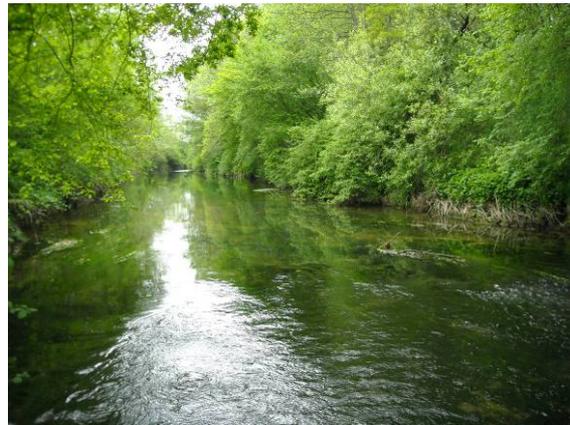


SYNDICAT DU BASSIN DE LA VOUGE

ETUDE DES VOLUMES PRELEVABLES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VOUGE

Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes



*Rapport définitif
Décembre 2011*

PG_pht3_vfinal.doc

BRL
Ingénierie



Projet cofinancé par l'Union Européenne.
L'Europe s'engage avec le Fonds européen de développement régional.



DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES MAXIMUMS SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VOUGE

RAPPORT DE PHASE 3

IMPACT DES PRÉLÈVEMENTS ET QUANTIFICATION DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE

PRÉAMBULE.....	1
1. OBJECTIFS ET PRINCIPES.....	3
2. ANALYSE DES DONNÉES CLIMATIQUES SUR LE BASSIN VERSANT	7
2.1 Données utilisées et traitement des données	7
2.1.1 Stations disponibles pour caractériser le bassin versant	7
2.1.2 Reconstitution des séries de données pluviométriques	8
2.2 Reconstitution et analyse des pluies sur le bassin versant	9
2.3 Présentation et analyse de l'ETP sur le bassin versant	11
3. ANALYSE DES DONNÉES DÉBIMÉTRIQUES DISPONIBLES	12
3.1 Stations hydrologiques en place	12
3.2 Analyse de la précision des stations hydrométriques	13
3.2.1 Sensibilité de mesure	14
3.2.2 Représentativité de la courbe de tarage	15
3.2.3 Qualité du site de la mesure	16
3.2.4 Tableau de synthèse	17
3.3 Analyse des débits mesurés aux stations	17
3.3.1 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Vouge à Saint-Bernard	18
3.3.2 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Vouge à Saint-Nicolas-les-Cîteaux	19
3.3.3 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Vouge à Aubigny	20

3.3.4	Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Bièvre à Brazey en Plaine	21
3.3.5	Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Varaude à Tarsul-Izeure	22
3.3.6	Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Cent Fonts à Saulon-la-Rue	23
3.3.7	Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur le Chairon à Noiron sous Gevrey	24
3.3.8	Bilan des débits influencés mesurés le long de la Vouge	25
4.	DÉTERMINATION DES DÉBITS NATURELS AU DROIT DES POINTS DE RÉFÉRENCE	26
4.1	Naturalisation des débits influencés	26
4.2	Estimation de la ressource superficielle : éléments de méthodologie	28
4.2.1	Description du modèle GR2M	29
4.2.2	Répartition de l'eau sur le bassin versant : interférence de la Cent Fonts	29
4.2.3	Stratégie appliquée pour la détermination des débits naturels des différents points de référence	31
4.3	Estimation de la ressource superficielle étape par étape pour chacun des points de référence	33
4.3.1	Estimation de la ressource naturelle sur la Vouge à Esbarres et Magny	33
4.3.2	Estimation de la ressource naturelle sur la Vouge à Magny	37
4.3.3	Estimation de la ressource naturelle sur la Vouge à Villebichot	38
4.3.4	Estimation de la ressource naturelle sur la Varaude à Tarsul	42
4.3.5	Estimation de la ressource naturelle sur la Cent Fonts à Saulon-la-Rue	45
4.3.6	Estimation de la ressource naturelle sur la Bièvre à Brazey-en-Plaine	48
4.4	Bilan des résultats obtenus	54
4.5	Effet d'une modification du fonctionnement de la Cent Fonts	58
5.	BILAN DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE DE CHAQUE SOUS BASSIN ET CONFRONTATION AVEC LES PRÉLEVEMENTS	61
5.1	Bilan prélèvements / ressource sur la Vouge à Esbarres et Magny	61
5.2	Bilan prélèvements / ressource sur la Vouge à Villebichot	63
5.3	Bilan prélèvements / ressource sur la Varaude à Tarsul	64
5.4	Bilan prélèvements / ressource sur la Cent Fonts à Saulon la Rue	66
5.5	Bilan prélèvements / ressource sur la Bièvre à Brazey en Plaine	67
ANNEXES	69	
	Annexe 1 : Description du modèle GR2M	71
	Annexe 2 : Compte rendu d'entretien avec la DREAL	75

TABLE DES ILLUSTRATIONS

CARTES

Carte 1 : Localisation des points de référence.....	4
Carte 2 : Localisation des stations climatiques utilisées.....	7
Carte 3 : La Vouge à Esbarres et les bassins impliqués.....	33
Carte 4 : La Vouge à Aubigny et les bassins impliqués.....	34
Carte 5 : La Vouge à Villebichot et les bassins impliqués.....	38
Carte 6 : La Varaude à Tarsul et les bassins impliqués.....	42
Carte 7 : La Cent Fonts et les bassins impliqués.....	45
Carte 8 : La Bièvre à Brazey et les bassins impliqués.....	48
Carte 9 : Localisation des prélèvements agricoles au sein du sous bassin Vo3.....	61
Carte 10 : Localisation des points de prélèvements sur le sous bassin Vo1.....	63

FIGURES

Figure 1 : Exemple de corrélation entre deux stations.....	8
Figure 2 : Précipitations mensuelles sur le bassin versant de la Vouge.....	9
Figure 3 : ETP mensuelle sur le bassin de la Vouge (source : MétéoFrance, Station de Dijon-Longvic).....	11
Figure 4 : Stations de mesure de la Banque HYDRO.....	12
Figure 5 : Sensibilité de la station sur la Vouge à Saint-Bernard (export BAREME).....	14
Figure 6 : Courbe de tarage et dispersion des jaugeages pour la station de Saint Bernard (Exports logiciel BAREME).....	15
Figure 7: Dispersion des jaugeages sur la Vouge à Saint Bernard (étude du rapport [Qjauge-Qcourbe]/Qcourbe).....	16
Figure 8 : Schéma bilan des débits (en l/s) mesurés aux stations (période 1996-2000).....	25
Figure 9 : Prélèvements équivalents selon la localisation.....	28
Figure 10 : Principe d'un modèle Pluie-ETP-Débit.....	29
Figure 11 : Comparaison des débits mesurés sur la Cent Fonts à Saulon et des apports sur la Varaude entre Noiron et Tarsul (Moyenne sur la période 1995-2003).....	31
Figure 12 : Pluies, débits naturels mensuels simulés et reconstitués sur la période de calage - la Vouge à Aubigny.....	35
Figure 13 : Corrélation entre deux stations hydrométriques par relation amont/aval.....	39
Figure 14 : Corrélation entre deux stations hydrométriques par inclusion.....	43
Figure 15 : Corrélation des stations de la Bièvre à Brazey et de la Varaude à Tarsul.....	50
Figure 16 : Double cumul des volumes mesurés sur la Bièvre à Brazey et sur la Varaude à Tarsul.....	51
Figure 17 : Corrélation des stations hydrométriques de la Bièvre à Brazey et de la Varaude à Tarsul sur les périodes 1992-1998 et 1999-2003.....	51
Figure 18 Corrélation des stations hydrométriques de la Bièvre à Brazey et de la Vouge à Aubigny sur les périodes 1992-1998 et 1999-2003.....	52
Figure 19 : Corrélations des débits de la Vouge à Aubigny et de la Bièvre à Brazey par période, sur les données disponibles de 1998 à 2010.....	52
Figure 20 : Bilan des débits naturalisées aux niveau des points de référence (points jaunes) et des principales stations hydrométriques utilisées (point bleus).....	54
Figure 21 : Modification des débits sur le Varaude à Tarsul sous l'effet d'une modification du fonctionnement de la Cent Fonts.....	59

Figure 22 : Modification des débits à la station de Saint Nicolas les Citeaux, sous l'effet d'une modification du fonctionnement de la Cent Fonts.....	60
Figure 23 : Bilan Prélèvements/Ressources sur la Vouge à Esbarres - Magny(2006-2009).....	62
Figure 24 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Vouge à Villebichot (2006-2009)	64
Figure 25 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Varaude à Tarsul (2006-2009).....	65
Figure 26 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Cent Fonts à Saulon la Rue.....	66
Figure 27 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Bièvre à Brazey en Plaine (2006-2009).....	67
Figure 28 : Principe d'un modèle Pluie-ETP-Débit.....	71
Figure 29 : Comparaison de différentes possibilités de calage pour GR2M	72

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des points de référence	3
Tableau 2 : Liste des stations climatiques utilisées.....	7
Tableau 3 : Corrélations entre stations et compléments des séries de données.....	8
Tableau 4 : Pluviométrie sur les différents sous-bassins versants de référence (en mm).....	10
Tableau 5 : Statistique sur l'ETP depuis 1970 sur le bassin de la Vouge.....	11
Tableau 6 : Liste des stations hydrométriques du bassin versant	13
Tableau 7 : Fiabilité de stations hydrométriques disponibles (source http://www.hydro.eaufrance.fr)	13
Tableau 8 : Caractéristiques des principales stations hydrométriques du bassin versant.....	17
Tableau 9 : Bilan des méthodes d'estimation du débit naturel associées à chaque point de référence	32
Tableau 10 : Comparaison des débits naturels et des débits mesurés aux stations hydrométriques du bassin versant de la Vouge.....	55
Tableau 11 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Vouge à Esbarres - Magny	62
Tableau 12 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Vouge à Villebichot	63
Tableau 13 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Varaude à Tarsul.....	65
Tableau 14 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Bièvre à Brazey en Plaine.....	67

PRÉAMBULE

Dans beaucoup de situations, **les comités sécheresse sont réunis trop souvent**. Ils ne gèrent donc pas la crise mais un **déséquilibre structurel entre offre et demande**. Cette gestion dans l'urgence peut arranger certains acteurs mais elle est irrecevable. Si la crise a lieu tous les ans, cela n'est plus une crise, c'est le signe d'un déséquilibre de fond observé sur de nombreux bassins versants.

Le **rétablissement de l'équilibre entre offre et demande** en eau est ainsi un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de la ressource.

Cet objectif s'inscrit pleinement dans celui, plus large, de la **mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau**. Les échéances de cette dernière, l'atteinte du bon état à l'horizon 2015, ont été retenues pour mettre en place les actions devant rétablir l'équilibre offre / demande : la date à laquelle le volume total autorisé sur un bassin ne devra plus dépasser le volume prélevable ne pourra en aucun cas excéder décembre 2014.

On constate en moyenne sur le bassin versant de la Vouge un déficit en eau chronique, puisque des restrictions d'usage ont lieu 2 années sur 5. Le bassin de la Vouge et la nappe de Dijon Sud sont des ressources classées en zones de répartition des Eaux (ZRE), en 2005 dans le cas de la nappe de Dijon Sud, en 2010 pour la Vouge.

Le Syndicat du Bassin Versant de la Vouge a confié à BRL *Ingénierie* deux études de détermination des volumes prélevables : l'une concerne le bassin versant de la Vouge et l'autre la nappe de Dijon Sud. La seconde inclut également la détermination des ressources stratégiques sur la nappe de Dijon Sud.

Ces études ont plusieurs enjeux :

- ▶ Un enjeu environnemental : La garantie du bon état des cours d'eau du bassin versant en application de la Directive Cadre sur l'Eau.

Pratiquement l'étude doit en effet déterminer, en différents points du bassin, les débits minimums au-dessus desquels il est nécessaire de rester pour garantir le bon état des écosystèmes aquatiques :

- *Quels débits minimums sont nécessaires pour garantir le bon état écologique des cours d'eau du bassin de la Vouge ?*

La connaissance de ces limites permet d'aborder également le degré de pression des prélèvements actuels. Ce sujet recouvre plusieurs questions :

- *La ressource en eau disponible permet-elle de satisfaire les besoins en eau dans le bassin tout en garantissant le respect des débits minimums ?*
- *Si il y a des déficits, à quoi sont ils liés ? Au fait qu'il y a trop de surfaces irriguées ? Au fait que les techniques et les modes de gestion employés conduisent à consommer trop d'eau et/ou à court-circuiter des tronçons de cours d'eau ? A la surexploitation locale de la ressource ?*

Au final, il s'agira de dresser les limites de prélèvements acceptables dans les différents hydrosystèmes, et pour les différentes périodes de l'année, au regard des contraintes environnementales qui auront été décidées.

- ▶ Un enjeu économique : L'irrigation joue un fort rôle dans l'économie des exploitations agricoles. Les cultures irriguées ont généralement une rentabilité supérieures aux cultures en sec et permettent d'assurer un meilleur revenu aux exploitants. Pour certaines cultures, l'irrigation permet également une assurance de récolte les années les plus sèches.

- ▶ Un enjeu pour l'alimentation en eau potable actuelle et future: avec l'identification de ressources stratégiques (ou « ressources majeures ») au niveau de la nappe de Dijon Sud.

Les deux études sont chacune divisée comme suit :

- ▶ Phase 1 : Caractérisation des sous bassins et aquifères et recueil de données complémentaires
- ▶ Phase 2 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution
- ▶ Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes
- ▶ Phase 3 bis (seulement pour la partie Dijon Sud) : Identification et Caractérisation des ressources à préserver pour l'AEP
- ▶ Phase 4 : Détermination des débits minimums biologiques et des objectifs de niveau de nappe
- ▶ Phase 5 : Détermination des volumes prélevables et des Débits d'Objectif d'étiage
- ▶ Phase 6 : Proposition de répartition des volumes entre les usages et proposition de périmètre d'organisme unique

Le présent rapport présente la phase 3 de l'étude « Bassin de la Vouge ».

L'objectif de cette phase 3 est de **quantifier** la ressource en eau superficielle disponible sur les sous bassins, à un pas de temps suffisamment fin pour établir le calcul intégral des volumes prélevables qui aura lieu en phase 5.

Cette quantification implique d'analyser le fonctionnement hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Vouge, pour en déterminer les débits naturels aux exutoires des sous bassins. Les débits naturels ou non influencés sont les débits en l'absence d'influence anthropique (prélèvements et régulation).

Les calculs de ressource non influencée sont conduits au droit de chacun des exutoires des sous bassins, au **pas de temps mensuel**.

Pour mener à bien cette estimation de ressource superficielle et en évaluer sa pertinence, une première étape vise à analyser les données d'entrée du bilan hydrologique, données climatiques et hydrométriques, pour en dégager des tendances spatiales et statistiques sur les différents sous bassins ou cours d'eau, ainsi que pour estimer leur fiabilité ; ensuite suit une présentation des méthodes à adopter pour les estimations sur chacun des secteurs puis les résultats seront commentés.

1. OBJECTIFS ET PRINCIPES

Les objectifs de cette phase sont :

- ▶ la détermination de la ressource non influencée,
- ▶ la comparaison des prélèvements avec cette ressource.

La ressource non influencée sera caractérisée ici par des séries de débits naturels reconstitués sur la période 1970-2009, au pas de temps mensuel. L'utilisation d'une période de 40 années permet de cerner statistiquement l'aléa hydrologique pour les temps de retour utilisés dans le cadre de l'étude.

L'exercice est conduit pour chacun des points de référence qui vont structurer la suite de la réflexion de l'étude sur la détermination des volumes prélevables.

Le choix de ces points de référence fera l'objet d'une justification détaillée dans le rapport de Phase 4.

Le tableau ci-dessous indique les points retenus et la carte ci-après précise leur localisation.

Tableau 1 : Liste des points de référence

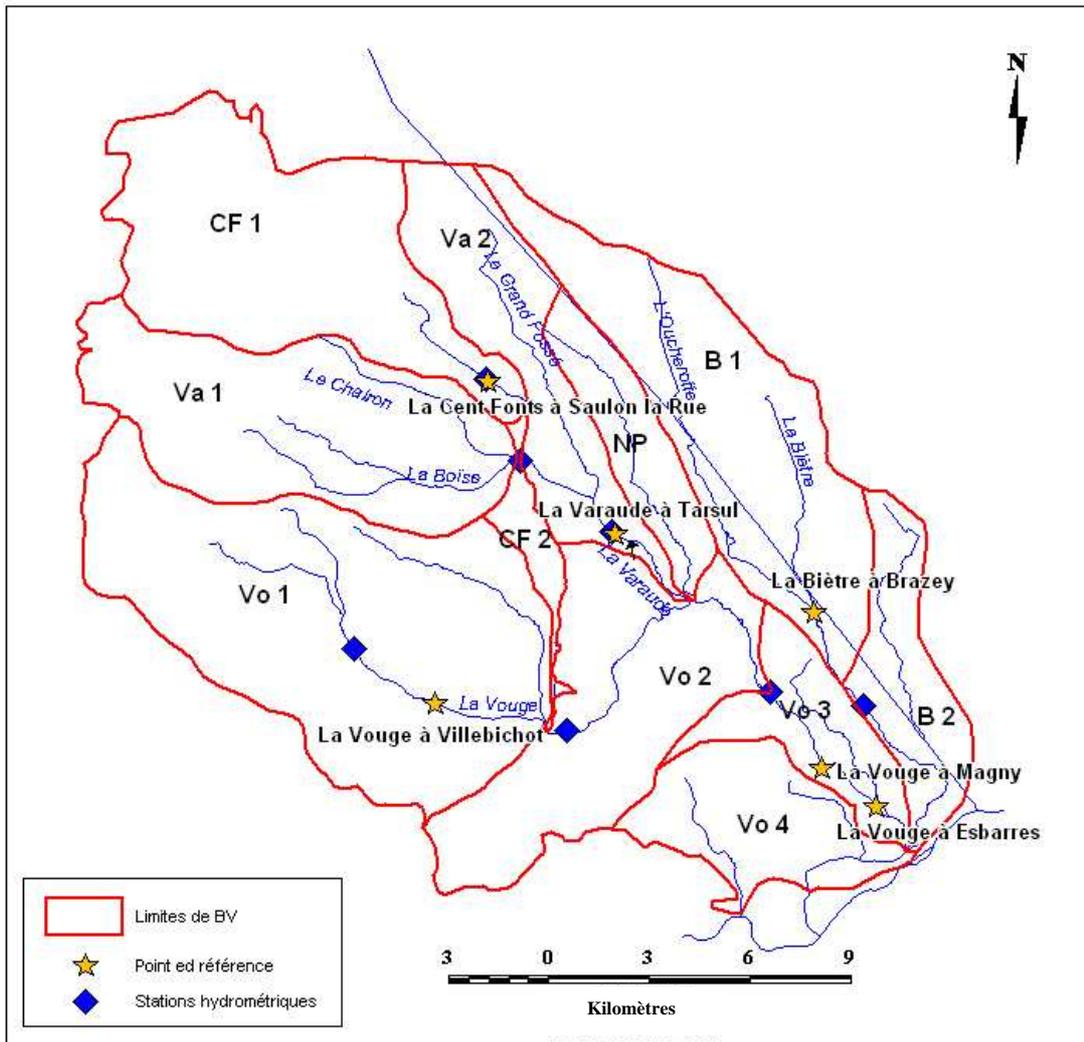
	Nom du point	Surface du bassin contrôlée	Sous bassin concernés	Remarque
T1	La Vouge à Esbarres	320 km ²	Vo1, Vo2, Va1, Va2, Cf1, Cf2, NP + 43% Vo3	
T1 bis	La Vouge à Magny	318 km ²	Vo1, Vo2, Va1, Va2, Cf1, Cf2, NP + 33% Vo3	
T2	La Vouge à Villebichot	47 km ²	50% Vo1	
T3	La Varaude à Tarsul	87 km ²	Va1 + 93% Va2	Apport en provenance de CF1
T4	La Cent Fonts à Saulon la Rue	52 km ²	96% Cf1	
T5	La Bièvre à Brazey	52 km ²	94% B1	

Remarque : les deux points « Vouge à Esbarres » et « Vouge à Magny » sont très proches. Seul le point « Vouge à Esbarres » était initialement inclus dans l'approche. Des difficultés d'application de la méthode Estimhab (qui seront explicitées dans le rapport de Phase 4) ont conduit à appliquer la méthode un peu plus en amont, à Magny.

A ce stade, afin de conserver toute latitude pour la suite de l'étude, on conserve la mention des deux points, bien qu'ils soient très proches et qu'il est probable qu'un seul sera conservé.

La carte ci-dessous localise les points de référence sur le bassin versant.

Carte 1 : Localisation des points de référence



HORIZONS TEMPORELS DES CALCULS

L'hypothèse formulée dans un premier temps est que la variabilité observée dans le passé caractérise statistiquement l'aléa hydrologique à venir : hypothèse d'invariance climatique.

Cette hypothèse est admissible pour le travail sur le court terme et l'horizon pratique de l'étude qui constitue la réflexion sur l'équilibre besoins/ressources.

On sait aujourd'hui que **cette hypothèse est par contre fautive quand on s'intéresse à du plus long terme**. Le climat change et ce qui s'est passé ces trente dernières années ne peut pas être utilisé pour caractériser ce qu'on pourrait observer dans quelques décennies en terme hydrologique.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Sur ce sujet, les idées suivantes peuvent être notées :

- ▶ Le changement climatique est déjà observable : à l'échelle du XX^{ème} siècle, et particulièrement des trois ou quatre dernières décennies, on note, à l'échelle du globe, une hausse de la température moyenne globale, hausse remarquable en terme de dynamique par comparaison aux changements recensés dans les temps historiques ou géologiques. Cette hausse se retrouve sur le territoire national.
- ▶ Les changements devraient se poursuivre, en terme de température mais également en terme de précipitations. La dynamique et l'intensité des changements à venir restent soumises à des incertitudes liées en particulier aux différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre et à l'imprécision des modélisations climatiques.

CADRE GÉNÉRAL POUR LA RECONSTITUTION DES DÉBITS NATURELS

L'équation de naturalisation des débits est la suivante :

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements}$$

avec :

- ▶ Q naturel : le débit sans les influences anthropiques,
- ▶ Q mesuré : le débit influencé, ou observé,
- ▶ Impacts des Prélèvements : la quantification en débit de l'influence anthropique sur les ressources superficielles.

Ce travail est réalisé aux points de référence, exutoires des sous bassins au niveau desquels ont été évalués les prélèvements en phases 1-2 de l'étude.

La modélisation pour la reconstitution des débits naturels impose de considérer que les prélèvements ne sont pas stationnaires. Ils évoluent en effet dans le temps, donc même lorsque les débits mesurés sont disponibles sur une très longue période, **l'équation ci-dessus ne peut être employée que sur une période où les prélèvements sont connus** (dans notre cas sur la période 2003-2009).

La modélisation fait par ailleurs l'hypothèse de l'invariance du fonctionnement hydrologique : à l'échelle temporelle sur laquelle est estimée la ressource (1970-2009), on suppose que les bassins versants gardent les mêmes propriétés générales et les mêmes fonctions de production de ruissellement (capacité à transformer de la pluie en écoulement). Les données de prélèvements et de débits mesurés étant connues sur 2003-2009, les variables Pluies et ETP aussi, il est alors possible d'approcher le fonctionnement du bassin par une modélisation. Laquelle pourra être extrapolée à la période 1970-2009. A l'aide d'un modèle pluie-ETP-débit (le modèle « GR2M »), les débits naturels sont ainsi reconstitués sur toute la période pour laquelle les données de pluie et d'ETP sont disponibles (voir plus bas la description plus précise de GR2M).

Les deux parties suivantes s'intéressent à l'analyse des variables climatiques puis hydrométriques du bassin de la Vouge, avant leur utilisation dans la quatrième partie.

2. ANALYSE DES DONNÉES CLIMATIQUES SUR LE BASSIN VERSANT

2.1 DONNÉES UTILISÉES ET TRAITEMENT DES DONNÉES

2.1.1 Stations disponibles pour caractériser le bassin versant

Parmi les stations pluviométriques de Météo France existant sur le bassin versant de la Vouge, 12 stations ont été sélectionnées (pour leur emplacement par rapport au bassin et la longueur des séries de données disponibles). Elles sont localisées sur la Carte 2 ci-dessous et présentées dans le [Tableau 2](#) suivant.

Il n'existe qu'une station mesurant l'ETP à proximité du bassin de la Vouge, la station de Dijon-Longvic.

Carte 2 : Localisation des stations climatiques utilisées

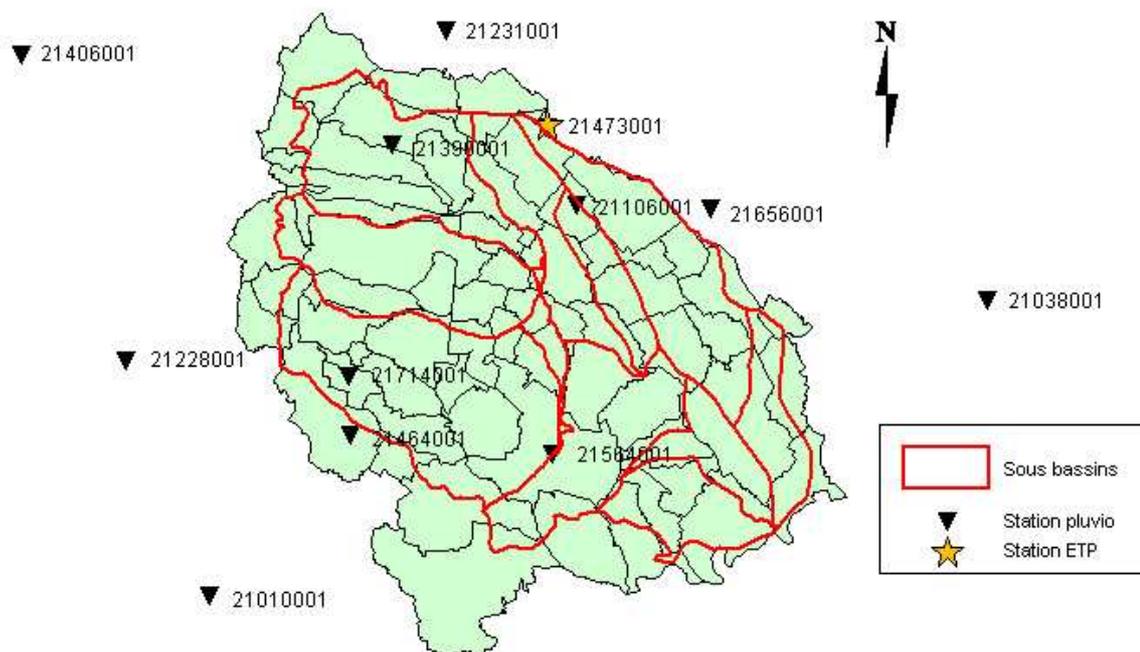


Tableau 2 : Liste des stations climatiques utilisées

Achat	Nom station	Code Station	Commune d'implantation	X	Y	Z	date ouverture	date fermeture
Pluie mensuelle	LES-GREVES	21010001	Aloxe-Corton	791500	2232500	300	janv-70	déc-09
Pluie mensuelle	BARRAGE	21038001	Auxonne	830500	2247800	185	janv-70	déc-09
Pluie décadaire	DOM.-D EPOISSES	21106001	Bretenièrre	809800	2252400	211	janv-73	déc-09
Pluie mensuelle	LE BOURG	21228001	Détain et Bruant	787200	2244400	588	janv-70	déc-09
Pluie mensuelle	PORT DU CANAL	21231001	Dijon	803200	2261200	238	janv-70	déc-09
Pluie mensuelle	LES CRAIS	21390001	Marsannay	800500	2255400	272	janv-70	déc-09
Pluie mensuelle	LA-BELLE-IDEE	21406001	Mesmont	781800	2259800	448	févr-81	sept-09
Pluie mensuelle	LES CASTORS	21464001	Nuits-Saint-Georges	798500	2240700	232	janv-70	nov-08
Pluie mensuelle et ETP décadaire	DIJON-LONGVIC	21473001	Ouges	808300	2256400	219	janv-70	déc-09
Pluie décadaire	ABBAYE DE CITEAUX	21564001	St-Nicolas-les-Citeaux	808700	2239800	195	janv-70	sept-09
Pluie mensuelle	ROUTE-DE-ROUVRES	21656001	Varanges	816500	2252300	200	janv-84	déc-09
Pluie décadaire	ROMANEE-ST-VIVANT	21714001	Vosne-Romanée	798400	2243700	230	janv-70	déc-09

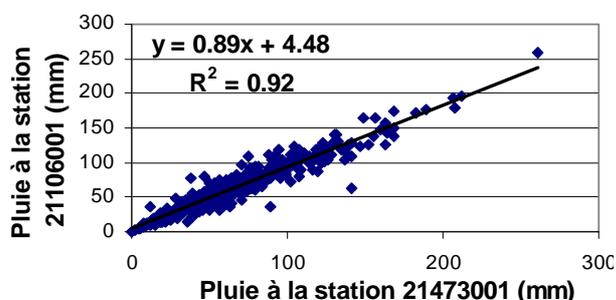
Les données de précipitations utilisées sont les pluies mensuelles de 1970 à 2009. Lorsque les données disponibles ne couvraient pas cette période, elles ont pu être complétées par corrélation avec des données de postes voisins. Lorsque le taux de données manquantes pour certaines stations est trop élevé (plus de 10% du nombre de données disponibles total) ces stations ne sont pas utilisées sur la période où leur données sont manquantes. L'intervalle 1970-2009 a donc ainsi été découpé en 3 périodes suivant les données disponibles (voir paragraphe suivant).

2.1.2 Reconstitution des séries de données pluviométriques

Il est envisageable de compléter une série par corrélation avec une autre station quand ces deux stations sont bien corrélées dans leur période commune de mesure (les corrélations obtenues ont un coefficient de détermination R^2 idéalement proche de 1). Quand les données manquantes dépassent 10% les séries ne sont pas complétées. Dans ce cas, la station météo concernée n'a pas été retenue dans le jeu de donnée de la période considérée.

A titre d'exemple, la station d'Epoisses a pu être complétée grâce à celle de Dijon-Longvic.

Figure 1 : Exemple de corrélation entre deux stations



Seules les stations de « La Belle Idée » à Mesmont et de « Route de Rouvres » à Varanges n'ont pas été complétées car les lacunes de données ont été jugées trop importantes.

Le tableau ci-dessous présente les corrélations utilisées pour le complément des séries de données. Il donne également le nombre de données complétées à l'aide de ces corrélations (sur un total de 480 données – 40 années x 12 mois – que représentent les données mensuelles de 1970 à 2009).

Tableau 3 : Corrélations entre stations et compléments des séries de données

Poste à compléter	Période disponible	Nombre valeurs manquantes	Nombre de valeurs complétées	Poste utilisé pour complément	a	b	R^2	Utilisé pour la période			
								1970 - 1980	1981 - 1983	1984-2009	
LES-GREVES	21010001	01/1970 à 12/2009	10	10	21464001	0,89	5,42	0,88	X	X	X
BARRAGE	21038001	01/1970 à 12/2009	11	11	21656001	0,91	0,86	0,88	X	X	X
DOM.-D EPOISSES	21106001	01/1973 à 12/2009	37	37	21473001	0,89	4,48	0,92	X	X	X
LE BOURG	21228001	01/1970 à 12/2009	Aucune	-	-	-	-	-	X	X	X
PORT DU CANAL	21231001	01/1970 à 12/2009	1	1	21390001	0,95	3,03	0,91	X	X	X
LES CRAIS	21390001	01/1970 à 12/2009	1	1	21231001	0,96	2,94	0,91	X	X	X
LA-BELLE-IDEE	21406001	01/1981 à 12/2009	137 (12*11 + 5)	5	21228001	0,91	3,91	0,86		X	X
LES CASTORS	21464001	01/1970 à 11/2008	13	13	21714001	0,97	0,86	0,96	X	X	X
DIJON-LONGVIC	21473001	01/1970 à 12/2009	Aucune	-	-	-	-	-	X	X	X
ABBAYE DE CITEAUX	21564001	01/1970 à 08/2009	4	4	21106001	0,92	5,32	0,86	X	X	X
ROUTE-DE-ROUVRES	21656001	01/1984 à 12/2009	168	0	21473001	1,01	3,62	0,89			X
ROMANEE-ST-VIVANT	21714001	01/1970 à 12/2009	Aucune	-	-	-	-	-	X	X	X

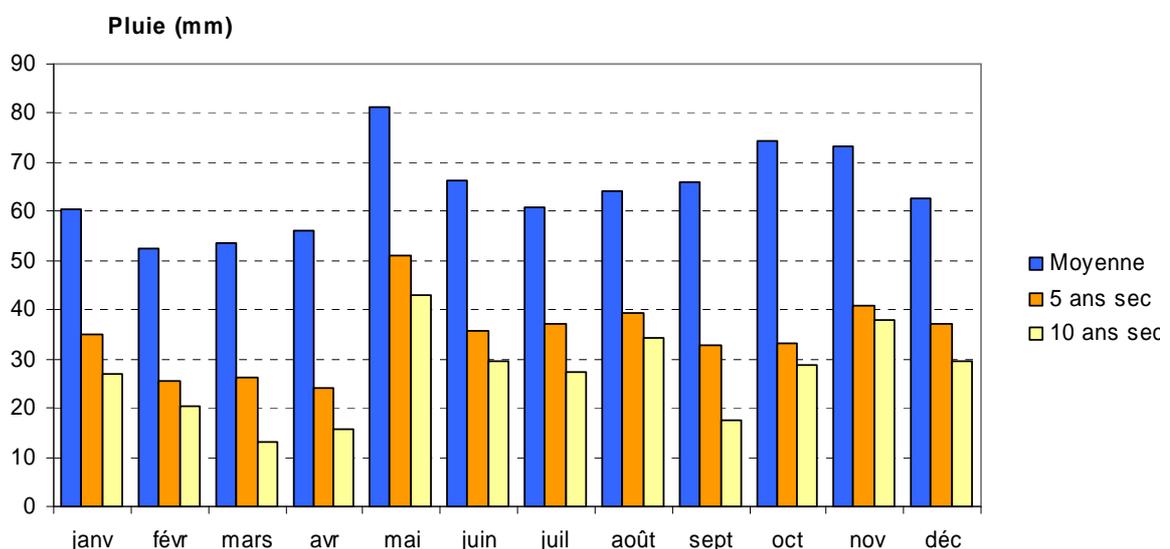
Les pluies mesurées aux stations sont des variables ponctuelles : elles représentent la pluviométrie en un point du territoire, le lieu de la station. Il faut donc spatialiser (ou interpoler) ces variables sur le territoire pour exprimer la pluie moyenne de chacune des sous bassins. La méthode d'interpolation des chroniques de pluie utilisée est présentée au paragraphe suivant.

2.2 RECONSTITUTION ET ANALYSE DES PLUIES SUR LE BASSIN VERSANT

A partir des différentes stations de MétéoFrance, la pluie par bassin versant a été estimée par la méthode des polygones de Thiessen. Cette méthode d'interpolation spatiale permet de passer de données de précipitations ponctuelles sur un nombre limité de station, à une donnée de précipitation continue dans l'espace à l'échelle de chacun des sous bassins versants étudiés.

Les résultats obtenus sont présentés dans la [Figure 2](#), concernant le bassin versant de la Vouge dans son ensemble et dans le [Tableau 2](#) concernant les sous bassins versants.

Figure 2 : Précipitations mensuelles sur le bassin versant de la Vouge¹



Les précipitations sont relativement constantes sur l'année.

Seulement 30 mm distingue en moyenne les mois pluvieux (mai) des mois plus secs (février-mars).

Au niveau des sous bassins (tableau suivant) : la pluviométrie est relativement homogène, sans fort gradient de précipitation sur le bassin versant. Sur les quarante années de données étudiées les moyennes annuelles de hauteur de précipitations varient d'environ 30 mm – 3.5% – entre le sous bassin le plus arrosé (secteur amont de la Vouge, Vo1), et le sous bassin le moins arrosé (secteurs de la Varaude aval, Va 2).

¹ Les données présentées ici correspondent pour chaque mois à des données quinquennales ou décennales sèches. La pluie annuelle le décennale sèche est supérieure à la somme de ces données.

Tableau 4 : Pluviométrie sur les différents sous-bassins versants de référence (en mm)

Vo 1													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	101	90	98	115	115	111	102	108	133	123	107	99	929	86.2
5 ans humide	90	82	81	72	104	98	86	93	105	109	98	90	895	83.0
Moyenne	64	55	56	57	80	68	60	63	66	76	75	66	786	72.9
5 ans sec	37	27	27	24	50	35	34	37	30	34	43	40	678	62.9
10 ans sec	28	20	13	15	41	29	26	32	18	28	38	34	611	56.7
Vo 2													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	87	78	88	121	122	103	113	128	133	119	112	95	923	45.0
5 ans humide	76	73	76	73	101	95	85	101	107	108	90	83	869	42.3
Moyenne	56	49	52	58	80	63	63	67	67	76	72	59	763	37.1
5 ans sec	31	24	27	25	51	33	36	35	30	32	42	36	640	31.2
10 ans sec	27	18	18	15	35	26	23	31	18	30	36	26	610	29.7
Vo 3													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	87	78	88	121	122	103	113	128	133	119	112	95	923	16.9
5 ans humide	76	73	76	73	101	95	85	101	107	108	90	83	869	15.9
Moyenne	56	49	52	58	80	63	63	67	67	76	72	59	763	14.0
5 ans sec	31	24	27	25	51	33	36	35	30	32	42	36	640	11.7
10 ans sec	27	18	18	15	35	26	23	31	18	30	36	26	610	11.2
Vo 4													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	87	78	88	121	122	103	113	128	133	119	112	95	923	22.7
5 ans humide	76	73	76	73	101	95	85	101	107	108	90	83	869	21.3
Moyenne	56	49	52	58	80	63	63	67	67	76	72	59	763	18.7
5 ans sec	31	24	27	25	51	33	36	35	30	32	42	36	640	15.7
10 ans sec	27	18	18	15	35	26	23	31	18	30	36	26	610	15.0
Va 1													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	108	92	98	109	114	116	103	95	125	121	104	96	907	50.7
5 ans humide	92	78	79	74	102	93	78	84	108	109	98	88	876	49.0
Moyenne	65	56	55	55	81	69	60	62	66	73	74	66	780	43.6
5 ans sec	39	27	25	23	53	38	36	40	27	35	42	41	666	37.3
10 ans sec	28	20	10	17	41	27	27	34	18	26	37	29	591	33.0
Va 2													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	96	82	90	108	129	113	109	125	118	117	110	89	880	28.1
5 ans humide	82	73	70	72	114	91	87	85	103	110	97	81	852	27.3
Moyenne	57	49	51	54	86	66	62	65	65	72	72	59	757	24.2
5 ans sec	31	22	23	20	56	38	39	37	28	33	40	33	650	20.8
10 ans sec	23	19	12	15	49	26	29	34	18	26	35	25	591	18.9
CF 1													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	107	89	91	109	116	114	92	90	127	116	104	93	900	54.8
5 ans humide	90	81	74	74	108	109	79	83	105	104	95	87	869	52.9
Moyenne	63	56	53	53	78	67	59	60	65	70	72	65	759	46.2
5 ans sec	36	27	26	25	51	31	35	38	27	35	39	40	649	39.5
10 ans sec	28	20	10	15	42	25	30	28	17	24	32	29	554	33.7
CF 2													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	91	75	87	116	124	111	111	124	128	119	116	92	911	5.2
5 ans humide	78	71	75	71	109	92	84	94	110	108	92	82	872	4.9
Moyenne	56	49	52	57	83	65	62	67	67	75	72	59	764	4.3
5 ans sec	33	25	24	24	53	35	39	41	32	33	41	31	658	3.7
10 ans sec	24	18	15	14	39	27	30	34	18	28	35	28	599	3.4
B1													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	98	77	90	114	130	114	107	119	122	119	113	92	933	52.0
5 ans humide	84	72	78	74	101	90	85	90	105	109	96	86	871	48.6
Moyenne	59	51	53	56	84	66	61	67	66	75	73	61	772	43.0
5 ans sec	32	23	23	22	53	35	35	42	28	33	41	33	651	36.3
10 ans sec	25	20	11	16	47	27	29	36	18	30	36	26	589	32.9
B2													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	95	77	89	120	127	108	124	119	126	122	117	96	936	19.0
5 ans humide	80	72	77	73	102	91	80	93	108	114	93	81	884	18.0
Moyenne	58	51	54	58	81	65	62	66	67	77	74	62	773	15.7
5 ans sec	31	27	27	27	51	33	38	39	32	34	43	34	647	13.2
10 ans sec	27	21	15	15	36	28	24	34	18	31	35	30	607	12.3
NP													V (Mm3/an)	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc		Annuel
10 ans humide	97	80	90	110	133	117	107	131	123	119	112	89	898	14.5
5 ans humide	81	72	73	71	120	89	85	89	108	109	98	80	864	13.9
Moyenne	57	49	51	54	87	67	62	67	66	73	72	59	766	12.3
5 ans sec	32	22	22	21	55	36	39	38	29	33	40	33	653	10.5
10 ans sec	22	18	11	14	48	26	32	35	19	26	35	25	584	9.4

V = Volume précipité sur le bassin

NB : Les précipitation neigeuses, si elles sont importantes, peuvent perturber le fonctionnement d'un modèle Pluie-Débit. En effet, les précipitations tombées sous forme de neige ne donnent pas lieu à un écoulement immédiat mais à un écoulement différé et lent, au moment de la fonte des neiges (diminué de la partie du manteau neigeux perdu par sublimation ou infiltration). Cependant, la totalité du bassin de la Vouge se situe en dessous de 600 m d'altitude et est peu concerné par de fortes chutes de neiges. Le caractère neigeux des précipitations a donc pu être négligé dans la présente étude.

2.3 PRÉSENTATION ET ANALYSE DE L'ETP SUR LE BASSIN VERSANT

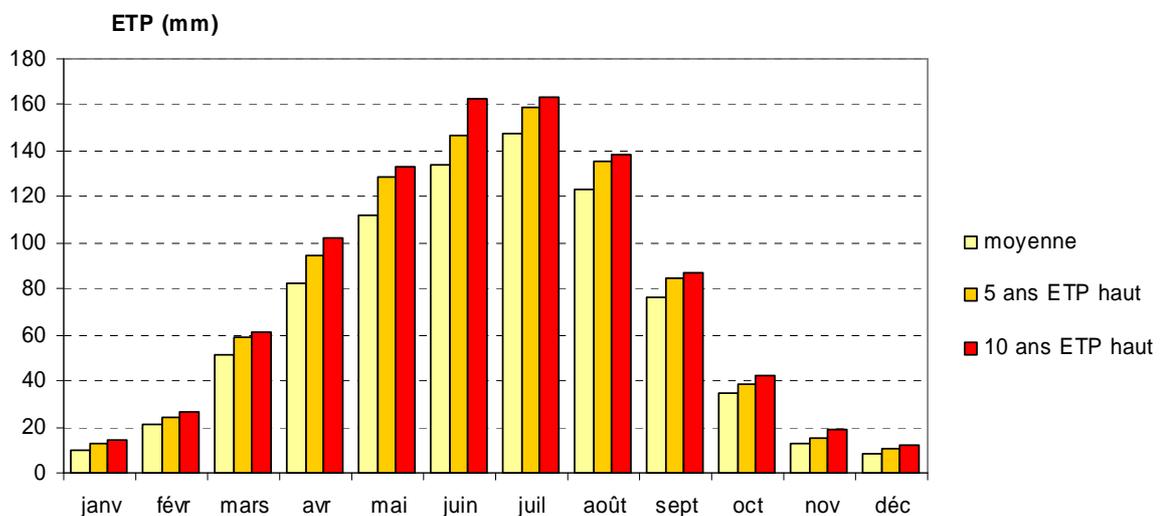
Comme vu précédemment, par manque de station MétéoFrance calculant l'ETP, la station de Dijon Longvic est utilisée pour l'ensemble du bassin.

L'ETP du bassin est présentée dans le Tableau 5 et le graphe ci-après.

Tableau 5 : Statistique sur l'ETP depuis 1970 sur le bassin de la Vouge

en mm	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	total
10 ans ETP haut	14	27	61	102	133	163	163	138	87	42	19	12	963
5 ans ETP haut	13	24	59	95	129	146	159	135	84	38	15	10	908
moyenne	10	21	52	82	112	134	148	123	76	35	13	8	814
5 ans ETP bas	7	17	46	71	100	122	135	111	69	31	10	6	725
10 ans ETP bas	6	15	42	67	91	114	129	109	63	30	8	4	678

Figure 3 : ETP mensuelle sur le bassin de la Vouge (source : MétéoFrance, Station de Dijon-Longvic)



Précipitation et évapotranspiration de référence sont des données d'entrée du modèle GR2M utilisé pour la modélisation des débits (voir 4.2.1).

3. ANALYSE DES DONNÉES DÉBITOMÉTRIQUES DISPONIBLES

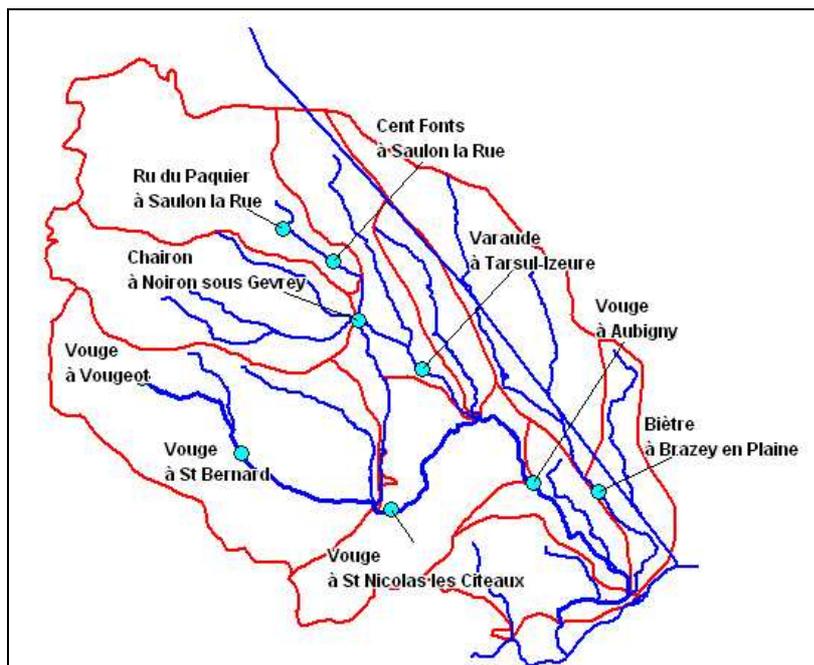
La donnée hydrométrique est une base fondamentale dans une étude de volumes prélevables. Ce paragraphe présente les données disponibles, ainsi qu'une analyse de leur qualité. Cette analyse s'est basée sur :

- ▶ le recueil et la mise en forme des données hydrométriques depuis la banque Hydro,
- ▶ une rencontre avec le responsable du suivi des stations hydrométriques à la DREAL (compte rendu en annexe),
- ▶ des visites sur site des stations afin de juger de la qualité hydraulique des stations (stabilité du lit, influence aval...),
- ▶ une analyse des courbes de tarages des stations.

3.1 STATIONS HYDROLOGIQUES EN PLACE

Sur le bassin versant de la Vouge, les données de 9 stations sont disponibles dans la Banque HYDRO (base de données du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, www.hydro.eaufrance.fr). Ces 9 stations sont indiquées sur la [Figure 4](#) suivante.

Figure 4 : Stations de mesure de la Banque HYDRO



Parmi ces stations, 2 ont moins de trois années de mesures et sont difficilement utilisables. Les caractéristiques de l'ensemble des stations sont rappelées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Liste des stations hydrométriques du bassin versant

Nom Station	Code Station	X	Y	Date début	Date fin	nb d'années complètes de mesures
Vouge à Vougeot	U1415010	798870	2245425	06/01/1995	03/03/1997	1
Vouge à St Bernard	U1415020	803102	2242272	06/01/1995	31/12/2002	6
Vouge à Saint-Nicolas-lès-Cîteaux	U1415030	809519	2239896	06/01/1995		11
Vouge à Aubigny	U1415040	815592	2241076	31/08/1992		17
Cent Fonts à Saulon-la-Rue	U1415410	806980	2250498	01/01/1981		29
Ru du Paquier à Saulon la Rue	U1415510	804819	2251922	06/01/1999	18/11/2001	1
Chairon à Noiron sous Gevrey	U1415810	808067	2248012	06/01/1995	19/11/2002	6
Vauraude à Tarsul-Izeure	U1416010	810813	2245904	05/01/1995		9
Bièvre à Brazey en Plaine	U1416410	818395	2240713	06/01/1995		10

Les chroniques de données disponibles au niveau des stations sont généralement courtes (seules deux stations ont plus de 15 années de chroniques journalières, aucune ne dépasse 30 ans). Leur caractéristiques et leurs précisions sont analysées dans les paragraphes suivants.

Sur le site hydro.eaufrance, une appréciation des données fournies et de leur fiabilité est proposée. Celle-ci est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Fiabilité de stations hydrométriques disponibles (source <http://www.hydro.eaufrance.fr>)

Nom Station	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Vouge à Vougeot														xxx	xxx															
Vouge à St Bernard														xxx						xxx	xxx									
Vouge à Saint-Nicolas																				xxx	xxx	xxx						xxx		xxx
Vouge à Aubigny												xxx																		xxx
Cent Fonts à Saulon-la-Rue																														xxx
Ru du Paquier à Saulon la Rue																		xxx		xxx										xxx
Chairon à Noiron sous Gevrey														xxx							xxx									
Vauraude à Tarsul-Izeure											xxx		xxx								xxx									xxx
Bièvre à Brazey en Plaine											xxx											xxx				xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

Qualité des résultats : ■ provisoires ■ invalidés ■ validés bons ■ validés douteux xxx année incomplète qualité inconnue

3.2 ANALYSE DE LA PRÉCISION DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Plusieurs éléments déterminent l'imprécision finale d'une station :

- ▶ la sensibilité de la mesure due à l'appareillage (précision de l'appareil en situation réelle) ;
- ▶ la représentativité de la courbe de tarage (comparaison du nuage de points de jaugeage avec le domaine de mesures exploité) ;
- ▶ la qualité du site de mesure pour la gamme de débit considérée.

Ces différents facteurs ont été analysés à partir du logiciel BAREME et de la base de données associée. Le personnel de la DREAL en charge du suivi des stations hydrométrique a également été rencontré et a apporté des éléments sur l'évaluation des stations (voir compte rendu d'entretien en annexe).

3.2.1 Sensibilité de mesure

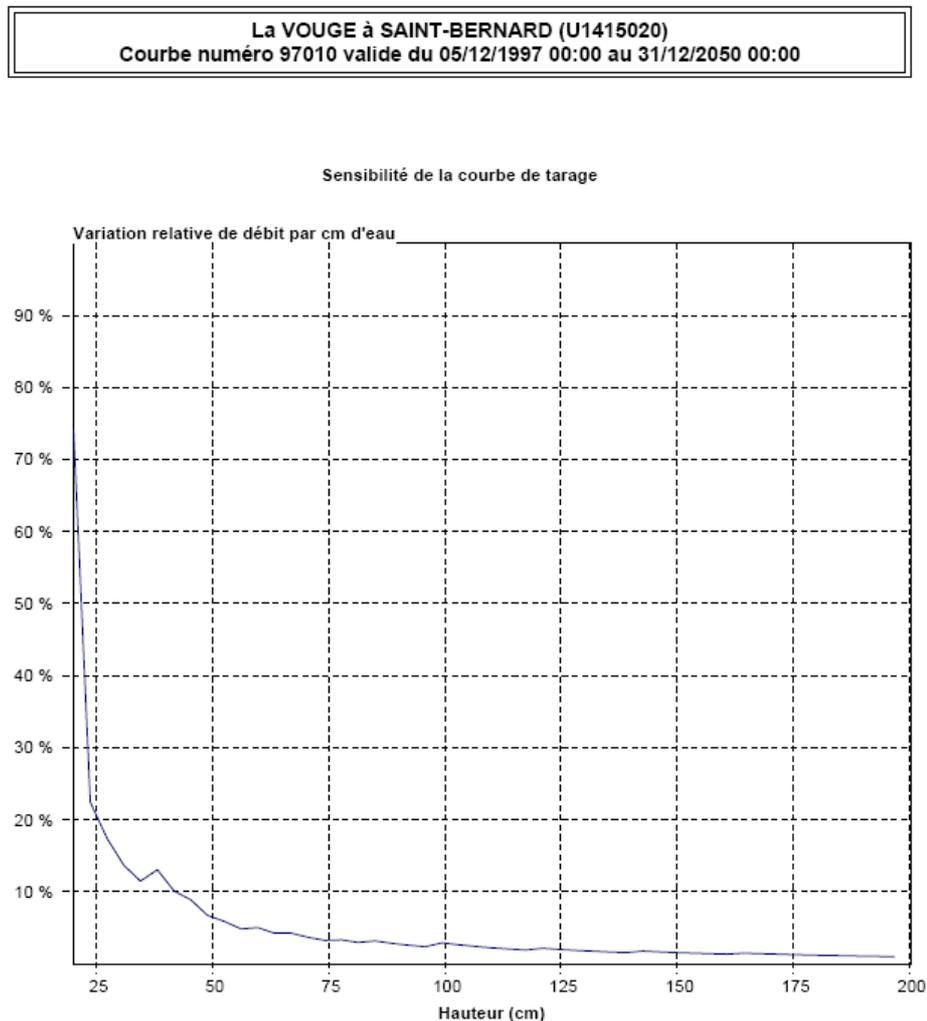
La sensibilité de la mesure peut être estimée à partir des courbes de tarage en analysant la variation de débit (ΔQ) pour une variation du niveau d'eau (Δh), données par la courbe de tarage.

Une variation Δh de 1 cm est souvent considérée comme la précision de la mesure de hauteur sur site.² Le calcul $\Delta Q/Q$ pour $\Delta h=1$ cm donne la sensibilité de la mesure, sans unité (souvent exprimée en %).

La précision augmente généralement quand le débit augmente.

Le travail type sur les stations est illustré par la station de Saint Bernard.

Figure 5 : Sensibilité de la station sur la Vouge à Saint-Bernard (export BAREME)



La station de Saint-Bernard est un exemple de station ayant une sensibilité relativement bonne : à partir de 38 cm d'eau, qui correspond à un débit de 140 l/s, une variation de lecture de 1 cm de la hauteur d'eau fait varier le débit de 10%. Seuls les débits de moins de 20 l/s ($H=25$ cm) sont mesurés avec une imprécision supérieure à 20% (une variation de lecture de 1 cm provoque une variation de 20% du débit correspondant).

² 1cm est la marge d'erreur couramment considérée pour une lecture par un opérateur. Les capteurs automatiques peuvent avoir une précision plus importante, de l'ordre du mm.

La station la plus sensible est celle de la Varaude à Tarsul-Izeure : une variation de lecture de 1 cm provoque une variation sur les débits de plus de 20 % pour l'ensemble des débits inférieurs à 170 l/s. Seuls les débits supérieurs à 940 l/s sont mesurés avec moins de 10% d'incertitude.

Les sensibilités de l'ensemble des stations pour lesquelles la base de données BAREME est disponible sont rappelées dans le Tableau 8 présenté plus bas.

3.2.2 Représentativité de la courbe de tarage

Une fois les données de hauteurs d'eau mesurées au niveau de la station, la courbe de tarage (courbe $Q=f(H)$) permet de calculer les débits transitant dans le cours d'eau. Cette courbe est établie à partir de différentes campagnes de jaugeages. Des corrections peuvent être établies par les gestionnaires pour pallier des détarages saisonniers liés par exemple à la croissance de la végétations en période estivale. Des courbes provisoires d'été sont également utilisées. Lorsqu'une valeur de jaugeages semble aberrante soit elle est exclue de l'analyse, soit une contremesure est réalisée.

La représentativité de la courbe de tarage peut être analysée à travers le nuage de points de jaugeage qui a servi à la réaliser : moins ce nuage est important ou plus il est dispersé, plus la courbe de tarage risque d'être imprécise. La dispersion des jaugeages dans le temps permet de détecter un éventuel détarage de la station.

Figure 6 : Courbe de tarage et dispersion des jaugeages pour la station de Saint Bernard
(Exports logiciel BAREME)

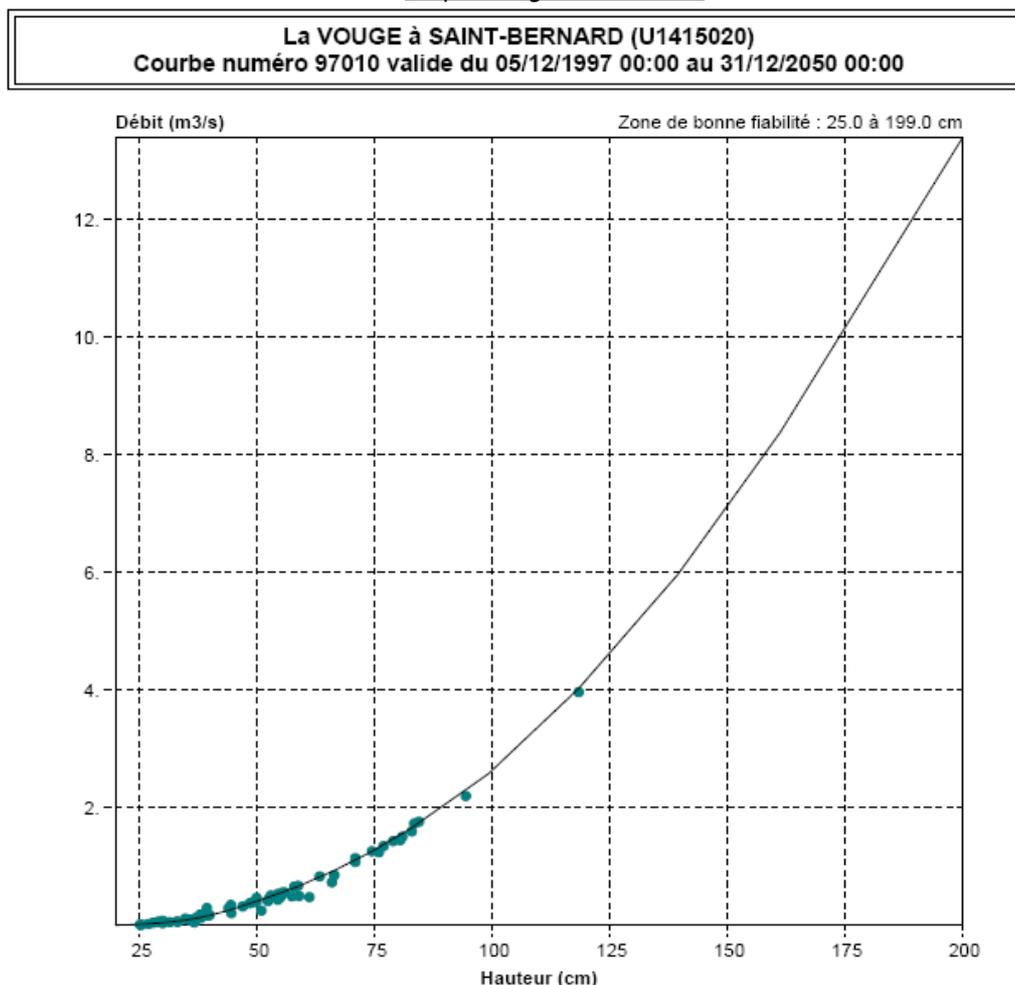
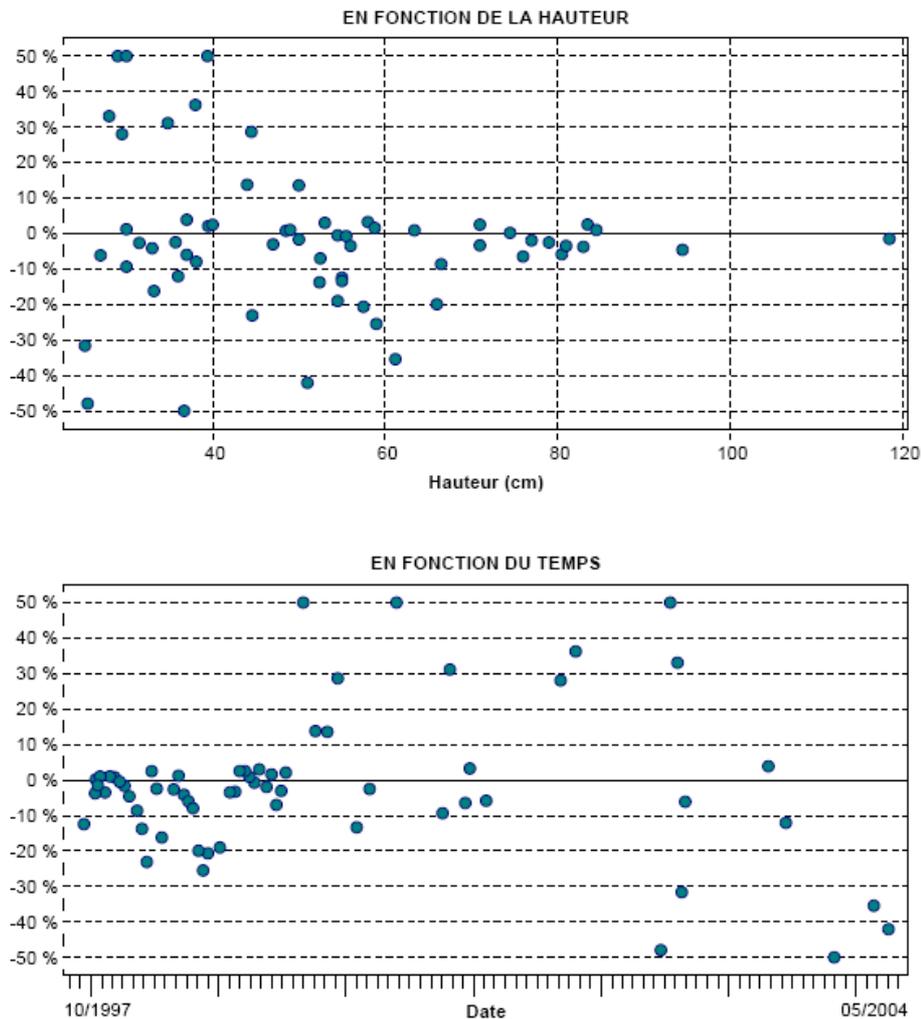


Figure 7: Dispersion des jaugeages sur la Vouge à Saint Bernard
(étude du rapport $[Q_{\text{jauge}} - Q_{\text{courbe}}] / Q_{\text{courbe}}$)



Sur la figure ci-dessus il apparaît que les jaugeages de la Vouge à la station de Saint Bernard sont dispersés pour les faibles débits. Ils montrent des variations de +/- 50 % par rapport à la courbe de tarage. Dans l'idéal, la courbe de tarage doit être bijective (à une hauteur ne correspond qu'un débit et vice versa). Ici, cette dispersion signifie que le débit mesuré peut être 50 % inférieur ou supérieur au débit qui passe réellement à la même hauteur d'eau. L'augmentation de la dispersion en fonction du temps s'explique par la réalisation de jaugeages à faibles débits au cours des années les plus récentes.

3.2.3 Qualité du site de la mesure

Le troisième axe d'analyse de la précision est l'analyse du site de mesure lui-même. Un site sur substrat rocheux et bien encaissé sera préférable à un lit large, caillouteux et instable. D'une part parce que la courbe de tarage variera moins au cours du temps, d'autre part parce qu'une variation de 1 cm aboutira à une erreur sur le débit moins importante (déjà analysé plus haut).

3.2.4 Tableau de synthèse

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques de chaque station.

Tableau 8 : Caractéristiques des principales stations hydrométriques du bassin versant

Nom Station	Code Station	Données BAREME disponibles	Surface du BV contrôlé	Sensibilité		Dispersion des jaugeages	Remarque/particularité	Organisme en charge de la station
				$\Delta Q/Q < 10\%$ pour	$\Delta Q/Q < 20\%$ pour			
Vouge à Vougeot	U1415010	Non	40 km ²	-	-	-	Abandonnée, manipulations intempestives par des riverains d'un système de vanne qui influence le débit à la station	station fermée
Vouge à St Bernard	U1415020	Oui	70 km ²	H=38 cm / Q=140 l/s	H=25 cm / Q=20 l/s	+/- 50%	Une bonne station qui a été abandonnée faute de personnel disponible pour assurer son entretien	station fermée
Vouge à St-Nicolas-lès-Cîteaux	U1415030	Oui	108 km ²	H=51 cm / Q=350 l/s	H=35 cm / Q=10 l/s	+/- 20%	Données fiables selon l'avis de la DREAL	DREAL
Vouge à Aubigny	U1415040	Oui	312 km ²	H=26 cm / Q=1584 l/s	H=22 cm / Q=940 l/s	+40/- 60%	La station est sujete à des atterrissements et demande beaucoup d'entretien. A terme, la station sur la Vouge à St Nicolas sera conservée en remplacement de cette station.	DREAL
Cent Fonts à Saulon-la-Rue	U1415410	Oui	52 km ²	H=42 cm / Q=730 l/s	H=25 cm / Q=80 l/s	+20/- 5%		DREAL
Ru du Paquier à Saulon la Rue	U1415510	Oui	45 km ²	H=21 cm / Q=145 l/s	H=11 cm / Q=40 l/s	+20/-50%	Peu de jaugeages, détarrage en fin de période d'exploitation. Station provisoire mise en place pour le suivi qualité	station fermée
Chairon à Noiron sous Gevrey	U1415810	Oui	71 km ²	H=30 cm / Q=400 l/s	H=15 cm / Q=35 l/s	+/- 30% depuis 1999	Données fiables selon l'avis de la DREAL	station fermée
Varaude à Tarsul-Izeure	U1416010	Oui	87 km ² + apports de la Cent Fonts	H=25 cm / Q=940 l/s	H=13 cm / Q=170 l/s	+/- 30%	Données fiables selon l'avis de la DREAL	SBV
Bièvre à Brazey en Plaine	U1416410	Oui	68 km ²	H=10 cm / Q=60 l/s sauf H=29 à 36 (Q=240 à 590 l/s) où $\Delta Q/Q < 15\%$	H=5 cm / Q=30 l/s	+/- 50%	La station est envahie par les herbes en été. En conséquence des jaugeages sont effectués fréquemment et permettent une correction des débits disponibles sur la banque hydro	SBV

Si on compare la sensibilité des stations aux gammes de débits qui y sont mesurées (voir plus bas la description et les débits caractéristiques des stations), on note les points suivants :

- ▶ Pour les gammes de débits mesurés sur la Bièvre à Brazey, on arrive à une imprécision faible, inférieure à 10% tout au long de l'année. (La marge d'erreur couramment admise sur une mesure est de 10%)
- ▶ Pour les stations de Saint Nicolas et Saint Bernard, on arrive hors période d'étiage à une imprécision de 10%. En période d'étiage (aout/septembre), l'incertitude est comprise entre 10 et 20%.
- ▶ L'imprécision sur la Cent Fonts est entre 10 et 20% tout au long de l'année.
- ▶ L'approximation faite sur les débits mesurés sur la Varaude à Tarsul ainsi que sur la Vouge à Aubigny est plus importante. Pour plus de la moitié de l'année, les débits sont mesurés avec une incertitude de plus de 10%, en période d'étiage pour les années les plus sèches cette incertitude dépasse 20%.

3.3 ANALYSE DES DÉBITS MESURÉS AUX STATIONS

Les analyses statistiques des données hydrométriques mesurées aux stations sont présentées pour chaque station dans les paragraphes ci-dessous. Un schéma de synthèse des principaux indicateurs est ensuite présenté.

NB : Les données de la Vouge à Vougeot et du Ru du Paquier n'ont pas été analysées étant donné que ces deux stations ne présentaient pas plus de 1 à 2 années complètes de mesures et qu'elles n'interviennent pas dans le calcul de la ressource au niveau des sous bassins.

3.3.1 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Vouge à Saint-Bernard

Pour la station de la Vouge à Saint-Bernard, seules ont été considérées 5 années de mesure de débit entre 1996 et 2000, en raison de la fréquence de mesure élevée pour cette période. Des mesures plus sporadiques sont disponibles pour les années 1995, 2001 et 2002.

NB : les quantiles de temps de retour 5 ans présentés ci-dessous ont peu de signification statistique étant donné la taille très réduite de l'échantillon (5 années).

Analyse statistique sur la période du 01/01/1996 au 31/12/2000

Cours d'eau : **Vouge à Saint Bernard**

Station : **U1415020**

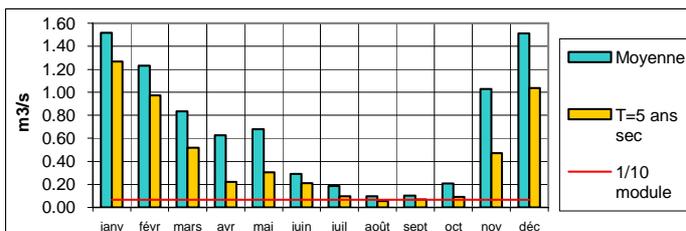
superficie contrôlée : **70 km²**

Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	1.52	1.23	0.83	0.63	0.68	0.29	0.19	0.10	0.10	0.21	1.03	1.51	0.66	9	0.066	0.033
T=5 ans sec	1.27	0.97	0.52	0.22	0.30	0.21	0.10	0.06	0.07	0.09	0.47	1.04	0.59	8		
T=2 ans	1.29	1.19	0.73	0.60	0.76	0.24	0.18	0.08	0.11	0.14	0.54	1.53	0.63	9		
T= 5 ans humide	1.61	1.57	1.04	0.79	0.97	0.39	0.25	0.12	0.12	0.31	1.76	2.02	0.72	10		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne	0.069	1.0	0.063	0.9	0.063	0.9
T=5 ans sec	0.056	0.8	0.051	0.7	0.051	0.7
T=2 ans	0.069	1.0	0.063	0.9	0.063	0.9
T= 5 ans humide	0.081	1.2	0.070	1.0	0.070	1.0



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	4.06	2.98	2.23	1.62	1.82	0.75	0.50	0.26	0.27	0.56	2.66	4.05	20.8	1.77
T=5 ans sec	3.39	2.35	1.39	0.58	0.82	0.55	0.26	0.15	0.18	0.24	1.23	2.77	18.6	1.13
T=2 ans	3.45	2.87	1.95	1.55	2.03	0.63	0.48	0.21	0.27	0.37	1.39	4.08	19.9	1.59
T= 5 ans humide	4.32	3.81	2.79	2.04	2.59	1.01	0.67	0.32	0.31	0.83	4.57	5.41	22.8	2.31

Le tableau ci-dessous donne par année et par mois le nombre de jours pour lesquels une valeur de débit a été enregistrée.

	Nombre de jours												TOTAL
	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	
1995							21	16	20	27	16	18	118
1996	19	21	7	13	21	30	29	31	30	31	23	22	277
1997	29	27	24	30	28	24	27	25	28	31	28	20	321
1998	23	22	28	25	25	30	31	31	30	29	29	21	324
1999	27	23	20	27	27	28	31	28	22	26	27	26	312
2000	16	22	27	27	22	21	25	18	24	25	25	25	277
2001	22	18	12						18	27	20	21	138
2002	18	19	9	6	7	11	16	18	9	20			133
TOTAL	154	152	127	128	130	144	180	167	181	216	168	153	1900

3.3.2 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Vouge à Saint-Nicolas-les-Cîteaux

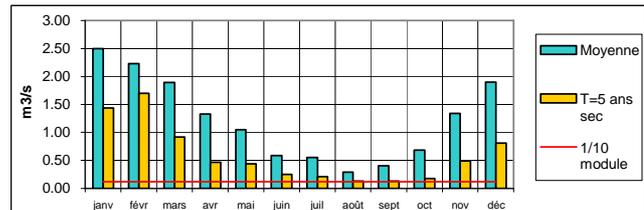
Analyse statistique sur la période **09/1992 à 02/2003 puis 06/2008 à 07/2010** (11 années complètes de mesure)

Cours d'eau : **La Vouge à Saint Nicolas**
 Station : **U1415030** superficie contrôlée : **109 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m³/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	2.50	2.23	1.89	1.33	1.05	0.59	0.55	0.29	0.40	0.68	1.34	1.90	1.19	11	0.119	0.059
T=10 ans sec	1.19	1.00	0.79	0.42	0.36	0.21	0.18	0.11	0.11	0.08	0.40	0.75	0.77	7		
T=5 ans sec	1.43	1.70	0.92	0.46	0.44	0.25	0.21	0.13	0.13	0.18	0.49	0.81	1.05	10		
T=2 ans	2.10	2.12	1.28	1.40	0.68	0.36	0.26	0.23	0.24	0.38	0.77	2.08	1.19	11		
T= 5 ans humide	3.16	3.04	2.47	1.89	1.84	0.75	0.54	0.26	0.40	0.66	2.66	2.63	1.39	13		
T=10 ans humide	3.79	3.10	2.54	2.03	2.00	1.35	1.37	0.31	0.45	1.07	2.98	3.10	1.44	13		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne (m ³ /s)	0.245	2.3	0.120	1.1	0.159	1.5
T=10 ans sec (m ³ /s)	0.079	0.7	0.051	0.5	0.076	0.7
T=5 ans sec (m ³ /s)	0.105	1.0	0.073	0.7	0.102	0.9
T=2 ans (m ³ /s)	0.228	2.1	0.102	0.9	0.149	1.4
T= 5 ans humide (m ³ /s)	0.261	2.4	0.174	1.6	0.223	2.0
T=10 ans humide (m ³ /s)	0.264	2.4	0.190	1.7	0.232	2.1



Apport en Mm³

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	6.70	5.40	5.07	3.44	2.81	1.52	1.48	0.78	1.04	1.83	3.47	5.08	37.4	4.81
T=10 ans sec	3.20	2.42	2.11	1.10	0.97	0.54	0.48	0.28	0.29	0.22	1.04	2.02	24.3	1.60
T=5 ans sec	3.84	4.10	2.45	1.20	1.18	0.64	0.56	0.35	0.33	0.47	1.27	2.16	33.2	1.89
T=2 ans	5.62	5.14	3.41	3.63	1.82	0.93	0.71	0.61	0.62	1.02	2.00	5.56	37.6	2.86
T= 5 ans humide	8.47	7.35	6.61	4.90	4.92	1.94	1.44	0.71	1.03	1.76	6.90	7.05	43.8	5.11
T=10 ans humide	10.14	7.50	6.81	5.26	5.36	3.49	3.66	0.84	1.16	2.86	7.73	8.31	45.5	9.15

Le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur la période 1996-2000, seule période commune à l'ensemble des stations de mesure.

Analyse statistique sur la période **01/1996-12/2000**

Cours d'eau : **La Vouge à Saint Nicolas**
 Station : **U1415030** superficie contrôlée : **109 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m³/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	2.37	2.12	1.41	1.35	1.15	0.45	0.24	0.15	0.17	0.32	1.63	2.40	1.14	10	0.114	0.057
T=5 ans sec	1.88	1.50	0.92	0.41	0.66	0.26	0.19	0.12	0.12	0.10	0.75	1.80	1.05	10		
T=2 ans	2.10	2.12	0.95	0.99	1.04	0.31	0.22	0.13	0.15	0.26	0.81	2.15	1.18	11		
T= 5 ans humide	2.59	2.93	1.99	2.04	1.68	0.65	0.26	0.17	0.24	0.46	2.92	3.25	1.24	11		

3.3.3 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Vouge à Aubigny

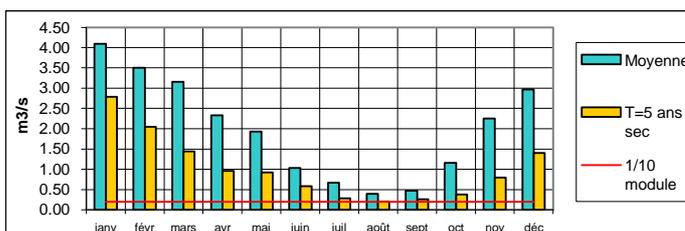
Analyse statistique sur la période 09/1992-06/2010 (17 années de mesure)

Cours d'eau : **La Vouge à Aubigny**
 Station : **U1415040** superficie contrôlée : **312 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	4.09	3.50	3.16	2.33	1.93	1.03	0.68	0.40	0.47	1.15	2.25	2.97	1.98	6	0.198	0.099
T=10 ans sec	1.68	1.70	1.21	0.91	0.70	0.49	0.25	0.17	0.23	0.35	0.72	1.25	1.23	4		
T=5 ans sec	2.79	2.05	1.45	0.96	0.92	0.58	0.29	0.21	0.26	0.38	0.79	1.40	1.51	5		
T=2 ans	3.25	3.41	2.31	2.06	1.40	0.70	0.53	0.36	0.44	0.66	1.45	2.83	2.16	7		
T= 5 ans humide	5.05	4.86	3.81	3.27	2.77	1.31	0.69	0.50	0.56	1.31	4.10	4.22	2.40	8		
T=10 ans humide	6.60	5.63	5.71	4.22	4.23	2.22	0.96	0.66	0.88	1.53	4.73	5.11	2.57	8		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.369	1.2	0.222	0.7	0.322	1.0
T=10 ans sec (m3/s)	0.163	0.5	0.115	0.4	0.146	0.5
T=5 ans sec (m3/s)	0.181	0.6	0.136	0.4	0.179	0.6
T=2 ans (m3/s)	0.323	1.0	0.199	0.6	0.314	1.0
T= 5 ans humide (m3/s)	0.505	1.6	0.305	1.0	0.449	1.4
T=10 ans humide (m3/s)	0.557	1.8	0.380	1.2	0.499	1.6



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	10.96	8.48	8.46	6.05	5.17	2.67	1.81	1.06	1.22	3.09	5.84	7.96	62.4	6.77
T=10 ans sec	4.50	4.12	3.23	2.36	1.89	1.28	0.68	0.45	0.58	0.94	1.86	3.34	38.7	2.99
T=5 ans sec	7.47	4.95	3.87	2.50	2.47	1.51	0.77	0.56	0.68	1.02	2.06	3.76	47.5	3.52
T=2 ans	8.70	8.24	6.19	5.33	3.76	1.82	1.41	0.96	1.13	1.77	3.75	7.58	68.1	5.33
T= 5 ans humide	13.52	11.77	10.21	8.48	7.41	3.39	1.85	1.34	1.46	3.50	10.63	11.29	75.8	8.05
T=10 ans humide	17.68	13.63	15.29	10.93	11.33	5.74	2.58	1.76	2.29	4.10	12.27	13.69	81.2	12.37

Le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur la période 1996-2000, seule période commune à l'ensemble des stations de mesure.

Analyse statistique sur la période 01/1996-12/2000

Cours d'eau : **La Vouge à Aubigny**
 Station : **U1415040** superficie contrôlée : **312 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	4.42	3.70	2.62	2.42	2.58	1.00	0.51	0.30	0.39	0.62	3.08	4.06	2.16	6.9	0.216	0.108
T=5 ans sec	3.67	3.14	1.79	0.97	1.76	0.64	0.44	0.23	0.30	0.43	1.50	2.45	1.94	6.2		
T=2 ans	3.94	3.51	2.10	1.74	2.73	0.69	0.53	0.33	0.39	0.48	1.54	4.03	2.25	7.2		
T= 5 ans humide	4.83	4.76	3.58	3.66	3.11	1.21	0.62	0.37	0.48	0.79	5.19	5.71	2.38	7.6		

3.3.4 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Bièvre à Brazey en Plaine

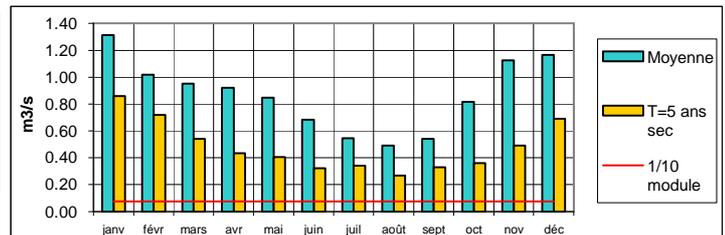
Analyse statistique sur la période de 09/1992 à 10/2003 puis 01/2008 à 07/2010 (10 années complètes de mesure)

Cours d'eau : **La Bièvre**
 Station : **U1416410** superficie contrôlée : **59 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	1.31	1.02	0.95	0.92	0.85	0.68	0.55	0.49	0.54	0.82	1.13	1.17	0.75	13	0.075	0.037
T=10 ans sec	0.69	0.63	0.46	0.37	0.39	0.28	0.27	0.20	0.27	0.31	0.47	0.58	0.55	9		
T=5 ans sec	0.86	0.72	0.54	0.43	0.41	0.32	0.34	0.27	0.33	0.36	0.49	0.69	0.61	10		
T=2 ans	1.11	1.00	0.70	0.80	0.62	0.59	0.41	0.35	0.39	0.67	0.88	1.11	0.70	12		
T= 5 ans humide	1.55	1.28	1.40	1.21	1.22	0.77	0.70	0.56	0.66	1.27	1.79	1.45	0.95	16		
T=10 ans humide	2.03	1.41	1.79	1.43	1.43	1.32	0.94	0.94	1.11	1.48	2.03	1.54	0.97	16		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.452	2.4	0.300	5.1	0.344	5.8
T=10 ans sec (m3/s)	0.215	0.0	0.172	2.9	0.193	3.3
T=5 ans sec (m3/s)	0.271	4.6	0.194	3.3	0.232	3.9
T=2 ans (m3/s)	0.343	5.8	0.311	5.3	0.328	5.6
T= 5 ans humide (m3/s)	0.450	7.6	0.360	6.1	0.407	6.9
T=10 ans humide (m3/s)	0.815	13.8	0.421	7.1	0.468	7.9



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	3.52	2.46	2.55	2.39	2.27	1.77	1.46	1.31	1.40	2.19	2.92	3.12	23.6	5.95
T=10 ans sec	1.84	1.53	1.24	0.96	1.04	0.73	0.71	0.55	0.70	0.82	1.21	1.57	17.5	2.69
T=5 ans sec	2.30	1.74	1.45	1.12	1.09	0.83	0.91	0.72	0.86	0.97	1.27	1.85	19.4	3.32
T=2 ans	2.98	2.42	1.87	2.07	1.67	1.53	1.09	0.95	1.02	1.80	2.28	2.99	21.9	4.60
T= 5 ans humide	4.14	3.09	3.76	3.14	3.28	1.99	1.87	1.50	1.70	3.41	4.63	3.88	29.8	7.07
T=10 ans humide	5.44	3.41	4.79	3.71	3.82	3.43	2.52	2.52	2.88	3.97	5.25	4.12	30.7	11.35

Le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur la période 1996-2000, seule période commune à l'ensemble des stations de mesure.

Analyse statistique sur la période 01/1996-12/2000

Cours d'eau : **La Bièvre à Brazey en Plaine**
 Station : **U1416410** superficie contrôlée : **59 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	1.21	0.91	0.73	0.70	0.74	0.42	0.33	0.26	0.31	0.60	1.37	1.36	0.75	12.7	0.075	0.038
T=5 ans sec	1.00	0.73	0.52	0.34	0.53	0.27	0.22	0.19	0.24	0.28	0.73	0.97	0.55	9.4		
T=2 ans	1.11	0.95	0.54	0.57	0.69	0.29	0.34	0.25	0.32	0.46	1.64	1.20	0.63	10.7		
T= 5 ans humide	1.52	1.08	0.89	1.02	0.91	0.65	0.39	0.32	0.38	0.86	1.87	1.53	0.98	16.7		

3.3.5 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Varaude à Tarsul-Izeure

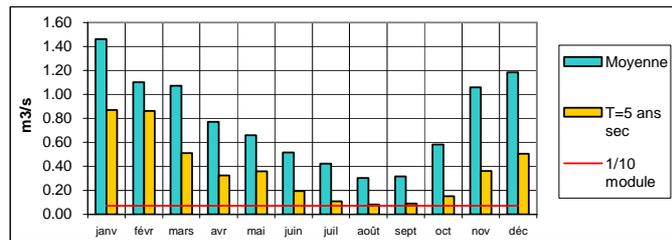
Analyse statistique sur la période 09/1992 à 10/2003 puis 2010 (9 années de mesure)

Cours d'eau : **La Varaude à Izeure**
 Station : **U1416010** superficie contrôlée : **87 km² + apports de la Cent Fonts**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	1.46	1.10	1.07	0.77	0.66	0.52	0.42	0.30	0.32	0.58	1.06	1.19	0.70	5	0.070	0.035
T=5 ans sec	0.87	0.86	0.51	0.32	0.36	0.20	0.11	0.08	0.09	0.15	0.36	0.51	0.56	4		
T=2 ans	1.25	1.09	0.69	0.48	0.46	0.29	0.21	0.13	0.14	0.22	0.65	1.24	0.70	5		
T= 5 ans humide	1.87	1.40	1.12	1.15	0.88	0.69	0.47	0.17	0.25	0.56	1.96	1.76	0.76	5		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.260	1.8	0.081	0.5	0.112	0.8
T=5 ans sec (m3/s)	0.067	0.5	0.035	0.2	0.063	0.4
T=2 ans (m3/s)	0.135	0.9	0.081	0.5	0.109	0.7
T= 5 ans humide (m3/s)	0.184	1.2	0.108	0.7	0.132	0.9



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	3.91	2.67	2.87	2.00	1.77	1.34	1.13	0.81	0.82	1.56	2.75	3.17	22.0	4.11
T=5 ans sec	2.33	2.09	1.37	0.84	0.96	0.51	0.29	0.22	0.24	0.41	0.94	1.35	17.5	1.25
T=2 ans	3.34	2.64	1.85	1.24	1.24	0.76	0.56	0.36	0.36	0.58	1.68	3.32	22.1	2.03
T= 5 ans humide	5.01	3.40	3.01	2.97	2.35	1.80	1.25	0.45	0.64	1.49	5.08	4.70	23.8	4.14

Seulement 9 années de mesures sont disponibles pour la station de Tarsul. Les débits décennaux n'ont donc pas été calculés.

Le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur la période 1996-2000, seule période commune à l'ensemble des stations de mesure.

Analyse statistique sur la période 01/1996-12/2000

Cours d'eau : **La Varaude à Tarsul Izeure**
 Station : **U1416010** superficie contrôlée : **87 km² + apports de la Cent Fonts**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	1.31	1.06	0.72	0.61	0.59	0.31	0.18	0.11	0.13	0.23	1.03	1.25	0.62	4.2	0.062	0.031
T=5 ans sec	1.00	0.95	0.50	0.30	0.45	0.24	0.14	0.08	0.08	0.09	0.36	0.91	0.53	3.6		
T=2 ans	1.16	1.09	0.65	0.48	0.55	0.29	0.21	0.08	0.12	0.18	0.65	1.24	0.66	4.5		
T= 5 ans humide	1.45	1.25	0.93	0.89	0.71	0.34	0.24	0.15	0.16	0.29	1.87	1.76	0.71	4.8		



3.3.6 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur la Cent Fonts à Saulon-la-Rue

Analyse statistique sur la période **01/1981 à 06/2010** (29 années de mesure)

Cours d'eau : **La Cent Fonts à Saulon la Rue**

Station : **U1415410**

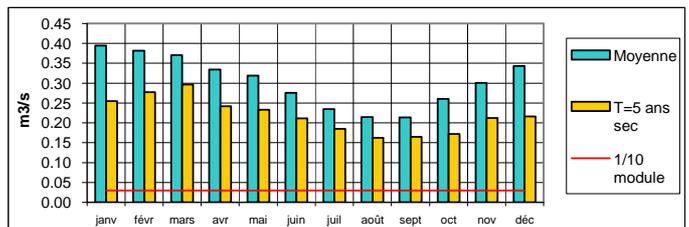
superficie contrôlée : **52 km²**

Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	0.39	0.38	0.37	0.33	0.32	0.28	0.23	0.21	0.21	0.26	0.30	0.34	0.30	6	0.030	0.015
T=5 ans sec	0.25	0.28	0.30	0.24	0.23	0.21	0.19	0.16	0.16	0.17	0.21	0.22	0.24	5		
T=2 ans	0.33	0.37	0.33	0.33	0.27	0.25	0.21	0.20	0.20	0.23	0.26	0.28	0.29	6		
T= 5 ans humide	0.46	0.46	0.44	0.45	0.39	0.32	0.26	0.25	0.23	0.29	0.37	0.44	0.33	6		
T=10 ans humide	0.54	0.48	0.52	0.49	0.43	0.39	0.32	0.27	0.26	0.37	0.50	0.61	0.41	8		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.192	3.7	0.173	3.4	0.180	3.5
T=10 ans sec (m3/s)	0.133	2.6	0.116	2.2	0.130	2.5
T=5 ans sec (m3/s)	0.159	3.1	0.151	2.9	0.155	3.0
T=2 ans (m3/s)	0.194	3.8	0.176	3.4	0.181	3.5
T= 5 ans humide (m3/s)	0.226	4.4	0.205	4.0	0.216	4.2
T=10 ans humide (m3/s)	0.251	4.9	0.214	4.2	0.232	4.5



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	1.06	0.92	0.99	0.87	0.85	0.71	0.63	0.57	0.55	0.70	0.78	0.92	9.4	2.47
T=10 ans sec	0.56	0.57	0.71	0.55	0.53	0.50	0.45	0.38	0.40	0.44	0.52	0.56	6.4	1.73
T=5 ans sec	0.68	0.67	0.79	0.63	0.62	0.55	0.50	0.44	0.43	0.46	0.55	0.58	7.7	1.91
T=2 ans	0.89	0.89	0.87	0.86	0.73	0.64	0.55	0.53	0.53	0.61	0.67	0.75	9.2	2.25
T= 5 ans humide	1.24	1.12	1.17	1.16	1.03	0.82	0.71	0.66	0.60	0.77	0.96	1.17	10.4	2.79
T=10 ans humide	1.44	1.16	1.40	1.27	1.16	1.02	0.86	0.73	0.67	1.00	1.29	1.64	12.8	3.28

Le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur la période 1996-2000, seule période commune à l'ensemble des stations de mesure.

Analyse statistique sur la période **01/1996-12/2000**

Cours d'eau : **La Cent Fonts à Saulon la Rue**

Station : **U1415410**

superficie contrôlée : **52 km²**

Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	0.41	0.40	0.34	0.31	0.30	0.24	0.20	0.18	0.19	0.21	0.35	0.39	0.29	5.7	0.029	0.015
T=5 ans sec	0.37	0.37	0.29	0.27	0.26	0.20	0.19	0.16	0.16	0.16	0.22	0.29	0.22	4.3		
T=2 ans	0.39	0.42	0.32	0.31	0.29	0.24	0.20	0.18	0.20	0.21	0.27	0.37	0.32	6.2		
T= 5 ans humide	0.45	0.44	0.40	0.36	0.33	0.26	0.21	0.19	0.21	0.26	0.52	0.50	0.34	6.6		

3.3.7 Débits caractéristiques mesurés à la station hydrométrique sur le Chairon à Noiron sous Gevrey

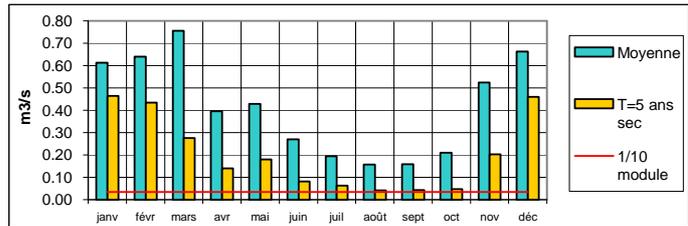
Analyse statistique sur la période **06/1995-08/2004** (8 années complètes de mesure)

Cours d'eau : **Chairon à Noiron sous Gevrey**
 Station : **U1415810** superficie contrôlée : **56 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	0.61	0.64	0.76	0.40	0.43	0.27	0.19	0.16	0.16	0.21	0.52	0.66	0.35	6	0.035	0.018
T=5 ans sec	0.46	0.43	0.28	0.14	0.18	0.08	0.06	0.04	0.04	0.05	0.20	0.46	0.27	5		
T=2 ans	0.64	0.63	0.52	0.28	0.30	0.20	0.10	0.05	0.07	0.11	0.40	0.69	0.35	6		
T= 5 ans humide	0.67	0.71	0.96	0.58	0.59	0.28	0.15	0.09	0.10	0.26	0.85	0.94	0.41	7		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.125	2.2	0.029	0.5	0.039	0.7
T=5 ans sec (m3/s)	0.034	0.6	0.021	0.4	0.026	0.5
T=2 ans (m3/s)	0.051	0.9	0.028	0.5	0.042	0.8
T= 5 ans humide (m3/s)	0.062	1.1	0.037	0.7	0.052	0.9



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	1.64	1.55	2.02	1.02	1.15	0.70	0.52	0.42	0.41	0.56	1.36	1.78	11.2	2.05
T=5 ans sec	1.24	1.05	0.74	0.36	0.48	0.21	0.17	0.11	0.11	0.13	0.53	1.23	8.6	0.60
T=2 ans	1.70	1.53	1.39	0.73	0.80	0.53	0.25	0.14	0.17	0.31	1.05	1.85	11.2	1.10
T= 5 ans humide	1.79	1.71	2.58	1.51	1.59	0.73	0.40	0.25	0.25	0.69	2.21	2.53	13.1	1.62

Seulement 8 années de mesures sont disponibles pour la station de Noiron. Les débits décennaux n'ont donc pas été calculés.

Le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur la période 1996-2000, seule période commune à l'ensemble des stations de mesure.

Analyse statistique sur la période 01/1996-12/2000

Cours d'eau : **Le Chairon à Noiron**
 Station : **U1415810** superficie contrôlée : **56 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

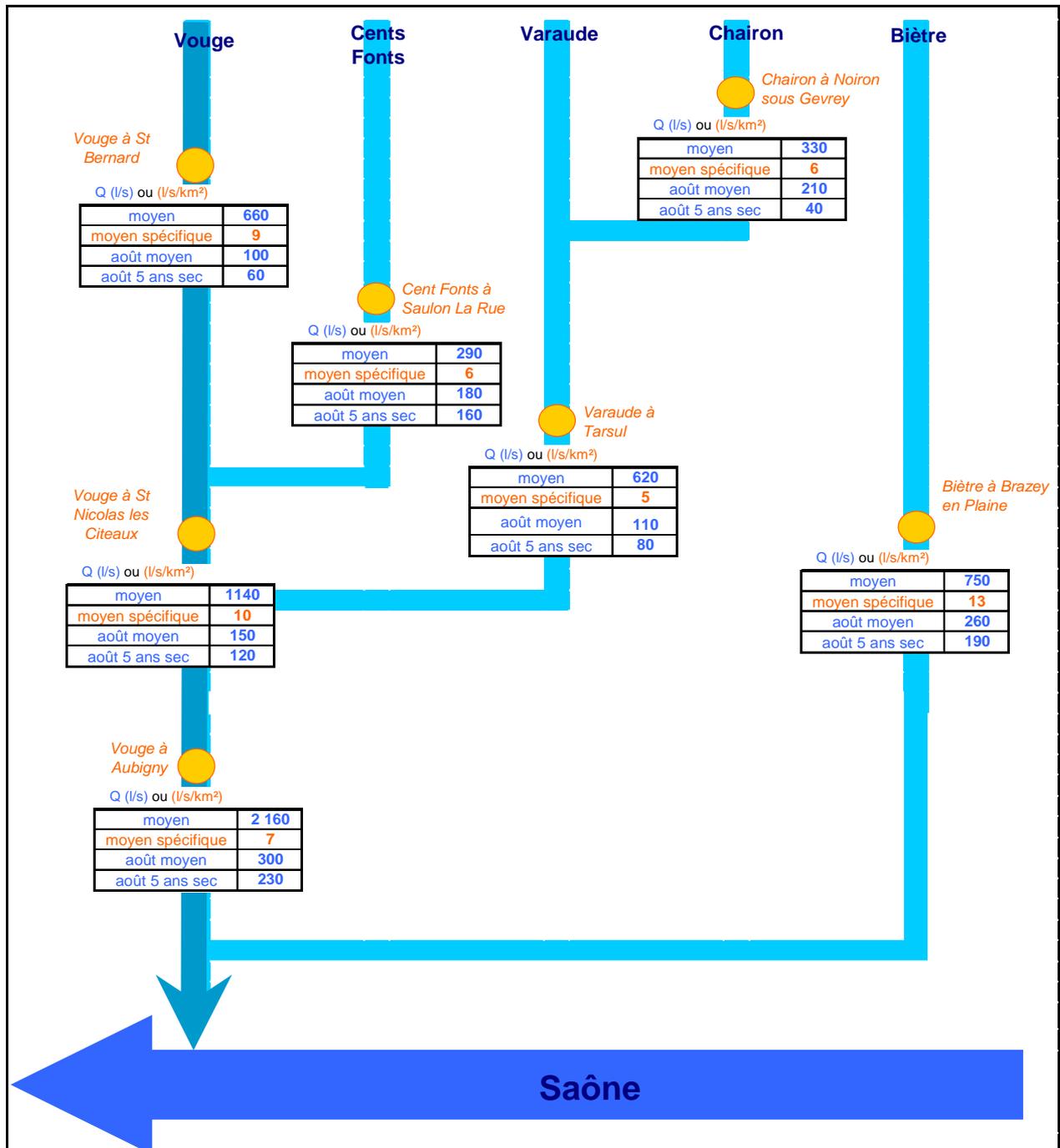
Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	0.68	0.74	0.55	0.41	0.46	0.31	0.24	0.21	0.22	0.25	0.66	0.80	0.33	5.9	0.033	0.016
T=5 ans sec	0.55	0.63	0.31	0.15	0.22	0.10	0.07	0.04	0.04	0.04	0.36	0.65	0.27	4.8		
T=2 ans	0.64	0.68	0.52	0.28	0.30	0.14	0.09	0.06	0.07	0.08	0.80	0.78	0.34	6.0		
T= 5 ans humide	0.75	0.78	0.70	0.56	0.67	0.42	0.26	0.22	0.26	0.40	0.90	1.00	0.38	6.8		

3.3.8 Bilan des débits influencés mesurés le long de la Vouge

Afin de pouvoir comparer les débits mesurés, le schéma suivant présente les débits moyens annuels et du mois d'août sur la période 1996-2000 (seule période où des données pour l'ensemble des stations sont disponibles).

Figure 8 : Schéma bilan des débits (en l/s) mesurés aux stations (période 1996-2000)



4. DÉTERMINATION DES DÉBITS NATURELS AU DROIT DES POINTS DE RÉFÉRENCE

Comme déjà précisé, pour définir les volumes prélevables sur le bassin et les préciser par sous bassins, il est nécessaire de connaître la ressource superficielle naturelle ou « non influencée », c'est-à-dire telle qu'elle serait en l'absence d'intervention humaine.

L'exercice est conduit pour chacun des points de référence qui seront utilisés dans la suite de l'étude :

- ▶ la Vouge à Esbarres (et à Magny),
- ▶ la Vouge à Villebichot,
- ▶ la Varaude à Tarsul,
- ▶ la Bièvre à Brazey en Plaine,
- ▶ la Cent Fonts à Saulon La Rue.

Selon les configurations des bassins et les données disponibles, plusieurs approches ont été développées pour estimer la ressource superficielle.

Pour estimer la ressource en ces points il est souvent nécessaire de travailler à l'échelle des sous-bassins versants.

Cette partie discute d'abord l'évaluation de l'impact des prélèvements, présente les approches choisies pour chaque point de référence, puis propose une analyse des résultats de débits naturels obtenus.

4.1 NATURALISATION DES DÉBITS INFLUENCÉS

Le débit naturel correspond au débit qui coulerait dans la rivière en l'absence de régulation et de prélèvements.

$Q_{nat} = Q_{inf} + \Delta S_{barrage} + \text{Impacts des Prélèvements}$

Avec :

- ▶ Q_{nat} = le débit naturel reconstitué,
- ▶ Q_{inf} = le débit influencé (mesuré au point considéré),
- ▶ $\Delta S_{barrage}$ = la variation de stock d'eau dans le barrage = Q sortant – Q entrant. Dans le cas du bassin de la Vouge, notons qu'aucun barrage n'influence les cours d'eau.
- ▶ Impacts des Prélèvements = le prélèvement net global sur le cours d'eau à l'amont du point de référence.

QUEL TERME DE PRÉLÈVEMENT UTILISER ? QUANTIFICATION DE L'EFFET DES PRÉLÈVEMENTS SUR LES COURS D'EAU ?

Les prélèvements ont été estimés en phases 1 et 2 de la présente étude. L'impact de ces prélèvements sur le débit du cours d'eau doit maintenant être étudié afin de pouvoir reconstituer les débits naturels. Les hypothèses utilisées se basent sur les informations bibliographiques disponibles (notamment l'étude sur l'évaluation de la distance d'incidence des prélèvements souterrains sur les cours d'eau du département de la Côte d'Or, Caille, 2008), ainsi que sur l'expertise hydrogéologique mobilisée dans le cas de la présente étude (Hydrofisis).

Pour chaque prélèvement réalisé, on notera P_{éq} le « prélèvement équivalent », qui correspond à la quantité d'eau effectivement soustraite à la rivière sous l'effet du prélèvement.

On distingue plusieurs cas :

- ▶ Le prélèvement a lieu sur des ressources de surface (source captée, rivière) :
L'influence sur le cours d'eau est directe, on a **P_{éq} = P**
- ▶ Le prélèvement a lieu dans la nappe d'accompagnement de la Vouge
La nappe d'accompagnement de la Vouge étant constituée d'un horizon superficiel très faible, elle est en relation directe avec le cours d'eau. Les pompages dans cette nappe se ressentent sur le cours d'eau avec une faible inertie. On peut considérer que les pompages dans la nappe d'accompagnement sont équivalents à un pompage direct en rivière, on fait l'hypothèse **P_{éq} = P**
- ▶ Le prélèvement a lieu dans un secteur « globalement non perméable »
Ces secteurs sont des secteurs considérés globalement comme non aptes à contenir des nappes d'eau souterraines. Il peut cependant exister localement de petits aquifères, ne permettant l'obtention que de faibles débits lorsqu'ils sont exploités. Ce sont de petits systèmes, à très faible inertie, le prélèvement dans un de ces aquifères se fait ressentir rapidement en surface (diminution du débit de sources en sortie par exemple). On considère également pour ce cas que **P_{éq} = P**
- ▶ Prélèvement sur la nappe de la Bièvre
Le secteur de la Bièvre est particulièrement complexe, en raison d'interactions importantes entre la nappe et la rivière. On distinguera la méthode utilisée suivant le type de prélèvement :

- Prélèvements agricoles

Pour estimer l'influence des prélèvements sur le débit naturel des cours d'eau, nous nous référons à l'étude CAILLE réalisée sous supervision des services compétents de l'Etat. Sous réserve d'accepter les hypothèses de la démarche de modélisation, cette étude définit une influence directe des prélèvements de l'ordre de 280 mètres pour la nappe de la Bièvre. Cela signifie en première approximation qu'un prélèvement situé à moins de 300 m peut être considéré comme un prélèvement dans ce cours d'eau.

Il nous a semblé nécessaire de détailler ce résultat. En utilisant une approche basée sur les mêmes équations physiques (solution de Theis), on peut estimer à partir de quel temps le cône d'influence du pompage atteint le cours d'eau. Rappelons les hypothèses de base de la démarche de modélisation de CAILLE et donc de notre approche détaillée :

- Nappe libre.
- Communication directe entre nappe et rivière.
- Débit moyen de 7 m³/h pendant 90 jours.
- 4 m d'épaisseur pour la nappe, porosité de 10%, perméabilité de 2 10⁻³ m/s.

En prenant comme hypothèse de non influence un rabattement associé inférieur à 5 cm, l'équation de Theis permet d'estimer que le cône d'influence du pompage "atteindra" le cours d'eau en environ 10 jours pour un puits situé à 100 m du cours (soit 90% du temps de pompage en influence avec le cours d'eau), en environ 40 jours pour un forage localisé à 200 m du cours d'eau (soit seulement 50% du temps de pompage en relation avec le cours d'eau) et en 70 jours pour un point de prélèvement à 250 m du cours d'eau (soit seulement 25% du temps de pompage influencé par des échanges avec le cours d'eau).

Ce sont ces ordres de grandeur qui ont été retenus pour la quantification de l'influence des prélèvements sur le débit naturel des cours d'eau.

- Prélèvements AEP et Industrie :

Ces types de prélèvements sont relativement réguliers au cours de l'année (faible variation mensuelle des quantités prélevées). Après une période de « mise en route » suite au début de l'exploitation d'un forage, on considèrera qu'on est en situation stationnaire. Une fois le temps d'inertie passé, l'intégralité de ce qui est prélevé à la nappe impacte le cours d'eau. Etant donné que l'ensemble des forages exploités le sont depuis une période suffisamment longue (estimée à quelques mois) pour atteindre un niveau d'équilibre, on considère que **P_{éq}=P**

C'est une règle maximisante en terme d'impact des prélèvements. Il est probable que ces prélèvements soient partiellement compensés par une alimentation des aquifères bordiers. Ceci étant, en l'absence d'une connaissance fine de la géométrie interne de l'aquifère et sans modèle numérique spatialisé, il est impossible de quantifier ces alimentations secondaires et donc de proposer une autre règle d'équivalence entre débits prélevés et débits naturalisés.

Les hypothèses utilisées pour le calcul des impacts des prélèvements sur les cours d'eau sont synthétisées dans le tableau ci dessous :

Figure 9 : Prélèvements équivalents selon la localisation

	localisation du prélèvement	distance au cours d'eau (m)	Impact
superficiel	cours d'eau quelconque	0	$P_{\text{éq}}=P$
S o u t e r r a i n	nappe Vouge	peu importe	$P_{\text{éq}}=P$
	nappe Bièvre	$P < 100$	$P_{\text{éq}}= 0,9 * P$
		$P \in [100,200]$	$P_{\text{éq}}= 0,5 * P$
		$P \in [200,280]$	$P_{\text{éq}}= 0,2 * P$
		$P > 280$	0
	secteurs sans nappes répertoriées	peu importe	$P_{\text{éq}}=P$

Les paragraphes suivants détaillent pour chaque point de référence la méthode appliquée pour la reconstitution des débits naturels et les résultats obtenus.

4.2 ESTIMATION DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE : ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE

Sur les bassins équipés de station hydrométrique, l'estimation de la ressource superficielle a été réalisée par une modélisation en deux étapes :

- ▶ calage des paramètres du modèle Pluie-ETP-Débit sur les années récentes 2003-2009, avec les données disponibles de débits mesurés aux stations, de données climatiques et de prélèvements ;
- ▶ mise en routine du modèle réutilisant les paramètres calés pour une reconstitution adaptée et spécifique des débits sur la période 1970-2009, (voir description GR2M ci-dessous).

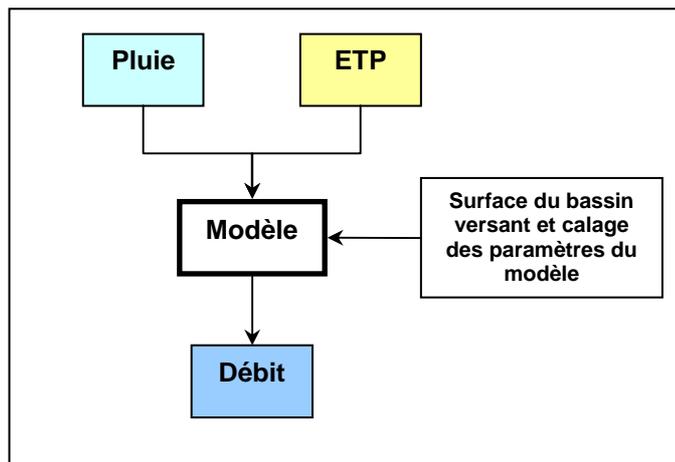
Pour les sous bassins non équipés ou dont les données ne peuvent être exploitées directement, des stratégies doivent être étudiées au cas par cas : corrélation avec d'autres stations du bassin, extrapolation, utilisation des sorties du modèle hydrogéologique dans le cas de la Cent Fonts.

La localisation des stations de mesure, la disponibilité des données de base et la facilité d'utilisation de GR2M décident au cas par cas de l'utilisation d'une des méthodes. On a noté que les données hydrométriques ne sont pas exhaustives. Cela a posé un sérieux problème pour le calage du modèle GR2M qui requiert un minimum acceptable de 3 années de données complètes.

4.2.1 Description du modèle GR2M

GR2M est un modèle pluie-ETP-débit à l'échelle mensuelle avec deux paramètres. Il a été développé par le CEMAGREF (travaux de Mouelhi, Michel, Perrin et Andreassian). Cet outil est capable de transformer, à l'échelle d'un bassin versant donné, le signal « précipitations » et le signal « évapotranspiration » en un signal « débit à l'aval du sous-bassin versant ».

Figure 10 : Principe d'un modèle Pluie-ETP-Débit.



Une description détaillée de ce modèle et de son fonctionnement est présentée en annexe.

Une fois les paramètres du modèle calés, les données de pluie et d'évapotranspiration permettent de modéliser les débits naturels sur toute la période de leur disponibilité. En règle générale, ces données sont disponibles sur de longues périodes, ce qui est rarement le cas des débits des stations considérées. L'utilisation d'un modèle pluie-débit permet donc d'étendre considérablement la période d'étude.

Ce modèle sera utilisé pour modéliser les débits naturels aux différents points du bassin versant où les débits influencés sont connus sur une période de longueur suffisante pour le calage (c'est-à-dire où il existe une station hydrométrique).

4.2.2 Répartition de l'eau sur le bassin versant : interférence de la Cent Fonts

Avant les travaux du XIII^{ème} siècle, la Cent Fonts confluaient avec la Varaude par ce qui deviendra le Milleraie. Dans ces circonstances, la totalité du débit de la Cent Fonts transitait totalement dans la Varaude, depuis la partie aval de la Cent Fonts a été creusée artificiellement. Elle est en lien avec plusieurs cours d'eau, notamment avec la Varaude au niveau du pont des Arvaux et la Vouge, qui constitue son exutoire final au niveau de l'Abbaye de Cîteaux, à Saint Nicolas-les-Cîteaux.

Plusieurs problèmes se posent :

- ▶ la répartition et la localisation des apports de la Cent Fonts à la Vouge ;
- ▶ la quantification des apports de la Cent Fonts à la Varaude.

LOCALISATION ET RÉPARTITION DES APPORTS DE LA CENT FONTS À LA VOUGE

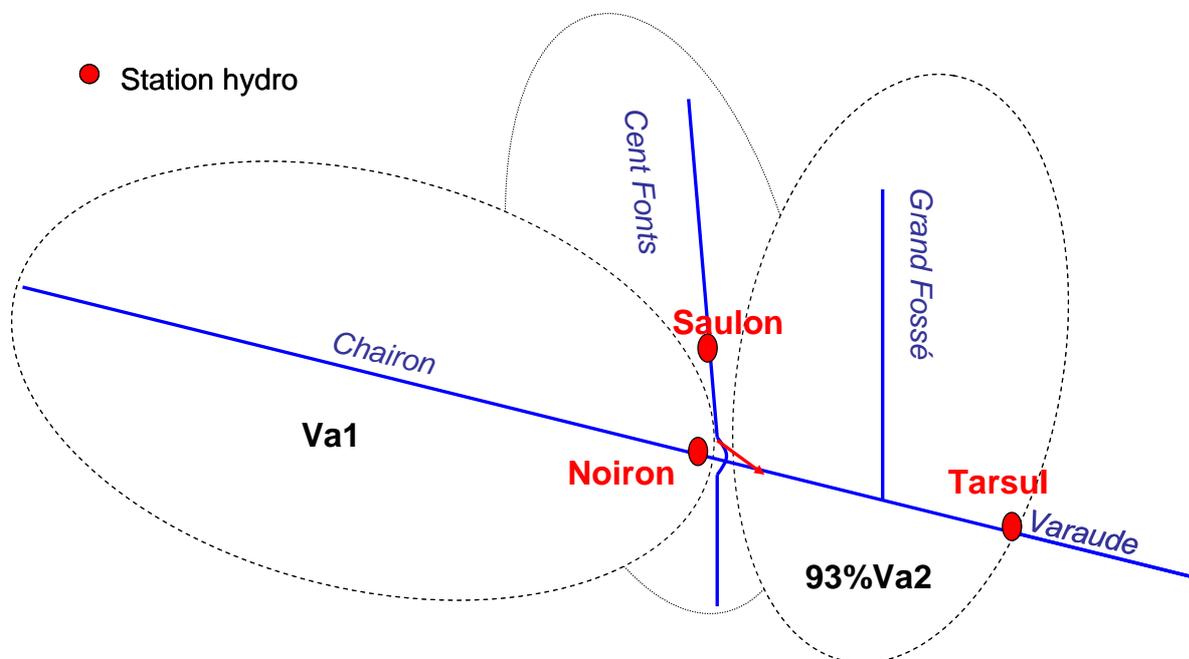
Deux bras de la Cent Fonts rejoignent la Vouge, l'un à l'amont de la station de Saint-Nicolas-les-Cîteaux, l'autre à l'aval. Pour savoir à quel bassin versant sont associés les débits mesurés au niveau de cette station, il faut donc connaître les débits transitant par l'un et l'autre de ces 2 bras.

Aucun système de mesure n'est en place pour permettre de réaliser cette estimation. Selon le SBV, l'eau de la Cent Fonts est majoritairement orientée vers le second bras, débouchant à l'aval de la station hydrométrique. **On retiendra l'hypothèse que environ 1/3 des débits rejoignent la Vouge à l'amont de la station, les 2/3 restant la rejoignent à l'aval.**

QUANTIFICATION DES APPORTS DE LA CENT FONTS À LA VARAUDE

Une part du débit de la partie amont de la Cent Fonts rejoint la Varaude au niveau du pont des Arvaux. Cette part est incluse dans les débits mesurés sur la Varaude à la station de Tarsul-Izeure.

Le schéma ci-dessous permet de mieux visualiser la situation :



$$Q_{\text{Tarsul}} = Q_{\text{Noiron}} + \text{Apport Va2 (93\% du BV)} + \text{transfert depuis la Cent Fonts (1)}$$

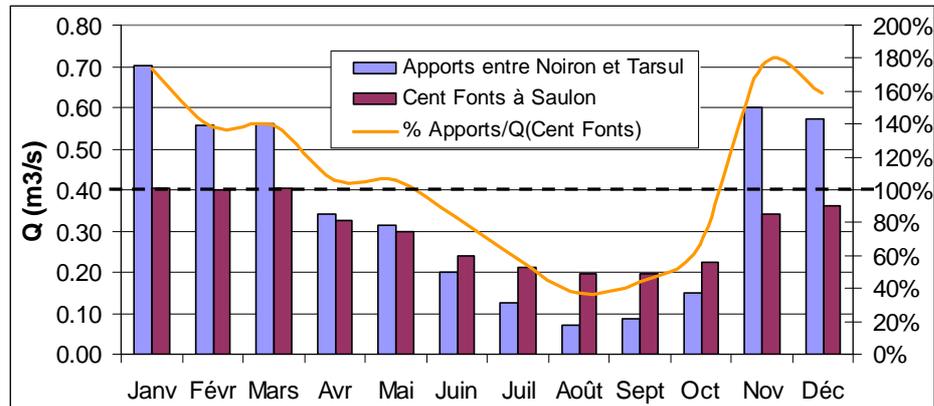
Le débit passant à Tarsul correspond au débit mesuré sur la station du Chairon à Noiron-sous-Gevrey, auquel s'ajoutent les apports de la Cent Fonts, ainsi que les apports de la majeure partie du sous bassin Va2 (93% du sous bassin).

Historiquement, la majeure partie du débit de la Cent Fonts était destinée à l'alimentation de l'abbaye. Cependant, suite à la modification d'un système de vannage au niveau du pont des Arvaux, une quantité importante du débit rejoint la Varaude à ce niveau. Une campagne de mesure de débits a été réalisée par BURGEAP au cours de « L'étude de lutte contre les inondations et de ralentissement de la dynamique d'envasement » sur la Cent Fonts le 21 septembre 2007. Ces mesures montrent que, le jour de leur réalisation, le transfert vers la Varaude correspondait à **95% des débits de la Cent Fonts au niveau du pont des Arvaux.**

Cependant, ce ratio de 95%, constaté lors de ces mesures ponctuelles, est fluctuant au cours de l'année.

Le graphique ci-dessous présente les apports intermédiaires entre les stations de Tarsul et de Noiron ($Q_{\text{Tarsul}} - Q_{\text{Noiron}}$) en mauve. Le débit mesuré sur la Cent Fonts à Saulon est présenté en violet. La courbe orange représente le rapport entre ces deux termes ; elle correspond donc à la part d'eau de la Cent Fonts nécessaire pour expliquer la différence de débits entre Noiron et Tarsul dans l'hypothèse extrême où les apports du sous bassin Va2 seraient nuls.

Figure 11 : Comparaison des débits mesurés sur la Cent Fonts à Saulon et des apports sur la Varaude entre Noiron et Tarsul (Moyenne sur la période 1995-2003)



Ne connaissant pas les apports du Grand Fossé, il est difficile de distinguer, parmi les apports entre les stations de Noiron et Tarsul, quels sont ceux qui viennent du Grand Fossé et ceux qui viennent de la Cent Fonts. **L'indication qui ressort du graphique ci-dessus est la proportion maximale de la Cent Fonts qui alimente la Varaude. Celle-ci ne dépasse pas 50% entre juillet et septembre.** Les mois d'hivers au contraire on voit que des apports importants, autres que ceux de la Cent Fonts sont nécessaires pour expliquer les différences de débits entre Noiron et Tarsul.

4.2.3 Stratégie appliquée pour la détermination des débits naturels des différents points de référence

Le tableau suivant fait le bilan de la stratégie appliquée à chaque point de référence pour déterminer la ressource naturelle du sous bassin correspondant. La méthodologie appliquée est ensuite détaillée point par point.

Tableau 9 : Bilan des méthodes d'estimation du débit naturel associées à chaque point de référence

Point de référence	Station Hydro associée	Méthode d'estimation proposée	Justification
La Vouge aval à Esbarres	La Vouge à Aubigny	$Q_{nat\ Esbarres} = Q_{nat\ Vouge\ à\ Aubigny} * Surf_{BV\ Esbarres} / Surf_{BV\ Station}$ $Q_{nat\ Vouge\ à\ Aubigny} \text{ est déterminé avec GR2M}$	Le débit naturel à Aubigny est déterminé en utilisant GR2M sur la station hydrométrique d'Aubigny en Plaine
La Vouge à Villebichot	La Vouge à Saint Nicolas les Citeaux	$Q_{nat\ Villebichot} = Surf_{Villebichot} / Surf_{Station} * (Q_{nat\ station} - 1/3 * (Q_{nat\ CF\ Saulon} - Transfert_{100\ Fonts\ =>\ Varaude}))$ <p>Avec</p> <ul style="list-style-type: none"> - $Transfert_{100\ Fonts\ =>\ Varaude} = Q_{Tarsul} - Q_{noiron} - Q_{apports\ de\ Va2}$ - $Q_{nat\ station\ St\ Nicolas} = f(Q_{nat\ Vouge\ Aubigny})$ 	Le point de référence auquel on s'intéresse concerne uniquement la Vouge, il est situé en amont de la station hydrométrique de Saint-Nicolas. Le débit à Villebichot est considéré proportionnel à celui mesuré à Saint Nicolas si cette station ne recevait pas d'apports de la Cent Fonts.
La Varaude à Tarsul	La Varaude à Tarsul	$Q_{nat\ Tarsul} = f(Q_{nat\ Vouge\ à\ Aubigny})$	Pas de mesures de débit à la station à la période où les prélèvements sont connus => les débits naturels sont estimés par corrélation avec les débits naturels à la station de la Vouge à Aubigny
La Cent Fonts à Saulon la Rue	La Cent Fonts à Saulon la rue	$Q_{nat\ Saulon} = Q_{nat\ souterrain\ modélisé} + Q_{Apport\ ruissellement}$ <p>avec $Q_{Apport\ ruissellement} = Q_{mesuré\ Saulon} - Q_{influencé\ modélisé}$</p>	Utilisation des sorties du modèle hydrogéologique. On détermine les apports par ruissellement sur le bassin de la station de Saulon par différence entre les débits d'origine souterraine (sortie du modèle) et les débits mesurés à la station. On déduit le débit naturel à Saulon du débit naturel d'origine souterraine (sortie du modèle hydrogéologique) et des données de ruissellement.
La Bièvre à Brazey en Plaine	La Bièvre à Brazey en Plaine	$Q_{nat\ B1} = Surf_{B1} / Surf_{station} * Q_{nat\ station}$ <p>Avec $Q_{nat\ station}$ déterminé par corrélation avec la station d'Aubigny en Plaine</p>	Le point de référence sur la Bièvre est situé légèrement en amont de la station hydrométrique. On suppose que l'apport sur l'ensemble du bassin contrôlé par la station hydrométrique est homogène. La ressource au niveau du point de référence est proportionnelle à la surface du sous bassin. Le modèle GR2M ne permet pas de déterminer les débits naturels au niveau de la station hydrométrique (mauvais calage). Ceux-ci sont déterminés à partir de corrélations avec la station sur la Vouge à Aubigny

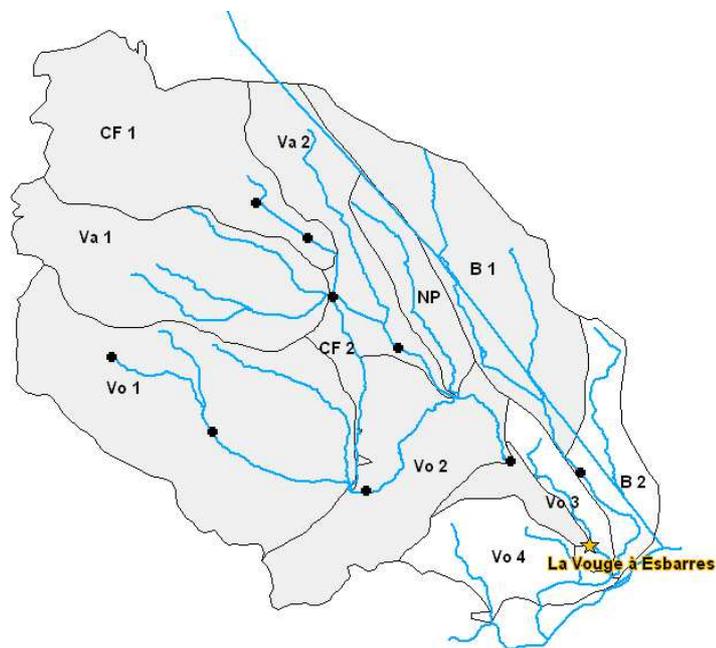
4.3 ESTIMATION DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE ÉTAPE PAR ÉTAPE POUR CHACUN DES POINTS DE RÉFÉRENCE

4.3.1 Estimation de la ressource naturelle sur la Vouge à Esbarres et Magny

LOCALISATION DU POINT DE RÉFÉRENCE ET DES POINTS INTERMÉDIAIRES UTILISÉS

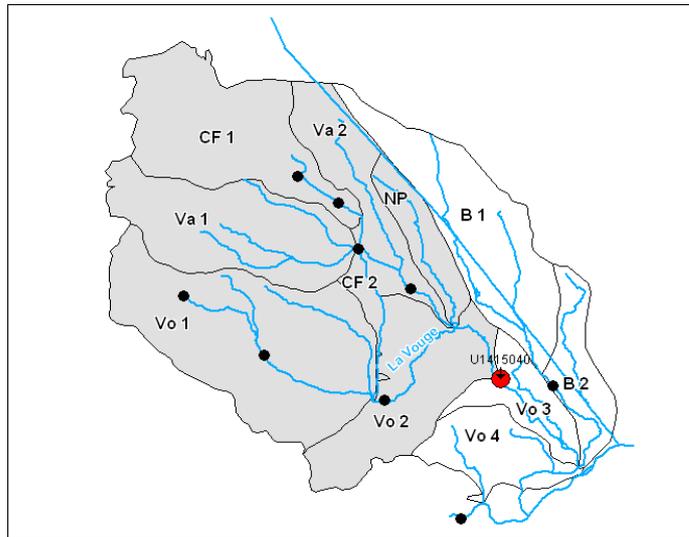
Le point de référence « La Vouge à Esbarres » contrôle une superficie de 320 km² soit la majeure partie du bassin versant.

Carte 3 : La Vouge à Esbarres et les bassins impliqués



Les calculs développés ci-dessous utiliseront les données de débit à Aubigny. L'exutoire de la Vouge à Aubigny est en effet un point bien instrumentalisé du bassin. Il contrôle les bassins CF1, CF2, NP, Va1, Va2, Vo1 et Vo2, pour une surface cumulée de 312 km².

Carte 4 : La Vouge à Aubigny et les bassins impliqués



MÉTHODE DE RECONSTITUTION DES DÉBITS NATURELS

La station sur la Vouge à Aubigny présente une chronique de données relativement longue et de bonne qualité. Elle est située à quelques kilomètres à peine en amont du point de référence d'Esbarres. On utilisera donc cette station pour déterminer les débits naturels à Esbarres, en procédant par étape :

- ▶ Etape 1 : Détermination des débits naturels au niveau de la station d'Aubigny. Les débits mesurés à cette station permettent un bon calage du modèle GR2M.
- ▶ Etape 2 : La station d'Aubigny contrôle plus de 95% du bassin versant associé au point de référence à Esbarres. On généralisera donc les débits naturels obtenus à Aubigny au point de référence, en utilisant un ratio de surface.

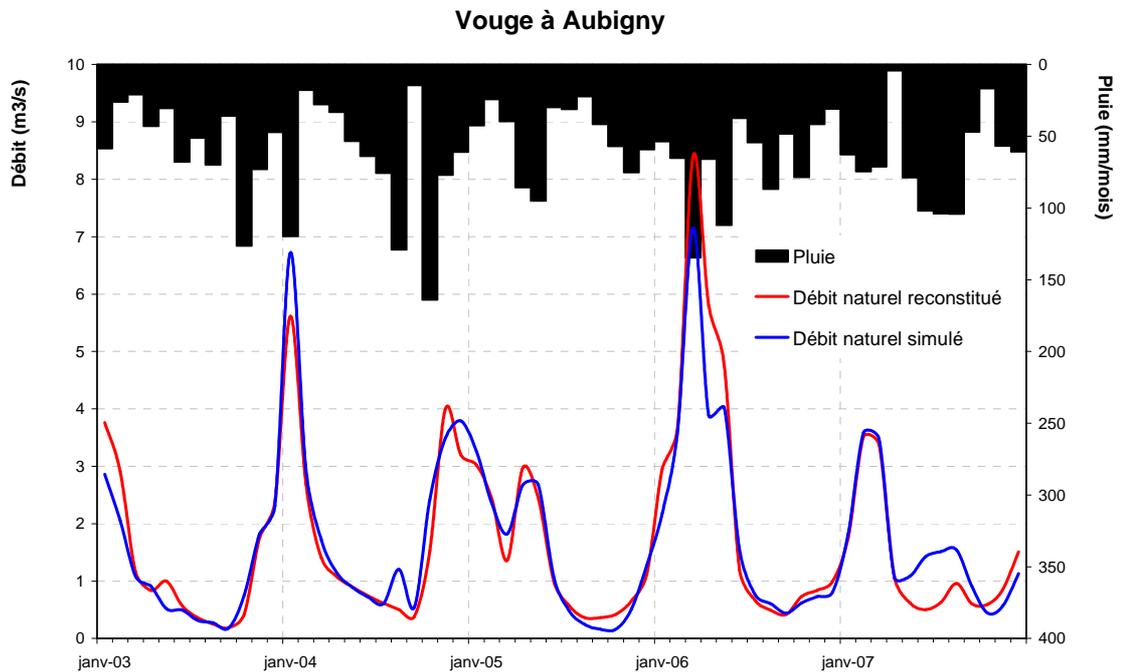
$$Qnat_{Esbarres} = Qnat_{Aubigny} * Surf_{BV Esbarres} / Surf_{BV Aubigny}$$

ÉTAPE 1 : CALAGE DU MODÈLE GR2M SUR LES DÉBITS DE LA VOUGE À AUBIGNY

On cherche à caler un modèle pluie-débit sur la période 2003-2007 en utilisant les débits mesurés à la station d'Aubigny désinfluencés (c'est-à-dire issus du calcul $Q_{naturel} = Q_{mesurés} + \text{prélèvements}$). On obtient un calage du modèle très satisfaisant, avec un critère de **Nash(Q) de 90.6 %**.

Le graphique ci-dessous montre les résultats de la modélisation sur la période de calage et permet de comparer les débits naturels reconstitués par addition des prélèvements et le débit simulé.

Figure 12 : Pluies, débits naturels mensuels simulés et reconstitués sur la période de calage -
la Vouge à Aubigny



Les coefficients issus de ce calage sont utilisés pour générer, à partir des chroniques de pluies et d'ETP 1970-2009, les débits naturels sur la même période.

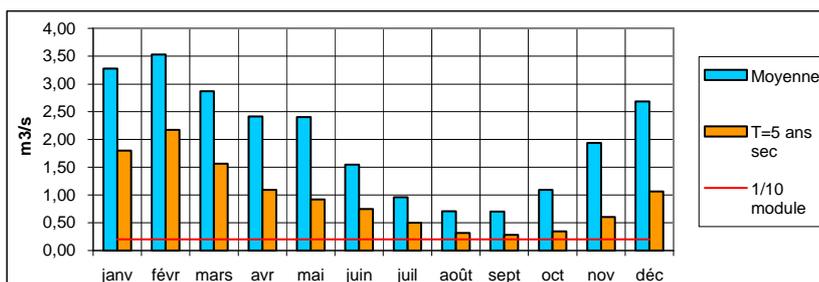
Le tableau et graphe ci-dessous présentent le traitement statistique de la série obtenue (débits naturels sur la Vouge à Aubigny).

Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : **La Vouge à Aubigny**Station : _____ superficie contrôlée : **312 km²**Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m3/s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	3,28	3,53	2,87	2,41	2,41	1,55	0,96	0,71	0,70	1,10	1,94	2,69	2,01	6	0,201	0,101
T=10 ans sec	1,36	1,63	1,35	0,82	0,76	0,66	0,45	0,29	0,25	0,18	0,44	0,73	1,36	4		
T=5 ans sec	1,80	2,17	1,57	1,09	0,92	0,75	0,50	0,32	0,29	0,35	0,60	1,07	1,50	5		
T=2 ans	2,77	3,20	2,45	1,89	1,71	1,33	0,79	0,58	0,45	0,70	1,36	2,32	1,98	6		
T= 5 ans humide	4,44	4,67	3,83	3,00	3,11	1,90	1,29	0,91	1,02	1,50	3,21	3,71	2,68	9		
T=10 ans humide	6,01	6,03	4,73	4,84	4,32	2,78	1,53	1,24	1,30	2,12	3,59	4,80	2,90	9		



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	8,77	8,54	7,68	6,26	6,44	4,01	2,57	1,90	1,81	2,94	5,02	7,19	63,4	10,29
T=10 ans sec	3,65	3,95	3,62	2,11	2,04	1,72	1,20	0,78	0,65	0,48	1,15	1,94	42,9	4,35
T=5 ans sec	4,83	5,26	4,20	2,83	2,47	1,94	1,35	0,85	0,74	0,93	1,56	2,85	47,3	4,87
T=2 ans	7,41	7,74	6,57	4,89	4,58	3,46	2,12	1,56	1,17	1,88	3,52	6,21	62,5	8,31
T= 5 ans humide	11,90	11,29	10,25	7,78	8,34	4,93	3,46	2,45	2,64	4,02	8,33	9,93	84,7	13,47
T=10 ans humide	16,11	14,58	12,67	12,56	11,58	7,22	4,11	3,32	3,38	5,68	9,29	12,85	91,5	18,03

ETAPE 2 : GÉNÉRALISATION DES RÉSULTATS AU POINT « LA VOUGE À ESBARRES » PAR CORRÉLATION SURFACIQUE

La chronique des débits de la Vouge à Aubigny est utilisée pour calculer les débits à Esbarres selon la formule précisée plus haut.

RÉSULTATS : DÉBITS NATURELS SUR LA VOUGE À ESBARRES

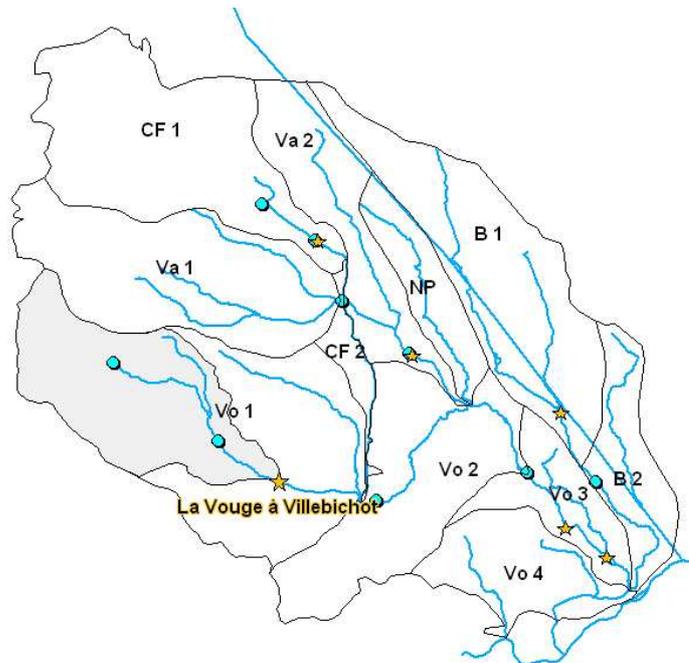
La figure ci-dessous présente le traitement statistique de la série obtenue (débits naturels sur la Vouge à Esbarres).

4.3.3 Estimation de la ressource naturelle sur la Vouge à Villebichot

LOCALISATION DU POINT DE RÉFÉRENCE

La Vouge à Villebichot est à l'amont de la confluence avec la Cent Fonts et la Raie du Pont. Le bassin correspondant est une partie de Vo1, sa surface est de 47 km², soit environ 50% de Vo1.

Carte 5 : La Vouge à Villebichot et les bassins impliqués



MÉTHODE DE RECONSTITUTION DES DÉBITS NATURELS

La station hydrométrique la plus proche est celle de Saint-Nicolas, située un peu en aval du point de référence considéré, après la confluence avec la Raie du Pont et les apports de la Cent Fonts. Cette station contrôle un bassin versant de 108 km². Elle reçoit une partie des débits transitant sur la partie aval de la Cent Fonts.

Le débit de la Vouge à Villebichot est considéré comme proportionnel au débit mesuré à Saint Nicolas si l'on enlève l'influence des apports de la Cent Fonts. Pour retrouver le débit naturel au point de référence, on procédera donc en suivant les étapes suivantes

- ▶ Etape 1 : Détermination des débits naturels au niveau de la station hydrométrique de Saint Nicolas-les-Cîteaux par corrélation avec la station de la Vouge à Aubigny.
- ▶ Etape 2 : prise en compte de l'impact des apports de la Cent Fonts sur les débits à Saint Nicolas
- ▶ Etape 3 : Généralisation des résultats retrouvés sur la Vouge à Saint Nicolas au niveau du point de référence sur la Vouge à Villebichot.

Comme explicité plus haut, le débit naturel au point de référence est finalement :

$$\text{Surf}_{\text{Villebichot}} / \text{Surf}_{\text{station St Nicolas}} * (\text{Qnat}_{\text{Station St Nicolas}} - 1/3 * (1 - (\text{Qnat}_{\text{CF à Saulon}} - \text{Transfert de CF vers la Varaude})))$$

Les paragraphes suivants décrivent chacune des étapes du calcul.

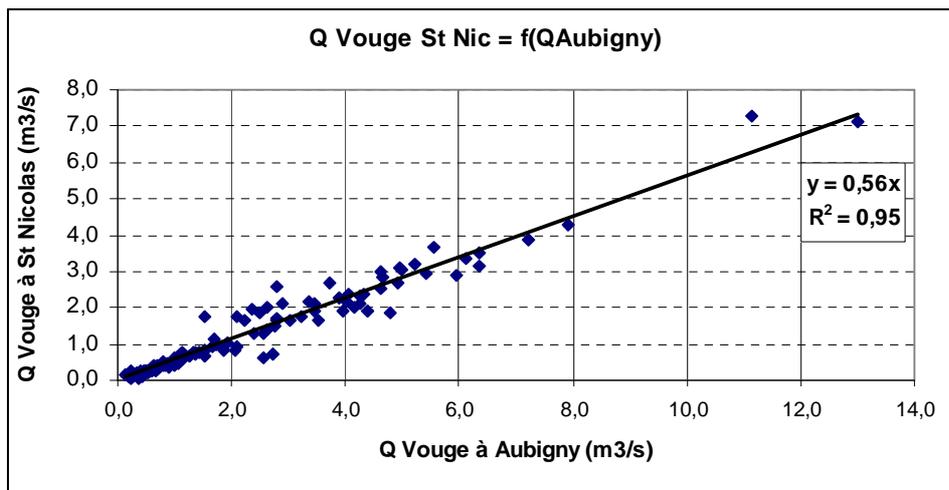
ETAPE 1 : DÉTERMINATION DU DÉBIT NATUREL À LA STATION DE SAINT NICOLAS LES CITEAUX

La Vouge à Saint Nicolas n'a que 155 données mensuelles, dont seulement 15 sur la période de calage (2003-2008). Il n'est donc pas possible de caler le modèle GR2M avec cette station.

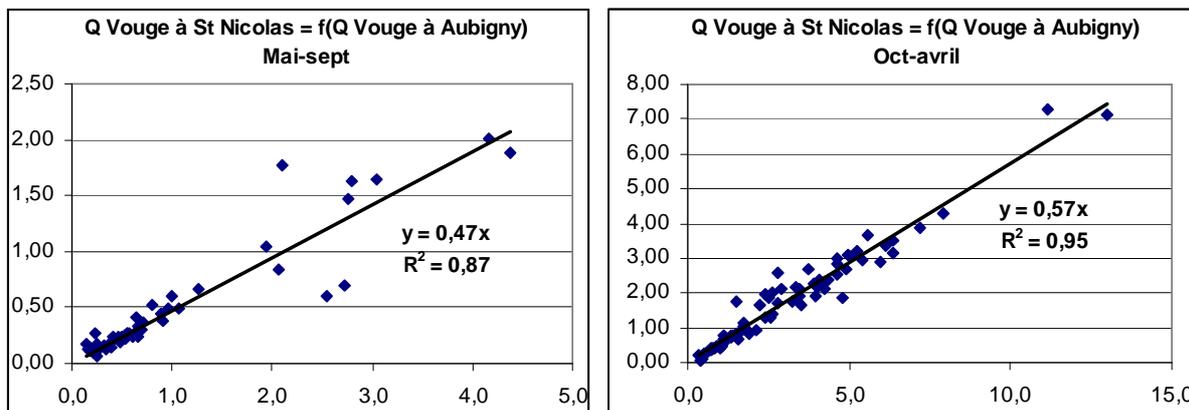
Les corrélations entre le débit de la Vouge à Saint Nicolas et les débits mesurés au niveau d'autres stations ayant une chronique de données plus complète ont donc été recherchées. La station retenue est la station de la Vouge à Aubigny.

La Figure 13 montre que les deux variables sont bien corrélées, avec un coefficient de détermination de $R^2=95\%$, obtenu avec 145 couples de données.

Figure 13 : Corrélation entre deux stations hydrométriques par relation amont/aval



Cette corrélation a été étudiée plus précisément, en distinguant la période estivale du reste de l'année. Les résultats sont présentés ci-dessous.



La ressource naturelle au niveau de la station de Saint Nicolas les Citeaux est estimée à partir des débits naturels estimés sur la Vouge à Aubigny selon la formule :

$$\text{D'octobre à avril } Q_{\text{ Vouge à St Nicolas}} = 0.57275 * Q_{\text{ Vouge à Aubigny}}$$

$$\text{De mai à septembre } Q_{\text{ Vouge à St Nicolas}} = 0.47483 * Q_{\text{ Vouge à Aubigny}}$$

ETAPE 2 : INFLUENCE DE LA CENT FONTS SUR LES DÉBITS À SAINT NICOLAS

La Cent Fonts a un comportement très différent de celui des autres cours d'eau du bassin. Pour pouvoir généraliser les résultats retrouvés à Saint Nicolas, il ne faut considérer que la ressource en provenance de la Vouge, il est donc nécessaire de retirer les débits qu'apporte la Cent Fonts entre Villebichot et Saint Nicolas.

Comme cela a été vu plus haut (voir 4.2.2) on considère que 1/3 des débits arrivant à l'aval de la Cent Fonts rejoignent la Vouge à l'amont de la station de Saint Nicolas.

La part des débits de la Cent Fonts rejoignant l'aval du bassin est exprimée en fonction du débit mesuré à la station de Saulon et les quantités d'eau transférées à la Varaude.

Les apports de la Cent Fonts entre Villebichot et Saint Nicolas sont donc calculés de la façon suivante :

$$\text{Apports Cent Fonts entre Villebichot et Saint Nicolas} = \frac{1}{3} * (\text{Qnat}_{\text{Cent Fonts à Saulon}} - \text{Transfert de la Cent Fonts vers la Varaude})$$

Le transfert de la Cent Fonts vers la Varaude est calculé selon la formule présentée au paragraphe 4.2.2.

On suppose ici implicitement que les apports ayant lieu entre Saulon la Rue et l'exutoire de la Cent Fonts sont négligeables. Etant donné que l'ensemble des sources alimentant la Cent Fonts sont situées en amont de Saulon la Rue et les faibles superficies drainées par le canal à l'aval, cette approximation semble acceptable.

ETAPE 3 : GÉNÉRALISATION DES RÉSULTATS AU POINT « LA VOUGE À VILLEBICHOT » PAR CORRÉLATION SURFACIQUE

La chronique des débits de la Vouge à St Nicolas est utilisée pour calculer les débits à Villebichot, en appliquant la formule suivante (déjà présentée plus haut.) :

$$\begin{aligned} \text{Qnat}_{\text{Villebichot}} &= \frac{\text{Surf}_{\text{Villebichot}}}{\text{Surf}_{\text{station St Nicolas}}} * \text{Qnat}_{\text{Station St Nicolas sans apports de la Cent Fonts}} \\ &= \frac{\text{Surf}_{\text{Villebichot}}}{\text{Surf}_{\text{station St Nicolas}}} * (\text{Qnat}_{\text{Station St Nicolas}} - \frac{1}{3} * (\text{Qnat}_{\text{Cent Fonts à Saulon}} - \text{Transfert de CF} \Rightarrow \text{Varaude})) \end{aligned}$$

RÉSULTATS : DÉBITS NATURELS AU POINT DE RÉFÉRENCE SUR LA VOUGE À VILLEBICHOT

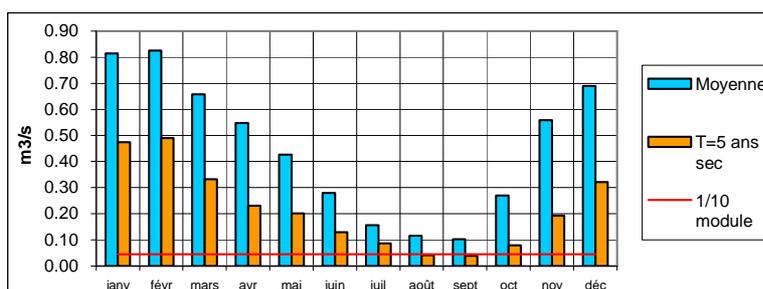
Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Analyse statistique sur la période 1990-2008

Cours d'eau : **La Vouge à Villebichot**Station : superficie contrôlée : **47 km²**Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m3/s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	0.81	0.82	0.66	0.55	0.43	0.28	0.16	0.12	0.10	0.27	0.56	0.69	0.45	10	0.045	0.023
T=10 ans sec	0.38	0.36	0.29	0.16	0.14	0.12	0.07	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.32	7		
T=5 ans sec	0.48	0.49	0.33	0.23	0.20	0.13	0.09	0.04	0.04	0.08	0.19	0.32	0.35	7		
T=2 ans	0.68	0.74	0.44	0.52	0.35	0.26	0.14	0.09	0.08	0.17	0.36	0.59	0.48	10		
T= 5 ans humide	1.06	1.06	0.83	0.85	0.61	0.36	0.21	0.15	0.18	0.30	0.81	1.06	0.54	12		
T=10 ans humide	1.26	1.25	1.19	1.02	0.78	0.52	0.25	0.26	0.21	0.53	1.23	1.20	0.58	12		



Apport en Mm3

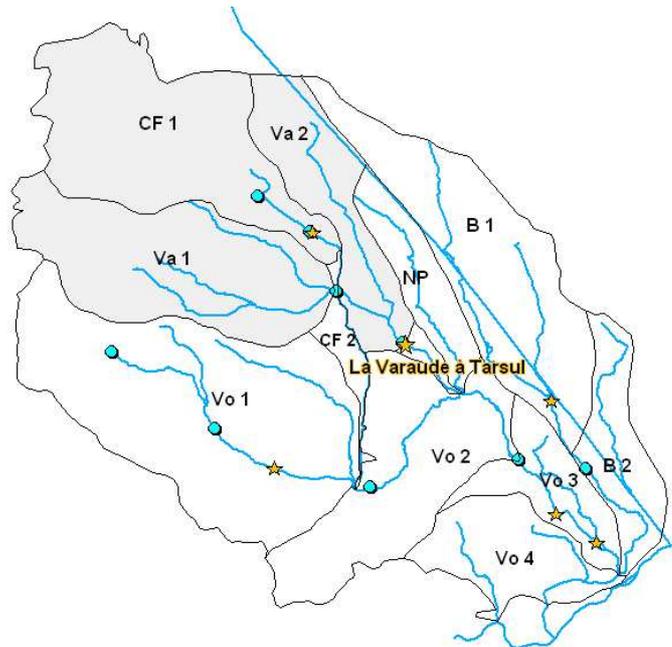
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	2.18	2.00	1.76	1.42	1.14	0.72	0.42	0.31	0.27	0.73	1.45	1.85	14.3	1.72
T=10 ans sec	1.01	0.88	0.78	0.41	0.37	0.30	0.18	0.10	0.08	0.08	0.32	0.76	10.2	0.66
T=5 ans sec	1.27	1.19	0.89	0.60	0.54	0.34	0.23	0.11	0.10	0.21	0.50	0.86	11.1	0.78
T=2 ans	1.81	1.79	1.19	1.36	0.94	0.66	0.38	0.24	0.21	0.46	0.93	1.59	15.2	1.50
T= 5 ans humide	2.83	2.56	2.22	2.20	1.64	0.93	0.56	0.40	0.48	0.80	2.10	2.83	17.1	2.37
T=10 ans humide	3.37	3.03	3.20	2.64	2.10	1.34	0.67	0.70	0.54	1.41	3.18	3.23	18.3	3.24

4.3.4 Estimation de la ressource naturelle sur la Varaude à Tarsul

LOCALISATION DU POINT DE RÉFÉRENCE

Le point de Référence « la Varaude à Tarsul » contrôle le bassin Va1 et plus de 90% du bassin Va2. Il inclut également des apports d'eau de la Cent Fonts, en provenance du bassin CF1 et d'une petite portion de CF2.

Carte 6 : La Varaude à Tarsul et les bassins impliqués



Ce point de référence correspond à une station de mesure hydrométrique.

MÉTHODE DE RECONSTITUTION DES DÉBITS NATURELS

La station de mesure a enregistré les débits de la Varaude de septembre 1992 à septembre 2003. Il existe donc une chronique de longueur convenable, mais pas suffisante pour le calage de GR2M sur la période 2003-2009.

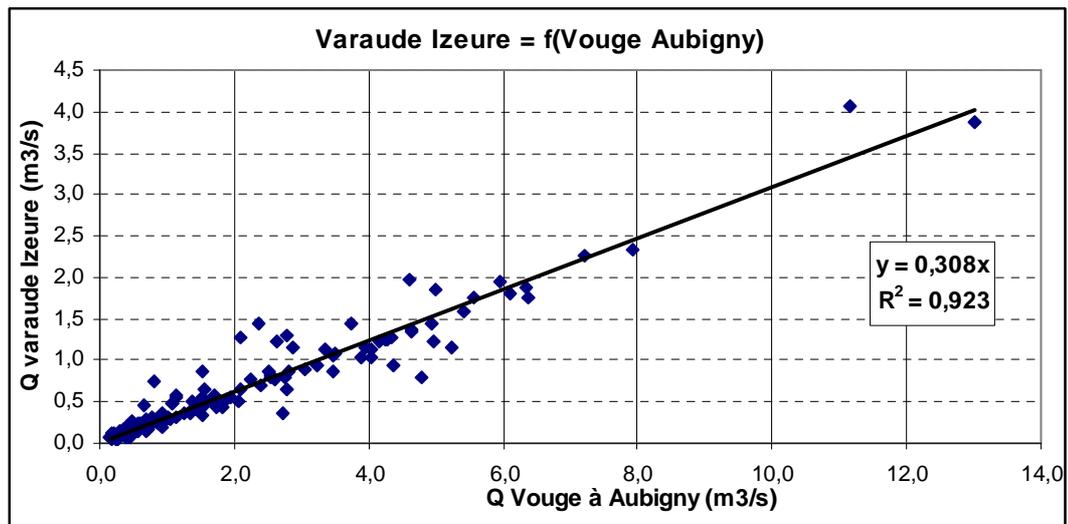
Les corrélations entre le débit de la Varaude à Tarsul et les débits mesurés au niveau d'autres stations ayant une chronique de données plus complète ont donc été recherchées.

CORRÉLATION PAR INCLUSION DE BASSIN

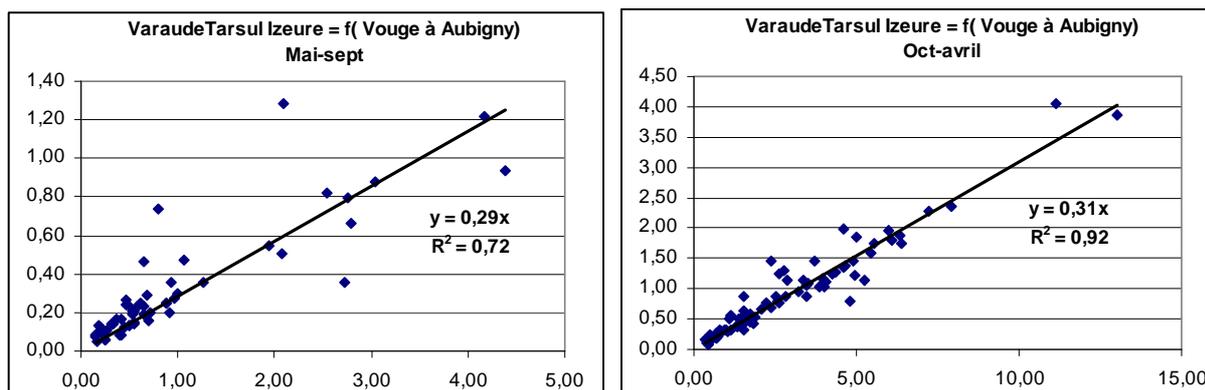
Le débit en un point aval est fonction du débit de ses affluents en amont. Les corrélations entre les débits mesurés à la station d'Aubigny et ceux mesurés à Tarsul ont été étudiées.

On note un coefficient de détermination $R^2 = 92\%$ avec 266 couples de données, ce qui est une corrélation satisfaisante.

Figure 14 : Corrélation entre deux stations hydrométriques par inclusion



Cette corrélation a été étudiée plus précisément, en distinguant la période estivale du reste de l'année. Les résultats sont présentés ci-dessous. Le coefficient de détermination en période estivale descend à 72%, ce qui reste cependant une valeur acceptable.



On reconstitue les débits de la Varaude à Tarsul en fonction des débits naturels mesurés sur la Vouge à Aubigny selon la formule :

$$\text{D'octobre à avril : } Q_{\text{Varaude à Tarsul}} = 0.309978 * Q_{\text{Vouge à Aubigny}}$$

$$\text{De mai à Septembre : } Q_{\text{Varaude à Tarsul}} = 0.28620 * Q_{\text{Vouge à Aubigny}}$$

A partir des débits naturels à Aubigny et des corrélations présentées ci-dessus on estime les débits naturels sur la Varaude à Tarsul.

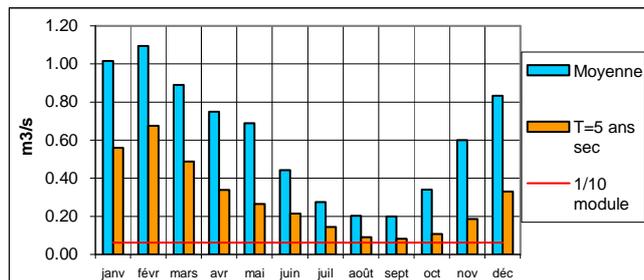
RÉSULTATS : DÉBITS NATURELS SUR LA VARAUDE À TARSUL

Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : **Varaude**Station : superficie contrôlée : **87 km² + apports de la Cent Fonts**Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m3/s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	1.02	1.09	0.89	0.75	0.69	0.44	0.27	0.20	0.20	0.34	0.60	0.83	0.61	4	0.061	0.031
T=10 ans sec	0.42	0.51	0.42	0.25	0.22	0.19	0.13	0.08	0.07	0.06	0.14	0.23	0.42	3		
T=5 ans sec	0.56	0.67	0.49	0.34	0.26	0.21	0.14	0.09	0.08	0.11	0.19	0.33	0.46	3		
T=2 ans	0.86	0.99	0.76	0.58	0.49	0.38	0.23	0.17	0.13	0.22	0.42	0.72	0.60	4		
T= 5 ans humide	1.38	1.45	1.19	0.93	0.89	0.54	0.37	0.26	0.29	0.47	1.00	1.15	0.82	6		
T=10 ans humide	1.86	1.87	1.47	1.50	1.24	0.80	0.44	0.35	0.37	0.66	1.11	1.49	0.88	6		



Apport en Mm3

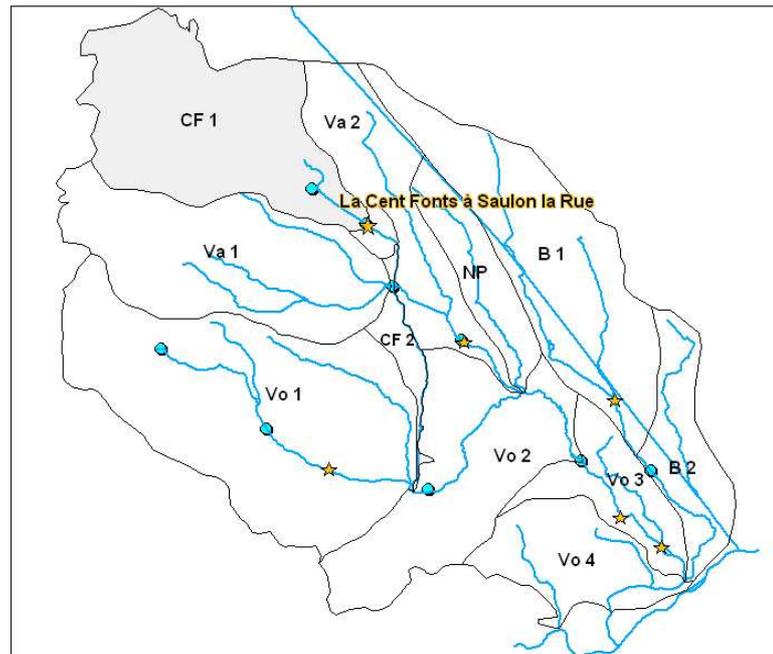
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	2.72	2.65	2.38	1.94	1.84	1.15	0.74	0.54	0.52	0.91	1.56	2.23	19.3	2.94
T=10 ans sec	1.13	1.23	1.12	0.66	0.58	0.49	0.34	0.22	0.19	0.15	0.36	0.60	13.2	1.24
T=5 ans sec	1.50	1.63	1.30	0.88	0.71	0.55	0.39	0.24	0.21	0.29	0.48	0.88	14.4	1.39
T=2 ans	2.30	2.40	2.04	1.52	1.31	0.99	0.61	0.45	0.34	0.58	1.09	1.93	19.0	2.38
T= 5 ans humide	3.69	3.50	3.18	2.41	2.39	1.41	0.99	0.70	0.75	1.25	2.58	3.08	25.8	3.86
T=10 ans humide	4.99	4.52	3.93	3.89	3.31	2.07	1.18	0.95	0.97	1.76	2.88	3.98	27.6	5.16

4.3.5 Estimation de la ressource naturelle sur la Cent Fonts à Saulon-la-Rue

LOCALISATION DU POINT DE RÉFÉRENCE

Le point de Référence « la Cent Fonts à Saulon la Rue » contrôle plus de 90% du bassin CF1. L'ensemble des sources alimentant la Cent Fonts sont à l'amont de ce point.

Carte 7 : La Cent Fonts et les bassins impliqués



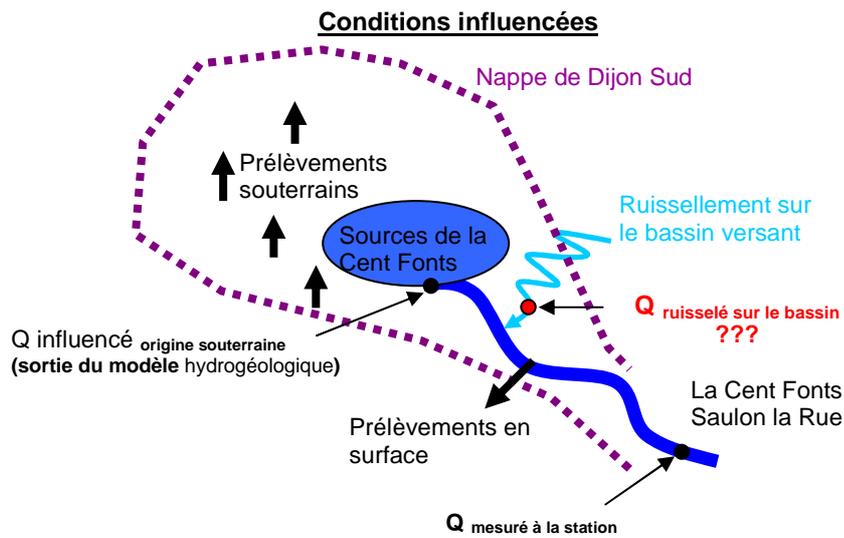
Ce point de référence correspond à une station de mesure hydrométrique.

MÉTHODE DE RECONSTITUTION DES DÉBITS NATURELS

Les résultats du modèle hydrogéologique ont été utilisés pour déterminer la ressource naturelle au niveau de la Cent Fonts à Saulon la Rue. Le travail a été décomposé en 2 étapes

Etape 1 : détermination de la part des débits d'origine souterraine et du ruissellement dans les débits mesurés sur la Cent Fonts à Saulon la Rue

Le modèle hydrogéologique permet d'obtenir une série de débits influencés en provenance de la nappe. Ces valeurs sont comparées aux débits mesurés à la station hydrométrique de Saulon la Rue. La différence entre les deux séries permet d'estimer la part des débits ruisselés sur le bassin dans les débits mesurés à la station de Saulon.



$$Q_{\text{ruisselé sur le bassin de Saulon}} = Q_{\text{mesuré à la station de Saulon}} - Q_{\text{d'origine souterraine}} + \text{Prélèvements surface}$$

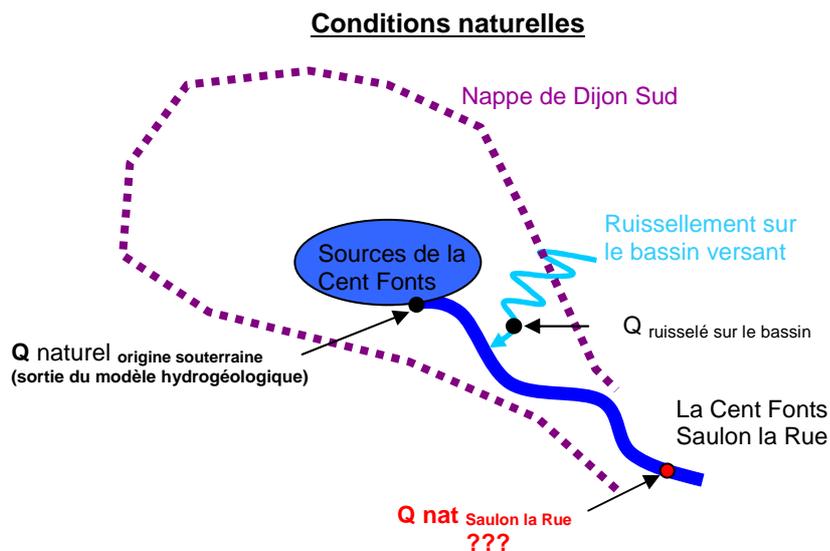
En l'absence de prélèvements significatifs sur les eaux de surface on a :

$$Q_{\text{ruisselé sur le bassin de Saulon}} = Q_{\text{mesuré à la station de Saulon}} - Q_{\text{d'origine souterraine}}$$

Le débit ruisselé est ainsi déterminé sur toute la chronique de 1990 à 2008.

Etape 2 : Reconstitution des débits naturels à Saulon la Rue à partir des composantes souterraines et de surface

A partir du débit d'origine souterraine obtenu en sortie du modèle hydrogéologique en régime naturel et des débits ruisselés sur le bassin calculés en étape 1, on peut reconstituer les débits naturels au niveau de la station de Saulon.



$$Q_{\text{naturel Saulon la Rue}} = Q_{\text{naturel d'origine souterraine}} + Q_{\text{ruisselé sur le bassin de Saulon}}$$

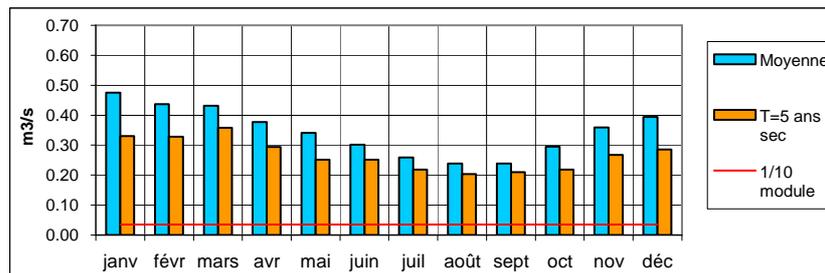
Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Analyse statistique sur la période 1990-2008

Cours d'eau : **Cent Fonts à saulon la Rue**
 Station : superficie contrôlée : **52 km²**
 Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m3/s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	0.48	0.44	0.43	0.38	0.34	0.30	0.26	0.24	0.24	0.29	0.36	0.39	0.35	6.6	0.035	0.017
T=10 ans sec	0.28	0.29	0.32	0.26	0.24	0.24	0.20	0.17	0.18	0.22	0.26	0.27	0.25	4.8		
T=5 ans sec	0.33	0.33	0.36	0.29	0.25	0.25	0.22	0.20	0.21	0.22	0.27	0.29	0.29	5.7		
T=2 ans sec	0.44	0.43	0.38	0.35	0.33	0.29	0.26	0.24	0.23	0.28	0.31	0.36	0.35	6.6		
T= 5 ans humide	0.53	0.51	0.47	0.43	0.43	0.35	0.29	0.27	0.27	0.31	0.47	0.46	0.39	7.4		
T=10 ans humide	0.60	0.55	0.59	0.53	0.46	0.37	0.31	0.29	0.29	0.35	0.55	0.58	0.41	7.9		



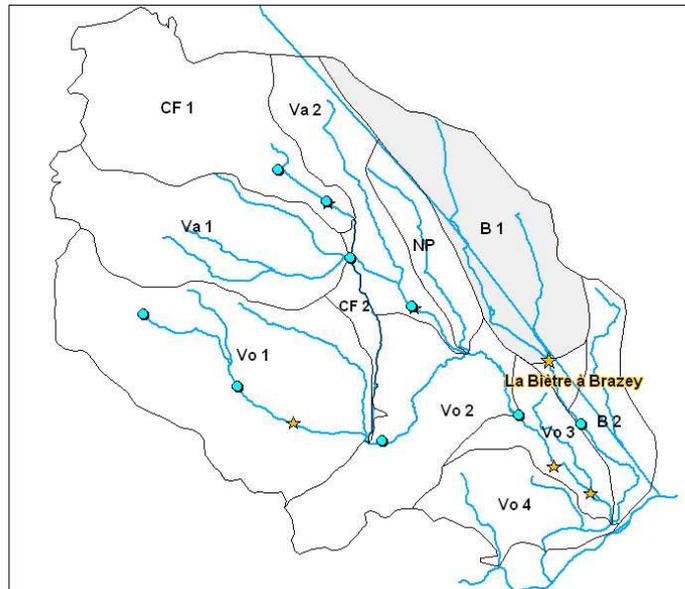
Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	1.27	1.06	1.16	0.98	0.91	0.78	0.69	0.64	0.62	0.79	0.93	1.05	10.9	2.73
T=10 ans sec	0.74	0.71	0.86	0.68	0.65	0.61	0.53	0.46	0.47	0.58	0.66	0.72	7.9	2.07
T=5 ans sec	0.88	0.79	0.96	0.76	0.67	0.65	0.58	0.54	0.54	0.59	0.69	0.76	9.3	2.32
T=2 ans	1.17	1.04	1.02	0.92	0.88	0.75	0.69	0.64	0.61	0.74	0.81	0.96	10.9	2.69
T= 5 ans humide	1.41	1.24	1.27	1.13	1.14	0.91	0.78	0.72	0.71	0.84	1.21	1.22	12.1	3.13
T=10 ans humide	1.60	1.33	1.57	1.39	1.24	0.97	0.82	0.77	0.74	0.95	1.43	1.56	13.0	3.29

4.3.6 Estimation de la ressource naturelle sur la Bièvre à Brazey-en-Plaine

LOCALISATION DU POINT DE RÉFÉRENCE

Carte 8 : La Bièvre à Brazey et les bassins impliqués



La surface considérée dans les calculs ci-dessous est la surface du bassin versant à l'amont du point de référence, c'est-à-dire 52 km².

APPORTS EN PROVENANCE DE L'OUCHE ET DU CANAL DE BOURGOGNE

Apports en provenance de l'ouche

Comme détaillé dans le rapport consacré à la nappe de la Bièvre (Etude des volumes prélevables du bassin versant de la Vouge, Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes, Nappe de la Bièvre) des apports en provenance de la nappe alluviale de l'Ouche ont lieu.

Compte tenu des caractéristiques hydrogéologiques du secteur, cet apport d'eau souterraine est compris entre 30 et 300 l/s, et la valeur finalement retenue est celle d'un apport allant de 200 à 250 l/s. Cela est cohérent avec les études antérieures (Gaucher, 2000 ; Muchembled, 2008) qui estimaient l'apport de l'appareil alluvial de l'Ouche à la nappe de la Bièvre à un débit fictif de 200 à 240 l/s.

Ces apports étant naturels ils sont inclus dans les résultats présentés ci-dessous.

Apports en provenance du canal de Bourgogne

Les fuites du canal de Bourgogne peuvent être conséquentes et sont estimées sur le tronçon allant de Bretenière à Longecourt à environ 2 000 000 m³/an, soit plus de 60 l/s. Les fuites sont considérées comme constantes au cours de l'année, à l'exception d'un secteur à Longecourt en Plaine où elles augmentent en période estivale en raison d'interactions avec la nappe phréatique.

Pour la naturalisation des débits, on a retenu un apport du canal de Bourgogne de l'ordre de 60 l/s d'octobre à juin, et de 65 l/s de juillet à septembre.

Sur le tronçon aval au point de référence sur la Bièvre, les fuites du canal sont encore plus conséquentes, notamment au niveau de Saint Usage où un aqueduc endommagé (depuis environ 5 ans) fuit de façon de plus en plus importante et entraîne le déversement d'un débit de l'ordre de l'ordre de 10 000 m³/j (soit plus de 100 l/s) dans le bassin de la Vouge.

Deux hypothèses sont possibles quant aux apports liés aux fuites du canal de Bourgogne :

- ▶ soit ces apports sont considérées comme une donnée structurelle et faisant donc partie du débit naturel de la Bièvre
- ▶ soit comme un débit qui pourrait ne plus exister si l'intégralité des fuites du canal sont réparées. Etant donné les travaux que représentent l'étanchéification totale d'un tel canal, la première hypothèse sera privilégiée dans la suite du travail.

MÉTHODE

La ressource naturelle au niveau du point de référence de la Bièvre à Brazey à été déterminée en plusieurs étapes :

- ▶ Etape 1 : Détermination des débits naturels au niveau de la station hydrométrique de la Bièvre à Brazey (légèrement en aval du point de référence)
- ▶ Etape 2 : Généralisation au point de référence par corrélation surfacique

ETAPE 1 : DÉTERMINATION DES DÉBITS NATURELS À LA STATION HYDROMÉTRIQUE SUR LA BIÈVRE À BRAZEY

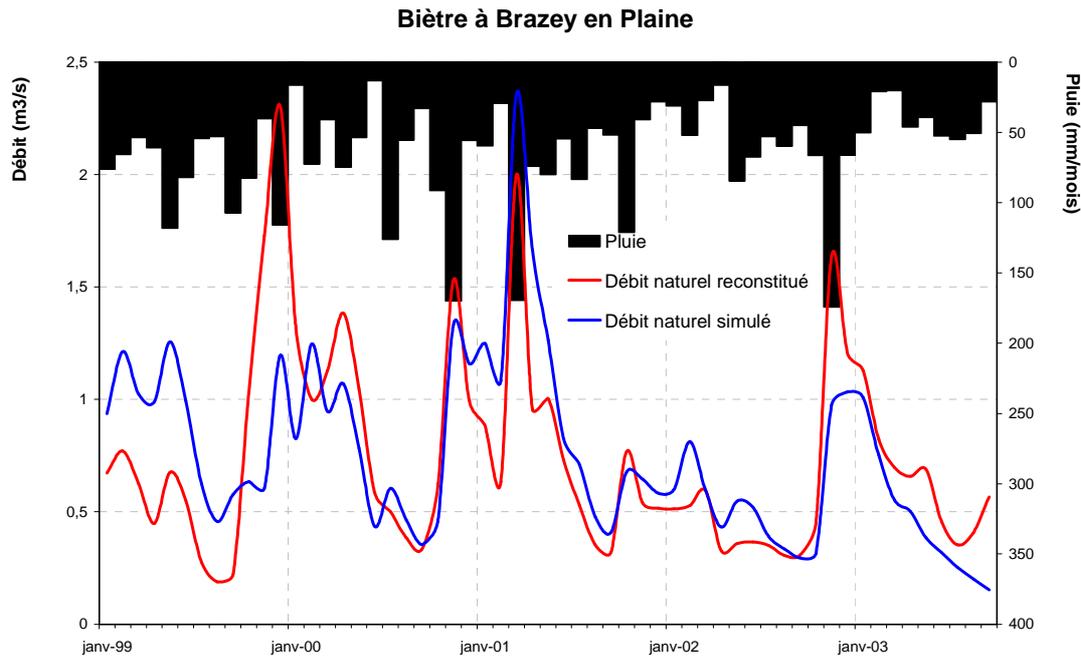
Différentes approches ont été testées pour estimer la ressource du bassin de la Bièvre. Elles sont détaillées dans les paragraphes ci-dessous.

Modélisation avec GR2M (non retenue)

La station hydrométrique de Brazey-en-Plaine n'a que peu de données sur la période de calage. Les mesures de la station concernent les périodes de septembre 1992 à septembre 2003, puis de janvier à octobre 2008 et enfin de février 2009 à aujourd'hui.

Le débit a été naturalisé en prenant en compte non seulement les données de prélèvement, mais également les informations obtenues sur les fuites du canal de Bourgogne (en revanche, on considère toujours les apports de l'Ouche comme naturels).

Le calage obtenu avec GR2M est médiocre, le critère de Nash ne dépasse pas 65%, le graphique ci-dessous présente les courbes des débits naturels simulés et reconstitués sur la période de calage.



Des essais ont été réalisés

- Sans prendre en compte d'apport lié aux fuites du canal de Bourgogne
- en changeant les hypothèses sur les prélèvements et en considérant que l'ensemble des prélèvements sont tels que $P_{\text{eq}}=P$.

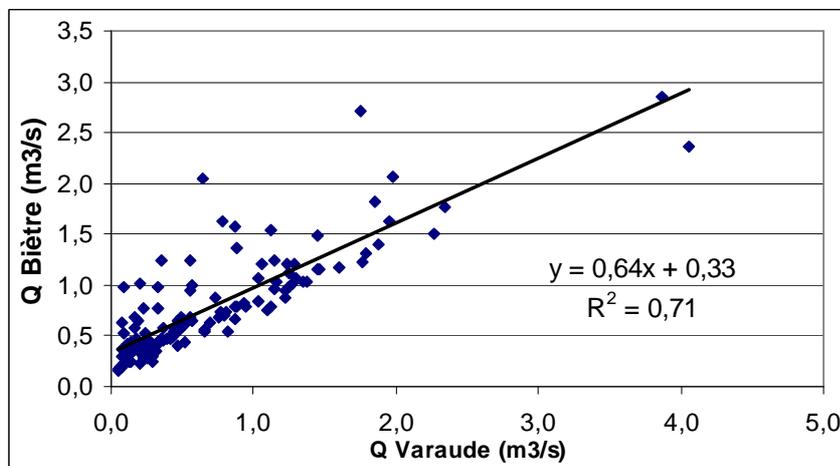
Les résultats obtenus sont très similaires à ceux présentés ci-dessus et le calage du modèle n'est pas amélioré.

Corrélation avec des stations hydrométriques voisines (méthode finalement retenue)

Les corrélations avec les stations voisines ont également été étudiées.

Les meilleures corrélations sont obtenues avec les stations de la Varaude à Tarsul et de la Vouge à Aubigny, mais comme le montre le graphique ci-dessous, ces corrélations restent médiocres. Le coefficient de détermination obtenu est de 71%.

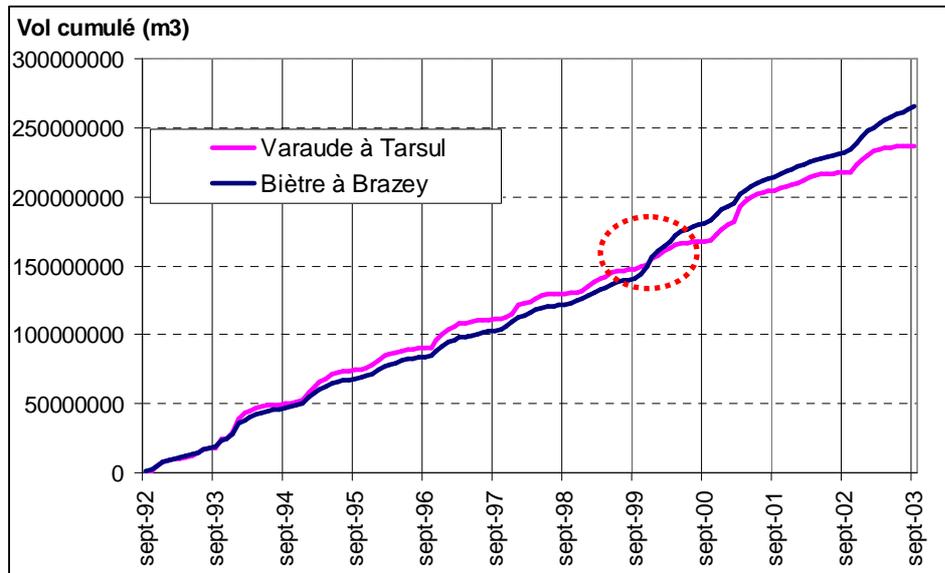
Figure 15 : Corrélation des stations de la Bièvre à Brazey et de la Varaude à Tarsul



Après consultation de la DREAL, il s'avère qu'aucune station sur des bassins versants voisins n'ont été identifiées comme bien corrélée à la station de Brazey.

Cependant, l'examen des volumes cumulés mesurés à Tarsul et Brazey montrent une anomalie. A partir de l'année 1999, le rapport entre les deux stations n'est plus le même et les volumes passant dans la Bièvre croissent plus rapidement.

Figure 16 : Double cumul des volumes mesurés sur la Bièvre à Brazey et sur la Varaude à Tarsul



L'étude des corrélations entre station a donc été reprise en prenant en compte séparément les années de 1992 à 1998 et celles de 1999 à 2003.

Les résultats sont présentés ci-dessous pour les corrélations obtenues avec la Varaude et la Vouge à Aubigny.

Figure 17 : Corrélation des stations hydrométriques de la Bièvre à Brazey et de la Varaude à Tarsul sur les périodes 1992-1998 et 1999-2003

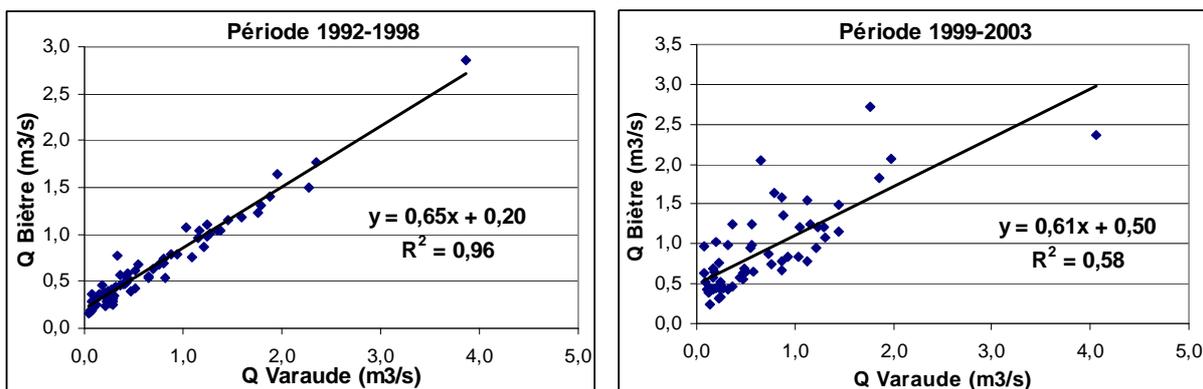
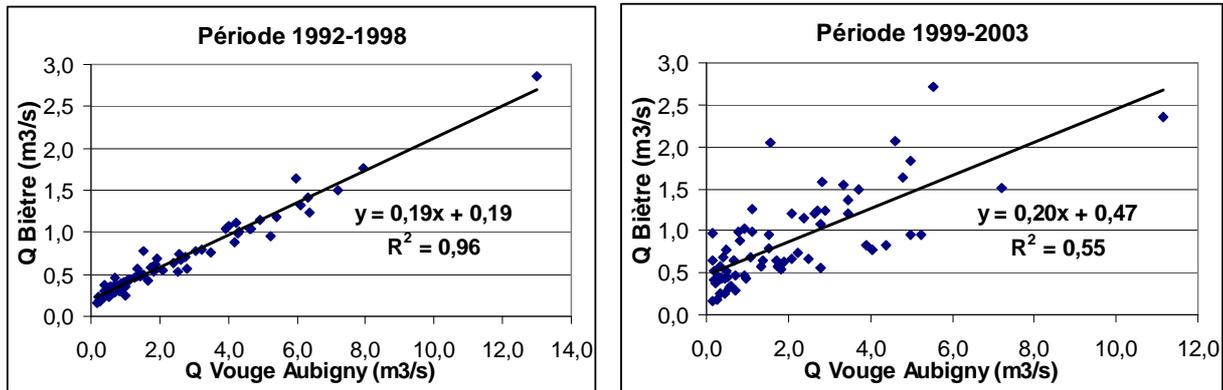


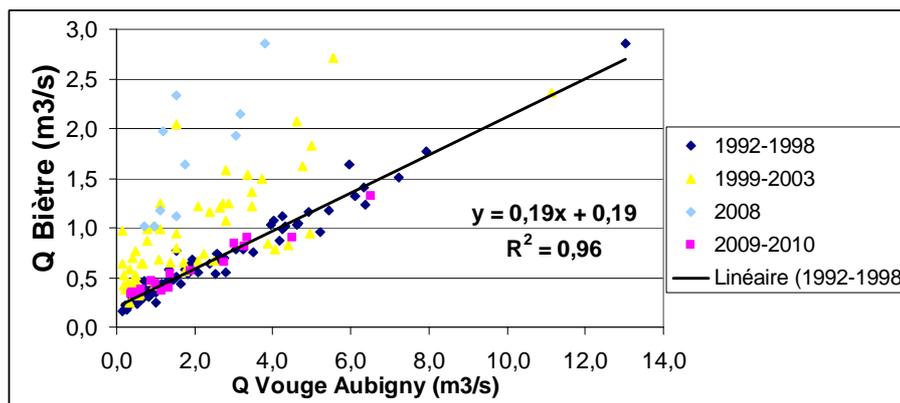
Figure 18 Corrélation des stations hydrométriques de la Bièvre à Brazey et de la Vouge à Aubigny sur les périodes 1992-1998 et 1999-2003



Sur la période 1992 à 1998, les corrélations obtenues sont très satisfaisantes.

Au niveau des stations de Brazey et Aubigny, quelques données sont disponibles pour les années 2008, 2009 et 2010. Les différentes séries ont été représentées sur le même graphique et sont présentées ci-dessous :

Figure 19 : Corrélations des débits de la Vouge à Aubigny et de la Bièvre à Brazey par période, sur les données disponibles de 1998 à 2010



Il semble que pour les années 1999 à 2003 et les données de 2008, la station de Brazey aient un comportement particulier, pouvant être lié à un changement dans le suivi de la station, un détarage, à un changement dans les prélèvements/rejets sur cette période dans le bassin versant... Etant donné les caractéristiques de la station de Brazey (envahissement par les herbes en été) et le besoin de suivi très régulier que cela implique pour la correction des données, un déficit de suivi et de correction des données sur la période 1999-2003 et 2008 paraît être l'explication à privilégier.

En revanche, il semble qu'à partir de 2009, les données mesurées retrouvent le même type de comportement qu'au cours des années 1992-1998.

Pour l'estimation des débits naturels, on utilisera donc la relation de corrélation entre la Vouge à Aubigny et la Bièvre à Brazey calculée sur la période 1992-1998, qui semble également correspondre à la relation actuelle des débits des deux stations. (Remarque : on n'utilise pas les apports de l'Ouche et du canal du Bourgogne qui avec cette méthode sont intégrés implicitement).

On a donc :

$$Q_{\text{nat}} \text{ Bièvre à Brazey} = 0.192461 \cdot Q_{\text{nat}} \text{ Vouge à Aubigny} + 0.194666$$

ETAPE 2 GÉNÉRALISATION AU POINT DE RÉFÉRENCE PAR CORRÉLATION SURFACIQUE

La corrélation avec la station de la Vouge à Aubigny a permis de reconstituer la ressource au niveau de la station hydrométrique de Brazey en Plaine (située légèrement à l'aval du point de référence et contrôle un bassin versant d'environ 56 km²).

La ressource au niveau du point de référence a été calculé par corrélation surfacique, selon la formule suivante :

$$Q_{nat \text{ point ref}} = Q_{nat \text{ station}} * \text{Surf}_{BV \text{ point Ref}} / \text{Surf}_{BV \text{ station}}$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Analyse statistique sur la période 1970-2009

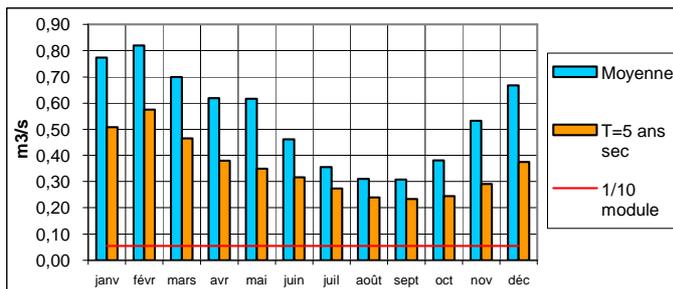
Cours d'eau : **Bièvre à Brazey**

Station : superficie contrôlée : **52 km²**

Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m3/s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	0,77	0,82	0,70	0,62	0,62	0,46	0,36	0,31	0,31	0,38	0,53	0,67	0,55	10	0,055	0,027
T=10 ans sec	0,43	0,48	0,43	0,33	0,32	0,30	0,26	0,24	0,23	0,21	0,26	0,31	0,43	8		
T=5 ans sec	0,51	0,57	0,47	0,38	0,35	0,32	0,27	0,24	0,23	0,25	0,29	0,37	0,45	9		
T=2 ans	0,68	0,76	0,63	0,52	0,49	0,42	0,33	0,29	0,26	0,31	0,43	0,60	0,54	10		
T= 5 ans humide	0,98	1,03	0,87	0,72	0,74	0,53	0,42	0,35	0,37	0,45	0,76	0,85	0,67	13		
T=10 ans humide	1,27	1,27	1,04	1,06	0,96	0,69	0,46	0,41	0,42	0,57	0,83	1,05	0,71	14		



Apport en Mm3

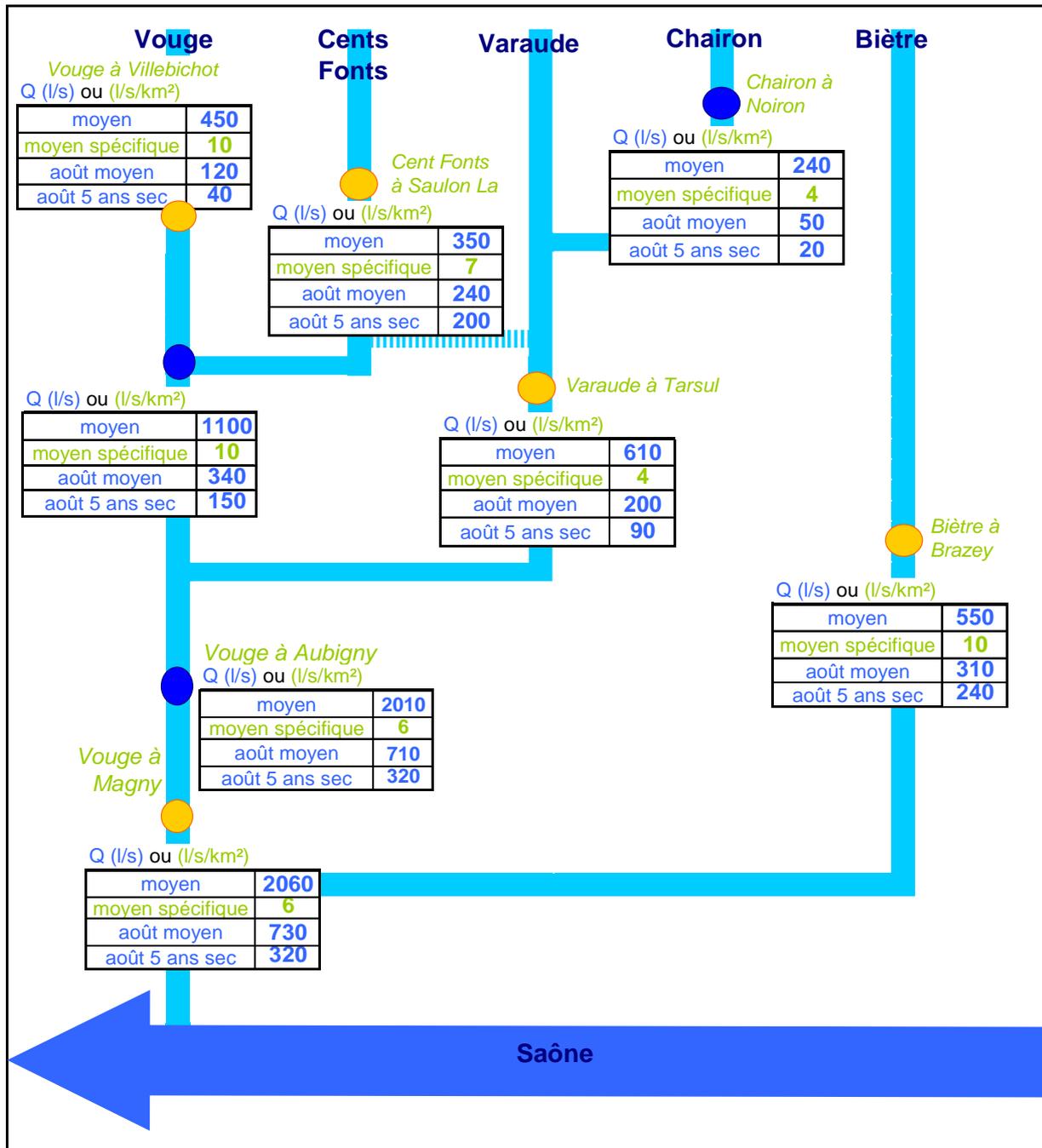
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	2,07	1,98	1,88	1,60	1,65	1,20	0,95	0,83	0,80	1,02	1,38	1,79	17,2	3,78
T=10 ans sec	1,15	1,16	1,14	0,85	0,86	0,78	0,71	0,63	0,59	0,58	0,68	0,84	13,5	2,71
T=5 ans sec	1,36	1,39	1,25	0,98	0,93	0,82	0,73	0,64	0,61	0,66	0,75	1,00	14,3	2,80
T=2 ans	1,83	1,84	1,68	1,36	1,31	1,10	0,87	0,77	0,68	0,83	1,11	1,61	17,0	3,42
T= 5 ans humide	2,64	2,48	2,34	1,88	1,99	1,36	1,11	0,93	0,95	1,22	1,98	2,28	21,0	4,36
T=10 ans humide	3,40	3,07	2,78	2,74	2,58	1,78	1,23	1,09	1,08	1,51	2,15	2,81	22,3	5,18

4.4 BILAN DES RÉSULTATS OBTENUS

La figure ci-dessous illustre le bilan des débits naturalisés depuis 1970 sur les cours d'eau ayant fait l'objet d'une reconstitution.

Cette figure permet de comprendre la contribution naturelle statistique des cours d'eau aux écoulements.

Figure 20 : Bilan des débits naturalisés aux niveau des points de référence (points jaunes) et des principales stations hydrométriques utilisées (point bleus)



Les débits naturels retrouvés sur la Bièvre sont relativement importants comparés à ceux des autres sous-bassins. Ceci s'explique par les apports liés aux fuites du canal de Bourgogne, par une alimentation par l'Ouche ou encore la drainance des aquifères profonds (Dijon Sud). Davantage de détails sur ces points sont présentés dans le rapport consacré à l'hydrogéologie.

COMPARAISON DES DÉBITS NATURELS ET DES DÉBITS MESURÉS AUX STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Le tableau ci-dessous met en parallèle les résultats obtenus de débits naturels aux différents points de référence et les débits mesurés aux stations hydrométriques pour la période 1996-2000 où l'ensemble des données sont disponibles.

Tableau 10 : Comparaison des débits naturels et des débits mesurés aux stations hydrométriques du bassin versant de la Vouge.

Station/Point de référence	Type	Surf BV (km ²)	Débit moyen période 1996-2000			
			Qinf (l/s)		Qnat (l/s)	
			Annuel	Août	Annuel	Août
Vouge à Villebichot	Point de référence	47	-	-	470	90
Vouge à Saint Nicolas	Station hydro	109	1140	150	-	-
Vouge à Aubigny	Point de référence et Station hydro	312	2160	300	2060	540
Vouge à Magny/Esbarres	Point de référence	320	-	-	2110	550
Cent Fonts à Saulon la Rue	Point de référence et Station hydro	52	290	180	360	240
Chairon à Noiron	Station hydro	56	330	210	-	-
Varaude à Tarsul	Point de référence et Station hydro	87	620	110	630	150
Bièvre à Brazey en Plaine	Point de référence	52	-	-	550	280
Bièvre à Brazey en plaine	Station hydro	56	(750)	260	-	-

En période estivale, les débits mesurés aux stations sont généralement inférieurs aux débits naturels en raison d'une plus forte demande en eau, notamment agricole.

L'importance du débit moyen annuel mesuré à la station hydrométrique sur la Bièvre à Brazey comparé au débit naturel estimé au point de référence peut paraître surprenant étant donné que sur ce bassin des prélèvements ont lieu tout au long de l'année sans être compensés par des restitutions via les STEP. Cela est lié au problème de données sur la station hydrométrique pour les années 1999 à 2003 (voir paragraphe 4.3.6) pour lesquelles les débits mesurés sont anormalement élevés. La moyenne annuelle des années 1996 à 1998 ne dépasse pas 540 l/s.

Pour la Vouge à Aubigny et la Varaude à Tarsul, on rappelle ci-après les résultats détaillés des débits influencés et des débits naturels reconstitués :

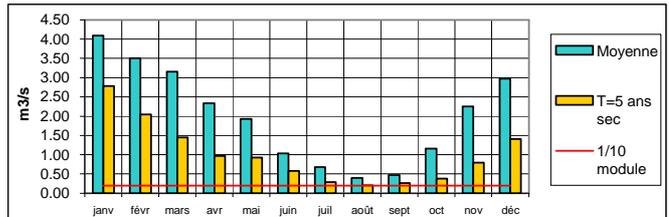
Analyse statistique sur la période 09/1992-06/2010 (17 années de mesure)

Cours d'eau : **La Vouge à Aubigny**
 Station : **U1415040** superficie contrôlée : **312 km²**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	4.09	3.50	3.16	2.33	1.93	1.03	0.68	0.40	0.47	1.15	2.25	2.97	1.98	6	0.198	0.099
T=10 ans sec	1.68	1.70	1.21	0.91	0.70	0.49	0.25	0.17	0.23	0.35	0.72	1.25	1.23	4		
T=5 ans sec	2.79	2.05	1.45	0.96	0.92	0.58	0.29	0.21	0.26	0.38	0.79	1.40	1.51	5		
T=2 ans	3.25	3.41	2.31	2.06	1.40	0.70	0.53	0.36	0.44	0.66	1.45	2.83	2.16	7		
T= 5 ans humide	5.05	4.86	3.81	3.27	2.77	1.31	0.69	0.50	0.56	1.31	4.10	4.22	2.40	8		
T=10 ans humide	6.60	5.63	5.71	4.22	4.23	2.22	0.96	0.66	0.88	1.53	4.73	5.11	2.57	8		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.369	1.2	0.222	0.7	0.322	1.0
T=10 ans sec (m3/s)	0.163	0.5	0.115	0.4	0.146	0.5
T=5 ans sec (m3/s)	0.181	0.6	0.136	0.4	0.179	0.6
T=2 ans (m3/s)	0.323	1.0	0.199	0.6	0.314	1.0
T= 5 ans humide (m3/s)	0.505	1.6	0.305	1.0	0.449	1.4
T=10 ans humide (m3/s)	0.557	1.8	0.380	1.2	0.499	1.6



Apport en Mm3

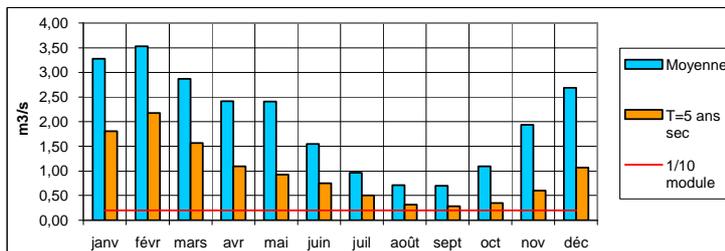
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	10.96	8.48	8.46	6.05	5.17	2.67	1.81	1.06	1.22	3.09	5.84	7.96	62.4	6.77
T=10 ans sec	4.50	4.12	3.23	2.36	1.89	1.28	0.68	0.45	0.58	0.94	1.86	3.34	38.7	2.99
T=5 ans sec	7.47	4.95	3.87	2.50	2.47	1.51	0.77	0.56	0.68	1.02	2.06	3.76	47.5	3.52
T=2 ans	8.70	8.24	6.19	5.33	3.76	1.82	1.41	0.96	1.13	1.77	3.75	7.58	68.1	5.33
T= 5 ans humide	13.52	11.77	10.21	8.48	7.41	3.39	1.85	1.34	1.46	3.50	10.63	11.29	75.8	8.05
T=10 ans humide	17.68	13.63	15.29	10.93	11.33	5.74	2.58	1.76	2.29	4.10	12.27	13.69	81.2	12.37

Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : **La Vouge à Aubigny**
 Station : **U1415040** superficie contrôlée : **312 km²**
 Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	3.28	3.53	2.87	2.41	2.41	1.55	0.96	0.71	0.70	1.10	1.94	2.69	2.01	6	0.201	0.101
T=10 ans sec	1.36	1.63	1.35	0.82	0.76	0.66	0.45	0.29	0.25	0.18	0.44	0.73	1.36	4		
T=5 ans sec	1.80	2.17	1.57	1.09	0.92	0.75	0.50	0.32	0.29	0.35	0.60	1.07	1.50	5		
T=2 ans	2.77	3.20	2.45	1.89	1.71	1.33	0.79	0.58	0.45	0.70	1.36	2.32	1.98	6		
T= 5 ans humide	4.44	4.67	3.83	3.00	3.11	1.90	1.29	0.91	1.02	1.50	3.21	3.71	2.68	9		
T=10 ans humide	6.01	6.03	4.73	4.84	4.32	2.78	1.53	1.24	1.30	2.12	3.59	4.80	2.90	9		



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	8,77	8,54	7,68	6,26	6,44	4,01	2,57	1,90	1,81	2,94	5,02	7,19	63,4	10,29
T=10 ans sec	3,65	3,95	3,62	2,11	2,04	1,72	1,20	0,78	0,65	0,48	1,15	1,94	42,9	4,35
T=5 ans sec	4,83	5,26	4,20	2,83	2,47	1,94	1,35	0,85	0,74	0,93	1,56	2,85	47,3	4,87
T=2 ans	7,41	7,74	6,57	4,89	4,58	3,46	2,12	1,56	1,17	1,88	3,52	6,21	62,5	8,31
T= 5 ans humide	11,90	11,29	10,25	7,78	8,34	4,93	3,46	2,45	2,64	4,02	8,33	9,93	84,7	13,47
T=10 ans humide	16,11	14,58	12,67	12,56	11,58	7,22	4,11	3,32	3,38	5,68	9,29	12,85	91,5	18,03



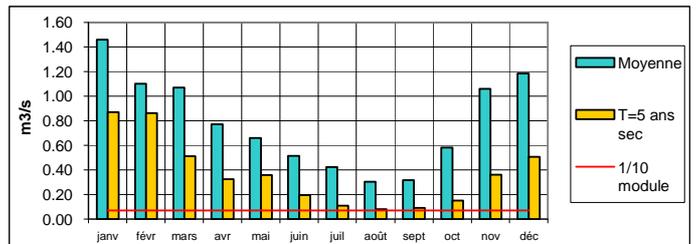
Analyse statistique sur la période 09/1992 à 10/2003 puis 2010 (9 années de mesure)

Cours d'eau : **La Varaude à Izeure**
 Station : **U1416010** superficie contrôlée : **87 km² + apports de la Cent Fonts**
 Type de débit : **OBSERVE**

Débit en m3/s

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod	
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s	
Moyenne	1.46	1.10	1.07	0.77	0.66	0.52	0.42	0.30	0.32	0.58	1.06	1.19	1.19	0.70	5	0.070	0.035
T=5 ans sec	0.87	0.86	0.51	0.32	0.36	0.20	0.11	0.08	0.09	0.15	0.36	0.51	0.51	0.56	4		
T=2 ans	1.25	1.09	0.69	0.48	0.46	0.29	0.21	0.13	0.14	0.22	0.65	1.24	1.24	0.70	5		
T= 5 ans humide	1.87	1.40	1.12	1.15	0.88	0.69	0.47	0.17	0.25	0.56	1.96	1.76	1.76	0.76	5		

(F expérimentales)	QMNA		VCN 3		VCN 30	
	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²	m3/s	l/s/km ²
Moyenne (m3/s)	0.260	1.8	0.081	0.5	0.112	0.8
T=5 ans sec (m3/s)	0.067	0.5	0.035	0.2	0.063	0.4
T=2 ans (m3/s)	0.135	0.9	0.081	0.5	0.109	0.7
T= 5 ans humide (m3/s)	0.184	1.2	0.108	0.7	0.132	0.9



Apport en Mm3

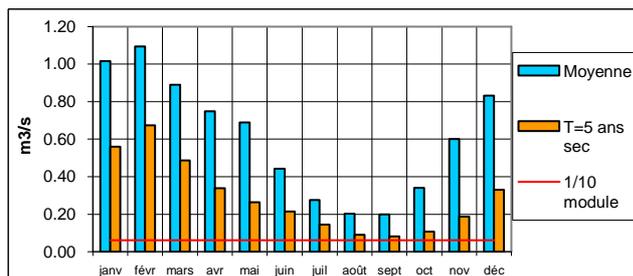
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	3.91	2.67	2.87	2.00	1.77	1.34	1.13	0.81	0.82	1.56	2.75	3.17	22.0	4.11
T=5 ans sec	2.33	2.09	1.37	0.84	0.96	0.51	0.29	0.22	0.24	0.41	0.94	1.35	17.5	1.25
T=2 ans	3.34	2.64	1.85	1.24	1.24	0.76	0.56	0.36	0.36	0.58	1.68	3.32	22.1	2.03
T= 5 ans humide	5.01	3.40	3.01	2.97	2.35	1.80	1.25	0.45	0.64	1.49	5.08	4.70	23.8	4.14

Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : **Varaude**
 Station : superficie contrôlée : **87 km² + apports de la Cent Fonts**
 Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

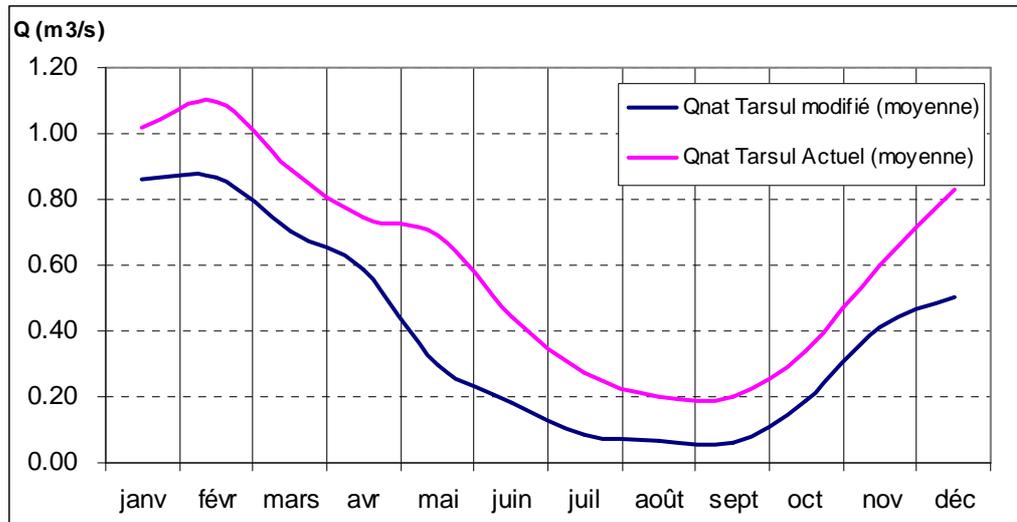
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
													m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	1.02	1.09	0.89	0.75	0.69	0.44	0.27	0.20	0.20	0.34	0.60	0.83	0.61	4	0.061	0.031
T=10 ans sec	0.42	0.51	0.42	0.25	0.22	0.19	0.13	0.08	0.07	0.06	0.14	0.23	0.42	3		
T=5 ans sec	0.56	0.67	0.49	0.34	0.26	0.21	0.14	0.09	0.08	0.11	0.19	0.33	0.46	3		
T=2 ans	0.86	0.99	0.76	0.58	0.49	0.38	0.23	0.17	0.13	0.22	0.42	0.72	0.60	4		
T= 5 ans humide	1.38	1.45	1.19	0.93	0.89	0.54	0.37	0.26	0.29	0.47	1.00	1.15	0.82	6		
T=10 ans humide	1.86	1.87	1.47	1.50	1.24	0.80	0.44	0.35	0.37	0.66	1.11	1.49	0.88	6		



Apport en Mm3

(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	2.72	2.65	2.38	1.94	1.84	1.15	0.74	0.54	0.52	0.91	1.56	2.23	19.3	2.94
T=10 ans sec	1.13	1.23	1.12	0.66	0.58	0.49	0.34	0.22	0.19	0.15	0.36	0.60	13.2	1.24
T=5 ans sec	1.50	1.63	1.30	0.88	0.71	0.55	0.39	0.24	0.21	0.29	0.48	0.88	14.4	1.39
T=2 ans	2.30	2.40	2.04	1.52	1.31	0.99	0.61	0.45	0.34	0.58	1.09	1.93	19.0	2.38
T= 5 ans humide	3.69	3.50	3.18	2.41	2.39	1.41	0.99	0.70	0.75	1.25	2.58	3.08	25.8	3.86
T=10 ans humide	4.99	4.52	3.93	3.89	3.31	2.07	1.18	0.95	0.97	1.76	2.88	3.98	27.6	5.16

Figure 21 : Modification des débits sur le Varaude à Tarsul sous l'effet d'une modification du fonctionnement de la Cent Fonts



L'absence de transfert depuis la Cent Fonts vers la Varaude entraîne une diminution de l'ordre 65% de la ressource disponible sur la Varaude en année moyenne en période d'étiage.

ESTIMATION DES DÉBITS SUR LA VOUGE À SAINT NICOLAS EN SUPPOSANT L'ARRÊT DE L'ALIMENTATION PAR LA CENT FONTS

Si l'alimentation de la Varaude par la Cent Fonts était stoppée et que l'intégralité des débits rejoignaient la Vouge au niveau de l'abbaye de Citeaux, les débits obtenus sur la Vouge au niveau de la station hydrométrique de Saint Nicolas les Citeaux seraient les suivants :

Analyse statistique sur la période 1990-2008

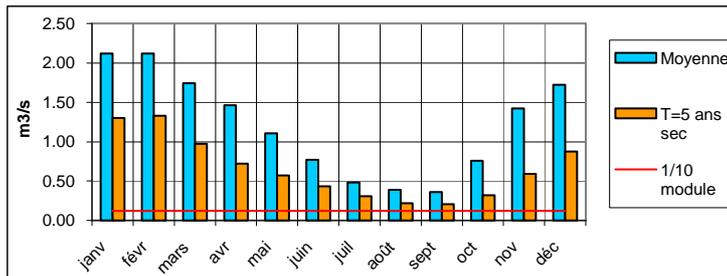
Cours d'eau : **La Vouge St Nicolas si l'intégralité du débit de la Cent Fonts rejoint la Vouge**

Station : superficie contrôlée : **108 km²**

Type de débit : **SIMULE NATUREL**

Débit en m3/s

(F expérimentales)													Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	2.12	2.12	1.74	1.46	1.11	0.77	0.48	0.39	0.36	0.76	1.43	1.73	1.21	11	0.121	0.060
T=10 ans sec	1.03	1.00	0.91	0.58	0.45	0.39	0.29	0.21	0.19	0.20	0.44	0.77	0.32	3		
T=5 ans sec	1.30	1.33	0.97	0.72	0.58	0.43	0.31	0.22	0.21	0.32	0.59	0.87	0.35	3		
T=2 ans	1.76	1.98	1.21	1.39	0.93	0.72	0.48	0.34	0.33	0.53	0.98	1.46	0.48	4		
T= 5 ans humide	2.67	2.70	2.12	2.20	1.55	0.94	0.61	0.43	0.52	0.84	2.02	2.58	0.54	5		
T=10 ans humide	3.18	3.07	2.94	2.56	1.96	1.29	0.69	0.68	0.58	1.32	3.00	2.96	0.58	5		



Apport en Mm3

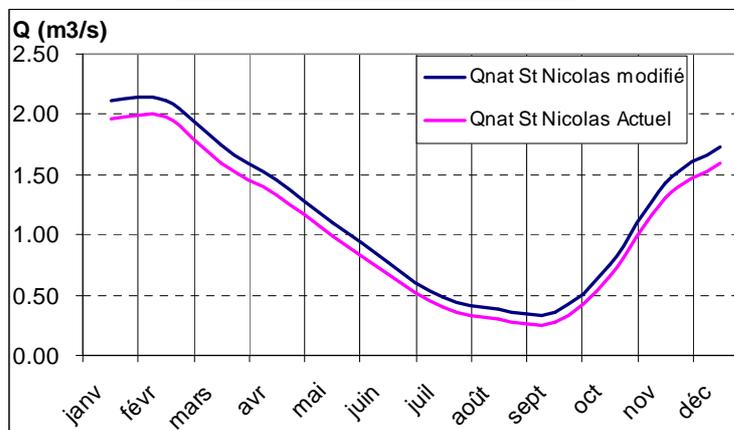
(F expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	5.68	5.13	4.67	3.79	2.96	1.99	1.29	1.04	0.93	2.04	3.70	4.62	38.0	5.25
T=10 ans sec	2.75	2.42	2.43	1.51	1.21	1.01	0.79	0.56	0.50	0.53	1.13	2.06	10.2	2.85
T=5 ans sec	3.49	3.22	2.61	1.87	1.54	1.12	0.83	0.59	0.53	0.85	1.54	2.34	11.1	3.07
T=2 ans	4.71	4.78	3.25	3.61	2.50	1.86	1.28	0.90	0.85	1.41	2.55	3.91	15.2	4.89
T= 5 ans humide	7.15	6.54	5.68	5.70	4.16	2.44	1.64	1.15	1.35	2.25	5.23	6.90	17.1	6.57
T=10 ans humide	8.53	7.43	7.86	6.62	5.24	3.35	1.84	1.83	1.50	3.53	7.78	7.93	18.3	8.52

Remarque 1 : les hypothèses sur la répartition des apports de la Cent Fonts à la Vouge à l'amont et à l'aval de la station hydrométrique sont restées inchangées.

Remarque 2 : Quel que soit le fonctionnement de la Cent Fonts, les débits au point de référence sur la Vouge à Villebichot restent inchangés, seuls les débits de la Vouge entre Saint Nicolas et la Confluence avec la Varaude sont affectés.

Le graphique suivant compare les débits moyens obtenus dans chacun des deux cas de figure.

Figure 22 : Modification des débits à la station de Saint Nicolas les Citeaux, sous l'effet d'une modification du fonctionnement de la Cent Fonts



5. BILAN DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE DE CHAQUE SOUS BASSIN ET CONFRONTATION AVEC LES PRÉLEVEMENTS

Au niveau de chaque point de référence, on compare pour chaque mois quinquennal sec :

- ▶ la ressource naturelle disponible (courbe bleu),
- ▶ le débit influencé (courbe orange) par les prélèvements nets amont,
- ▶ les besoins en eau agricoles,
- ▶ les besoins en eau pour l'alimentation en eau potable,
- ▶ les besoins en eau pour l'industrie.
- ▶ la pression exercée sur le milieu par le pourcentage de ressource mobilisée pour la satisfaction des besoins.

Il est important de rappeler ici deux points :

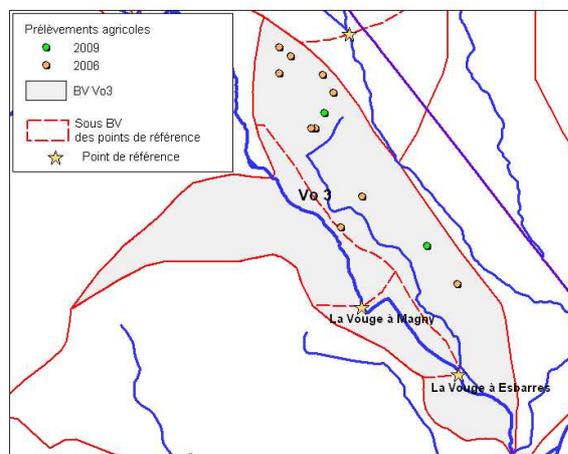
- ▶ l'année représentée dans les graphiques ci-dessous est une année fictive beaucoup plus sèche qu'une année quinquennale sèche, car cette année fictive est ici une succession de mois quinquennaux secs.
- ▶ les raisonnements tenus au niveau des points de référence ne permettent pas de tirer des conclusions locales. Par exemple, certains prélèvements bruts peuvent avoir des impacts locaux très importants, mais des impacts globaux négligeables si le taux de retour de l'eau prélevée est très élevé.

5.1 BILAN PRÉLEVEMENTS / RESSOURCE SUR LA VOUGE À ESBARRES ET MAGNY

Les besoins pris en compte pour le bilan Prélèvements/Ressource sont ceux des sous bassins Vo1, Vo2 ; CF1, CF2 ; Va1, Va2 et NP. Une partie des prélèvements du bassin Vo3 ont également été pris en compte :

- ▶ Le rejet associé à l'assainissement de la commune d'Aubigny en Plaine (ANC),
- ▶ Une part des prélèvements agricoles du sous bassin Vo3 sont réalisés en amont de ces points. Les prélèvements agricoles ont été distingués suivant qu'ils impactent ou non le tronçon de la Vouge à l'amont du point de référence. Comme le montre la carte ci-dessous, seul un des points de prélèvement est concerné en 2006, aucun en 2009.

Carte 9 : Localisation des prélèvements agricoles au sein du sous bassin Vo3

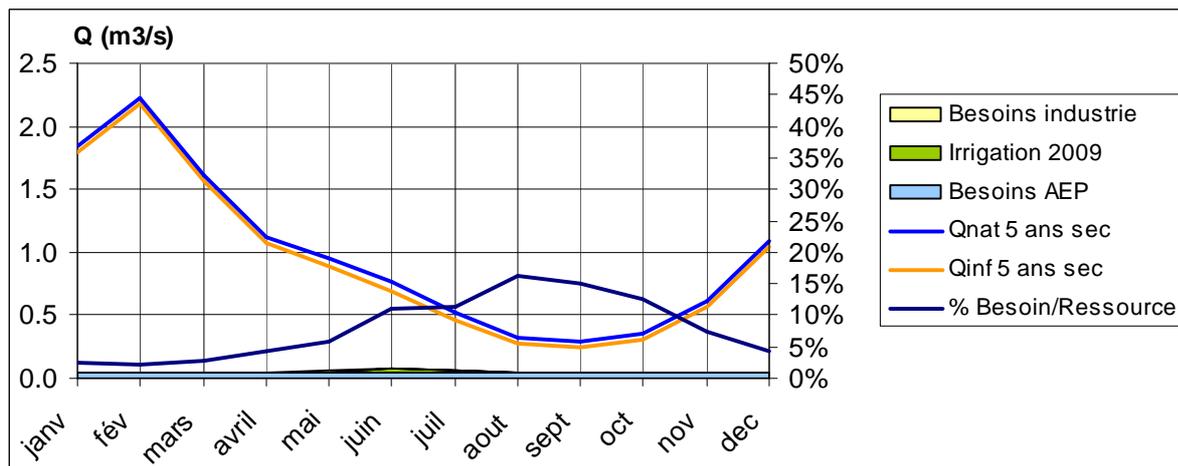
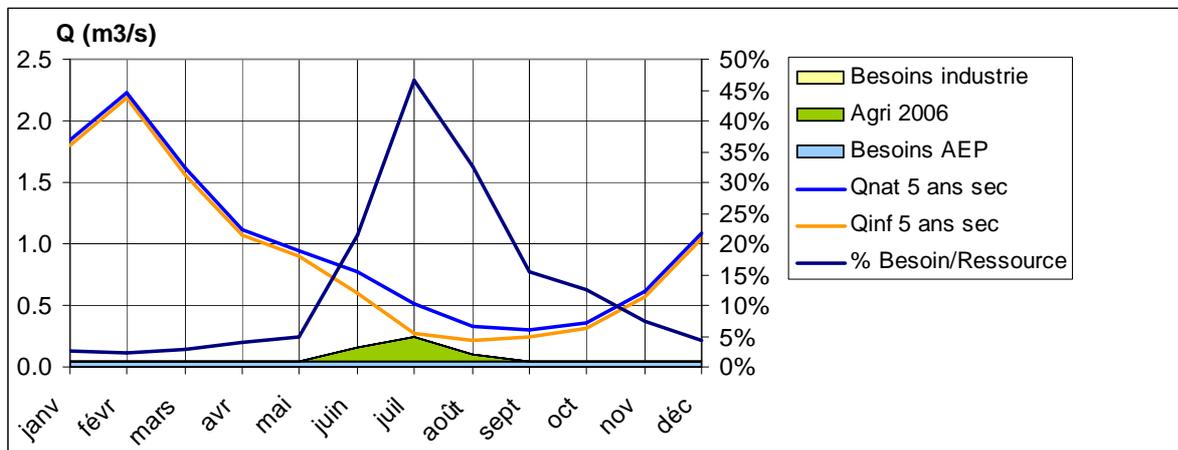


Le tableau et les graphiques ci-dessous présentent les résultats du bilan prélèvements/ressource pour le point de référence de la Vouge à Esbarres/Magny (les prélèvements présentés dans ce tableaux correspondent à l'ensemble des prélèvements réalisés à l'amont du point de référence).

Tableau 11 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Vouge à Esbarres - Magny

		Vouge à Esbarres - Magny											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Prelevements	AEP	0.045	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	Indus	0.002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Agri 2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.20	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	Agri 2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Qnat 5 ans sec		1.85	2.23	1.61	1.12	0.94	0.77	0.52	0.32	0.29	0.36	0.62	1.09
Qinf 5 ans sec 2006		1.80	2.18	1.56	1.07	0.90	0.60	0.27	0.22	0.25	0.31	0.57	1.05
Qinf 5 ans sec 2009		1.80	2.18	1.56	1.07	0.89	0.68	0.46	0.27	0.25	0.31	0.57	1.05
% Besoin/ressource 2006		3%	2%	3%	4%	5%	21%	47%	32%	15%	13%	7%	4%
% Besoin/ressource 2009		3%	2%	3%	4%	6%	11%	11%	16%	15%	13%	7%	4%

Figure 23 : Bilan Prélèvements/Ressources sur la Vouge à Esbarres - Magny(2006-2009)



En 2006, les besoins en eau représentaient environ 45% de la ressource disponible le mois de pointe (juillet). En 2009, les besoins ne dépassaient pas 15% de la ressource disponible.

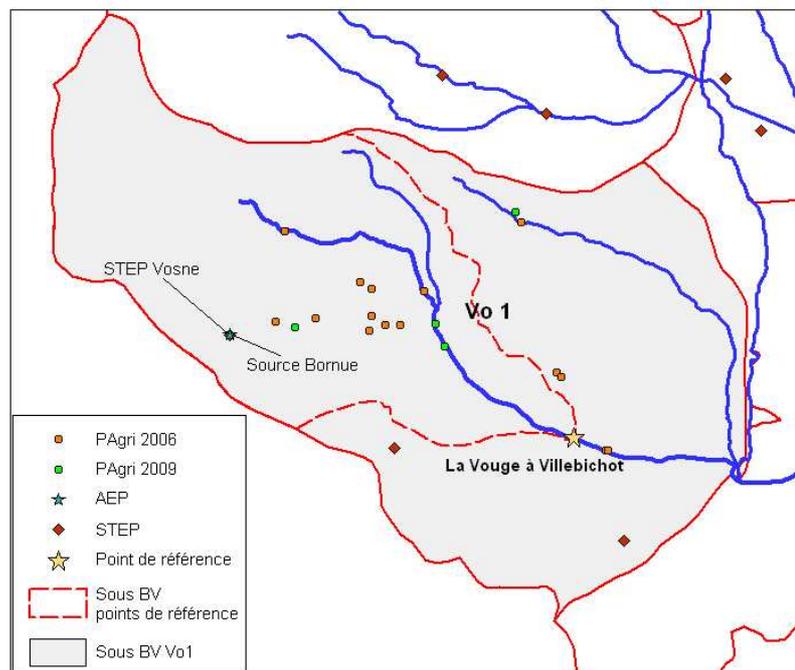
5.2 BILAN PRÉLÈVEMENTS / RESSOURCE SUR LA VOUGE À VILLEBICHOT

Les prélèvements à l'amont du point de référence correspondent à une part des prélèvements du sous bassin Vo1 :

- ▶ pour l'AEP et l'assainissement : les prélèvements sur la source de la Bornue et le rejet de la STEP de Vosne Romanée.
- ▶ pour l'agriculture : la majeure partie des prélèvements agricoles du sous bassin Vo1 sont situés sur la Vouge en amont du point de référence. Les volumes associés à ces prélèvements ont été pris en compte dans la réalisation du bilan présenté ci-dessous.

La carte suivante représente les points de prélèvements/rejet et leur localisation par rapport au point de référence.

Carte 10 : Localisation des points de prélèvements sur le sous bassin Vo1

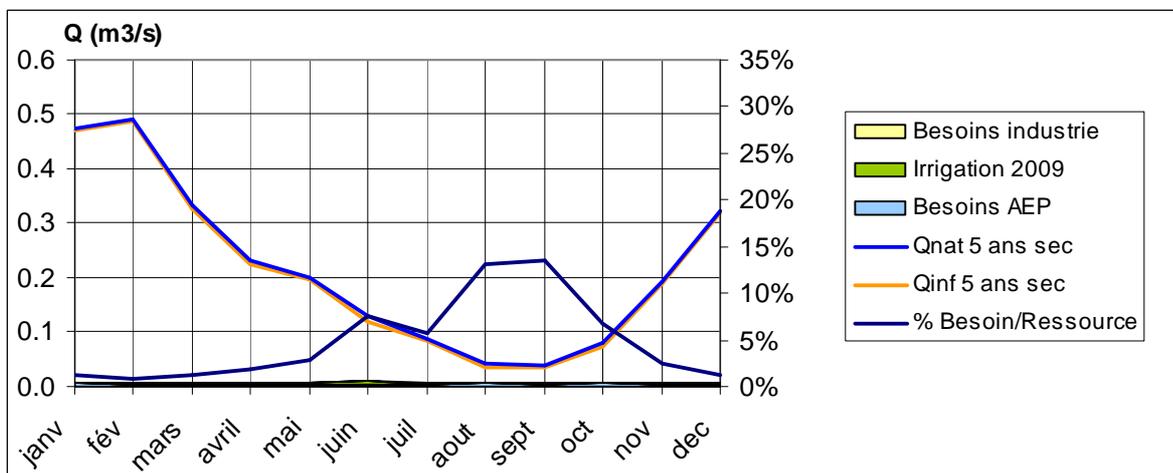
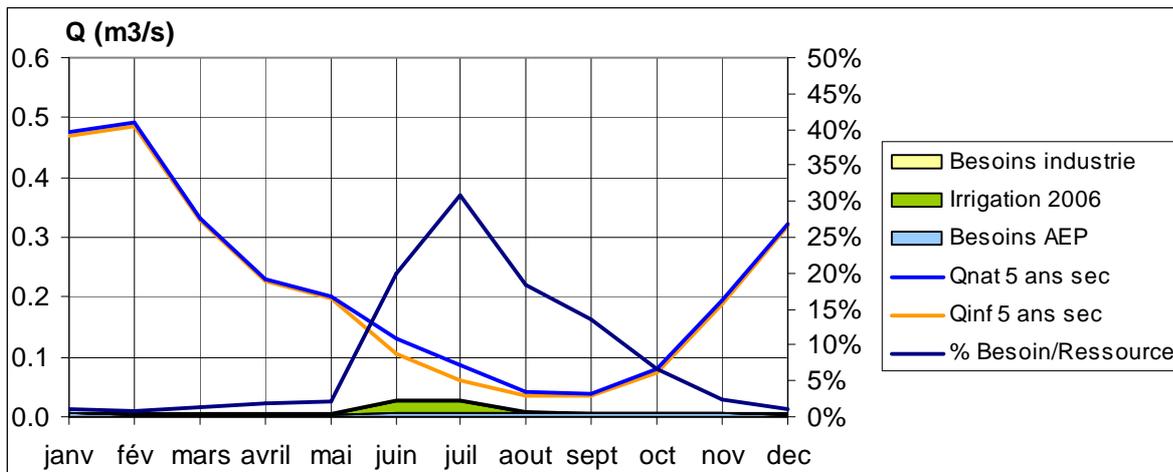


Le tableau et les graphiques ci-dessous présentent les résultats du bilan prélèvements/ressource pour le point de référence de la Vouge à Villebichot.

Tableau 12 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Vouge à Villebichot

		Vouge à Villebichot											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Prélèvements	m3/s												
	AEP	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
	Indus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Agri 2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Agri 2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Qnat 5 ans sec		0.48	0.49	0.33	0.23	0.20	0.13	0.09	0.04	0.04	0.08	0.19	0.32
Qinf 5 ans sec 2006		0.47	0.49	0.33	0.23	0.20	0.10	0.06	0.03	0.03	0.07	0.19	0.32
Qinf 5 ans sec 2009		0.47	0.49	0.33	0.23	0.20	0.12	0.08	0.04	0.03	0.07	0.19	0.3
% Besoin/ressource 2006		1%	1%	1%	2%	2%	20%	31%	18%	14%	7%	2%	1%
% Besoin/ressource 2009		1%	1%	1%	2%	5%	4%	6%	10%	12%	7%	3%	1%

Figure 24 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Vouge à Villebichot (2006-2009)



Au niveau de la Vouge amont à Villebichot, les besoins en eau représentaient environ 30% de la ressource disponible le mois de pointe (juillet) en 2006. En 2009, les besoins ne dépassaient pas 15% de la ressource disponible.

5.3 BILAN PRÉLÈVEMENTS / RESSOURCE SUR LA VARAUDE À TARSUL

Les besoins pris en compte pour le bilan Prélèvements/Ressource sont ceux des sous bassins Va1, d'une partie de Va2 (93%), ainsi qu'une partie des prélèvements influençant la Cent Fonts, étant donnée que celle-ci alimente la Varaude. La part des prélèvements liés à la Cent Fonts affectant la Varaude a été considérée proportionnelle aux débits transférés (ex : si 50% de l'eau de la Cent Fonts est transféré vers la Varaude, on considère que 50% des prélèvements liés à la Cent Fonts sont soustraits au débit de la Varaude).

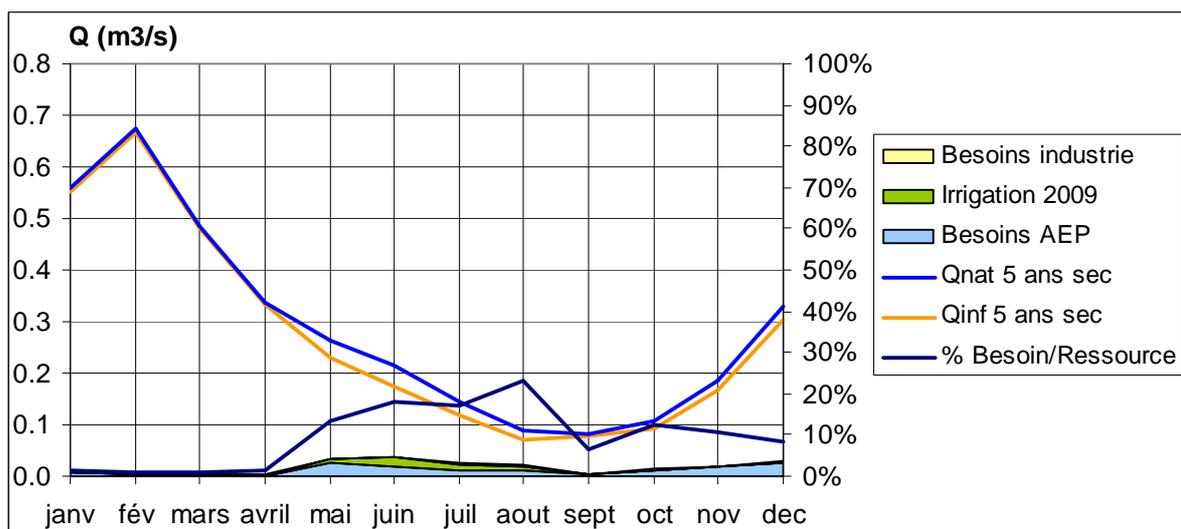
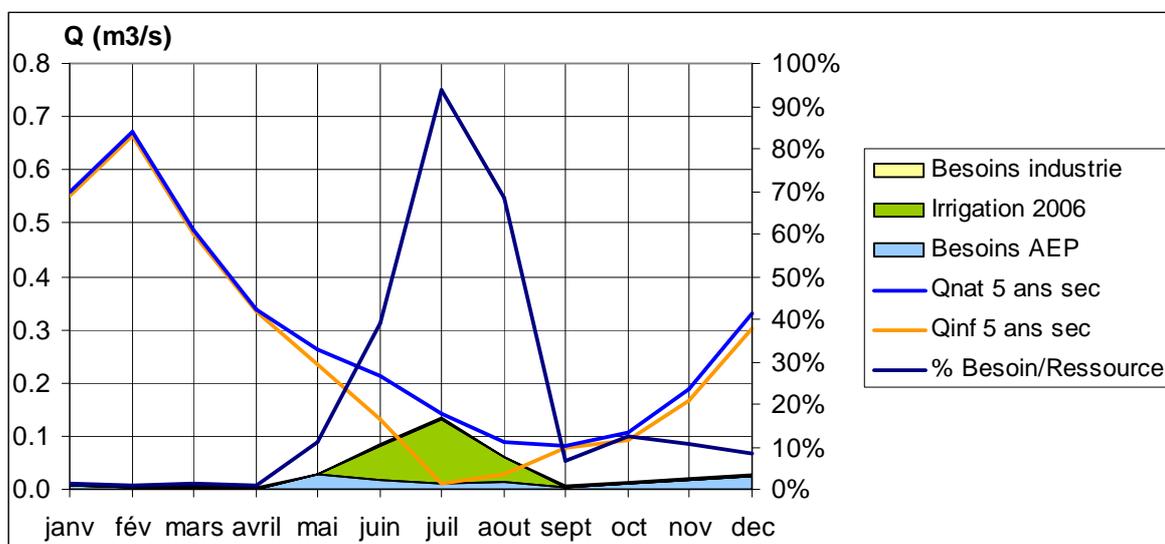
Le tableau et les graphiques ci-dessous présentent les résultats du bilan Prélèvements/Ressource pour le point de référence de la Varaude à Tarsul.

Les prélèvements AEP concernent le bilan lié à l'activité « alimentation en eau potable – assainissement » et prennent donc en compte les rejets de stations d'épuration.

Tableau 13 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Varaude à Tarsul

m3/s		Varaude à Tarsul											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Prélèvements	AEP	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03
	Indus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	agri 2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agri 2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Qnat 5 ans sec		0,56	0,67	0,49	0,34	0,26	0,21	0,14	0,09	0,08	0,11	0,19	0,33
Qinf 5 ans sec 2006		0,55	0,67	0,48	0,33	0,23	0,13	0,01	0,03	0,08	0,09	0,17	0,30
Qinf 5 ans sec 2009		0,55	0,67	0,48	0,33	0,23	0,18	0,12	0,07	0,08	0,09	0,17	0,30
% Besoin/ressource 2006		2%	1%	1%	1%	11%	39%	94%	69%	7%	13%	11%	8%
% Besoin/ressource 2009		2%	1%	1%	1%	13%	18%	17%	23%	7%	13%	11%	8%

Figure 25 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Varaude à Tarsul (2006-2009)



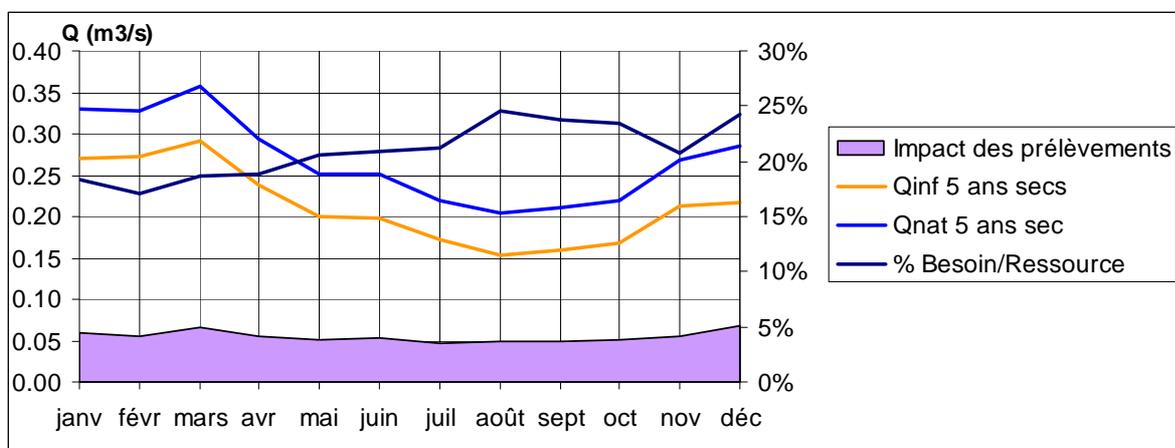
Au niveau de la Varaude à Tarsul, les prélèvements en l'état de l'irrigation en 2006 sollicitaient fortement la ressource. Au mois de juillet en année quinquennale sèche, si l'ensemble des prélèvements sont satisfaits sans restriction, la quasi-totalité de la ressource est sollicitée.

Dans l'état de l'irrigation en 2009, la pression représente pendant les mois de plus forts prélèvements autour de 25% de la ressource disponible.

5.4 BILAN PRÉLÈVEMENTS / RESSOURCE SUR LA CENT FONTS À SAULON LA RUE

Le graphique ci-dessous présente la ressource naturelle quinquennale sèche (basée sur les sorties du modèle hydrogéologique, voir paragraphe 4.3.5), ainsi que le débit influencé mesuré à la station. La différence entre ces deux termes donne une idée de l'impact que les prélèvements sur la nappe peuvent avoir sur le cours d'eau.

Figure 26 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Cent Fonts à Saulon la Rue



Les prélèvements sur la nappe de Dijon Sud sont de l'ordre de 50 l/s si on exclut le forage des Gorgets et de 200 l/s s'il est inclus. Dans l'hypothèse d'un arrêt des prélèvements, le gain pour la Cent Fonts n'est que d'environ 60 l/s.

En effet, la nappe de Dijon est alimentée en partie par les aquifères bordiers (karst et Ouche). L'arrêt des prélèvements entraîne une remontée de la nappe de Dijon Sud, une diminution du gradient hydraulique et donc de l'alimentation en provenance du karst et de l'Ouche. Une diminution des prélèvements se fera donc également ressentir sur ces aquifères. Pour davantage de précisions sur ces aspects, on se reportera à la partie de l'étude dédiée à la nappe de Dijon Sud.

5.5 BILAN PRÉLÈVEMENTS / RESSOURCE SUR LA BIÈTRE À BRAZEY EN PLAINE

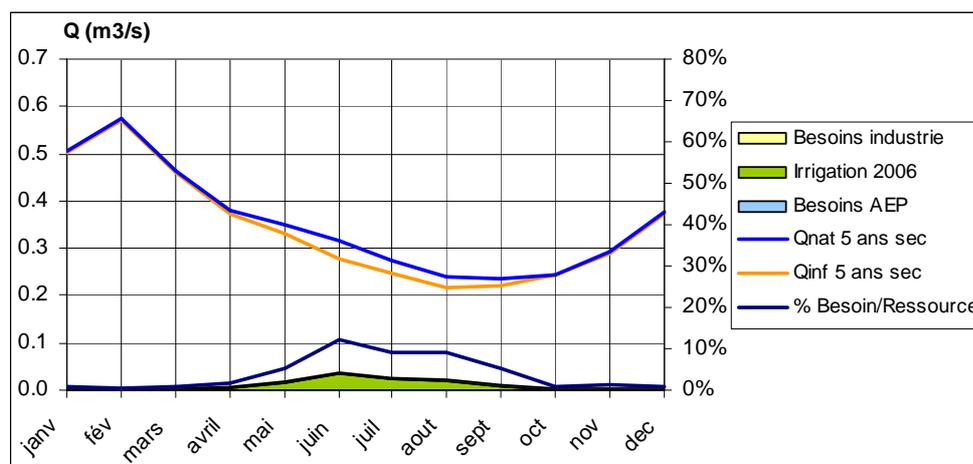
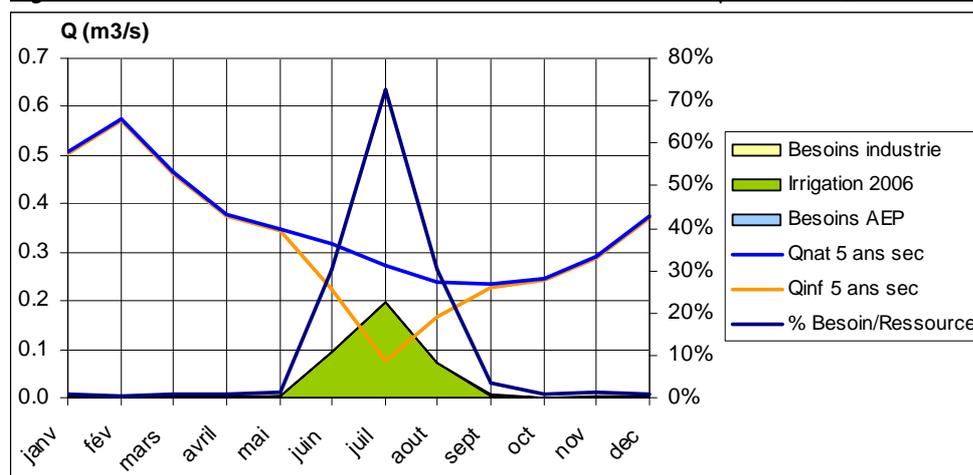
L'ensemble des prélèvements du sous bassin B1 ont été pris en compte dans le bilan présenté ci-dessous.

Le tableau et les graphiques ci-dessous présentent les résultats du bilan Prélèvements/Ressource pour le point de référence de la Biètré à Brazey en Plaine.

Tableau 14 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Biètré à Brazey en Plaine

m3/s		Biètré à Brazey en Plaine											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Prélèvements	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Indus	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,004
	agri 2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,20	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	Agri 2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Qnat 5 ans sec		0,51	0,57	0,47	0,38	0,35	0,32	0,27	0,24	0,23	0,25	0,29	0,37
Qinf 5 ans sec 2006		0,50	0,57	0,46	0,38	0,34	0,22	0,08	0,17	0,23	0,24	0,29	0,37
Qinf 5 ans sec 2009		0,50	0,57	0,46	0,37	0,33	0,28	0,25	0,22	0,22	0,24	0,29	0,37
% Besoin/ressource 2006		1%	1%	1%	1%	1%	30%	72%	30%	3%	1%	1%	1%
% Besoin/ressource 2009		1%	1%	1%	2%	5%	12%	9%	9%	5%	1%	1%	1%

Figure 27 : Bilan Prélèvements/Ressource sur la Biètré à Brazey en Plaine (2006-2009)



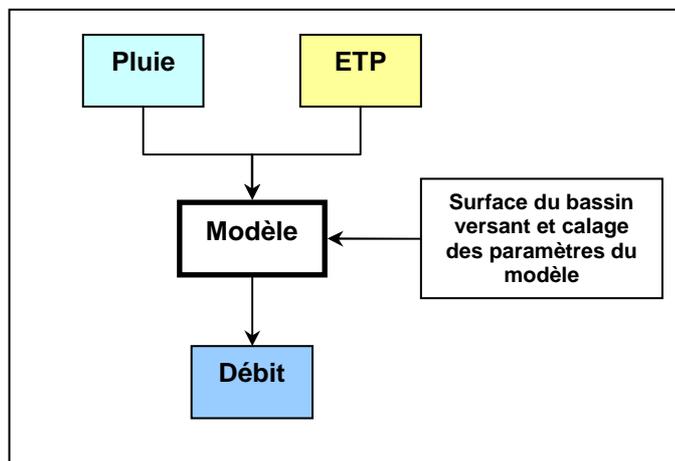
Les prélèvements 2006, représente une pression de 70 % sur le mois de pointe (pour l'année sèche considérée), avec les prélèvements 2009, étant donnée la forte diminution des surfaces irriguées, l'impact reste modéré (de l'ordre de 10% le mois de pointe).

ANNEXES

Annexe 1 : Description du modèle GR2M

GR2M est un modèle pluie-ETP-débit à l'échelle mensuelle avec deux paramètres. Il a été développé par le CEMAGREF (travaux de Mouelhi, Michel, Perrin et Andreassian). Cet outil est capable de transformer, à l'échelle d'un bassin versant donné, le signal « précipitations » et le signal « évapotranspiration » en un signal « débit à l'aval du sous-bassin versant ».

Figure 28 : Principe d'un modèle Pluie-ETP-Débit.



Le croisement des données de pluviométrie et d'évapotranspiration avec les données de débits naturels sur au moins trois ans permet de caler les 2 paramètres du modèle pour le bassin versant considéré.

Le calage du modèle se fait de façon à maximiser le critère de Nash (Nash et Sutcliffe, 1970). Ce critère est sans dimension et est défini par :

$$Nash = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \right] \times 100$$

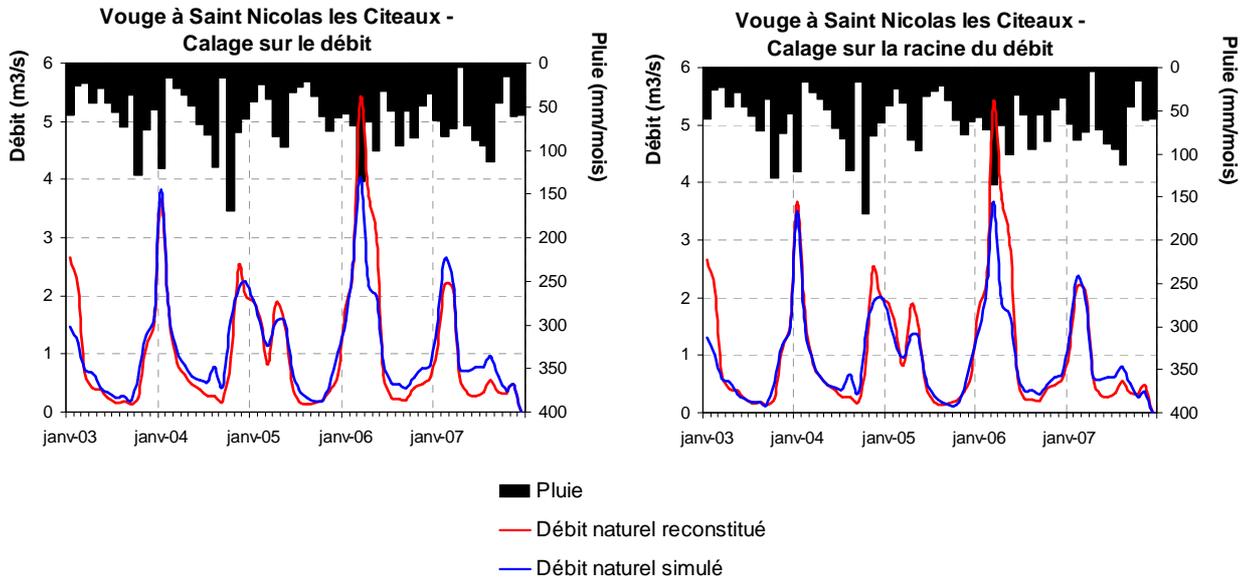
où Q_i et \hat{Q}_i sont respectivement les débits observés et simulés durant la période de calage; et où \bar{Q} est la moyenne des débits simulés. Si le critère de Nash est de 100%, l'ajustement est parfait, par contre s'il est négatif, le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit moyen.

Un calage maximisant Nash(\sqrt{Q}) ou Nash(ln(Q)) permet de diminuer l'influence des forts débits et d'obtenir ainsi un meilleur calage en période d'étiage.

Les graphiques ci-dessous illustrent ce point. Ils présentent pour la station de la Vouge à Saint Nicolas les résultats obtenus suivant que le calage est réalisé sur le débit, ou la racine du débit.

On constate qu'un calage sur la racine du débit permet d'obtenir un meilleur calage des faibles débits, au contraire les estimations des forts débits sont moins précises.

Figure 29 : Comparaison de différentes possibilités de calage pour GR2M

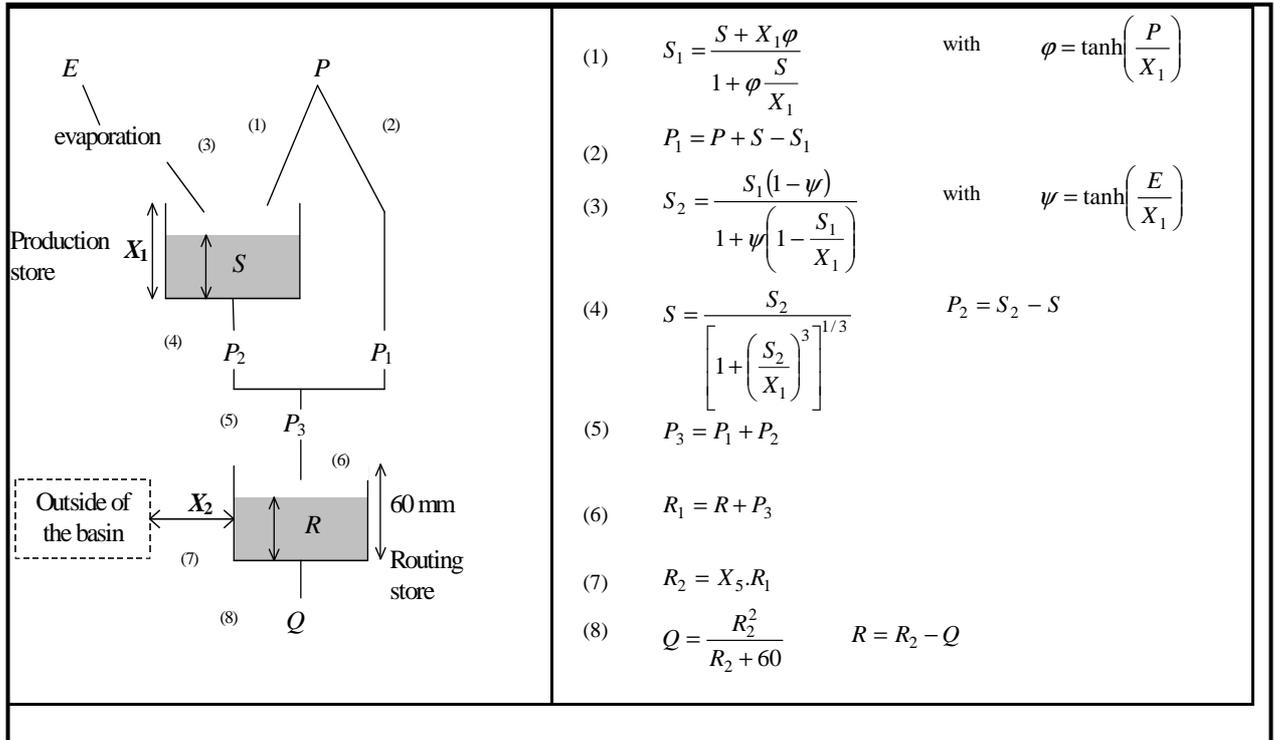


Pour la présente étude, afin de l'optimiser, le calage a donc été réalisé en maximisant soit le Nash(Q), soit le Nash(\sqrt{Q}), soit le Nash(lnQ), selon l'observation graphique des résultats des différents calages.

Une fois les deux paramètres du modèle calés, les données de pluie et d'évapotranspiration permettent de modéliser les débits naturels sur toute la période de leur disponibilité. En règle générale, ces données sont disponibles sur de longues périodes, ce qui est rarement le cas des débits des stations considérées. L'utilisation d'un modèle pluie-débit permet donc d'étendre considérablement la période d'étude.

DESCRIPTION DU MODÈLE ET ÉQUATIONS UTILISÉES

Il existe plusieurs versions du modèle GR2M. Une description de la dernière version mise au point par Mouelhi (2003) est donnée ici.



La fonction de production du modèle repose sur un réservoir de suivi d'humidité du sol, très similaire à celui existant dans le modèle GR4J. Du fait de la pluie P , le niveau S dans le réservoir devient S_1 défini par :

$$S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}}$$

où

$$\varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

Le paramètre X_1 , capacité du réservoir, est positif et exprimé en mm. La pluie P_1 en excès est donnée par :

$$P_1 = P + S - S_1$$

Du fait de l'évapotranspiration, le niveau S_1 devient S_2 :

$$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1+\psi\left(1-\frac{S_1}{X_1}\right)}$$

où

$$\psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

E est l'évapotranspiration potentielle. Le réservoir se vidange ensuite en une percolation P_2 et son niveau S , prêt pour les calculs du mois suivant, est alors donné par :

$$S = \frac{S_2}{\left[1+\left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{1/3}}$$

et

$$P_2 = S_2 - S$$

La pluie totale P_3 qui atteint le réservoir de routage est donnée par :

$$P_3 = P_1 + P_2$$

Le niveau R dans le réservoir devient alors R_1 :

$$R_1 = R + P_3$$

Un terme d'échange en eau est alors calculé par :

$$F = (X_2 - 1).R_1$$

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

$$R_2 = X_2.R_1$$

Le réservoir, de capacité fixe égale à 60 mm, se vidange suivant une fonction quadratique. Le débit est donné par :

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

Le modèle a deux paramètres optimisables :

- ▶ **X1** : capacité du réservoir de production (mm)
- ▶ **X2** : coefficient d'échanges souterrains (-)

Références :

- ▶ Mouelhi, S., 2003. Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. Thèse de Doctorat, ENGREF, Cemagref Antony, France, 323 pp.
- ▶ Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C. et Andréassian, V. (2006a) Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. J. Hydrol. 318(1-4), 200-214, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.06.014.
- ▶ Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C. et Andréassian, V. (2006b) Linking stream flow to rainfall at the annual time step: the Manabe bucket model revisited. J. Hydrol. 328, 283-296, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.12.022.

Annexe 2 : Compte rendu d'entretien avec la DREAL



COMPTE-RENDU D'ENTRETIEN DREAL

Personnes présentes :	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dany LEVEQUE, DREAL –ex DIREN ▶ Caroline Coulon, BRLi ▶ Marion Mahé, BRLi
Date:	21/04/2010
N° affaire :	800060 – Volumes prélevables Vouge

Mail de la documentaliste DREAL : marise.nieutin@developpement-durable-gouv.fr

1. Point sur la biblio et les données clés

Biblio à consulter (disponible au centre de documentation de la DREAL) :

- Thèse de Pauline Corbier sur le déficit de sortie en eau de la zone calcaire des cotes (déficit de l'ordre de 30 000 m³).
- Thèse de Christophe PETIT sur le remplissage du Val de Saône (mise en place d'un système à quatre horizons)
- Travail de Lisa MUCHEMBLED (Master 2, actuelle animatrice du SAGE de l'Ouche) sur l'alimentation du BV de la Bièvre par la butte de Tart.
- Base de données des jaugeages ponctuels effectués par la DIREN (va être transmis)
- Station posée sur la Cent Fonts dont les données ne sont pas en ligne. (va être transmis)
- Modules, QMNA5, estimés par la DIREN en différents points du BV (va être transmis)
- Les débits spécifiques pour les stations dont le nombre d'années de mesure n'est pas suffisant n'apparaissent pas sur la banque hydro, mais peuvent être envoyés.

2. Station hydrométriques du bassin versant

▶ Vouge à Aubigny

Cette station va être supprimée dans les années à venir. En effet, elle demande trop d'entretien et de travail car son emplacement est sujet à des atterrissements.

▶ Vouge à St Bernard

Cette station était une bonne station mais a été abandonnée au départ de Alain Gaucher du syndicat du bassin de la Vouge car le personnel n'était alors pas suffisant pour assurer le fonctionnement de toutes les stations.

► **Vouge à Saint Nicolas (abbaye de Cîteaux) – Varaude à Tarsul-Izeure – Chairon/Varaude à Noiron sous Gevrey**

Ces stations donnent de bonnes données.

► **Bièvre à Brazey en plaine**

Cette station est très influencée par les végétaux qui envahissent le lit. La croissance des végétaux provoquent un détarage progressif de la station. Ces détarages sont corrigés lors du traitement des données.

► **Vouge à Vougeot**

Cette station n'a pas été maintenue car elle était située à l'aval d'un système de vannes (au niveau du bassin situé juste après la source de la Vouge). La manipulation incontrôlable des vannes par le propriétaire des parcelles rendait difficile la gestion de cette station.

► **Ru du Paquier à Saulon**

La station sur le Ru de Paquier à Solon la Rue, recensée sur la banque hydro était une station provisoire où avait été réalisé un suivi de qualité de l'eau.

3. DIVERS

Il y a de gros problèmes de produits phytosanitaires sur le bassin versant.

Les zones de conflits d'usage sont celles où ont lieu des prélèvements pour l'irrigation.

Sur la « très vieille Vouge » il existe un système de vannage au niveau de la confluence Vouge/Bière/Vieille Vouge. Les écoulements se font de la Vouge à la Saône, via la vieille Vouge.

Un col de l'oligocène sépare le BV de l'Ouche de celui de la Vouge. Les nappes communiquent et l'Ouche alimente l'Oucherotte ce qui explique les forts débits de la Bièvre (dans laquelle l'Oucherotte se jette). Dans ces travaux, L.MUCHEMBLED évaluait à 150-200 l/s ces transferts.

Le réseau hydrographique superficiel est peu productif en été. Seules la Cent Fonts et la Bièvre apportent un débit conséquent à la Vouge. C'est sur ces cours d'eau que se concentre la majeure partie de l'agriculture irriguée.

Sur plusieurs secteurs il existe des assecs, ou au moins des débits très faibles, notamment sur la partie amont de la Vouge. C'est notamment le cas sur la Boïse à Saint Philibert, la Boïse à Noiron sous Gevrey, ou sur le Chairon à Barges, où les jaugeages réalisés ne mesurent pas plus de quelques l/s.

Les retenues sur le Chairon (étangs de Satenay) ne sont pas utilisées pour l'agriculture. Ces étangs sont très anciens (l'un d'eux est installé le long d'une ancienne voie romaine). (voir carte Cassini)

► **Cent Fonts**

Le niveau de la Cent Fonts est fortement lié à la dynamique de la nappe de Dijon Sud, ainsi, ses débits sont relativement importants en été.

Le tracé initial de la Cent Fonts correspondait au ruisseau « du Milleraie », la partie plus à l'aval a été construite par les moines de Cîteaux. Le canal draine très peu d'eau. Le débit aval est plus faible que le débit amont en général, en raison des prélèvements et d'un transfert d'eau vers la Varaude, un peu en amont du pont des Arvaux. Le système de vannage installé à ce niveau a été vandalisé et une importante partie du débit rejoint la Varaude à ce niveau, ce qui accentue l'envasement de la partie aval.

Le vandalisme s'explique par les fuites qui existaient sur l'aval du canal : en raison de l'envasement, le niveau dans la Cent Fonts augmente et peut provoquer l'inondation des parcelles riveraines. L'ouverture de la vanne sur la Varaude limite le débit entrant dans la partie aval de la Cent Fonts.

► Canal de Bourgogne

Le canal présente des fuites (voir VNF pour les études concernant ces fuites, estimées à $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$). Des transferts d'eau du canal vers le bassin peuvent également avoir lieu au niveau des écluses : pour faire passer les bateaux, l'eau monte au niveau des écluses, puis doit redescendre pour permettre le fonctionnement de l'écluse au passage du bateau suivant. Ces vidanges sont faites en rejetant l'eau dans les rivières voisines.

Il existe 2 hypothèses sur les transferts hydrogéologiques.

- La première considère qu'il n'y a pas communication entre le karst et la nappe de Dijon Sud. Les deux étant séparés par une couche de Marnes de l'Oligocène. (hypothèse préférée par D.Leveque)
- La seconde considère que les marnes ne remontent pas jusqu'à la limite supérieure de la nappe et que des transferts peuvent avoir lieu directement entre le karst et la nappe de Dijon sud.

