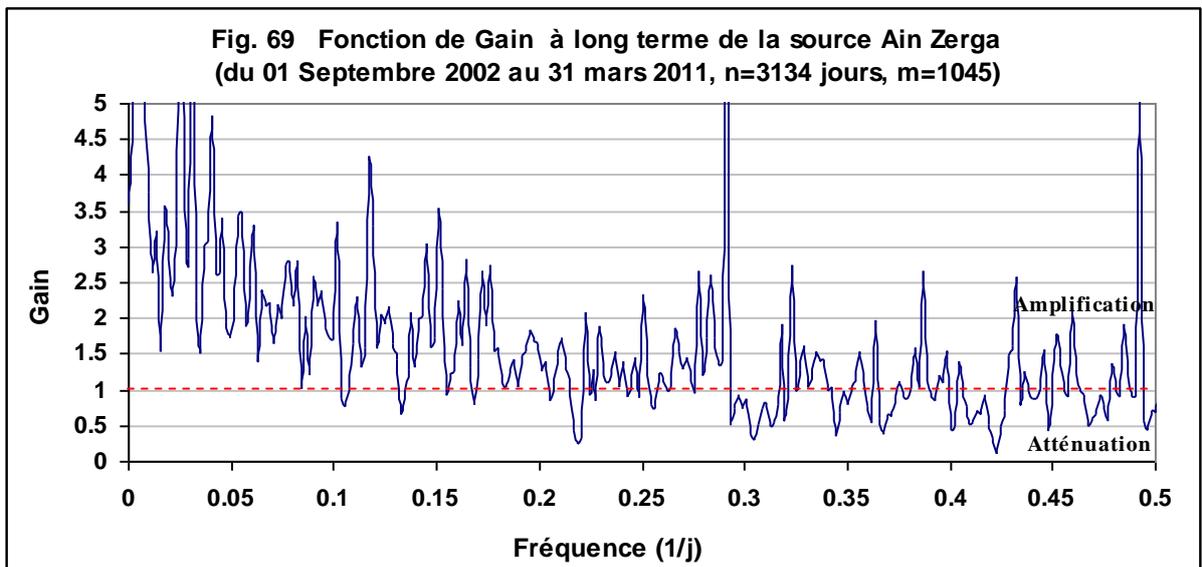
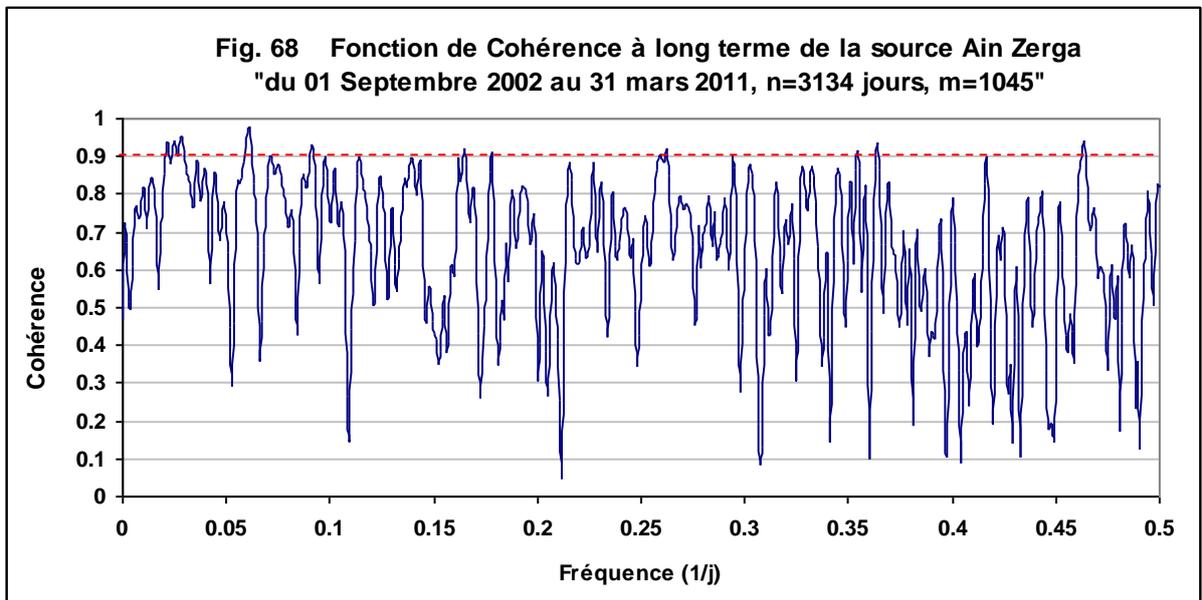
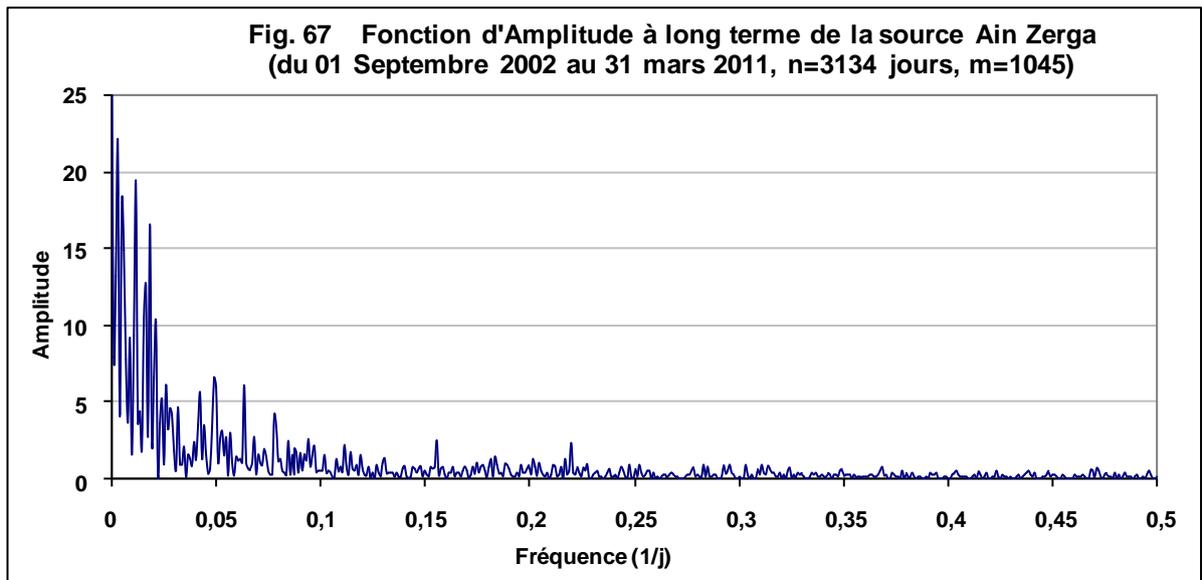
Fig. 66 Corrélogramme croisé à long terme Pluie-Débit d'écoulement de la source Ain Zerga (de 01 septembre 2002 au 31 Mars 2011, n=3134 jours, m=1045 jours)



d) Le spectre croisé :

Le spectre croisé qui représente la transformée de Fourier du corrélogramme croisé est défini, comme nous l'avons indiqué, par deux fonctions principales (la fonction d'amplitude et la fonction de phase) et deux fonctions additionnelles (la fonction de cohérence et la fonction de gain) :

- La fonction d'amplitude à long terme (fig. 67) est comparable à celle de la fonction d'amplitude à court terme, le système amplifie le signal des pluies aux basses fréquences et le filtre fortement aux hautes fréquences. La covariance élevée pour les basses fréquences devient négligeable à partir de la valeur 0.212 (05 jours) confirmant la fréquence de coupure (F_c) déjà déterminée par le spectre de densité de variance des débits. Ceci confirme un comportement faiblement inertiel d'où le drainage rapide des eaux à travers une structure de karstification développée.
- La fonction de cohérence à long terme (fig. 68) est relativement bonne pour les basses fréquences où le coefficient de cohérence est proche de la barre 0.9. Elle devient moins bonne à mauvaise pour les moyennes et hautes fréquences. Cette variabilité de la fonction de cohérence peut être due à la complexité de la structure du karst. Pour les basses fréquences la fonction de cohérence prouve la linéarité du système liée à la karstification fonctionnelle et développée. Pour les hautes fréquences, l'absence de la linéarité entre les pluies et les débits traduit la recharge des réserves par le système, dans ce cas les précipitations n'apparaient pas à l'exutoire qu'après la recharge.
- La fonction de gain à long terme (fig. 69) a donné des amplifications du signal d'entrée (pluie) pour les basses fréquences, ce qui correspond à une situation déstockage rapide lors des crues. Les atténuations du signal sont visualisées pour les moyennes et les hautes fréquences, ceci indique que durant les évènements pluvieux (grandes averses) le système stock une certaine quantité d'eau. Alors c'est la même fonction de gain que nous l'avons déjà obtenu dans l'analyse à court terme.



IV. Conclusion :

L'application de l'analyse corrélatoire et spectrale aux chroniques des entrées (pluies) et des sorties (débits) du système karstique maestrichtien du synclinal de Dyr, nous a permis de conclure que ce système karstique est caractérisé par un comportement faiblement inertiel avec un effet mémoire petit et une fréquence de coupure haute. La réponse impulsionnelle des pluies est courte où le temps de régulation est court. Le système amplifie le signal des pluies quand le débit arrive à l'exutoire avec un certain retard. Alors, le système karstique possède une structure de drainage bien développée d'où une karstification fonctionnelle.

A long terme, le système possède un pouvoir régulateur annuel et restitue les quantités d'eaux infiltrées chaque année.

Par rapport aux systèmes karstiques de référence, le système karstique maestrichtien de Dyr peut être classé dans les aquifères karstiques à effet de mémoires petit. Selon les valeurs de calcul des paramètres hydrologiques, le système en question peut être proche du système karstique de Baget.

CONCLUSION GENERALE

L'essai d'application des méthodes de l'approche fonctionnelle à l'étude de la structure et du comportement hydraulique du système aquifère karstique mastrichtien de Dyr-Tébessa, sur la base d'acquisitions des nouvelles mesures des entrées (pluies) et des sorties (débits à l'exutoire), a permis de dégager les synthèses suivantes :

L'analyse des débits classés de la source d'Ain Zerga aux différents pas de temps (court terme et long terme) a révélé que l'infiltration d'eau est toujours lente à travers la zone non saturée de notre système karstique. Le modèle de la rupture de pente de la droite représentative des débits classés cumulés à long terme est de type 1. Cependant au pas de temps annuel trois modèles ont été rencontrés. Le modèle de type 1 a été constaté durant notre période de suivi et durant trois autres cycles malgré qu'ils aient connu des certaines variations des paramètres hydro-pluviométriques. Le cycle le plus sec se traduit par une rupture de pente de la droite représentative de type 2. Le modèle de droite à double rupture a été constaté durant quatre cycles. Nous pouvons donc admettre que le fonctionnement de ce système aquifère est complexe au pas de temps annuel.

Le deuxième outil, analyse des courbes de récession sur les chroniques d'écoulement de la dite source, nous a confirmé cette complexité de la structure et de fonctionnement hydraulique de ce système. Cette complexité est due sans doute à la hiérarchisation des vides et à l'irrégularité considérable de la distribution temporelle des précipitations tombées dans cette région semi aride. La zone non saturée est marquée par une infiltration toujours lente malgré le changement notable des conditions climatiques dans cette zone d'étude. En cas d'une recharge hydraulique particulière soutenue, surtout par la fonte des neiges tombées en période hivernale, cette infiltration sera plus au moins accélérée. L'écoulement à travers la zone noyée est en régime influencé durant un longue période. Les grandes pertes en amont de l'exutoire principal et l'intensification des pompages au niveau des forages implantés juste en amont de la source d'Ain Zerga (AZ1 et AZ2) sont sans doute la cause principale de cette situation. Les apports d'eau ont un effet notable sur la régulation de l'écoulement de l'exutoire de notre système karstique. Les valeurs calculées de volume dynamique indiquent la présence des réserves d'eau assez importantes. Selon les calculs des deux coefficients qui caractérisent le pouvoir régulateur « k » et les retards à l'infiltration « i », et le report de leurs valeurs sur le diagramme de classification nous pouvons considérer que notre système aquifère est karstique ($K < 0.5$) et son fonctionnement peut être analogue à celui de la fontaine de Vaucluse. Le système est donc complexe caractérisé par une géométrie de grande taille avec des nombreux sous-systèmes.

Le troisième outil de traitement, analyses corrélatoires et spectrales aux chroniques des entrées (pluies) et des sorties (débits) du système karstique maestrichtien du synclinal de Dyr, nous a permis de mettre en évidence un comportement faiblement inertiel du système avec un effet mémoire petit et une fréquence de coupure haute. La réponse impulsionnelle des pluies est courte où le temps de régulation est court. Le système amplifie le signal des pluies quand le débit arrive à l'exutoire avec un certain retard. Alors, le système karstique étudié possède une structure de drainage bien développée d'où une karstification fonctionnelle. A long terme, le système possède un pouvoir régulateur annuel et restitue chaque année les quantités d'eaux infiltrées.

En conséquence, Par rapport aux systèmes karstiques de référence, le système karstique maestrichtien de Dyr peut être classé dans les aquifères karstiques à effet de mémoires petit. Selon les valeurs de calcul des paramètres hydrologiques, le système en question peut être proche du système karstique de Baget.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **AMRAOUI Fouad.** « Contribution à la connaissance des aquifères Karstiques : cas du Lias de la plaine de Sais et du cause moyen Atlasique tabulaire (Maroc) » Thèse de Doctorat Université Hassan II Ain Chock Faculté des sciences. Casablanca. 2005,
- [2] **CHRITIN Fabien.** « Etude de la modélisation Hydrodynamique de surface et hydraulique souterraine et de leur couplage dans un but d'aider à la gestion des hydro-systèmes aménagés ».Thèse de Doctorat l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) , 2008.
- [3] **CLERC Camille,.** « Structure et fonctionnement du système karstique de Saint-André de Cruzière ». Thèse de Doctorat Université de Montpellier II, 2009.
- [4] **DJELLALIM ,.** « Classification des systèmes aquifères karstiques du synclinal du Dyr à travers une analyse statistique des données hydrométriques des exurgences Ain Erkel et Ain Zerga (Application des approches fonctionnelles) » Mémoire d'ingénieur Université de Tébessa, 2001
- [5] **ELHAJJ Ahmad,** « L'aquifère carbonaté karstique de Chekka (Liban) et ses exutoires sous-marins. Caractéristiques hydrogéologiques et fonctionnement » Thèse de Doctorat Université Montpellier II et Université Saint Joseph Beyrouth, 2008.
- [6] **EIHAKIM Massaad,** « Les Aquifères Karstiques de l'Anti-Liban du Nord de la plaine de la BEKKA : Caractéristiques, fonctionnement, évolution et modélisation, d'après l'exemple du système Karstique Anjarchamsine (Liban) », Thèse de Doctorat Université Montpellier II et Université Saint Joseph Beyrouth, 2005.
- [7] **FATMI Hassane,** « Méthodologie d'analyse des signaux et caractérisation hydrologique : Application aux chroniques des données obtenues aux laboratoires souterrains du Mont Terri, Tournemire et Meuse/Haute-Marne ». Thèse de Doctorat Université de Toulouse, 2005.

- [8] **GRASSO Domenico Alessandro**, « Interprétation des réponses hydraulique et chimique des sources Karstiques (Essai d'inférence de la structure des systèmes karstiques) » Thèse de Doctorat Université de Neuchâtel, 1999.
- [9] **GRETILLA Pierre Alain**, « Aquifères karstiques poreux de l'Ajoie (Jura, Suisse) » Thèse de Doctorat Université de Neuchâtel, 1996.
- [10] **HEMILA Mohammed Laid**, « Fonctionnement et classification des systèmes aquifères Karstiques du synclinal du Dyr-Tébessa (Algérie) par l'approche fonctionnelle ». p137-142 *Proceedings du 8^{ème} Colloque d'hydrogéologie en pays calcaire (Septembre 2006)*
- [11] **JEANNIN Pierre-Yves**, « Structure et comportement hydraulique des aquifères karstiques ». Thèse de Doctorat Université de Neuchâtel, 1996.
- [12] **MANGIN.A**, Karsts hydrogeology. Groundwater Ecol p43-67. 1994
- [13] **MARSAUD Bruno**, « Structure et fonctionnement de la zone noyée des karsts à partir des résultats expérimentaux ». Thèse de Doctorat Université Paris XI Orsay, 1996.
- [14] **RIAD Souad**, « Typologie et analyse des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc ».Thèse de Doctorat Université des sciences et technologie de Lille et Université Ibnou Zohr d'Agadir, 2003.

ANNEXE I

jours	sept-02		oct-02		nov-02		déc-02		janv-03		févr-03		mars-03		avr-03		mai-03		juin-03		juil-03		août-03	
	h(m)	Q(l/s)																						
1	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,08	59,2	0,03	22,2	0,15	111	0,14	103,6	0,17	125,8	0,11	81,4	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6
2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,09	66,6	0,1	74	0,02	14,8	0,15	111	0,14	103,6	0,17	125,8	0,1	74	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6
3	0,03	22,2	0,03	22,2	0,07	51,8	0,07	51,8	0,03	22,2	0,15	111	0,14	103,6	0,2	148	0,09	66,6	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6
4	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,06	44,4	0,03	22,2	0,17	125,8	0,14	103,6	0,21	155,4	0,08	59,2	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6
5	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,06	44,4	0,02	14,8	0,16	118,4	0,14	103,6	0,22	162,8	0,09	66,6	0,08	59,2	0,03	22,2	0,04	29,6
6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,09	66,6	0,03	22,2	0,22	162,8	0,15	111	0,23	170,2	0,08	59,2	0,07	51,8	0,03	22,2	0,04	29,6
7	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,08	59,2	0,03	22,2	0,22	162,8	0,16	118,4	0,2	148	0,08	59,2	0,06	44,4	0,03	22,2	0,04	29,6
8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,07	51,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,21	155,4	0,17	125,8	0,19	140,6	0,07	51,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,04	29,6
9	0,03	22,2	0,05	37	0,07	51,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,2	148	0,23	170,2	0,19	140,6	0,08	59,2	0,08	59,2	0,03	22,2	0,04	29,6
10	0,03	22,2	0,05	37	0,06	44,4	0,06	44,4	0,04	29,6	0,19	140,6	0,23	170,2	0,19	140,6	0,07	51,8	0,07	51,8	0,03	22,2	0,04	29,6
11	0,03	22,2	0,04	29,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,19	140,6	0,22	162,8	0,19	140,6	0,07	51,8	0,07	51,8	0,03	22,2	0,04	29,6
12	0,03	22,2	0,04	29,6	0,06	44,4	0,05	37	0,07	51,8	0,19	140,6	0,19	140,6	0,17	125,8	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,04	29,6
13	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,15	111	0,15	111	0,18	133,2	0,17	125,8	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,04	29,6
14	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,04	29,6	0,14	103,6	0,19	140,6	0,17	125,8	0,17	125,8	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,04	29,6
15	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,18	133,2	0,17	125,8	0,16	118,4	0,14	103,6	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,04	29,6
16	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,18	133,2	0,19	140,6	0,17	125,8	0,14	103,6	0,07	51,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,04	29,6
17	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,04	29,6	0,18	133,2	0,2	148	0,17	125,8	0,14	103,6	0,09	66,6	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
18	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,04	29,6	0,18	133,2	0,19	140,6	0,17	125,8	0,14	103,6	0,1	74	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2
19	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,2	148	0,17	125,8	0,16	118,4	0,13	96,2	0,09	66,6	0,09	66,6	0,07	51,8	0,03	22,2
20	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,2	148	0,16	118,4	0,17	125,8	0,12	88,8	0,08	59,2	0,08	59,2	0,08	59,2	0,03	22,2
21	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,05	37	0,2	148	0,14	103,6	0,17	125,8	0,12	88,8	0,07	51,8	0,08	59,2	0,07	51,8	0,03	22,2
22	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,06	44,4	0,15	111	0,13	96,2	0,16	118,4	0,11	81,4	0,08	59,2	0,07	51,8	0,07	51,8	0,03	22,2
23	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,05	37	0,15	111	0,12	88,8	0,15	111	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4	0,07	51,8	0,03	22,2
24	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,1	74	0,12	88,8	0,15	111	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4	0,07	51,8	0,03	22,2
25	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,17	125,8	0,12	88,8	0,14	103,6	0,14	103,6	0,07	51,8	0,06	44,4	0,06	44,4	0,03	22,2
26	0,03	22,2	0,04	29,6	0,13	96,2	0,04	29,6	0,18	133,2	0,11	81,4	0,14	103,6	0,14	103,6	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,03	22,2
27	0,03	22,2	0,03	22,2	0,1	74	0,05	37	0,19	140,6	0,11	81,4	0,13	96,2	0,13	96,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,05	37	0,03	22,2
28	0,03	22,2	0,03	22,2	0,09	66,6	0,05	37	0,18	133,2	0,14	103,6	0,14	103,6	0,13	96,2	0,07	51,8	0,06	44,4	0,05	37	0,03	22,2
29	0,03	22,2	0,03	22,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,19	140,6			0,14	103,6	0,11	81,4	0,07	51,8	0,06	44,4	0,05	37	0,03	22,2
30	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,03	22,2	0,16	118,4			0,15	111	0,11	81,4	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6	0,03	22,2
31			0,02	14,8			0,03	22,2	0,16	118,4			0,17	125,8			0,06	44,4			0,04	29,6	0,03	22,2
moy	0,03	22,20	0,04	26,97	0,06	43,66	0,05	39,39	0,12	87,13	0,16	121,8	0,16	120,3	0,16	115,1	0,08	59,20	0,07	49,09	0,05	35,57	0,04	26,02

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga

Cycle hydrologique 2002/2003.

jours	sept-		oct-		nov-		déc-		janv-		févr-		mars-		avr-		mai-		juin-		juil-		août-	
	h(m)	Q(l/s)																						
1	0,03	22,2	0,12	88,8	0,12	88,8	0,09	66,6	0,2	148	0,16	118,4	0,09	66,6	0,12	88,8	0,07	51,8	0,05	37	0,1	74	0,08	59,2
2	0,09	66,6	0,11	81,4	0,12	88,8	0,08	59,2	0,19	140,6	0,15	111	0,1	74	0,11	81,4	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,07	51,8
3	0,07	51,8	0,1	74	0,12	88,8	0,08	59,2	0,15	111	0,15	111	0,16	118,4	0,11	81,4	0,05	37	0,05	37	0,1	74	0,07	51,8
4	0,08	59,2	0,1	74	0,11	81,4	0,08	59,2	0,17	125,8	0,14	103,6	0,15	111	0,1	74	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,07	51,8
5	0,1	74	0,09	66,6	0,11	81,4	0,08	59,2	0,19	140,6	0,14	103,6	0,14	103,6	0,1	74	0,06	44,4	0,07	51,8	0,1	74	0,09	66,6
6	0,08	59,2	0,09	66,6	0,12	88,8	0,07	51,8	0,2	148	0,13	96,2	0,13	96,2	0,1	74	0,06	44,4	0,08	59,2	0,09	66,6	0,08	59,2
7	0,08	59,2	0,09	66,6	0,12	88,8	0,07	51,8	0,21	155,4	0,12	88,8	0,12	88,8	0,09	66,6	0,06	44,4	0,09	66,6	0,09	66,6	0,08	59,2
8	0,07	51,8	0,08	59,2	0,11	81,4	0,07	51,8	0,22	162,8	0,12	88,8	0,12	88,8	0,08	59,2	0,06	44,4	0,09	66,6	0,09	66,6	0,08	59,2
9	0,07	51,8	0,08	59,2	0,11	81,4	0,07	51,8	0,17	125,8	0,12	88,8	0,11	81,4	0,06	44,4	0,05	37	0,08	59,2	0,09	66,6	0,07	51,8
10	0,06	44,4	0,08	59,2	0,11	81,4	0,09	66,6	0,18	133,2	0,11	81,4	0,11	81,4	0,06	44,4	0,05	37	0,09	66,6	0,09	66,6	0,07	51,8
11	0,06	44,4	0,07	51,8	0,11	81,4	0,16	118,4	0,17	125,8	0,11	81,4	0,1	74	0,07	51,8	0,05	37	0,09	66,6	0,08	59,2	0,07	51,8
12	0,06	44,4	0,08	59,2	0,12	88,8	0,18	133,2	0,17	125,8	0,11	81,4	0,1	74	0,07	51,8	0,05	37	0,09	66,6	0,08	59,2	0,07	51,8
13	0,06	44,4	0,08	59,2	0,13	96,2	0,18	133,2	0,17	125,8	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
14	0,07	51,8	0,07	51,8	0,13	96,2	0,19	140,6	0,18	133,2	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
15	0,08	59,2	0,07	51,8	0,12	88,8	0,2	148	0,18	133,2	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4
16	0,08	59,2	0,07	51,8	0,12	88,8	0,22	162,8	0,17	125,8	0,1	74	0,09	66,6	0,07	51,8	0,05	37	0,12	88,8	0,09	66,6	0,06	44,4
17	0,08	59,2	0,06	44,4	0,12	88,8	0,22	162,8	0,16	118,4	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4	0,05	37	0,15	111	0,09	66,6	0,06	44,4
18	0,07	51,8	0,06	44,4	0,11	81,4	0,23	170,2	0,15	111	0,1	74	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,11	81,4	0,09	66,6	0,06	44,4
19	0,07	51,8	0,06	44,4	0,11	81,4	0,18	133,2	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,05	37	0,04	29,6	0,11	81,4	0,09	66,6	0,06	44,4
20	0,08	59,2	0,06	44,4	0,11	81,4	0,18	133,2	0,13	96,2	0,09	66,6	0,09	66,6	0,07	51,8	0,04	29,6	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4
21	0,07	51,8	0,07	51,8	0,11	81,4	0,18	133,2	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,06	44,4	0,05	37	0,11	81,4	0,09	66,6	0,06	44,4
22	0,07	51,8	0,07	51,8	0,1	74	0,23	170,2	0,19	140,6	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
23	0,09	66,6	0,08	59,2	0,1	74	0,2	148	0,19	140,6	0,09	66,6	0,08	59,2	0,07	51,8	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
24	0,08	59,2	0,08	59,2	0,1	74	0,2	148	0,18	133,2	0,09	66,6	0,09	66,6	0,07	51,8	0,06	44,4	0,11	81,4	0,08	59,2	0,06	44,4
25	0,09	66,6	0,09	66,6	0,1	74	0,19	140,6	0,18	133,2	0,08	59,2	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
26	0,1	74	0,08	59,2	0,1	74	0,19	140,6	0,17	125,8	0,08	59,2	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
27	0,12	88,8	0,07	51,8	0,1	74	0,17	125,8	0,17	125,8	0,08	59,2	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
28	0,11	81,4	0,08	59,2	0,09	66,6	0,16	118,4	0,17	125,8	0,08	59,2	0,11	81,4	0,08	59,2	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4
29	0,13	96,2	0,12	88,8	0,09	66,6	0,15	111	0,16	118,4	0,09	66,6	0,15	111	0,08	59,2	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,09	66,6
30	0,13	96,2	0,17	125,8	0,09	66,6	0,14	103,6	0,16	118,4			0,18	133,2	0,07	51,8	0,06	44,4	0,1	74	0,08	59,2	0,07	51,8
31			0,13	96,2			0,17	125,8	0,16	118,4			0,14	103,6			0,06	44,4			0,08	59,2	0,07	51,8
moy	0,08	59,94	0,09	63,50	0,11	81,65	0,15	112,1	0,17	128,1	0,11	79,36	0,11	79,49	0,08	56,24	0,05	40,34	0,09	68,82	0,09	64,45	0,07	49,89

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga
Cycle hydrologique 2003/2004.

jours	sept-		oct-		nov-		déc-		janv-		févr-		mars-		avr-		mai-		juin-		juil-		août-	
	h(m)	Q(l/s)																						
1	0,07	51,8	0,07	51,8	0,1	74	0,1	74	0,17	125,8	0,17	125,8	0,17	125,8	0,12	88,8	0,09	66,6	0,06	44,4	0,07	51,8	0,03	22,2
2	0,07	51,8	0,07	51,8	0,15	111	0,1	74	0,16	118,4	0,17	125,8	0,19	140,6	0,11	81,4	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,03	22,2
3	0,07	51,8	0,07	51,8	0,1	74	0,1	74	0,16	118,4	0,17	125,8	0,18	133,2	0,11	81,4	0,1	74	0,07	51,8	0,06	44,4	0,03	22,2
4	0,05	37	0,06	44,4	0,1	74	0,1	74	0,16	118,4	0,16	118,4	0,18	133,2	0,1	74	0,11	81,4	0,09	66,6	0,06	44,4	0,03	22,2
5	0,05	37	0,06	44,4	0,09	66,6	0,12	88,8	0,15	111	0,18	133,2	0,16	118,4	0,11	81,4	0,11	81,4	0,1	74	0,06	44,4	0,03	22,2
6	0,05	37	0,05	37	0,09	66,6	0,12	88,8	0,16	118,4	0,19	140,6	0,17	125,8	0,1	74	0,11	81,4	0,09	66,6	0,06	44,4	0,03	22,2
7	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,11	81,4	0,17	125,8	0,2	148	0,18	133,2	0,1	74	0,11	81,4	0,08	59,2	0,06	44,4	0,03	22,2
8	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,12	88,8	0,17	125,8	0,2	148	0,18	133,2	0,1	74	0,1	74	0,07	51,8	0,06	44,4	0,03	22,2
9	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,12	88,8	0,17	125,8	0,17	125,8	0,18	133,2	0,09	66,6	0,1	74	0,07	51,8	0,08	59,2	0,03	22,2
10	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,14	103,6	0,17	125,8	0,23	170,2	0,17	125,8	0,17	125,8	0,1	74	0,07	51,8	0,07	51,8	0,03	22,2
11	0,04	29,6	0,04	29,6	0,09	66,6	0,14	103,6	0,16	118,4	0,19	140,6	0,16	118,4	0,17	125,8	0,1	74	0,08	59,2	0,07	51,8	0,03	22,2
12	0,04	29,6	0,04	29,6	0,1	74	0,14	103,6	0,14	103,6	0,18	133,2	0,15	111	0,16	118,4	0,1	74	0,08	59,2	0,07	51,8	0,03	22,2
13	0,04	29,6	0,04	29,6	0,15	111	0,13	96,2	0,11	81,4	0,18	133,2	0,15	111	0,15	111	0,09	66,6	0,07	51,8	0,07	51,8	0,03	22,2
14	0,04	29,6	0,04	29,6	0,19	140,6	0,13	96,2	0,1	74	0,18	133,2	0,15	111	0,14	103,6	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,03	22,2
15	0,05	37	0,04	29,6	0,19	140,6	0,12	88,8	0,1	74	0,18	133,2	0,14	103,6	0,14	103,6	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,03	22,2
16	0,06	44,4	0,04	29,6	0,14	103,6	0,15	111	0,1	74	0,18	133,2	0,14	103,6	0,14	103,6	0,09	66,6	0,1	74	0,06	44,4	0,03	22,2
17	0,06	44,4	0,04	29,6	0,13	96,2	0,13	96,2	0,1	74	0,18	133,2	0,14	103,6	0,13	96,2	0,09	66,6	0,12	88,8	0,06	44,4	0,03	22,2
18	0,07	51,8	0,04	29,6	0,13	96,2	0,12	88,8	0,1	74	0,18	133,2	0,14	103,6	0,12	88,8	0,09	66,6	0,1	74	0,06	44,4	0,03	22,2
19	0,06	44,4	0,04	29,6	0,13	96,2	0,11	81,4	0,13	96,2	0,18	133,2	0,14	103,6	0,11	81,4	0,09	66,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
20	0,06	44,4	0,04	29,6	0,13	96,2	0,11	81,4	0,12	88,8	0,18	133,2	0,14	103,6	0,11	81,4	0,09	66,6	0,09	66,6	0,04	29,6	0,05	37
21	0,06	44,4	0,04	29,6	0,13	96,2	0,11	81,4	0,14	103,6	0,18	133,2	0,14	103,6	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,04	29,6	0,04	29,6
22	0,05	37	0,04	29,6	0,13	96,2	0,11	81,4	0,16	118,4	0,22	162,8	0,14	103,6	0,14	103,6	0,08	59,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2
23	0,06	44,4	0,06	44,4	0,12	88,8	0,11	81,4	0,14	103,6	0,22	162,8	0,12	88,8	0,12	88,8	0,08	59,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2
24	0,06	44,4	0,05	37	0,11	81,4	0,12	88,8	0,17	125,8	0,22	162,8	0,11	81,4	0,12	88,8	0,08	59,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2
25	0,06	44,4	0,05	37	0,11	81,4	0,12	88,8	0,17	125,8	0,21	155,4	0,11	81,4	0,11	81,4	0,08	59,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2
26	0,06	44,4	0,04	29,6	0,1	74	0,12	88,8	0,17	125,8	0,2	148	0,1	74	0,1	74	0,08	59,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2
27	0,08	59,2	0,04	29,6	0,1	74	0,12	88,8	0,17	125,8	0,2	148	0,1	74	0,1	74	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,03	22,2
28	0,08	59,2	0,04	29,6	0,1	74	0,12	88,8	0,17	125,8	0,2	148	0,09	66,6	0,1	74	0,08	59,2	0,07	51,8	0,04	29,6	0,03	22,2
29	0,08	59,2	0,04	29,6	0,1	74	0,11	81,4	0,17	125,8			0,13	96,2	0,1	74	0,08	59,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2
30	0,08	59,2	0,04	29,6	0,1	74	0,14	103,6	0,17	125,8			0,13	96,2	0,1	74	0,07	51,8	0,08	59,2	0,03	22,2	0,03	22,2
31			0,05	37			0,17	125,8	0,17	125,8			0,12	88,8			0,07	51,8			0,03	22,2	0,03	22,2
moy	0,06	43,17	0,05	35,09	0,11	84,61	0,12	89,75	0,15	109,8	0,19	140,0	0,15	107,4	0,12	89,05	0,09	67,08	0,08	59,94	0,05	39,63	0,03	22,92

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga
Cycle hydrologique 2004/2005.

jours	sept-05		oct-05		nov-05		déc-05		janv-06		févr-06		mars-06		avr-06		mai-06		juin-06		juil-06		août-06	
	h(m)	Q(l/s)																						
1	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,14	103,6	0,1	74	0,07	51,8	0,13	96,2	0,17	125,8	0,05	37	0,04	29,6
2	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,17	125,8	0,1	74	0,07	51,8	0,13	96,2	0,14	103,6	0,05	37	0,04	29,6
3	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,06	44,4	0,15	111	0,09	66,6	0,07	51,8	0,12	88,8	0,12	88,8	0,05	37	0,04	29,6
4	0,04	29,6	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,06	44,4	0,12	88,8	0,09	66,6	0,07	51,8	0,19	140,6	0,11	81,4	0,05	37	0,04	29,6
5	0,05	37	0,08	59,2	0,11	81,4	0,07	51,8	0,06	44,4	0,12	88,8	0,09	66,6	0,07	51,8	0,21	155,4	0,11	81,4	0,05	37	0,04	29,6
6	0,05	37	0,11	81,4	0,13	96,2	0,07	51,8	0,06	44,4	0,12	88,8	0,1	74	0,07	51,8	0,18	133,2	0,11	81,4	0,07	51,8	0,04	29,6
7	0,05	37	0,11	81,4	0,08	59,2	0,07	51,8	0,06	44,4	0,1	74	0,09	66,6	0,07	51,8	0,18	133,2	0,11	81,4	0,08	59,2	0,04	29,6
8	0,05	37	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,06	44,4	0,1	74	0,09	66,6	0,07	51,8	0,18	133,2	0,1	74	0,09	66,6	0,04	29,6
9	0,04	29,6	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,05	37	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,19	140,6	0,1	74	0,09	66,6	0,04	29,6
10	0,04	29,6	0,09	66,6	0,08	59,2	0,06	44,4	0,05	37	0,08	59,2	0,09	66,6	0,06	44,4	0,2	148	0,1	74	0,08	59,2	0,04	29,6
11	0,04	29,6	0,07	51,8	0,07	51,8	0,06	44,4	0,05	37	0,08	59,2	0,09	66,6	0,06	44,4	0,18	133,2	0,1	74	0,07	51,8	0,04	29,6
12	0,06	44,4	0,07	51,8	0,07	51,8	0,06	44,4	0,05	37	0,08	59,2	0,09	66,6	0,06	44,4	0,18	133,2	0,08	59,2	0,07	51,8	0,04	29,6
13	0,08	59,2	0,09	66,6	0,07	51,8	0,19	140,6	0,05	37	0,08	59,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,16	118,4	0,08	59,2	0,07	51,8	0,04	29,6
14	0,08	59,2	0,07	51,8	0,07	51,8	0,14	103,6	0,05	37	0,07	51,8	0,08	59,2	0,06	44,4	0,15	111	0,08	59,2	0,07	51,8	0,04	29,6
15	0,07	51,8	0,07	51,8	0,07	51,8	0,14	103,6	0,05	37	0,07	51,8	0,08	59,2	0,09	66,6	0,13	96,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6
16	0,06	44,4	0,06	44,4	0,07	51,8	0,11	81,4	0,05	37	0,07	51,8	0,08	59,2	0,13	96,2	0,13	96,2	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6
17	0,09	66,6	0,06	44,4	0,07	51,8	0,09	66,6	0,05	37	0,07	51,8	0,08	59,2	0,11	81,4	0,13	96,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6
18	0,06	44,4	0,06	44,4	0,06	44,4	0,09	66,6	0,05	37	0,07	51,8	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,07	51,8	0,06	44,4	0,04	29,6
19	0,05	37	0,06	44,4	0,06	44,4	0,09	66,6	0,05	37	0,06	44,4	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6
20	0,05	37	0,06	44,4	0,06	44,4	0,09	66,6	0,07	51,8	0,06	44,4	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6
21	0,05	37	0,07	51,8	0,06	44,4	0,09	66,6	0,12	88,8	0,06	44,4	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6
22	0,05	37	0,06	44,4	0,06	44,4	0,07	51,8	0,12	88,8	0,09	66,6	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6
23	0,05	37	0,06	44,4	0,06	44,4	0,07	51,8	0,12	88,8	0,18	133,2	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6
24	0,05	37	0,07	51,8	0,05	37	0,07	51,8	0,11	81,4	0,14	103,6	0,08	59,2	0,08	59,2	0,12	88,8	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6
25	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,11	81,4	0,12	88,8	0,08	59,2	0,08	59,2	0,11	81,4	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6
26	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,11	81,4	0,12	88,8	0,08	59,2	0,08	59,2	0,11	81,4	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6
27	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,1	74	0,1	74	0,08	59,2	0,16	118,4	0,11	81,4	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6
28	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,1	74	0,1	74	0,08	59,2	0,12	88,8	0,14	103,6	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6
29	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,1	74			0,08	59,2	0,15	111	0,12	88,8	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6
30	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,1	74			0,08	59,2	0,12	88,8	0,12	88,8	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6
31			0,05	37			0,07	51,8	0,1	74			0,08	59,2			0,15	111			0,05	37	0,04	29,6
moy	0,05	38,97	0,07	48,94	0,07	49,33	0,08	60,15	0,07	55,14	0,10	74,53	0,08	62,78	0,08	62,16	0,14	106,7	0,08	61,91	0,06	43,45	0,04	29,60

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga
Cycle hydrologique 2005/2006.

jours	sept-06		oct-06		nov-06		déc-06		janv-07		févr-07		mars-07		avr-07		mai-07		juin-07		juil-07		août-07	
	h(m)	Q(l/s)																						
1	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,06	44,4	0,1	74	0,05	37	0,06	44,4	0,16	118,4	0,17	125,8	0,1	74	0,06	44,4	0,03	22,2
2	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6	0,08	59,2	0,05	37	0,06	44,4	0,15	111	0,16	118,4	0,1	74	0,05	37	0,03	22,2
3	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,04	29,6	0,08	59,2	0,05	37	0,05	37	0,13	96,2	0,21	155,4	0,1	74	0,05	37	0,03	22,2
4	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,12	88,8	0,17	125,8	0,1	74	0,05	37	0,03	22,2
5	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,06	44,4	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,18	133,2	0,16	118,4	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,18	133,2	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
7	0,06	44,4	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,18	133,2	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
8	0,06	44,4	0,05	37	0,05	37	0,06	44,4	0,08	59,2	0,05	37	0,04	29,6	0,18	133,2	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
9	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,08	59,2	0,1	74	0,17	125,8	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
10	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,08	59,2	0,17	125,8	0,17	125,8	0,14	103,6	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2
11	0,05	37	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,09	66,6	0,17	125,8	0,17	125,8	0,14	103,6	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2
12	0,08	59,2	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,09	66,6	0,16	118,4	0,17	125,8	0,14	103,6	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2
13	0,08	59,2	0,05	37	0,05	37	0,07	51,8	0,07	51,8	0,09	66,6	0,21	155,4	0,17	125,8	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
14	0,08	59,2	0,05	37	0,05	37	0,11	81,4	0,07	51,8	0,08	59,2	0,21	155,4	0,16	118,4	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
15	0,08	59,2	0,05	37	0,05	37	0,11	81,4	0,07	51,8	0,07	51,8	0,21	155,4	0,16	118,4	0,14	103,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
16	0,08	59,2	0,05	37	0,05	37	0,11	81,4	0,07	51,8	0,07	51,8	0,22	162,8	0,15	111	0,14	103,6	0,09	66,6	0,04	29,6	0,08	59,2
17	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,12	88,8	0,07	51,8	0,06	44,4	0,21	155,4	0,14	103,6	0,14	103,6	0,09	66,6	0,04	29,6	0,05	37
18	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,18	133,2	0,07	51,8	0,05	37	0,2	148	0,14	103,6	0,14	103,6	0,08	59,2	0,04	29,6	0,05	37
19	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,13	96,2	0,07	51,8	0,05	37	0,2	148	0,15	111	0,14	103,6	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
20	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6	0,12	88,8	0,07	51,8	0,05	37	0,2	148	0,16	118,4	0,13	96,2	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
21	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6	0,12	88,8	0,07	51,8	0,05	37	0,2	148	0,16	118,4	0,11	81,4	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
22	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6	0,11	81,4	0,07	51,8	0,05	37	0,2	148	0,16	118,4	0,1	74	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
23	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6	0,1	74	0,07	51,8	0,05	37	0,19	140,6	0,16	118,4	0,1	74	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
24	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6	0,1	74	0,07	51,8	0,06	44,4	0,17	125,8	0,18	133,2	0,1	74	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
25	0,07	51,8	0,05	37	0,04	29,6	0,11	81,4	0,07	51,8	0,06	44,4	0,17	125,8	0,2	148	0,1	74	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
26	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,11	81,4	0,07	51,8	0,06	44,4	0,17	125,8	0,2	148	0,1	74	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
27	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,11	81,4	0,06	44,4	0,07	51,8	0,17	125,8	0,19	140,6	0,09	66,6	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
28	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,1	74	0,05	37	0,06	44,4	0,17	125,8	0,18	133,2	0,1	74	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
29	0,07	51,8	0,05	37	0,05	37	0,1	74	0,05	37			0,17	125,8	0,17	125,8	0,1	74	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
30	0,07	51,8	0,05	37	0,06	44,4	0,1	74	0,05	37			0,17	125,8	0,17	125,8	0,1	74	0,06	44,4	0,03	22,2	0,04	29,6
31			0,05	37			0,1	74	0,05	37			0,16	118,4			0,1	74			0,03	22,2	0,04	29,6
moy	0,07	49,58	0,05	38,43	0,05	35,77	0,09	66,84	0,07	52,04	0,06	45,46	0,15	109,0	0,17	122,3	0,13	96,92	0,08	59,45	0,04	32,94	0,04	30,08

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga

Cycle hydrologique 2006/2007.

jours	sept- 07		oct- 07		nov- 07		déc- 07		janv- 08		févr- 08		mars- 08		avr- 08		mai- 08		juin- 08		juil- 08		août- 08	
	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)																				
1	0,04	29,6	0,07	51,8	0,04	29,6	0,02	14,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0	0
2	0,04	29,6	0,06	44,4	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,13	96,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
3	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,12	88,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
4	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,11	81,4	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
5	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,03	22,2	0,11	81,4	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
6	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,03	22,2	0,08	59,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
7	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,03	22,2	0,07	51,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,01	7,4	0	0
8	0,03	22,2	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,03	22,2	0,01	7,4	0	0
9	0,03	22,2	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,045	33,3	0,01	7,4	0	0
10	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,06	44,4	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,04	29,6	0,06	44,4	0,01	7,4	0	0
11	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0,02	14,8	0	0
12	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0	0
13	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0	0
14	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0	0
15	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0	0
16	0,1	74	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0	0
17	0,09	66,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
18	0,06	44,4	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
19	0,06	44,4	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
20	0,06	44,4	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
21	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0	0
22	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,07	51,8	0	0
23	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,03	22,2	0	0
24	0,075	55,5	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,03	22,2	0	0
25	0,1	74	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0	0
26	0,09	66,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0	0
27	0,09	66,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,01	7,4	0	0
28	0,08	59,2	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0	0	0	0
29	0,08	59,2	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6			0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0	0	0,065	48,1
30	0,08	59,2	0,03	22,2	0,02	14,8	0,04	29,6	0,04	29,6			0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0	0	0,12	88,8
31			0,04	29,6			0,04	29,6	0,04	29,6			0,04	29,6			0,04	29,6			0	0	0,09	66,6
moy	0,05	40,33	0,03	24,11	0,02	18,01	0,03	20,05	0,05	36,28	0,03	23,52	0,04	29,84	0,06	40,70	0,04	28,65	0,03	21,83	0,02	14,56	0,01	6,56

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga
Cycle hydrologique 2007/2008.

jours	sept- 08		oct- 08		nov- 08		déc- 08		janv- 09		févr- 09		mars- 09		avr- 09		mai- 09		juin- 09		juil- 09		août- 09	
	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)	h(m)	Q(l/s)														
1	0,07	51,8	0,17	125,8	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,21	155,4	0,1	74	0,08	59,2	0,17	125,8	0,09	66,6	0,06	44,4	0,03	22,2
2	0,07	51,8	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,19	140,6	0,1	74	0,07	51,8	0,22	162,8	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
3	0,06	44,4	0,18	133,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,06	44,4	0,19	140,6	0,1	74	0,07	51,8	0,19	140,6	0,09	66,6	0,05	37	0,03	22,2
4	0,06	44,4	0,14	103,6	0,08	59,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,19	140,6	0,1	74	0,08	59,2	0,18	133,2	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2
5	0,06	44,4	0,13	96,2	0,08	59,2	0,11	81,4	0,07	51,8	0,18	133,2	0,1	74	0,09	66,6	0,18	133,2	0,08	59,2	0,05	37	0,03	22,2
6	0,18	133,2	0,13	96,2	0,07	51,8	0,11	81,4	0,07	51,8	0,17	125,8	0,1	74	0,09	66,6	0,17	125,8	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
7	0,12	88,8	0,13	96,2	0,07	51,8	0,1	74	0,07	51,8	0,16	118,4	0,1	74	0,09	66,6	0,16	118,4	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
8	0,06	44,4	0,12	88,8	0,07	51,8	0,09	66,6	0,07	51,8	0,14	103,6	0,11	81,4	0,1	74	0,15	111	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
9	0,05	37	0,13	96,2	0,06	44,4	0,08	59,2	0,09	66,6	0,12	88,8	0,1	74	0,12	88,8	0,14	103,6	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
10	0,05	37	0,12	88,8	0,06	44,4	0,07	51,8	0,1	74	0,12	88,8	0,1	74	0,1	74	0,14	103,6	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
11	0,03	22,2	0,12	88,8	0,06	44,4	0,09	66,6	0,1	74	0,12	88,8	0,1	74	0,2	148	0,14	103,6	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
12	0,02	14,8	0,11	81,4	0,06	44,4	0,13	96,2	0,18	133,2	0,12	88,8	0,1	74	0,2	148	0,13	96,2	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
13	0,05	37	0,1	74	0,06	44,4	0,12	88,8	0,17	125,8	0,12	88,8	0,1	74	0,21	155,4	0,13	96,2	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
14	0,08	59,2	0,09	66,6	0,06	44,4	0,1	74	0,15	111	0,1	74	0,09	66,6	0,2	148	0,13	96,2	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2
15	0,08	59,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,09	66,6	0,14	103,6	0,1	74	0,09	66,6	0,2	148	0,14	103,6	0,07	51,8	0,05	37	0,08	59,2
16	0,08	59,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,08	59,2	0,14	103,6	0,1	74	0,09	66,6	0,19	140,6	0,15	111	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
17	0,07	51,8	0,08	59,2	0,06	44,4	0,08	59,2	0,115	85,1	0,1	74	0,09	66,6	0,19	140,6	0,14	103,6	0,07	51,8	0,04	29,6	0,05	37
18	0,06	44,4	0,08	59,2	0,07	51,8	0,07	51,8	0,11	81,4	0,1	74	0,09	66,6	0,19	140,6	0,13	96,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
19	0,06	44,4	0,07	51,8	0,08	59,2	0,07	51,8	0,11	81,4	0,1	74	0,09	66,6	0,2	148	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
20	0,06	44,4	0,07	51,8	0,08	59,2	0,07	51,8	0,17	125,8	0,09	66,6	0,09	66,6	0,16	118,4	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
21	0,06	44,4	0,07	51,8	0,08	59,2	0,07	51,8	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,16	118,4	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
22	0,06	44,4	0,09	66,6	0,07	51,8	0,07	51,8	0,16	118,4	0,09	66,6	0,09	66,6	0,17	125,8	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
23	0,06	44,4	0,1	74	0,07	51,8	0,07	51,8	0,11	81,4	0,09	66,6	0,09	66,6	0,17	125,8	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
24	0,06	44,4	0,09	66,6	0,07	51,8	0,07	51,8	0,15	111	0,09	66,6	0,09	66,6	0,16	118,4	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
25	0,06	44,4	0,1	74	0,07	51,8	0,07	51,8	0,15	111	0,09	66,6	0,09	66,6	0,18	133,2	0,12	88,8	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
26	0,135	99,9	0,1	74	0,06	44,4	0,07	51,8	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,16	118,4	0,1	74	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
27	0,21	155,4	0,1	74	0,06	44,4	0,06	44,4	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,14	103,6	0,09	66,6	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
28	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,14	103,6	0,09	66,6	0,09	66,6	0,135	99,9	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
29	0,1	74	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,15	111			0,09	66,6	0,13	96,2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,05	37
30	0,135	99,9	0,09	66,6	0,06	44,4	0,06	44,4	0,15	111			0,09	66,6	0,115	85,1	0,08	59,2	0,06	44,4	0,03	22,2	0,04	29,6
31			0,09	66,6			0,06	44,4	0,19	140,6			0,09	66,6			0,08	59,2			0,03	22,2	0,04	29,6
moy	0,08	57,97	0,10	77,34	0,07	50,81	0,08	58,25	0,12	88,68	0,12	90,91	0,09	69,94	0,15	107,30	0,13	98,83	0,07	50,57	0,04	32,94	0,04	30,55

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga
Cycle hydrologique 2008/2009.

jours	sept- 09		oct- 09		nov- 09		déc- 09		janv- 10		févr- 10		mars- 10		avr- 10		mai- 10		juin- 10		juil- 10		août- 10	
	h(m)	Q(l/s)																						
1	0,15	111	0,06	44,4	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8
2	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,13	96,2	0,02	14,8
3	0,04	29,6	0,06	44,4	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,05	37	0,04	29,6	0,02	14,8
4	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8
5	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,05	37	0,03	22,2	0,01	7,4
6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,05	37	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,05	37	0,03	22,2	0,01	7,4
7	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,05	37	0,03	22,2	0,01	7,4
8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,03	22,2	0,01	7,4
9	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,06	44,4	0,05	37	0,03	22,2	0	0
10	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,05	37	0,05	37	0,02	14,8	0	0
11	0,03	22,2	0,05	37	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,02	14,8	0	0
12	0,03	22,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,19	140,6	0,04	29,6	0,05	37	0,01	7,4	0	0
13	0,08	59,2	0,06	44,4	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,1	74	0,04	29,6	0,05	37	0,01	7,4	0	0
14	0,04	29,6	0,04	29,6	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,07	51,8	0,03	22,2	0,05	37	0	0	0	0
15	0,05	37	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,02	14,8	0,03	22,2	0,04	29,6	0,05	37	0,03	22,2	0,04	29,6	0	0	0	0
16	0,15	111	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,04	29,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0	0	0,18	133,2
17	0,05	37	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,03	22,2	0,135	99,9	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,03	22,2
18	0,05	37	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,22	162,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
19	0,13	96,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,17	125,8	0,04	29,6	0,05	37	0	0	0,02	14,8
20	0,22	162,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,14	103,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
21	0,2	148	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,18	133,2
22	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,04	29,6
23	0,15	111	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
24	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
25	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,03	22,2	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
26	0,1	74	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,09	66,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
27	0,09	66,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,07	51,8	0,03	22,2	0,03	22,2	0,09	66,6	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
28	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,05	37	0,03	22,2	0,03	22,2	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,02	14,8
29	0,08	59,2	0,04	29,6	0,03	22,2	0,02	14,8	0,04	29,6			0,03	22,2	0,07	51,8	0,04	29,6	0,03	22,2	0	0	0,01	7,4
30	0,07	51,8	0,04	29,6	0,02	14,8	0,02	14,8	0,05	37			0,03	22,2	0,07	51,8	0,05	37	0,03	22,2	0,02	14,8	0,01	7,4
31			0,04	29,6			0,02	14,8	0,05	37			0,03	22,2			0,05	37			0,02	14,8	0,01	7,4
moy	0,08	59,20	0,04	32,70	0,04	26,39	0,02	14,80	0,03	22,20	0,04	26,69	0,03	23,15	0,08	57,84	0,04	32,70	0,04	29,85	0,02	11,46	0,02	18,14

Tableau . Tableau récapitulatif des chroniques des débits journaliers et des hauteurs d'eau correspondant de l'écoulement de la source Ain Zerga
Cycle hydrologique 2009/2010.

ANNEXE II

	sept-02	oct-02	nov-02	déc-02	janv-03	févr-03	mars-03	avr-03	mai-03	juin-03	juil-03	août-03
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	0	0	11	0	0	0	0	14	2,5	0	0	0
2	0	0	1	1,5	0	0	0	13,5	0	0	0	0
3	0	0	1,5	0	0	1	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0,5	0	8,5	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0
7	0	4	5,5	0	0	1,5	0	0	0	5,5	0	0
8	0	1	2	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
9	0	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	33,5	1,5	0	5	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	0	0	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	1	0	0	1,5	0	1	0
15	0	0	0	0	8	0	3	0	4	0	1	0
16	1,5	0	0	0	2	0	2,5	0	0	3	0	0
17	0	0	1,5	0	1	2	0	0	4,5	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
19	0	0	0	0	0	0	6,5	0	2	0	0	0
20	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	2,5	0	0	2	0	0	0	0
24	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	2
25	0	0	2,5	0	1	0	6	0	10,5	0	0	1,5
26	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	8,5	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
29	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	6	0	0	0	17	0	0	0	0	0
31		0		0	0		0		0		0	0
moyenne	0,2	0,6	1,2	0,6	2,0	0,9	1,2	1,2	0,8	0,3	0,3	0,1

Tableau . Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2002/2003.

	sept-03	oct-03	nov-03	déc-03	janv-04	févr-04	mars-04	avr-04	mai-04	juin-04	juil-04	août-04
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	5,5	0	0	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	11,3	0	12,5	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	4	3,5
5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
6	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0	0
7	0	0,5	0	0	0	0	3,5	0	0	1,5	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0,5	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	5,5	16,5	0	0	0	0	0	10,8	0	0
11	0	0	0	22,5	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	0	0
14	14,5	0	0	0	0	0	0	0	7,5	9	0	0
15	2,5	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0
16	2	7	0	0	0	0	0	0	8,5	52,5	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
20	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	1	1,5	0	10	0	0	0	0
22	0	0	0	2	2,4	0	8	0	0	0	0	0
23	5,5	17	0	0	2,6	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0,5	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0
25	8,5	0	0	0	0	0	3,5	0	0	6,3	0	0
26	0	0	0	0	0	4,8	4,5	0	0	0	0	0
27	2,5	0	0	0	0	0	2,2	0	9,5	0	0	0
28	0	11,5	0	0	5	0	7,7	2,1	0	0	0	0
29	0	12	0	4,5	0	0	12,5	0	0	0	0	12
30	0	0	0	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0
31	0	0	0	11	0	0	1,7	0	0	0	0	0
moyenne	1,5	1,6	0,3	2,1	0,9	0,2	1,9	0,8	0,8	2,8	0,2	0,7

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga

Cycle hydrologique 2003/2004

	sept-04	oct-04	nov-04	déc-04	janv-05	févr-05	mars-05	avr-05	mai-05	juin-05	juil-05	août-05
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	1,1	0	50,7	0	1	0	5	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0,0	0	0	1,5	0	4,3	0	0
3	0	0	5	0	0	0	9	8	0	0	0	1
4	0	0	0	9,7	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7,4	0
8	0	0	0	3,9	0	0	0	16,8	0	0	0	0
9	0	0	0	5,7	0	13,8	0	0	0	0	1,7	0
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
11	0	0	2,5	0	0	0	0	2,5	1,2	0	0	0
12	1,5	0	25,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	8	0	0	0	0	0	0	6,8	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	10,2	0	0	0	0	0	8,6	0	0
17	0	0	0	3,7	0	0	0	0	0	1,5	0	0
18	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	8,3	0	0
19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	14,7
20	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	4
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0,0	1,5	0	0	0	2	0	0
23	0	2,5	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
25	2	0	0	1	2,5	0	0	0	0	0,0	0	0
26	0	0	0	1,5	0	0,0	0	0	0	0	0	0
27	4,7	0	0	0	0	7,5	0,0	0	0	0	0	3,3
28	0	0	0	20,5	0	0	1,0	0,0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0		0,8	0	0	0	0	0
30	0	0	0	21	0		0	0	0	0	0	0
31		1,5		0	0		0,0		0		2,5	333,3
moyenne	0,3	0,1	3,1	2,6	0,4	0,8	0,5	1,0	0,0	1,1	0,4	11,5

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2004/2005

	sept-05	oct-05	nov-05	déc-05	janv-06	févr-06	mars-06	avr-06	mai-06	juin-06	juil-06	août-06
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	0,0	0	0,0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0,0	0	0	0	24,5	0,0	0	0
3	0	6	0	0	0	0	0	0	17,5	0	0	0
4	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	7,5	0
5	3,3	9,8	17,5	0	0	2,7	0,4	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,5
7	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0,0	4,3
8	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	11	0	0	0
9	0	0	0	0,0	9,5	0,0	3	0	0	5,3	0,0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0	0	0
11	8,4	0	0	0	2,5	0	0	0	0,0	0	0	0
12	14	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
13	0	3	0	34	0	0	0	0	0	1,4	0	0,5
14	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
15	9,5	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0
16	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
17	1	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0,0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
21	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0,0	19,7	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0,0	0	0	4	0	0	0	0
24	0	9,5	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0,0	0	0
26	0	0	0	0,7	0	0,0	0	0	9,6	0	0	0
27	0,0	0	0	0	0	0	0,0	17,5	0	0	0	0,0
28	1	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
29	0	0	4	0	10,5		0,0	0	0	0	0	0
30	0	0	8	0	16		0	0	24,5	0	0	0
31		0		0	15,5		0,0		4		0	443,6
moyenne	1,2	1,1	1,0	1,3	2,2	0,8	0,1	2,9	3,1	0,2	0,3	14,6

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2005/2006.

	sept-06	oct-06	nov-06	déc-06	janv-07	févr-07	mars-07	avr-07	mai-07	juin-07	juil-07	août-07
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	0,0	0	0,0	0	0	5,5	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0,0	0	0	0	4	0,0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	4,5	9,8	4	0	0
4	0	0	0	0,0	0	0	0	3,5	0	0	0	0
5	0,0	0,0	0	0	0	0,0	1,7	0	1,5	0	0	0
6	0	0	0	9,8	0	1	0,0	0	0	0	0	0
7	0	4	0	0	0	0	52,5	0	0	0	4,3	0,0
8	0	2,5	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
9	2,8	0	0	0,0	0	7,9	42,5	0	0	0,0	4,0	0
10	0	0	0	0	0	1,5	14,4	7	0	4,5	0	0
11	10,5	1	0	0	0	0	0	0	0,0	2	0	4,5
12	0	0	0,0	0	0	0	6	0	0	0	0	2,5
13	0	0	0	12	0	0	0	5,5	0	0,0	0	1
14	4,9	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
15	0	0	0	10,5	0	0	0	0	5,5	0	0	0
16	0	0	0	0,0	0	0	1	0	0	0,0	0	0
17	0	3	0	3,9	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	7,5	0	0	0	6,8	0	16	0,0	0,0	0	1
19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0,0	0,0	0	33,2	0	0	0	0
23	0	0	0	10	0,0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0,0	0	0
26	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0	8,3	0	0	0
27	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
28	0	0	0	0	0	0	0,0	7,0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	4,3	0	0,0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	4,5	0	0	1,5	0	2	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0,0	0	16,6	0	0	401,7
moyenne	0,6	0,6	0,0	1,5	0,3	1,0	3,8	2,9	1,5	0,4	0,3	13,2

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2006/2007.

	sept-07	oct-07	nov-07	déc-07	janv-08	févr-08	mars-08	avr-08	mai-08	juin-08	juil-08	août-08
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	0,0	0	0,0	0	0	0	0	28,5	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	7,2	0	0,0	0	0	0
4	0	0	0	0,0	0	0	2,5	0	2,5	4	0	0
5	0,0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0	2	0	0	0
6	0	0	0	1,7	0	0	0,0	0	0	5,1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	0,0
8	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
9	0,0	0	0	0,0	0	0,0	0	1,5	3,5	0,0	0,0	0
10	0	0	0	0	0	0	0,0	0	11	0,0	0	0
11	0,0	0	0	1,5	0	0	0	0	0,0	0	0	0
12	1,8	0	0,0	0	0	0	0	0,5	11,5	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
14	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0	0	0
16	15,5	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
17	1,5	0	0	0,0	1	0	0	0	6	0	0	0
18	0	0	0	0	2	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0	0	0,0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0,0	0	0	0	0	0	2	0	0	26	0
22	1,5	0	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0,0	0	4	0	3	0	0	0
24	2,5	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	10
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
26	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
27	0,0	0	0	12,1	0	0	3,2	0	0	0	0	0,0
28	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	8,3
29	0	0	0	11,3	0,0	1,0	0,0	0	0	0	0	10,3
30	0	0	0	15	0		8	0	0	0	0	0
31		0		0	0		0,0		0,0		0	0,0
moyenne	1,0	0,0	0,0	1,3	0,1	0,3	0,8	1,1	1,5	0,3	0,8	0,9

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2007/2008.

	sept-08	oct-08	nov-08	déc-08	janv-09	févr-09	mars-09	avr-09	mai-09	juin-09	juil-09	août-09
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	0	28,9	0,0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
2	0	0	0	24,6	0,0	0	0	3,2	0	0	0	0
3	0	5,6	1	0	11,5	0	0,0	7,2	0,0	0	0	0
4	4,5	0	0	0	2	0	10,5	1,5	0	0	3	0
5	0	0,0	0	0	0	0,0	1,0	1,5	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1,5	0	0	0	0	0
7	19	0	0	0	0	0	0	12,2	0	0	3,5	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	9,5	0
9	0	0,5	0	0	3	0,0	0	0	0	0	0,0	0
10	0	0	0	9,5	7,5	0	0,0	60	0	0	0	3,5
11	0	0	0	4,5	45,2	0	0	0	0,0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,6
13	36	0	0	0	5,5	0	0	0	4,5	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	47,5	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	13,5
16	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	24,5	0	0	0	0
18	0	1	3,5	0	0	0,0	0	46,5	0	0	0	0
19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20	0	0	0	2	33,4	0	0	2	0	0	0	0
21	1,5	3,5	0	0	7,2	0	0	6,3	0	0	0	0
22	5	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	46,5	0	0	0	0	0	1,5	0	0,0	0	0	5,5
27	15,8	4	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	4,5
28	0	0	0	0	15,7	2	0,0	0,0	0	0	0	0
29	24,9	0	0	0	0,0		5,6	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0		0	18,5	0	0	0	0
31		0		0	0		0,0		0,0		0	0,0
moyenne	5,2	1,4	0,6	1,3	4,2	0,1	0,7	6,1	1,7	0,0	0,5	1,6

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2008/2009

	sept-09	oct-09	nov-09	déc-09	janv-10	févr-10	mars-10	avr-10	mai-10	juin-10	juil-10	août-10
Jours	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
2	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	2	0,0	0	0
3	1,5	2,0	0	1,5	0	0	0	0	0,0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0
5	0	0	0	0	0	0	11,0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	6,5	0	0
7	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	8,5	0	4	0,7	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	3,5	0	0,5	0	0	0	0
10	0	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	7,5	5	4,5	0,0	0	0	0
12	17	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0
13	0	0	0	0	0	9,5	0	0	2	3,0	0,6	0
14	7	0	0	3	1,5	0	0	0	0	0,4	0	0
15	0	0	0	0	21,5	0	0	0	0	0	0	11,2
16	10,3	0	0	0	0	0	0	16,5	0	0,0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	49,8	1,5	0	15,3	0	0	0	0	0	4,2	0	0
20	0	8,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2
21	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,5	0	0	0
22	44,1	0	0	0	0	0	0	17,5	6	0	0	0
23	9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	18	0	0	0	0	0	0	0,0	0	2,5	0	0
25	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	2,5	43	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
28	0	0	0	0	2,8	0	0	0	11	0	0	0
29	0	0	0	0	1,5	0	0	0	2,5	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	6,5	0	0,0	0	0	0
moyenne	6,0	0,7	0,0	0,7	2,5	0,7	1,0	1,4	0,8	0,6	0,4	0,6

Tableau. Tableau récapitulatif des Précipitations journalières à Ain Zerga
Cycle hydrologique 2009/2010.