



Etude de détermination des volumes prélevables Bassin versant de l'Eyrieux

Rapport de phase 3 :
Impact des prélèvements et
quantification des ressources existantes
RSO-0166
Version 3

Janvier 2011

SOMMAIRE

1	CONTEXTE, OBJECTIF ET CONTENU DU RAPPORT	9
1.1	CONTEXTE	9
1.2	OBJECTIF ET PHASAGE GENERAL DE L'ETUDE	9
1.3	OBJECTIF DE LA PHASE 3 ET CONTENU DU RAPPORT	10
1.3.1	<i>Objectif de la phase 3</i>	10
1.3.2	<i>Contenu du rapport</i>	10
2	MODELISATION HYDROLOGIQUE DE L'EYRIEUX	11
2.1	INTRODUCTION	11
2.2	PRESENTATION SOMMAIRE DES ELEMENTS STRUCTURELS DU MODELE HYDROLOGIQUE GESRES _{ISL}	12
2.3	DONNEES CLIMATIQUES	13
2.3.1	<i>Pluviométrie</i>	13
2.3.2	<i>L'évapotranspiration potentielle (ETP)</i>	18
2.4	PRELEVEMENTS ET REJETS	18
2.4.1	<i>Adduction d'Eau Potable (AEP)</i>	19
2.4.2	<i>Usages domestiques</i>	21
2.4.3	<i>Industrie</i>	23
2.4.4	<i>Prélèvements pour l'irrigation</i>	23
2.5	PRISE EN COMPTE DES RETENUES COLLINAIRES ET BARRAGES EN RIVIERE DANS LE MODELE HYDROLOGIQUE.....	34
2.5.1	<i>Méthodologie</i>	34
2.5.2	<i>Bassins versants captés</i>	35
2.5.3	<i>Débit réservé total des barrages en rivière et des retenues collinaires sur cours d'eau permanent</i> <i>37</i>	37
2.5.4	<i>Volume total stocké dans les retenues des barrages en rivière et dans les retenues collinaires..</i>	38
2.6	CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE (EN ETAT INFLUENCE)	39
2.6.1	<i>Initialisation du modèle hydrologique</i>	39
2.6.2	<i>Valeurs observées</i>	39
2.6.3	<i>Calage à partir des débits mesurés aux différentes stations hydrométriques présentes sur le bassin versant</i>	40
3	RESULTATS.....	44
3.1	MODULE INTERANNUEL ET DEBIT MEDIAN	44
3.1.1	<i>Hydrologie influencée</i>	44
3.1.2	<i>Hydrologie non influencée</i>	46
3.1.3	<i>Impact des usages sur l'hydrologie moyenne (module)</i>	48
3.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE	49
3.2.1	<i>Hydrologie influencée</i>	49
3.2.2	<i>Hydrologie non influencée</i>	53
3.2.3	<i>Influence des usages sur l'hydrologie d'étiage</i>	54

FIGURES

FIGURE 1 :	BASSIN VERSANT DE L'EYRIEUX DECOUPE EN GRANDS SOUS BASSINS	11
FIGURE 2 :	BASSIN VERSANT DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON	12
FIGURE 3 :	LOCALISATION DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES CARACTERISANT LES PRECIPITATIONS AU NIVEAU DU BASSIN DE L'EYRIEUX.....	14
FIGURE 4 :	DECOUPAGE DES SOUS-ENSEMBLES AVEC L'ALGORITHME DE THIESSEN.....	15
FIGURE 5 :	EVOLUTION INTERANNUELLE DES CUMULS ANNUELS DE PRECIPITATIONS AU NIVEAU DE CHAQUE SOUS ENSEMBLE COMPOSANT LE MODELE HYDROLOGIQUE	17
FIGURE 6 :	EVOLUTION INTERANNUELLE DES CUMULS DE PRECIPITATIONS SUR LA PERIODE ESTIVALE (JUN- AOÛT) AU NIVEAU DE CHAQUE SOUS ENSEMBLE COMPOSANT LE MODELE HYDROLOGIQUE	17
FIGURE 7 :	ETP MOYENNE MENSUELLE INTERANNUELLE SUR LA CHRONIQUE D'ETUDE	18

FIGURE 8 : REPARTITION MENSUELLE DES VOLUMES AEP PRELEVES ET REJETES SUR LA PERIODE 1997 – 2007	20
FIGURE 9 : REPARTITION MENSUELLE DES PRELEVEMENTS ET REJETS POUR USAGES DOMESTIQUES SUR LA PERIODE 1997-2007.....	22
FIGURE 10 : SCHEMA EXPLICATIF DU CYCLE DE L'EAU, A L'ECHELLE DES PLANTES	26
FIGURE 11 : ETAPES DE CALCUL DU BILAN HYDRIQUE.....	29
FIGURE 12 : REPARTITION JOURNALIERE DES PRELEVEMENTS DIRECTS EN RIVIERE POUR L'IRRIGATION SUR LA MOYENNE VALLEE – AVRIL A OCTOBRE 2007	30
FIGURE 13 : SCHEMA DE PRINCIPE DE MODELISATION DES GRANDS SOUS ENSEMBLES (AVEC QR : DEBIT RESERVE ET QE : DEBIT ENTRANT)	34
FIGURE 14 : LOCALISATION DES STATIONS DE MESURE DU DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE (STATIONS ESTIMHAB) SUR LES BASSINS DE L'EYRIEUX, DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON	46
FIGURE 15 : COMPARAISON DES MODULES NATURELS ET INFLUENCES SUR LE BASSIN DE L'EYRIEUX (LES BARRES REPRESENTENT L'INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%).....	48
FIGURE 16 : COMPARAISON DES MODULES NATURELS ET INFLUENCES SUR LES BASSINS MIALAN, EMBROYE ET TURZON (LES BARRES REPRESENTENT L'INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%).....	48
FIGURE 17 : COMPARAISON DES DEBITS D'ETIAGE NATURELS ET INFLUENCES SUR LE BASSIN DE L'EYRIEUX (LES BARRES REPRESENTENT L'INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%)	54
FIGURE 18 : COMPARAISON DES DEBITS D'ETIAGE NATURELS ET INFLUENCES SUR LES BASSINS MIALAN, EMBROYE ET TURZON (LES BARRES REPRESENTENT L'INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%).....	54
FIGURE 19 : SYNOPTIQUE DE L'ARCHITECTURE DU MODELE GESRES/ECRET.	61

TABLEAUX

TABLEAU 1 : STATIONS PLUVIOMETRIQUES	14
TABLEAU 2 : REPARTITION DE LA PLUVIOMETRIE SUR CHAQUE SOUS ENSEMBLE COMPOSANT LE MODELE HYDROLOGIQUE.....	16
TABLEAU 3 : SAISONNALITE DES PRELEVEMENTS AEP.....	19
TABLEAU 4 : TAUX DE REJET AEP DANS LES DIFFERENTS SOUS-ENSEMBLES	19
TABLEAU 5 : SURFACES AGRICOLES IRRIGUEES DES DIFFERENTS ENSEMBLES DE L'EYRIEUX POUR L'ANNEE 2000 (SANS SURFACE IRRIGUEE DE L'ASA DE BEAUCHASTEL) [2]	23
TABLEAU 6 : SURFACES AGRICOLES IRRIGUEES DES BASSINS DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON POUR L'ANNEE 2000 [2].....	24
TABLEAU 7: REPARTITION DE LA SURFACE AGRICOLE DU BASSIN VERSANT DE L'EYRIEUX (SOURCE : [4]).....	24
TABLEAU 8 : REGROUPEMENT DES TYPES DE CULTURES IRRIGUEES.....	25
TABLEAU 9 : VALEURS UTILISEES DE LA RFU, ET RU	27
TABLEAU 10 : EVOLUTION DES COEFFICIENTS CULTURAUX DES CULTURES DE L'EYRIEUX	28
TABLEAU 11 : PARAMETRES DE CALCUL DU BILAN HYDRIQUE	28
TABLEAU 12 : VOLUMES DECADAIRES (EN MILLIERS DE M ³) PRELEVES DIRECTEMENT EN RIVIERE EN PERIODE NORMALE, DE SECHERESSE ET DE PENURIE SEVERE, SUR LES SOUS ENSEMBLES DU BASSIN DE L'EYRIEUX. 31	
TABLEAU 13 : VOLUMES DECADAIRES (EN MILLIERS DE M ³) PRELEVES DANS LES RETENUES COLLINAIRES EN PERIODE NORMALE ET EN PERIODE DE PENURIE, SUR LES SOUS ENSEMBLES DU BASSIN DE L'EYRIEUX, LE MIALAN, L'EMBROYE ET LE TURZON	32
TABLEAU 14 : SURFACES DES DIFFERENTS BASSINS MODELISES AVEC GESRES _{ISL}	36
TABLEAU 15 : LACHURES AGRICOLES DEPUIS LE BARRAGE DES COLLANGES (SOURCE : ARRETE PREFECTORAL DU 15 JANVIER 2005).....	37
TABLEAU 16 : SOMME DES DEBITS RESERVES DANS LES RETENUES COLLINAIRES SUR COURS D'EAU PERMANENT ET BARRAGES EN RIVIERE.....	38
TABLEAU 17 : SOMME DES VOLUMES STOCKES DANS LES RETENUES COLLINAIRES SUR COURS D'EAU PERMANENT ET BARRAGES EN RIVIERE	39
TABLEAU 18 : STATIONS HYDROMETRIQUES SUR LES BASSINS ETUDIES (SOURCE BANQUE HYDRO)	39
TABLEAU 19 : EXEMPLES DE VALEURS DE CALAGE POUR LE MODELE GR4J (SOURCE [3])	40
TABLEAU 20 : MODULE ET DEBIT MEDIAN OBTENUS A PARTIR DES VALEURS MEASUREES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES DE BEAUVENE ET DE GLUIRAS ET A PARTIR DES VALEURS CALCULEES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE (AVEC INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %).....	41
TABLEAU 21 : MODULE ET DEBIT MEDIAN OBTENUS A PARTIR DES VALEURS MEASUREES A LA STATION DE TOULAUD ET A PARTIR DES VALEURS CALCULEES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE (AVEC INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %).....	42

TABLEAU 22 : DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE OBTENUS A PARTIR DES VALEURS MESUREES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES DE BEAUVENE ET DE GLUIRAS (AVEC INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %) ET A PARTIR DES VALEURS CALCULEES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE	42
TABLEAU 23 : MODULE INTERANNUEL ET DEBIT MEDIAN A L'EXUTOIRE DES GRANDS SOUS BASSINS VERSANTS DE L'EYRIEUX EN ETAT INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %	45
TABLEAU 24 : MODULE INTERANNUEL ET DEBIT MEDIAN A L'EXUTOIRE DES BASSINS VERSANTS DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON EN ETAT INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %	45
TABLEAU 25 : MODULE INTERANNUEL A SAINT FORTUNAT (SOURCE : [9]).....	46
TABLEAU 26 : MODULE INTERANNUEL ET DEBIT MEDIAN A L'EXUTOIRE DES GRANDS SOUS BASSINS VERSANTS DE L'EYRIEUX EN ETAT NON INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %	47
TABLEAU 27 : MODULE INTERANNUEL ET DEBIT MEDIAN A L'EXUTOIRE DES BASSINS VERSANTS DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON EN ETAT NON INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %	47
TABLEAU 28 : MODULE INTERANNUEL NON INFLUENCE EN DIFFERENTS POINTS DU BASSIN VERSANT DE L'EYRIEUX D'APRES DE PRECEDENTES ETUDES	47
TABLEAU 29 : DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE A L'EXUTOIRE DES GRANDS SOUS BASSINS VERSANTS DE L'EYRIEUX EN ETAT INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%	49
TABLEAU 30 : DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE A L'EXUTOIRE DES BASSINS VERSANTS DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON EN ETAT INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%	49
TABLEAU 31 : Jaugeages réalisés par ISL les 26 et 27 août 2009 sur les bassins de l'Eyrieux, de l'Embroye et du Turzon	50
TABLEAU 32 : COMPARAISON DES DEBITS CALCULES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE AU DROIT DE LA STATION HYDROMETRIQUE DE BEAUVENE AVEC LES DEBITS ISSUS DES Jaugeages CINCLE ET IRIS ET AVEC LES DEBITS MESURES A LA STATION.....	51
TABLEAU 33 : COMPARAISON DES DEBITS CALCULES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE AU DROIT DE LA STATION HYDROMETRIQUE DU CHEYLARD AVEC LES DEBITS ISSUS DES Jaugeages IRIS ET AVEC LES DEBITS MESURES A LA STATION.....	51
TABLEAU 34 : QMNA A LA STATION HYDROMETRIQUE DE SAINT FORTUNAT (SOURCE : [9]).....	51
TABLEAU 35 : COMPARAISON DES DEBITS CALCULES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE A L'EXUTOIRE DU BASSIN DE LA DUNIERE AVEC LES DEBITS ISSUS DES Jaugeages CINCLE ET IRIS	52
TABLEAU 36 : COMPARAISON DES DEBITS CALCULES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE A L'EXUTOIRE DU BASSIN DE L'EMBROYE AVEC LES DEBITS ISSUS DES Jaugeages CINCLE ET IRIS.....	52
TABLEAU 37 : COMPARAISON DES DEBITS CALCULES PAR LE MODELE HYDROLOGIQUE A L'EXUTOIRE DU BASSIN DU TURZON LES DEBITS ISSUS DES Jaugeages CINCLE ET IRIS	52
TABLEAU 38 : DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE A L'EXUTOIRE DES GRANDS SOUS BASSINS VERSANTS DE L'EYRIEUX EN ETAT NON INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90 %	53
TABLEAU 39 : DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE A L'EXUTOIRE DES BASSINS VERSANTS DU MIALAN, DE L'EMBROYE ET DU TURZON EN ETAT NON INFLUENCE ET INTERVALLE DE CONFIANCE A 90%	53

ANNEXES

ANNEXE 1 : REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
ANNEXE 2 : PRESENTATION DU LOGICIEL GESRES _{ISL}
ANNEXE 3 : PARAMETRAGE DES ELEMENTS STRUCTURELS DU MODELE HYDROLOGIQUE GESRES _{ISL}
ANNEXE 4 : PARAMETRES DE CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE
ANNEXE 5 : VCN10, QMNA ET AJUSTEMENTS STATISTIQUES
ANNEXE 6 : DEBITS CARACTERISTIQUES AUX POINTS ESTIMHAB
ANNEXE 7 : DEBITS D'ETIAGE ISSUS DU ROCA

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

DOE	Débit Objectif d'Etiage
ETP	Evapotranspiration Potentielle
ETM	Evapotranspiration Maximale
ETR	Evapotranspiration Réelle
t_r	Taux de rejet
RU	Réserve Utile
RFU	Réserve Facilement Utilisable
RS	Réserve de Survie
AEP	Adduction d'Eau Potable
Kc	Coefficient cultural
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
NGF	Nivellement Général de la France
RC	Retenue Collinaire
ROCA	Réseau d'Observation de Crise des Assecs

1 CONTEXTE, OBJECTIF ET CONTENU DU RAPPORT

1.1 Contexte

Ces dix dernières années ont fréquemment été appliquées en France des mesures de restriction de prélèvements d'eau en période estivale initialement prévues à titre exceptionnel (arrêtés sécheresse).

Afin de remédier à cette problématique, les politiques nationales et européennes promeuvent la gestion intégrée de la ressource en eau à l'échelle des bassins versants avec un objectif de mise en adéquation des besoins en eau avec les ressources. Le décret 2007-1381 du 24 septembre 2007 et la circulaire du 30 juin 2008 visent à « favoriser une gestion collective des ressources en eau sur un périmètre hydrologique et/ou hydrogéologique cohérent », qui est, dans le cadre de la présente étude les bassins versants de l'Eyrieux, de l'Embroye, du Turzon et du Mialan, avec notamment :

- Détermination des débits d'objectifs d'étiage (DOE) et des volumes prélevables maximum permettant de respecter le milieu aquatique tout en satisfaisant les besoins huit années sur dix en moyenne,
- Mise en place, sur les bassins versants où le déficit en ressource est particulièrement lié aux besoins pour l'agriculture, d'organismes uniques délivrant et répartissant les autorisations de prélèvement sur le périmètre concerné,
- Mise en adéquation des autorisations et des prélèvements avec les capacités du milieu au plus tard fin 2014 (volumes prélevables).

1.2 Objectif et phasage général de l'étude

L'objectif de l'étude est la détermination des volumes prélevables sur les bassins versants des quatre affluents du Rhône que sont l'Eyrieux (bassin versant de 853 km²), l'Embroye (25 km²), le Turzon (19 km²) et le Mialan (58 km²) à leurs exutoires mais également aux principaux points nodaux des bassins, calculés sur l'année mais aussi sur la période d'étiage.

L'étude comporte les phases suivantes :

- Phase 1 : caractérisation du bassin et recueil de données,
- Phase 2 : bilan des prélèvements et analyse de l'évolution,
- Phase 3 : quantification des ressources existantes,
- Phase 4 : détermination des débits biologiques,
- Phase 5 : détermination des volumes prélevables et des DOE,
- Phase 6 : proposition de répartition des volumes.

1.3 Objectif de la phase 3 et contenu du rapport

Le présent rapport concerne la phase 3 relative à la quantification des ressources existantes.

1.3.1 Objectif de la phase 3

L'objectif de la phase 5 de l'étude de détermination des volumes prélevables nécessite la détermination des chroniques de débits non influencés (phase 3) et des débits minimum biologiques (phase 4). En effet le volume prélevable sur une période est la somme des différences entre les débits journaliers non influencés (naturel) et les débits minimum biologiques.

L'objectif de la phase 3 est donc la reconstitution, en différents points de contrôle du bassin versant, de l'hydrologie naturelle (non influencée) sous forme de débits journaliers et de ses principales caractéristiques (module interannuel, médiane, débits d'étiage).

Les valeurs de débits d'étiage naturel serviront également en phase 4 dans le choix des débits minimum biologiques.

1.3.2 Contenu du rapport

Le rapport comprend les parties suivantes :

- Description de la modélisation hydrologique (chapitre 2)
 - Présentation des éléments structurels du modèle hydrologique
 - Données climatiques
 - Prélèvements et rejets
 - Prise en compte des retenues collinaires et barrages en rivière
 - Calage du modèle hydrologique
- Résultats (chapitre 3) : module, débit médian et débits d'étiage pour :
 - Hydrologie influencée
 - Hydrologie naturelle (non influencée).

2 MODELISATION HYDROLOGIQUE DE L'EYRIEUX

2.1 Introduction

L'objectif de la modélisation hydrologique consiste en la reconstitution de l'hydrologie influencée et naturelle au pas de temps journalier aux différents points stratégiques du bassin versant de l'Eyrieux, à savoir à l'aval des grands sous ensembles (Haute Vallée, Moyenne Vallée, Basse Vallée, Dunière), ainsi qu'à l'aval des bassins versants du Mialan, de l'Embroye et du Turzon.

La modélisation est réalisée sur la période 1997-2007, qui correspond à la période pour laquelle les prélèvements pour l'irrigation ont pu être reconstitués en phase 2 (connaissance dans la base de redevance à la fois des volumes et des surfaces irriguées).

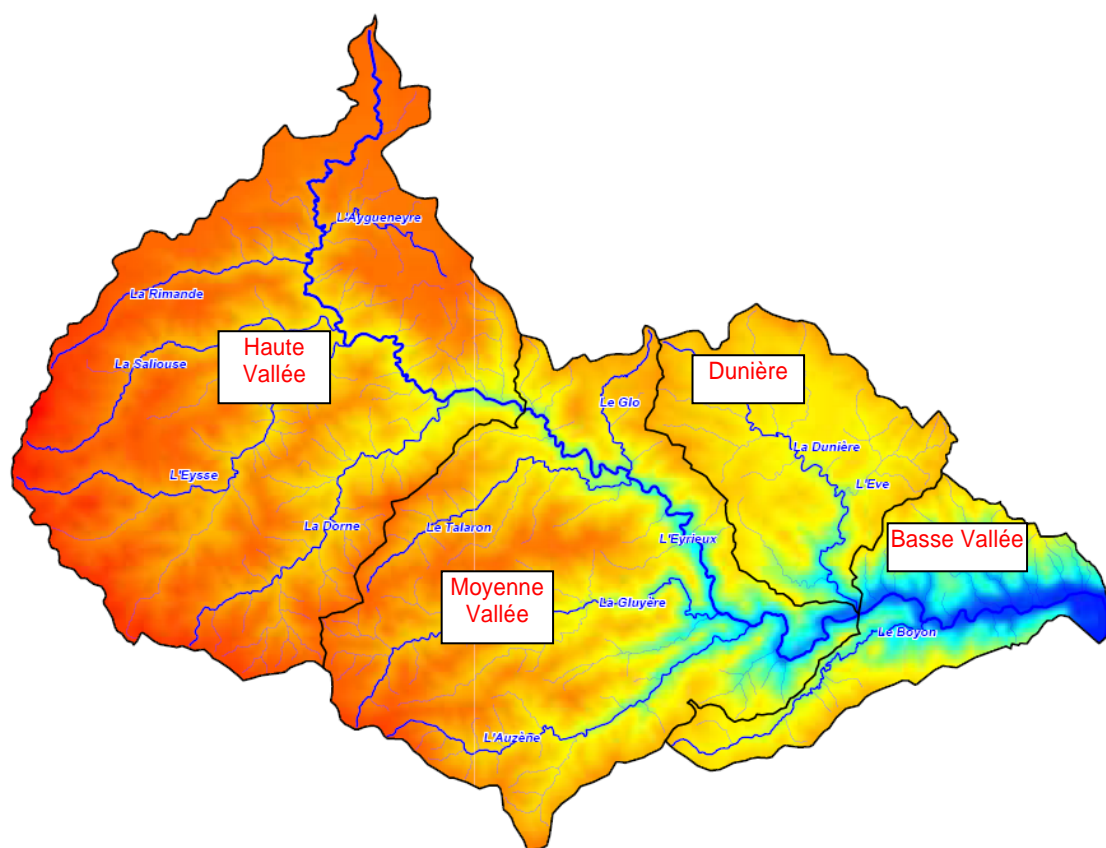


Figure 1 : Bassin versant de l'Eyrieux découpé en grands sous bassins

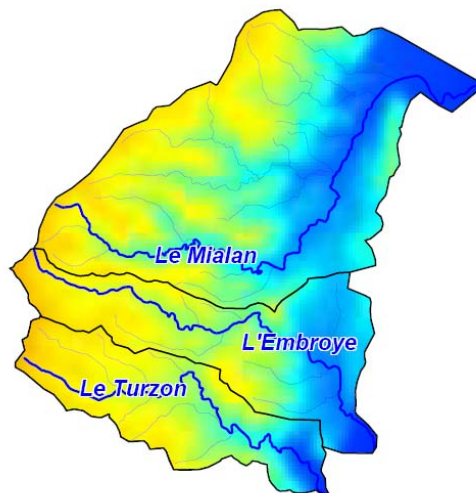


Figure 2 : Bassin versant du Mialan, de l'Embroye et du Turzon

L'hydrologie naturelle est reconstituée en prenant en compte dans le modèle l'influence des barrages et retenues d'une part et d'autre part des différents prélèvements et rejets déterminés lors de la phase 2 [2]¹ de la présente étude.

Par la suite, des ajustements statistiques sur cette chronique ainsi reconstituée permettront de déterminer les débits caractéristiques d'étiage aux différents points stratégiques.

Le logiciel utilisé est le logiciel GESRES_{ISL}, développé par ISL et dont une présentation est donnée en annexe 2.

2.2 Présentation sommaire des éléments structurels du modèle hydrologique GESRES_{ISL}

Le modèle hydrologique est construit à l'aide du logiciel GESRES_{ISL} dont une présentation succincte est donnée en annexe 2.

Le logiciel GESRES_{ISL} propose 6 types d'**éléments structurels** (ou « *Objets* ») avec, pour certains, plusieurs choix d'éléments selon les modèles théoriques retenus :

- *Nœud* : élément de base du maillage hydrographique ; ils réalisent le lien entre tous les autres éléments : ils reçoivent les apports directs des bassins versants, permettent la jonction entre les biefs et le rattachement des flux au reste du réseau et peuvent être associés à un site de stockage des eaux.
- *Bassin Versant* : Le bassin versant réagit aux données climatiques à savoir la pluie et l'évapotranspiration potentielle (ETP); le modèle employé pour réaliser la transformation pluie-débit est le modèle de simulation empirique GR4J (Génie Rural à 4 paramètres) développé par le Cemagref ;
- *Bief* : propage les hydrogrammes entre deux nœuds; le modèle de propagation retenu est le modèle de Muskingum-Cunge à 8 points. Les biefs sont également soumis aux pertes liées à l'évapotranspiration potentielle ;

¹ Les numéros entre crochets [X] renvoient à la bibliographie en annexe 1

- *Réservoir* : élément de contrôle des débits (relation hauteur/surface) ; un réservoir est nécessaire à la définition de flux représentant les prélèvements et échanges de volume entre le système modélisé et l'extérieur ou internes au système. Certains réservoirs sont donc fictifs et servent uniquement à prendre en compte les rejets et prélèvements dans les cours d'eau. Dans le cas de retenues réelles (retenues collinaires, barrages en rivière), l'évapotranspiration est également prise en compte dans les pertes ;
- *Equations* : donne une loi de transfert de débits entre 2 nœuds sous forme d'une équation ;
- *Flux* : élément de contrôle des débits (règle de gestion des débits entrants et sortants). Dans le cas présent, les flux concernent les prélèvements et rejets des différents usages à savoir les usages domestiques, industriels, d'adduction en eau potable et d'assainissement, irrigation.

Certains de ces objets sont reliés entre eux : les bassins versants, réservoirs et hydrogrammes sont reliés à un nœud. Un bief ou une équation est relié à deux nœuds, un amont et un aval. Un flux est relié à un ou deux nœuds, l'un des nœuds étant obligatoirement un réservoir actif.

Les paramètres à saisir pour chacun des éléments structurels sont donnés en annexe 3.

Les **éléments non-structurels** sont de deux ordres : les éléments caractéristiques des conditions climatiques et les éléments représentatifs des observations.

Les éléments associés à la première catégorie (données climatiques) sont les *pluies* et l'*ETP*.

Les éléments associés à la seconde catégorie sont les *valeurs observées (débits mesurés à une station hydrométrique)*.

2.3 Données climatiques

2.3.1 Pluviométrie

Les précipitations sont l'une des entrées des systèmes hydrologiques que constituent les bassins versants. Or, ce paramètre varie spatialement et temporellement. Ainsi, pour évaluer la pluviométrie au niveau de chaque sous-ensemble, les précipitations doivent être connues en différents points du bassin et la zone d'influence de chaque pluviomètre recherchée.

La pluviométrie sur le bassin de l'Eyrieux peut être caractérisée au moyen des stations de mesures pluviométriques suivantes :

Nom de la station	Numéro de la station	Chronique de pluviométrie disponible
Arcens	07012001	1987-2007
Le Cheylard	07064001	1987-2007

Nom de la station	Numéro de la station	Chronique de pluviométrie disponible
Estables	43091002	1987-2007
Escrinet	07230002	1992-2007
Peyreres	07173001	1987-2007
Saint Agrève	07204005	1987-2007
Saint Fortunat sur Eyrieux	07237001	1995-2007
Saint Georges-les-Bains	07240001	1987-2007
Saint Pierreville	07286002	1987-2007
Vernoux-en-Vivarais	07338001	1987-2007
Lamastre	07129001	1987-2007

Tableau 1 : Stations pluviométriques

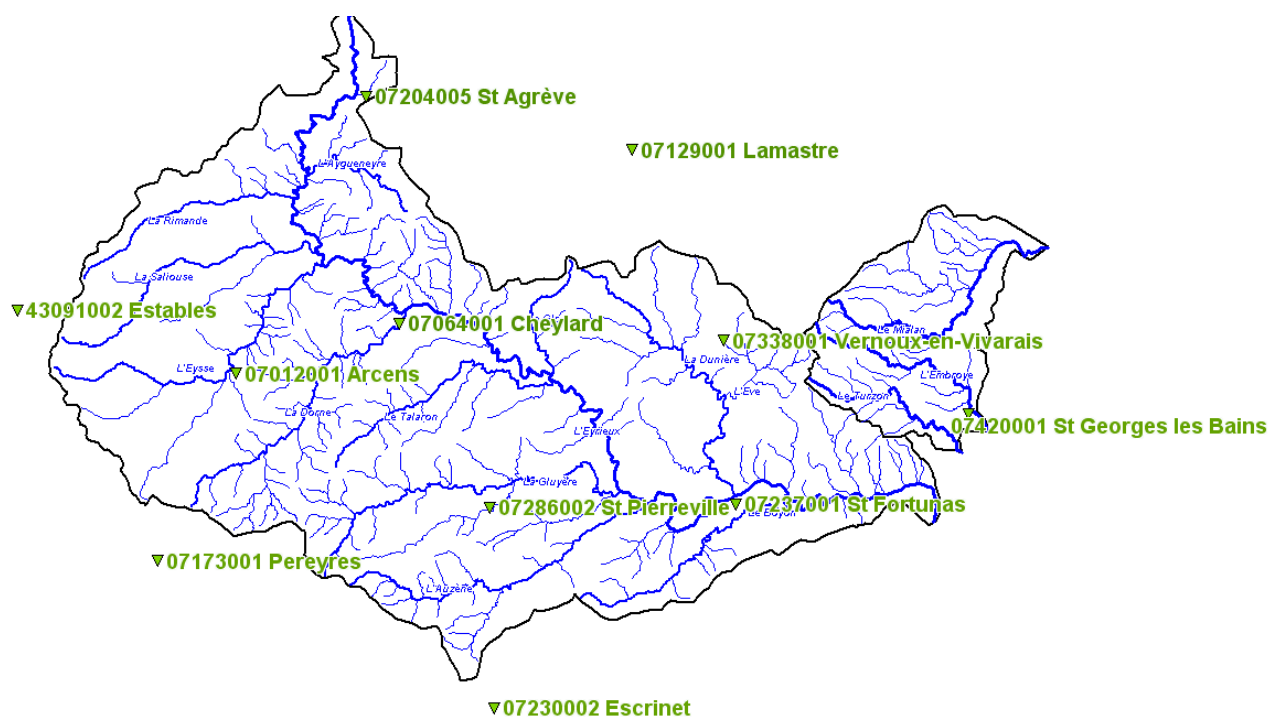


Figure 3 : Localisation des stations pluviométriques caractérisant les précipitations au niveau du bassin de l'Eyrieux

Les pluviomètres étant distribués irrégulièrement, la méthode des polygones de Thiessen peut être utilisée pour déterminer les chroniques de pluie sur chaque sous-ensemble du bassin versant. Cette méthode consiste à déterminer la zone d'influence de chaque pluviomètre en traçant les polygones formés par les médiatrices des droites joignant les

stations pluviométriques adjacentes puis à estimer la pluviométrie sur le bassin par pondération des surfaces interceptées par chaque zone d'influence d'un pluviomètre :

$$P_{\text{sous-bassin}} = \sum \frac{P_i \times A_i}{A}$$

Avec :

- P_i les volumes précipités au niveau de la station i ,
- A_i l'aire interceptée par la zone d'influence du pluviomètre i ,
- A l'aire totale du sous-bassin.

L'utilisation de l'algorithme de Thiessen décrit précédemment permet d'aboutir au découpage donné sur la Figure 4.

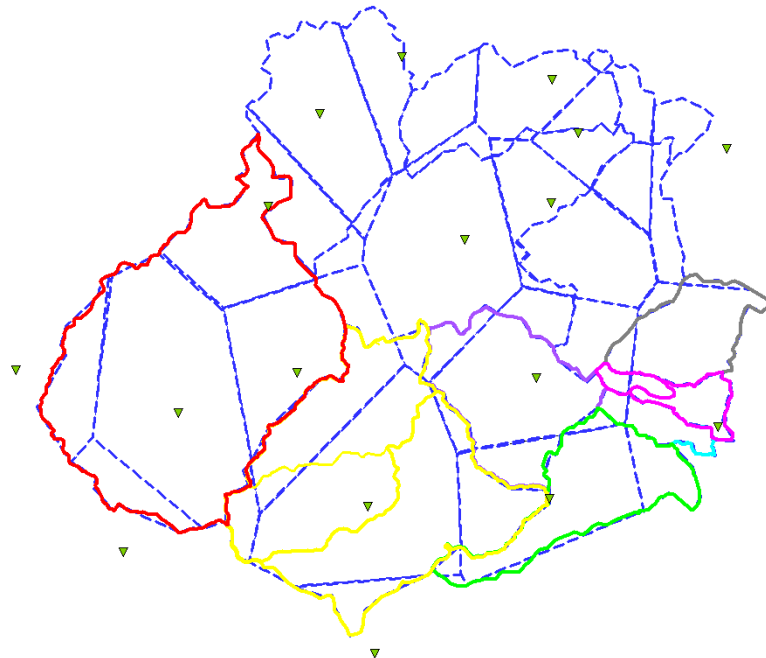


Figure 4 : Découpage des sous-ensembles avec l'algorithme de Thiessen

La pluviométrie se répartit alors de la façon suivante sur le bassin de l'Eyrieux :

Station pluviométrique	Grands ensembles				
	Haute vallée de l'Eyrieux	Moyenne vallée de l'Eyrieux - Glueyre	Moyenne vallée de l'Eyrieux – hors Glueyre	Basse vallée de l'Eyrieux	Bassin de la Dunière
Arcens	48%	14%			
Le Cheylard	18%	8%			
Estables	9%				
Escrinet			11%		
Lamastre					10%
Peyreres	7%				
Saint Agrève	18%				
Saint Fortunats sur Eyrieux			22%	73%	17%
Saint Georges-les-Bains				23%	
Saint Pierreville		78%	63%		
Vernoux-en-Vivarais			4%	4%	73%

Tableau 2 : Répartition de la pluviométrie sur chaque sous ensemble composant le modèle hydrologique

La pluviométrie au niveau de chaque sous-ensemble peut ensuite être calculée.

La variation annuelle des précipitations au niveau de chaque grand ensemble est présentée ci-après. Les tendances pluviométriques évoluent de façon similaire sur l'ensemble des sous-bassins : les courbes se superposent quasiment, à l'exception des années à fortes pluviométries où les cumuls sont plus importants sur les bassins de moyenne vallée. Ceci peut s'expliquer par l'orientation différente du bassin par rapport aux autres : le bassin de moyenne vallée est orienté sud/nord-est alors que les autres sont orientés nord/sud-est. Ainsi, la pluviométrie interannuelle moyenne sur la période 1997-2007 est de 1 100 mm sur les bassins de haute et de basse vallée ainsi que sur le bassin de la Dunière et de 1 300 mm sur les bassins de moyenne vallée (bassin de la Glueyre, bassin hors Glueyre). Toutefois, la variabilité interannuelle des précipitations est importante.

Les années où la pluviométrie est la plus abondante sont les années 1999, 2000, 2002 et 2004. Le cumul pluviométrique est de l'ordre de 1 500 mm.

Les années où la pluviométrie est inférieure à la moyenne interannuelle sont les années 1998, 2001 et 2005. Le cumul pluviométrique est de l'ordre de 1 000 mm.

Les Figure 5 et Figure 6 présentent respectivement l'évolution interannuelle des cumuls annuels des cumuls sur la période estivale (juin – août) des précipitations sur chaque grand sous ensemble de l'Eyrieux.

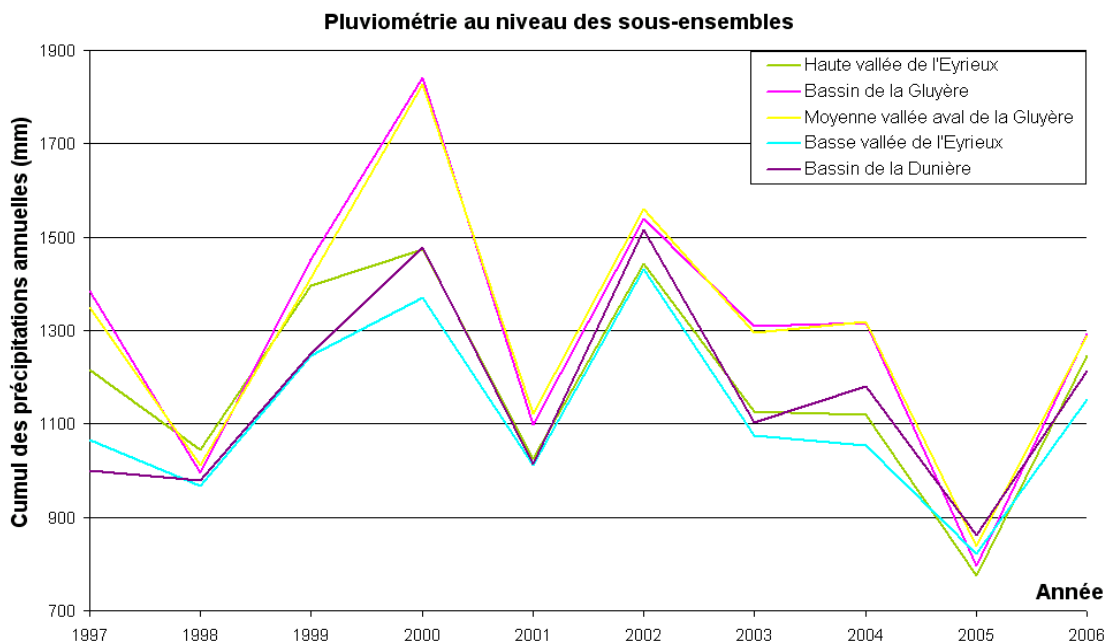


Figure 5 : Evolution interannuelle des cumuls annuels de précipitations au niveau de chaque sous ensemble composant le modèle hydrologique

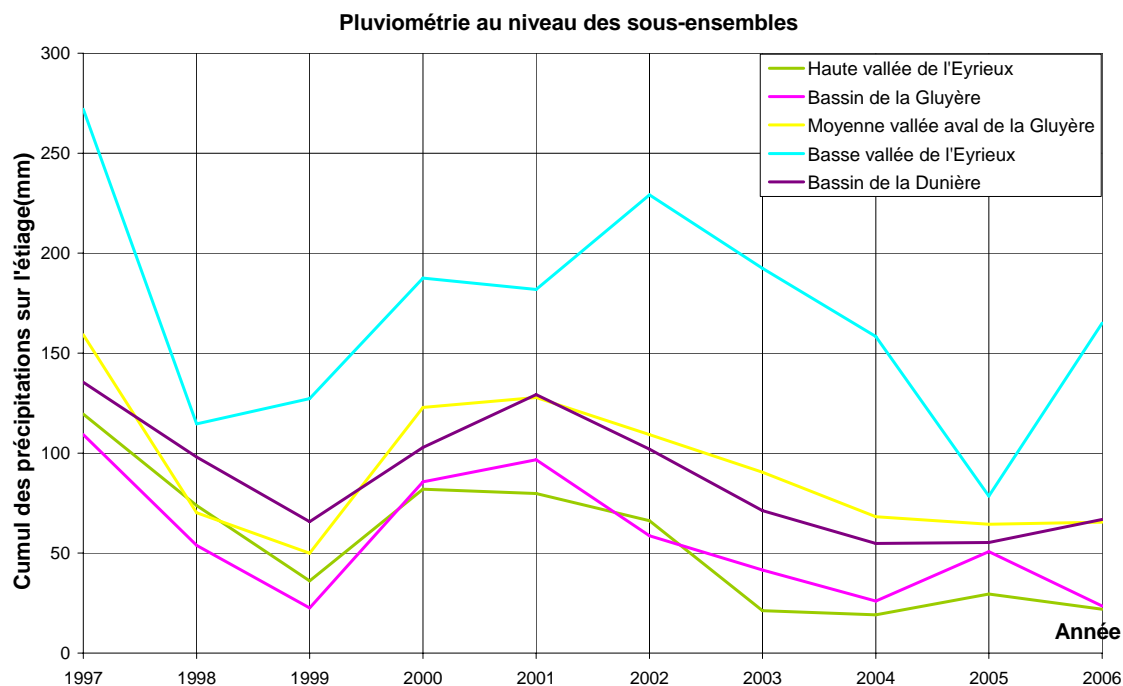


Figure 6 : Evolution interannuelle des cumuls de précipitations sur la période estivale (juin-août) au niveau de chaque sous ensemble composant le modèle hydrologique

En période estivale (juin-août) le cumul de précipitations tourne autour de 100 mm, soit environ 10 % du cumul annuel.

2.3.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle est l'autre donnée climatique nécessaire à l'établissement du modèle hydrologique. Elle concerne les bassins versants, les biefs de propagation des hydrogrammes et les retenues collinaires ou barrages en rivière.

Nous disposons des données fournies par Météo France, calculées à partir d'un point de grille centré sur le bassin versant de l'Eyrieux.

La Figure 7 représente la moyenne mensuelle interannuelle de l'ETP sur la période d'étude 1997 – 2007. L'ETP est maximale pendant la période estivale.

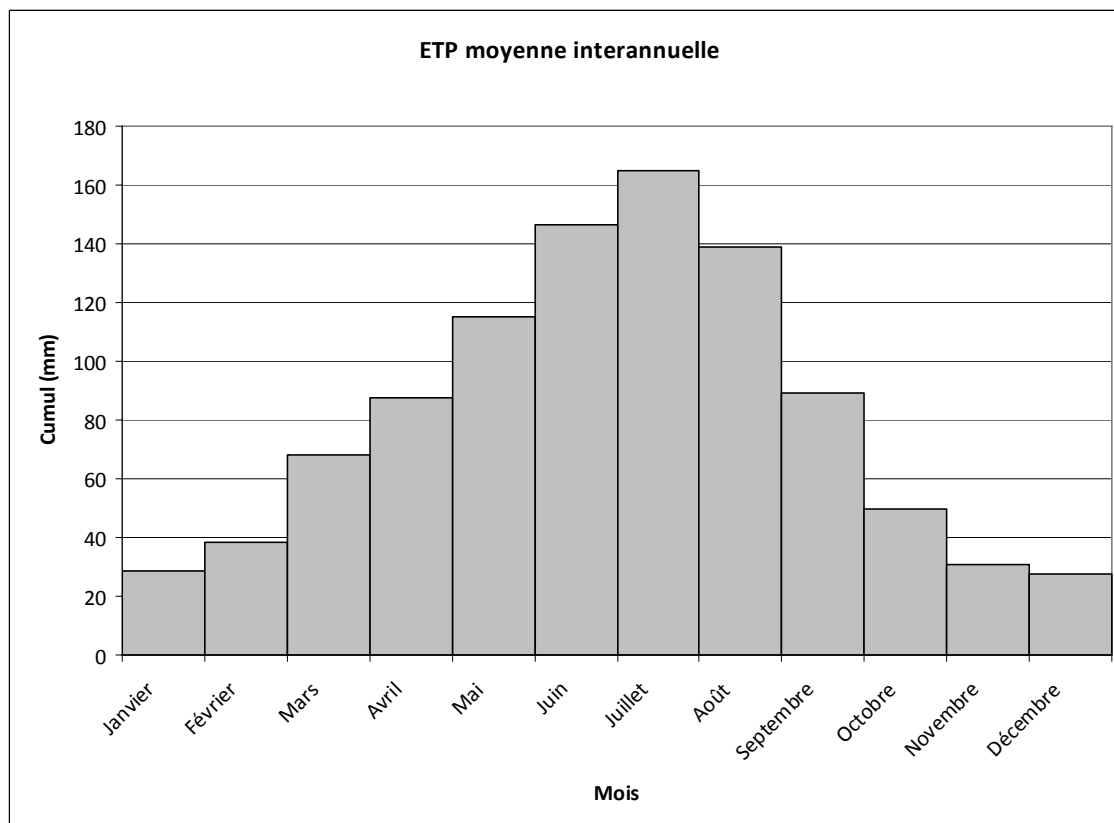


Figure 7 : ETP moyenne mensuelle interannuelle sur la chronique d'étude

2.4 Prélèvements et rejets

Lors de la deuxième phase de la présente étude [2], les prélèvements et rejets sur l'ensemble du bassin versant de l'Eyrieux ont été analysés et estimés suivant leurs usages, et leurs ressources.

On distingue des prélèvements de quatre natures différentes :

- la distribution publique (AEP),
- l'usage domestique,
- l'industrie,
- l'irrigation agricole, que nous avons reconstituée sur la période d'étude grâce à un bilan hydrique.

Pour l'établissement du modèle hydrologique du bassin versant, seuls les prélèvements influençant l'hydrologie de surface sont à prendre à compte. Ainsi, les données à utiliser sont celles provenant :

- des retenues collinaires,
- des pompages en rivière,
- des sources,
- des puits.

De plus, les rejets en rivière sont aussi comptabilisés.

Concernant les retenues collinaires, les barrages et les prélèvements associés, la prise en compte de leur impact hydrologique est décrite à la section 2.5.

2.4.1 Adduction d'Eau Potable (AEP)

Prélèvements pour AEP

Sur la période d'étude 1997 – 2007, le bureau d'études Calligée a étudié les volumes de prélèvements annuels pour l'adduction d'eau potable afin de les répartir par pas de temps mensuel suivant la saisonnalité des prélèvements. Celle-ci a pu être établie à partir des fonctions de production des puits et sources.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Moyenne	8,1%	7,2%	8,1%	8,5%	8,6%	9,0%	10,2%	9,0%	8,2%	7,6%	7,6%	7,9%

Tableau 3 : Saisonnalité des prélèvements AEP

La répartition proposée dans Tableau 3 s'applique à l'ensemble des sous ensembles du bassin versant de l'Eyrieux.

Rejets pour AEP

Dans le rapport de phase 2 de la présente étude [2], des taux de rejets ont été calculés, pour chaque bassin versant. La chronique des rejets est ensuite reconstruite, en utilisant la saisonnalité évoquée précédemment.

	Haute vallée de l'Eyrieux	Moyenne vallée de l'Eyrieux	Basse vallée de l'Eyrieux	Dunière	Mialan	Embroye	Turzon
Taux de rejet AEP tr	47%	60% + 13% du volume total produit en haute vallée de l'Eyrieux	50%	65%	0%	0%	0%

Tableau 4 : Taux de rejet AEP dans les différents sous-ensembles

Les volumes rejetés sont alors calculés, à chaque pas de temps :

$$\text{Volume rejeté} = t_r * \text{Volume prélevé}$$

La répartition mensuelle des volumes prélevés et rejetés sur la période 1997 – 2007 est représentée sur les graphiques en page suivante.

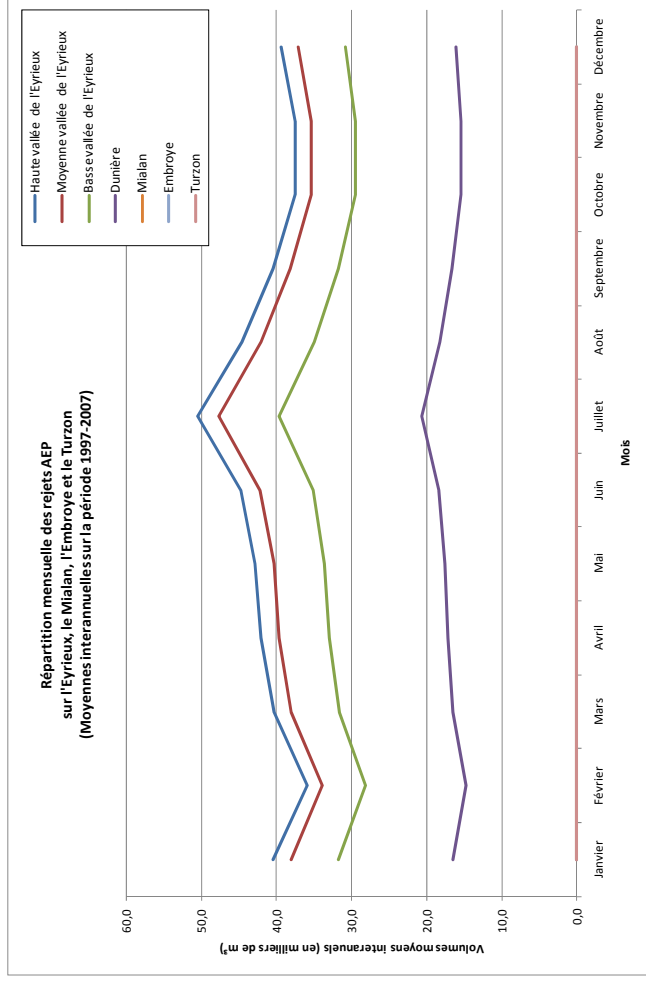
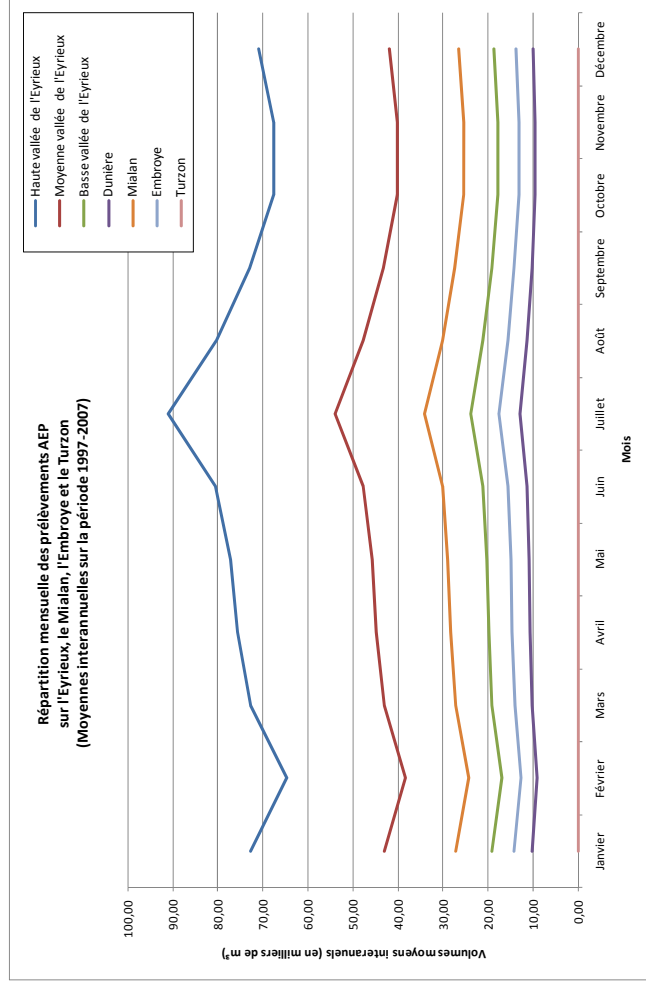


Figure 8 : Répartition mensuelle des volumes AEP prélevés et rejetés sur la période 1997 – 2007



2.4.2 Usages domestiques

Prélèvements pour usage domestique

Les prélèvements pour usage domestique sont calculés à partir des volumes AEP, avec un taux déterminé par Calligée lors de la phase 2 [2].

Rejets pour usage domestique

Le taux de rejet pour ce type d'usage a été évalué en phase 2 [2] par Calligée à 20 % des volumes prélevés sur chacun des grands sous ensembles.

La répartition mensuelle des prélèvements et rejets pour Usages Domestiques sur la période 1997-2007 est représentée sur les graphiques en page suivante.

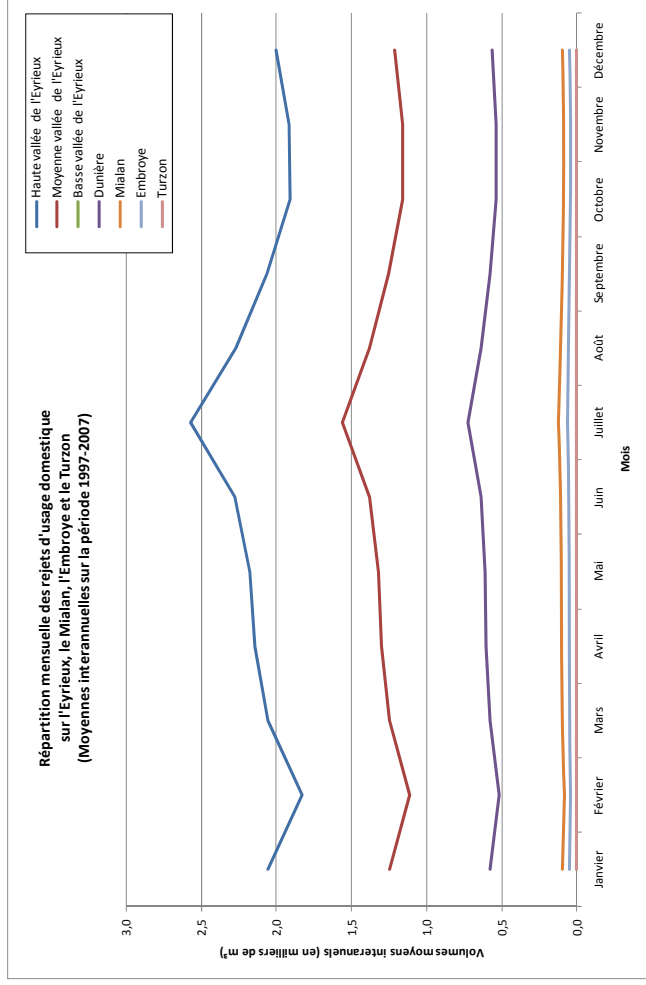
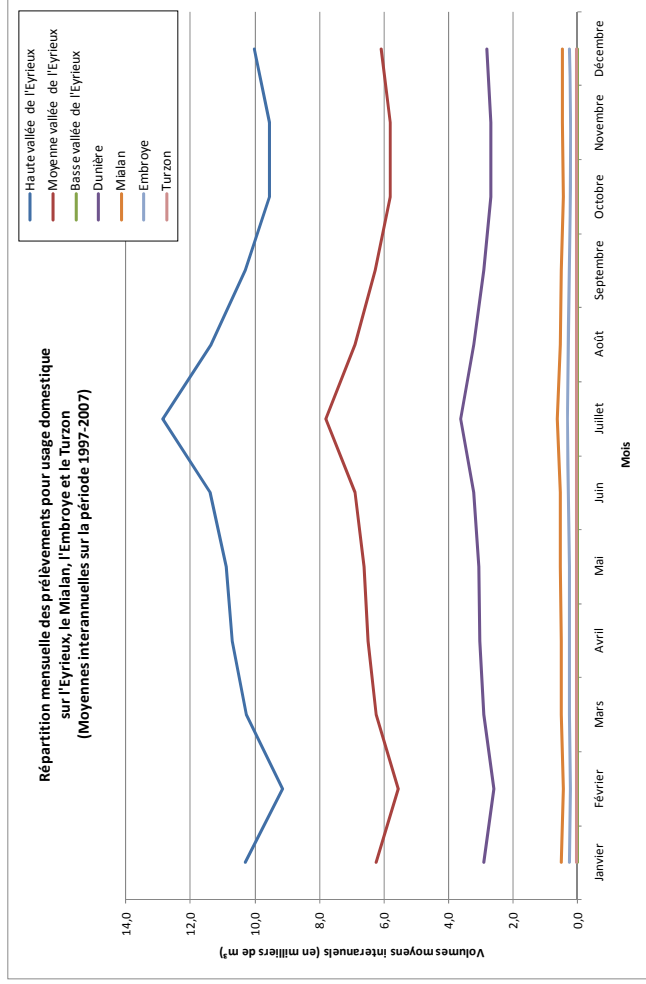


Figure 9 : Répartition mensuelle des prélèvements et rejets pour Usages Domestiques sur la période 1997-2007



2.4.3 Industrie

Prélèvements industriels

La répartition des prélèvements de l'activité industrielle du bassin versant de l'Eyrieux est supposée constante au cours de l'année.

Rejets industriels

Le taux de rejet pour ce type d'usage a été déterminé en phase 2 [2] par Calligée, et est égal à 90 % des volumes prélevés.

L'ensemble des volumes considérés est donné dans le rapport de phase 2.

2.4.4 Prélèvements pour l'irrigation

Lors de la phase 2 de la présente étude [2], un bilan annuel moyen des prélèvements pour l'irrigation a été dressé sur la période 1997-2007.

Or, il convient de reconstituer, sur la période d'étude, les chroniques de prélèvements pour l'irrigation sur le bassin versant de l'Eyrieux à pas de temps décadaire (données ETP fournies au pas de temps décadaire). Un bilan hydrique est alors réalisé.

Le bilan hydrique définit, pour un pas de temps donné, les volumes d'irrigation théoriques nécessaires au développement optimal de la plante en fonction de sa nature, de son lieu d'implantation, l'évapotranspiration potentielle et des précipitations locales.

Caractérisation de l'occupation des sols

Lors de la deuxième phase [2], les surfaces irriguées au niveau des quatre grands sous-ensembles composant le bassin versant de l'Eyrieux ont été évaluées pour chaque année de la période 1997 - 2007. A titre d'exemple, le Tableau 5 donne les surfaces irriguées pour l'année 2000.

Grand ensemble	Surface du bassin	Surface irriguée
Haute vallée de l'Eyrieux	367 km ²	44 ha
Moyenne vallée de l'Eyrieux	289 km ²	143 ha
Basse vallée de l'Eyrieux	90 km ²	41 ha
Bassin de la Dunière	107 km ²	314 ha
Total	853 km ²	542 ha

Tableau 5 : Surfaces agricoles irriguées des différents ensembles de l'Eyrieux pour l'année 2000 (sans surface irriguée de l'ASA de Beauchastel) [2]

De la même manière, ces surfaces ont été déterminées sur les bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon. Elles sont reprises pour l'année 2000 dans le Tableau 6.

Bassin	Surface du bassin	Surface irriguée
Mialan	58 km ²	118 ha
Embroye	25 km ²	80 ha
Turzon	19 km ²	2 ha

Tableau 6 : Surfaces agricoles irriguées des bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon pour l'année 2000 [2]

Les données disponibles dans la base de l'Agence de l'Eau ne sont pas assez précises pour permettre d'établir directement un bilan hydrique qui dépend également du type de cultures irriguées (nature, espèce, surface,...), à l'échelle de chaque grand sous bassin versant.

C'est pourquoi l'étude « Document de référence pour une Irrigation Durable en Ardèche » [4] conduite par le Conseil Général de l'Ardèche a été utilisée pour obtenir la répartition de l'occupation des sols par type de culture sur le bassin versant de l'Eyrieux, et du Mialan, de l'Embroye et du Turzon :

Culture irriguée	Surface (%)
Céréales	1,6%
Maraîchage	2,8%
Autres	3,3%
Vergers	46,4%
Petits fruits	8,6%
Châtaignier	0,9%
Fourrage	0,8%
Luzerne	2%
Maïs	19,8%
Prairies	12,8%
Sorgho	1,2%
Total	100%

Tableau 7: Répartition de la surface agricole du bassin versant de l'Eyrieux (Source : [4])

Les besoins hydriques des différentes cultures énoncées ci-dessous dépendent du type de plants, de son stade de maturité, du sol sur lequel elle est implantée, du travail préalable de la terre,... Au regard des incertitudes existantes, le niveau de détail semble inadéquat et il est pris le parti de regrouper les cultures par famille cultural :

Type de culture irriguée	Surface (%)
Céréales, Sorgho	2,8%
Maïs	20 %
Maraîchage	2,8%
Vergers/Petits fruits/Châtaignier	56 %
Fourrages/Prairies/Luzerne	15 %
Autres	3,3%
Total	100%

Tableau 8 : Regroupement des types de cultures irriguées

Bilan hydrique

Les volumes d'irrigation sur la période 1997-2007 ont été déterminés lors de la phase 2 [2] de la présente étude pour chacun des grands sous ensembles du bassin de l'Eyrieux, et du Mialan, Embroye et Turzon.

Afin de reconstituer la chronique des prélèvements pour l'irrigation des cultures au pas de temps décadaire, un bilan hydrique est réalisé.

La méthodologie suivante est utilisée, pour les grands sous bassins :

- Etape 1 : détermination des paramètres de calcul du bilan hydrique (ETP, pluviométrie, coefficient cultural, occupation des sols),
- Etape 2 : réalisation du bilan hydrique en prenant en compte les arrêtés de sécheresse (restrictions concernant les prélèvements en irrigation),
- Etape 3 : les volumes annuels calculés pour chaque sous ensemble sont ensuite désagrégés au pas de temps décadaire en fonction de la répartition annuelle des besoins théoriques en irrigation déterminés par le bilan hydrique.

❖ Etape 1 :

Données climatiques : Pluviométrie et évapotranspiration (ETP)

Pour réaliser le bilan hydrique sur le bassin de l'Eyrieux, les données utilisées (pluviométrie, ETP) sont celles présentées dans les paragraphes précédents.

Le sol et son occupation

Lors d'un événement pluvieux, une partie des précipitations ruisselle tandis que l'autre s'infiltré dans le sol où elles remplissent les pores superficielles jusqu'à saturation avant de percoler vers les horizons profonds. La Réserve Utile (RU, en mm) correspond à l'épaisseur de sol « exploitable » par les plantes pour les besoins en eau.

Toutefois, la plante ne puise pas avec la même facilité l'eau stockée au niveau de la réserve utile qui peut être décomposée en :

- la Réserve Facilement Utilisable (RFU), renvoyant à la partie supérieure de la réserve utile. Lorsque le niveau d'eau dans le sol s'inscrit au sein de la RFU, la plante est irriguée à son optimum et l'évapotranspiration réelle (ETR) est égale à l'évapotranspiration maximale (ETM).
- la Réserve de Survie (RS). Lorsque le niveau d'eau dans le sol se situe au niveau de la zone de survie, la plante entre en stress hydrique et est amenée à réguler son évapotranspiration par ses stomates. L'évapotranspiration réelle est alors inférieure à l'évapotranspiration maximale.

La figure suivante illustre les notions de réserves utile et facilement utilisable :

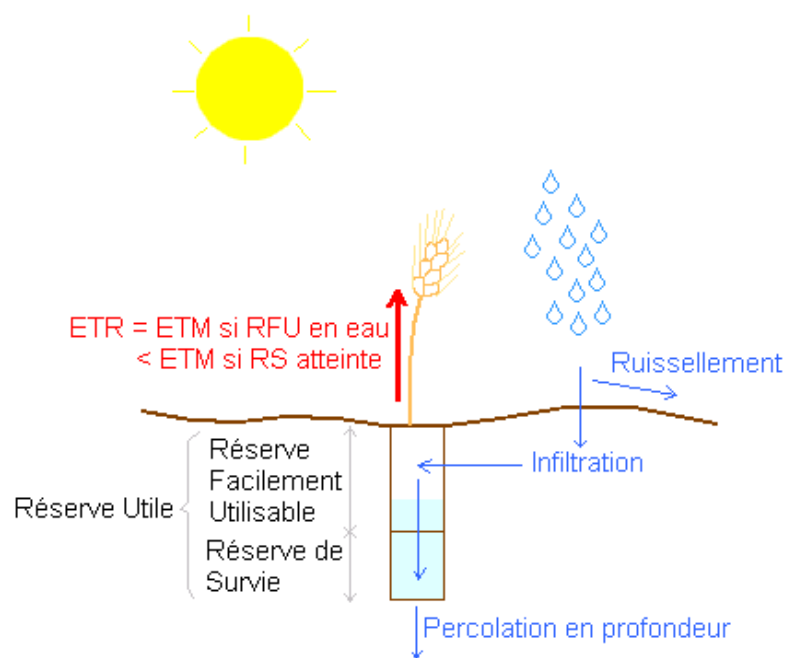


Figure 10 : Schéma explicatif du cycle de l'eau, à l'échelle des plantes

La réserve utile dépend :

- de la nature et de la granulométrie des sols en place. En effet, la capacité de rétention d'un sol est liée à la proportion de fines de ce dernier,
- de la profondeur de l'enracinement. Plus l'enracinement d'une plante est important, mieux elle résiste à une sécheresse.

Sur le bassin de l'Eyrieux, les sols se composent de sables et d'arènes granitiques. Il s'agit de matériaux perméables filtrants renvoyant à de faibles réserves en eau. Les ordres de grandeurs communs pour de tels sols sont une réserve utile de 60 mm maximum et une réserve facilement utilisable correspondant au 2/3 de la réserve utile (source : [5]).

Ces ordres de grandeur ont été validés par la Chambre d'Agriculture d'Ardèche lors d'un entretien réalisé le 21 janvier 2010. La Chambre d'Agriculture indique alors que la réserve

utile sur le bassin de l'Eyrieux peut être estimée à 50 mm et la réserve facilement utilisable à 30 mm.

Les valeurs retenues sont reprises dans le Tableau 9.

	Valeur choisie
Réserve facilement utilisable (RFU)	30 mm
Réserve utile (RU)	50 mm

Tableau 9 : Valeurs utilisées de la RFU, et RU

Les besoins hydriques de chaque type de culture peuvent être estimés grâce à l'ETM (évapotranspiration maximale). Elle dépend du type de culture, du stade de croissance de la plante, et des conditions météo. Elle peut être calculée à partir de l'ETP, et du coefficient cultural : $ETM = Kc * ETP$, avec Kc : coefficient cultural.

Coefficients culturaux

Les coefficients culturaux propres à chaque culture (source : [6]) sont donnés ci-dessous dans le Tableau 10.

A partir de ceux-ci, on calcule alors un coefficient cultural moyen, pondéré par les surfaces de chaque type de culture².

Mois	Décade	Coefficients culturaux (Kc)					
		Céréales Sorgho	Mais	Maraîchage	Vergers Petits fruits Châtaignier	Fourrages Prairies Luzerne	Kc moyen pondéré
Avril	1	0	0	0	0,5	1	0,43
	2	0	0,1	0	0,5	1	0,45
	3	0	0,1	0	0,5	1	0,45
Mai	1	0,6	0,3	0	0,5	1	0,51
	2	0,6	0,3	0,5	0,5	1	0,53
	3	0,6	0,3	0,5	0,6	1	0,58
Juin	1	0,7	0,6	0,5	0,6	1	0,64
	2	0,7	0,6	0,9	0,6	1	0,65
	3	0,7	0,8	0,9	0,6	1	0,69
Juillet	1	0,7	0,8	0,9	0,6	1	0,69
	2	0,9	0,8	0,9	0,6	1	0,70
	3	1	1,2	0,9	0,6	1	0,78

² Cela revient au même que de faire un bilan hydrique pour chaque type de culture, et de les sommer ensuite.

Mois	Décade	Coefficients culturaux (Kc)					
		Céréales Sorgho	Mais	Maraîchage	Vergers Petits fruits Châtaignier	Fourrages Prairies Luzerne	Kc moyen pondéré
Août	1	1	1,2	0,9	0,6	1	0,78
	2	1	1,2	0,4	0,6	1	0,77
	3	1	1,2	0,4	0,5	1	0,71
Sept.	1	0	1,2	0,4	0,5	1	0,68
	2	0	0,9	0	0,5	1	0,61
	3	0	0,9	0	0,5	1	0,61

Tableau 10 : Evolution des coefficients culturaux des cultures de l'Eyrieux

❖ **Etape 2 :****Calcul du bilan hydrique**

Les paramètres de calcul sont repris dans le Tableau 11.

Paramètres du calcul	Définitions - Choix
Solde initial	C'est la valeur initiale du réservoir d'eau dans le sol prise égal à la valeur moyenne entre RU et RFU (hypothèse d'initialisation début avril, dont les résultats de répartition d'irrigation dépendent peu).
Seuil de déclenchement	Il est choisi égal à $RS = RU - RFU$. Si le niveau de la réserve d'eau est inférieur à ce seuil, il y a déclenchement de l'irrigation.
Irrigation décadaire	Cela correspond à la dose d'irrigation déterminée par calage (voir ci-dessous)
Prise en compte de la sécheresse	Avant 2006, si un arrêté préfectoral a été établi, la dose d'irrigation est réduite de 40%. A partir de 2006, l'arrêté cadre s'applique, et les volumes d'irrigation (hors retenues collinaires et barrages) ont été pris de la façon suivante : <ul style="list-style-type: none"> • en cas de pénurie : 4/7 du bilan théorique, • en cas de pénurie sévère : 3/7 du bilan théorique, en cas de crise : 0 (irrigation interdite).

Tableau 11 : Paramètres de calcul du bilan hydrique

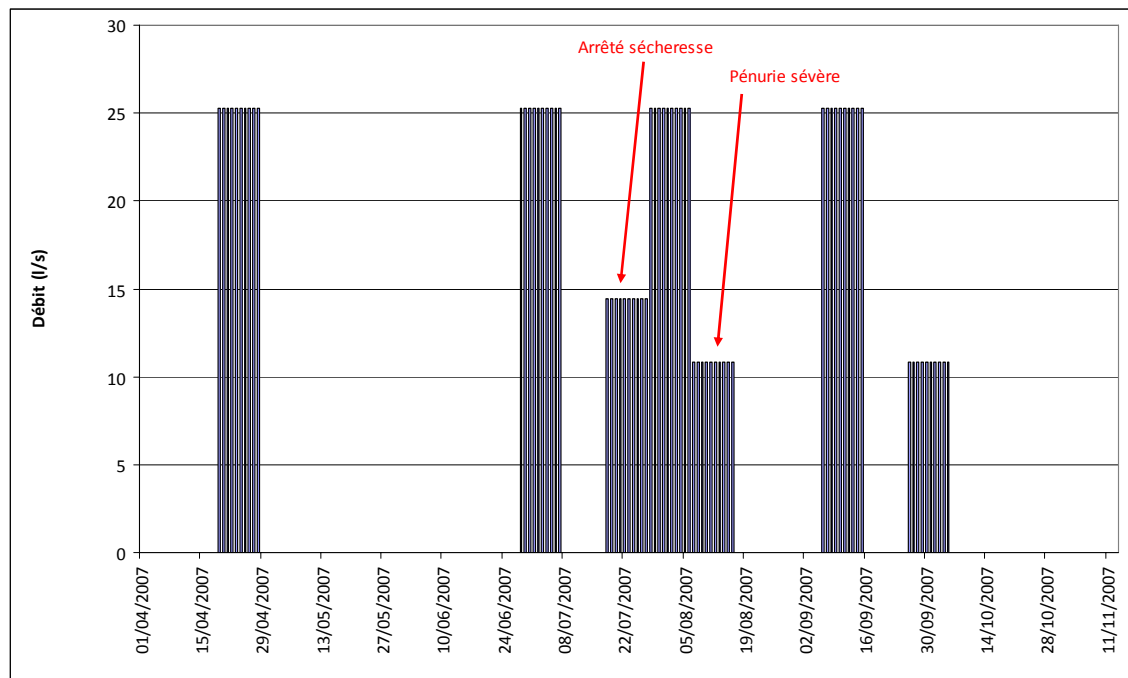


Figure 12 : Répartition journalière des prélèvements directs en rivière pour l'irrigation sur la Moyenne Vallée – avril à octobre 2007

Les volumes décadaires obtenus sont synthétisés dans le Tableau 12 (prélèvements en rivière) et Tableau 13 (prélèvements en retenue collinaire).

Rejets issus de l'irrigation

Les retours au milieu naturel provenant des prélèvements en eaux superficielles à destination de l'irrigation sont jugés négligeables, compte tenu d'une irrigation sous-optimale par rapport aux besoins théoriques des cultures sur le bassin versant (voir rapport de phase 2).

	Nn ³	Ns ⁴	Npénurie sévère ⁵	Haute Vallée			Moyenne Vallée			Basse Vallée			Dunière				
				Norm.	Séch.	Pén. sév	Norm.	Séch.	Pén. sév	Norm.	Séch.	Pén. sév	Norm.	Séch.	Pén. sév		
1997	4	0	0				31				31				21		
1998	6	0	0				21				21				14		
1999	4	1	0				30	17			29	17			20	11	
2000	5	0	0				17				17				11		
2001	3	1	0				28	16			27	16			18	11	
2002	3	1	0				26	15			26	15			17	10	
2003	5	4	0				15	9			15	8			10	6	
2004	5	1	0				22	13			22	12			15	8	
2005	5	4	0				15	8			15	8			10	6	
2006	7	0	3				12		5		12		5		8		3
2007	4	1	0				22	12			22	12			15	8	

Tableau 12 : Volumes décennaires (en milliers de m³) prélevés directement en rivière en période normale, de sécheresse et de pénurie sévère, sur les sous ensembles du bassin de l'Eyrieux

Note : Sur les bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon, les prélèvements pour l'irrigation sont faits exclusivement à partir des retenues collinaires, c'est pourquoi les volumes décennaires présentés dans le tableau sont nuls.

³ Nn : Nombre de décades par an, pour lesquelles il y a irrigation en période « normale ».

⁴ Ns : Nombre de décades par an, pour lesquelles il y a irrigation en période de sécheresse.

⁵ Npénurie sévère : Nombre de décades par an, pour lesquelles il y a irrigation en période de pénurie sévère

	Nn ⁶	Haute vallée	Moyenne vallée	Basse vallée	Dunière	Mialan	Embroye	Turzon
1997	4	196	2	1,1	162	57,3	38,8	1
1998	7	114	1,1	0,6	93,9	33,1	22,4	0,6
1999	5	172	1,7	1	141,8	50	34	0,8
2000	5	106	1,1	0,6	87,4	30,8	21	0,6
2001	4	156	1,6	0,9	128,8	45,5	30,8	0,8
2002	4	147	1,5	0,8	121	42,8	29	0,8
2003	7	98	1	0,5	80,7	28,4	19,3	0,4
2004	6	129	1,3	0,7	106,7	37,7	25,5	0,7
2005	8	85	0,8	0,5	69,8	24,6	16,8	0,4
2006	7	88	0,9	0,5	72,4	25,6	17,3	0,4
2007	5	126	1,3	0,7	103,8	36,6	24,8	0,6

Tableau 13 : Volumes décennaires (en milliers de m³) prélevés dans les retenues collinaires en période normale et en période de pénurie, sur les sous ensembles du bassin de l'Eyreux, le Mialan, l'Embroye et le Turzon

⁶ Nn : Nombre de décades par an, pour lesquelles il y a irrigation en période « normale ».

2.5 Prise en compte des retenues collinaires et barrages en rivière dans le modèle hydrologique

2.5.1 Méthodologie

Sur le bassin versant de l'Eyrieux, la grande majorité des retenues collinaires sont concentrées sur le bassin de la Dunière. Le modèle hydrologique tient également compte de l'impact des retenues collinaires sur les bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon ; la quasi-totalité (en dehors de quelques forages) des prélèvements en irrigation sur ces bassins s'effectuent depuis les retenues collinaires.

Afin de tenir compte de leur impact sur les débits des cours d'eau, le principe présenté sur la Figure 13 a été retenu pour la modélisation hydrologique.

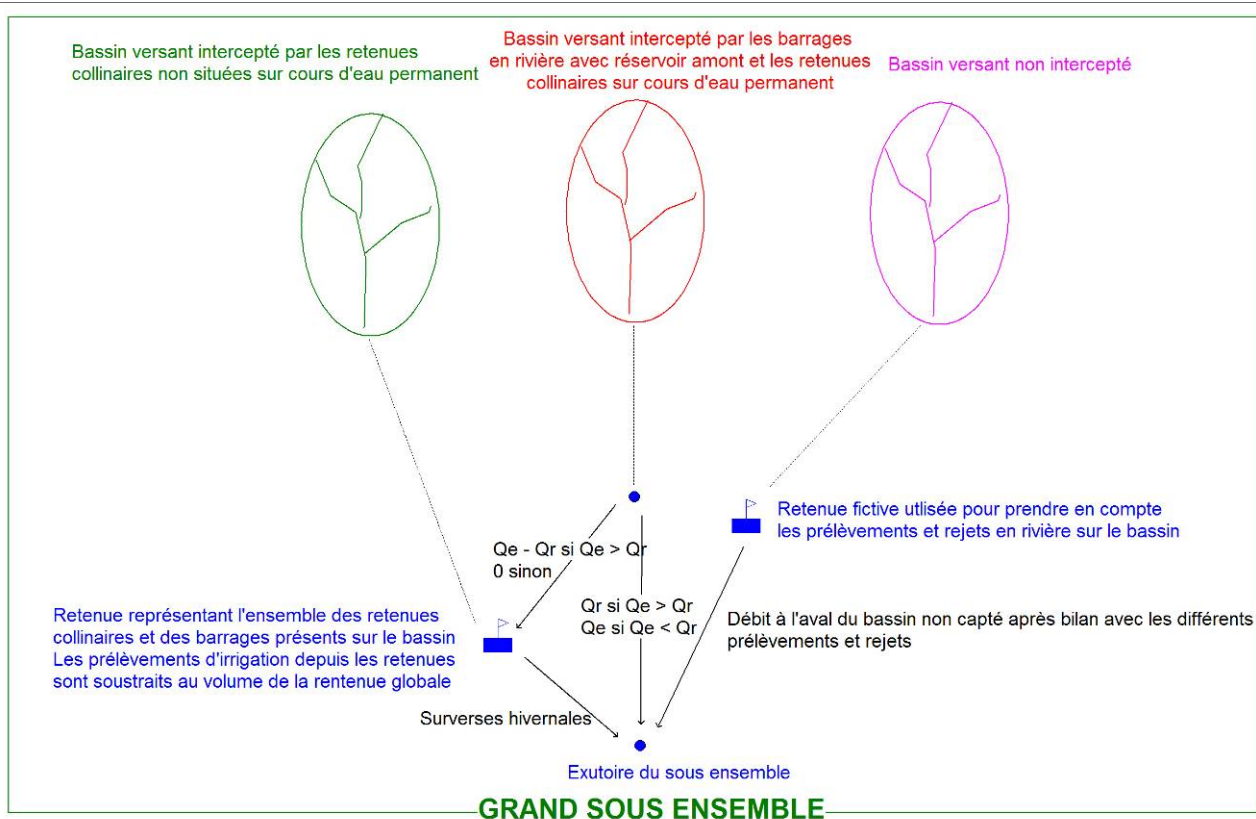


Figure 13 : Schéma de principe de modélisation des grands sous ensembles (avec Q_r : débit réservé et Q_e : débit entrant)

Chacun des grands sous ensembles est séparé en trois bassins versants :

- le premier correspond à la surface du bassin versant non capté par les retenues collinaires et barrages présents,
- le second correspond à la surface du bassin versant capté par les retenues collinaires situées en dehors des cours d'eau permanent (représentés en trait plein bleu sur le SCAN25),
- le troisième correspond aux barrages en rivière (avec stockage amont) et aux retenues collinaires placées sur des cours d'eau permanents.

A l'aval de ces sous bassins, deux réservoirs ont été modélisés :

- **un réservoir fictif** : il sert uniquement à prendre en compte les prélèvements et les rejets dans les cours d'eau pour chacun des grands sous ensembles (à l'aval des bassins versants non captés par les retenues collinaires),
- **un réservoir pour l'ensemble des retenues collinaires et des barrages** : Les retenues collinaires et barrages modifient l'hydrologie de surface, dans la mesure où des volumes de ruissellement de la période hivernale sont stockés provisoirement et utilisés en période estivale pour l'usage irrigation. Il est donc nécessaire de les prendre en compte. Dans le modèle, un unique réservoir pour chaque grand sous ensemble a été retenu pour prendre en compte l'ensemble des retenues collinaires; son volume est égal à la somme des volumes des retenues collinaires sur le grand sous ensemble. Le fonctionnement de la retenue globale tient compte : des apports du bassin versant amont capté, de la somme des prélèvements en irrigation depuis les retenues collinaires, des débits réservés (uniquement sans le cas des barrages en rivière et des retenues collinaires sur cours d'eau permanent), et des possibles surverses hivernales.

2.5.2 Bassins versants captés

Les surfaces captées ont été calculées en localisant les différentes retenues collinaires sur fond de SCAN25 avec Mapinfo et en dessinant les surfaces des bassins versants interceptés. Pour les sous ensemble de l'Eyrieux, la localisation des retenues collinaires est issue du recensement de 2008 de la DDT (cf. planche 12 en annexe du rapport de phase 1 [1]).

Les barrages en rivière avec stockage amont et les retenues collinaires placées sur des cours d'eau permanents ont été identifiés en superposant la table MAPINFO de positionnement des retenues de la DDT avec le réseau hydrographique du SCAN25. Les cours permanents figurent en trait bleu continu sur le SCAN25.

Les surfaces interceptées et non interceptées pour chaque grand sous ensemble de l'Eyrieux et pour les bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon sont données dans le Tableau 14 page suivante.

Bassin	Surface non influencée par les retenues collinaires ou barrages en rivière ⁷	Surface captée par les retenues collinaires situées hors cours d'eau permanent	Surface captée par les barrages en rivière ⁸ et retenues collinaires situées sur cours d'eau permanent	Surface total du grand sous ensemble
Haute vallée de l'Eyrieux	0	2,4 km ²	33,3 km ² (Surface captée hors barrage du Cheylard)	367 km ²
Moyenne vallée de l'Eyrieux	287,7 km ²	1,3 km ²	0 ⁹	289 km ²
Basse vallée de l'Eyrieux	77,9 km ²	0,1 km ²	12 km ² (Barrage de Chambon de Bavas sur le Boyon)	90 km ²
Bassin de la Dunière	74,3 km ²	22,7 km ²	10 km ²	107 km ²
Mialan	56 km ²	1,1 km ²	0,9	58 km ²
Embroye	24,6 km ²	0,4 km ²	0	25 km ²
Turzon	18,1 km ²	0,9 km ²	0	19 km ²

Tableau 14 : Surfaces des différents bassins modélisés avec GESRES_{ISL}

Cas particulier du barrage des Collanges au Cheylard

Le barrage du Cheylard est situé entre la Haute et Moyenne Vallée.

Le SDEA (propriétaire) et EDF (gestionnaire jusqu'en 2009) ont été contactés pour obtenir les données d'exploitation au barrage (notamment évolution du volume dans la retenue et chronique des débits effectivement relâchés).

A ce jour, ces données ne nous ont pas été fournies. Dans ce cadre, les règles de gestion qui seront utilisées pour la modélisation sont celles des règlements d'eau s'appliquant à la retenue sur la période d'étude (arrêtés préfectoraux du 4 juillet 1991 et du 15 janvier 2005).

En particulier, l'arrêté préfectoral du 15 janvier 2005 propose la répartition suivante de la réserve agricole, donnée dans le Tableau 15, sous forme de lâchures agricoles (en plus du débit réservé de 300l/s), afin de soutenir l'étiage en aval du barrage.

⁷ Barrages avec stockage amont

⁸ Barrages avec stockage amont

⁹ Les barrages en rivière sur la Moyenne Vallée identifiés en phase 1 sont en réalité des seuils exploités au fil de l'eau, ne modifiant pas l'hydrologie. Ils ne sont donc pas pris en compte ici.

Période	Nombre de jours	Débit en l/s	Volume (m3)	Volume cumulé (m3)
du 1 au 10 juin	10	0	0	0
du 11 au 20 juin	10	90	78 000	78 000
du 21 au 30 juin	10	180	155 500	233 500
du 1 au 10 juillet	10	240	207 000	440 500
du 11 au 20 juillet	10	280	242 000	682 500
du 21 au 31 juillet	11	280	266 000	948 500
du 1 au 10 août	10	240	207 000	1 155 500
du 11 au 20 août	10	185	159 500	1 315 000
du 21 au 31 août	11	114	108 000	1 423 000
du 1 au 10 septembre	10	105	91 000	1 514 000
du 11 au 20 septembre	10	100	86 000	1 600 000
du 21 au 30 septembre	10	0	0	1 600 000
Total			1 600 000	1 600 000

Tableau 15 : Lâchures agricoles depuis le barrage des Collanges (Source : Arrêté préfectoral du 15 janvier 2005)

2.5.3 Débit réservé total des barrages en rivière et des retenues collinaires sur cours d'eau permanent

L'étude « Schéma Départemental d'Hydraulique Agricole de 1992 » [7] propose une carte des débits spécifiques sur le bassin de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon :

- Haute Vallée : 22,6 l/s/km²,
- Moyenne Vallée : 29,4 l/s/km²,
- Basse vallée et Dunière : 22 l/s/km²,
- Mialan, Embroye et Turzon : 16,6 l/s/km².

Les débits réservés des barrages en rivière et des retenues sur cours d'eau permanent ont probablement été fixés à partir de ces débits spécifiques, sur la base du dixième du module¹⁰.

¹⁰ Les valeurs des débits réservés ne sont pas connues de la DDT, de la chambre d'agriculture ou des ASA.

La somme des débits réservés estimés dans les retenues collinaires sur cours d'eau permanent et dans les retenues des barrages en rivière est donnée dans le Tableau 16 pour chacun des grands sous bassins de l'Eyrieux¹¹.

Bassin	Somme des débits réservés
Haute vallée (En Amont du Cheylard)	75 l/s
Basse Vallée	26 l/s
Bassin de la Dunière	22 l/s
Mialan	1,5 l/s
Embroye	
Turzon	

Tableau 16 : Somme des débits réservés dans les retenues collinaires sur cours d'eau permanent et barrages en rivière

2.5.4 Volume total stocké dans les retenues des barrages en rivière et dans les retenues collinaires

La somme des volumes stockés dans les retenues collinaires (sur cours d'eau permanent et hors cours d'eau) et dans les retenues des barrages en rivière est donnée dans le Tableau 17 pour chacun des grands sous bassins de l'Eyrieux ainsi que pour le Mialan, l'Embroye, et le Turzon.

Bassin	Volume stocké dans les retenues collinaires et barrages	Source : Méthode de calcul des volumes stockés
Bassin de la Dunière	608 000 m ³	Données [6] actualisées au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2] (car non exhaustive dans [6])

¹¹ Le respect de ces débits réservés étant incertain, un test de sensibilité sur les résultats obtenus a été réalisé en prenant les débits réservés nuls. Les débits d'étiage VCN10 influencés sont alors plus bas de 5 à 15% selon les années à l'aval des grands sous bassins versants. Les débits naturels sont inchangés.

Bassin	Volume stocké dans les retenues collinaires et barrages	Source : Méthode de calcul des volumes stockés
Haute vallée	85 000 m ³	Au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2]
Moyenne vallée	277 000 m ³	Au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2]
Basse vallée	79 000 m ³	Au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2]
Mialan	229 000 m ³	Au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2]
Embroye	161 000 m ³	Au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2]
Turzon	3 900 m ³	Au prorata des surfaces irriguées à partir des retenues et barrages [2]

Tableau 17 : Somme des volumes stockés dans les retenues collinaires sur cours d'eau permanent et barrages en rivière

2.6 Calage du modèle hydrologique (en état influencé)

Le calage du modèle est réalisé en état influencé, avec prise en compte de l'impact des usages (prélèvements et rejets), sur les stations hydrométriques du bassin versant.

2.6.1 Initialisation du modèle hydrologique

Le modèle est initialisé le 1^{er} janvier 1997 avec des paramètres standard du modèle pluie-débit GR4J et des retenues et barrages supposés pleins. Un test de sensibilité a été réalisé sur cette hypothèse d'initialisation, montrant qu'elle n'a pas d'impact sur les débits à l'étiage.

2.6.2 Valeurs observées

Dans l'optique du calage du modèle, il est nécessaire de disposer de mesures de débits et/ou de hauteurs d'eau. Le logiciel GESRES/ECRET_{ISL} intègre par exemple une procédure automatique de calage des paramètres du modèle GR4j sur des hydrogrammes mesurés.

Dans notre cas, nous disposons des valeurs mesurées aux stations hydrométriques suivantes :

Station	Chronique
Glueyre à Gluiras	1953-2009
Eyrieux à Beauvène	1953-2006
Embroye à Toulaud	1981 - 2009

Tableau 18 : Stations hydrométriques sur les bassins étudiés (source Banque Hydro)

La station de l'Eyrieux à Saint Fortunat (1965-1991) a été fermée avant la chronique étudiée (1997-2007).

La station de l'Eyrieux au Cheylard (1999-2009) n'est pas fiable à l'étiage et n'a donc pas pu être utilisée pour le calage.

2.6.3 Calage à partir des débits mesurés aux différentes stations hydrométriques présentes sur le bassin versant

Le calage est réalisé en adaptant les paramètres des modèles GR4j des bassins versants.

Dans le modèle GR4j, les paramètres à caler sont :

- **A** : hauteur de stockage dans le réservoir A en mm (capacité du réservoir de production) ;
- **B** : hauteur de stockage dans le réservoir B en mm (capacité à un jour du réservoir de routage) ;
- **C** : temps de montée de l'hydrogramme unitaire en heures
- **D** : coefficient d'échange avec la nappe ; une valeur négative signifie que le cours d'eau alimente la nappe tandis qu'une valeur positive signifie que la nappe alimente le cours d'eau ;
- **S0/A** : taux de remplissage initial du réservoir A.

Le Cemagref fournit les valeurs standard suivantes pour les différents paramètres, obtenues sur un large échantillon de bassins versants [3] :

Paramètres à caler :	Médiane	Intervalle de confiance à 80%
A	350 mm	[100 ; 1 200]
B	90 mm	[20 ; 300]
C	Dépend du temps de concentration du bassin versant	
D	0 mm	[-5 ; 3]

Tableau 19 : Exemples de valeurs de calage pour le modèle GR4j (source [3])

GESRES_{ISL} compare, en utilisant le critère de Nash, les chroniques de débits mesurés à la station avec la chronique de débit calculé et propose un calage des paramètres du modèle GR4j des bassins amont.

Deux jeux de paramètres GR4j sont obtenus ; le premier assure un meilleur calage du modèle sur la période d'étiage de juin à septembre tandis que le second privilégie un calage global sur l'année entière. Le premier jeu permet ainsi de caler le modèle en vue de déterminer les débits caractéristiques d'étiage de l'Eyrieux et des ses affluents ainsi que du Mialan, de l'Embroye et du Turzon (VCN et QMNA) alors que le deuxième jeu servira à déterminer le module interannuel et le débit médian.

Calage des paramètres GR4j sur l'année entière

Pour le modèle hydrologique de l'Eyrieux, le calage des paramètres GR4j sur l'année entière est réalisé en comparant le module interannuel obtenu par ajustements statistiques¹² des débits mesurés aux stations hydrométriques de Beauvène (Moyenne Vallée) et de Gluiras (Glueyre) à celui obtenu par ajustement statistique des débits calculés par le modèle hydrologique.

Le Tableau 20 présente le module et le débit médian obtenus à partir des débits calculés par le modèle et à partir des débits mesurés aux deux stations hydrométriques (Gluiras et Beauvène). Les valeurs sont proches dans les deux cas.

Source	Module (m ³ /s)	Débit médian (m ³ /s)
Station hydrométrique de Gluiras	1,76 [1,36 ; 2,30]	0,70 [0,68 ; 0,73]
Résultats obtenus à partir du modèle à Gluiras	1,69 [1,34 ; 2,18]	0,77 [0,75 ; 0,79]
Station hydrométrique de Beauvène (calcul sur 1997-2004 ¹³)	8,50 [7,08 ; 10,34]	2,92 [2,80 ; 3,05]
Résultats obtenus à partir du modèle à Beauvène (sur 1997-2004)	8,9 [7,84 ; 10,15]	4,06 [3,95 ; 4,17]

Tableau 20 : Module et débit médian obtenus à partir des valeurs mesurées aux stations hydrométriques de Beauvène et de Gluiras et à partir des valeurs calculées par le modèle hydrologique (avec intervalle de confiance à 90 %)

Le jeu de paramètres minimisant l'écart avec les volumes mesurés est donné en annexe 4.

Pour l'utilisation du modèle de l'Eyrieux, les paramètres de calage de la Glueyre ont été ensuite extrapolés à l'ensemble de la Moyenne Vallée et également aux grands sous bassins de la Dunière et de la Basse Vallée. Pour vérifier cette hypothèse, les valeurs obtenues dans de précédentes études sur ces deux grands sous bassins de l'Eyrieux seront également confrontées aux résultats du modèle hydrologique (cf. paragraphe 3.1).

Pour les bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon, la même démarche a été suivie pour le calage des paramètres GR4j en s'appuyant sur les valeurs mesurées à la station hydrométrique de Touloud sur l'Embroye.

Le Tableau 21 donne le module et le débit médian obtenus à partir des débits calculés par le modèle et à partir des débits mesurés à la station hydrométrique de Touloud. Les valeurs sont proches dans les deux cas.

¹² Ajustement par une loi log-normale

¹³ Les valeurs des années 2005 et 2006 sont qualifiées de « provisoires » par la Banque Hydro, c'est pourquoi elles n'ont pas été prises en compte pour l'ajustement statistique.

Source	Module (m ³ /s)	Débit médian (m ³ /s)
Station hydrométrique de Toulaud	0,09 [0,07 ; 0,12]	0,025 [0,022 ; 0,030]
Résultats obtenus à partir du modèle à Toulaud	0,08 [0,06 ; 0,09]	0,039 [0,038 ; 0,040]

Tableau 21 : Module et débit médian obtenus à partir des valeurs mesurées à la station de Toulaud et à partir des valeurs calculées par le modèle hydrologique (avec intervalle de confiance à 90 %)

Le jeu de paramètres minimisant l'écart avec les volumes mesurés est répertorié en Annexe 4.

Calage des paramètres GR4j sur la période d'étiage

Pour le modèle hydrologique de l'Eyrieux, le calage des paramètres GR4j sur la période d'étiage est réalisé en comparant les débits caractéristiques d'étiage, QMNA et VCN, obtenus par ajustement statistique¹⁴ des débits mesurés aux stations hydrométriques de Beauvène (Moyenne Vallée) et de Gluiras (Glueyre) à ceux obtenus par ajustement statistique des débits calculés par le modèle hydrologique.

Le Tableau 22 donne les débits caractéristiques d'étiage obtenus à partir des débits calculés par le modèle et à partir des débits mesurés aux deux stations hydrométriques (Gluiras et Beauvène). A Gluiras, les valeurs obtenues à partir du modèle hydrologique sont proches de celle provenant de la station hydrométrique. A Beauvène, les valeurs obtenues à partir du modèle hydrologique diffèrent de celles provenant de la station hydrométrique pour l'année quinquennale sèche, bien que comprises dans l'intervalle de confiance à 90 %. Cette différence est liée aux valeurs mesurées à la station de Beauvène en septembre 2000 qui sont très faibles et jugées incertaines par le gestionnaire. Sans prise en compte de l'année 2000, les ajustements statistiques donnent des valeurs proches en année quinquennale sèche.

Source	VCN10 (l/s)		QMNA (l/s)	
	2 ans	5 ans sec	2 ans	5 ans sec
Station hydrométrique de Gluiras	75 [60 ; 93]	56 [41 ; 68]	144 [113 ; 183]	102 [72 ; 127]
Résultats obtenus à partir du modèle à Gluiras	81	66	130	98
Station hydrométrique de Beauvène (calcul sur 1997-2004)	285 [168 ; 483]	151 [70 ; 250]	557 [410 ; 755]	386 [251 ; 511]
Résultats obtenus à partir du modèle à Beauvène (sur 1997-2004)	281[260 ; 303]	246[222 ; 266]	472[417 ; 533]	407[342 ; 456]

Tableau 22 : Débits caractéristiques d'étiage obtenus à partir des valeurs mesurées aux stations hydrométriques de Beauvène et de Gluiras (avec intervalle de confiance à 90 %) et à partir des valeurs calculées par le modèle hydrologique

Le jeu de paramètres minimisant l'écart avec les volumes mesurés est donné en annexe 4.

¹⁴ Ajustement par une loi log-normale

Pour l'utilisation du modèle de l'Eyrieux, les paramètres de calage de la Glueyre à Gluiras et de l'Eyrieux à Beauvène ont été ensuite extrapolés aux autres bassins : les débits caractéristiques d'étiage obtenus sont ensuite confrontés aux jaugeages disponibles, aux observations des débits d'étiage du Réseau d'Observation de Crise des Assecs (ROCA) et aux résultats d'autres études (cf. paragraphe 3.2.1, page 49).

Le jeu de paramètres retenu pour les bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon est donné en annexe 4. Les débits caractéristiques d'étiage sont nuls pour l'Embroye à Toulaud.

3 RESULTATS

Les résultats du modèle hydrologique en état influencé et non influencé (naturel) présentés par la suite sont regroupés en deux catégories qui traitent :

- des valeurs moyennes annuelles : module interannuel et débit médian ;
- des valeurs caractéristiques d'étiage : VCN10 et QMNA.

L'hydrologie non influencée est obtenue en enlevant l'influence des usages (prélèvements, rejets, retenues et barrages) du modèle hydrologique influencé, qui a fait l'objet d'un calage sur les valeurs mesurées aux stations hydrométriques.

Les résultats présentés ont des incertitudes, liées notamment :

- au calage du modèle hydrologique sur les stations hydrométriques existantes et à l'extrapolation des paramètres du modèle aux autres bassins versants ne disposant pas de stations,
- à la connaissance des prélèvements et rejets, leur répartition spatiale et temporelle, qui reste perfectible.

3.1 Module interannuel et débit médian

Ce paragraphe vise à déterminer le module interannuel et le débit médian en différents points du bassin de l'Eyrieux en considérant l'hydrologie influencée et non influencée.

Le module interannuel est la moyenne des débits annuels ; il permet de caractériser l'écoulement d'une année « moyenne ».

Le débit médian est estimé à partir des débits journaliers sur la période d'étude : 50 % des valeurs sont supérieures à la médiane et 50 % lui sont inférieures.

3.1.1 Hydrologie influencée

Résultats

Le Tableau 23 et le Tableau 24 donnent le module interannuel et le débit médian à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux (bassins versants cumulés) en état influencé, ainsi qu'aux exutoires des bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon.

Grand sous bassin	Surface (km ²)	Module interannuel (m ³ /s)			Débit médian (m ³ /s)
		Module	« 1/10 »	« 1/40 »	
Haute Vallée (Amont du barrage)	367	5,99 [4,91 ; 7,42]	0,599	0,150	3,09 [3,01 ; 3,18]
Haute Vallée (Aval du barrage)	367	5,99 [4,91 ; 7,42]	0,599	0,150	3,07 [2,99 ; 3,15]
Moyenne Vallée	656	12,61 [10,12 ; 16]	1,261	0,315	6,3 [6,13 ; 6,48]
Basse Vallée	853	16,29 [13,12 ; 20,57]	1,629	0,407	8,2 [8 ; 8,45]
Dunière	107	2,06 [1,76 ; 2,43]	0,206	0,052	1 [0,97 ; 1,03]

Tableau 23 : Module interannuel et débit médian à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux en état influencé et intervalle de confiance à 90 %

Grand sous bassin	Surface (km ²)	Module interannuel (l/s)			Débit médian (l/s)
		Module	« 1/10 »	« 1/40 »	
Mialan	58	518 [418 ; 660]	52	13	280 [270 ; 290]
Embroye	25	223 [181 ; 281]	22	6	116 [113 ; 120]
Turzon	19	197 [149 ; 230]	20	5	107 [104 ; 110]

Tableau 24 : Module interannuel et débit médian à l'exutoire des bassins versants du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état influencé et intervalle de confiance à 90 %

Par ailleurs, le module et le débit médian sont également donnés en **annexe 6** pour les 14 stations de mesure du débit minimum biologique (stations ESTIMHAB) dont les sites d'implantation ont été localisés lors de la **phase 1** de la présente étude.

Les valeurs sont obtenues à partir des débits caractéristiques à l'exutoire des grands sous bassins versants (Tableau 23 et Tableau 24) et au prorata des surfaces des bassins versants.

L'emplacement des points ESTIMHAB est donné sur la Figure 14.

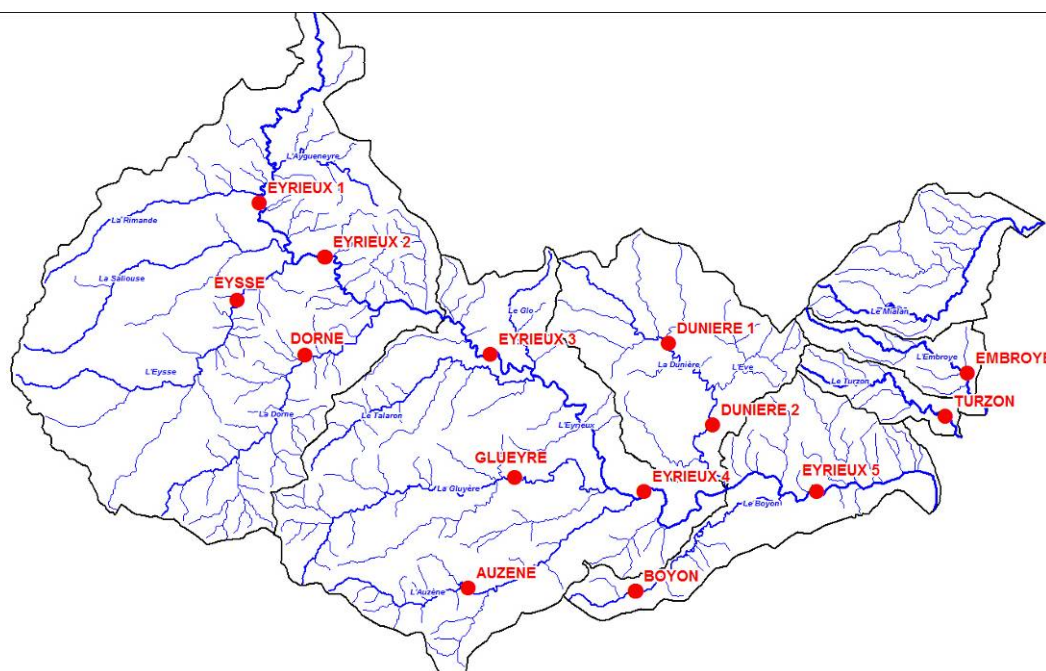


Figure 14 : Localisation des stations de mesure du débit minimum biologique (stations ESTIMHAB) sur les bassins de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon

Comparaison aux données existantes

Le schéma départemental d'hydraulique agricole de 1992 [9] donne le module de l'Eyrieux à la station hydrométrique de Saint Fortunat, située en basse vallée de l'Eyrieux :

Station	Bassin versant (km ²)	Module (m ³ /s)	Période de mesure sur laquelle a été calculé le module
Saint Fortunat	764	16,8	1965-1972 et 1977-1990

Tableau 25 : Module interannuel à Saint Fortunat (source : [9])

Nous obtenons, par le biais du modèle hydrologique, une valeur de 15,05 m³/s à Saint Fortunat. Cette valeur, bien que plus basse, est cohérente avec celle donnée dans l'étude de 1992 [9] car d'une part, elles n'ont pas été déterminées sur les mêmes périodes et d'autre part, plusieurs années sur la période 1997-2007 sont réputées sèches. Le calage sur l'année entière du modèle hydrologique sur la Moyenne et la Basse Vallée semble donc plutôt bon.

3.1.2 Hydrologie non influencée

Résultats

Le Tableau 26 et le Tableau 27 donnent le module interannuel et le débit médian à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux (bassins versants cumulés) en état non influencé, ainsi qu'aux exutoires des bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon.

Grand sous bassin	Surface (km ²)	Module interannuel (m ³ /s)			Débit médian (m ³ /s)
		Module	« 1/10 »	« 1/40 »	
Haute Vallée	367	6,02 [4,95 ; 7,47]	0,60	0,15	3,13 [3,04 ; 3,21]
Moyenne Vallée	656	12,63 [10,14 ; 16]	1,26	0,32	6,37 [6,2 ; 6,55]
Basse Vallée	853	16,35 [13,18 ; 20,63]	1,63	0,41	8,35 [8,13 ; 8,58]
Dunière	107	2,08 [1,7 ; 2,59]	0,21	0,05	1,06 [1,03 ; 1,08]

Tableau 26 : Module interannuel et débit médian à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux en état non influencé et intervalle de confiance à 90 %

Grand sous bassin	Surface (km ²)	Module interannuel (l/s)			Débit médian (l/s)
		Module	« 1/10 »	« 1/40 »	
Mialan	58	530 [430 ; 666]	53	13	290 [280 ; 300]
Embroye	25	233 [190 ; 292]	23	6	129 [125 ; 132]
Turzon	19	197 [160 ; 247]	20	5	107 [160 ; 247]

Tableau 27 : Module interannuel et débit médian à l'exutoire des bassins versants du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état non influencé et intervalle de confiance à 90 %

L'impact cumulé (diminution des débits) des différents prélèvements et rejets, des retenues collinaires et barrages en rivière est faible sur le débit médian et le module interannuel. Il est inférieur à 5 % sur l'ensemble des bassins.

Le module et le débit médian en état non influencé sont également donnés en **annexe 6** pour les 14 stations de mesure du débit minimum biologique (stations ESTIMHAB).

Comparaison aux données existantes

Plusieurs études donnent des valeurs du module de l'Eyrieux en différent point du bassin versant en état non influencé. Ces valeurs sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Lieu	Bassin versant (km ²)	Module	Source :
L'Eyrieux à Beauchastel	853	19,2 m ³ /s	Monographie de l'Eyrieux [10] de 1958
La Dunière à Pont du Belay	50	1,1 m ³ /s	ROCA (cf. annexe 7)
La Dunière peu avant sa confluence avec l'Eyrieux	107	2,1 m ³ /s	Schéma départemental d'hydraulique agricole [9] de 1992

Tableau 28 : Module interannuel non influencé en différents points du bassin versant de l'Eyrieux d'après de précédentes études

Bien qu'établies sur des périodes différentes, les valeurs issues des précédentes études sont cohérentes avec les résultats issus du modèle hydrologique : on obtient ainsi un module de l'Eyrieux de 16,8 m³/s à Beauchastel et des modules respectifs de la Dunière de 1 m³/s et 2,17 m³/s à Pont du Belay et à la confluence.

3.1.3 Impact des usages sur l'hydrologie moyenne (module)

Les modules en hydrologie influencée et en hydrologie naturelle sont très proches, comme le montrent les figures suivantes :

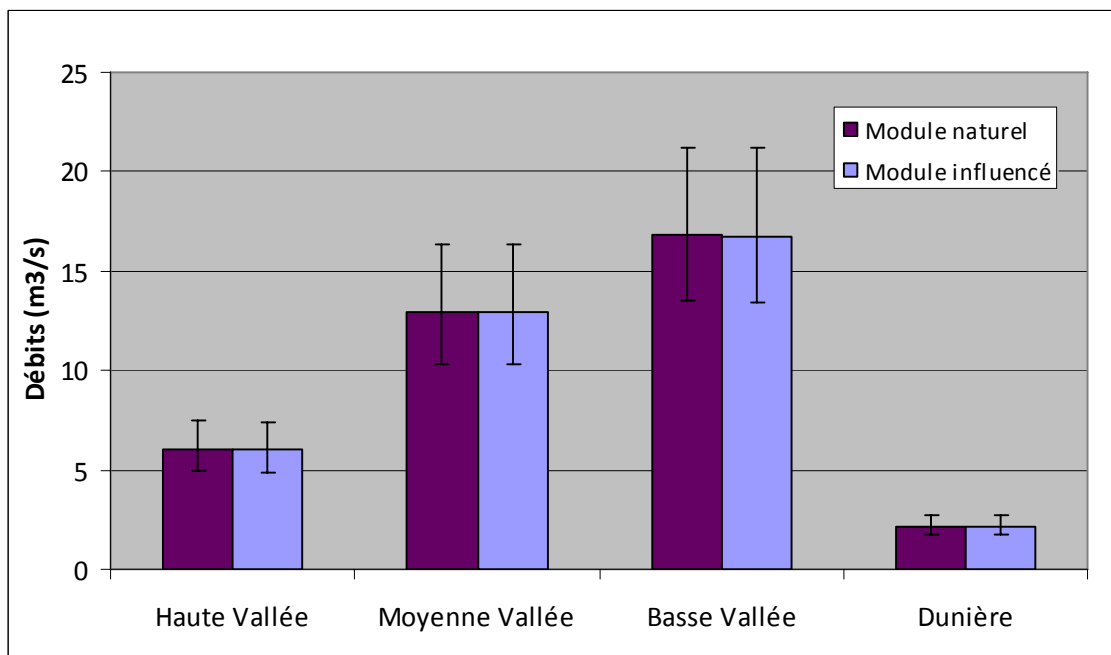


Figure 15 : Comparaison des modules naturels et influencés sur le bassin de l'Eyrieux (les barres représentent l'intervalle de confiance à 90%)

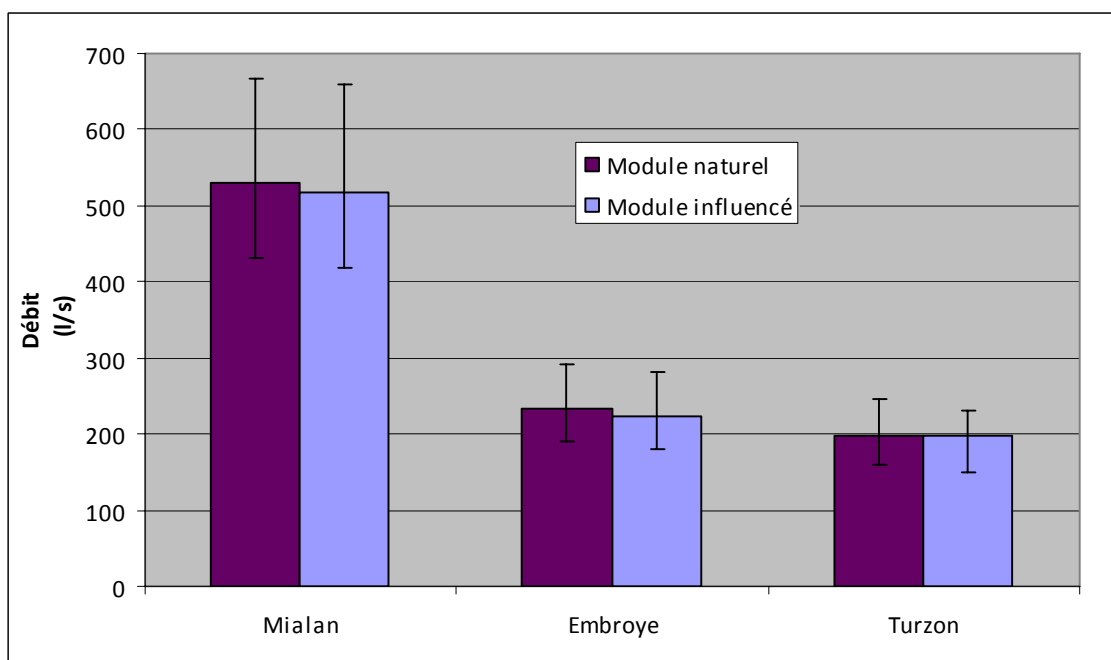


Figure 16 : Comparaison des modules naturels et influencés sur les bassins Mialan, Embroye et Turzon (les barres représentent l'intervalle de confiance à 90%)

3.2 Débits caractéristiques d'étiage

Ce paragraphe vise à déterminer les débits caractéristiques d'étiage en différents points des bassins de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en considérant l'hydrologie influencée et non influencée :

- VCN10 : le VCN10 d'une année est le débit minimal ("moyen") calculé sur 10 jours consécutifs ;
- QMNA : le QMNA est le débit mensuel minimal annuel.

Les valeurs annuelles de VCN10 et QMNA ainsi que les ajustements statistiques sur la chronique 1997-2007 sont donnés en **annexe 5**.

A partir de ces valeurs annuelles, des ajustements statistiques (loi log-normale dite loi de « Galton ») sont réalisés pour déterminer les VCN10 et QMNA en année biennale et en année quinquennale sèche.

3.2.1 Hydrologie influencée

Résultats

Le Tableau 29 et le Tableau 30 donnent les débits caractéristiques d'étiage à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux (bassins versants cumulés) en état influencé, ainsi qu'aux exutoires des bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon.

Grand sous bassin	Surface (km ²)	VCN10 (m ³ /s)		QMNA (m ³ /s)	
		2 ans	5 ans	2 ans	5 ans
Haute Vallée (Amont du barrage)	367	0,05 [0,04 ; 0,06]	0,04 [0,03 ; 0,05]	0,11 [0,08 ; 0,15]	0,07 [0,04 ; 0,09]
Haute Vallée (Aval du barrage)	367	0,11 [0,09 ; 0,15]	0,08 [0,05 ; 0,1]	0,2 [0,16 ; 0,26]	0,14 [0,1 ; 0,17]
Moyenne Vallée	656	0,5 [0,41 ; 0,62]	0,37 [0,28 ; 0,45]	0,79 [0,64 ; 0,99]	0,57 [0,42 ; 0,7]
Basse Vallée	853	0,72 [0,59 ; 0,86]	0,54 [0,42 ; 0,65]	1,12 [0,91 ; 1,39]	0,82 [0,62 ; 1,01]
Dunière	107	0,1 [0,09 ; 0,12]	0,08 [0,07 ; 0,1]	0,17 [0,13 ; 0,21]	0,12 [0,09 ; 0,15]

Tableau 29 : Débits caractéristiques d'étiage à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux en état influencé et intervalle de confiance à 90%

Grand sous bassin	Surface (km ²)	VCN10 (l/s)		QMNA (l/s)	
		2 ans	5 ans	2 ans	5 ans
Mialan	58	6 [2 ; 18]	1,5 [0,5 ; 4]	15 [6 ; 34]	4 [1 ; 9]
Embroye	25	0	0	1,5 [0,3 ; 0,9]	0,2 [0,1 ; 0,4]
Turzon	19	5 [4 ; 7]	3,5 [2 ; 5]	9 [7 ; 12]	5,6 [4 ; 8]

Tableau 30 : Débits caractéristiques d'étiage à l'exutoire des bassins versants du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état influencé et intervalle de confiance à 90%

Les débits caractéristiques d'étiage en état influencé sont également donnés en **annexe 6** pour les 14 stations de mesure du débit minimum biologique (stations ESTIMHAB).

Comparaison aux données existantes

La comparaison des résultats du modèle avec des débits de jaugeages proposée dans ce paragraphe est donnée à titre indicatif, à considérer comme une vérification des ordres de grandeur. En effet, de par leur nature ponctuelle dans le temps et dans l'espace, leur incertitude de mesure (couramment 10-15% pour un bon jaugeage), les jaugeages sont difficilement comparables aux résultats du modèle hydrologique qui sont des valeurs journalières moyennes, prenant en compte des prélèvements et rejets lissés sur 10 jours (irrigation) ou sur le mois (autres prélèvements).

ISL a réalisé le 26 et le 27 août 2009, hors période d'étude (1997-2007), une campagne de jaugeages en différents points du bassin de l'Eyrieux, de l'Embroye et du Turzon. Les valeurs de débits et la localisation du jaugeage figurent dans le Tableau 31.

Localisation	Date et heure	Débit (l/s)
L'Eyrieux à l'amont du ruisseau Riou-Fort (haute vallée)	27/08/09 10h	260
La Rimande à sa confluence avec l'Eyrieux (haute vallée)	27/08/09 11h30	114
La Saliouse à sa confluence avec l'Eyrieux (haute vallée)	27/08/09 12h30	113
Le Talaron au lieu-dit Galovesse (moyenne vallée)	27/08/09 17h00	79
Le Glo à sa confluence avec l'Eyrieux (moyenne vallée)	27/08/09 18h15	9
La Gluyere à l'aval de sa confluence avec l'Orsanne (moyenne vallée)	27/08/09 9h30	130
L'Eyrieux à l'aval de sa confluence avec la Glueyre (moyenne vallée)	27/08/09 11h30	588
L'Auzène en amont de sa confluence avec l'Auzenet (moyenne vallée)	27/08/09 13h15	60
L'Auzène en amont de sa confluence avec l'Eyrieux (moyenne vallée)	27/08/09 14h30	48
Le Boyon en amont de sa confluence avec l'Eyrieux (basse vallée)	27/08/09 18h30	11
L'Eyrieux à l'entrée de Beauchatel (basse vallée)	27/08/09 16h00	558
Le Turzon en amont de sa confluence avec le Rhône	26/08/09 18h30	8
L'Embroye en aval de sa confluence avec l'Ozon	26/08/09 17h	40
L'Embroye en amont de sa confluence avec le Rhône	26/08/09 18h	38

Tableau 31 : Jaugeages réalisés par ISL les 26 et 27 août 2009 sur les bassins de l'Eyrieux, de l'Embroye et du Turzon

Bien que réalisés après la période d'étude de 1997-2007, les débits issus des jaugeages sont cohérents avec les débits caractéristiques déterminés à partir du modèle hydrologique.

Ce constat se retrouve également lorsqu'on confronte les débits calculés par le modèle aux jaugeages des 25, 26 et 27 août 2003 de l'étude CINCLE [11] et aux jaugeages des 26-27 juin 2006 et 1-2 août 2006 de l'étude IRIS [12] (cf. Tableau 32 et Tableau 33).

Date	Jaugeage CINCLE	Jaugeage IRIS	Station hydrométrique de Beauvène	Débit calculé par le modèle hydrologique
26/09/2003	0,48 m ³ /s		0,34 m ³ /s	0,28 m ³ /s
26-27/06/2006		1,05 m ³ /s	1,1 m ³ /s	0,97 m ³ /s
1-2/08/2006		1,4 m ³ /s	Non mesuré	1,1 m ³ /s

Tableau 32 : Comparaison des débits calculés par le modèle hydrologique au droit de la station hydrométrique de Beauvène avec les débits issus des jaugeages CINCLE et IRIS et avec les débits mesurés à la station

Date		Jaugeage IRIS	Station hydrométrique du Cheylard	Débit calculé par le modèle hydrologique
26/09/2003	0,33 m ³ /s		2,1 m ³ /s	0,39 m ³ /s
26-27/06/2006		0,8 m ³ /s	2,2 m ³ /s	0,8 m ³ /s
1-2/08/2006		0,6 m ³ /s	2,3 m ³ /s	0,9 m ³ /s

Tableau 33 : Comparaison des débits calculés par le modèle hydrologique au droit de la station hydrométrique du Cheylard avec les débits issus des jaugeages IRIS et avec les débits mesurés à la station

Les débits calculés par le modèle en amont de la retenue du Cheylard sont cohérents avec ceux issus des jaugeages mais sont plus de 2 fois plus faibles que ceux mesurés à la station. Suite à ce constat la DREAL a confirmé le manque de fiabilité des mesures de la station du Cheylard en période de basses eaux et en période hautes eaux.

Le schéma départemental d'hydraulique agricole de 1992 [9] donne par ailleurs les QMNA (2 ans et 5 ans sec) de l'Eyrieux à la station hydrométrique de Saint Fortunat, située en basse vallée de l'Eyrieux :

Station	Bassin versant (km ²)	QMNA (m ³ /s)		Période de mesure à sur laquelle a été calculé le module
		2 ans	5 ans sec	
Saint Fortunat	764	1	0,5	1965-1972 et 1977-1990

Tableau 34 : QMNA à la station hydrométrique de Saint Fortunat (source : [9])

Sachant que la période d'étude diffère de celle de l'étude de 1992 [2] ; les QMNA obtenus à partir des débits calculés par le modèle hydrologique sont cohérents.

Concernant la Dunière, l'Embroye et le Turzon, les débits calculés par le modèle hydrologique sont du même ordre de grandeur que les débits issus des jaugeages CINCLE [11] et IRIS [12] sachant que les jaugeages ne sont pas tout à fait réalisés à l'exutoire des bassins versants.

Date	Jaugeage CINCLE	Jaugeage IRIS	Débit calculé par le modèle hydrologique
26/09/2003	0,1 m ³ /s		0,3 m ³ /s
26-27/06/2006		0,17 m ³ /s	0,18 m ³ /s

Tableau 35 : Comparaison des débits calculés par le modèle hydrologique à l'exutoire du bassin de la Dunière avec les débits issus des jaugeages CINCLE et IRIS

Date	Jaugeage CINCLE	Jaugeage IRIS	Débit calculé par le modèle hydrologique
26/09/2003	0,012 m ³ /s		0,049 m ³ /s
26-27/06/2006		0,067 m ³ /s	0,07 m ³ /s

Tableau 36 : Comparaison des débits calculés par le modèle hydrologique à l'exutoire du bassin de l'Embroye avec les débits issus des jaugeages CINCLE et IRIS

Date	Jaugeage CINCLE	Jaugeage IRIS	Débit calculé par le modèle hydrologique
26/09/2003	0,025 m ³ /s		0,06 m ³ /s
26-27/06/2006		0,006 m ³ /s	0,01 m ³ /s

Tableau 37 : Comparaison des débits calculés par le modèle hydrologique à l'exutoire du bassin du Turzon les débits issus des jaugeages CINCLE et IRIS

3.2.2 Hydrologie non influencée

Résultats

Le Tableau 38 et le Tableau 39 donnent les débits caractéristiques d'étiage à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux (bassins versants cumulés) en état non influencé, ainsi qu'aux exutoires des bassins du Mialan, de l'Embroye et du Turzon.

Grand sous bassin	Surface (km ²)	VCN10 (m ³ /s)		QMNA (m ³ /s)	
		2 ans	5 ans	2 ans	5 ans
Haute Vallée	367	0,06 [0,05 ; 0,08]	0,04 [0,03 ; 0,05]	0,12 [0,08 ; 0,17]	0,07 [0,04 ; 0,1]
Moyenne Vallée	656	0,40 [0,33 ; 0,47]	0,30 [0,24 ; 0,36]	0,68 [0,53 ; 0,87]	0,47 [0,34 ; 0,60]
Basse Vallée	853	0,63 [0,53 ; 0,76]	0,48 [0,38 ; 0,57]	1,04 [0,82 ; 1,31]	0,74 [0,54 ; 0,92]
Dunière	107	0,13 [0,11 ; 0,15]	0,1 [0,08 ; 0,12]	0,2 [0,17 ; 0,24]	0,15 [0,12 ; 0,18]

Tableau 38 : Débits caractéristiques d'étiage à l'exutoire des grands sous bassins versants de l'Eyrieux en état non influencé et intervalle de confiance à 90 %

Grand sous bassin	Surface (km ²)	VCN10 (l/s)		QMNA (l/s)	
		2 ans	5 ans	2 ans	5 ans
Mialan	58	15 [12 ; 21]	10 [7 ; 13]	25 [19 ; 33]	16 [11 ; 21]
Embroye	25	7 [5 ; 10]	4 [3 ; 6]	10 [8 ; 14]	7 [5 ; 9]
Turzon	19	6 [4 ; 7]	4 [2 ; 5]	9 [7 ; 12]	6 [4 ; 8]

Tableau 39 : Débits caractéristiques d'étiage à l'exutoire des bassins versants du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état non influencé et intervalle de confiance à 90%

Les débits caractéristiques d'étiage en état non influencé sont également donnés en **annexe 6** pour les 14 stations de mesure du débit minimum biologique (stations ESTIMHAB).

Comparaison aux données existantes

Les études précédentes touchant au bassin de l'Eyrieux ne mentionnent pas de débits caractéristiques d'étiage en état non influencé.

3.2.3 Influence des usages sur l'hydrologie d'étiage

Les figures suivantes présentent la comparaison des débits d'étiages QMNA5 naturels et influencés.

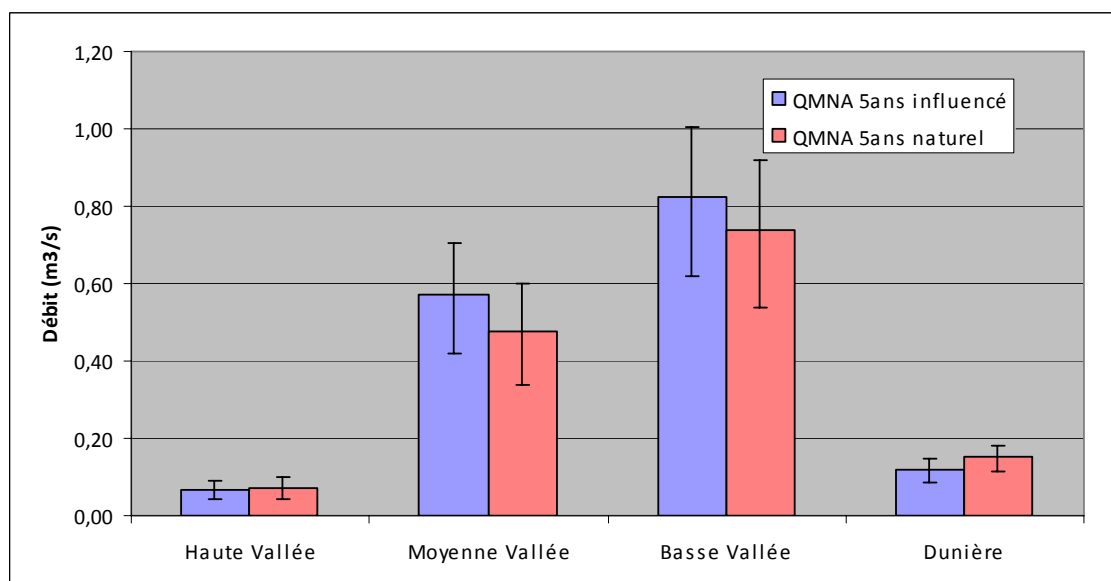


Figure 17 : Comparaison des débits d'étiage naturels et influencés sur le bassin de l'Eyrieux (les barres représentent l'intervalle de confiance à 90%)

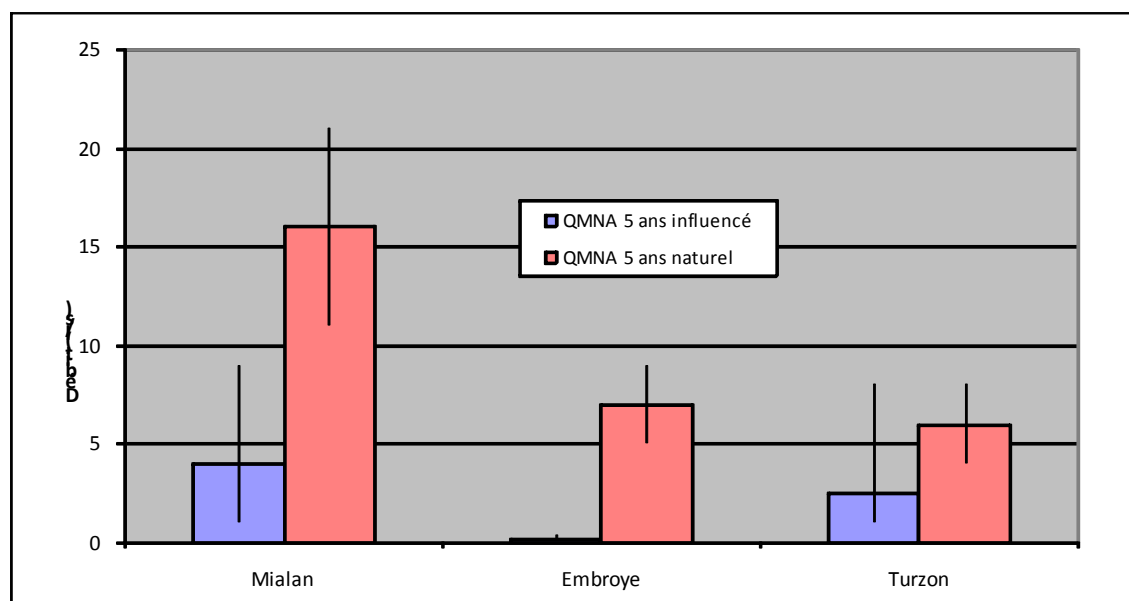


Figure 18 : Comparaison des débits d'étiage naturels et influencés sur les bassins Mialan, Embroye et Turzon (les barres représentent l'intervalle de confiance à 90%)

Les débits sont très proches sur la Haute Vallée. Sur la Moyenne Vallée et la Basse Vallée, le soutien d'étiage de la retenue des Collanges est perceptible, avec des débits d'étiage plus importants que les débits naturels. Sur le bassin de la Dunière, le débit d'étiage naturel est d'environ 25% supérieur au débit d'étiage influencé. Sur les bassins du Turzon et du Mialan, les débits naturels d'étiage seraient 2 à 4 fois supérieurs aux débits d'étiage influencés ; sur le bassin de l'Embroye, ils seraient 30 fois supérieurs.

ANNEXE 1

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Etude de détermination des volumes prélevables – Bassin versant de l'Eyrieux, rapport de phase 1, ISL, janvier 2010
- [2] Etude de détermination des volumes prélevables – Bassin versant de l'Eyrieux, rapport de phase 2, ISL, août 2010
- [3] Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR), Cemagref, Juin 2007
- [4] Document de référence pour une Irrigation Durable en Ardèche, BR Conseil, 2009
- [5] Irrigation - Guide pratique, L. Rieul, P. Ruelle, Cemagref, 2003 – 3^{ème} édition
- [6] Inventaire des prélèvements et des besoins en eau d'irrigation agricole sur le département de l'Ardèche, Rapport de la Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, 2004
- [7] Schéma départemental d'hydraulique agricole, étude des ressources en eau, Service Régional de l'Aménagement des Eaux Rhône-Alpes, février 1992
- [8] Consignes d'exploitation du barrage du Cheylard « Les Collanges », Arrêté préfectoral N° 2005 – 19.11.
- [9] Schéma départemental d'hydraulique agricole, étude des ressources en eau, Service Régional de l'Aménagement des Eaux Rhône-Alpes, février 1992
- [10] Monographie hydrologique de l'Eyrieux, SHF, mars 1958
- [11] Etude piscicole des bassins de l'Eyrieux, de l'Embroye et du Turzon, CINCLE pour le Contrat de Rivière Eyrieux Clair, 2005
- [12] Suivi de la qualité des cours d'eau des bassins de l'Eyrieux, du Turzon et de l'Embroye, par IRIS pour l'AERMC, 2006

ANNEXE 2
Présentation de GESRES_{ISL}

Présentation succincte du logiciel GESRES_{ISL}

Le Logiciel GESRES_{ISL} sera utilisé. Il s'agit d'un modèle de simulation hydrologique et hydraulique.

Le code de calcul s'articule autour de trois modules:

- le **module hydrologique** réalise la transformation pluie-débit sur une distribution de bassins versants,
- le **module de propagation** réalise la propagation et la combinaison des débits résultant de la transformation pluie-débit dans le réseau hydrographique,
- le **module gestion des réservoirs** permet d'intégrer une gestion fine des ouvrages-réservoirs disposés sur le réseau hydrographique et d'associer à chacun des nœuds prélèvements et apports.

Le modèle peut aussi bien être utilisé pour des simulations « événementielles » que pour des simulations « continues » sur des périodes de plusieurs années.

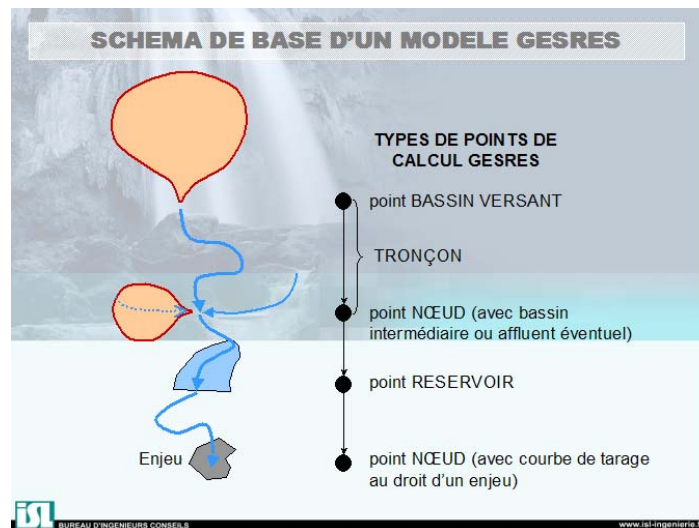


Figure 19 : synoptique de l'architecture du modèle GESRES/ECRET.

L'architecture du modèle s'appuie sur une topologie simplifiée, formée de nœuds de calcul auxquels sont rattachés les éléments producteurs et de contrôle des débits (bassin versant, hydrogramme, retenue) et reliés entre eux par les éléments du réseau hydrographique (bief, flux).

Le logiciel GESRES_{ISL} est par ailleurs couplé à une base de données géographiques au format Mapinfo qui permet d'extraire de manière automatique les caractéristiques des différents éléments structurels du modèle.

ANNEXE 3
Paramétrage des éléments structurels du modèle hydrologique
GESRES_{ISL}

Paramétrage des éléments structurels du modèle hydrologique GESRES_{ISL}

Les bassins versants

Le modèle employé pour réaliser la transformation pluie-débit est le modèle de simulation empirique GR4J (Génie Rural à 4 paramètres) développé par le Cemagref.

Les principaux paramètres à renseigner pour les bassins versants sont les suivants :

- **Nom** : nom du bassin versant ;
- **nœud aval** : nom du nœud exutoire du bassin versant ;
- **bassin versant** : surface du bassin en km² ;
- **A** : hauteur de stockage dans le réservoir A en mm ;
- **B** : hauteur de stockage dans le réservoir B en mm ;
- **C** : temps de montée de l'hydrogramme unitaire en heures ;
- **D** : coefficient d'échange avec la nappe ;
- **S0/A** : taux de remplissage initial du réservoir A.

Les biefs

Le modèle de propagation retenu est le modèle de Muskingum-Cunge à 8 points. Les paramètres suivants sont renseignés :

Les principaux paramètres à renseigner sont les suivants :

- **Abcisses-cotes** (8 couples) : décrivant le profil en travers type de la vallée
- **Amont** : nom du nœud amont ;
- **Aval** : nom du nœud aval ;
- **Longueur** : longueur du bief en m ;
- **Pente** : pente du bief en m/m ;
- **Strickler 1** : coefficient de frottement de Strickler dans le lit majeur gauche du bief ;
- **Strickler 2** : coefficient de frottement de Strickler dans le lit mineur du bief ;
- **Strickler 3** : coefficient de frottement de Strickler dans le lit majeur droit du bief.

Les profils en travers type des lits mineurs des biefs sont issus des campagnes de jaugeages réalisées par ISL et Aquascop dans le cadre de la présente étude.

Les nœuds

Les nœuds réalisent le lien entre tous les autres éléments : ils reçoivent les apports directs des bassins versants, permettent la jonction entre les biefs et le rattachement des flux au reste du réseau et peuvent être associés à un site de stockage des eaux.

Les réservoirs

Un réservoir est nécessaire à la définition de flux représentant les prélèvements et échanges de volume entre le système modélisé et l'extérieur ou internes au système.

Les principaux paramètres à renseigner sont les suivants :

- **Nom** : nom de la retenue ;
- **Noeud** : nom du nœud associé à la retenue ;
- **Unite S** : unité de la grandeur S dans la loi Z/S ;
- **Z0** : cote initiale de la retenue en m ;
- **Zmort** : cote minimale de la retenue sous laquelle les prélèvements ne sont pas assurés, en m.
- **Loi cote-surface ou loi cote-volume**

Les flux et équations

Les flux représentent les prélèvements et échanges de volume entre le système modélisé et l'extérieur ou internes au système. Les flux sont obligatoirement rattachés à une retenue fictive ou réelle, ils permettent pour la présente étude de modéliser :

- les différents prélèvements et rejets : irrigation, AEP, usages domestiques. Ces flux sont pris en compte par GESRES_{ISL} sous forme de chroniques réelles au pas de temps journalier appelées par le logiciel,
- les surverses des retenues, qui sont soit fictives dans le cas des retenues fictives et qui servent juste à laisser transiter le débit une fois les prélèvements et rejets effectués dans la retenue, soit réelles comme dans le cas des retenues collinaires globales et permettant de prendre en compte les surverses hivernales.

Pluviométrie

La chronique de pluie de chacune des stations présentes sur le bassin de l'Eyrieux est appelée sous forme de fichier .txt. Celle-ci est définie au pas de temps journalier sur la période 1997-2007.

Les pluies de chacune des stations sont appliquées à chacun des grands sous ensembles de l'Eyrieux avec la répartition souhaitée.

Evapotranspiration potentielle

GESRESISL offre la possibilité d'introduire des ETP distribuées sur l'ensemble du modèle. Les données d'ETP intéressent trois types d'éléments : les bassins versants, les biefs et les retenues. Dans notre cas, l'ETP est appliquée aux bassins versants, aux biefs et aux retenues réelles (retenues collinaires). Pour chaque année de la période étudiée, un fichier txt avec les données journalières de l'ETP est appelé par le logiciel.

ANNEXE 4
PARAMETERES DE CALAGE DU MODELE
HYDROLOGIQUE

Calage des paramètres GR4j sur l'année entière

		Haute Vallée	Glueyre	Embroye
Paramètres du modèle	A	400	250	333
	B	87	60	120
	C	8	60	1,9
	D	1	1,65	-0,57

Calage des paramètres GR4j sur la période d'été

		Haute Vallée	Glueyre	Embroye
Paramètres du modèle	A	500	745	361
	B	30	71	59,6
	C	8	2,40	1,36
	D	-4	-1,25	-5,08

ANNEXE 5
VCN10, QMNA et ajustements statistiques

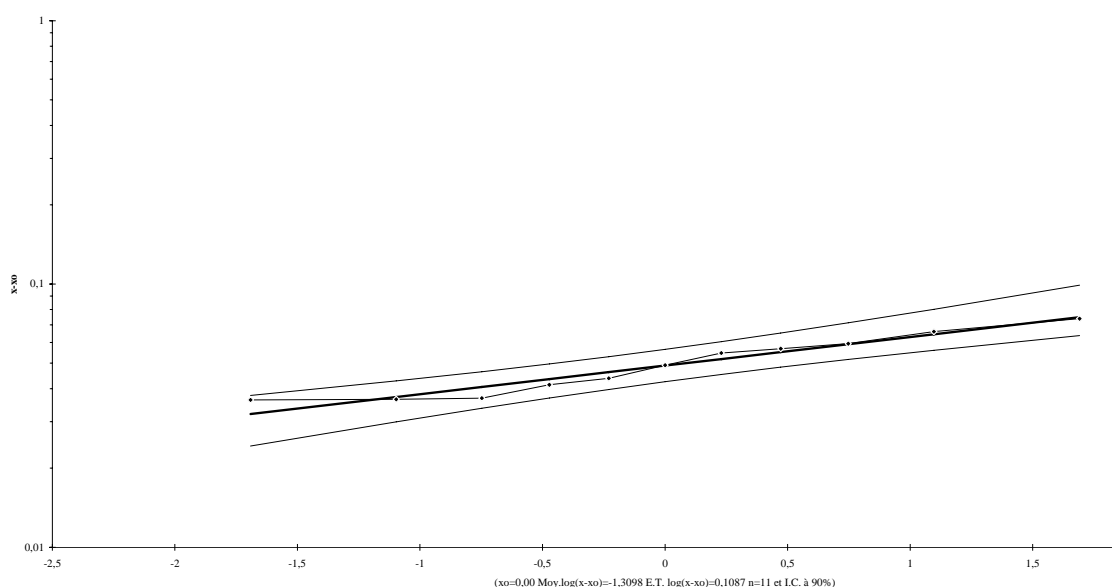
VCN10, QMNA et ajustements statistiques

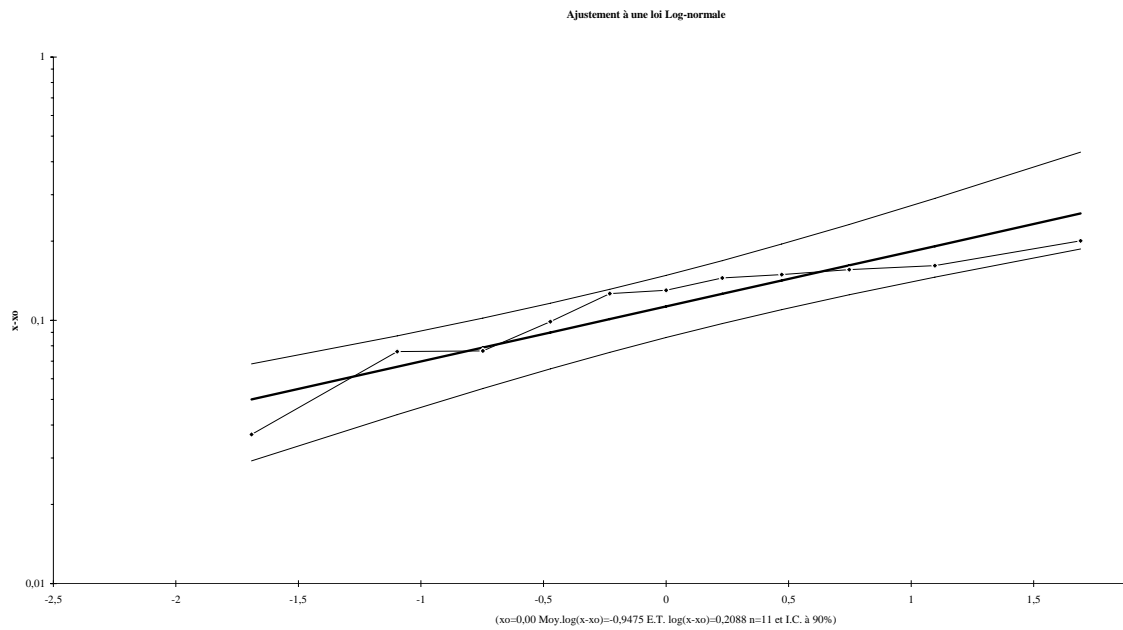
Hydrologie influencée

VCN10 en m ³ /s	Haute Vallée Amont Cheylard	Haute Vallée Aval Cheylard	Moyenne Vallée	Basse Vallée	Dunière	Mialan	Embroye	Turzon
1997	0,057	0,076	0,706	1,000	0,111	0,0160	0,00056	0,0061
1998	0,059	0,149	0,563	0,808	0,126	0,0200	0,00180	0,0070
1999	0,055	0,156	0,588	0,790	0,095	0,0139	0,00005	0,0047
2000	0,044	0,145	0,501	0,732	0,120	0,0133	0,00010	0,0048
2001	0,036	0,126	0,440	0,682	0,110	0,0220	0,00277	0,0075
2002	0,066	0,201	0,614	0,928	0,182	0,0361	0,00805	0,0130
2003	0,036	0,077	0,687	0,846	0,084	0,0077	0,00001	0,0027
2004	0,074	0,099	0,614	0,813	0,071	0,0040	0,00001	0,0037
2005	0,041	0,130	0,385	0,528	0,077	0,0002	0,00001	0,0028
2006	0,049	0,161	0,522	0,784	0,134	0,0122	0,00509	0,0104
2007	0,037	0,037	0,189	0,303	0,088	0,0002	0,00008	0,0040

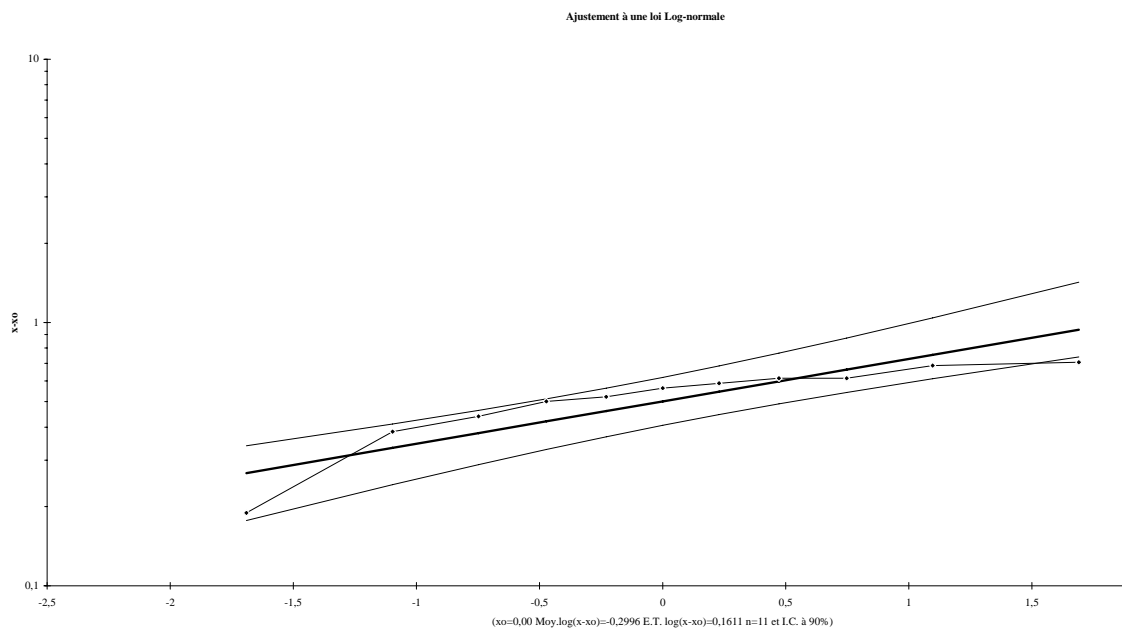
Tableau des **VCN10** sur le bassin de l'Eyrieux – **hydrologie influencée**

Ajustement à une loi Log-normale

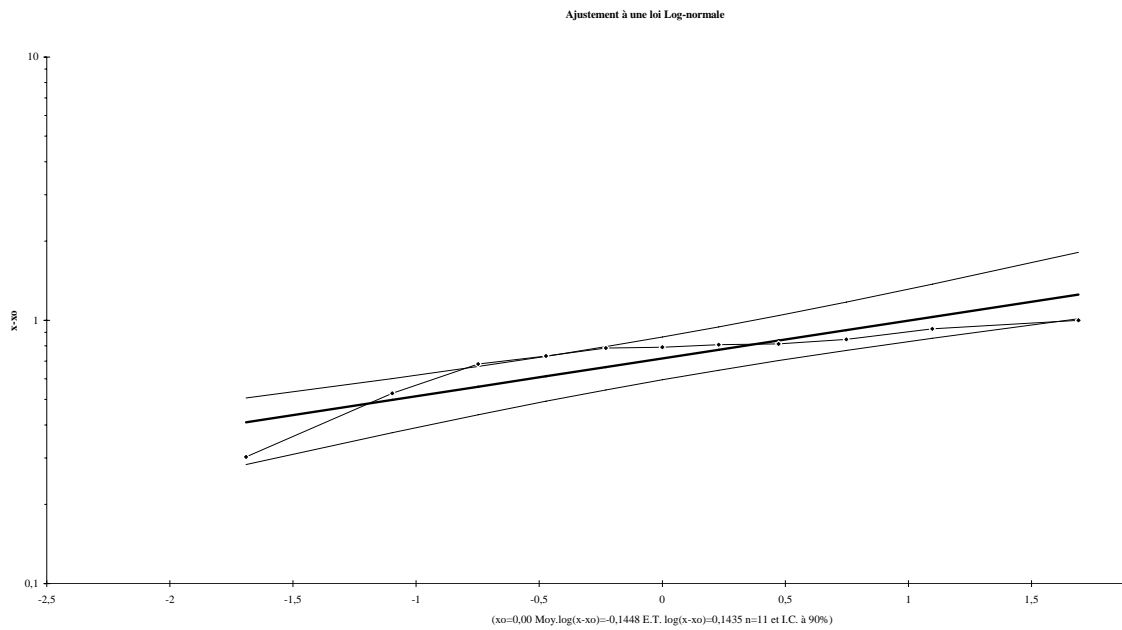
Ajustement à une loi Log-normale des **VCN10** sur la **Haute Vallée** (Amont du Cheylard) – **hydrologie influencée**



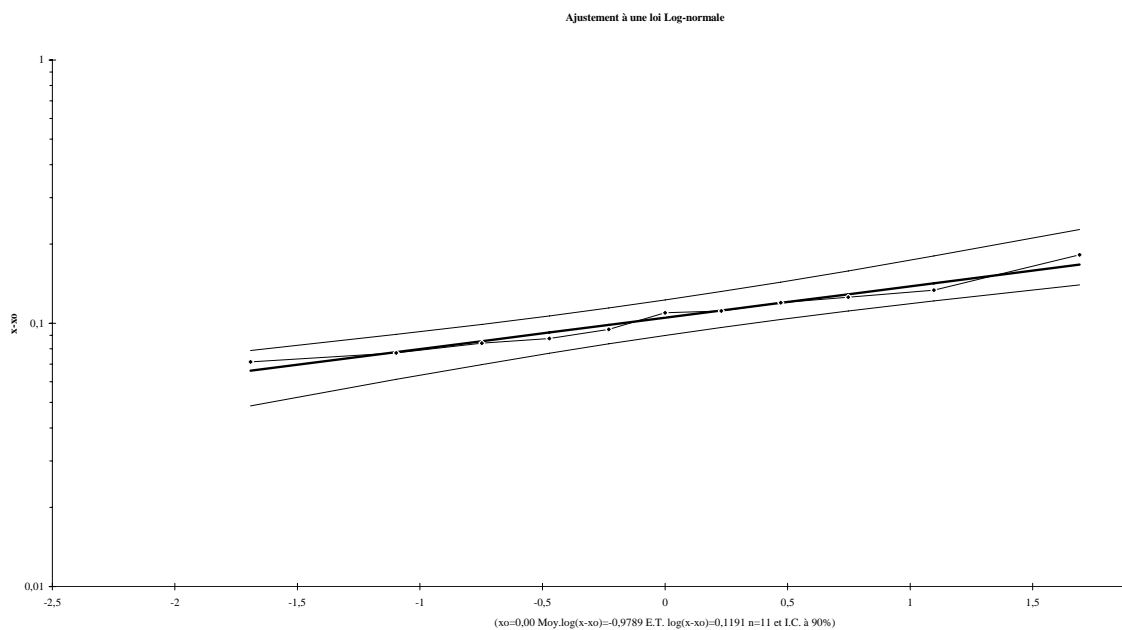
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Haute Vallée (Aval du Cheylard) – hydrologie influencée



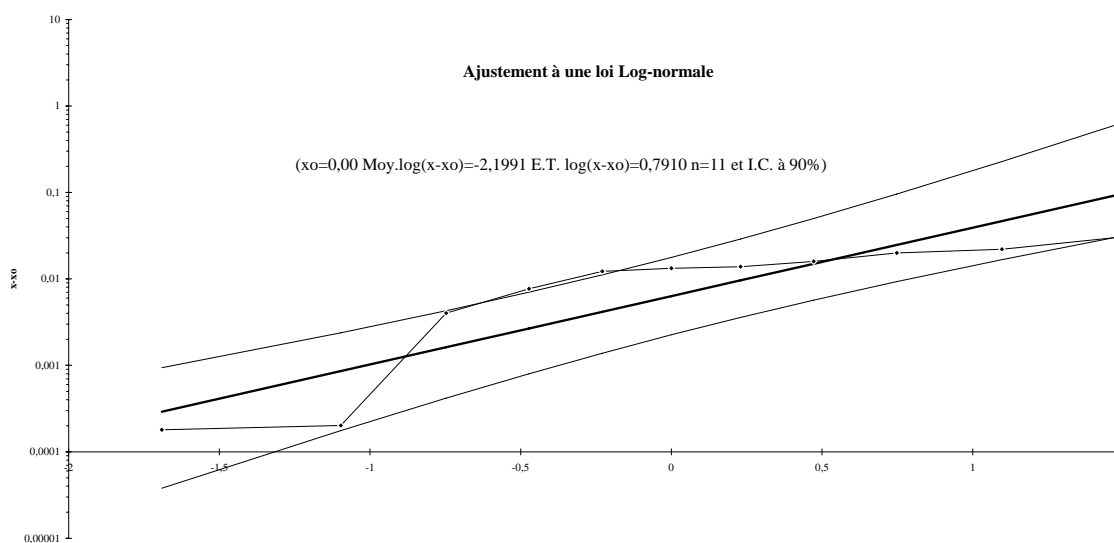
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Moyenne Vallée – hydrologie influencée



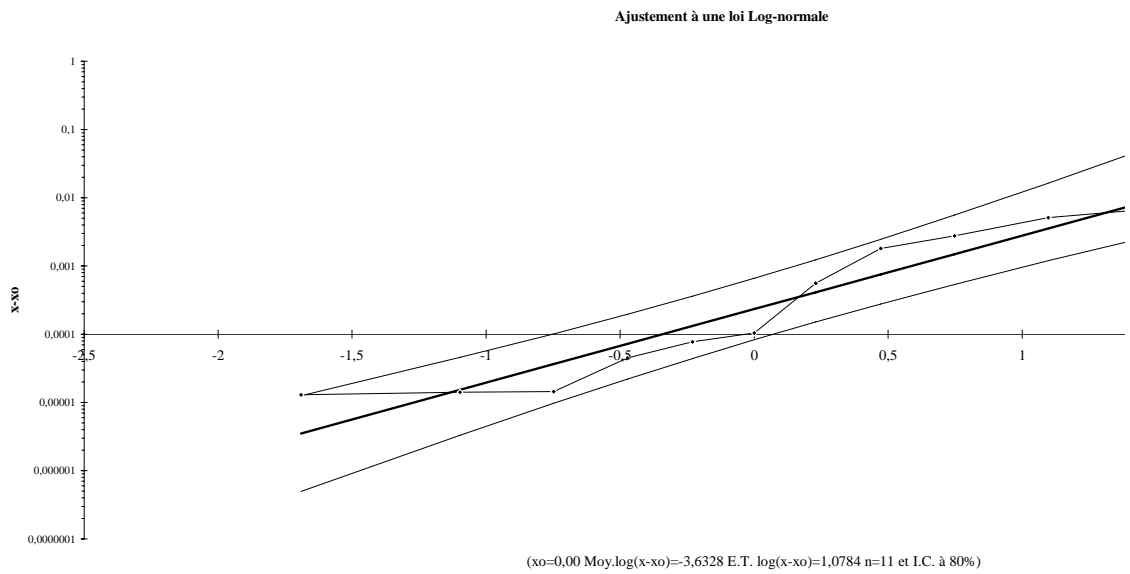
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Basse Vallée – hydrologie influencée



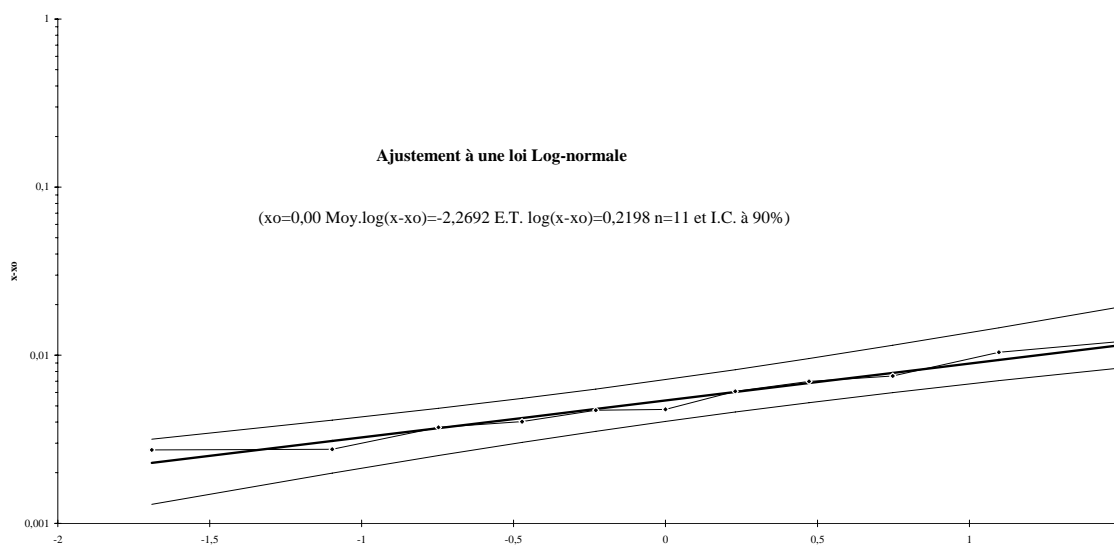
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Dunière – hydrologie influencée



Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur le Mialan – hydrologie influencée

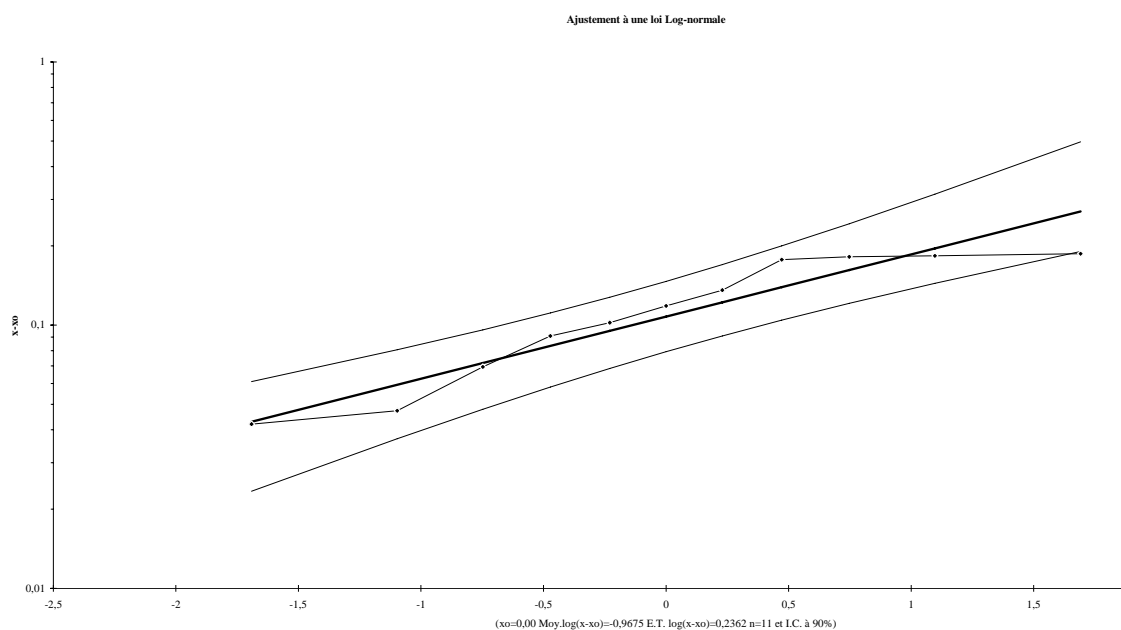


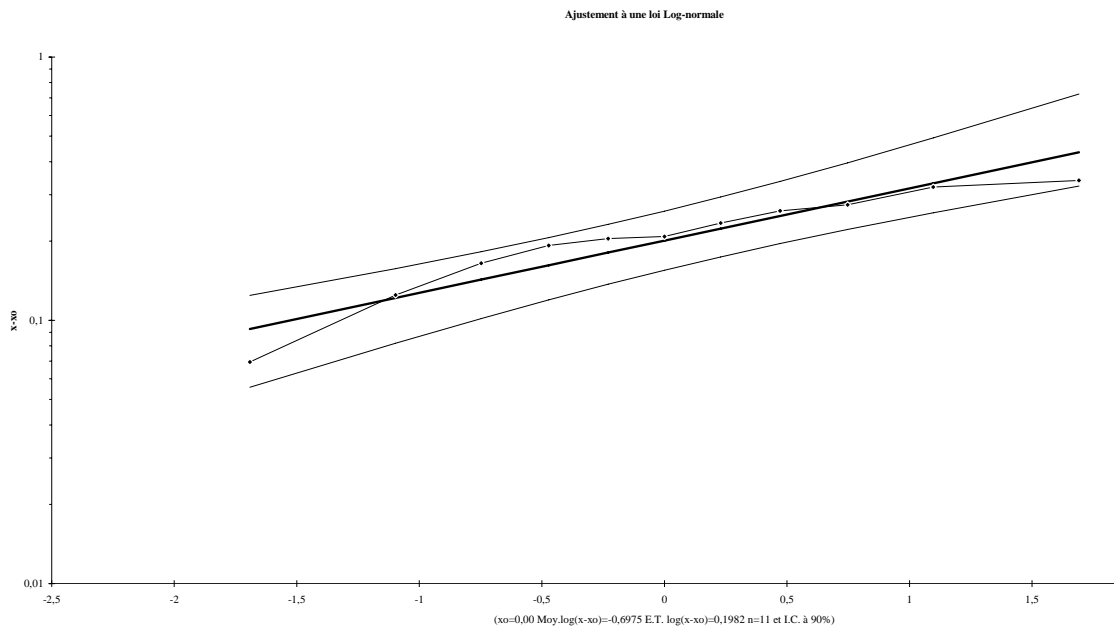
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur l'Embroye – hydrologie influencée



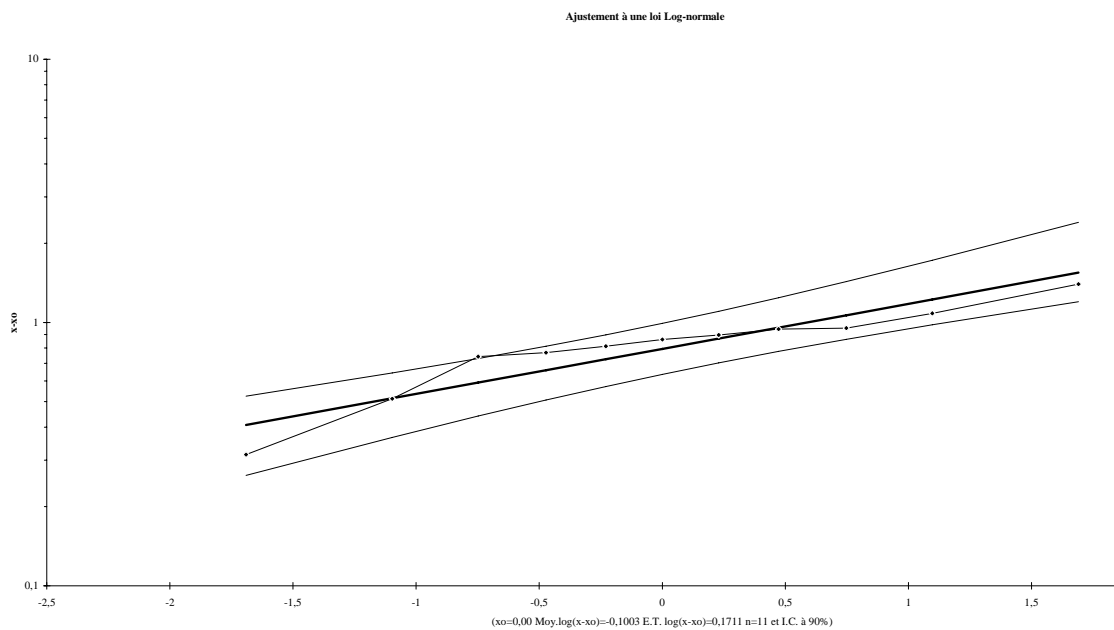
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur le Turzon – hydrologie influencée

QMNA en m ³ /s	Haute Vallée Amont Cheylard	Haute Vallée Aval Cheylard	Moyenne Vallée	Basse Vallée	Dunière	Mialan	Embroye	Turzon
1997	0,187	0,234	1,398	1,942	0,183	0,0253	0,00409	0,0098
1998	0,182	0,208	0,952	1,315	0,197	0,0332	0,00748	0,0118
1999	0,177	0,340	1,083	1,387	0,154	0,0250	0,00422	0,0087
2000	0,091	0,260	0,813	1,139	0,180	0,0235	0,00380	0,0083
2001	0,118	0,165	0,743	1,168	0,183	0,0370	0,00905	0,0132
2002	0,136	0,321	0,944	1,541	0,384	0,0493	0,01442	0,0193
2003	0,047	0,125	0,897	1,155	0,118	0,0125	0,00002	0,0042
2004	0,183	0,275	0,862	1,045	0,093	0,0087	0,00010	0,0056
2005	0,042	0,204	0,513	0,687	0,099	0,0002	0,00002	0,0035
2006	0,102	0,192	0,768	1,193	0,200	0,0331	0,01333	0,0184
2007	0,069	0,069	0,315	0,506	0,164	0,0092	0,00545	0,0087

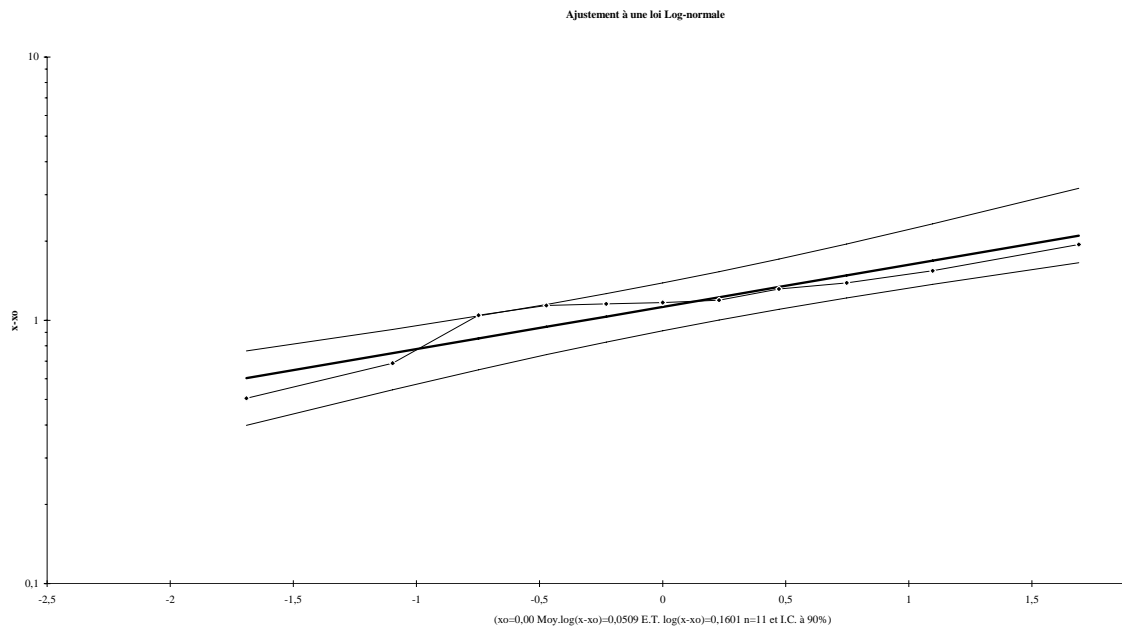
Tableau des **QMNA** sur le bassin de l'Eyrieux – **hydrologie influencée**Ajustement à une loi Log-normale des **QMNA** sur la **Haute Vallée (Amont du Cheylard)** – **hydrologie influencée**



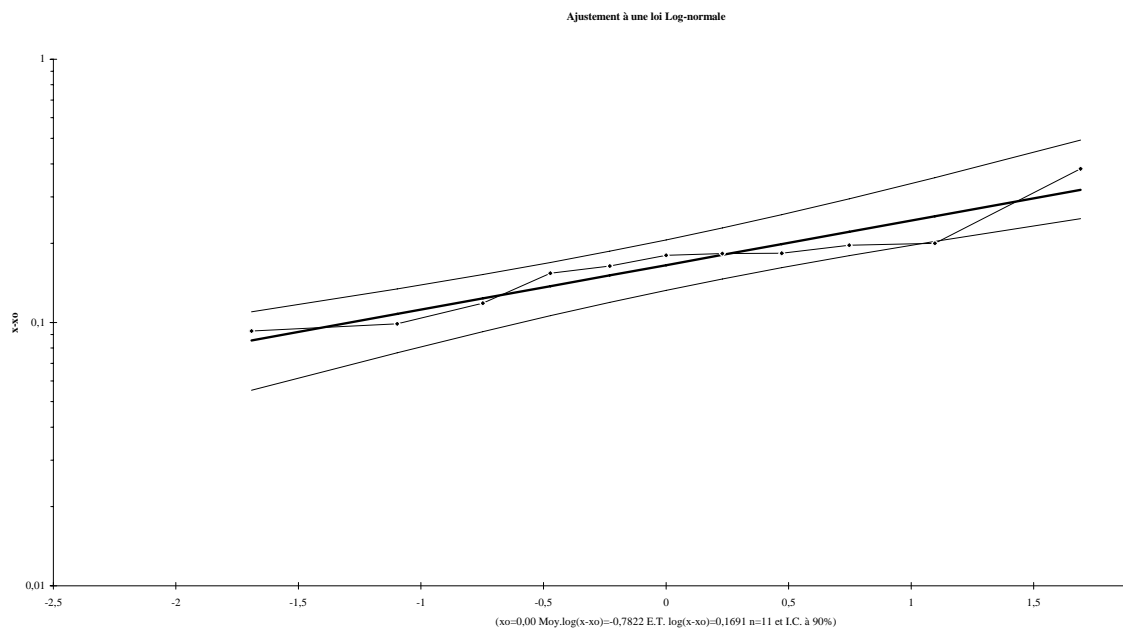
Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Haute Vallée (Aval du Cheylard) – hydrologie influencée



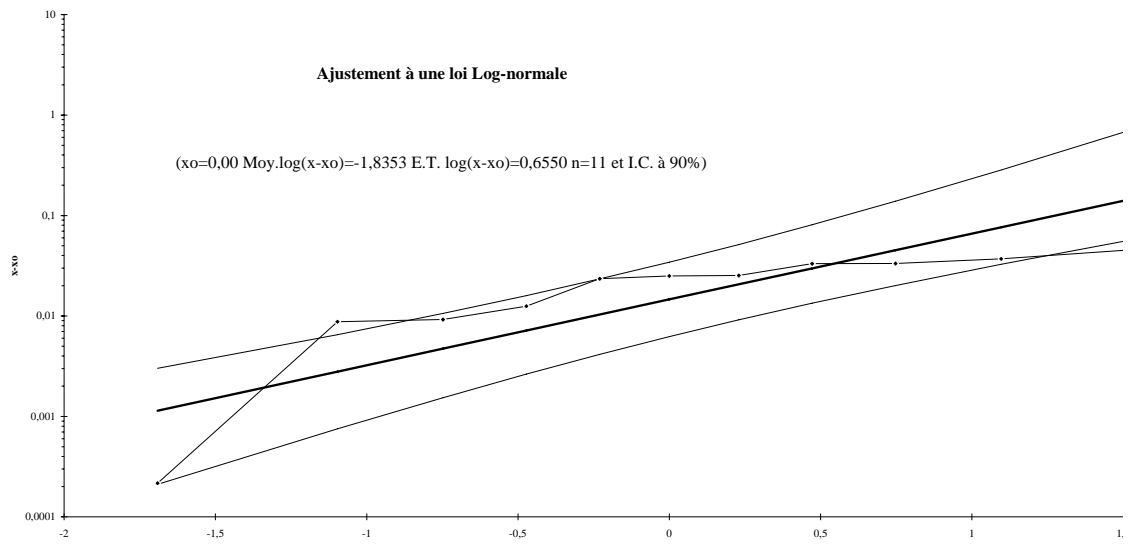
Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Moyenne Vallée – hydrologie influencée



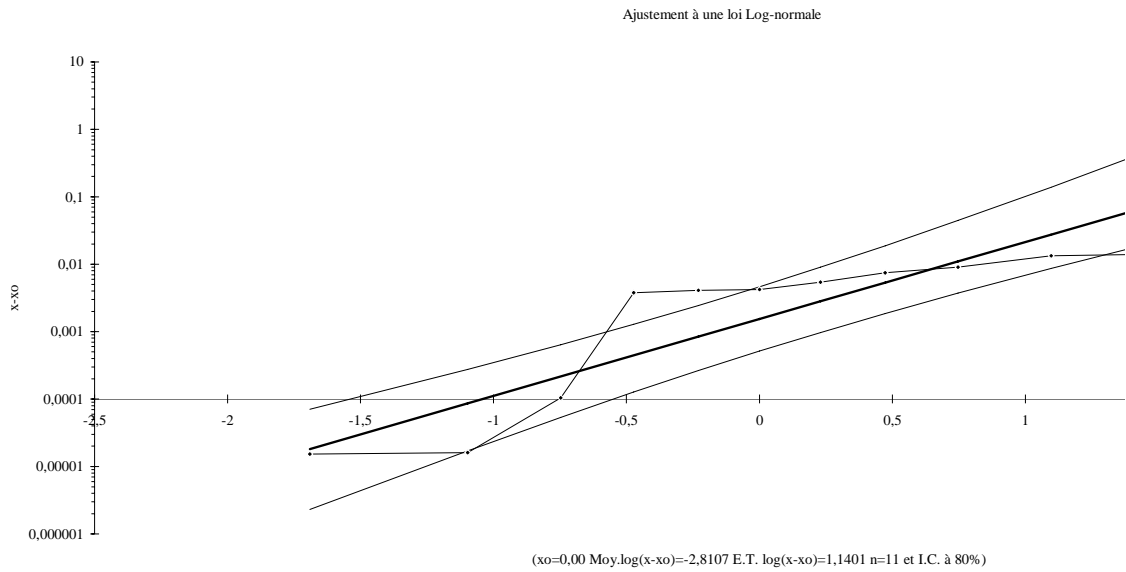
Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Basse Vallée – hydrologie influencée



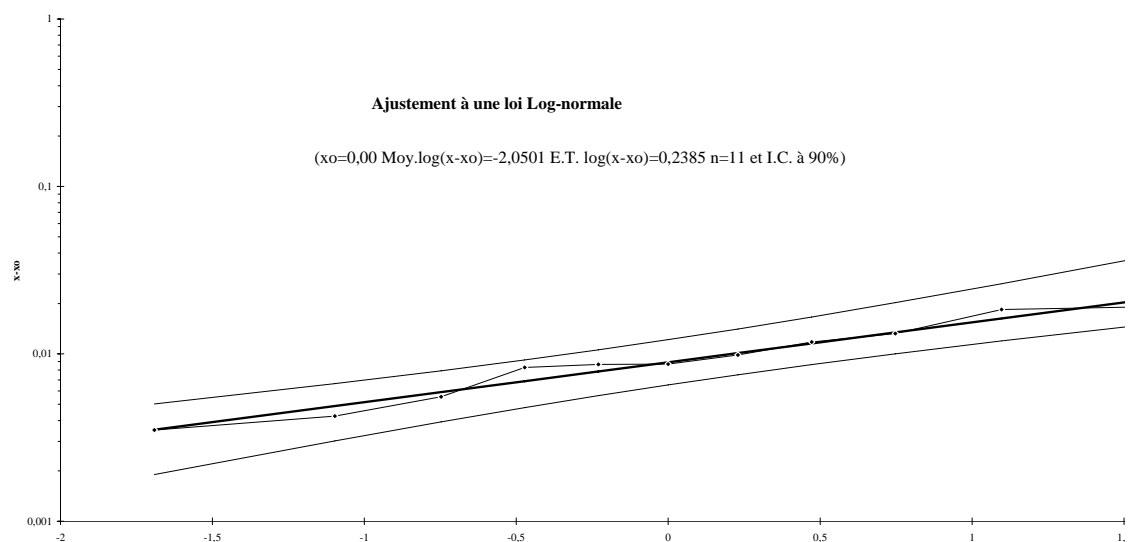
Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Dunière – hydrologie influencée



*Ajustement à une loi Log-normale des **QMNA** sur le **Mialan** – hydrologie influencée*



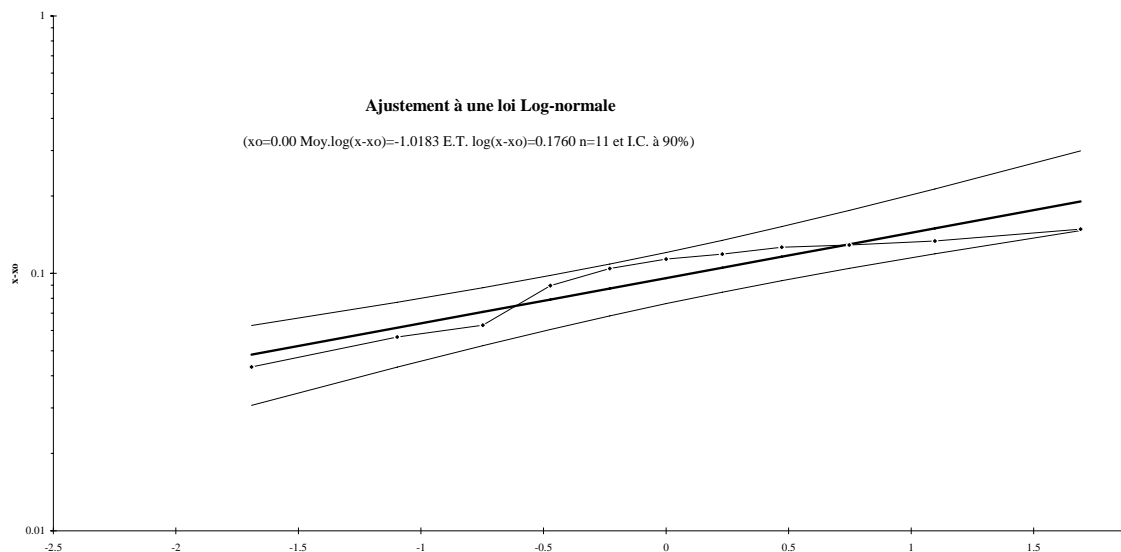
Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur l'Embroye – hydrologie influencée

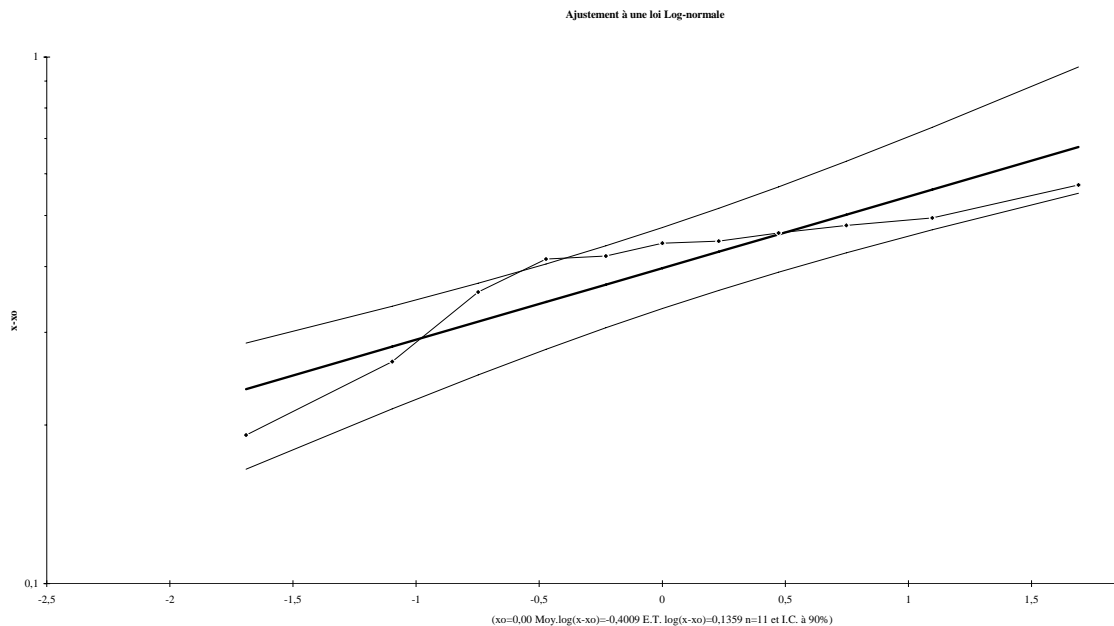


Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur le Turzon – hydrologie influencée

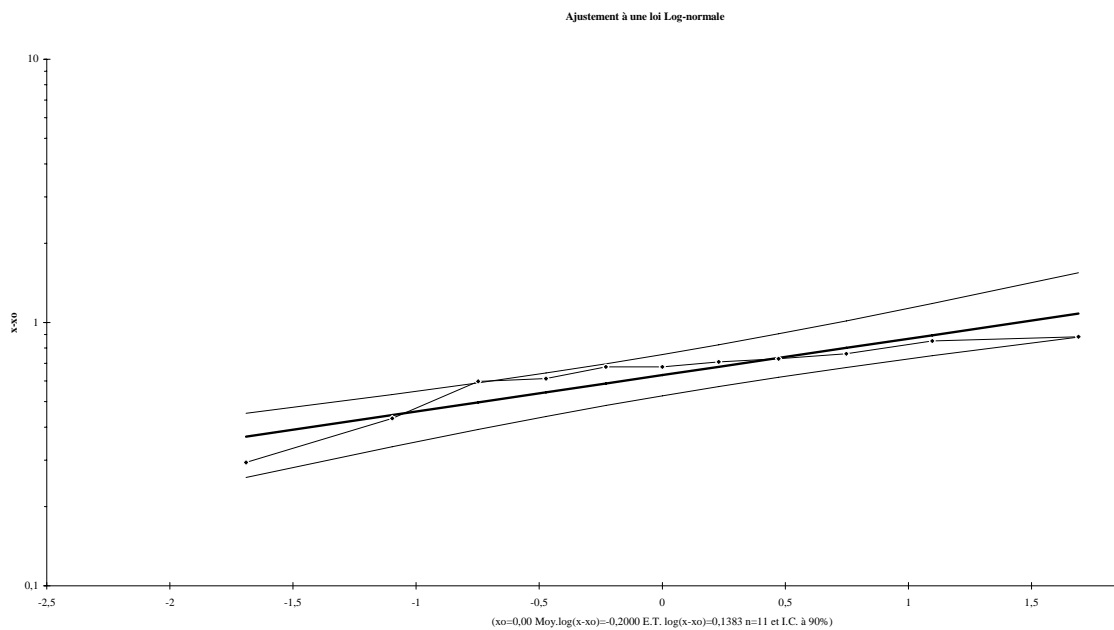
Hydrologie non influencée

VCN10 en m³/s	Haute Vallée	Moyenne Vallée	Basse Vallée	Dunière	Mialan	Embroye	Turzon
1997	0,081	0,571	0,883	0,146	0,0164	0,00665	0,0061
1998	0,082	0,463	0,728	0,151	0,0205	0,00876	0,0073
1999	0,076	0,495	0,709	0,113	0,0142	0,00634	0,0049
2000	0,067	0,419	0,679	0,147	0,0136	0,00622	0,0050
2001	0,056	0,358	0,613	0,132	0,0225	0,00904	0,0079
2002	0,087	0,479	0,851	0,234	0,0368	0,01536	0,0136
2003	0,035	0,443	0,678	0,113	0,0079	0,00313	0,0029
2004	0,096	0,414	0,597	0,095	0,0111	0,00472	0,0039
2005	0,026	0,264	0,432	0,104	0,0079	0,00366	0,0029
2006	0,072	0,447	0,761	0,175	0,0301	0,01202	0,0108
2007	0,039	0,192	0,294	0,083	0,0105	0,00493	0,0040

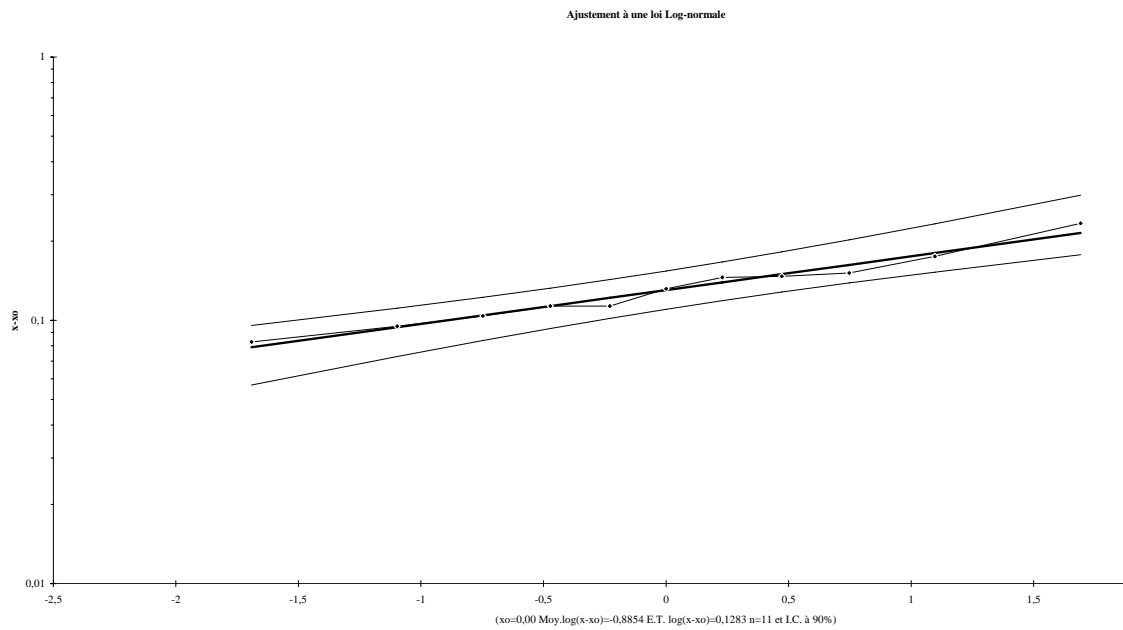
Tableau des **VCN10** sur le bassin de l'Eyrieux – **hydrologie non influencée**Ajustement à une loi Log-normale des **VCN10** sur la **Haute Vallée** – **hydrologie non influencée**



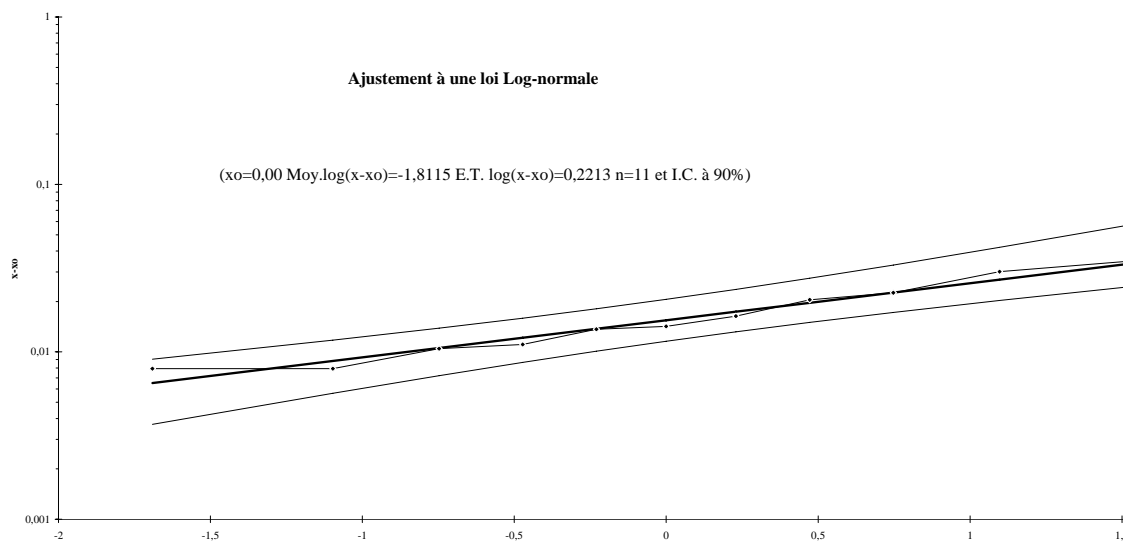
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Moyenne Vallée – hydrologie non influencée



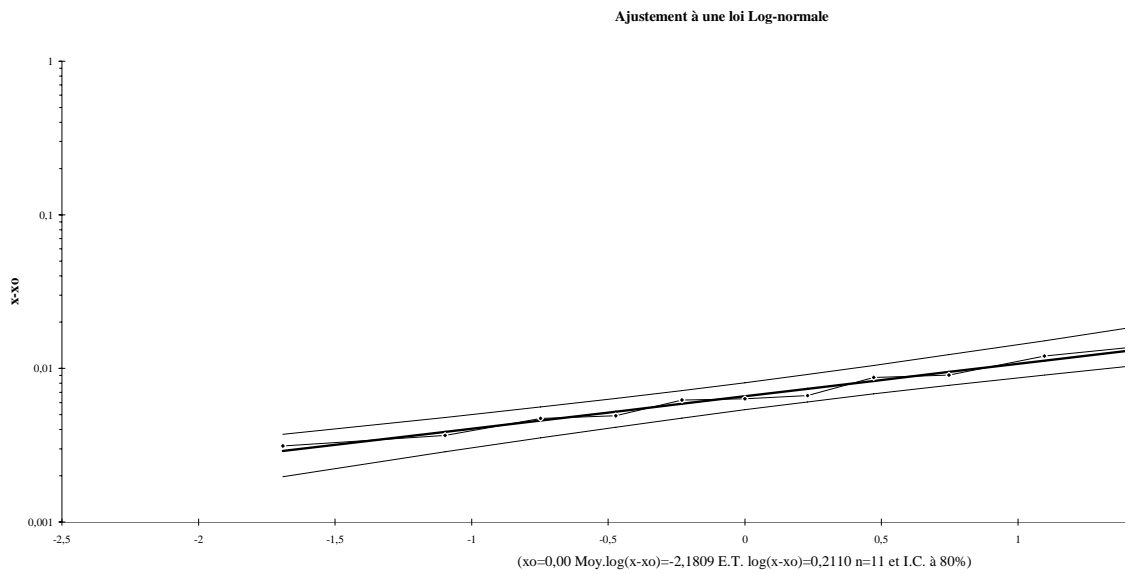
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Basse Vallée – hydrologie non influencée



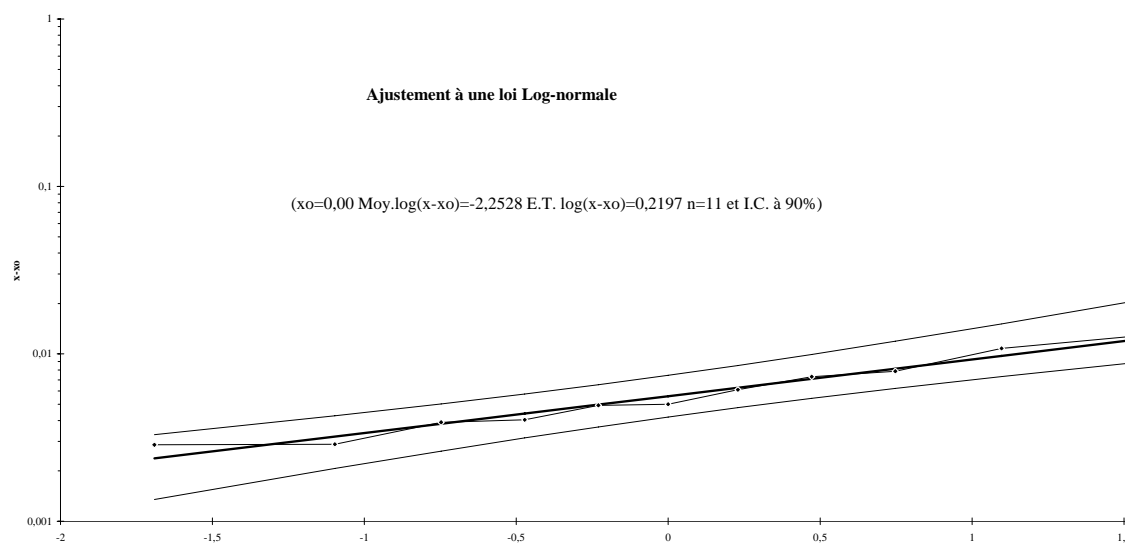
Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur la Dunière – hydrologie non influencée



Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur le Mialan – hydrologie non influencée



Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur l'Embroye – hydrologie non influencée

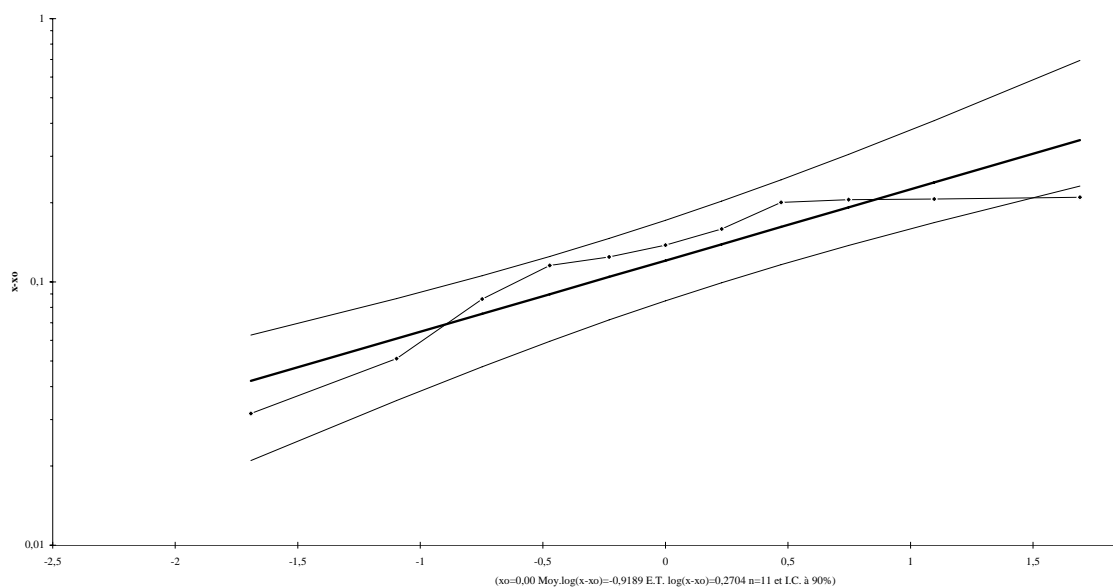


Ajustement à une loi Log-normale des VCN10 sur le Turzon – hydrologie non influencée

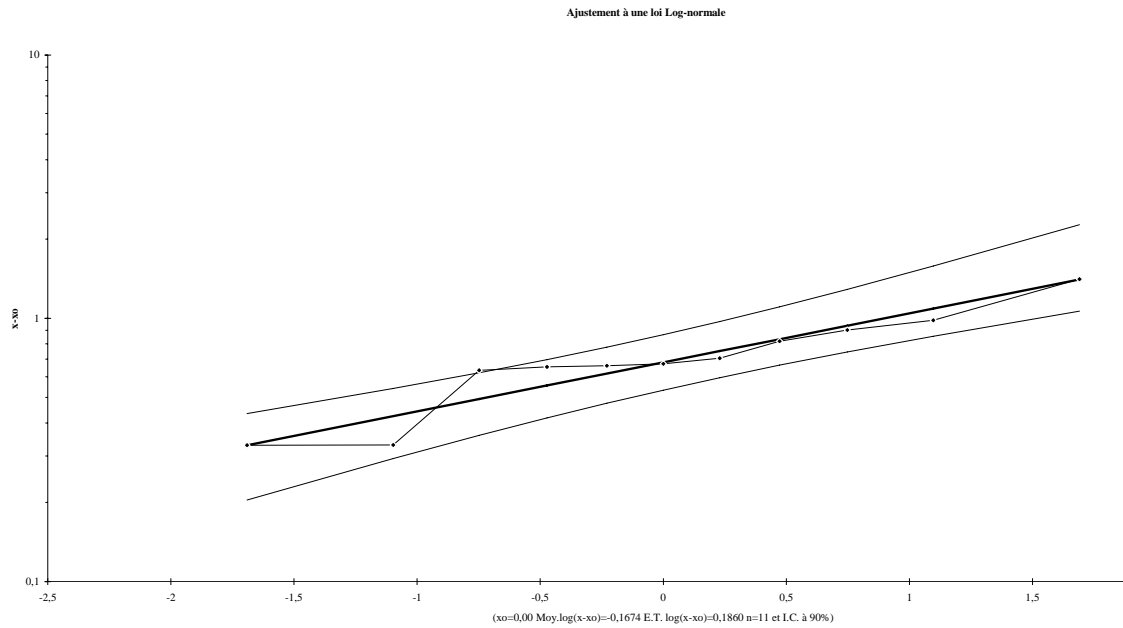
QMNA en l/s	Haute Vallée	Moyenne Vallée	Basse Vallée	Dunière	Mialan	Embroye	Turzon
1997	0,210	1,408	1,957	0,217	0,0259	0,01021	0,0099
1998	0,205	0,819	1,239	0,245	0,0339	0,01466	0,0122
1999	0,200	0,902	1,282	0,197	0,0256	0,01152	0,0090
2000	0,115	0,661	1,017	0,210	0,0240	0,01071	0,0085
2001	0,138	0,705	1,181	0,235	0,0378	0,01583	0,0138
2002	0,159	0,982	1,636	0,388	0,0503	0,02183	0,0196
2003	0,051	0,654	0,950	0,152	0,0128	0,00514	0,0044
2004	0,206	0,672	0,896	0,126	0,0167	0,00658	0,0058
2005	0,032	0,329	0,534	0,128	0,0102	0,00473	0,0037
2006	0,124	0,634	1,093	0,258	0,0518	0,02088	0,0186
2007	0,086	0,330	0,511	0,159	0,0213	0,01037	0,0087

Tableau des **QMNA** sur le bassin de l'Eyrieux – **hydrologie non influencée**

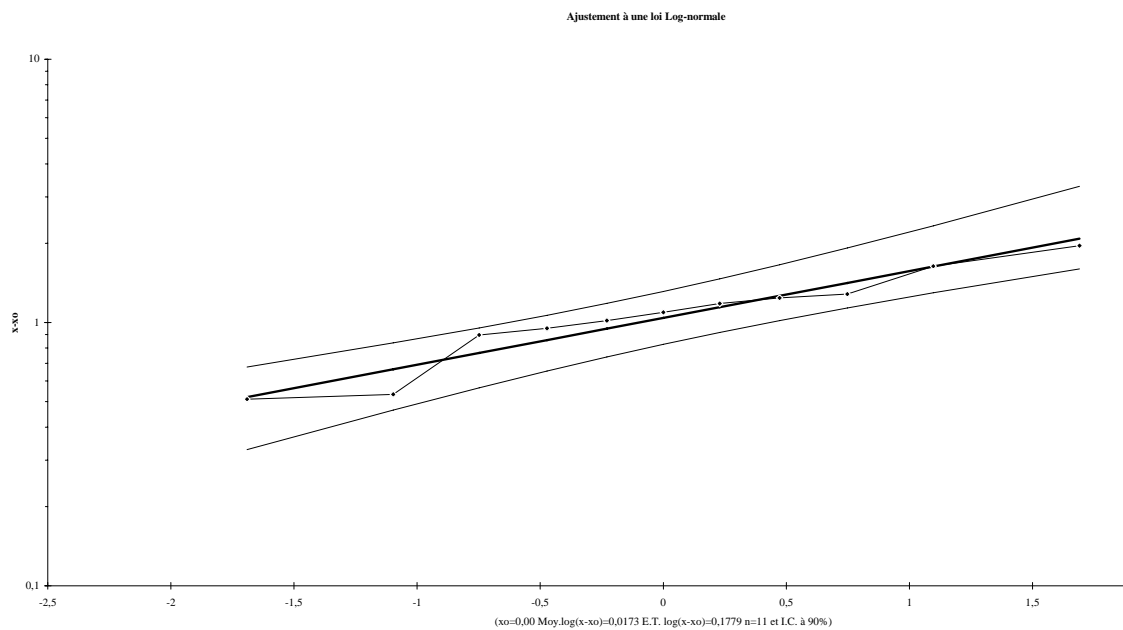
Ajustement à une loi Log-normale



Ajustement à une loi Log-normale des **QMNA** sur la **Haute Vallée** – **hydrologie non influencée**

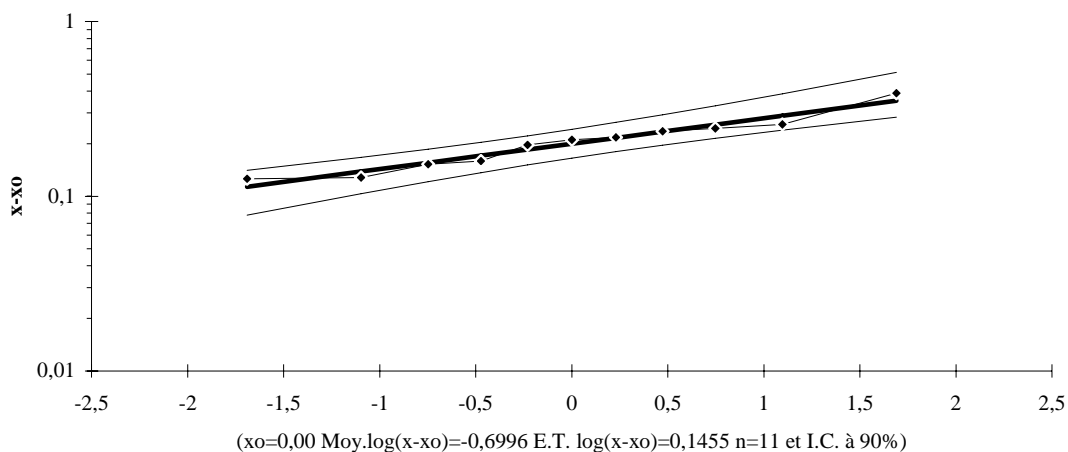


Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Moyenne Vallée – hydrologie non influencée

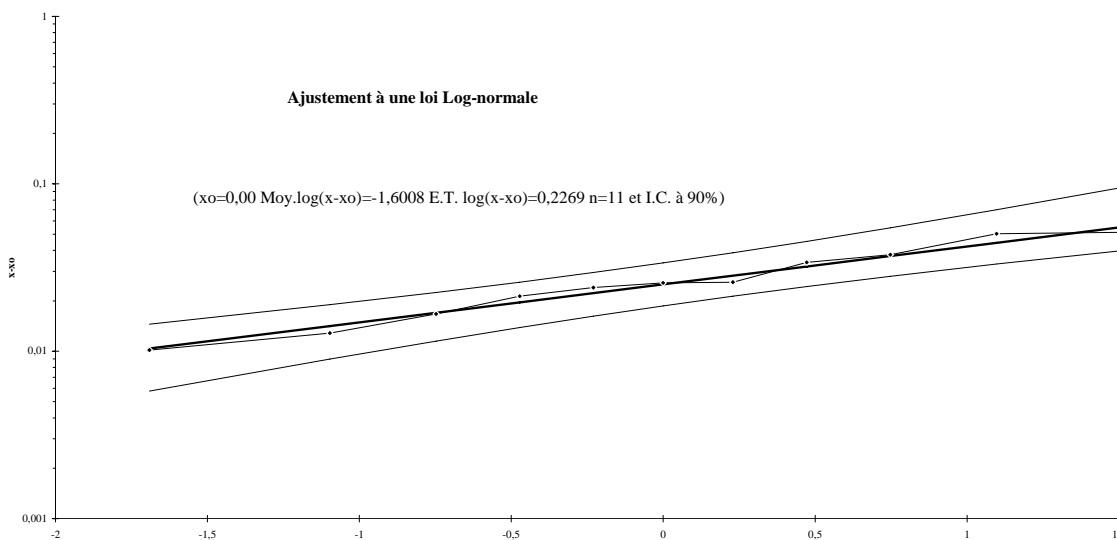


Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Basse Vallée – hydrologie non influencée

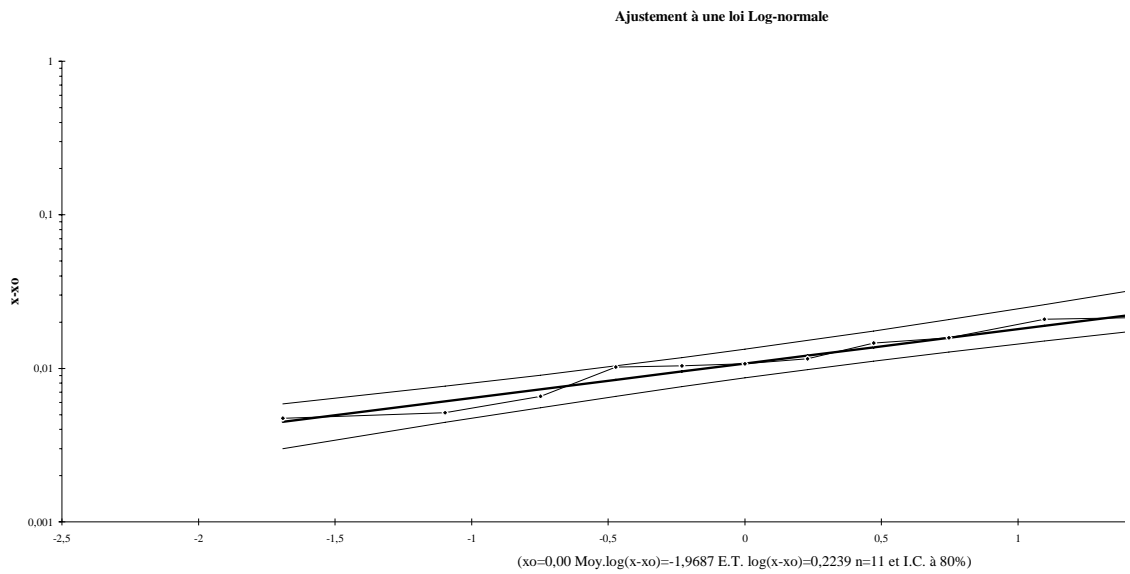
Ajustement à une loi Log-normale



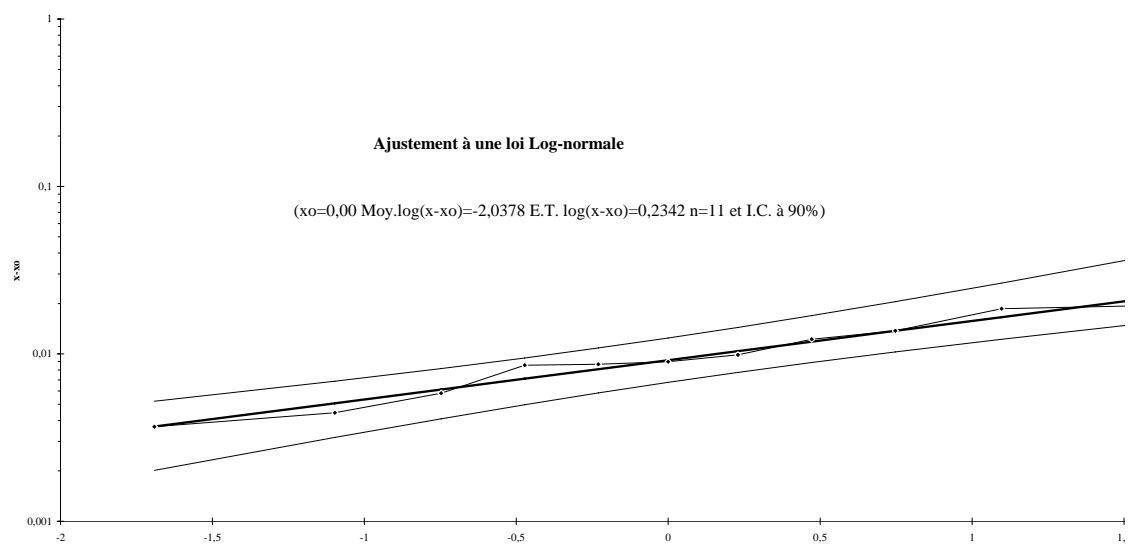
Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur la Dunière – hydrologie non influencée



Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur le Mialan – hydrologie non influencée



Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur l'Embroye – hydrologie non influencée



Ajustement à une loi Log-normale des QMNA sur le Turzon – hydrologie non influencée

ANNEXE 6
Débits caractéristiques aux points ESTIMHAB

Débits caractéristiques aux points ESTIMHAB

Hydrologie influencée

Grand sous bassin	Surface (km ²)	Module interannuel (m ³ /s)			Débit médian (m ³ /s)
		Module	« 1/10 »	« 1/40 »	
EYRIEUX 1	88,7	1,45 [1,19 ; 1,79]	0,15	0,04	0,75 [0,73 ; 0,77]
EYRIEUX 2	250	4,09 [3,35 ; 5,06]	0,41	0,10	2,11 [2,05 ; 2,17]
EYRIEUX 3	386,1	7,43 [5,96 ; 9,43]	0,74	0,19	3,71 [3,61 ; 3,82]
EYRIEUX 4	631,6	12,16 [9,76 ; 15,42]	1,22	0,30	6,07 [5,91 ; 6,25]
EYRIEUX 5	816,6	15,6 [12,57 ; 19,7]	1,56	0,39	7,85 [7,66 ; 8,09]
EYSSE	76,5	1,25 [1,03 ; 1,55]	0,13	0,03	0,65 [0,63 ; 0,66]
DORNE	60,4	0,99 [0,81 ; 1,22]	0,10	0,02	0,51 [0,5 ; 0,52]
GLUEYRE	70,9	1,4 [1,12 ; 1,77]	0,14	0,03	0,66 [0,64 ; 0,67]
AUZENE	22,9	0,45 [0,36 ; 0,57]	0,05	0,01	0,21 [0,21 ; 0,22]
DUNIERE 1	48	0,92 [0,79 ; 1,09]	0,09	0,02	0,45 [0,44 ; 0,46]
DUNIERE 2	86,2	1,66 [1,42 ; 1,96]	0,17	0,04	0,81 [0,78 ; 0,83]
BOYON	7,8	0,16 [0,13 ; 0,2]	0,02	0,00	0,07 [0,06 ; 0,07]
EMBROYE	20	0,18 [0,15 ; 0,23]	0,018	0,005	0,095 [0,092 ; 0,103]
TURZON	17	0,18 [0,13 ; 0,21]	0,018	0,004	0,096 [0,093 ; 0,098]

Module interannuel et débit médian aux stations ESTIMHAB des bassins de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état influencé et intervalle de confiance à 90%

Points Stratégiques de référence	Surface (km ²)	VCN10 (m ³ /s)		QMNA (m ³ /s)	
		2 ans	5 ans	2 ans	5 ans
EYRIEUX 1	88,7	0,012 [0,01 ; 0,014]	0,01 [0,008 ; 0,011]	0,026 [0,019 ; 0,035]	0,017 [0,011 ; 0,022]
EYRIEUX 2	250	0,033 [0,029 ; 0,039]	0,027 [0,022 ; 0,031]	0,074 [0,054 ; 0,1]	0,047 [0,03 ; 0,062]
EYRIEUX 3	386,1	0,296 [0,24 ; 0,365]	0,216 [0,162 ; 0,264]	0,468 [0,374 ; 0,585]	0,336 [0,247 ; 0,415]
EYRIEUX 4	631,6	0,484 [0,392 ; 0,596]	0,354 [0,265 ; 0,432]	0,765 [0,612 ; 0,956]	0,549 [0,405 ; 0,68]
EYRIEUX 5	816,6	0,686 [0,569 ; 0,827]	0,52 [0,402 ; 0,621]	1,077 [0,874 ; 1,327]	0,79 [0,593 ; 0,964]
EYSSE	76,5	0,01 [0,009 ; 0,012]	0,008 [0,007 ; 0,009]	0,022 [0,017 ; 0,031]	0,014 [0,009 ; 0,019]
DORNE	60,4	0,008 [0,007 ; 0,009]	0,007 [0,005 ; 0,007]	0,018 [0,013 ; 0,024]	0,011 [0,007 ; 0,015]
GLUEYRE	70,9	0,042 [0,035 ; 0,049]	0,032 [0,026 ; 0,038]	0,068 [0,054 ; 0,086]	0,05 [0,035 ; 0,06]
AUZENE	22,9	0,013 [0,011 ; 0,016]	0,01 [0,008 ; 0,012]	0,022 [0,018 ; 0,028]	0,016 [0,011 ; 0,02]
DUNIERE 1	48	0,047 [0,04 ; 0,055]	0,037 [0,03 ; 0,043]	0,074 [0,059 ; 0,092]	0,053 [0,039 ; 0,066]
DUNIERE 2	86,2	0,085 [0,072 ; 0,099]	0,067 [0,054 ; 0,078]	0,133 [0,107 ; 0,166]	0,096 [0,071 ; 0,118]
BOYON	7,8	0,002 [0,001 ; 0,004]	0 [0 ; 0,001]	0,004 [0,003 ; 0,005]	0,003 [0,002 ; 0,004]
EMBROYE	20	0	0	0,0004 [0,0002 ; 0,0007]	0,00016 [0,0008 ; 0,0003]
TURZON	17	0,0045 [0,0036 ; 0,0063]	0,0031 [0,0018 ; 0,0045]	0,0081 [0,0063 ; 0,01]	0,0049 [0,0036 ; 0,0072]

Débits caractéristiques d'étiage aux stations ESTIMHAB des bassins de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état influencé et intervalle de confiance à 90%

Hydrologie non influencée

Grand sous bassin	Surface (km ²)	Module interannuel (m ³ /s)			Débit médian (m ³ /s)
		Module	« 1/10 »	« 1/40 »	
EYRIEUX 1	88,7	1,46 [1,2 ; 1,81]	0,15	0,04	0,76 [0,74 ; 0,78]
EYRIEUX 2	250	4,11 [3,38 ; 5,09]	0,41	0,10	2,13 [2,08 ; 2,19]
EYRIEUX 3	386,1	7,6 [6,1 ; 9,63]	0,76	0,19	3,62 [3,52 ; 3,72]
EYRIEUX 4	631,6	12,43 [9,98 ; 15,76]	1,24	0,31	5,92 [5,76 ; 6,09]
EYRIEUX 5	816,6	16,09 [12,95 ; 20,34]	1,61	0,40	7,65 [7,44 ; 7,86]
EYSSE	76,5	1,26 [1,03 ; 1,56]	0,13	0,03	0,65 [0,64 ; 0,67]
DORNE	60,4	0,99 [0,82 ; 1,23]	0,10	0,02	0,52 [0,5 ; 0,53]
GLUEYRE	70,9	1,4 [1,12 ; 1,77]	0,14	0,03	0,66 [0,65 ; 0,68]
AUZENE	22,9	0,45 [0,36 ; 0,57]	0,05	0,01	0,21 [0,21 ; 0,22]
DUNIERE 1	48	0,97 [0,79 ; 1,22]	0,10	0,02	0,43 [0,42 ; 0,44]
DUNIERE 2	86,2	1,75 [1,42 ; 2,2]	0,18	0,04	0,77 [0,75 ; 0,79]
BOYON	7,8	0,15 [0,12 ; 0,19]	0,02	0,00	0,07 [0,07 ; 0,08]
EMBROYE	20	0,19 [0,15 ; 0,24]	0,019	0,005	0,105 [0,102 ; 0,108]
TURZON	17	0,18 [0,14 ; 0,22]	0,018	0,004	0,096 [0,093 ; 0,098]

Module interannuel et débit médian aux stations ESTIMHAB des bassins de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état non influencé et intervalle de confiance à 90 %

Points Stratégiques de référence	Surface (km ²)	VCN10 (m ³ /s)		QMNA (m ³ /s)	
		2 ans	5 ans	2 ans	5 ans
EYRIEUX 1	88,7	0,015 [0,011 ; 0,019]	0,01 [0,007 ; 0,013]	0,029 [0,021 ; 0,041]	0,017 [0,011 ; 0,024]
EYRIEUX 2	250	0,041 [0,032 ; 0,053]	0,029 [0,021 ; 0,036]	0,082 [0,058 ; 0,117]	0,049 [0,03 ; 0,068]
EYRIEUX 3	386,1	0,234 [0,196 ; 0,279]	0,18 [0,141 ; 0,213]	0,401 [0,315 ; 0,511]	0,28 [0,2 ; 0,352]
EYRIEUX 4	631,6	0,383 [0,321 ; 0,457]	0,294 [0,231 ; 0,349]	0,656 [0,515 ; 0,835]	0,457 [0,328 ; 0,576]
EYRIEUX 5	816,6	0,604 [0,505 ; 0,723]	0,462 [0,361 ; 0,549]	0,997 [0,791 ; 1,257]	0,706 [0,514 ; 0,881]
EYSSE	76,5	0,013 [0,01 ; 0,016]	0,009 [0,006 ; 0,011]	0,025 [0,018 ; 0,036]	0,015 [0,009 ; 0,021]
DORNE	60,4	0,01 [0,008 ; 0,013]	0,007 [0,005 ; 0,009]	0,02 [0,014 ; 0,028]	0,012 [0,007 ; 0,016]
GLUEYRE	70,9	0,043 [0,036 ; 0,051]	0,033 [0,026 ; 0,039]	0,074 [0,058 ; 0,094]	0,051 [0,037 ; 0,065]
AUZENE	22,9	0,014 [0,012 ; 0,017]	0,011 [0,008 ; 0,013]	0,024 [0,019 ; 0,03]	0,017 [0,012 ; 0,021]
DUNIERE 1	48	0,058 [0,049 ; 0,069]	0,046 [0,036 ; 0,053]	0,09 [0,074 ; 0,108]	0,068 [0,052 ; 0,081]
DUNIERE 2	86,2	0,105 [0,089 ; 0,124]	0,082 [0,065 ; 0,096]	0,161 [0,133 ; 0,194]	0,121 [0,094 ; 0,145]
BOYON	7,8	0,006 [0,005 ; 0,007]	0,004 [0,003 ; 0,005]	0,01 [0,008 ; 0,012]	0,007 [0,005 ; 0,008]
EMBROYE	20	0,006 [0,004 ; 0,008]	0,0033 [0,002 ; 0,005]	0,010 [0,0008 ; 0,001]	0,007 [0,005 ; 0,009]
TURZON	17	0,0054 [0,004 ; 0,006]	0,0036 [0,002 ; 0,004]	0,008 [0,006 ; 0,011]	0,0054 [0,004 ; 0,007]

Débits caractéristiques d'étiage aux stations ESTIMHAB des bassins de l'Eyrieux, du Mialan, de l'Embroye et du Turzon en état non influencé et intervalle de confiance à 90 %

ANNEXE 7
Débits d'étéage issus du ROCA

Débits d'étiage issus du ROCA

2005												
Code	Cours d'eau	Nom station	X	Y	Module	Q2005-S27	Q2005-S28	Q2005-S30	Q2005-S31	Q2005-S33	Q2005-S34	Q2005-S35
ROCA-07-5	Orsanne	RHP	774863	1981150	300 l/s	7 l/s	5 l/s	1 l/s	1 l/s	1 l/s	5 l/s	5 l/s
ROCA-07-16	Dunière	Pont du Belay	780630	1990695	1 100 l/s	30 l/s	10 l/s	1 l/s	5 l/s	10 l/s	10 l/s	8 l/s

2006																
Code	Cours d'eau	Nom station	X	Y	Module	Q2006-S25	Q2006-S26	Q2006-S27	Q2006-S28	Q2006-S29	Q2006-S30	Q2006-S31	Q2006-S32	Q2006-S33	Q2006-S34	Q2006-S35
ROCA-07-5	Orsanne	RHP	774863	1981150	300 l/s	20 l/s	10 l/s	15 l/s	10 l/s	10 l/s	4 l/s	10 l/s	3 l/s	4 l/s	10 l/s	10 l/s
ROCA-07-16	Dunière	Pont du Belay	780630	1990695	1 100 l/s	60 l/s	60 l/s	40 l/s	30 l/s	40 l/s	5 l/s	30 l/s	10 l/s	30 l/s	30 l/s	25 l/s

2007												
Code	Cours d'eau	Nom station	X	Y	Module	Q2007-S25	Q2007-S33	Q2007-S34	Q2007-S35	Q2007-S36	Q2007-S37	Q2007-S38
ROCA-07-5	Orsanne	RHP	774863	1981150	300 l/s	-	25 l/s	15 l/s	15 l/s	15 l/s	10 l/s	5 l/s
ROCA-07-16	Dunière	Pont du Belay	780630	1990695	1 100 l/s	-	70 l/s	60 l/s	200 l/s	150 l/s	60 l/s	50 l/s