

## Chapitre V: MODELES REGRESSIFS DES STATIONS HYDROMETRIQUES

### 5.1. Traitement des données :

#### 5.1.1. Les débits moyens mensuels :

L'objectif à atteindre à travers le traitement des débits moyens mensuels est de voir comment se présente l'écoulement durant la période 1985/1986 à 2004/2005. Quelles en sont les années sèches et des années humides ; pouvant nous aider dans la recherche de modèles entre le débit liquide -débit solide pour les différentes stations du bassin versant de l'**Oued El Hammam**.

#### 5.1.2. Hydraulicité des stations hydrométriques :

La visualisation de la variation interannuelle du débit liquide moyen pour les différentes stations laisse apparaître une disparité entre les années pouvant être exprimée par le coefficient de débit ou hydraulicité  $K_i$ , distinguant ainsi les années humides des années sèches.

L'hydraulicité  $K_i$  est définie comme étant le rapport entre le débit moyen annuel de l'année  $i$  et le débit moyen interannuelle.

$$K_i = \frac{Q_i}{\sum_{n=1}^n Q_i / n}$$

- $K_i$  : coefficient d'hydraulicité.
- $Q_i$  : Débit moyen annuelle ( $m^3/s$ ).
- $n$  : nombre des années

Lorsque le débit moyen annuel est supérieur au débit moyen interannuel,  $K_i$  est supérieur à l'unité et l'année est dite humide. Dans le cas contraire l'année est dite sèche.

$K_i > 1$  on dit l'année **Humide**.

$K_i < 1$  on dit l'année **Sèche**.

## 5.1.2.1. Station Hydrométrique de Trois rivières

Le débit liquide moyen annuel enregistré à cette station sur la période de **20 années** s'évalue **0,97m<sup>3</sup>/s** donnant un apport moyen interannuel de **30,10 millions de m<sup>3</sup>**.

Tableau. 68 : La valeur du coefficient de débit au Station Hydrométrique de Trois rivières :

Les années	Ki	L'état
1985-1986	0,84	Sec
1986-1987	1,01	Humide
1987-1988	0,75	Sec
1988-1989	0,82	Sec
1989-1990	1,41	Humide
1990-1991	0,86	Sec
1991-1992	0,85	Sec
1992-1993	0,89	Sec
1993-1994	0,45	Sec
1994-1995	0,52	Sec
1995-1996	1,29	Humide
1996-1997	1,70	Humide
1997-1998	0,84	Sec
1998-1999	1,13	Humide
1999-2000	1,38	Humide
2000-2001	1,22	Humide
2001-2002	0,54	Sec
2002-2003	0,38	Sec
2003-2004	0,78	Sec
2004-2005	2,26	Humide

Le Tableau montre que :

les années (86/87,89/90,95/96,96/97,98/99,1999/2000,2000/2001,2004/2005) sont considérées comme humide à l'encontre des années (85/86,87/88,90/91,91/92,92/93,93/94,94/95,97/98, 2001/2002 ,2002/2003,2003/2004) qui sont considérées comme les années sèches  
Leur mise en graphe donnée par la figure ci dessous.

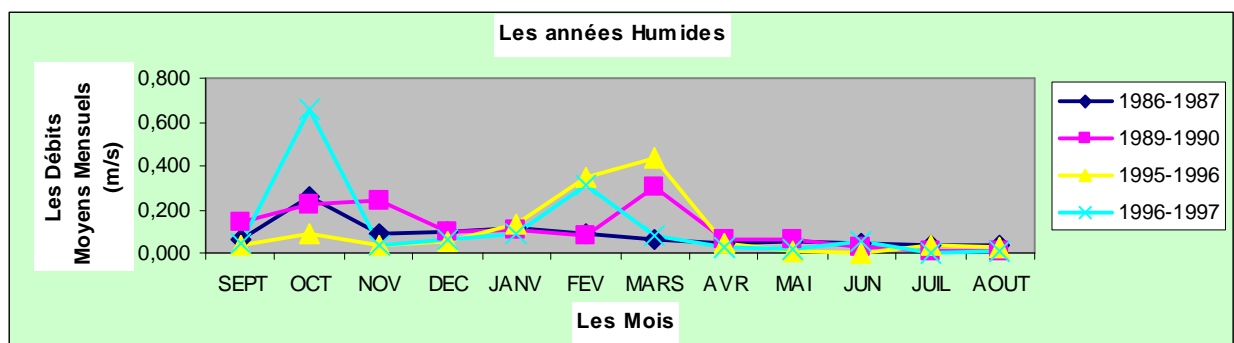


Figure. 81 : Variation intra annuelle du débit moyen : Station Trois rivières

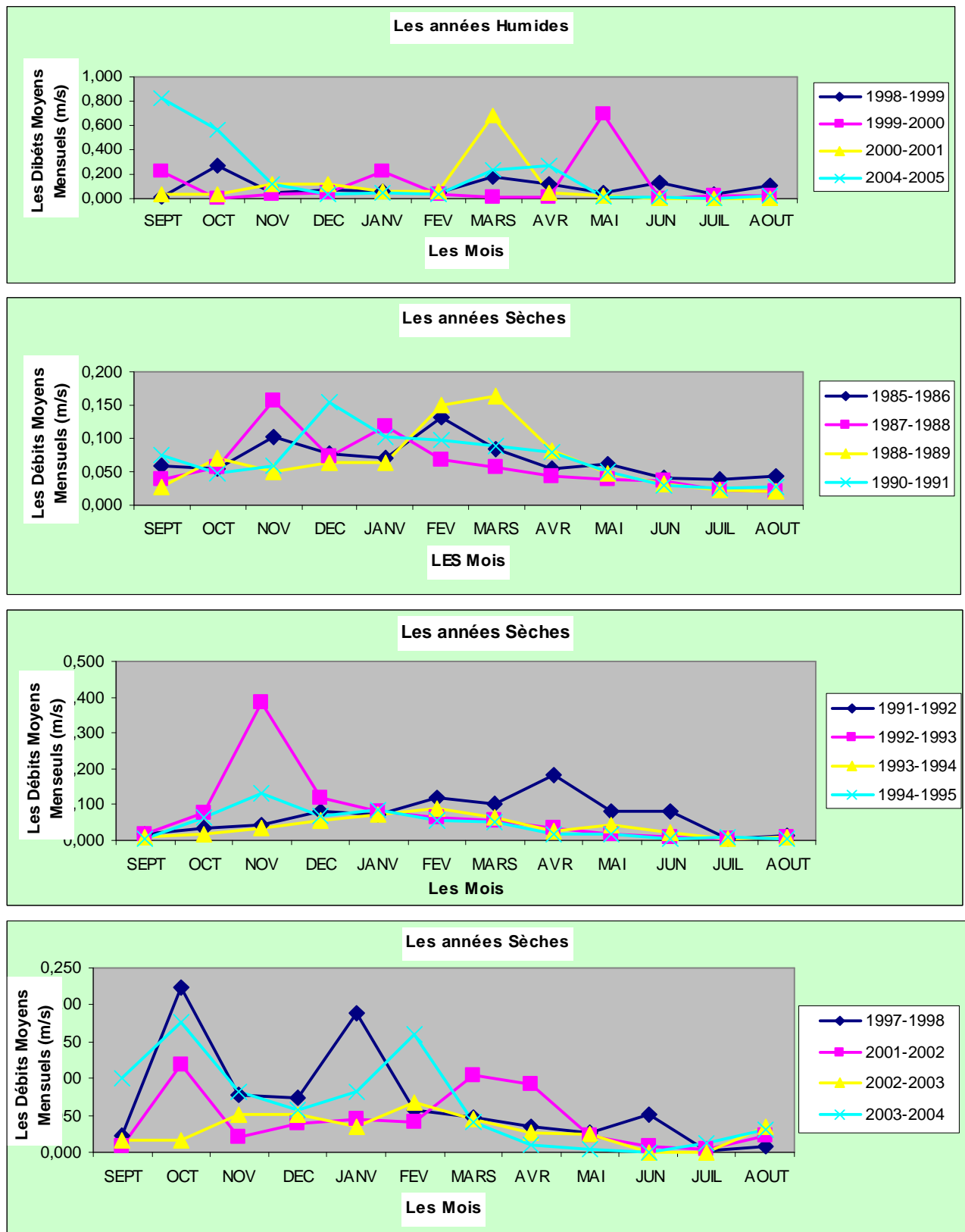


Figure. 81 : Variation intra annuelle du débit moyen : Station Trois rivières

### 5.1.2.2. Station Hydrométrique d'Oued Saida

Le débit liquide moyen annuel enregistré à cette station sur la période de **20 années** s'évalue **0,28m<sup>3</sup>/s** donnant un apport moyen interannuel de **8,68 millions de m<sup>3</sup>**.

Tableau. 69 : La valeur du coefficient de débit au Station Hydrométrique D'Oued Saida

Les années	Ki	L'état
1985-1986	0,82	sec
1986-1987	1,16	humide
1987-1988	1,05	humide
1988-1989	0,60	sec
1989-1990	1,57	humide
1990-1991	1,10	humide
1991-1992	0,45	sec
1992-1993	0,63	sec
1993-1994	0,20	sec
1994-1995	0,37	sec
1995-1996	1,58	humide
1996-1997	0,88	sec
1997-1998	0,46	sec
1998-1999	1,11	humide
1999-2000	1,86	humide
2000-2001	1,15	humide
2001-2002	0,73	sec
2002-2003	0,36	sec
2003-2004	1,59	humide
2004-2005	2,08	humide

Le Tableau montre que :

les années (86/87,87/88,89/90,90/91,95/96,98/99,1999/2000,2000/2001,2003/2004,2004/2005) sont considérées comme humide à l'encontre des années

(85/86,88/89,91/92,92/93,93/94,94/95,96/97, 97/98,2001/2002,2002/2003) qui sont considérées comme les années sèches

Leur mise en graphe donnée par la figure.82

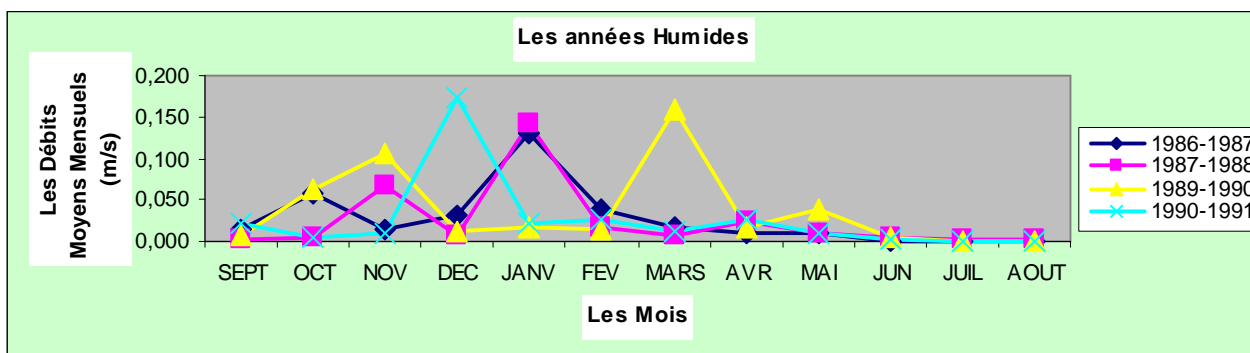


Figure. 82 : Variation intra annuelle du débit moyen : Station Oued Saida

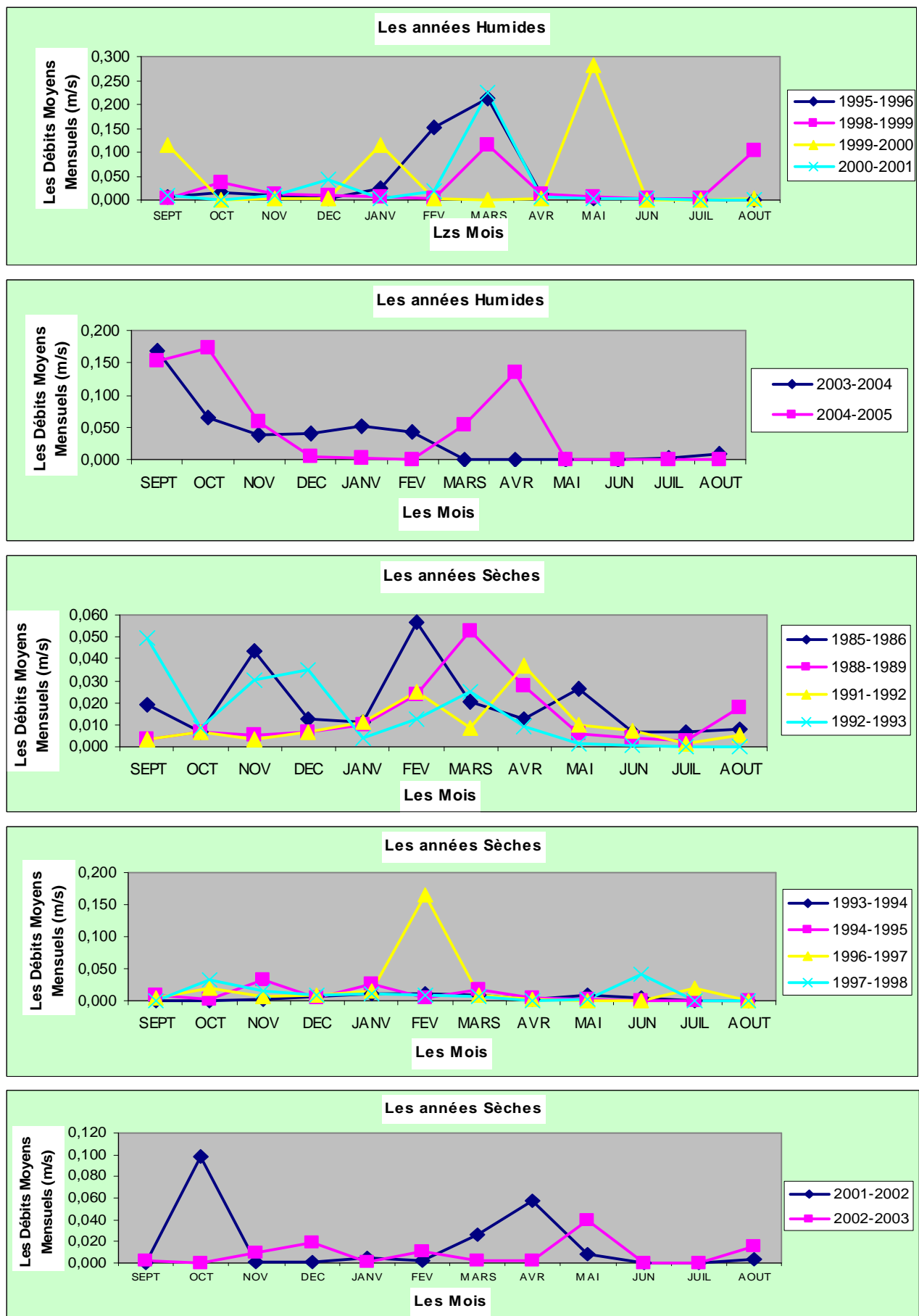


Figure. 82 : Variation intra annuelle du débit moyen : Station Oued Saida

## 5.1.2.3. Station Hydrométrique D'Oued Taria

Le débit liquide moyen annuel enregistré à cette station sur la période de **20 années** s'évalue **0,28m<sup>3</sup>/s** donnant un apport moyen interannuel de **8,68 millions de m<sup>3</sup>**.

Tableau. 70 : La valeur du coefficient de débit au Station Hydrométrique d'Oued Taria

Les années	Ki	L'état
1985-1986	1,21	humide
1986-1987	1,41	humide
1987-1988	0,77	sec
1988-1989	1,12	humide
1989-1990	1,25	humide
1990-1991	1,15	humide
1991-1992	0,65	sec
1992-1993	1,46	humide
1993-1994	0,80	sec
1994-1995	0,47	sec
1995-1996	0,89	sec
1996-1997	1,47	humide
1997-1998	1,51	humide
1998-1999	0,62	sec
1999-2000	1,26	humide
2000-2001	2,01	humide
2001-2002	0,15	sec
2002-2003	0,22	sec
2003-2004	0,61	sec
2004-2005	0,60	sec

Le Tableau montre que :

les années (85/86,86/87,88/89,89/90, 90/91,92/93,96/97,97/98,1999/2000,2000/2001) sont considérées comme humide à l'encontre des années (87/88,91/92,93/94,94/95,95/96,98/99, 2001/2002,2002/2003,2003/2004,2004/2005) qui sont considérées comme les années sèches Leur mise en graphe donnée par la figure. 83

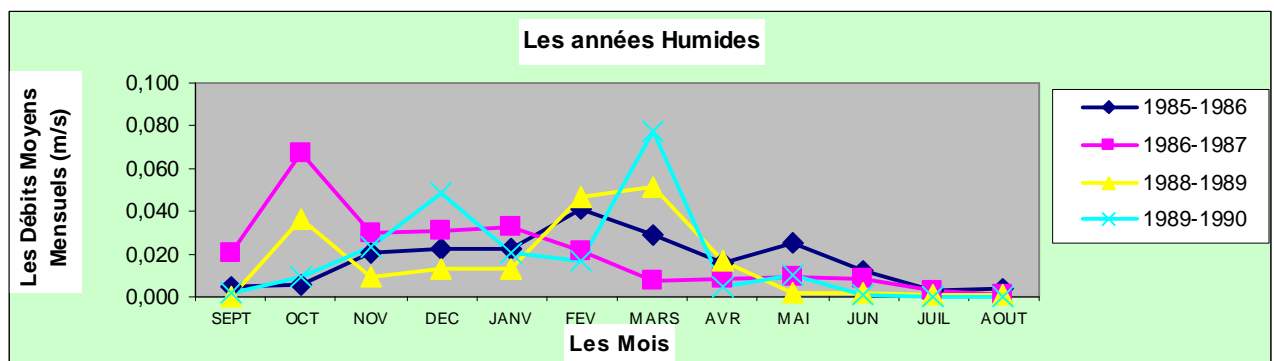


Figure. 83 : Variation intra annuelle du débit moyen : Station Oued Taria

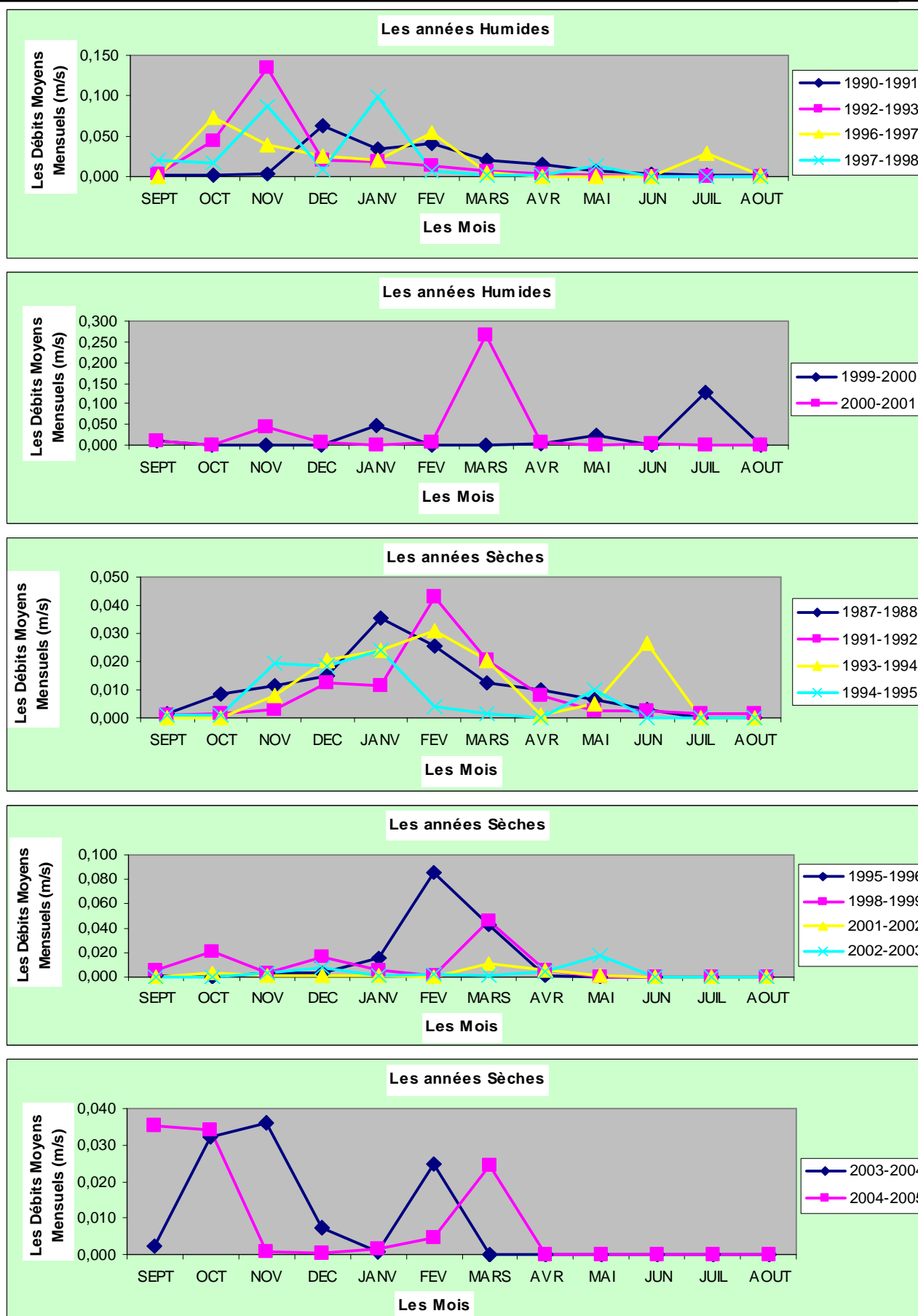


Figure. 83 : Variation intra annuelle du débit moyen : Station Oued Taria

## 5.2. Méthode de corrélation entre débit liquide et débit solide :

C'est la méthode sur laquelle nous avons axé notre travail. Elle fait apparaître les points aberrants ou anormaux. Avant d'éliminer un tel point parce qu'il est sans valeur et imprécis, il est prudent d'examiner les autres paramètres qui peuvent influencer l'événement.

La variabilité des transports solides en suspension dont on a parlé précédemment ne peut survenir seule si ce n'est l'existence en parallèle, d'une variabilité du vecteur de ces matériaux solides transportés en suspension.

Il existe donc une relation entre les débits liquides et les débits solides. Pour calculer ces derniers, on procède comme suit : les débits liquides exprimés en  $\text{m}^3/\text{s}$  sont transformés en débits solides par l'intermédiaire des concentrations qui sont exprimés en  $\text{g/l}$ .

En général cette méthode consiste à apporter les données point par point puis à ajuster une équation par la méthode des moindres carrés pour deux variables. On détermine des relations régressives entre deux paramètres ensuite on utilise ces relations pour calculer et combler les données manquantes. On se limite si possible aux méthodes de régression linéaire et baserons les travaux sur la méthode des moindres carrés.

Afin de connaître quel type de fonction doit on utiliser, il est recommandé de tracer les diagrammes de dispersion et l'allure du graphe orientera le choix du modèle. Les principaux modèles régressifs sont :

ü Le modèle linéaire :  $Y = a + bX$

ü Le modèle parabolique :  $Y = a + bX + cX^2$

ü Le modèle exponentiel :  $Y = b e^{aX}$

ü Le modèle puissance :  $Y = b X^a$

ü Le modèle logarithmique :  $Y = b \ln X + a$

Les coefficients  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sont des constantes à déterminer par la méthode des moindres carrés. Lorsque les points ne sont pas alignés, mais proches d'une courbe usuelle (parabole, hyperbole ...etc.), on peut appliquer la méthode des moindres carrés en modifiant au besoin les variables. Il arrive parfois que la tendance ne peut être ajustée par une droite mais par une équation linéaire ; dans ce cas souvent pour rendre l'équation linéaire on procède à un changement d'échelle, les valeurs arithmétiques sont transformées en valeur logarithmiques

Tableau.71: La transformation pour linéarisation des différentes fonctions utilisées

TYPE DE FONCTION	COORDONNE		EQUATION EN FORME LINEAIRE
	Abcisse	Ordonnée	
$Y = a + bX$	$X$	$Y$	$Y = a + bX$
$Y = a + bX + cX^2$	$X - X_0$	$Y - Y_0 / X - X_0$	$Y - Y_0 / X - X_0 = a + 2aX_0 + b(X - X_0)$
$Y = b e^{aX}$	$\ln X$	$Y$	$Y = b \ln X + a$
$Y = b X^a$	$X$	$\log Y$	$\log Y = \log b + X \log a$
$Y = b \ln X + a$	$\log X$	$\log Y$	$\log Y = \log a + b \log X$



Le principe de la méthode des moindres carrée a pour but de trouver l'équation d'ajustement qui rend minimum l'écart ou la différence entre les valeurs observées dans la réalité et les valeurs théorique données par la courbe.

Pour s'assurer de la validité objective de l'ajustement, on calcule le coefficient de corrélation linéaire qui sert à mesurer l'intensité ou le degré de dépendance entre les deux variables (débit liquide et débit solide). En effet plus sa valeur est supérieure à 0,6 et plus l'ajustement des observations est bon.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Concernant la variabilité des paramètres (**débits liquides, débits solides**), on a établi les relations à échelles de temps différents pour les différentes stations hydrométriques.

### 5.2.1. Etablissement des relations de corrélation :

#### 5.2.1.1. Etablissement des relations de corrélation à l'échelle interannuelle :

On associe toutes les observations et on recherche les relations interannuelles, on utilisant les différents modèles régressifs.

Avant d'ajuster quel modèle, la mise en graphe montre une dispersion des points dont il est visuellement difficile de faire sortir un modèle régressif représentatif surtout que la majeure partie des points oscille autour de zéro et cela pour toutes les stations hydrométriques du bassin versant de l'**Oued El Hammam**.

Si on se base sur la mise en graphe, la dispersion des points nous permettra de conclure que si, un modèle régressif peut être ajusté à ces données, il ne peut être que physiquement accepté et cela car les débits sont des paramètres aléatoires, présentant des fluctuations qui peuvent varier d'un moment à un autre.

La mise en graphe de l'ensemble des données de débits liquides et solides ; comme le montre la figure. 84 laisse apparaître une dispersion sous forme d'éventail dont le modèle puissance semble le mieux l'ajuster au vu de la valeur du coefficient de détermination  $R^2$  présenté dans le tableau. 72

La Figure. 84 et le tableau. 73 présentent les modèles régressifs retenus à l'échelle interannuelle pour les différentes stations hydrométriques qui sont **le modèle puissance** dans les stations de **Trois rivières et Oued Taria** et **le modèle parabolique** dans la station d'**Oued Saïda**.

Tableau.72 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle interannuelle pour les différentes stations hydrométriques

Station	Les Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Trois rivières	0,89	0,69	0,96	<b>0,97</b>	0,92
Oued Saida	0,4	0,27	<b>0,57</b>	0,32	0,39
Oued Saida	0,92	0,71	0,94	<b>0,95</b>	0,92

Tableau.73 : Modèles régressifs retenus à l'échelle interannuelle pour différentes stations hydrométriques

Station	Trois rivières	Oued Saida	Oued Taria
modèles régressifs	$Q_s = 3,46Q_l^{1,99}$	$Q_s = 38,93Q_l^2 - 15,06Q_l + 1,90$	$Q_s = 14,17Q_l^{1,10}$

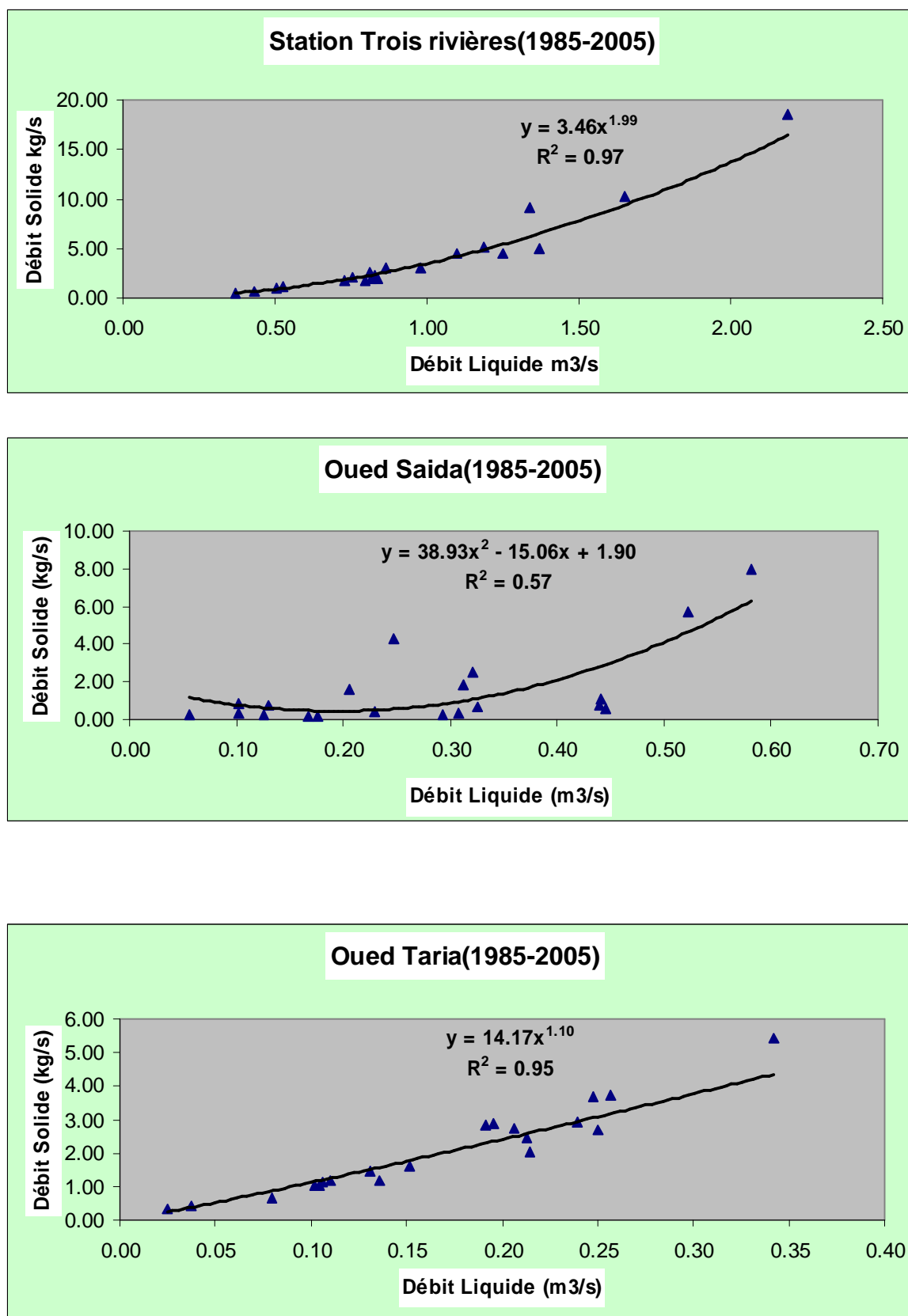


Figure. 84 : Relation débit solide -débit liquide à l'échelle interannuelle pour les différentes stations hydrométriques du bassin versant de l'Oued El Hammam

**5.2.1.2. Etablissement des relations de corrélation à l'échelle annuelle :**

Pour cela, on associe pour chaque station toutes les observations annuelles et pour chaque année, on fait la mise en graphe qui permet le choix du modèle régressif.

Dans le tableau. 74 nous avons récapitulé les valeurs du coefficient de détermination  $R^2$ .

**A)-Station Trois rivières :**

Tableau. 74: Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle annuelle pour station hydrométrique Trois rivières :

Les années	Les modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
1985-1986	0,330	0,250	0,420	0,280	0,320
1986-1987	0,870	0,610	0,970	0,720	0,750
1987-1988	0,760	0,570	0,860	0,670	0,680
1988-1989	0,850	0,700	0,880	0,730	0,700
1989-1990	0,910	0,630	0,910	0,910	0,720
1990-1991	0,710	0,580	0,750	0,620	0,600
1991-1992	0,550	0,400	0,550	0,930	0,620
1992-1993	0,950	0,460	1,000	0,890	0,710
1993-1994	0,730	0,680	0,730	0,850	0,620
1994-1995	0,870	0,530	0,980	0,890	0,850
1995-1996	0,990	0,640	1,000	0,900	0,820
1996-1997	0,840	0,270	0,950	0,200	0,580
1997-1998	0,860	0,480	0,900	0,920	0,600
1998-1999	0,770	0,530	0,770	0,910	0,750
1999-2000	0,950	0,380	1,000	0,920	0,670
2000-2001	0,980	0,340	1,000	0,930	0,440
2001-2002	0,860	0,560	0,950	0,840	0,710
2002-2003	0,750	/	0,760	/	/
2003-2004	0,860	/	0,900	/	/
2004-2005	0,920	/	1,000	/	/

Au vu la valeur de  $R^2$  du tableau, il y a lieu de constater que deux modèle ajustent les données, à savoir les modèles puissance et parabolique à l'exception de quelques années.

La formulation de ces modèles est donnée dans le tableau. 75.

Tableau. 75: Modèles régressifs retenus à l'échelle annuelle pour la station Trois rivières :

Les Années	Modèles régressifs	Fonctions
1985-1986	$Q_s = 2.28 Q_l^2 - 3.02 Q_l + 2.59$	Parabolique
1986-1987	$Q_s = 2.21 Q_l^2 - 2.11 Q_l + 1.84$	Parabolique
1987-1988	$Q_s = 2.34 Q_l^2 - 1.85 Q_l + 1.26$	Parabolique
1988-1989	$Q_s = 0.88 Q_l^2 + 0.4 Q_l + 0.6$	Parabolique
1989-1990	$Q_s = 0.14 Q_l^2 + 3.93 Q_l - 0.96$	Parabolique
1990-1991	$Q_s = 0.97 Q_l^2 + 0.17 Q_l + 0.86$	Parabolique
1991-1992	$Q_s = 2.35 Q_l^{1.54}$	Puissance
1992-1993	$Q_s = 1.02 Q_l^2 + 0.71 Q_l + 0.07$	Parabolique
1993-1994	$Q_s = 1.90 Q_l^{1.35}$	Puissance
1994-1995	$Q_s = 1.84 Q_l^2 + 0.03 Q_l + 0.07$	Parabolique
1995-1996	$Q_s = 0.49 Q_l^2 + 2.05 Q_l - 0.24$	Parabolique
1996-1997	$Q_s = 1.78 Q_l^2 - 4.82 Q_l + 4.75$	Parabolique
1997-1998	$Q_s = 2.42 Q_l^{1.58}$	Puissance
1998-1999	$Q_s = 2.46 Q_l^{1.63}$	Puissance
1999-2000	$Q_s = 0.83 Q_l^2 + 2.65 Q_l - 0.47$	Parabolique
2000-2001	$Q_s = 0.52 Q_l^2 + 1.66 Q_l - 0.13$	Parabolique
2001-2002	$Q_s = 2.58 Q_l^2 - 1.08 Q_l + 0.35$	Parabolique
2002-2003	$Q_s = 0.39 Q_l^2 + 1.72 Q_l - 0.04$	Parabolique
2003-2004	$Q_s = 1.13 Q_l^2 + 1.22 Q_l - 0.05$	Parabolique
2004-2005	$Q_s = 1.34 Q_l^2 - 0.41 Q_l + 0.42$	Parabolique

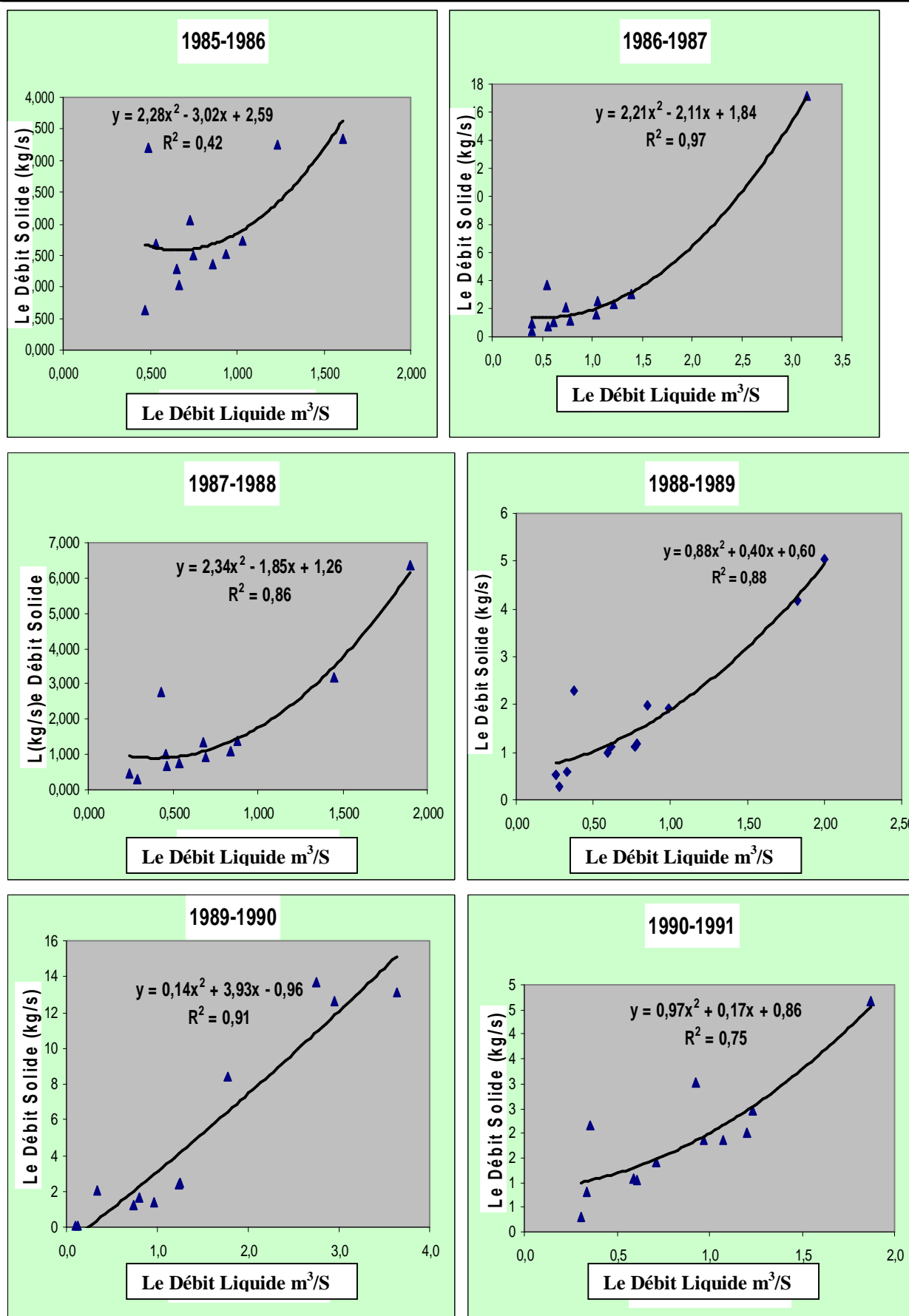


Figure. 85 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Trois rivières

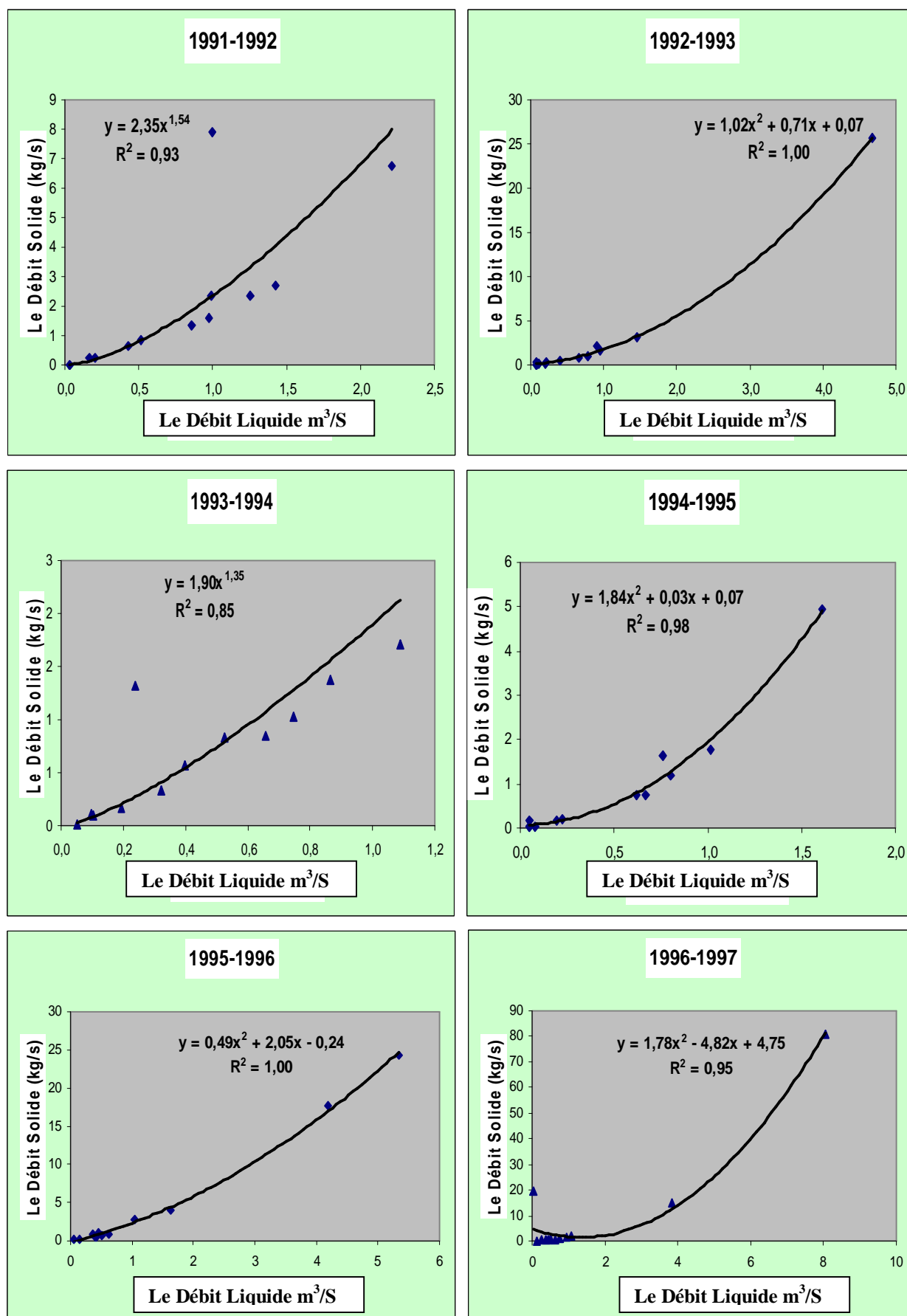


Figure. 85 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Trois rivières

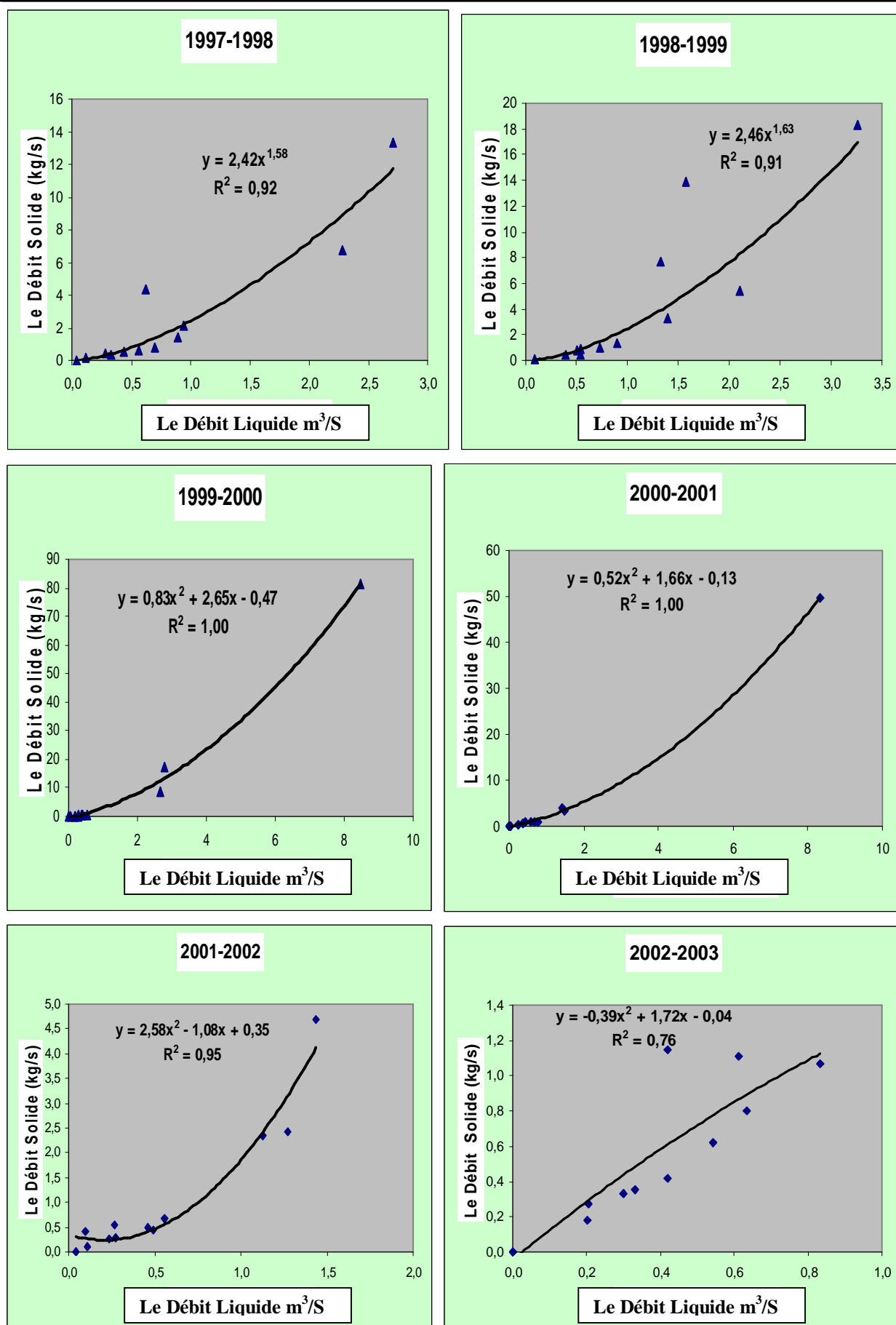


Figure. 85 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Trois rivières



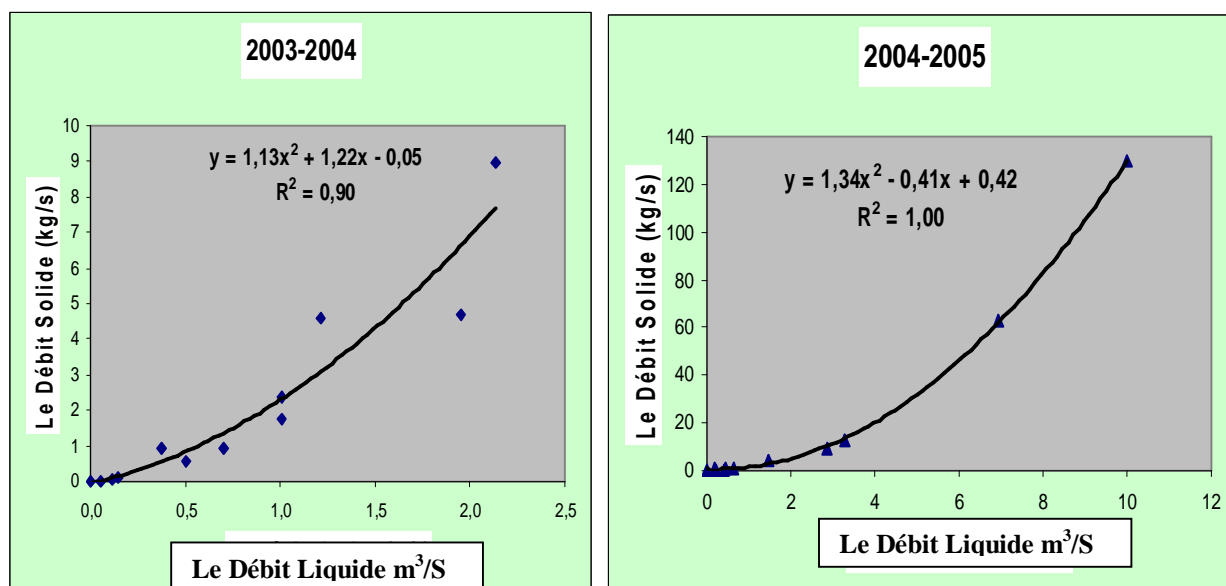


Figure. 85: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Trois rivières

## B)-Station Oued Saida:

Tableau. 76: Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle annuelle pour station hydrométrique Oued Saida :

Les années	Les modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
1985-1986	0,260	0,220	0,270	0,190	0,270
1986-1987	0,140	/	0,450	/	0,350
1987-1988	0,060	0,130	0,130	0,060	0,070
1988-1989	0,240	0,270	0,250	0,410	0,250
1989-1990	0,080	/	0,270	/	0,230
1990-1991	0,060	/	0,160	/	0,100
1991-1992	0,700	0,600	0,720	0,680	0,390
1992-1993	0,110	/	0,600	/	0,130
1993-1994	0,007	/	0,110	/	0,067
1994-1995	0,004	/	0,010	/	0,230
1995-1996	0,710	/	0,870	/	0,490
1996-1997	0,000	/	0,500	/	0,094
1997-1998	0,810	/	0,870	/	0,710
1998-1999	0,400	0,380	0,510	0,530	0,360
1999-2000	0,800	/	0,980	/	0,590
2000-2001	0,950	/	0,970	/	0,340
2001-2002	0,680	/	0,930	/	0,430
2002-2003	0,050	/	0,390	/	0,110
2003-2004	0,061	/	0,230	/	/
2004-2005	0,650	/	0,800	/	/

Au vu la valeur de  $R^2$  du Tableau. 76, il y a lieu de constater que deux modèle ajustent les données, à savoir les modèles puissance et parabolique à l'exception de quelques années. Par exemple l'année 94/95 (**Exponentiel**)

La formulation de ces modèles est donnée dans le Tableau. 77.

Tableau. 77 : Modèles régressifs retenus à l'échelle annuelle pour la station de Oued Saida :

Les Années	Modèles régressifs	Fonctions
1985-1986	$Q_s = 0.99 Q_l^2 - 0.01 Q_l + 0.31$	Parabolique
1986-1987	$Q_s = 3.4 Q_l^2 + 6.24 Q_l - 0.16$	Parabolique
1987-1988	$Q_s = 0.24 Q_l^2 + 0.49 Q_l + 0.16$	Parabolique
1988-1989	$Q_s = 0.43 Q_l^{0.59}$	Puissance
1989-1990	$Q_s = 1.85 Q_l^2 + 3.9 Q_l + 0.03$	Parabolique
1990-1991	$Q_s = 0.38 Q_l^2 + 0.94 Q_l + 0.19$	Parabolique

1991-1992	$Q_s=2.8Q_l^2+0.25Q_l+0.23$	Parabolique
1992-1993	$Q_s=3.46Q_l^2+2.11Q_l+0.05$	Parabolique
1993-1994	$Q_s=33.08Q_l^2-3.73Q_l+0.25$	Parabolique
1994-1995	$Q_s=0.04e^{6.78Q_l}$	Exponentiel
1995-1996	$Q_s=2.17Q_l^2-3.35Q_l+0.74$	Parabolique
1996-1997	$Q_s=46.97Q_l^2+96.42Q_l-3.45$	Parabolique
1997-1998	$Q_s=17.02Q_l^2+0.09Q_l+0.02$	Parabolique
1998-1999	$Q_s=2.61Q_l^{1.20}$	Puissance
1999-2000	$Q_s=6.87Q_l^2-7.61Q_l+0.81$	Parabolique
2000-2001	$Q_s=2.08Q_l^2+0.83Q_l+0.89$	Parabolique
2001-2002	$Q_s=13.82Q_l^2-8.18Q_l+0.92$	Parabolique
2002-2003	$Q_s=-33.48Q_l^2+16.38Q_l+0.13$	Parabolique
2003-2004	$Q_s=-2.01Q_l^2+4.62Q_l-0.34$	Parabolique
2004-2005	$Q_s=19.39Q_l^2-19.06Q_l+0.62$	Parabolique

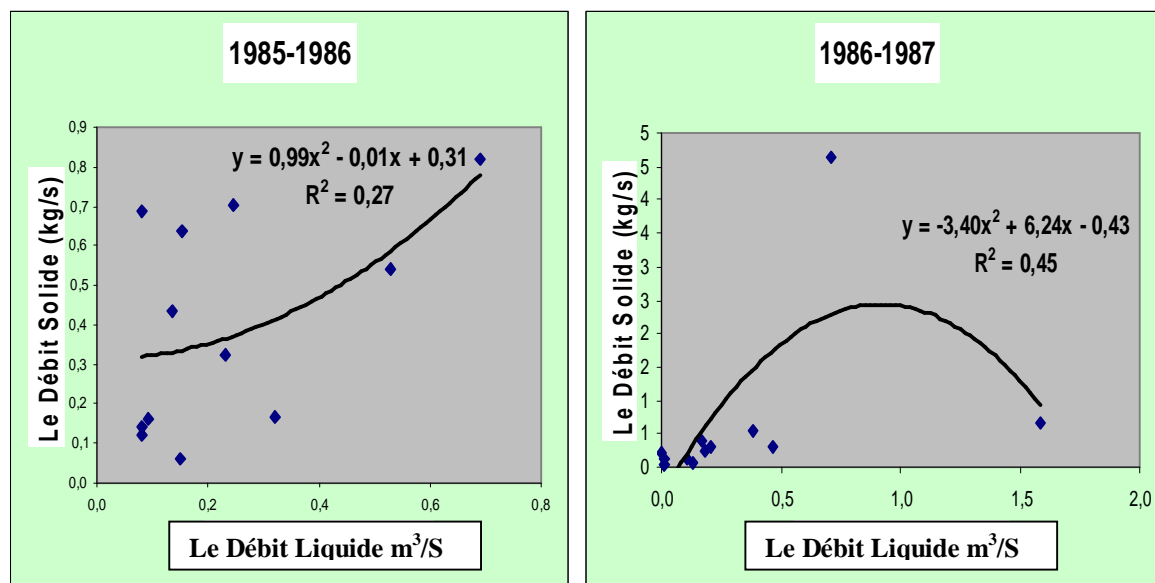


Figure.86 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saida

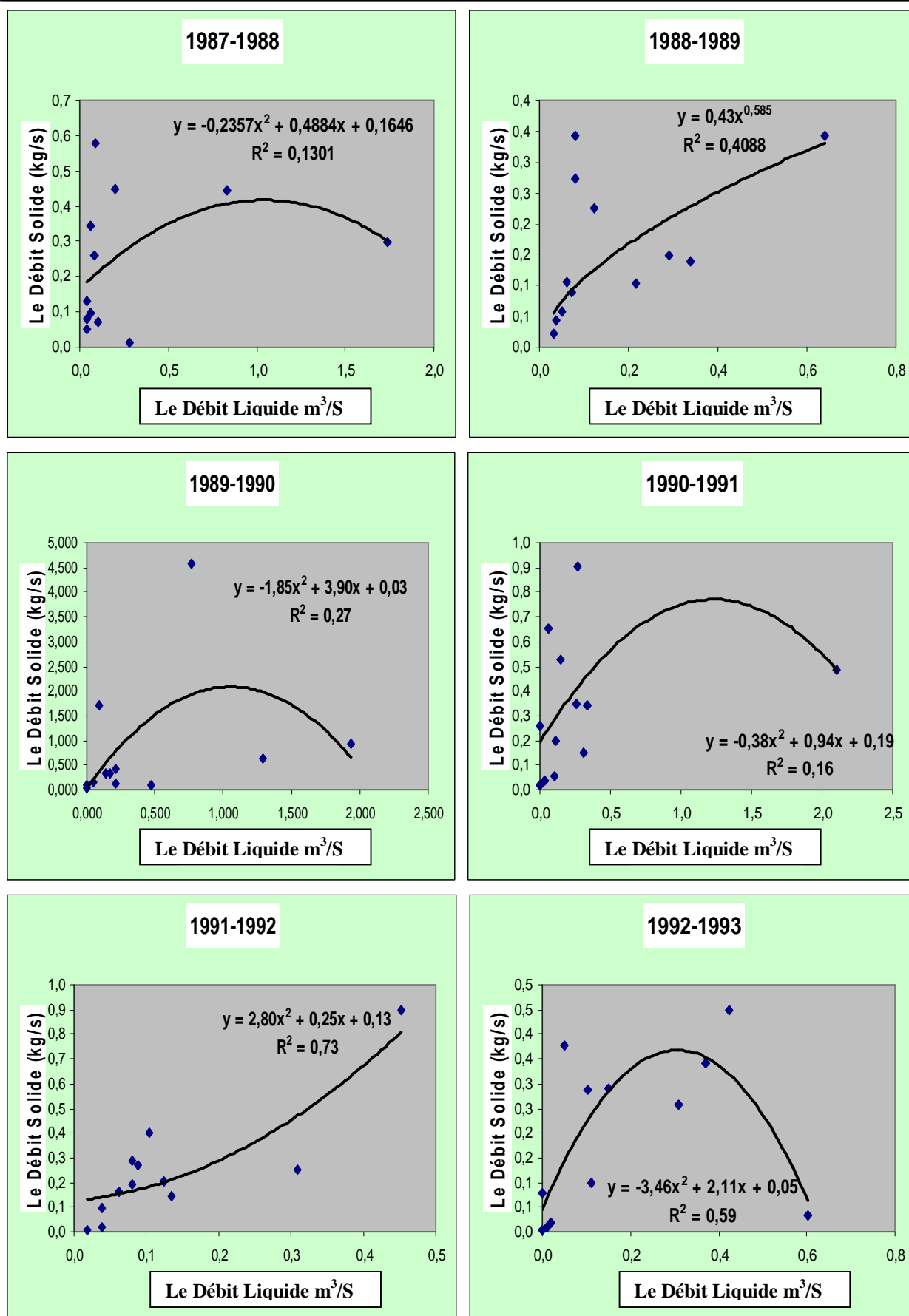


Figure. 86: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saida

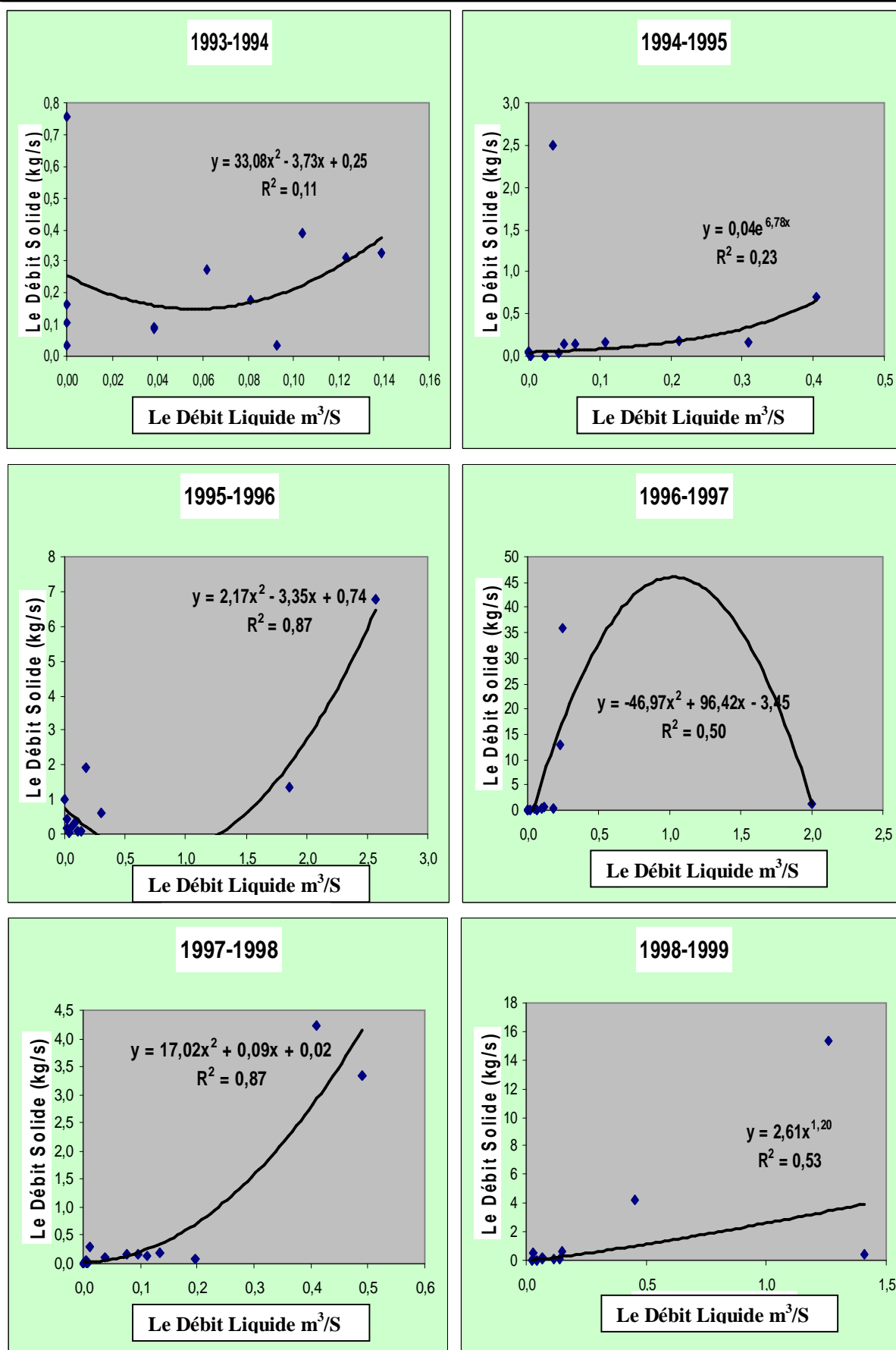


Figure. 86: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saïda

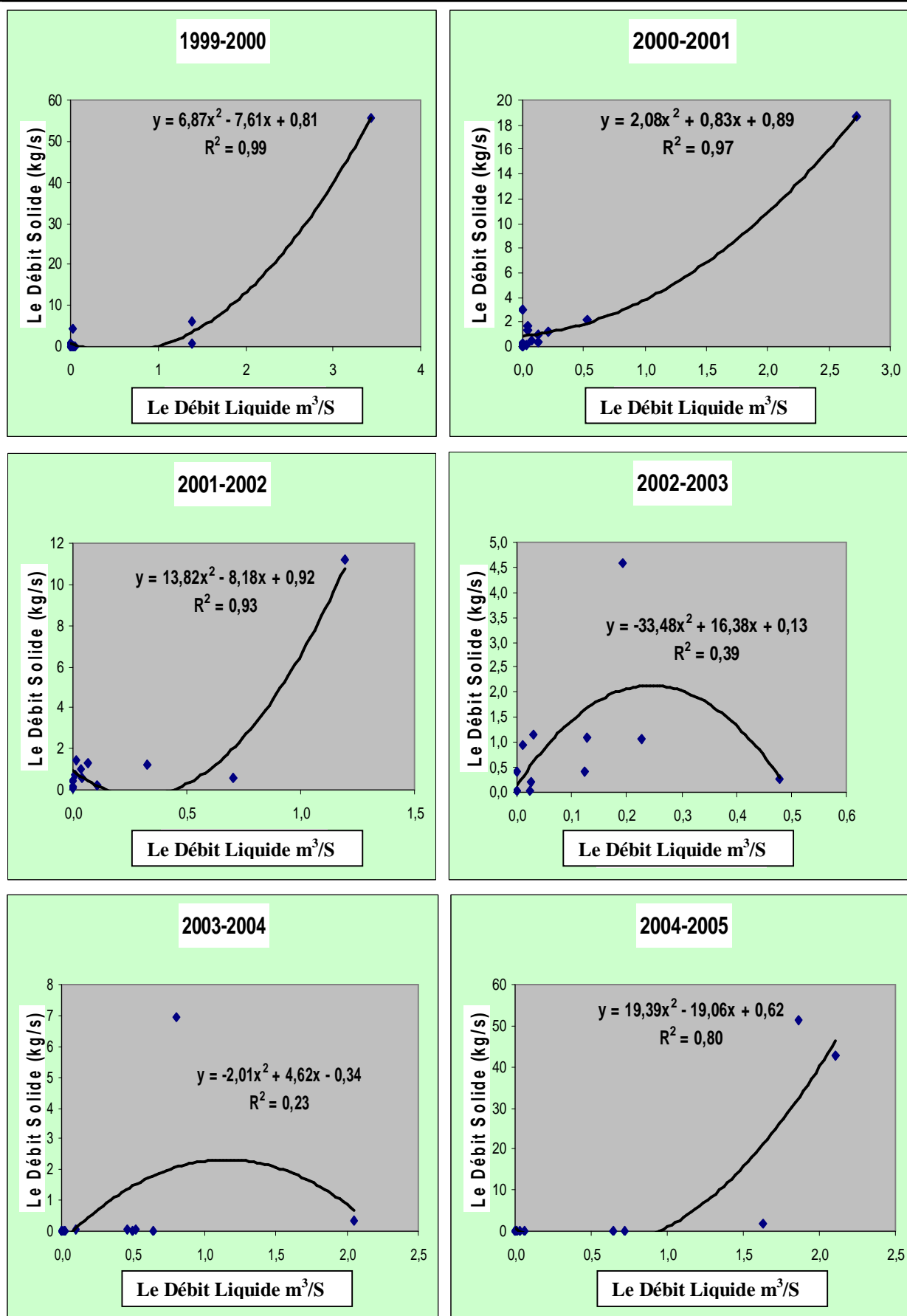


Figure. 86: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saïda

C)-Station Oued Taria:

Tableau. 78 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle annuelle pour station hydrométrique Oued Taria :

Oued Taria	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
1985-1986	0,160	0,240	0,230	0,760	0,530
1986-1987	0,850	0,530	0,890	0,810	0,520
1987-1988	0,410	/	0,420	/	/
1988-1989	0,330	/	0,470	/	/
1989-1990	0,960	/	0,960	/	/
1990-1991	0,570	0,540	0,570	0,870	/
1991-1992	0,600	0,630	0,620	0,820	0,610
1992-1993	0,980	/	1,000	/	0,500
1993-1994	0,950	/	0,960	/	/
1994-1995	0,980	/	0,980	/	/
1995-1996	0,990	/	1,000	/	/
1996-1997	0,880	/	0,960	/	/
1997-1998	0,990	/	1,000	/	0,430
1998-1999	0,910	/	0,910	/	0,450
1999-2000	0,960	/	0,990	/	/
2000-2001	0,990	/	1,000	/	/
2001-2002	0,470	/	0,670	/	/
2002-2003	0,420	/	0,740	/	/
2003-2004	0,960	/	0,980	/	0,710
2004-2005	0,810	/	0,840	/	/

Au vu la valeur de  $R^2$  du Tableau. 78, il y a lieu de constater que deux modèles ajustent les données, à savoir les modèles puissance et parabolique à l'exception de quelques années. La formulation de ces modèles est donnée dans. Tableau. 79.

Tableau. 79 : Modèles régressifs retenus à l'échelle annuelle pour la station de Oued Taria :

Les Années	Modèles régressifs	Fonctions
1985-1986	$Q_s = 29.04Q_l^{1.72}$	Puissance
1986-1987	$Q_s = 10.28Q_l^2 + 5.65Q_l + 0.49$	Parabolique
1987-1988	$Q_s = -9.35Q_l^2 + 13.01Q_l + 0.07$	Parabolique
1988-1989	$Q_s = -46Q_l^2 + 38.23Q_l - 0.67$	Puissance
1989-1990	$Q_s = 3.05Q_l^2 + 9.88Q_l - 0.07$	Parabolique
1990-1991	$Q_s = 23.68Q_l^{1.59}$	Puissance
1991-1992	$Q_s = 24.88Q_l^{1.57}$	Puissance

1992-1993	$Q_s = 6.31Q_l^2 + 4.47Q_l - 0.05$	Parabolique
1993-1994	$Q_s = -5.47Q_l^2 + 10.75Q_l - 0.07$	Parabolique
1994-1995	$Q_s = 1.96Q_l^2 + 8.56Q_l - 0.05$	parabolique
1995-1996	$Q_s = 2.54Q_l^2 + 8.79Q_l - 0.06$	Parabolique
1996-1997	$Q_s = 13.96Q_l^2 + 2.25Q_l + 0.10$	Parabolique
1997-1998	$Q_s = 7.16Q_l^2 + 8.21Q_l - 0.05$	Parabolique
1998-1999	$Q_s = 2.18Q_l^2 + 9.32Q_l + 0.04$	parabolique
1999-2000	$Q_s = -3.73Q_l^2 + 13.6Q_l - 0.04$	Parabolique
2000-2001	$Q_s = 1.93Q_l^2 + 10.62Q_l$	Parabolique
2001-2002	$Q_s = -263.38Q_l^2 + 45.48Q_l - 0.26$	Parabolique
2002-2003	$Q_s = -29.45Q_l^2 + 16.22Q_l - 0.04$	Parabolique
2003-2004	$Q_s = 21.32Q_l^2 + 1.95Q_l + 0.02$	Parabolique
2004-2005	$Q_s = 27.46Q_l^2 - 0.07Q_l + 0.02$	Parabolique

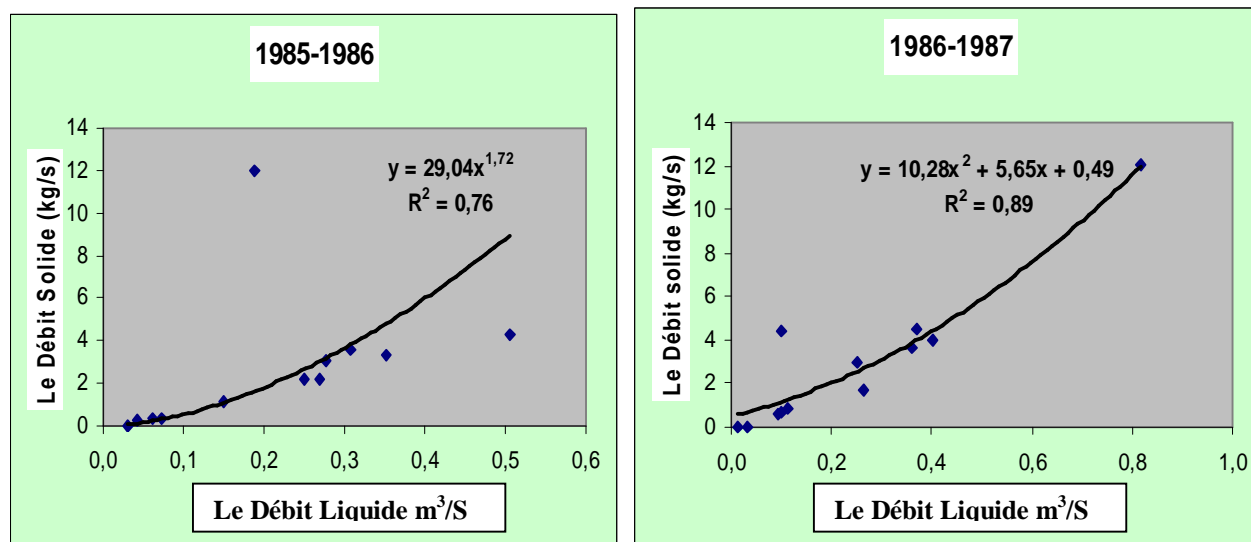


Figure. 87: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria



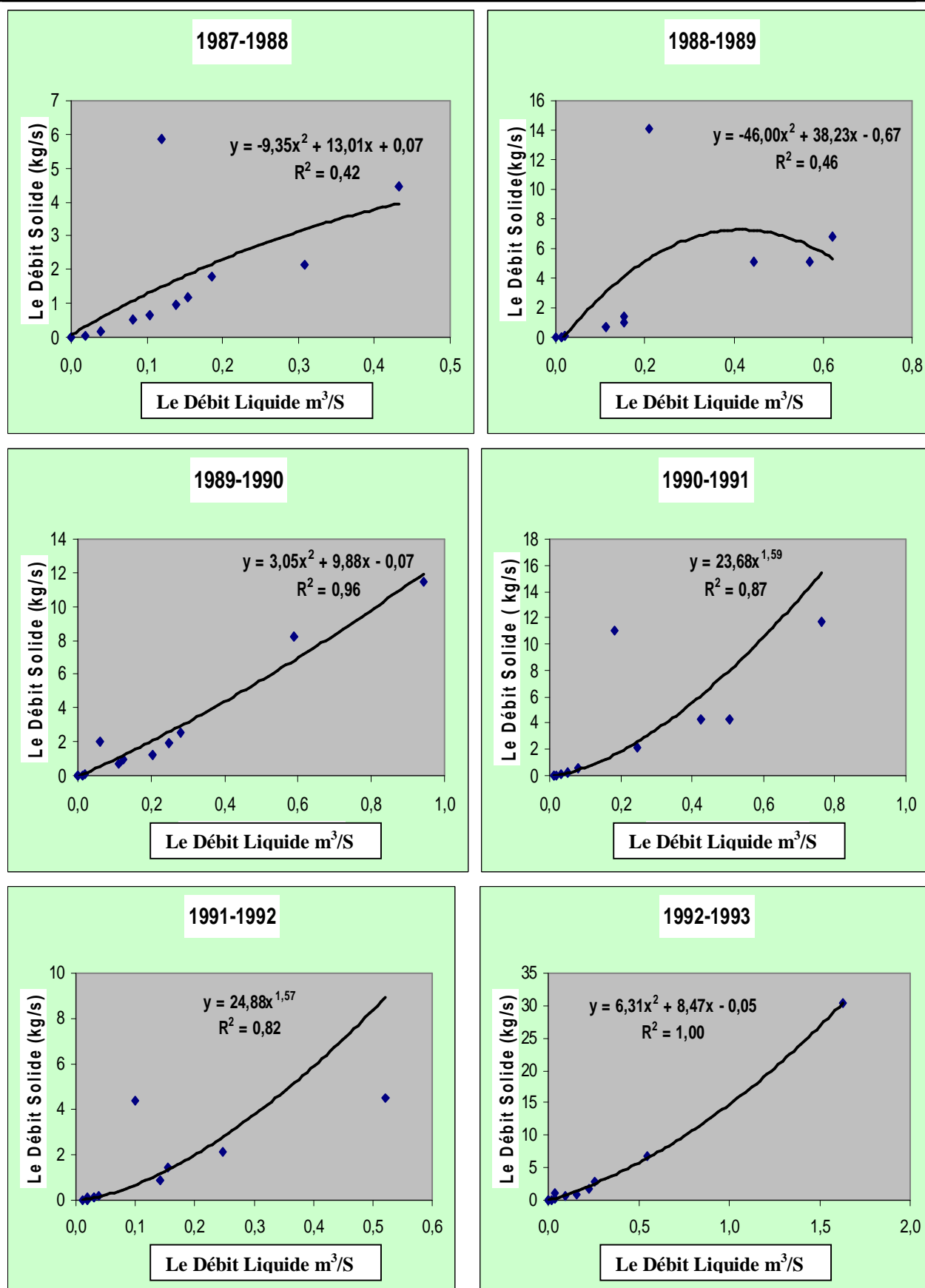


Figure. 87: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria

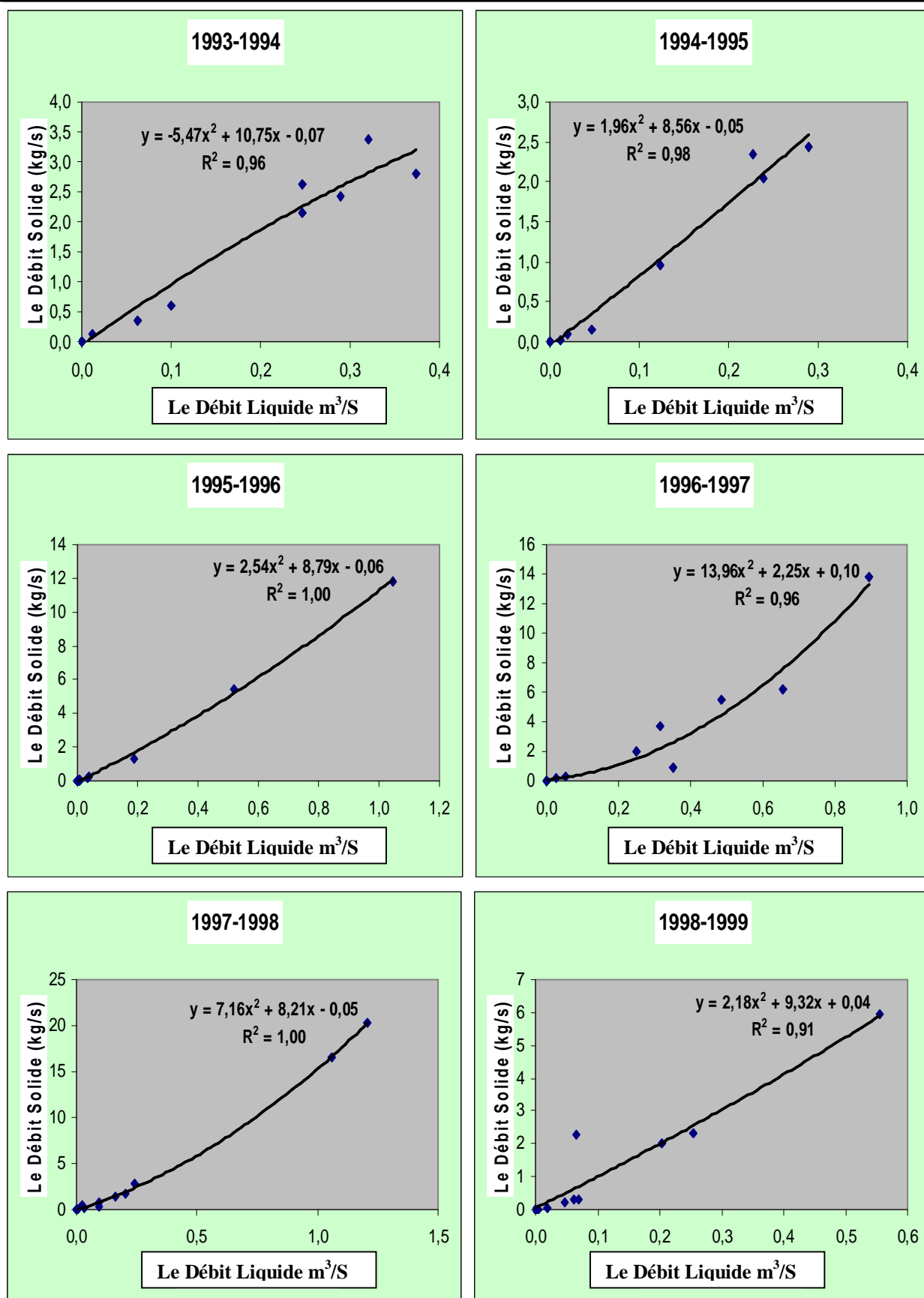


Figure. 87: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria

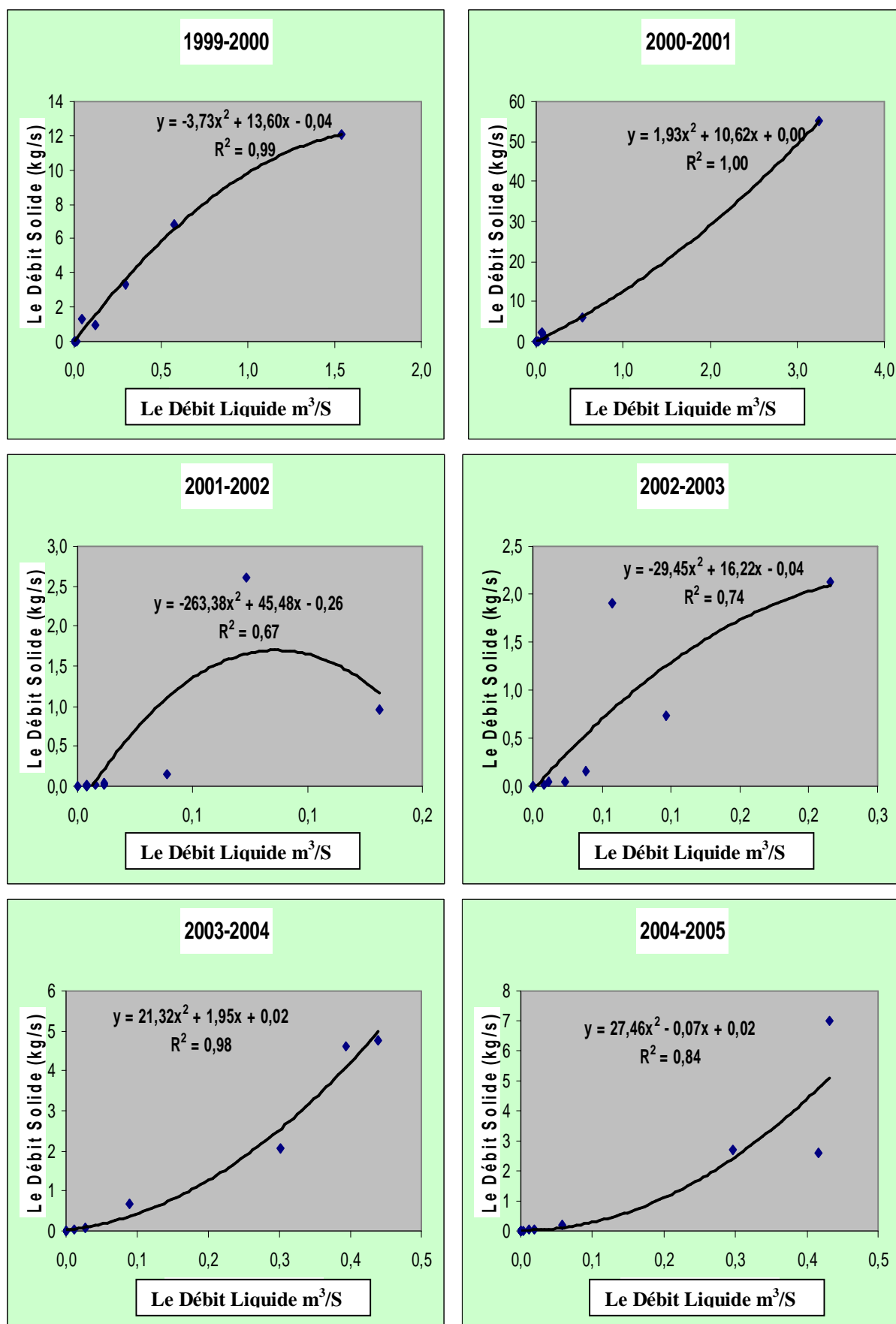


Figure. 87 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle annuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria

### 5.2.1.3. Etablissement des relations de corrélation à l'échelle mensuelle :

Dans cette étape, on regroupe pour chaque station hydrométrique le couple de chaque mois sur toute la période d'observation (20 ans).

Il faut noter beaucoup de chercheurs dans la recherche de corrélation ont utilisé les débits mensuels que ce soit pour la charge solide ou liquide.

#### A) Station Trois rivières :

Tableau. 80 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle mensuelle pour la station hydrométrique Trois rivières

Les mois	Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Septembre	0,970	0,440	0,990	1,000	0,59
Octobre	0,950	0,520	0,990	1,000	0,71
Novembre	0,960	0,680	0,990	1,000	0,83
Décembre	0,980	0,890	0,990	1,000	0,96
Janvier	0,970	0,830	1,000	1,000	0,96
Février	0,970	0,750	1,000	1,000	0,88
Mars	0,960	0,640	0,990	1,000	0,8
Avril	0,970	0,640	0,990	1,000	0,79
Mai	0,980	0,540	1,000	1,000	0,63
Juin	0,900	/	0,940	/	/
Juillet	0,024	/	0,031	/	/
Août	0,940	0,470	0,990	1,000	0,71

Au vu du Tableau. 80 le modèle puissance offre la meilleure corrélation, la formulation de celui –ci est donnée dans le Tableau.81 est présenté en figure. 88 pour la station de **Trois rivières**.

Tableau. 81 : Modèles régressifs retenus à l'échelle mensuelle pour la station de Trois rivières :

Les mois	Modèles régressifs	Fonctions
Septembre	$Q_s = 3.40Q_l^{1.58}$	Puissance
Octobre	$Q_s = 2.57Q_l^{1.65}$	Puissance
Novembre	$Q_s = 2.36Q_l^{1.54}$	Puissance
Décembre	$Q_s = 1.69Q_l^{1.63}$	Puissance
Janvier	$Q_s = 1.74Q_l^{1.65}$	Puissance
Février	$Q_s = 1.47Q_l^{1.73}$	Puissance
Mars	$Q_s = 1.65Q_l^{1.61}$	Puissance
Avril	$Q_s = 1.96Q_l^{1.56}$	Puissance
Mai	$Q_s = 2.40Q_l^{1.65}$	Puissance
Juin	$Q_s = 3.06Q_l^2 + 4.02Q_l + 0.05$	Parabolique
Juillet	$Q_s = 21.37Q_l^2 - 13.35Q_l + 2.29$	Parabolique
Août	$Q_s = 4.61Q_l^{1.61}$	Puissance

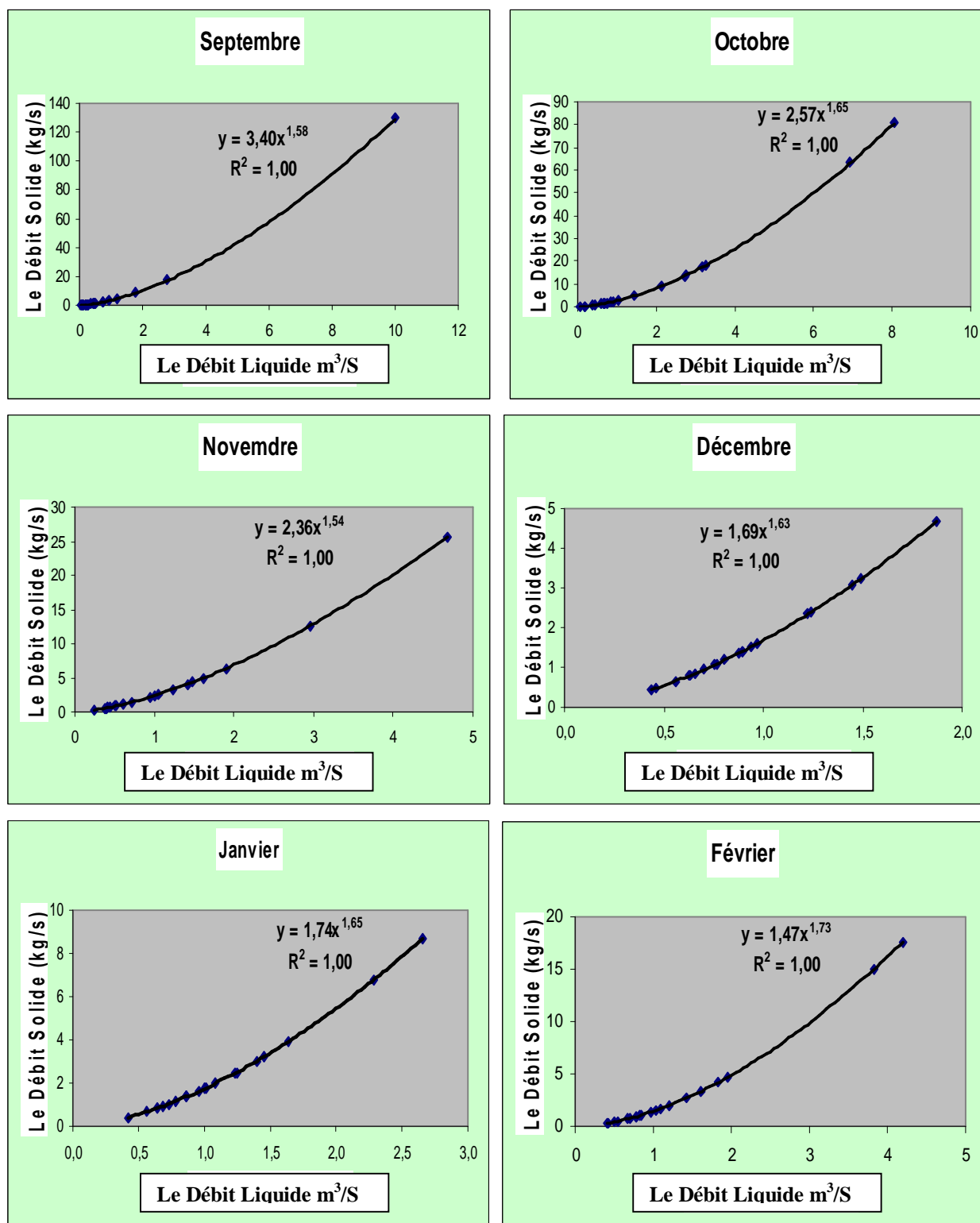


Figure.88: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle mensuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Trois rivières

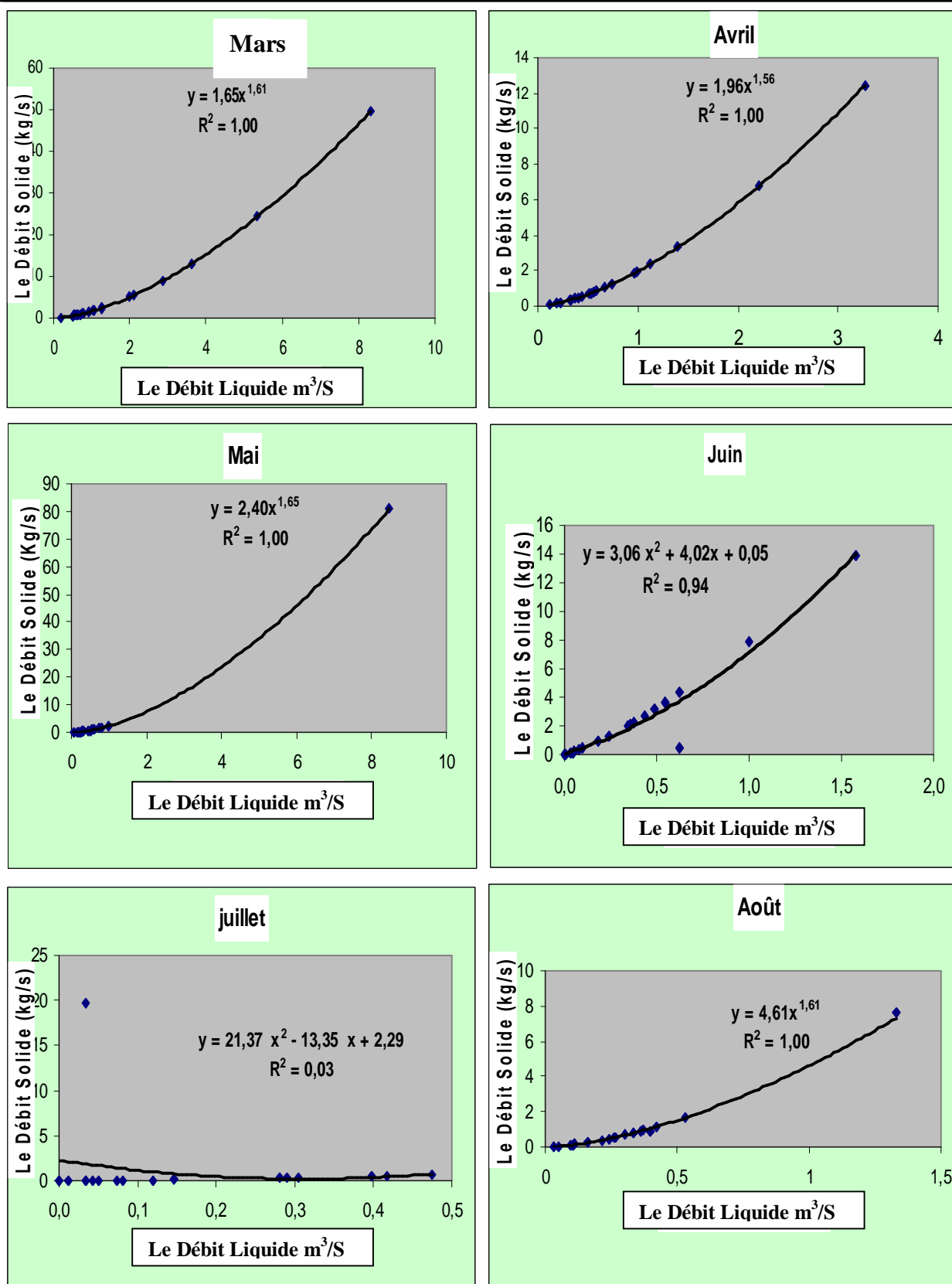


Figure.88: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle mensuelle. Bassin versant de l'Oued El Hammam station Trois rivières

## B) Station Oued Saida:

Tableau. 82 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle mensuelle pour la Station hydrométrique Oued Saida

Les mois	Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Septembre	0,370	/	0,370	/	0,36
Octobre	0,490	/	0,560	/	0,52
Novembre	0,080	0,030	0,080	0,025	0,070
Décembre	0,020	0,030	0,150	/	/
Janvier	0,000	0,050	0,080	0,010	0,06
Février	0,350	0,230	0,360	0,310	0,19
Mars	0,570	0,230	0,810	0,340	0,380
Avril	0,760	/	0,810	/	/
Mai	0,960	/	1,000	/	/
Juin	0,900	/	0,950	/	/
Juillet	0,810	/	0,990	/	/
Août	0,870	/	0,880	/	/

Au vu du Tableau.82, le modèle parabolique offre la meilleure corrélation, la formulation de celui – ci est donnée dans Tableau. 83 est présenté en figure.89 pour la station de Oued Saida.

Tableau. 83 : Modèles régressifs retenus à l'échelle mensuelle pour le station de Oued Saida:

Les mois	Modèles régressifs	Fonctions
Septembre	$Q_s = -2.17Q_1^2 + 6.79Q_1 - 0.41$	Parabolique
Octobre	$Q_s = 8.41Q_1^2 + 0.35Q_1 + 2.71$	Parabolique
Novembre	$Q_s = 0.18Q_1^2 + 0.03Q_1 - 0.26$	Parabolique
Décembre	$Q_s = 0.72Q_1^2 + 1.65Q_1 + 0.22$	Parabolique
Janvier	$Q_s = -0.60Q_1^2 - 1.01Q_1 + 0.57$	Parabolique
Février	$Q_s = 0.17Q_1^2 + 0.13Q_1 + 0.35$	Parabolique
Mars	$Q_s = 4.04Q_1^2 - 6.54Q_1 + 1.31$	Parabolique
Avril	$Q_s = 0.44Q_1^2 + 0.41Q_1 + 0.12$	Parabolique
Mai	$Q_s = 5.44Q_1^2 - 2.58Q_1 + 0.30$	Parabolique
Juin	$Q_s = 13.52Q_1^2 - 0.06Q_1 + 0.92$	Parabolique
Juillet	$Q_s = 344.77Q_1^2 - 23.42Q_1 + 0.22$	Parabolique
Août	$Q_s = 4.43Q_1^2 + 6.33Q_1 + 0.37$	Parabolique

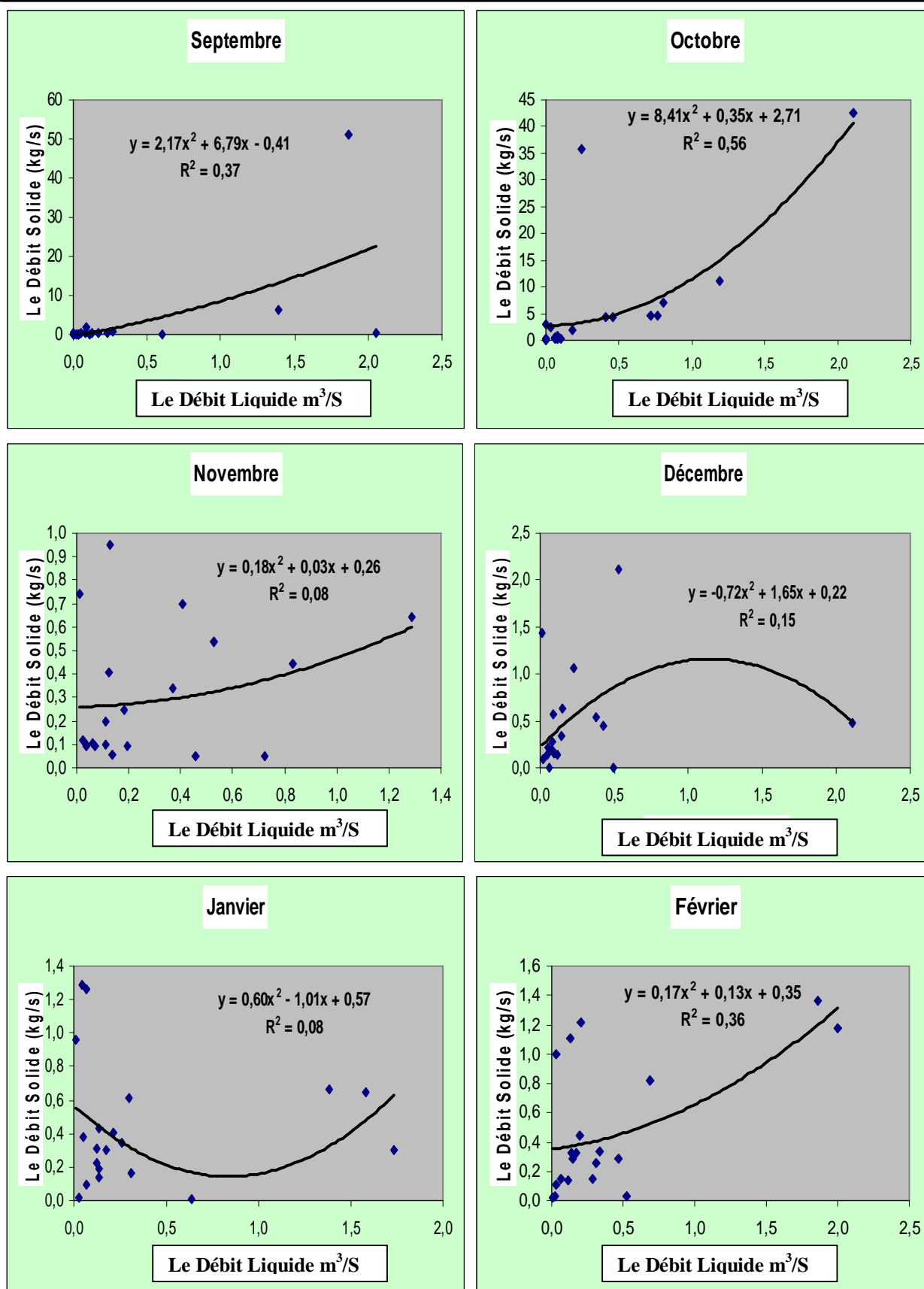


Figure.89: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle mensuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saïda



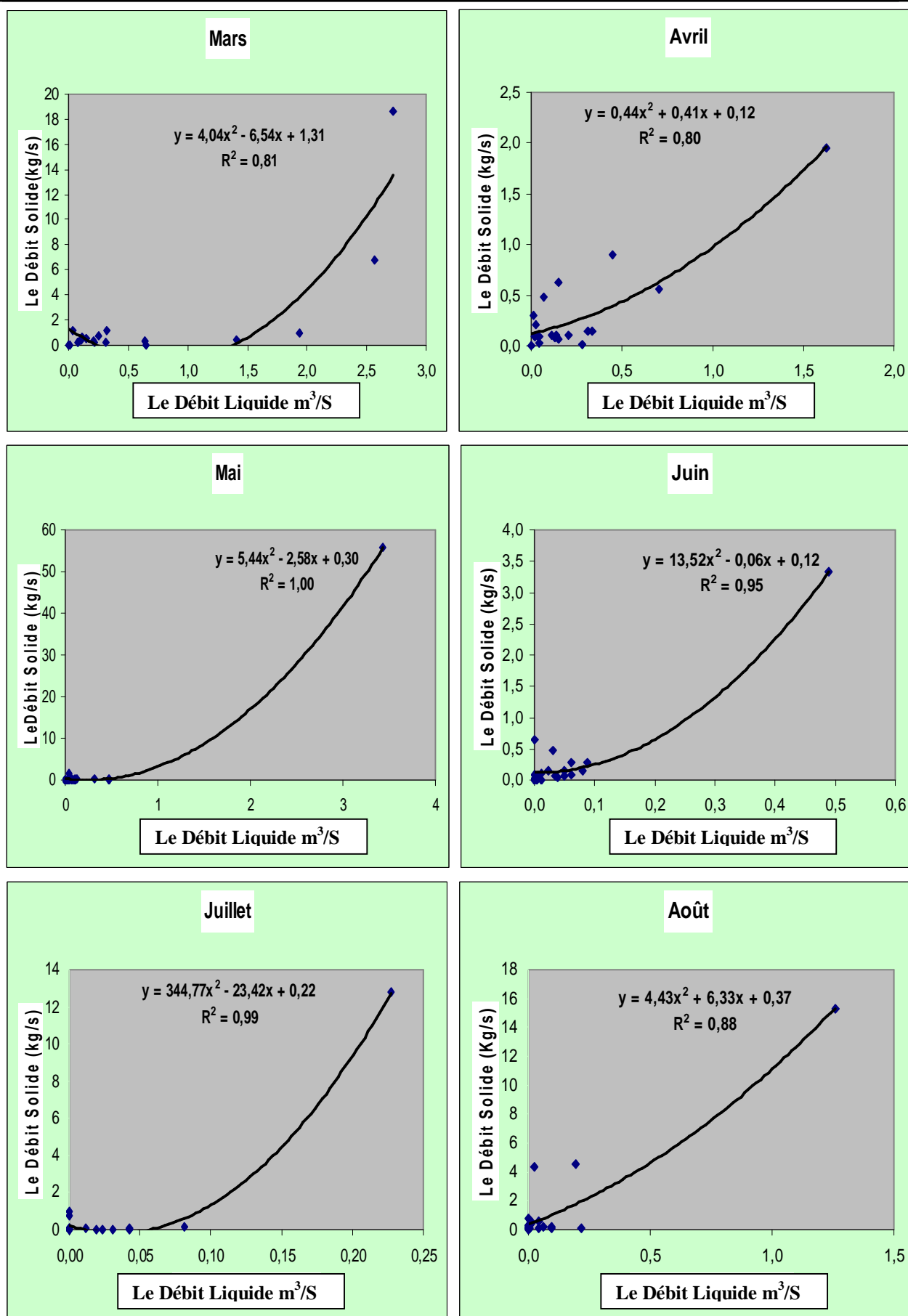


Figure.89 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle mensuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saïda

## C) Station Oued Taria :

Tableau. 84 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle mensuelle pour la station hydrométrique Oued Taria

Les mois	Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Septembre	0,960	/	1,000	/	/
Octobre	0,950	/	0,990	/	/
Novembre	0,970	0,480	1,000	1,000	0,630
Décembre	0,980	0,470	1,000	0,990	0,560
Janvier	0,950	0,390	1,000	1,000	0,61
Février	0,970	0,530	1,000	1,000	0,67
Mars	0,990	/	1,000	/	0,420
Avril	0,950	/	1,000	/	/
Mai	0,970	/	1,000	/	/
Juin	0,970	/	1,000	/	/
Juillet	0,980	/	1,000	/	/
Août	0,960	/	1,000	/	/

Au vu du Tableau. 84, le modèle parabolique offre la meilleure corrélation, la formulation de celui-ci est donnée dans Tableau. 85 et est présenté en figure.90 pour la station de **Oued Taria**.

Tableau. 85 : Modèles régressifs retenus à l'échelle mensuelle pour la station d'Oued Taria :

Les mois	Modèles régressifs	Fonctions
Septembre	$Q_s = 25.05Q_l^2 + 5.52Q_l - 0.04$	Parabolique
Octobre	$Q_s = 10.96Q_l^2 + 5.75Q_l - 0.04$	Parabolique
Novembre	$Q_s = 6.21Q_l^2 + 8.84Q_l - 0.25$	Parabolique
Décembre	$Q_s = 8.42Q_l^2 + 9.10Q_l - 0.13$	Parabolique
Janvier	$Q_s = 14.83Q_l^{1.45}$	Puissance
Février	$Q_s = 5.42Q_l^2 + 5.86Q_l - 0.13$	Parabolique
Mars	$Q_s = 2.15Q_l^2 + 10.10Q_l - 0.27$	Parabolique
Avril	$Q_s = 224.96Q_l^2 + 21.17Q_l - 0.07$	Parabolique
Mai	$Q_s = 21.81Q_l^2 + 5.12Q_l + 0.92$	Parabolique
Juin	$Q_s = 18.33Q_l^2 + 4.72Q_l - 0.01$	Parabolique
Juillet	$Q_s = 4.39Q_l^2 + 1.06Q_l$	Parabolique
Août	$Q_s = 39.04Q_l^2 + 3.37Q_l$	Parabolique

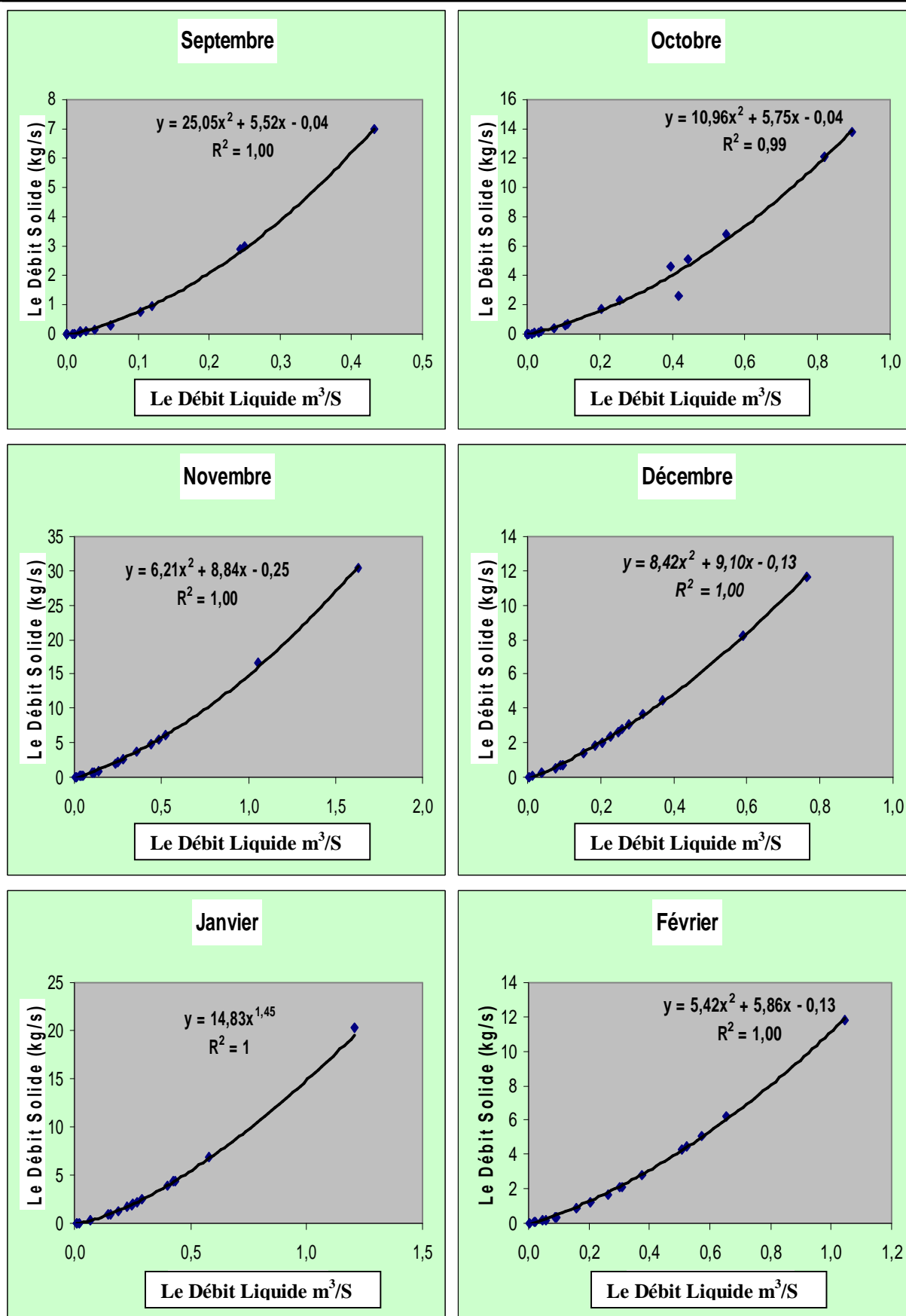


Figure.90 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle mensuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria

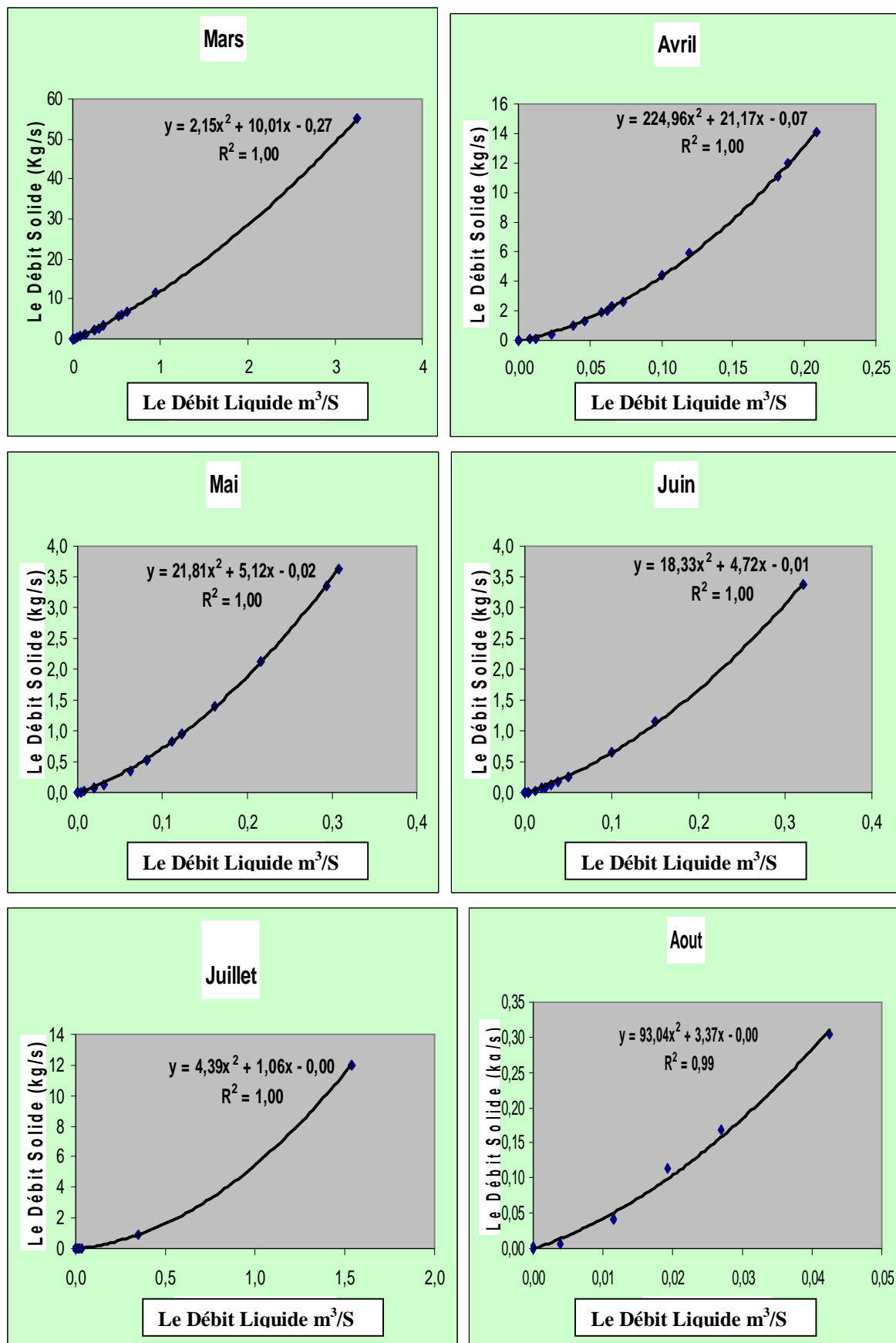


Figure.90 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle mensuelle. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria

**5.2.1.4. Etablissement des relations de corrélation à l'échelle saisonnière :**

On regroupe les observations (débit liquide, débit solide) mensuelle selon le découpage Hydrologique habituel de l'année en quatre saison, à savoir :

- Automne : Septembre, Octobre et Novembre ;
- Hiver : Décembre, Janvier et Février ;
- Printemps : Mars, Avril et Mai ;
- Eté : Juin, Juillet et Août ;

Les résultats de calcul du coefficient de détermination  $R^2$  sont données dans les Tableaux suivants

**A) Station de Trois rivières**

Tableau. 86 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle saisonnière pour la station hydrométrique Trois rivières

Les saisons	Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Hiver	1	0,82	1	1	0,82
Printemps	0,81	0,58	0,91	0,98	0,94
Eté	0,56	0,37	0,57	0,81	0,56
Automne	0,95	0,60	0,98	0,98	0,75

Le modèle puissance offre une bonne corrélation pour le regroupement des données par saison, dont la formulation se trouve dans Tableau. 87 et est présenté en figure.91 pour la station Trois rivières

Tableau. 87 : Modèles régressifs retenus à l'échelle saisonnière pour la station Hydrométrique Trois rivières

Les saisons	Modèles régressifs	Fonctions
Hiver	$Q_s = Q_1$	Puissance
Printemps	$Q_s = 0.97Q_1^{1.77}$	Puissance
Eté	$Q_s = 4.15Q_1^{1.43}$	Puissance
Automne	$Q_s = 1.52Q_1^{1.69}$	Puissance

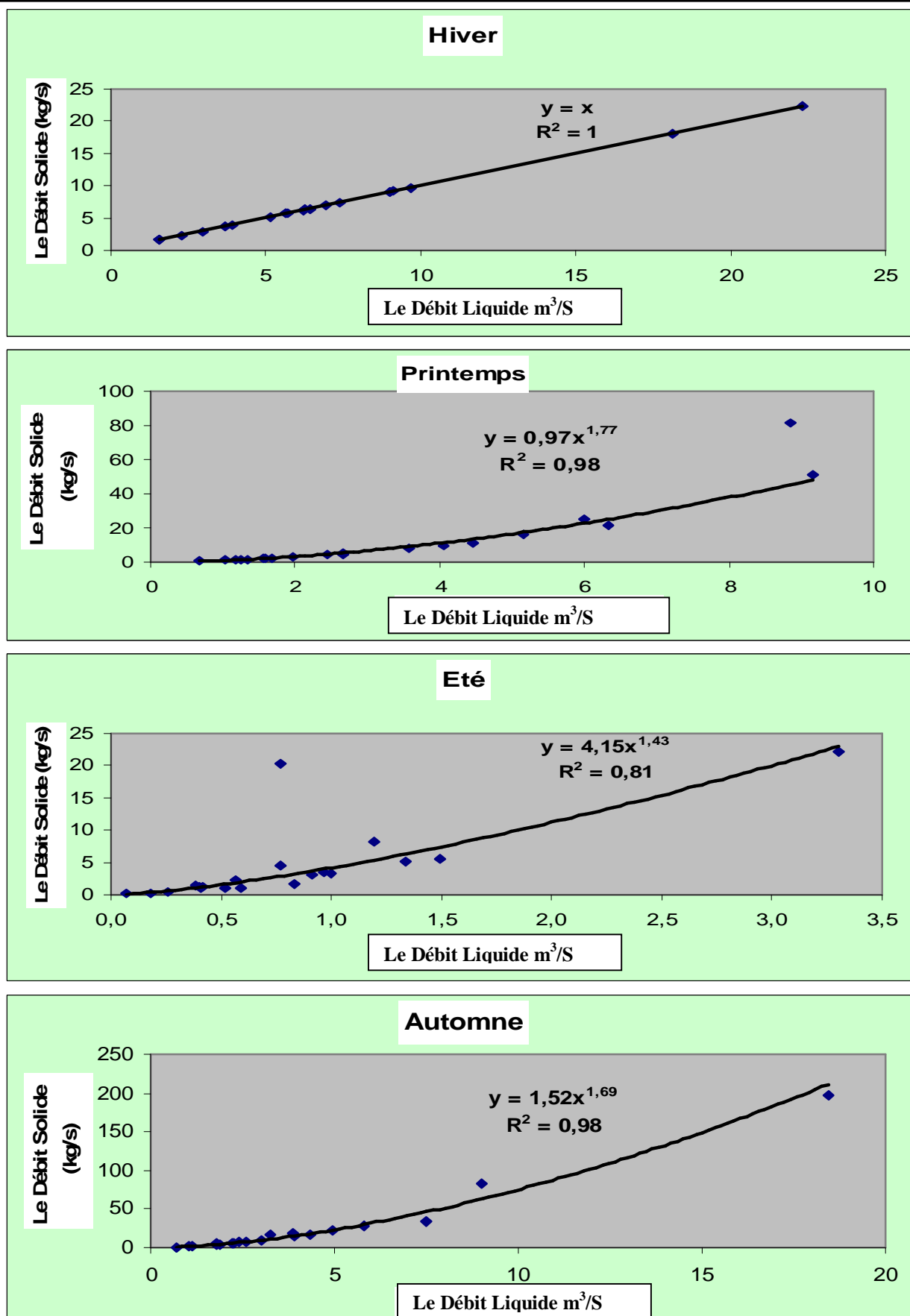


Figure.91 : Relation débit solide-liquide solide à l'échelle saisonnière. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Trois rivières

B) Station d'Oued Saida

Tableau. 88 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle saisonnière pour la station hydrométrique De Oued Saida

Les saisons	Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Hiver	/	/	0,001	0,06	0,03
Printemps	0,46	0,18	0,720	0,7	0,64
Eté	0,54	0,27	0,550	0,34	0,29
Automne	0,510	0,200	0,760	0,450	0,420

Le modèle **Parabolique** offre une bonne corrélation pour le regroupement des données par saison, (à l'exception d'Hiver (modèle puissance). Dont la formulation se trouve dans Tableau. 89 et est présenté en figure.92 pour la station Oued Saida

Tableau. 89 : Modèles régressifs retenus à l'échelle saisonnière pour la station Hydrométrique Oued Saida

Les saisons	Modèles régressifs	Fonctions
Hiver	$Q_s = 0.93Q_1^{0.31}$	Puissance
Printemps	$Q_s = 8.54Q_1^2 - 19.42Q_1 + 6.53$	Parabolique
Eté	$Q_s = 3.31Q_1^2 + 6.70Q_1 + 0.87$	Parabolique
Automne	$Q_s = 6.71Q_1^2 - 15.94Q_1 + 10.34$	Parabolique

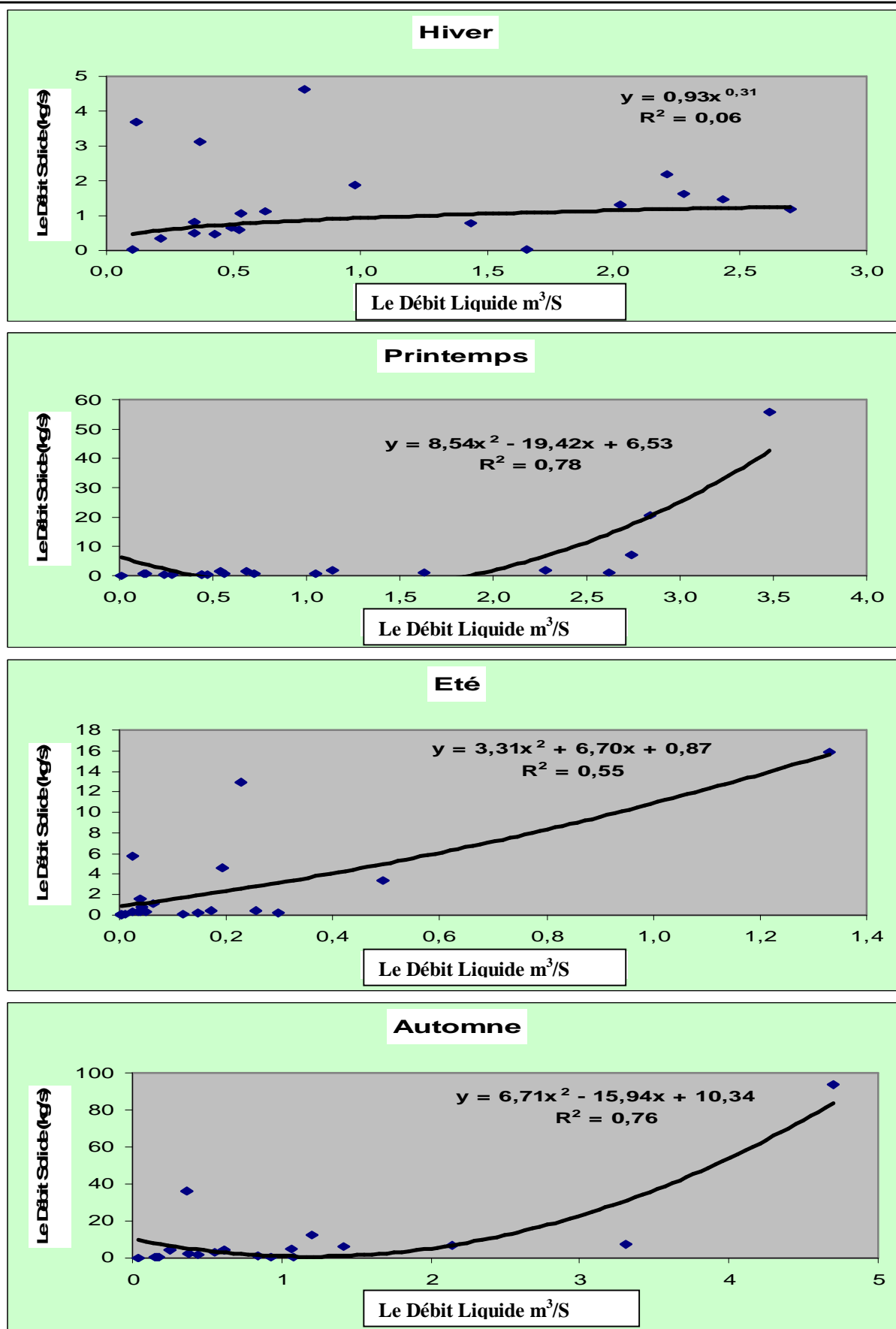


Figure.92: Relation débit solide-débit liquide à l'échelle saisonnière. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Saïda



## C) Station Oued Taria

Tableau. 90 : Valeur  $R^2$  calculées à l'échelle saisonnière pour la station hydrométrique Oued Taria

Les saisons	Modèles régressifs				
	Linéaire	Logarithmique	Parabolique	Puissance	Exponentiel
Hiver	0,910	0,640	0,940	0,98	0,78
Printemps	0,95	/	0,950	/	0,34
Eté	0,97	/	0,970	/	/
Automne	0,970	0,650	1,000	0,990	0,770

Le modèle **Parabolique** offre une bonne corrélation pour le regroupement des données par saison, (à l'exception d'Hiver (modèle puissance). Dont la formulation se trouve dans le Tableau. 91 et est présenté en figure.93 pour la station **Oued Taria**.

Tableau. 91 : Modèles régressifs retenus à l'échelle saisonnière pour la station hydrométrique Oued Taria

Les saisons	Modèles régressifs	Fonctions
Hiver	$Q_s = 10.08 Q_1^{1.36}$	Puissance
Printemps	$Q_s = -0.65 Q_1^2 + 19.69 Q_1 - 1.10$	Parabolique
Eté	$Q_s = 1.37 Q_1^2 + 5.70 Q_1 - 0.03$	Parabolique
Automne	$Q_s = 4.07 Q_1^2 + 8.06 Q_1 - 0.34$	Parabolique

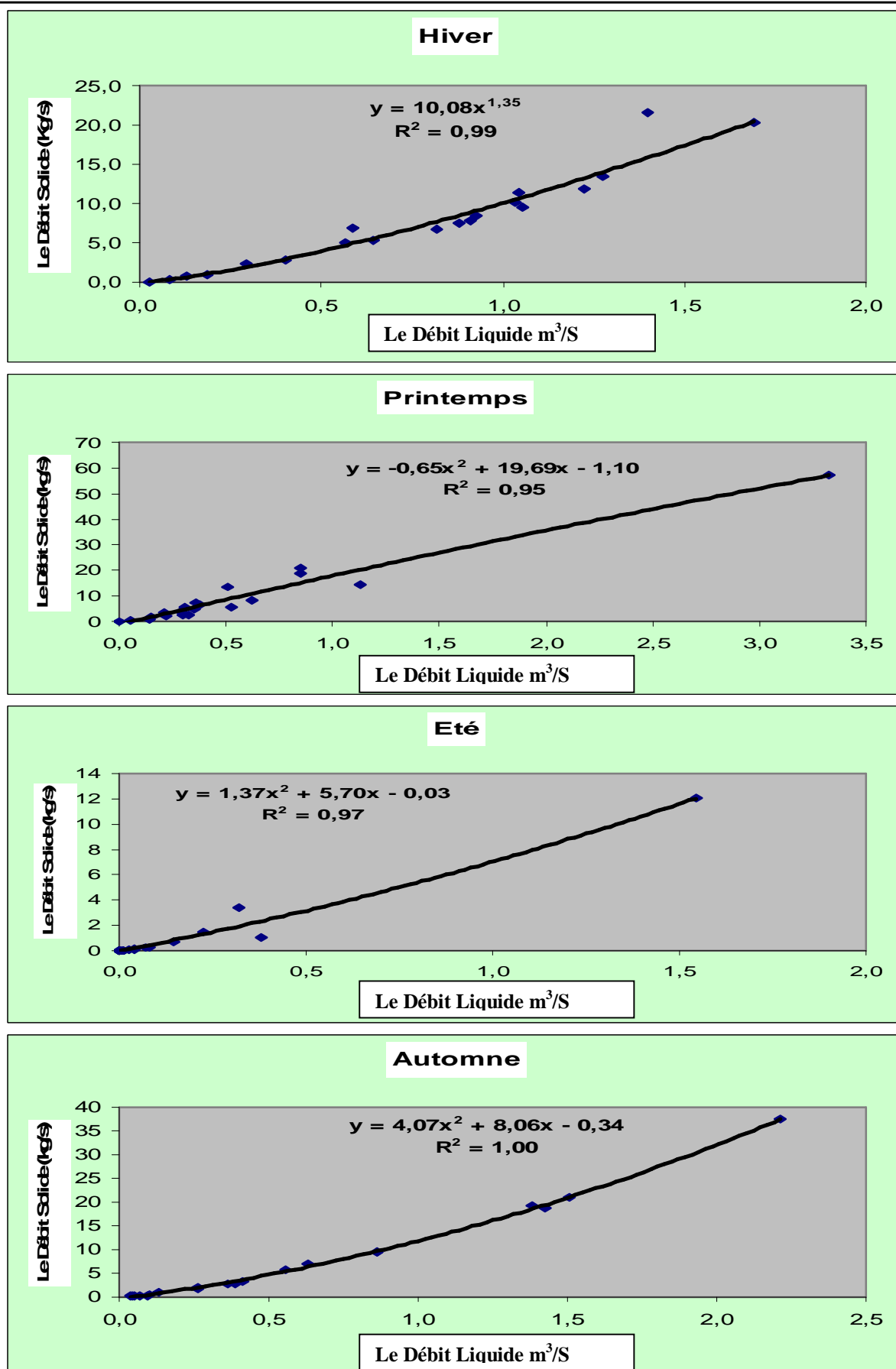


Figure.93 : Relation débit solide-débit liquide à l'échelle saisonnière. Bassin versant De l'Oued El Hammam station Oued Taria

### 5.2.1.5. Etablissement des relations de corrélation par années humides et années sèches :

Le regroupement des données par années humides et années sèches n'a guère améliorée la régression. Le modèle puissance est beaucoup plus significatif que le modèle parabolique comme se présente dans le Tableau. 92. Au vu la valeur de  $R^2$

Tableau. 92 : Valeur  $R^2$  calculées pour années humides et années sèches des différentes stations hydrométriques

Les stations	Modèles régressifs									
	Linéaire		Logarithmique		Parabolique		Puissance		Exponentiel	
	humide	sec	humide	sec	humide	sec	humide	sec	humide	sec
Trois rivières	0.77	0.58	0.78	0.52	0.79	0.62	0.89	0.71	0.83	0.61
Oued Saida	0.17	0.03	0.17	0.02	0.22	0.05	0.31	/	0.29	0.01
Oued Taria	0.75	0.74	0.57	0.61	0.78	0.74	0.86	0.86	0.63	0.43

La formulation du modèle retenu est donnée au Tableau. 93.

Tableau. 93 : Modèles régressifs retenus pour années humides et années sèches pour les différentes stations hydrométriques :

Les stations	Humide/Sec	Modèles régressifs	Fonctions
Trois rivières	Humide	$Q_s = 312.03 Q_l^{1.95}$	Puissance
	Sec	$Q_s = 37.17 Q_l^{1.11}$	Puissance
Oued Saida	Humide	$Q_s = 2.10 Q_l^{0.59}$	Puissance
	Sec	$Q_s = -20Q_l^2 + 10.94Q_l - 0.16$	Parabolique
Oued Taria	Humide	$Q_s = 15.01 Q_l^{1.16}$	Puissance
	Sec	$Q_s = 24.28 Q_l^{1.40}$	Puissance

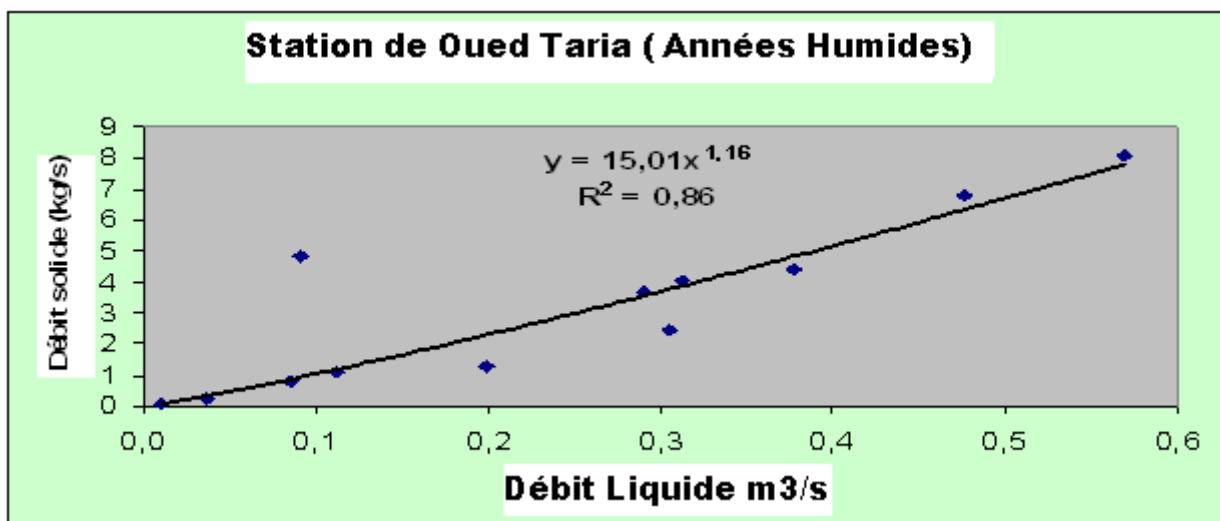
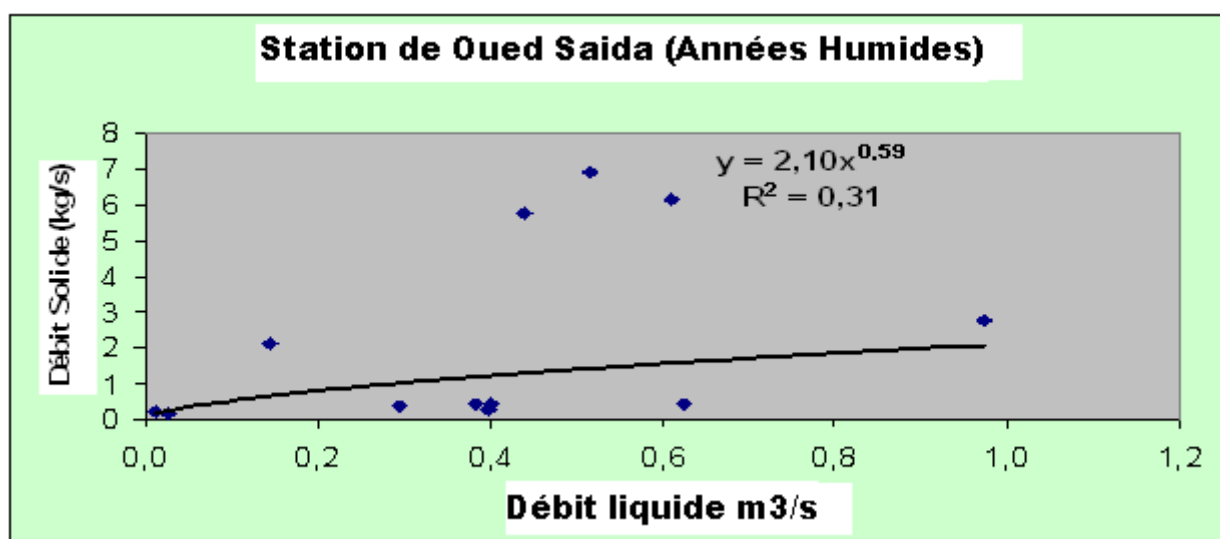
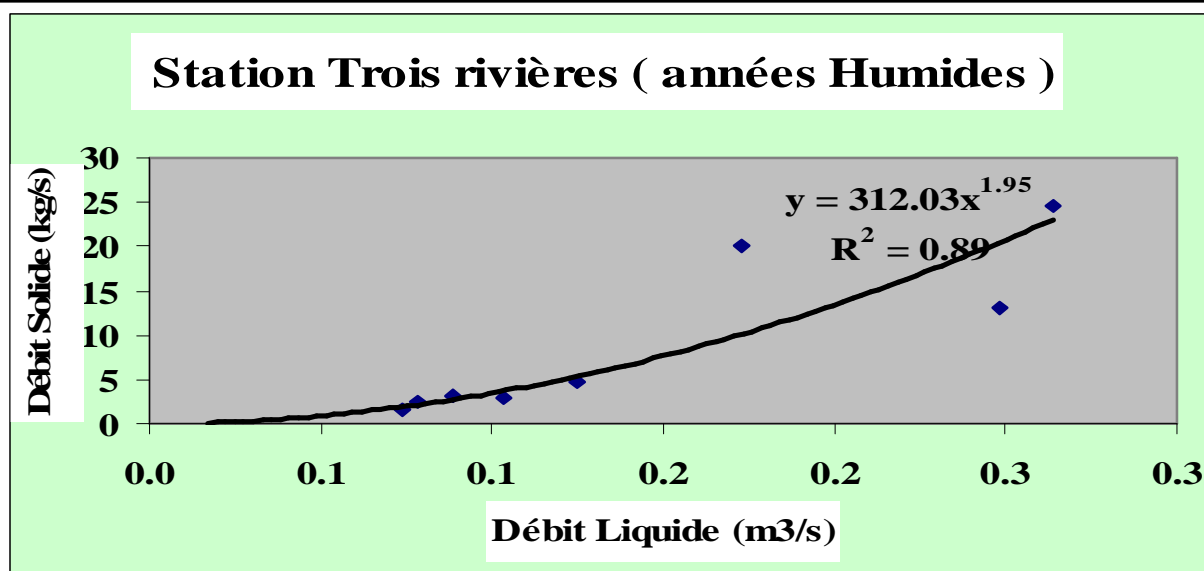


Figure.94: Relation débit solide-débit liquide par années humides des différentes Stations Hydrométrique Bassin versant de l'Oued El Hammam

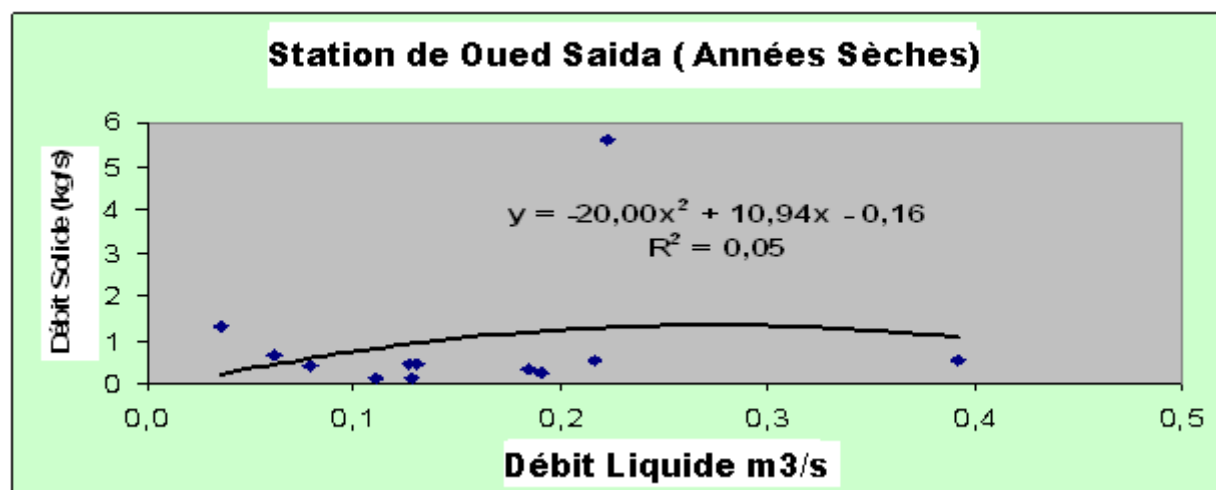
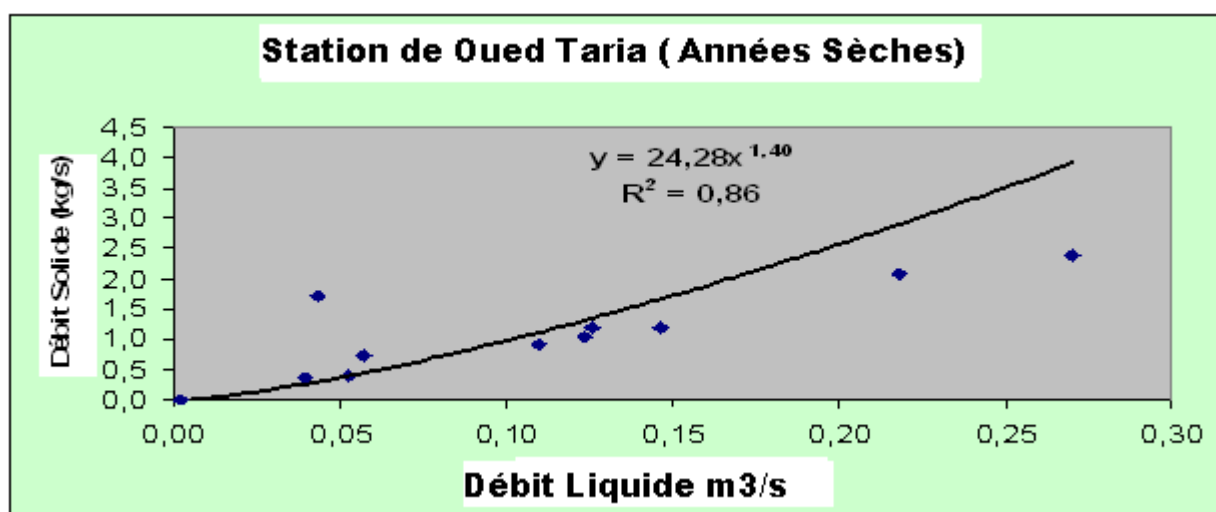
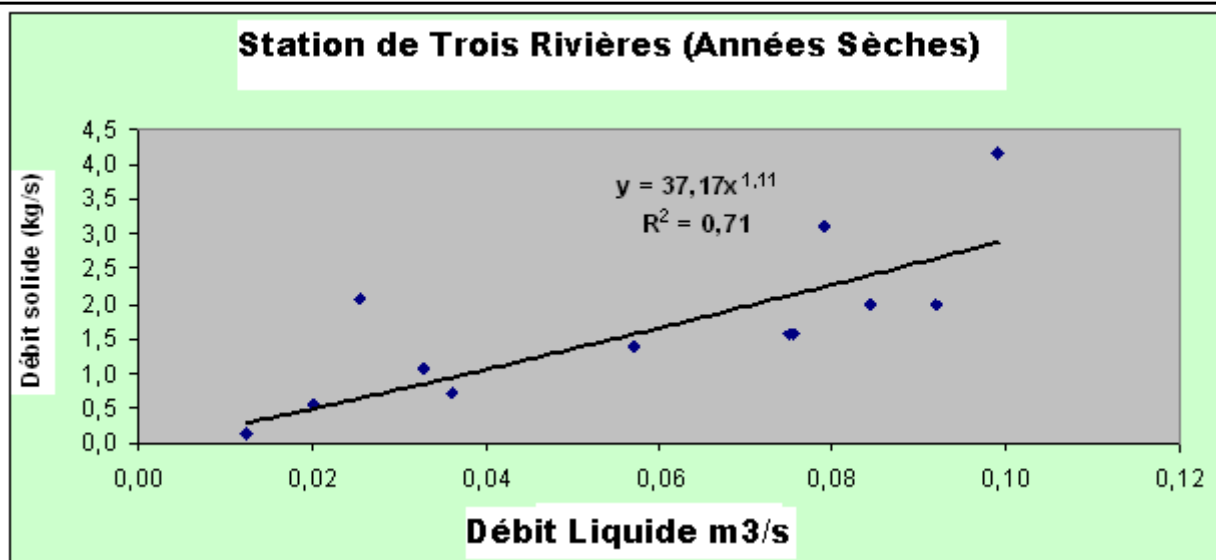


Figure.95: Relation débit solide-débit liquide par années sèches des différentes Stations Hydrométrique Bassin versant de l'Oued El Hammam

### 5.3.3. CONCLUSION :

Dans cette partie de modélisation, nous avons procédé à une approche statistique et mathématique pour quantifier le transport solide et pour en déterminer les principaux facteurs limitant, afin de prévenir l'envasement des barrages de la wilaya de Mascara (Bouhanifia, Ouizert et Fergoug).

Le recours aux techniques statistiques, analyse en composantes principales et régression multiple, a permis de trouver des relations fonctionnelles hautement significatives entre l'érosion et les facteurs la favorisant ou la limitant. Les modèles **puissance** et **parabolique** a donné la meilleure corrélation entre la variable le débit liquide et le débit solide à différentes échelles temporelles (**annuelle, mensuelle, saisonnière, par années humides et années sèches**)

Nous avons utilisé le débit moyens mensuel pour trier cette relation, on remarque que à l'échelle mensuel dans la station de Trois rivières le modèle **puissance** a donné la meilleure corrélation entre le débit liquide et le débit solide et ça très important pour notre bassin versant (**l'Oued El Hammam**).