



Institution Interdépartementale du
BASSIN DE LA SARTHE

Version 3.0

Avril 2015



Étude sur la Détermination de débits de référence complémentaires sur le bassin versant de la Sarthe Amont

Rapport de phase 2


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX
Unité Hydraulique Fluviale

TABLE DES MATIERES

1	Préambule	1
1.1	Contexte général de l'étude	1
1.2	Périmètre d'étude	2
1.3	Déroulement de l'étude	3
1.4	Objectifs de la phase 2	3
1.5	Rappel de la sectorisation du bassin versant	3
2	Inventaire des usages de l'eau.....	5
2.1	Plans d'eau.....	5
2.1.1	Problématique des plans d'eau	5
2.1.2	Hypothèses retenues pour la connexion/déconnexion des plans d'eau	6
2.1.3	Exploitation de la base de donnée	6
2.2	Bilan des prélèvements	12
2.2.1	Alimentation en eau potable.....	12
2.2.1.1	Prélèvements AEP	12
2.2.1.2	Méthode de décomposition	14
2.2.2	Agriculture	14
2.2.2.1	Cultures et cheptels	14
2.2.2.2	Prélèvements agricoles.....	16
2.2.2.3	Mode de décomposition.....	20
2.2.2.4	Estimation des besoins en eau du bétail	21
2.2.3	Activité industrielle.....	22
2.2.3.1	Prélèvements industriels	22
2.2.3.2	Méthode de décomposition	23
2.3	Bilan des restitutions au milieu naturel	24
2.3.1	Perte des réseaux AEP	24
2.3.1.1	Volumes de rejets	24
2.3.1.2	Méthode de décomposition	25
2.3.2	Assainissement collectif	26
2.3.2.1	Stations d'épuration	26

2.3.2.2	Volumes de rejets.....	26
2.3.2.3	Méthode de décomposition.....	28
2.3.3	Cas particulier de l'assainissement non collectif.....	28
2.3.3.1	Volumes de rejets.....	28
2.3.3.2	Méthode de décomposition.....	30
2.3.4	Rejets industriels.....	30
2.3.4.1	Volumes de rejets.....	30
2.3.4.2	Méthode de décomposition.....	31
3	Bilan des usages par masse d'eau	33
3.1	La Sarthe à l'amont de Saint-Ceneri-le-Gerei.....	34
3.2	L'Orne Saosnoise à Montbizot.....	35
3.3	La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	36
3.4	La Bienne à Thoiré-sous-Contensor.....	37
3.5	La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	38
4	Restitution de l'hydrologie désinfluencée	39
4.1	Objectifs et principes.....	39
4.2	Méthodologie	40
4.2.1	Concept MIKE BASIN.....	40
4.2.2	Modélisation hydrologique.....	41
4.2.3	Données d'entrée du modèle	42
4.2.3.1	Bassins versants considérés	42
4.2.3.2	Données hydrométriques.....	42
4.2.3.3	Données pluviométriques	42
4.2.3.4	Données d'évapotranspiration potentielle	43
4.2.3.5	Données sur les prélèvements et les rejets	43
4.2.3.6	Paramètres des modèles.....	43
4.3	Calage du modèle hydrologique.....	44
4.3.1	Principe du calage.....	44
4.3.2	Résultats du calage	45
4.3.2.1	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	46
4.3.2.2	L'Orne Saosnoise à Montbizot	47
4.3.2.3	La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	48
4.3.2.4	La Bienne à Thoiré-sous-Contensor.....	49
4.3.2.5	La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe.....	50
4.3.3	Critiques relatives au calage du modèle.....	51
4.4	Résultats de l'hydrologie désinfluencée.....	53

4.4.1	Méthodologie	53
4.4.2	Présentation des résultats par sous-bassin	53
4.4.2.1	La Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei	53
4.4.2.2	L'Orne Saosnoise à Montbizot	55
4.4.2.3	La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	56
4.4.2.4	La Bienne à Thoiré-sous-Contensor	57
4.4.2.5	La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	58
4.5	Synthèse des résultats	61

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1-1 : Périmètre du SAGE de la Sarthe Amont	2
Figure 1-2 : Sectorisation du bassin versant.....	4
Figure 2-1 : Localisation des plans d'eau	7
Figure 2-2 : Répartition des plans d'eau selon leur superficie	8
Figure 2-3 : Pertes par évaporation des plans d'eau (m ³ /décade)	9
Figure 2-4 : Volumes prélevés par type de captage	12
Figure 2-5 : Localisation des prélèvements AEP	13
Figure 2-6 : Répartition des cultures en 2010	15
Figure 2-7 : Évolution des surfaces cultivées entre 1979 et 2010	16
Figure 2-8 : Prélèvements agricoles annuels (m ³ /an).....	17
Figure 2-9 : Localisation des prélèvements agricoles	18
Figure 2-10 : Comparaison des prélèvements et des besoins pour l'irrigation.....	20
Figure 2-11 : Prélèvements industriels sur le territoire du SAGE « Sarthe amont »	22
Figure 2-12 : Pertes des réseaux AEP (m ³ /an)	25
Figure 2-13 : Localisation des stations d'épuration	26
Figure 2-14 : Rejets des stations d'épuration (m ³ /an).....	27
Figure 2-15 : Rejets via l'assainissement non collectif (m ³ /an)	29
Figure 2-16 : Répartition des rejets d'assainissement non collectif en 2011	29
Figure 2-17 : Rejets industriels au milieu naturel (m ³ /an)	30
Figure 3-1 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	34

Figure 3-2 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	34
Figure 3-3 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de l'Orne Saosnoise à Montbizot	35
Figure 3-4 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de l'Orne Saosnoise à Montbizot	35
Figure 3-5 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	36
Figure 3-6 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	36
Figure 3-7 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Bienne à Thoiré-sous-Contensor	37
Figure 3-8 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Bienne à Thoiré-sous-Contensor	37
Figure 3-9 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	38
Figure 3-10 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	38
Figure 4-1 : Schéma conceptuel de MIKE BASIN	40
Figure 4-2 : Schéma conceptuel des processus hydrologiques modélisés dans NAM	41
Figure 4-3 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de Saint-Ceneri-le-Gerei	46
Figure 4-4 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de l'Orne Saosnoise à Montbizot	47
Figure 4-5 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	48
Figure 4-6 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Bienne	49
Figure 4-7 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	50
Figure 4-8 : Différence débits mensuels désinfluencés/influencés sur la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	54
Figure 4-9 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur l'Orne Saosnoise à Montbizot	55

Figure 4-10 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	56
Figure 4-11 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor	57
Figure 4-12 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	58

TABLEAUX

Tableau 1-1 : Carte d'identité du périmètre d'étude	2
Tableau 2-1 : Répartition des plans d'eau par masse d'eau	8
Tableau 2-2 : Pertes par évaporation par masse d'eau (milliers de m ³ /an)	11
Tableau 2-3 : Prélèvements AEP par sous bassin versant (m ³ /an)	13
Tableau 2-4 : Cheptels sur le bassin versant de la Sarthe amont	16
Tableau 2-5 : Surfaces irriguées sur le territoire du SAGE (ha)	18
Tableau 2-6 : Besoins en eau annuel des plantes	19
Tableau 2-7 : Estimation des besoins en pour l'élevage (m ³ /an).....	21
Tableau 2-8 : Répartition mensuelle des pertes AEP.....	25
Tableau 2-9 : Volumes restitués au milieu naturel via les stations d'épuration	27
Tableau 2-10 : Volumes restitués au milieu naturel via les stations d'épuration industrielles.....	31
Tableau 4-1 : Stations pluviométriques sélectionnées.....	42
Tableau 4-2 : Liste descriptive des paramètres utilisés pour le calage des modèles pluie-débit sous NAM	44
Tableau 4-3 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Saint-Ceneri-le-Gerei et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	46
Tableau 4-4 : Comparaison des QMN5 mesurés à Saint-Ceneri-le-Gerei et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010	46
Tableau 4-5 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Montbizot et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	47
Tableau 4-6 : Comparaison des QMN5 mesurés à Montbizot et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	47
Tableau 4-7 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Saint-Georges et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	48
Tableau 4-8 : Comparaison des QMN5 mesurés à Saint-Georges et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010	48
Tableau 4-9 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Thoiré-sous-Contensor et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	49

Tableau 4-10 : Comparaison des QMN5 mesurés à Thoiré-sous-Contensor et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	49
Tableau 4-11 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Neuville-Souillé et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010.....	50
Tableau 4-12 : Comparaison des QMN5 mesurés à Neuville-Souillé et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010	50
Tableau 4-13 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei.....	54
Tableau 4-14 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur l'Orne Saosnoise à Montbizot.....	55
Tableau 4-15 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier.....	56
Tableau 4-16 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor.....	57
Tableau 4-17 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	58

1

Préambule

1.1 Contexte général de l'étude

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne, approuvé le 18 novembre 2009, a défini des objectifs de débit en un point nodal du bassin versant de la Sarthe Amont pour la gestion quantitative de la ressource en eau en période d'étiage.

Pour ce point de référence, situé sur la Sarthe à la station hydrométrique de Neuville-Souillé, un débit d'objectif d'étiage (DOE), de seuil d'alerte (DSA) et de Crise (DCR) ont été fixés. Le franchissement de ces valeurs seuils entraîne la mise en place de mesures de restrictions des usages de l'eau.

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Sarthe Amont, approuvé par arrêté préfectoral le 16 décembre 2011, préconise dans son Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) la mise en place de points nodaux supplémentaires pour améliorer la connaissance et la gestion des situations d'étiage sur le bassin versant.

Extrait du PAGD - Disposition n°21 : « Déterminer des débits de référence quantitatifs complémentaires »

La mission lancée par l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe a, ainsi pour objectif de **densifier le réseau de points nodaux et de définir une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau**. Il s'agit de diagnostiquer précisément l'état quantitatif de la ressource dans le but de proposer des éléments de gestion (DOE, DSA, DCR...) les plus appropriés aux points de référence retenus. L'étude constitue également un préalable important dans l'approfondissement des connaissances sur la thématique « gestion quantitative » sur le bassin versant.

1.2 Périmètre d'étude

Le périmètre de l'étude est celui du bassin versant de la Sarthe Amont, défini par arrêté préfectoral le 28 février 2002.

Tableau 1-1 : Carte d'identité du périmètre d'étude

Carte d'identité du bassin de la Sarthe Amont	
Organisation administrative	Deux régions : Pays de la Loire et Basse Normandie Trois départements : Sarthe, Orne et Mayenne 255 communes
Superficie	2 882 km ² - De sa source à la confluence avec l'Huisne au Mans
Réseau hydrographique	2 673 km de linéaire cumulé de cours d'eau Principaux affluents de la Sarthe : la Tanche, la Vézone, la Briante, le Sarthon, l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, l'Orthe, la Longuève, l'Autonnière, l'Höene, l'Erine, le Rosay-Nord, la Bienne et l'Orne Saosnoise.

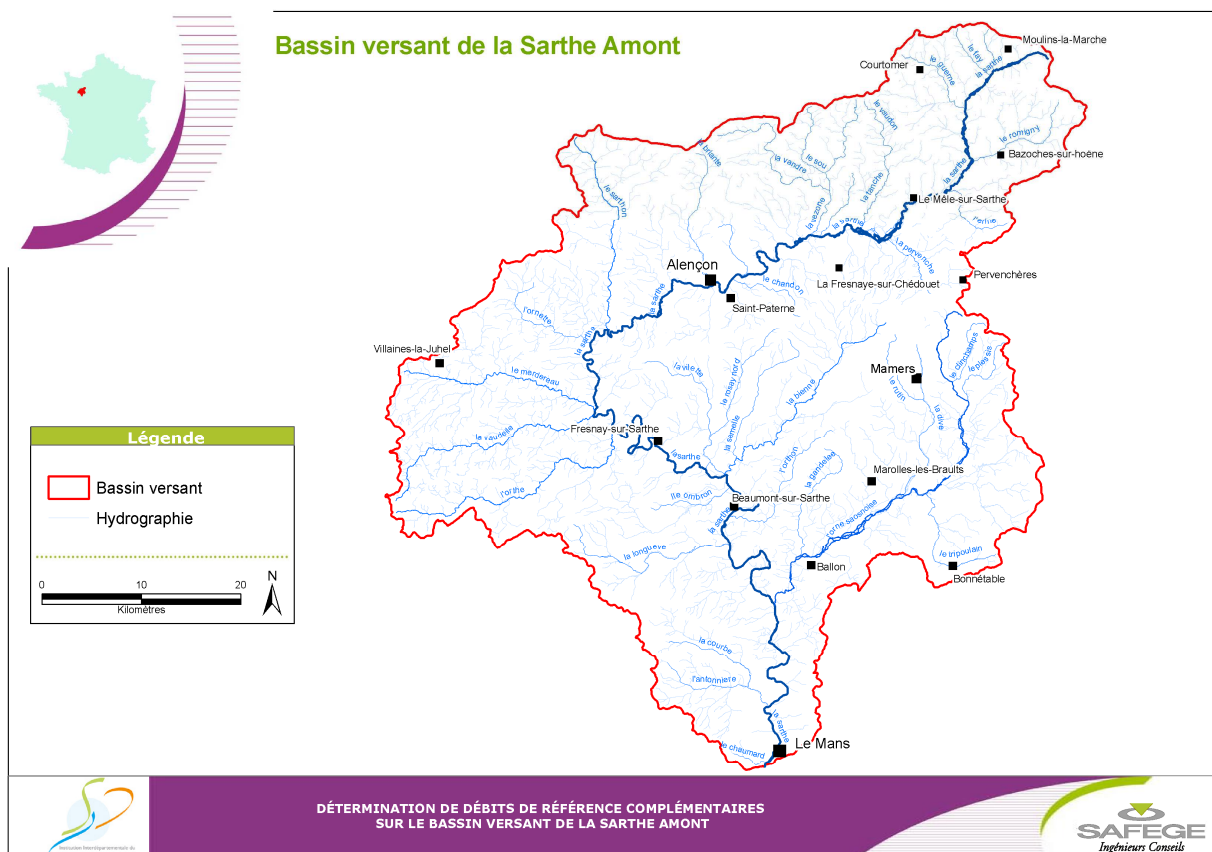


Figure 1-1 : Périmètre du SAGE de la Sarthe Amont

1.3 Déroulement de l'étude

L'étude est décomposée en 4 phases :

- ✓ **Phase 1** : Caractérisation des sous bassins et des masses d'eau et recueil de données ;
- ✓ **Phase 2** : Bilan des facteurs influençant l'étiage et analyse de l'évolution ;
- ✓ **Phase 3** : Détermination des débits de référence ;
- ✓ **Phase 4** : Définition d'une stratégie de gestion de l'étiage.

Le présent document constitue le rapport de la phase 2 de l'étude.

1.4 Objectifs de la phase 2

La phase 2 vise à dresser le bilan des usages de l'eau sur le territoire et évaluer finement les pressions sur la ressource en eau en termes de prélèvements et de rejets.

Les chroniques de prélèvements et de rejets sur les dix dernières années sont ainsi reconstituées et servent de données d'entrée au modèle hydrologique mis en œuvre. Le bilan des usages de l'eau est réalisé à l'échelle de chaque sous bassin versant identifié lors de la phase 1 de l'étude.

L'objectif final de la phase 2 est d'aboutir à la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée sur le territoire c'est-à-dire le débit qu'on serait en mesure d'attendre en rivière en l'absence de prélèvement et de rejet sur le bassin amont. L'hydrologie désinfluencée permettra d'appuyer la définition des débits de gestion (DOE, DSA, DCR...) aux points nodaux retenus.

Les caractéristiques et les enjeux identifiés en phase 1 pour les différents sous bassins versants viendront éclairer les résultats et les conclusions obtenues à ce stade.

1.5 Rappel de la sectorisation du bassin versant

Les sous bassins versants identifiés lors de la phase 1 de l'étude sont rappelés sur la figure ci-après :

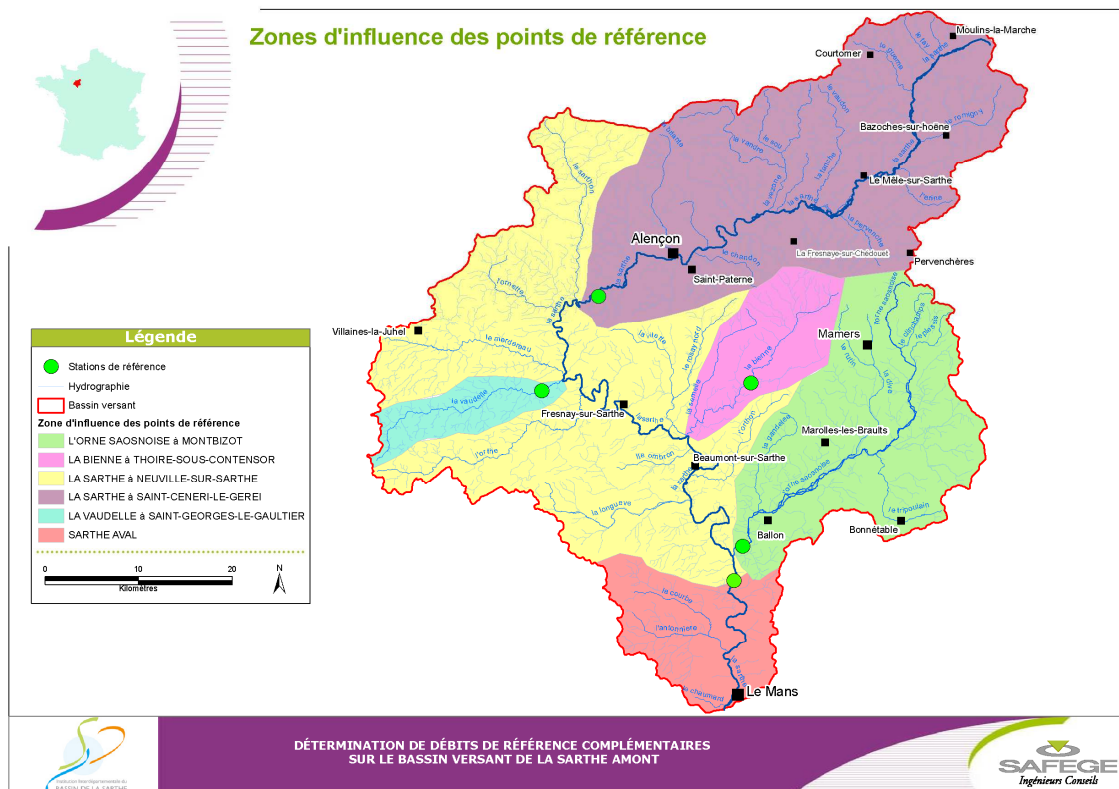


Figure 1-2 : Sectorisation du bassin versant

Les points indiqués constituent les exutoires de tronçons de cours d'eau/bassins versants au niveau desquels sont réalisés les bilans prélèvements/rejets et la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée. A noter que dans l'arrêté cadre sécheresse du département de la Sarthe, la station de Saint-Georges-le-Gaultier sur la Vaudelle est également utilisée pour piloter les mesures de gestion de la ressource sur les bassins de l'Orthe et du Merdereau. Cependant, dans le cadre du bilan ressource/usage, c'est bien le seul bassin de la Vaudelle qui est analysé pour aboutir à la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée.

2

Inventaire des usages de l'eau

2.1 Plans d'eau

Par plan d'eau, est entendu ici, et dans le reste de l'analyse, toute surface en eau close à surface libre, sans distinction de surface ou de volume minimum.

Précisons également que l'analyse menée ci-dessous ne vise pas à dresser un bilan hydrologique exhaustif du système « plan d'eau ». Seul le terme « évaporation » (en réalité le delta entre le volume absolu évaporé sur les surfaces en eau et celui qu'aurait évapotranspiré une surface équivalente caractéristique du territoire) sera considéré.

Cette hypothèse simplificatrice ne tient donc pas compte des autres termes entrant dans le bilan (évaporation de la zone humide associée au plan d'eau, percolation...).

Ce postulat de base provient de :

- ✓ Un manque de connaissance et de données sur le fonctionnement des plans d'eau. Des études / thèses sont en cours actuellement afin de cerner précisément la problématique.
- ✓ Une volonté de retenir une hypothèse simple à mettre en œuvre compte tenu des informations disponibles sans être trop pénalisante pour le milieu.

2.1.1 Problématique des plans d'eau

Le territoire du SAGE « Sarthe amont » est couvert par un nombre important de plans d'eau.

Les impacts considérés de ces plans d'eau sur les écoulements sont de plusieurs ordres :

- ✓ Intensification des pertes par évaporation du fait du caractère stagnant des eaux captées. Elles peuvent être particulièrement importantes sur le territoire d'étude compte tenu du nombre de plans d'eau existants (plus de 6800 plans d'eau). Une partie de l'eau captée par les plans d'eau est ainsi évaporée et ne retourne pas au milieu naturel.
- ✓ Captage des eaux s'écoulant en rivière (pour les plans d'eau alimentés par cours d'eau) ou des eaux issues de sources ou du ruissellement. Les volumes ainsi captés sont autant d'eau subtilisée pour le milieu naturel et les usages à l'aval.

L'enjeu concernant l'impact des plans d'eau sur les écoulements est d'identifier à quelle période s'effectue leur remplissage, c'est-à-dire la période où l'eau est subtilisée au milieu naturel.

Pour cela, il convient d'analyser la connexion/déconnexion du plan d'eau par rapport au milieu naturel : si un plan d'eau est connecté au cours d'eau (par un ouvrage non régulé, voir par la nappe alluviale), il est attendu que tout prélèvement dans celui-ci sera immédiatement compensé par un nouveau prélèvement dans le cours d'eau. En revanche, si le plan d'eau est déconnecté du cours d'eau et n'est alimenté que par pompage dans ce dernier durant la période de hautes eaux, l'impact du plan d'eau sur l'écoulement à l'étiage est nul.

2.1.2 Hypothèses retenues pour la connexion/déconnexion des plans d'eau

La base de données des plans d'eau utilisée est celle de l'inventaire réalisé par l'IIBS.

Aucune information concernant les connexions des plans d'eau sur le bassin versant de la Sarthe amont n'est disponible. L'hypothèse retenue est de considérer la connexion des plans d'eau à travers le spectre de leur distance au cours d'eau. Ainsi, nous proposons de considérer connectés au cours d'eau :

- ✓ tous les plans d'eau situés dans les alluvions récentes sur la Sarthe ;
- ✓ les plans d'eau situés dans une bande de 50m de part et d'autre du cours d'eau pour les cours d'eau avec largeur plein bord > 3m (source SYRAH) ;
- ✓ tous les plans d'eau situés dans une bande de 25m de part et d'autre du cours d'eau pour les cours d'eau avec largeur plein bord < 3m.

Sur les plans d'eau connectés au milieu naturel, toute perte (prélèvement et/ou évaporation) est compensée instantanément par un prélèvement équivalent au milieu, ce qui revient à considérer un prélèvement plutôt estival.

Pour tous les autres plans d'eau, un remplissage hivernal est considéré (décembre à mars), excepté si le volume prélevé est supérieur à la capacité estimée du plan d'eau, dans ce cas le delta est appliqué en prélèvement estival.

2.1.3 Exploitation de la base de donnée

Au total, 6835 plans d'eau ont été recensés sur l'ensemble du bassin versant. Les plans d'eau couvrent environ 10 km² soit près de 0,5% du bassin versant.

3074 plans d'eau sont considérés comme connectés au milieu et 3761 non connectés.

Les plans d'eau sont localisés sur la Figure 2-1 ci-dessous :

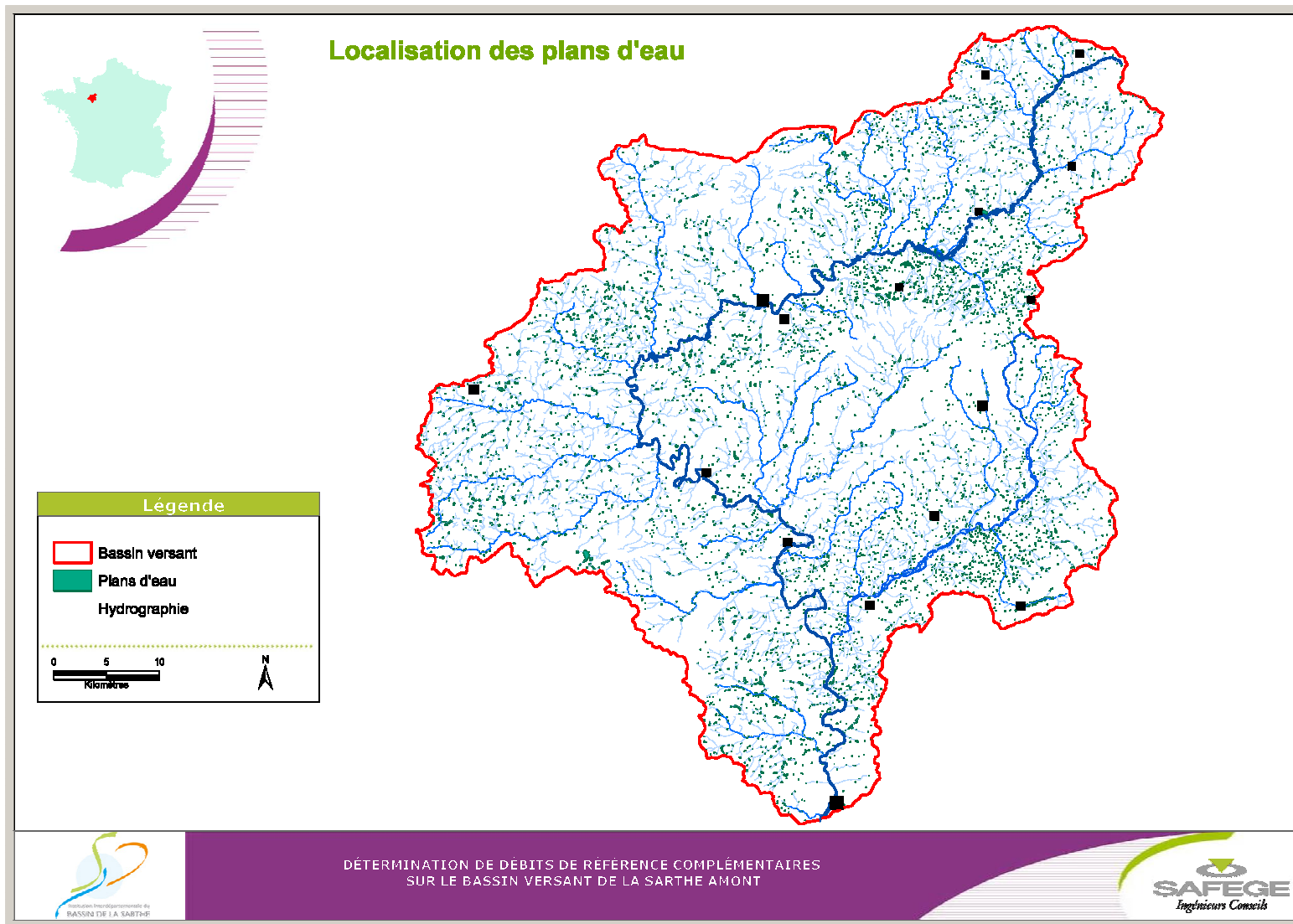


Figure 2-1 : Localisation des plans d'eau

La superficie des plans d'eau est plutôt modérée sur le territoire. Plus de 70% des plans d'eau ont une superficie inférieure à 1 000 m² dont 51% inférieure à 500 m².

A l'inverse seule une centaine de plans d'eau sur les 6835 a une superficie supérieure à 10 000m². La répartition des plans d'eau selon leur surface est présentée sur la Figure 2-2 ci-dessous.

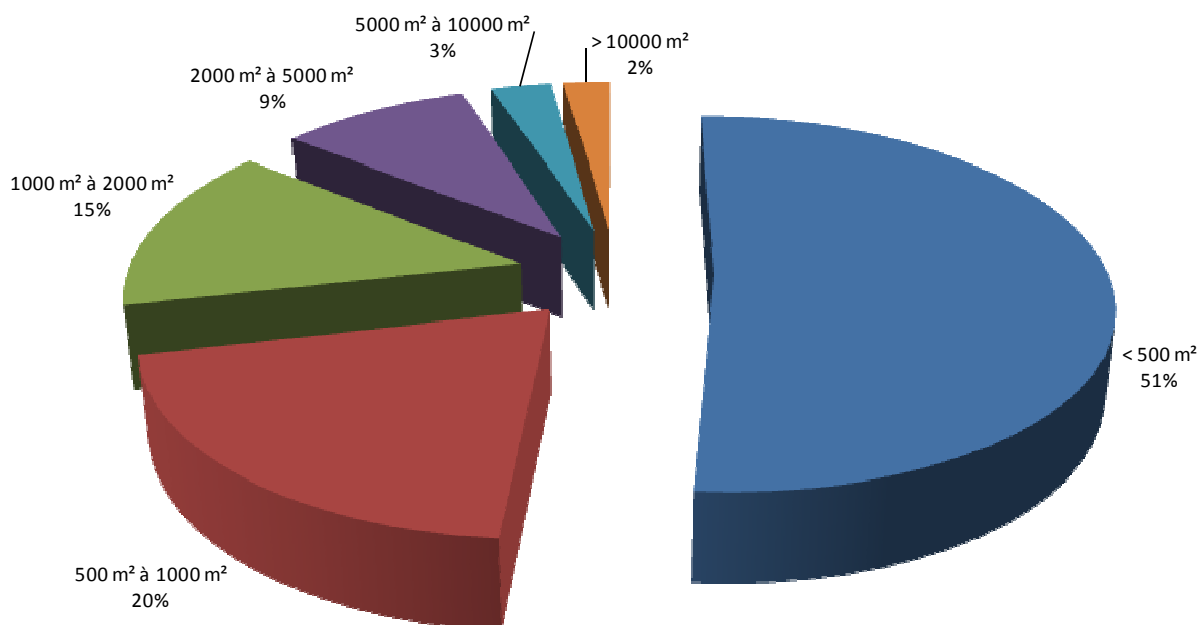


Figure 2-2 : Répartition des plans d'eau selon leur superficie

La répartition des plans d'eau par masse d'eau est présentée dans le Tableau 2-1 suivant :

Tableau 2-1 : Répartition des plans d'eau par masse d'eau

Sous BV	Nombre de plans d'eau par masse d'eau	Dont < 500m ²	Rapport superficie plan d'eau / superficie sous BV
LA SARTHE à NEUVILLE-SUR-SARTHE	2066	874	0,01%
LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER	219	68	0,19%
LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI	2367	1405	0,02%
LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	112	36	0,12%
L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT	1461	878	0,02%
SARTHE AVAL	610	279	0,06%

La densité la plus importante de plans d'eau s'observe sur les sous bassins versants de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier et de la Bienne à Thoiré sous-Contensor. La superficie totale des plans d'eau atteint respectivement 0,19% et 0,12% de la surface totale des sous bassins versants. Ces ratios restent relativement faibles en comparaison d'autres bassins versants du bassin Loire-Bretagne.

A- Calcul des volumes évaporés par les plans d'eau du bassin versant

Les **pertes par évaporation des plans d'eau** peuvent être particulièrement importantes sur le territoire d'étude vu le nombre de plans d'eau existants. Une partie de l'eau captée par les plans d'eau est ainsi évaporée et ne retourne pas au milieu naturel. Afin de quantifier l'impact de l'évaporation des plans d'eau sur les écoulements, il convient de considérer non pas le volume absolu évaporé sur les surfaces en eau mais bien la différence entre ce volume et celui qu'aurait évapotranspiré une surface caractéristique du territoire équivalente.

Afin de comparer le volume de l'évaporation due aux plans d'eau à celui d'une évapotranspiration équivalente pour un couvert caractéristique du territoire, nous avons considéré les éléments suivants :

- ✓ Pour l'évaporation sur les plans d'eau : une évaporation potentielle (ETP Penman) complète. Cette donnée est celle acquise à la station Météo France d'Alençon (n°61001001);
- ✓ Pour l'évapotranspiration sur une surface caractéristique équivalente à celle des plans d'eau : une évapotranspiration réelle (ETR) calculée, à partir d'une réserve facilement utilisable du sol moyenne de 90mm (ce chiffre a été fourni comme valeur moyenne sur le territoire d'étude par la Chambre d'Agriculture de la Sarthe). Un coefficient cultural moyen a été déterminé à partir de l'occupation du sol sur le territoire. Les données pluviométriques du modèle hydrique utilisé pour le calcul de la réserve du sol correspondent à une pluie moyenne de bassin construite à partir des chroniques Météo France collectées.

La Figure 2-3 présente la différence entre le volume évaporé par les plans d'eau et celui évapotranspiré sur couvert végétal par décennie sur ces dix dernières années.

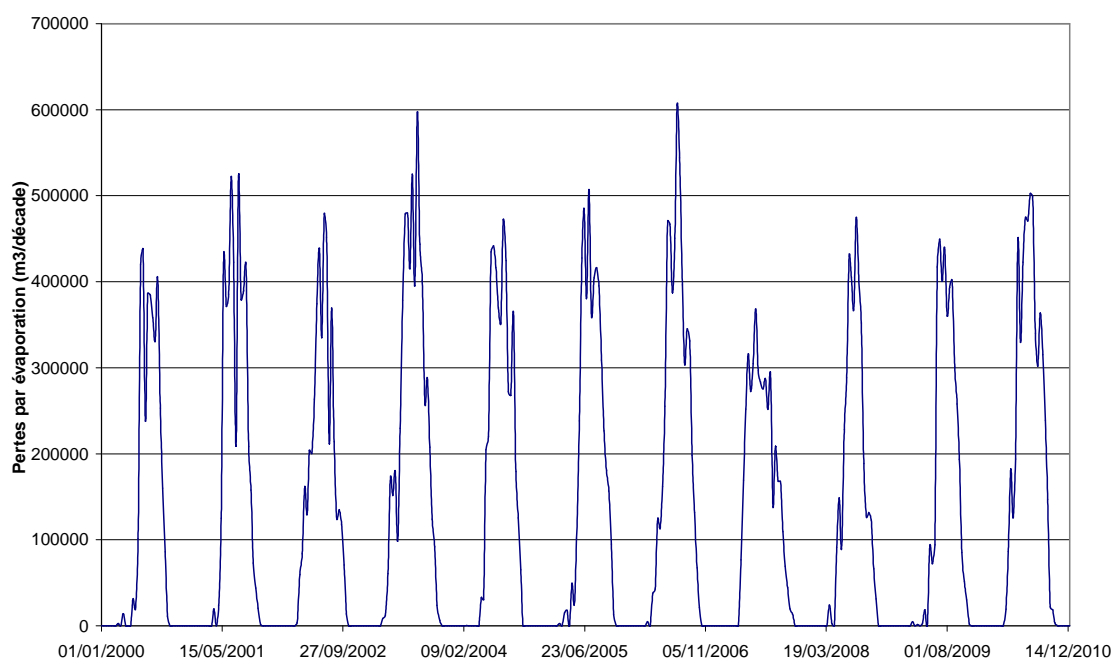


Figure 2-3 : Pertes par évaporation des plans d'eau ($m^3/décade$)

Le graphique ci-dessus fournit les enseignements suivants :

- ✓ La différence entre volumes évaporés et évapotranspirés est nulle hors des périodes les plus sèches de l'année (globalement de novembre à avril) ;
- ✓ Près de 80% du volume évaporé à l'année se fait entre juin et septembre ;

Compte tenu des volumes mis en jeu, il est attendu que l'impact des plans d'eau puisse être significatif sur le territoire et perturbent les écoulements en période d'étiage.

Les pertes par évaporation (volume total évaporé – volume évapotranspiré sur surface caractéristique équivalente du territoire) réparties par masse d'eau sont présentées sur le Tableau 2-2 suivant. Les volumes annuels totaux et concentrés sur la période de tension (avril-septembre) sont indiqués dans le tableau.

Tableau 2-2 : Pertes par évaporation par masse d'eau (milliers de m³/an)

Année	Bienne à Thoiré-sous-Contensor		Sarthe à Neuville-sur-Sarthe		Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei		Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier		Orne Saosnoise à Montbizot		Sarthe aval	
	Perte totale	01/04 au 30/09	Perte totale	01/04 au 30/09	Perte totale	01/04 au 30/09	Perte totale	01/04 au 30/09	Perte totale	01/04 au 30/09	Perte totale	01/04 au 30/09
2000	107	106	1337	1332	1282	1277	154	154	427	425	335	333
2001	138	136	1735	1710	1663	1640	200	197	554	546	434	428
2002	130	127	1631	1598	1564	1533	188	184	520	510	408	400
2003	177	169	2214	2115	2123	2029	255	244	706	675	554	530
2004	137	135	1716	1692	1646	1622	198	195	548	540	430	424
2005	141	133	1766	1668	1693	1599	204	192	564	532	442	417
2006	160	157	2005	1970	1922	1889	231	227	640	629	502	493
2007	128	124	1610	1556	1544	1492	186	179	514	496	403	389
2008	116	113	1459	1423	1399	1364	168	164	465	454	365	356
2009	119	114	1494	1431	1433	1372	172	165	477	457	374	358
2010	161	160	2022	2005	1939	1923	233	231	645	640	506	502

Année	Pertes totales territoire Sarthe amont	Pertes du 01/04 au 21/09 territoire Sarthe amont
2000	3641	3627
2001	4725	4658
2002	4442	4353
2003	6029	5761
2004	4674	4608
2005	4810	4542
2006	5460	5366
2007	4384	4237
2008	3972	3875
2009	4070	3896
2010	5506	5462

2.2 Bilan des prélèvements

2.2.1 Alimentation en eau potable

2.2.1.1 Prélèvements AEP

30 points de captages ont été identifiés sur le bassin versant. La répartition des volumes captés selon leurs provenances est présentée ci-dessous. Les données sur les prélèvements AEP sont issues du fichier redevance « prélèvement » de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

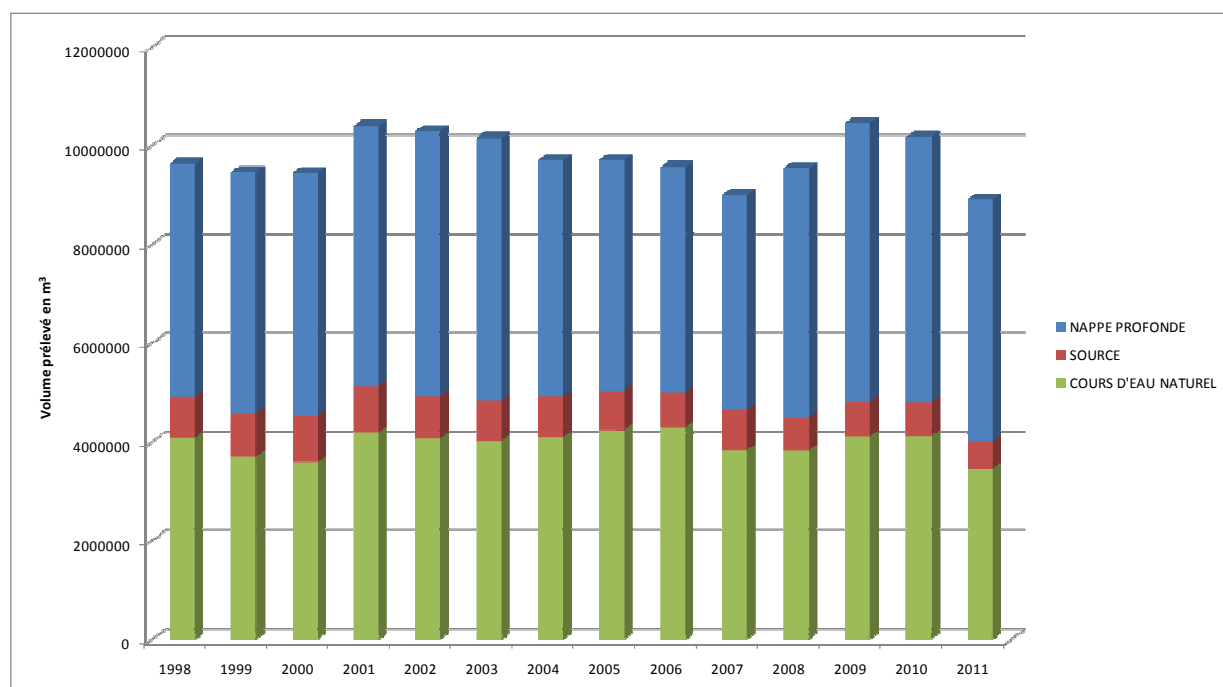


Figure 2-4 : Volumes prélevés par type de captage

Les prélèvements AEP sont relativement stables sur la période d'étude. Les volumes prélevés varient entre 9,5 millions de m³/an et 10,5 millions de m³/an.

Les prélèvements AEP proviennent des nappes souterraines à hauteur de 50%, des cours d'eau à hauteur de 40% et des sources pour 10%. Cette répartition est stable sur la période d'étude.

Dans le cadre de la présente étude, ne seront considérés que les prélèvements dans les sources et les cours d'eau. Pour les prélèvements en nappe profonde seront comptabilisés :

- ✓ les pompages dans le dogger situé à moins de 150 m ;
- ✓ les pompages dans l'Oxfordien situé à moins de 500 m.

Ces hypothèses et valeurs présentées proviennent des résultats de l'analyse hydrogéologique menée en phase 1 et qui ont permis d'exclure certains prélèvements du bilan.

La localisation des prélèvements AEP considérés dans le cadre de notre analyse est précisée dans la Figure 2-5 suivante :

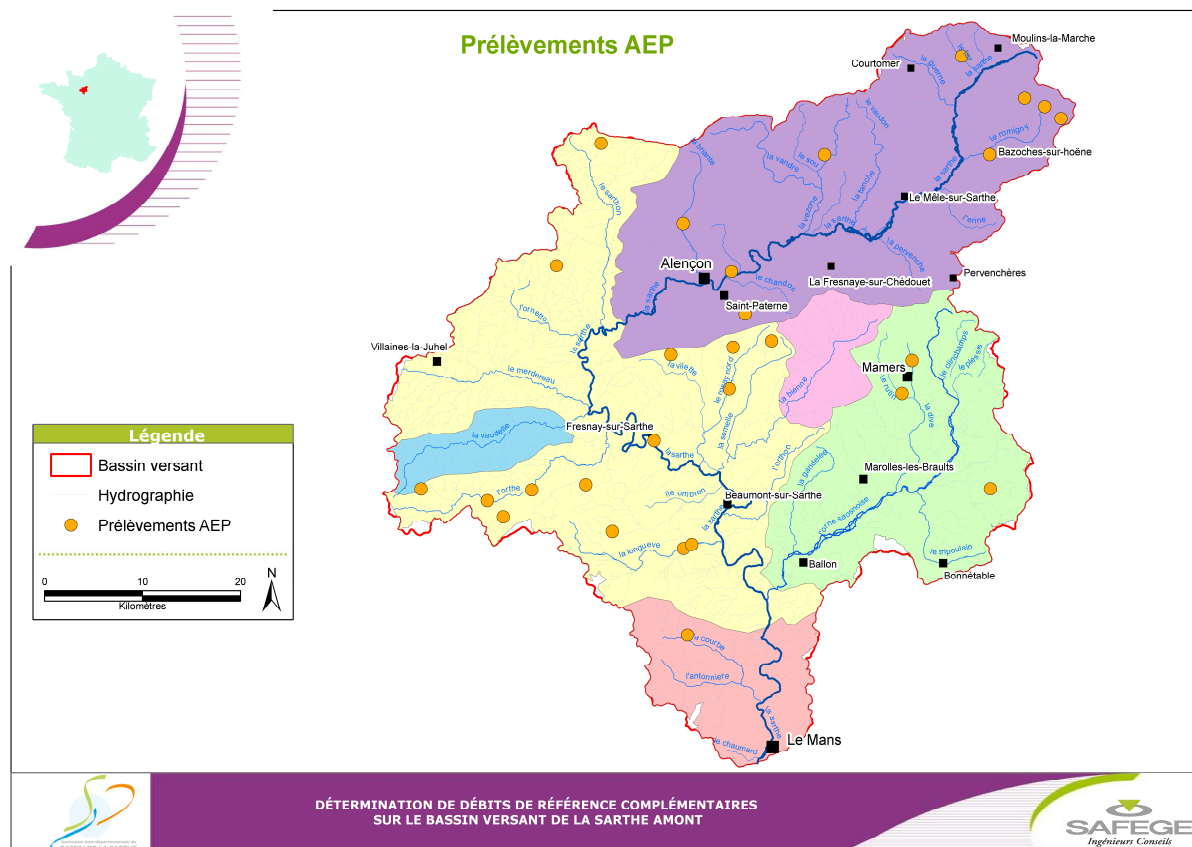


Figure 2-5 : Localisation des prélèvements AEP

Les volumes prélevés par sous bassins versants sur la période 2000-2010 sont récapitulés dans le ci-après :

Tableau 2-3 : Prélèvements AEP par sous bassin versant (m³/an)

Année	Orne Saosnoise à Montbizot	Bienna à Thoiré-sous-Contensor	Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	Sarthe aval	Total
2000	626 500	0	3 434 900	4 997 100	0	383 200	9 441 700
2001	673 700	0	3 667 400	5 639 000	0	425 900	10 406 000
2002	637 300	0	3 679 600	5 508 900	0	467 200	10 293 000
2003	656 600	0	3 525 000	5 446 200	0	529 300	10 157 100
2004	650 100	0	3 292 100	5 202 000	0	562 400	9 706 600
2005	559 900	0	3 295 000	5 325 100	0	530 100	9 710 100
2006	532 900	0	3 146 300	5 394 800	0	501 700	9 575 700
2007	553 800	0	3 025 100	4 962 500	0	466 100	9 007 500
2008	712 200	0	3 483 000	4 949 400	0	399 700	9 544 300

Année	Orne Saosnoise à Montbizot	Bienne à Thoiré-sous-Contensor	Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	Sarthe aval	Total
2009	568 289	0	3 947 779	5 507 586	0	432 116	10 455 770
2010	334 864	0	4 095 830	5 315 490	0	427 328	10 173 512

Les sous bassins versants les plus sollicités pour les prélèvements AEP sont la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe et la Sarthe à Saint-Ceneri-le Gerei. Les volumes prélevés sur ces deux sous bassins versants représentent en moyenne respectivement 40% et 50% des prélèvements totaux.

Les deux autres sous bassins versants sollicités pour l'AEP sont l'Orne Saosnoise et la Sarthe aval.

Aucun prélèvement AEP n'a été recensé sur les bassins de la Bienne et de la Vaudelle.

2.2.1.2 Méthode de décomposition

La répartition intra-annuelle précise des prélèvements AEP est une étape essentielle pour caractériser finement l'état de la ressource et les pressions subies en période d'étiage. Elle permet de désinfluer correctement et de façon robuste le fonctionnement hydrologique du bassin versant.

Les données collectées pour les prélèvements AEP proviennent des fichiers de l'AELB et correspondent à des volumes annuels. Les syndicats d'eau du bassin versant ont donc été contactés afin d'obtenir des données plus précises.

Les données obtenues ont été traitées de façon à dégager une distribution temporelle moyenne des prélèvements AEP selon les mois de l'année. Un coefficient moyen mensuel a ainsi été calculé pour chaque année et appliqué aux deux captages AEP du territoire pour lesquels seul le volume prélevé annuellement a pu être collecté.

Cette démarche se justifie aux regards des résultats obtenus pour d'autres études similaires réalisées par SAFEGE où les suivis d'exploitation mensuels avaient pu être collectés pour tous les ouvrages. Il en était ressorti que l'évolution mensuelle des prélèvements AEP est globalement identique sur l'ensemble du bassin versant.

Il ressort de l'analyse que les **besoins en eau potable sont quasi constants tout au long de l'année**. Une légère hausse peut être toutefois observée en début d'été.

2.2.2 Agriculture

2.2.2.1 Cultures et cheptels

Les informations utilisées sont issues du Recensement Général Agricole (RGA) de 1979, 1988, 2000 et 2010.

Remarque : Le RGA recense les exploitations ayant un siège dans une des communes du bassin versant de la Sarthe amont. Il est possible qu'un exploitant soit installé dans une commune mais que son activité ne soit localisée qu'en partie ou pas du tout sur cette commune. Ainsi il est possible que certaines exploitations localisées sur le bassin exploitent des terres hors de celui-ci et réciproquement. S'il existe donc des incertitudes sur les données relatives aux cheptels/surfaces cultivées sur le bassin versant, il est raisonnable de penser que les données utilisées reflètent globalement bien la réalité de l'activité agricole sur celui-ci.

Les cultures céréalières sont prédominantes sur le territoire. Le blé tendre et le maïs représentent respectivement 41% et 28% des cultures sur le territoire. Les oléo-protéagineux sont également bien implantés sur le bassin versant et représentent près de 14% des cultures.

Depuis 1979, une très forte progression de la culture du blé tendre est observée sur le territoire. En 2010, le blé tendre occupait plus de 40 000 ha sur le bassin versant contre moins de 10 000 ha en 1979.

De même, les oléo-protéagineux ainsi que les prairies temporaires ont augmenté significativement sur les quarante dernières années.

A l'inverse, la culture du maïs a régressé depuis 1988.

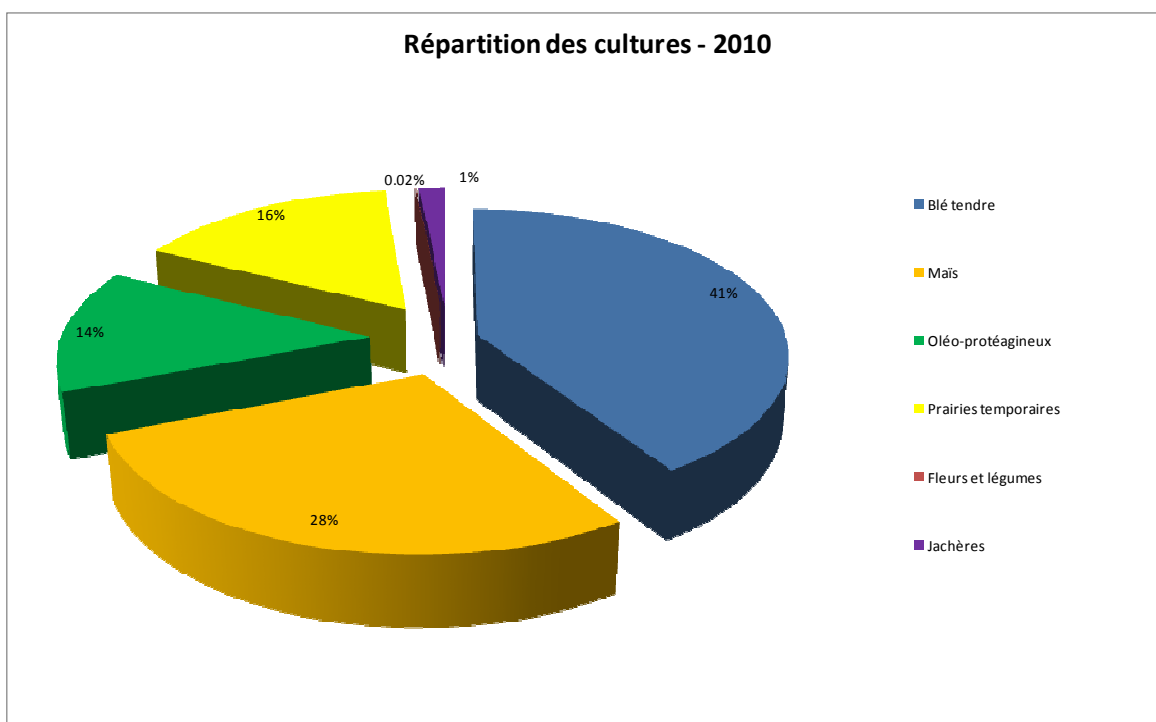


Figure 2-6 : Répartition des cultures en 2010

La Figure 2-7 présente l'évolution des cultures entre 1979 et 2010.

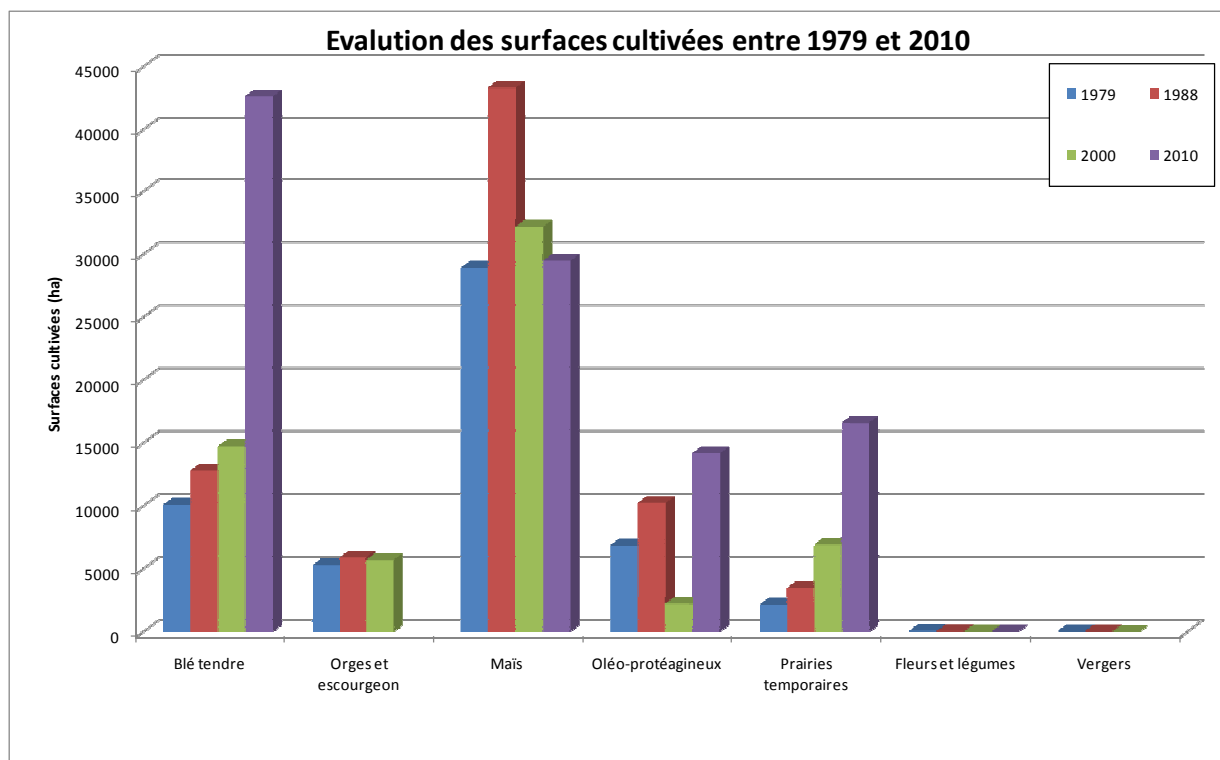


Figure 2-7 : Évolution des surfaces cultivées entre 1979 et 2010

En ce qui concerne l'élevage, les principaux cheptels recensés sont présentés dans le Tableau 2-4.

Tableau 2-4 : Cheptels sur le bassin versant de la Sarthe amont

Année	Bovin	Caprin -Ovin	Équidé	Porcin	Volaille
2000	118 702	8 524	3 338	60 582	3 803 065
2010	219 915	3 361	3 376	77 151	2 932 350

Le territoire se distingue par un élevage bovin et une population de volaille importants.

Une forte progression des cheptels bovins est constatée entre 2000 et 2010. De la même manière, la population des élevages porcins semble avoir significativement augmenté.

Toutefois, le nombre d'animaux dans les élevages étant particulièrement variables d'une année sur l'autre, il est délicat de dégager une tendance d'évolution générale.

2.2.2.2 Prélèvements agricoles

A- Prélèvements annuels pour l'irrigation

Les données sur les prélèvements dédiés à l'irrigation sont issues du fichier de l'AELB.

Les volumes prélevés chaque année sont présentés sur la Figure 2-8 suivante :



Figure 2-8 : Prélèvements agricoles annuels (m³/an)

Le climat étant un facteur essentiel, les volumes prélevés varient fortement d'une année sur l'autre.

Pour les années particulièrement sèches (2003 à 2006 et 2010,2011), les prélèvements pour l'irrigation sont supérieurs à 2 millions de m³. Un pic de prélèvements s'observe en 2003 où les volumes atteignent près de 2,5 millions m³.

Les prélèvements sont sensiblement plus faibles en 2000 et 2007 que sur le reste de la période d'étude. Les volumes prélevés varient alors entre 0,5 million m³/an et 1,2 millions de m³/an environ. Les précipitations en période estivales ont été plus importantes ces années là.

Le sous bassin versant le plus sollicité par les prélèvements agricole est la Sarthe entre Saint-Ceneri et Neuville-sur-Sarthe. Les prélèvements se révèlent également significatifs sur la Bienne et la Sarthe à l'aval de Neuville. Sur le reste du territoire, les pressions agricoles sont plus faibles.

La localisation des prélèvements agricoles est précisée sur la Figure 2-9 suivante :

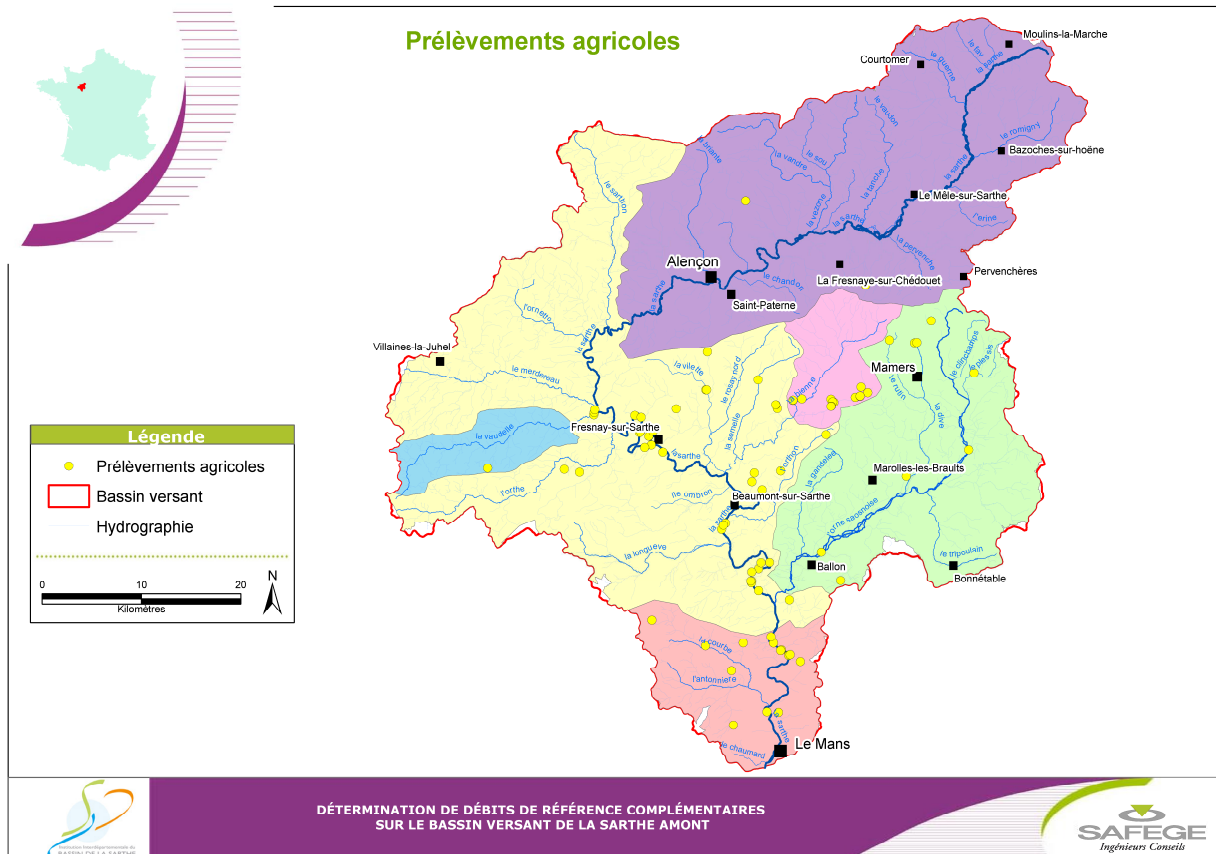


Figure 2-9 : Localisation des prélèvements agricoles

B- Évolution des surfaces irriguées

L'analyse de l'agriculture irriguée sur le bassin versant a été difficile à mener compte tenu du peu de données disponibles. L'étude s'est essentiellement basée sur le Recensement Général Agricole de 2000 et 2010 où sont précisées les surfaces irriguées sur le territoire. Pour les autres années, les valeurs ont été répliquées. Cette hypothèse est ici à relativiser car elle n'influence pas les volumes prélevés, mais seulement leur répartition sur l'année en fonction des coefficients culturaux des espèces cultivées.

Le Tableau 2-5 présente les surfaces irriguées prise en compte sur le territoire du bassin versant de la Sarthe Amont :

Tableau 2-5 : Surfaces irriguées sur le territoire du SAGE (ha)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Surface irriguée (ha)	2234	2234	2234	2234	2234	1710	1710	1710	1710	1710	1710

Les deux principales cultures irriguées sont le maïs et le blé tendre.

C- Le besoin en eau théorique des plantes

Le calcul du besoin en eau théorique des plantes est utile d'une part pour estimer si les volumes prélevés sont cohérents avec ce besoin, et surtout pour assurer la ventilation décadaire des volumes prélevés annuels contenus dans les fichiers redevance de l'Agence de l'eau.

Le calcul du besoin des plantes repose sur la formule suivante :

$$\text{BESOIN TOTAL POUR L'IRRIGATION} = \text{BUT} \times \text{Surface Irriguée} \times \text{Coefficient comportemental}$$

Avec : BUT : besoin unitaire théorique des plantes déterminé à partir de l'assolement, de la pédologie et des conditions climatiques :

BUT = $K_c \times ETP - (P_e + R)$, avec :

- ✓ K_c le coefficient cultural de la plante pour la décade n
- ✓ ETP l'évapotranspiration potentielle pour la décade n
- ✓ P_e la pluie efficace pour la décade n
- ✓ R la réserve du sol pour la décade n-1

Le coefficient comportemental tient compte de la conduite technique des apports d'eau (niveau d'équipement des irrigants) et des conditions économiques : l'apport d'eau peut en effet, pour ces raisons, être différent du BUT. C'est ce que l'on observe lorsque l'on cherche à reconstituer les prélèvements du passé : ce coefficient a eu tendance à augmenter au fil du temps, pour tendre vers une valeur proche de 1.

Les besoins annuels en eau des plantes sont présentés dans le Tableau 2-6 et sont comparés aux prélèvements effectifs réalisés pour l'irrigation sur la Figure 2-10.

Tableau 2-6 : Besoins en eau annuel des plantes

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Besoin en eau des plantes (m ³ /an)	3 055 749	4 3464 92	3 129 221	5 394 166	5 007 003	4 459 323	4 594 785	821 495	3 279 542	3 941 476	4 821 891

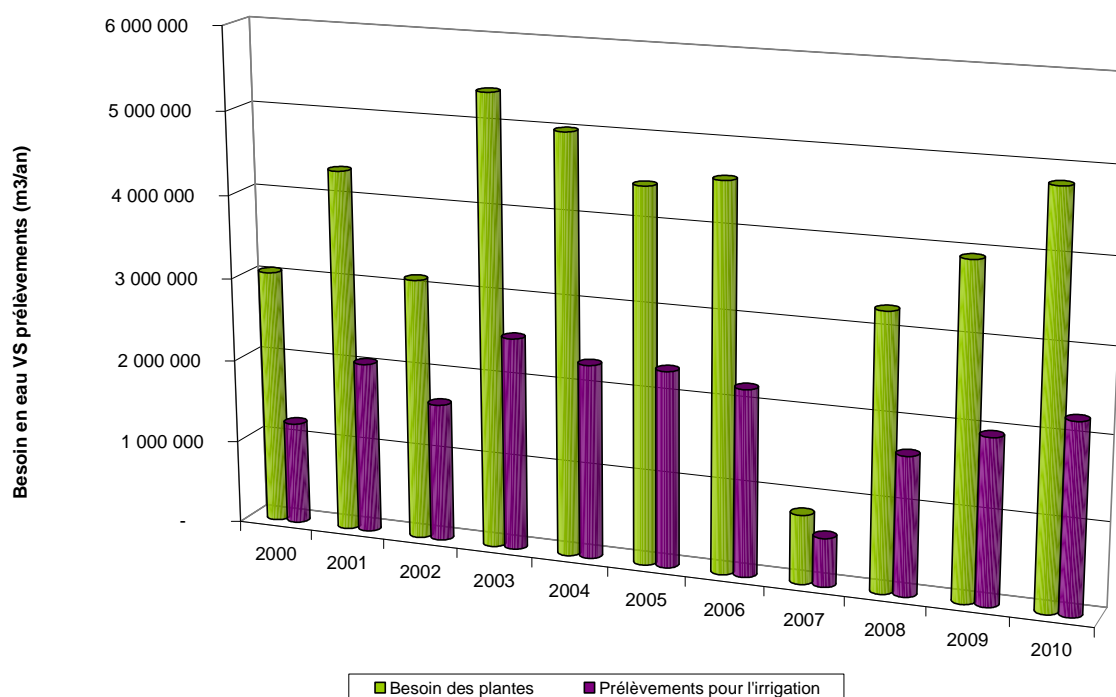


Figure 2-10 : Comparaison des prélèvements et des besoins pour l'irrigation

Les besoins en eau des plantes sont très largement supérieurs aux volumes annuels prélevés pour l'irrigation. Les déficits les plus importants ont lieu pendant la période d'été.

L'année 2007, particulièrement pluvieuse, se distingue par des prélèvements en eau pratiquement équivalents aux besoins des plantes.

2.2.2.3 Mode de décomposition

Les données sur les prélèvements agricoles ont été collectées auprès de l'AELB et ne sont disponibles qu'au pas de temps annuel. La principale difficulté dans le traitement de ces données est liée à leur répartition temporelle sur l'année. En théorie, le prélèvement se fait en **parallèle du besoin des plantes**, mais ce n'est pas toujours le cas, notamment lors de l'existence de **plans d'eau et de retenues** à usage agricole.

En effet, dans ce cas, le prélèvement pour assurer le remplissage des retenues se fait hors des périodes d'été, pendant lesquelles la ressource est peu abondante et les restrictions d'usage omniprésentes.

La méthodologie utilisée pour ventiler les prélèvements sur l'année est la suivante :

- ✓ **Pour les prélèvements directs au milieu** (prélèvements en cours d'eau, en nappe ou sur une source), le volume annuellement prélevé est ventilé selon les besoins des plantes calculés de manière décadaire ;

- ✓ **Pour les prélèvements dans les retenues**, les hypothèses suivantes sont appliquées :
- **Si la retenue est connectée** au milieu naturel : le prélèvement dans le plan d'eau est immédiatement compensé par un prélèvement équivalent dans le milieu. Le volume prélevé est alors ventilé par décade selon les besoins théoriques des plantes décrits précédemment.
 - **Si la retenue est déconnectée** du milieu naturel : le remplissage de la retenue s'effectue hors période d'étiage. Toutefois, si le volume annuel prélevé est supérieur au volume de la retenue, la différence entre volume prélevé et volume de la retenue sera ventilée par décade selon les besoins des plantes (et donc en période estivale).

2.2.2.4 Estimation des besoins en eau du bétail

Les besoins en eau pour l'élevage ont été calculés en appliquant une consommation moyenne par jour à chaque type de bétail. Les données de consommation moyenne nous ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Sarthe.

La Chambre de l'Agriculture de la Sarthe indique que l'abreuvement des animaux se fait de la façon suivante :

- ✓ Élevages bovin, équin, ovin et caprin : entre 25 et 30 % de l'abreuvement provient du milieu naturel contre 70 à 75 % du réseau d'eau potable. Pour les élevages laitiers, l'abreuvement au réseau d'eau potable est très utilisé pour garantir la qualité du lait.
- ✓ Pour les porcins et volailles, elle confirme que l'abreuvement se fait depuis le réseau d'eau potable ceci pour 100 % des élevages

Remarque : Les hypothèses indiquées sont transmises par la Chambre d'Agriculture de la Sarthe et proviennent du Groupement de Défense Sanitaire. Il est précisé notamment que « pour les élevages laitiers, l'abreuvement au réseau d'eau potable est très utilisé pour garantir la qualité du lait ». Les hypothèses de répartition classiques utilisées sur d'autres bassins versants voisins (70% milieu – 30% réseau AEP), en premier lieu soumises, ont été contredites par la Chambre d'Agriculture de la Sarthe pour le bassin versant.

Le Tableau 2-7 présente les résultats obtenus :

Tableau 2-7 : Estimation des besoins en pour l'élevage (m³/an)

Cheptel	Consommation moyenne (m ³ /j)	Consommation en 2000 (m ³)	Consommation en 2010 (m ³)	Dont prélèvements au milieu naturel en 2000 (m ³)	Dont prélèvements au milieu naturel en 2010 (m ³)
Bovin	0.06	3 125 640	3 933 557	781 410	983 389
Équidé	0.04	52 704	43 886	13 176	10 972
Caprin - Ovin	0.01	7 320	10 808	1 830	2 702
Total	-	3 185 664	3 988 251	796 416	997 063

La consommation d'eau du bétail a fortement progressé entre 2000 et 2010 essentiellement du à l'augmentation de la population de bovins sur le territoire.

Toutefois, les ratios de consommations peuvent varier significativement entre animaux d'une même espèce et tout au long de l'année. De la même manière, les effectifs de production animale peuvent varier sensiblement au cours de l'année en fonction des cycles de production. Ces résultats permettent d'avoir un ordre de grandeur haut des besoins en eau pour l'élevage sur le bassin versant.

Les prélèvements en eau pour les besoins du bétail sont répartis uniformément sur les 12 mois de l'année.

2.2.3 Activité industrielle

De manière générale, l'activité industrielle est peu développée sur le bassin versant.

Le territoire compte relativement peu d'industries qui prélèvent directement dans le milieu naturel. Les réseaux de distribution d'eau potable assurent en grande majorité les besoins en eau des entreprises.

Au total, 4 industries ont été identifiées comme prélevant directement dans le milieu. Les prélèvements dans les nappes profondes ont ici été exclus.

2.2.3.1 Prélèvements industriels

Les données sur les prélèvements industriels non raccordés au réseau AEP sont issues du fichier redevance de l'AELB. Les volumes prélevés chaque année sont présentés sur la Figure 2-11 suivante :

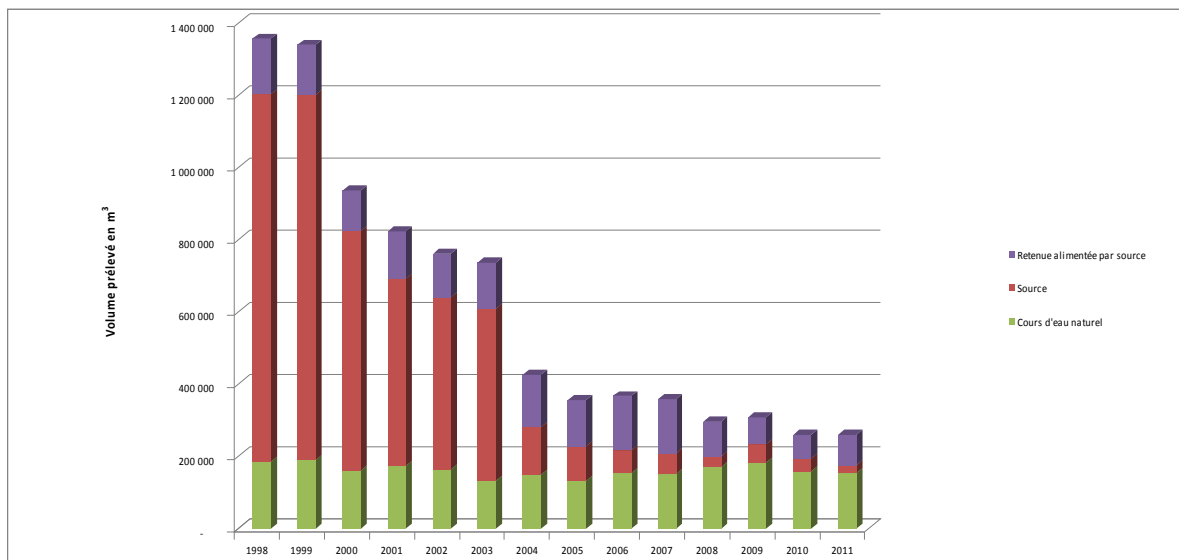


Figure 2-11 : Prélèvements industriels sur le territoire du SAGE « Sarthe amont »

Une baisse quasi continue des prélèvements industriels s'observe sur la période d'étude. La diminution la plus notable est constatée à partir de 2003. Les prélèvements sont passés d'environ 1,3 millions de m³ en 1998 à près de 260 000 m³ en 2011.

Sur les dernières années, les volumes dédiés aux activités industrielles sont faibles et représentent une part non significative des prélèvements totaux sur le territoire.

Le sous bassin versant de la Sarthe entre Saint-Ceneri et Neuville-sur-Sarthe est le plus sollicité pour les prélèvements industriels et concentre 3 des 4 entreprises recensées. La dernière industrie se situe sur le sous bassin versant de la Sarthe à l'amont de Saint-Ceneri-le-Gerei.

2.2.3.2 Méthode de décomposition

L'élaboration d'une série mensuelle pour les prélèvements industriels se heurte aux difficultés suivantes :

- ✓ Données quasi-exclusivement annuelles et très peu d'informations disponibles sur la répartition temporelle des prélèvements ;
- ✓ Répartition mensuelle variable selon les industries : fermeture estivale, besoins spécifiques en eau liés à la production... Impossible d'appliquer une évolution moyenne pour toutes les industries comme cela peut être le cas pour les prélèvements AEP ;
- ✓ Répartition mensuelle variable d'une année sur l'autre : évolution des process industriels et modernisation des installations, basculement d'un prélèvement direct au milieu vers un raccordement au réseau AEP.

Ainsi, la distribution temporelle des prélèvements industriels a été répartie de façon équivalente sur les douze mois.

2.3 Bilan des restitutions au milieu naturel

Les potentielles restitutions d'eau au milieu sur le bassin versant de la Sarthe Amont sont :

- ✓ les pertes dans les réseaux AEP ;
- ✓ les rejets d'eau des stations d'épuration domestiques, intégrant potentiellement des rejets issus d'installations industrielles ;
- ✓ Les rejets domestiques par l'assainissement non collectif ;
- ✓ les rejets d'eau propres à certaines activités industrielles.

2.3.1 Perte des réseaux AEP

2.3.1.1 Volumes de rejets

Les pertes sur les réseaux AEP entre les lieux de prélèvements et les sites de distribution sont considérées comme renvoyées au milieu naturel par ruissellement ou infiltration.

Toutefois en période d'étiage, seule une partie des pertes revient effectivement au milieu naturel. En effet, le postulat est qu'en période d'étiage, une partie des pertes « infiltrées » sont évapotranspirées ou stockées dans les horizons supérieurs du sous sol. Un ratio de 50% est donc appliqué aux pertes AEP en période d'étiage pour tenir compte de ces phénomènes. Cette hypothèse n'est appliquée qu'en période estivale car la saturation des sols en hiver et la faible évapotranspiration conduit plutôt à faire « transiter » ces pertes en totalité vers la nappe/le cours d'eau. Ces hypothèses sont celles discutées, puis retenues dans le cadre de l'étude gestion quantitative des SAGE du Layon, de l'Èvre et de l'Oudon.

En l'absence d'information complémentaire sur le bassin versant de la Sarthe, un rendement moyen des réseaux a été pris égal à 85% sur l'ensemble du territoire. Les données collectées sur le sujet sont très parcellaires. La valeur retenue est une moyenne des rendements de réseaux renseignés dans le fichier SISPEA pour les départements de la Sarthe, de la Mayenne et de l'Orne : en 2011, ces rendements étaient compris entre 83 et 86%.

Une consommation de 120 l/jr/hab. a également été fixée.

Au total, **les pertes AEP atteignent environ 1,3 millions de m³/an**. La répartition des pertes par sous bassin versant est présentée dans la ci-dessous :

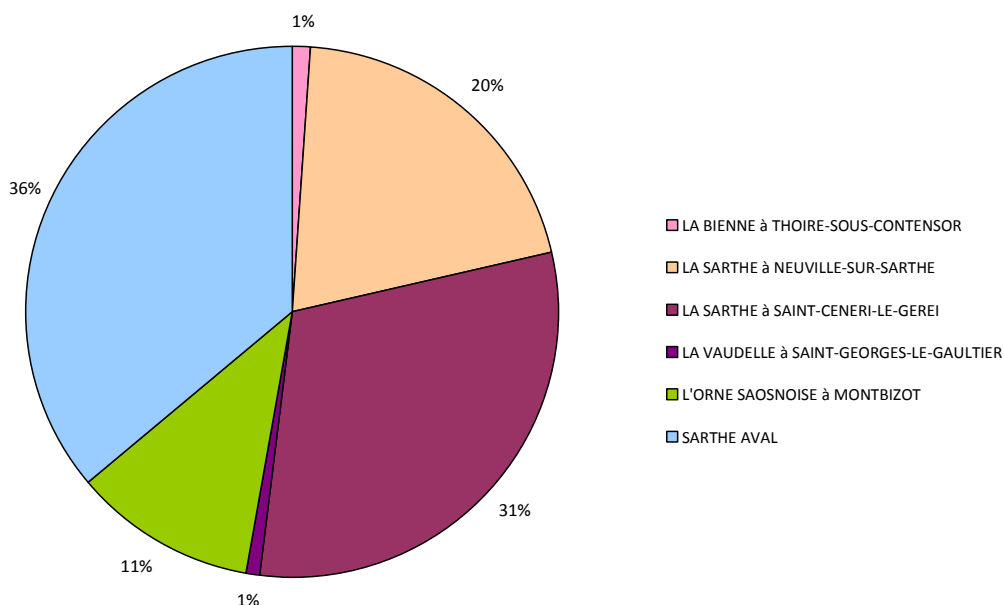


Figure 2-12 : Pertes des réseaux AEP (m3/an)

Les pertes AEP se concentrent essentiellement sur les sous bassins versants de la Sarthe entre Saint-Ceneri et Neuville-sur-Sarthe et à l'aval de Neuville, où les concentrations de population sont les plus importantes.

2.3.1.2 Méthode de décomposition

Les données sur les prélèvements AEP ont permis de dégager une répartition mensuelle des prélèvements pour certains captages du territoire. Un ratio moyen mensuel a ainsi pu être déterminé sur la base de ces éléments. Cette démarche se justifie dans la mesure où la répartition mensuelle des prélèvements AEP était quasiment identique pour tous les captages.

Les pertes AEP ont ainsi été réparties dans le temps à partir du ratio mensuel moyen déterminé pour les prélèvements AEP.

La répartition temporelle appliquée est présentée dans le Tableau 2-8 suivant :

Tableau 2-8 : Répartition mensuelle des pertes AEP

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Pourcentage	9%	8%	9%	9%	8%	9%	9%	7%	8%	8%	8%	8%

2.3.2 Assainissement collectif

2.3.2.1 Stations d'épuration

Les données relatives aux rejets domestiques sur le bassin versant de la Sarthe amont ont été synthétisées à partir des bases de données des Conseil Généraux du bassin versant. Elle compile les caractéristiques des stations d'épuration concernées en partie ou en totalité par le bassin versant ainsi que certain débit moyen annuel de sortie.

Au total, 123 stations d'épuration ont été recensées sur le bassin versant.

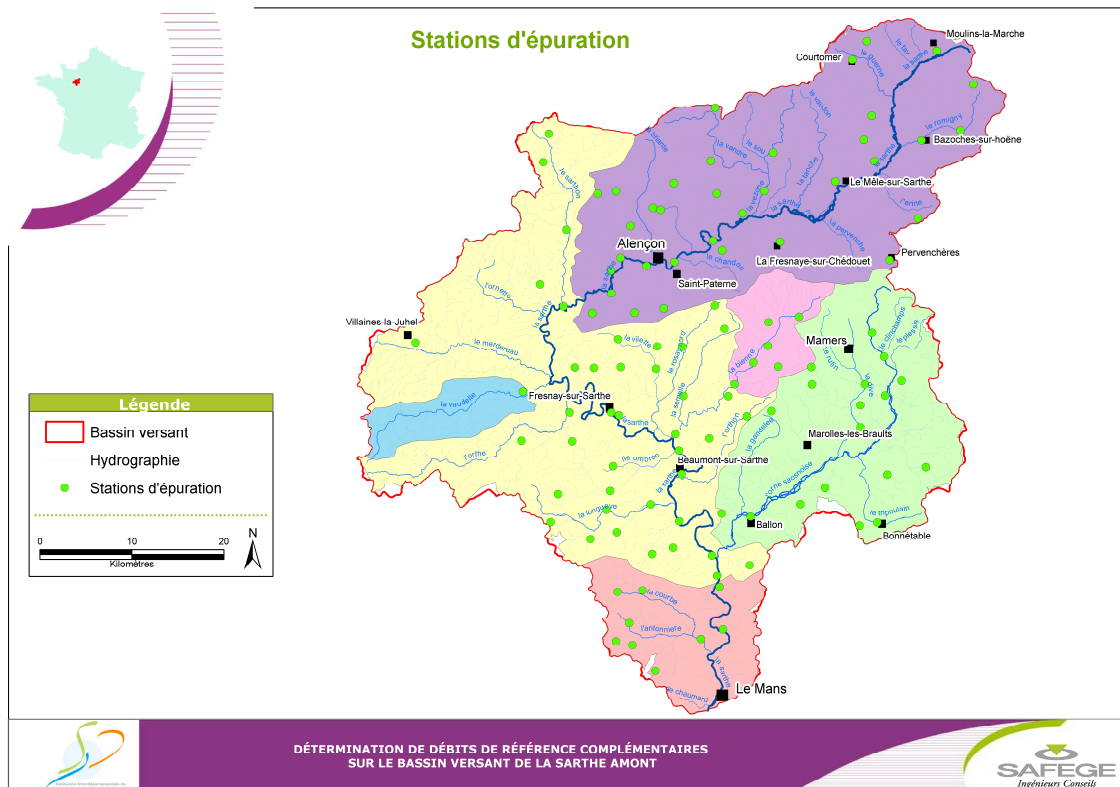


Figure 2-13 : Localisation des stations d'épuration

2.3.2.2 Volumes de rejets

Les données collectées sur les volumes de rejets des stations d'épuration sont très partielles. Cela peut s'expliquer notamment par le fait qu'un nombre important de stations d'épuration n'est pas équipé d'un débitmètre.

En l'absence d'information complémentaire, des hypothèses de rejets ont été faites pour combler les lacunes sur la base des données disponibles (Extrapolation/ interpolation). Les volumes de rejets obtenus sur la période d'étude sont présentés sur la Figure 2-14 suivante :

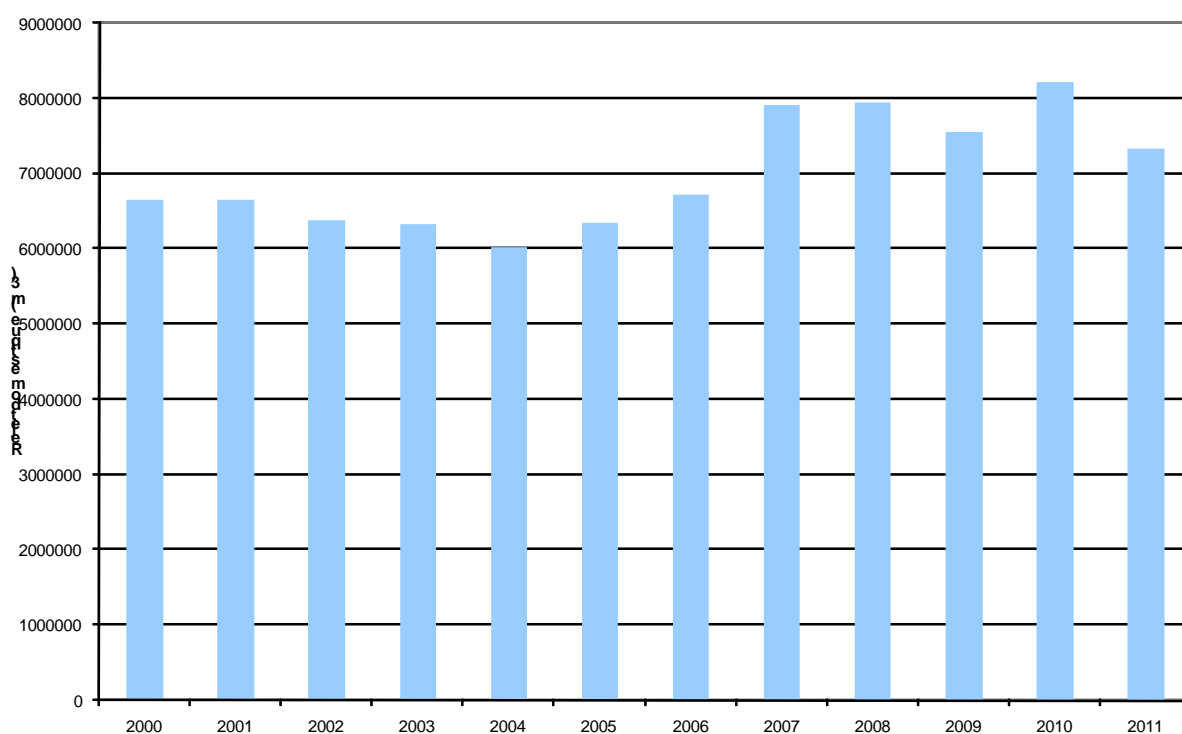


Figure 2-14 : Rejets des stations d'épuration (m³/an)

Les rejets des stations d'épuration ont notablement augmenté sur la décennie 2000-2010, d'après les données disponibles. Le volume rejeté moyen était de l'ordre de 6,5 millions de m³/an au début des années 2000 et varie entre 7 et 8 millions de m³/an depuis 2007. Le Tableau 2-9 ci-dessous présente les volumes restitués au milieu naturel par sous bassin versant.

Tableau 2-9 : Volumes restitués au milieu naturel via les stations d'épuration

Année	Orne Saosnoise à Montbizot	Bienne à Thoiré-sous-Contensor	Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	Sarthe aval	Total
2000	319740	78475	1453560	3900213	141042	173618	6066648
2001	319740	78475	1478198	3913434	141042	173618	6104507
2002	329034	78690	1492130	4444236	141428	174094	6659612
2003	328135	78475	1480023	4443940	141042	173618	6645233
2004	333807	82672	1543795	4100346	141042	173618	6375280
2005	333807	82673	1532115	4024857	141042	220521	6335014
2006	334722	82899	1538686	3699159	144947	221125	6021537
2007	349122	82672	1532115	3446254	168663	764371	6343197
2008	350218	134502	1555657	3752601	168663	764371	6726011
2009	358813	135999	1567009	4791538	169123	893946	7916428
2010	352839	136372	1646344	4749182	162183	896395	7943315
2011	355711	190932	1584302	4358084	173784	893946	7556757

Les rejets domestiques sur le sous bassin versant de la Sarthe à l'amont de Saint-Ceneri-le-Gerei représentent entre 50% et 60% des rejets totaux sur le territoire selon les années. Cela s'explique par la présence de la STEP d'Alençon sur ce secteur.

Les volumes de rejets sont également importants sur le sous bassin versant de la Sarthe entre Saint-Ceneri et Neuville-sur-Sarthe. Ils représentent environ 25% des volumes rejetés chaque année sur le territoire.

2.3.2.3 Méthode de décomposition

Comme pour les pertes AEP, les rejets de l'assainissement collectif ont été répartis dans le temps à partir du ratio mensuel moyen déterminé pour les prélèvements AEP. Les ratios retenus sont les mêmes que ceux présentés dans le Tableau 2-8.

2.3.3 Cas particulier de l'assainissement non collectif

2.3.3.1 Volumes de rejets

L'estimation des rejets via l'assainissement non collectif s'est basée sur les taux de raccordement des communes à une station d'épuration et sur la consommation AEP moyenne par commune sur la période d'étude.

Les hypothèses retenues pour déterminer la part des volumes restitués via l'assainissement non collectif sont les suivantes :

- ✓ Si une commune est raccordée à une station d'épuration alors l'ensemble de la population est considérée en assainissement collectif. La date de mise en service des stations d'épuration ou de raccordement des communes a été intégrée à l'analyse.
- ✓ Sinon une consommation moyenne par habitant a été fixée à 120 l/jr, valeur usuellement admise sur d'autres études. Sur les volumes consommés par des foyers non raccordés au réseau d'assainissement, il a été retenu que 80% (taux usuellement retenus dans les schémas directeurs d'assainissement) retournent au milieu naturel.

Comme pour les pertes AEP, seul 50% du volume de rejet est considéré comme retourné au milieu naturel en période d'étiage.

Les volumes de rejets obtenus sur la période d'étude sont présentés sur la Figure 2-15 ci-après.

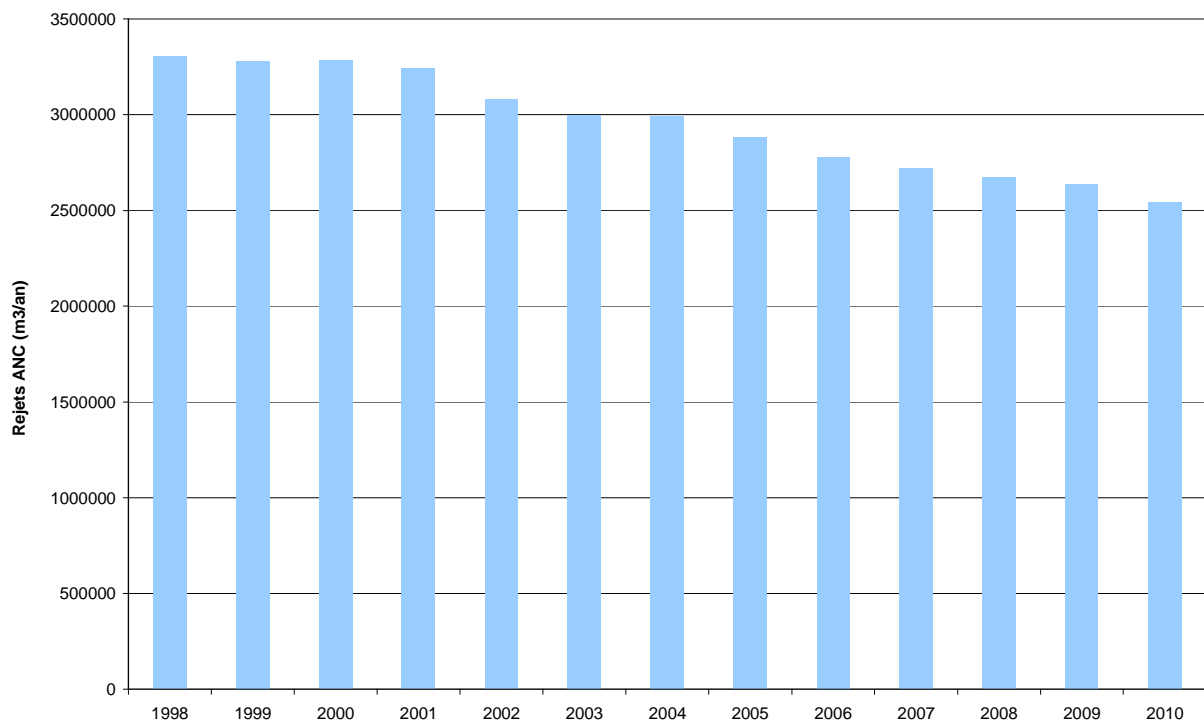


Figure 2-15 : Rejets via l'assainissement non collectif (m³/an)

Les volumes de rejets issus de l'assainissement non collectif connaissent une diminution continue sur la dernière décennie. De nombreuses stations d'épuration ont effectivement été construites sur le territoire et la part de l'assainissement non collectif a été ainsi réduite. Les volumes de rejets sont compris entre 3,4 millions de m³/an en 1998 et 2,5 millions de m³/an en 2010. En 2010, la répartition des rejets par sous bassin versant est présentée sur la Figure 2-16 suivante :

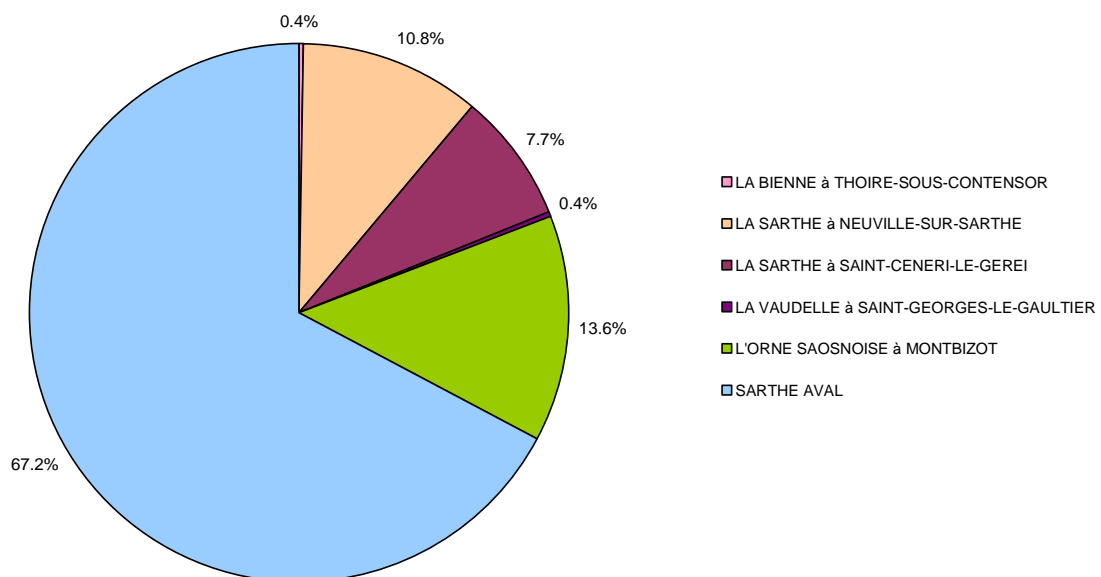


Figure 2-16 : Répartition des rejets d'assainissement non collectif en 2011

Les rejets d'assainissement non collectif se concentrent majoritairement sur le sous bassin versant de la Sarthe à l'aval de Neuville. En 2010, les volumes rejetés représentaient plus de 67% des rejets ANC totaux sur le territoire.

2.3.3.2 Méthode de décomposition

Comme pour les pertes AEP, les rejets de l'assainissement non collectif ont été répartis dans le temps à partir du ratio mensuel moyen déterminé pour les prélèvements AEP. Les ratios retenus sont les mêmes que ceux présentés dans le Tableau 2-8.

2.3.4 Rejets industriels

2.3.4.1 Volumes de rejets

Les données relatives aux rejets industriels directement au milieu naturel ont été fournies par la DREAL (Service Risques Naturels et Technologiques) pour les années 2010-2012. Six industries sont identifiées comme rejetant des effluents au milieu naturel après traitement. Cela ne couvre pas nécessairement tous les rejets industriels sur le bassin (pour mémoire, une trentaine étaient cités dans l'état des lieux du SAGE Sarthe Amont), mais au moins les plus importants.

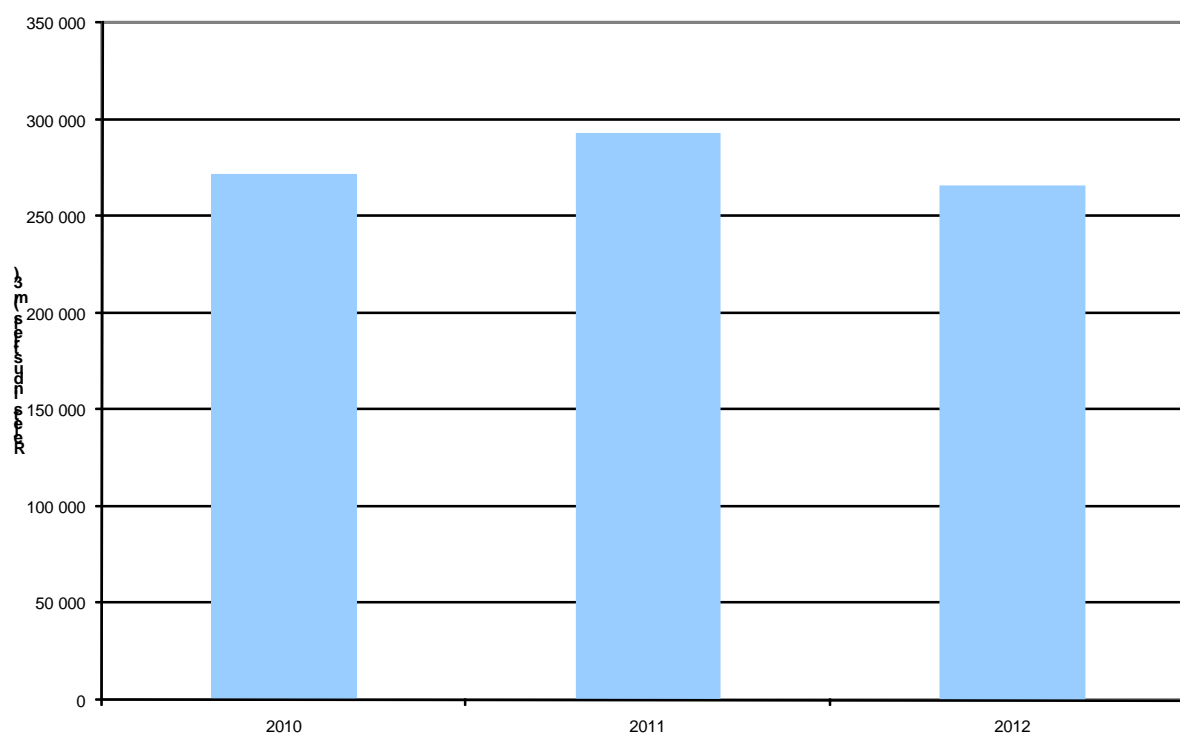


Figure 2-17 : Rejets industriels au milieu naturel (m³/an)

Les rejets industriels directs au milieu naturel s'établissent donc environ à 270000m³ par an sur la période 2010-2012. A ces rejets s'ajoutent évidemment ceux réalisés dans les réseaux

d'assainissement collectifs. Les volumes concernés ont été traités avec les données relatives aux stations d'épuration collectives, et ne sont donc pas repris ici. La répartition des rejets directement au milieu naturel par sous bassin est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-10 : Volumes restitués au milieu naturel via les stations d'épuration industrielles

Année	Orne Saosnoise à Montbizot	Bienne à Thoiré-sous-Contensor	Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	Total
2010	130562	104695	36686	271 943
2011	145632	118855	28468	292 955
2012	118907	121364	25722	265 993

Les rejets industriels sont principalement localisés sur les sous bassins de l'Orne Saosnoise et de la Bienne, et dans une moindre mesure sur celui de la Sarthe à Neuville. Compte tenu de l'absence de données avant 2010, il a été choisi de répliquer les valeurs de l'année 2010 sur l'ensemble des années de la période de référence.

2.3.4.2 Méthode de décomposition

Les volumes rejetés par les industriels directement au milieu naturel sont répartis de manière homogène sur l'ensemble de l'année, conformément à l'hypothèse retenue pour les prélèvements industriels directs au milieu.

3

Bilan des usages par masse d'eau

L'ensemble des données relatives aux usages décrites ci-dessous ont été ventilées sur l'ensemble du cycle hydrologique sur la période d'analyse (2000-2010) et réparties par sous bassin versant.

Les usages ont été classés suivant les thématiques suivantes :

- ✓ L'Alimentation en eau potable ;
- ✓ L'irrigation : cet item regroupe les prélèvements directs au milieu et ceux réalisés dans des retenues ;
- ✓ Le besoin en eau du bétail ;
- ✓ Les pertes par évaporation des plans d'eau : cet item concerne la compensation par prélèvement au milieu des volumes « perdus » du fait de l'évaporation des plans d'eau. Le volume évaporé est compensé par un prélèvement estival ou hivernal.
- ✓ L'usage industriel.

Les volumes restitués au milieu naturel ont également été synthétisés par masse d'eau suivant les items :

- ✓ Les pertes AEP : il s'agit des volumes retournant au milieu du fait des pertes sur les réseaux d'alimentation en eau potable. En période d'étiage, 50% du volume de rejet retourne effectivement au milieu naturel.
- ✓ Assainissement collectif : il s'agit des volumes retournant au milieu par les dispositifs d'assainissement collectif (station d'épuration) ;
- ✓ Assainissement non-collectif : il s'agit des volumes retournant au milieu par les dispositifs d'assainissement non-collectif. En période d'étiage, 50% du volume de rejet retourne effectivement au milieu naturel.

Dans les pages suivantes sont présentés, par sous-bassins versants :

- ✓ La chronique des volumes mensuels prélevés sur 2000-2011 ;
- ✓ La chronique des volumes mensuels restitués au milieu sur 2000-2011.

Les graphiques prélèvements/rejets par sous bassin versant sont présentés volontairement à la même échelle afin de bien visualiser les proportions de chacun.

3.1 La Sarthe à l'amont de Saint-Ceneri-le-Gerei

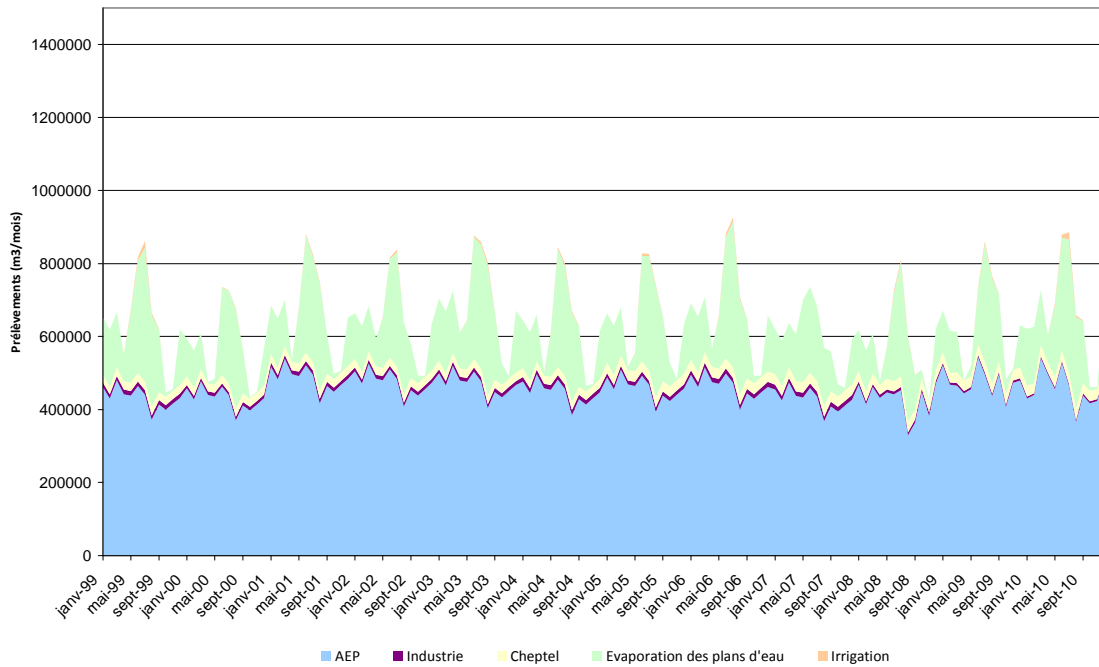


Figure 3-1 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei

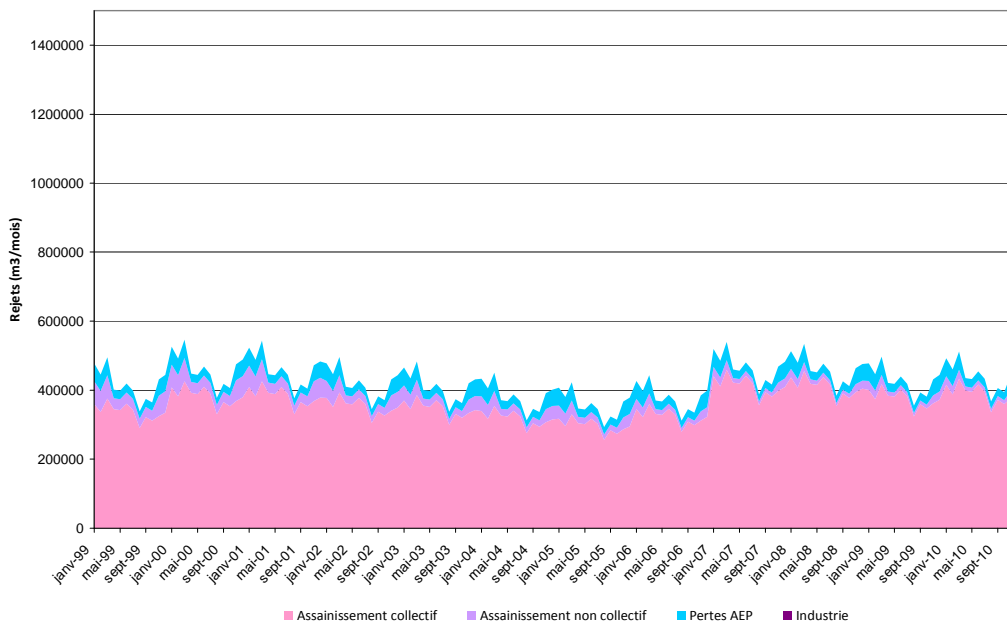


Figure 3-2 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei

3.2 L’Orne Saosnoise à Montbizot

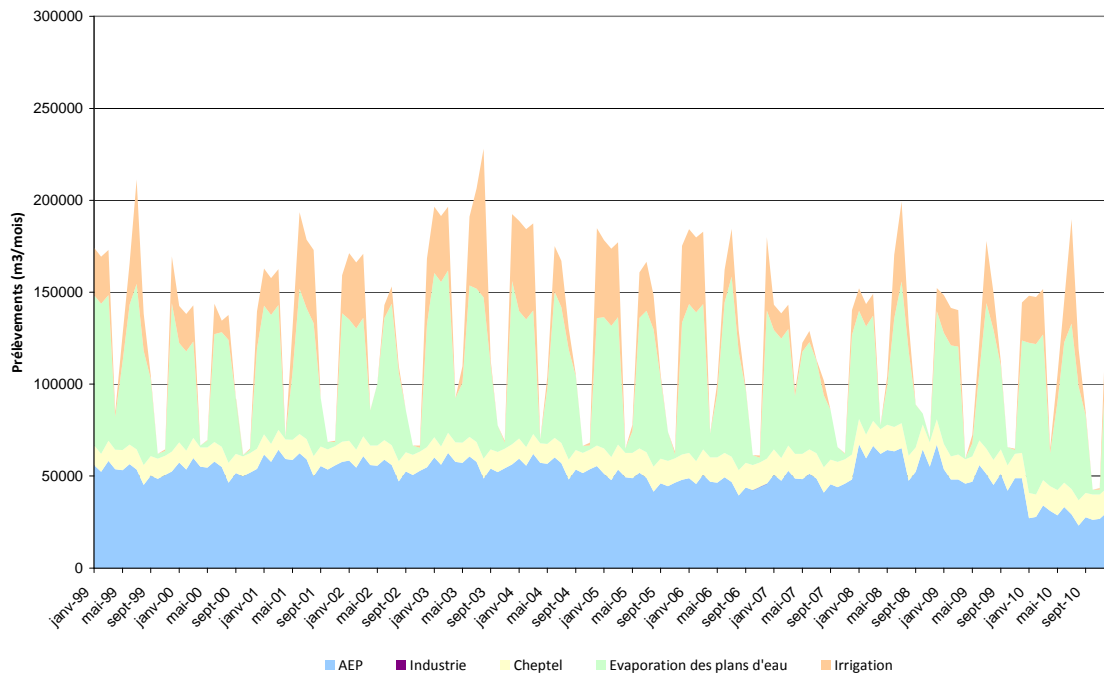


Figure 3-3 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de l’Orne Saosnoise à Montbizot

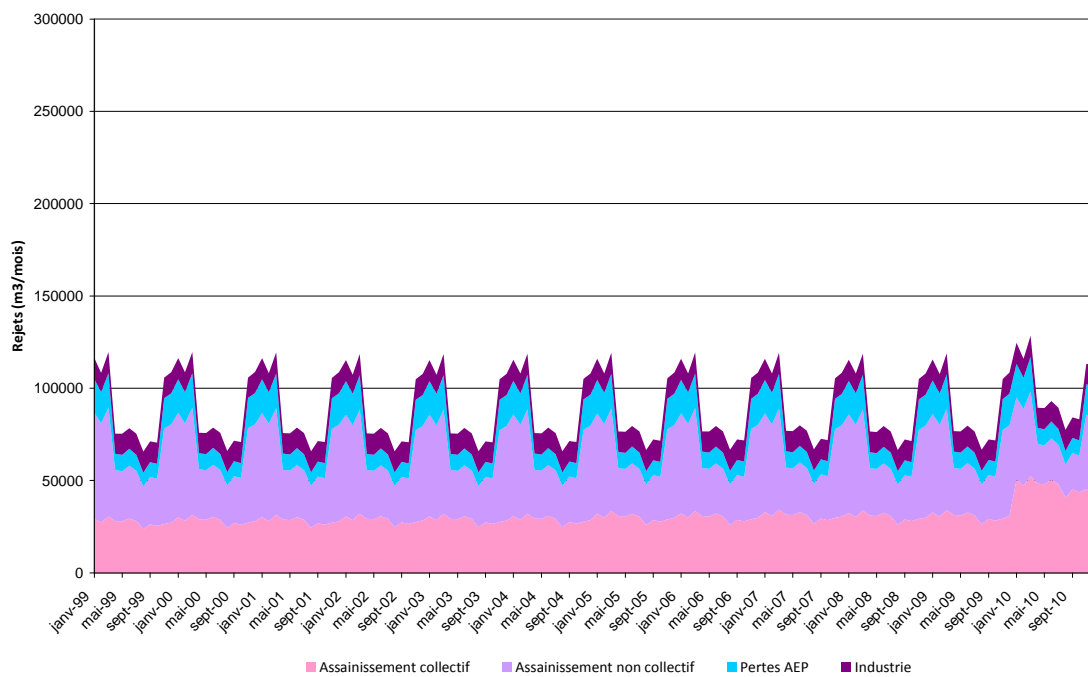


Figure 3-4 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de l’Orne Saosnoise à Montbizot

3.3 La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

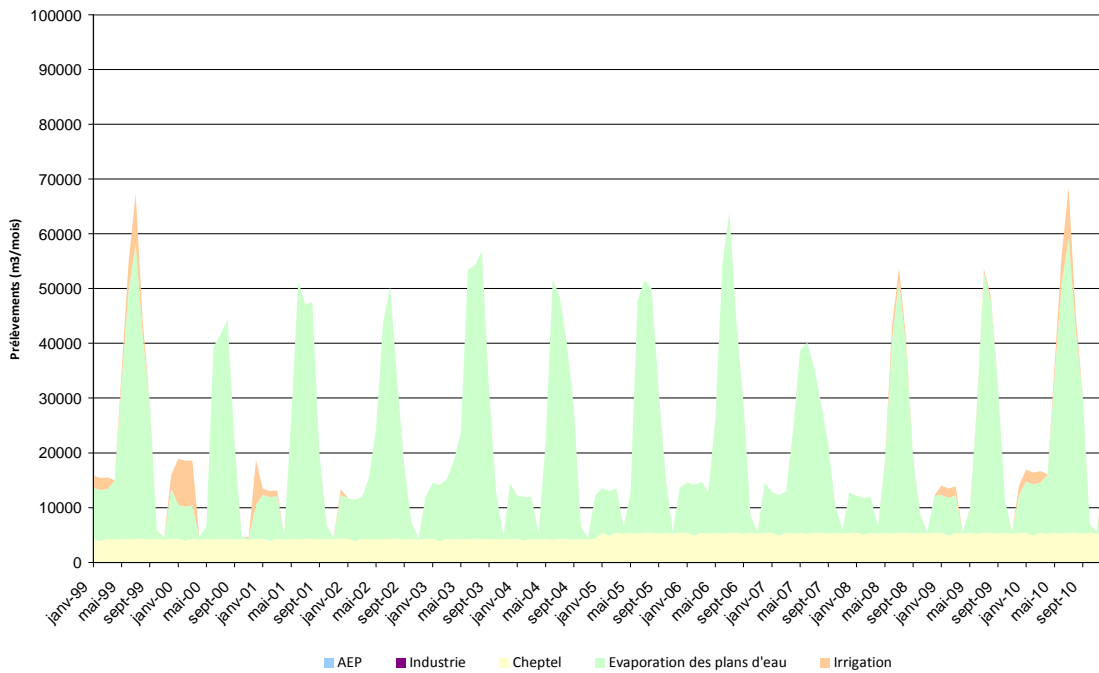


Figure 3-5 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

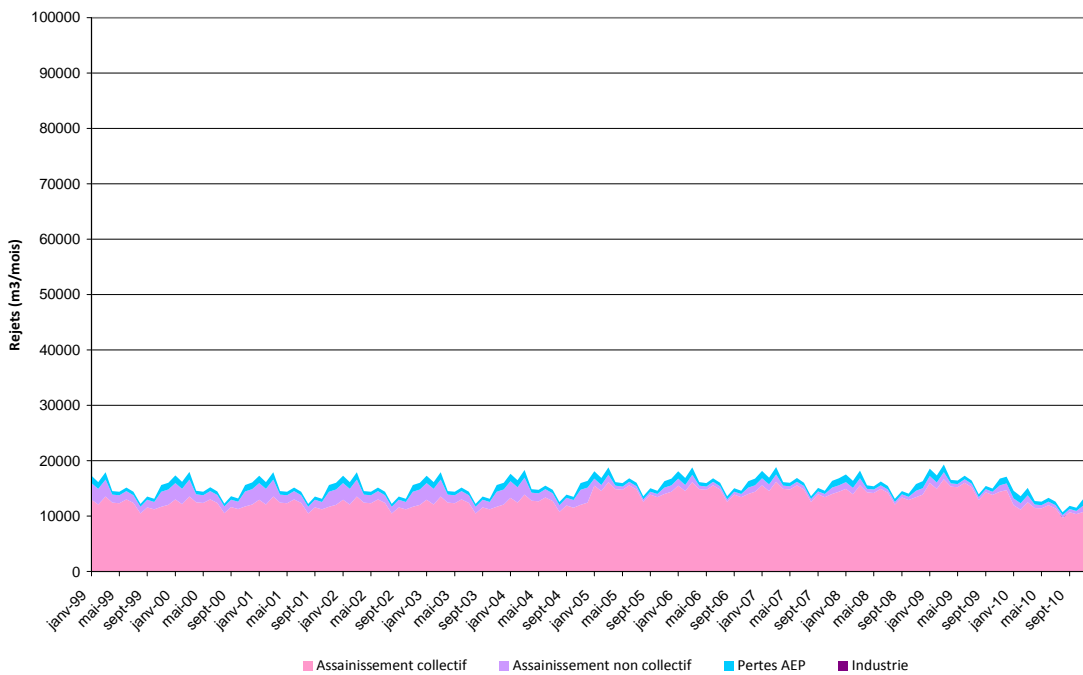


Figure 3-6 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

3.4 La Bienne à Thoiré-sous-Contensor

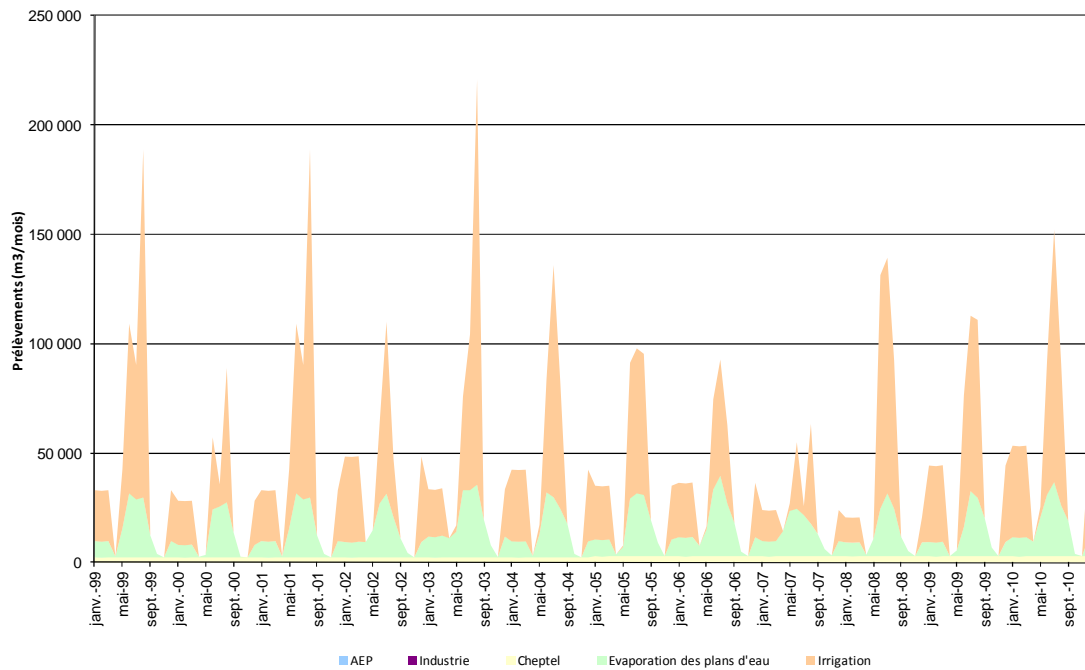


Figure 3-7 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Bienne à Thoiré-sous-Contensor

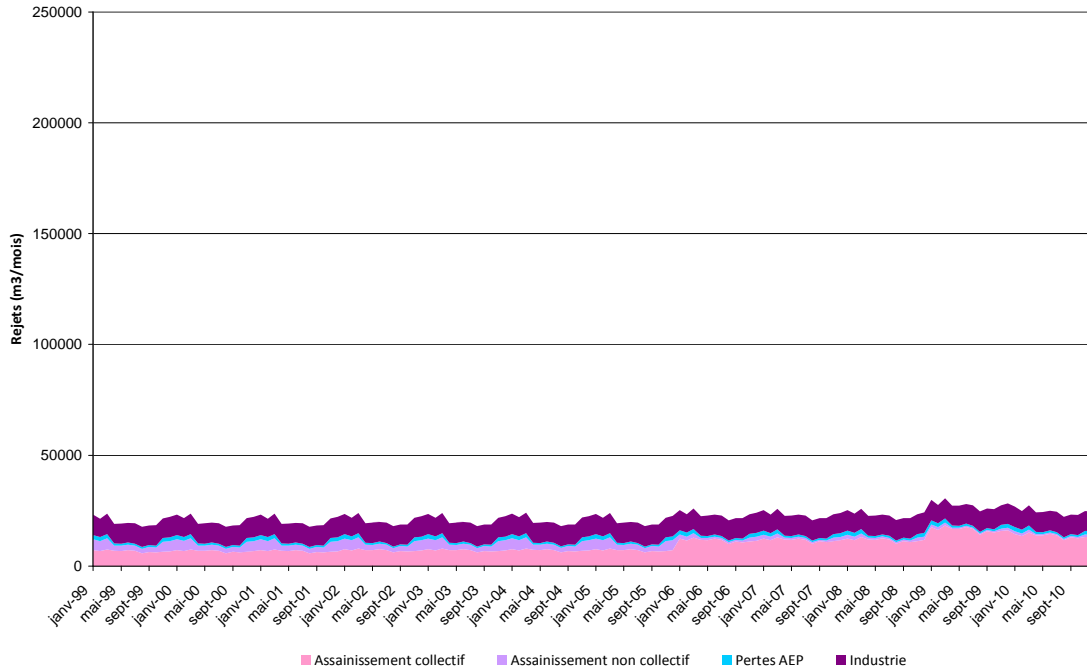


Figure 3-8 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Bienne à Thoiré-sous-Contensor

3.5 La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

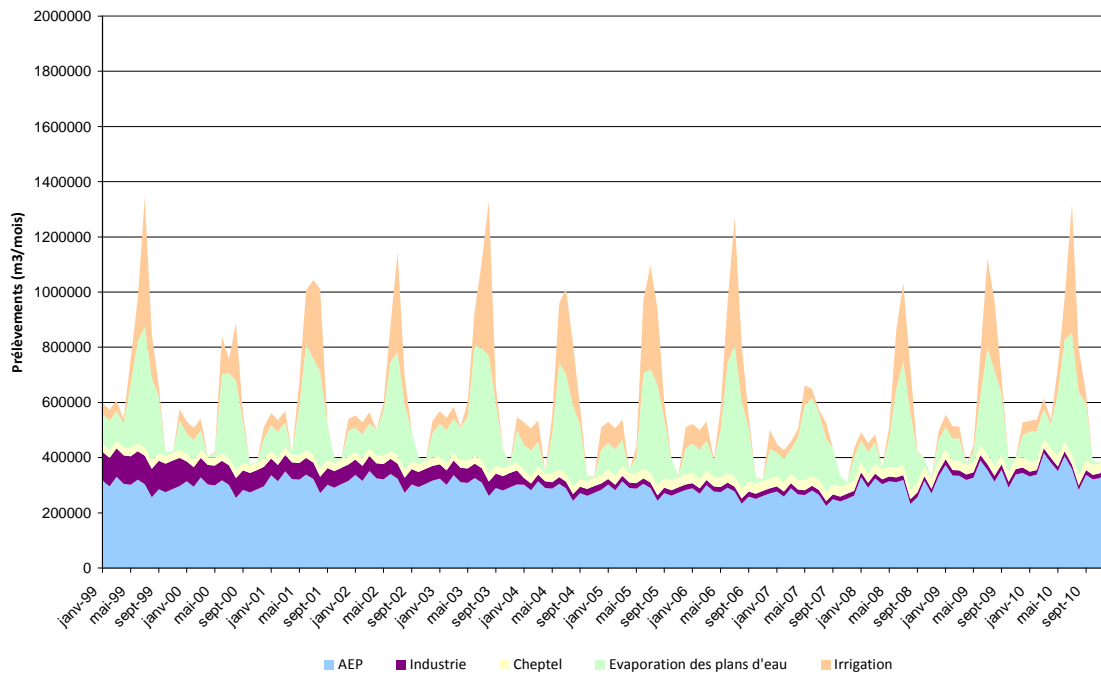


Figure 3-9 : Chronique des volumes mensuels prélevés sur le bassin versant de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

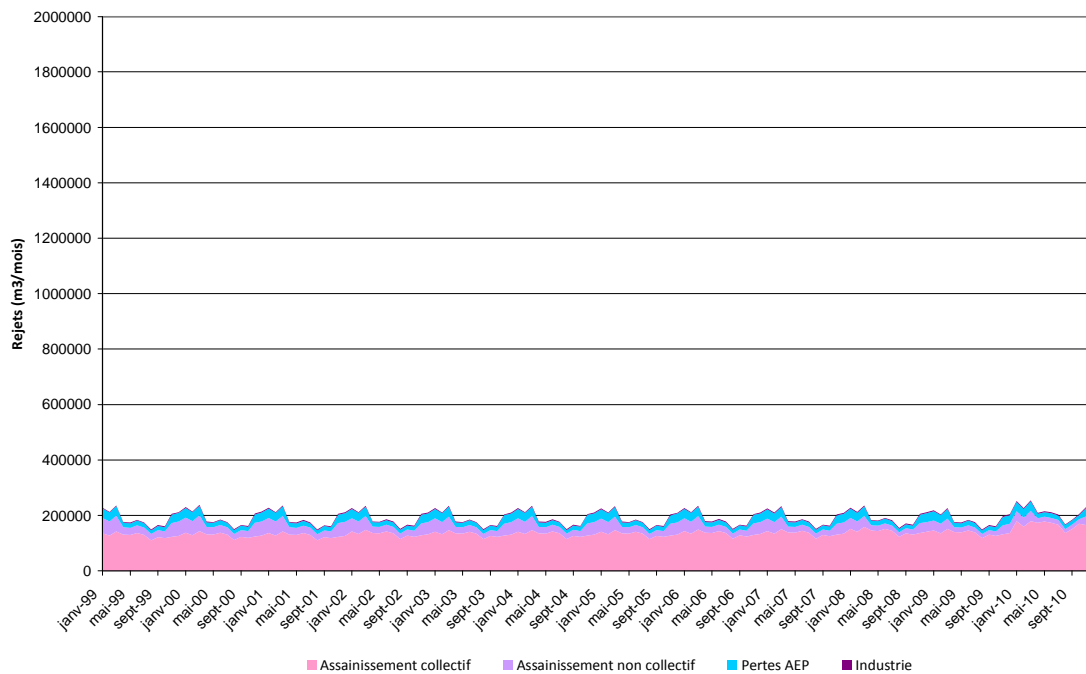


Figure 3-10 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le bassin versant de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

4

Restitution de l'hydrologie désinfluencée

4.1 Objectifs et principes

L'objectif de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée est de pouvoir disposer des débits désinfluencés des prélèvements et rejets au milieu au droit de différents points de référence du bassin versant. Une telle reconstitution permet d'estimer le régime hydrologique du bassin versant en l'absence d'action anthropique sur les milieux aquatiques de surface et souterrain. Ces données serviront par la suite de base à la détermination des Débits d'Objectif prévue en phase 3 de l'étude.

La reconstitution de l'hydrologie désinfluencée permet de disposer, à chaque exutoire des sous bassin versants considérées :

- ✓ D'une série temporelle de débits désinfluencés des prélèvements et rejets liés à l'activité humaine sur la période 2000-2010.
- ✓ Des valeurs caractéristiques d'étiage (notamment QMNA5 et débits moyens mensuels de période de retour 5 ans sec (QMN5)) sur la période 2000-2010.

La reconstitution de l'hydrologie désinfluencée est basée sur la reconstitution des séries temporelles de débits par une modélisation pluie-débit. Cette approche est privilégiée pour la totalité des bassins versants.

L'utilisation de la modélisation pluie-débit pour la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée repose sur les étapes suivantes :

- ✓ Étape 1 : Construction de modèles pluie-débit pour chaque sous-bassin versant analysé en intégrant leur superficie, les données de pluviométrie et d'évapotranspiration et les prélèvements et rejets.
- ✓ Étape 2 : Calage des paramètres des modèles hydrologiques.
- ✓ Étape 3 : Une fois les modèles calés de manière satisfaisante, nouvelle simulation du cycle hydrologique sur la période 2000-2010 sur les bassins versants étudiés, en ne considérant plus les prélèvements et rejets.
- ✓ Étape 4 : Comparaison des séries temporelles et des valeurs caractéristiques d'étiage issues des simulations avec et sans intégration des prélèvements et rejets.

4.2 Méthodologie

4.2.1 Concept MIKE BASIN

Développé par DHI, MIKE BASIN est un outil d'aide à la décision dédié à la gestion de la ressource en eau. Il permet, à l'échelle d'un bassin versant, d'optimiser l'utilisation de la ressource eau en fonction des demandes et des contraintes techniques, économiques, sociales et politiques.

MIKE BASIN est basé sur une représentation mathématique du bassin versant défini par son réseau hydrographique, son régime hydrologique et les aménagements régulant les stocks et les flux d'eau. Le concept mathématique de MIKE BASIN consiste à définir une solution stationnaire à chaque pas de temps.

MIKE BASIN représente sous la forme de branches et de nœuds toutes les caractéristiques de la distribution de la ressource en eau : réseau hydrographique, sous-bassins versants, usagers, barrages, centrales hydroélectriques et canaux d'amenée. Il permet de décrire les demandes multisectorielles (usage domestique, industrie, agriculture, production d'électricité, navigation, environnement...) ainsi que des règles de priorité entre chacune de ces utilisations.

La Figure 4-1 suivante présente de manière conceptuelle les processus intégrés au logiciel MIKE BASIN.

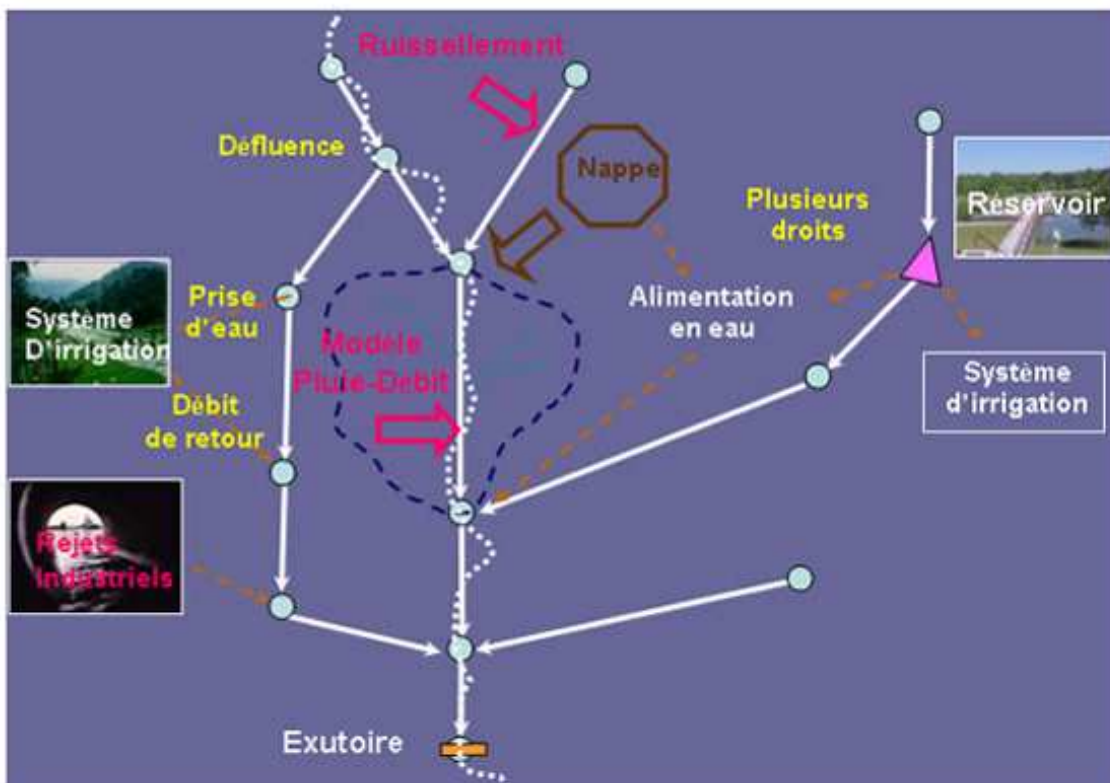


Figure 4-1 : Schéma conceptuel de MIKE BASIN

4.2.2 Modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique sur le bassin versant a été réalisée avec le modèle hydrologique NAM, module du code de calcul MIKE11, développé par le Danish Hydraulic Institute (DHI).

NAM est un modèle conceptuel du volet terrestre du cycle hydrologique. Il permet de simuler les processus pluie-ruissellement à l'échelle d'un bassin versant, en intégrant la problématique des écoulements souterrains. NAM est un modèle du type conceptuel, déterministe, exigeant peu de données en entrée.

NAM simule le processus pluie-débit pour les bassins versants. Il fonctionne en tenant compte simultanément du niveau d'eau de quatre différents réservoirs interconnectés qui caractérisent les éléments du bassin versant :

- ✓ la surface du sol
- ✓ la zone racinaire
- ✓ un premier niveau de réservoir d'eaux souterraines
- ✓ un deuxième niveau de réservoir d'eaux souterraines

La Figure 4-2 suivante présente de manière conceptuelle les processus hydrologiques intégrés au module NAM de MIKE11.

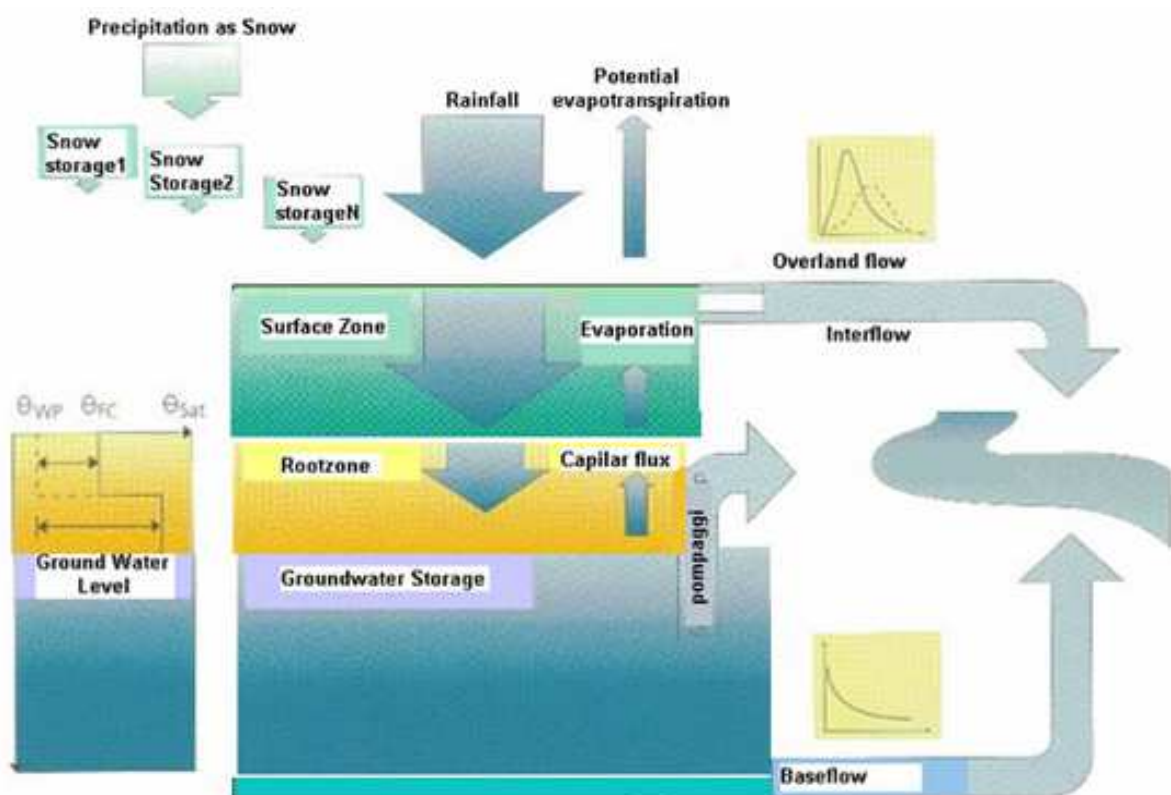


Figure 4-2 : Schéma conceptuel des processus hydrologiques modélisés dans NAM

4.2.3 Données d'entrée du modèle

4.2.3.1 Bassins versants considérés

Chacun des sous bassin versant constitutif du territoire de la Sarthe Amont a été intégrée à la modélisation pluie-débit. Les sous bassins versants ont été considérés de manière globale, c'est-à-dire de leurs sources jusqu'à leur exutoire.

4.2.3.2 Données hydrométriques

L'hydrométrie du territoire est suivie par un réseau de stations hydrométriques encore en activité, gérées par la DREAL. Ces stations ont servi de points de référence pour le calage du modèle.

Les débits enregistrés à ces stations ont été collectés sur la période de simulation 2000-2010. Les débits caractéristiques d'étiage (module, QMNA5, QMN5) ont été recalculés à partir des valeurs mesurées sur cette période afin d'assurer une cohérence avec les débits simulés issus du modèle hydrologique.

4.2.3.3 Données pluviométriques

Les données pluviométriques utilisées pour alimenter le modèle pluie-débit ont été acquises auprès de Météo France au pas de temps journalier sur la période 2000-2010 pour les stations pluviométriques suivantes :

Tableau 4-1 : Stations pluviométriques sélectionnées

Code	Station
61001001	Alençon
72180001	Mamers
72297001	Saint-Marceau
61475001	Soligny-la-Trappe
53271001	Villaines-la-Juhel

Le choix de ces stations s'est basé sur la base de données AURELHY de Météo France qui donne à l'échelle de la France, les précipitations normales sur la période 1971-2000 à la maille du km².

La répartition spatiale de la pluviométrie à partir des postes de mesures s'est faite selon la méthode des polygones de Thiessen. Pour les bassins versants situés sous l'influence de plusieurs postes pluviométriques, un simple ratio surfacique a été appliqué aux cumuls journaliers.

4.2.3.4 Données d'évapotranspiration potentielle

NAM nécessite l'introduction de données d'évapotranspiration potentielle (ETP) afin de calculer la part des précipitations et du stockage surfacique soustrait au complexe eau de surface / eau souterraines pour retourner à l'atmosphère.

Les données relatives à l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été collectées à la station Météo France d'Alençon (n°61001001).

4.2.3.5 Données sur les prélèvements et les rejets

Les données de prélèvements et de rejets intégrées dans le modèle pluie-débit sont issues des investigations menées lors des étapes précédentes et synthétisées dans les premières parties du présent rapport. Comme décrit précédemment, les données ont généralement été acquises au pas de temps annuel, parfois mensuel. Elles ont ensuite été désagrégées au pas de temps journalier sur la période 2000-2010.

Par le biais de requêtes spatiales sous logiciel SIG, tous les prélèvements et rejets sont identifiés à l'échelle des différentes masses d'eau.

4.2.3.6 Paramètres des modèles

Le calage des modèles hydrologiques a été réalisé en faisant varier un certain nombre de paramètres. Ceux-ci sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 4-2 : Liste descriptive des paramètres utilisés pour le calage des modèles pluie-débit sous NAM

Abréviation du paramètre	Nom du paramètre	Unité	Description
Umax	Maximum water content in surface storage	mm	Contenance totale cumulée de la zone d'interception, des dépressions de surface et dans les premiers centimètres du sol
Lmax	Maximum water content in root zone storage	mm	Contenance maximale en eau de la zone racinaire, disponible pour la transpiration des plantes
CQOF	Overland flow runoff coefficient	/	Ratio de la pluie excédentaire ruisselant en surface (le reste étant amené à s'infiltrer)
CKIF	Time constant for interflow	hr	Détermine la quantité d'eau dans la zone intermédiaire, celle-ci diminuant avec l'augmentation de la valeur du paramètre
CK1, 2	Time constant for routing overland flow	hr	Détermine la forme du pic des hydrogrammes
TOF	Root zone threshold value for overland flow	/	Valeur relative d'humectation de la zone racinaire (L/Lmax) à partir de laquelle un ruissellement de surface est généré
TIF	Root zone threshold value for inter flow	/	Valeur relative d'humectation de la zone racinaire (L/Lmax) à partir de laquelle un écoulement est généré dans la zone intermédiaire
CKBF	Time constant for routing baseflow	hr	Détermine la forme de la courbe de tarissement des hydrogrammes
TG	Root zone threshold value for ground water recharge	/	Valeur relative d'humectation de la zone racinaire (L/Lmax) à partir de laquelle la nappe souterraine se recharge

4.3 Calage du modèle hydrologique

4.3.1 Principe du calage

Le calage des modèles hydrologiques s'est focalisé sur la période 2000-2010, mais les simulations ont été réalisées sur 1999-2010, le modèle nécessitant une période initiale pour converger. Les masses d'eau disposant d'une station hydrométrique de référence ont été calées de façon itérative afin de rechercher la meilleure solution numérique de l'ensemble des paramètres pour maximiser la vraisemblance entre les débits mesurés et simulés. Le calage tente de valoriser au mieux les éléments suivants :

- ✓ La meilleure reproduction par le modèle de la forme de la chronique des débits mesurée sur la période 2000-2010 : le calage s'est particulièrement intéressé aux périodes d'étiage, en maximisant la vraisemblance des pentes de tarissement des modèles et la présence/absence d'assecs. La mesure de la qualité du calage du modèle s'est faite en utilisant le critère de Nash (E), en mesurant la vraisemblance des chroniques sur

l'ensemble des débits, et ceux inférieurs à la moitié du module. Ce critère adimensionnel a été proposé par Nash et Sutcliffe (1970). Il est défini par :

$$E = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2} \right) \cdot 100$$

Si $E = 100\%$, l'ajustement est parfait, par contre si $E < 0$, le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit moyen.

- ✓ La meilleure reproduction des valeurs caractéristiques hydrologiques d'étiage, notamment le module interannuel et le débit mensuel minimal de période de retour 5 ans (QMNA5).
- ✓ La meilleure reproduction des débits moyens mensuels de période de retour 5 ans sec (QMN5, calculés par mois).

Pour les masses d'eau ne disposant pas de stations hydrométriques, les paramètres de calage ont été ajustés de façon à simuler correctement le fonctionnement hydrologique des masses d'eau en fonction de celles calées.

4.3.2 Résultats du calage

Les résultats du calage sont présentés ci-dessous pour les différents bassins versants.

4.3.2.1 La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei

La figure suivante présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Saint-Ceneri-le-Gerei et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage. La valeur du critère de Nash pour le calage du modèle pluie-débit sur les débits moyens mensuels est de 79%.

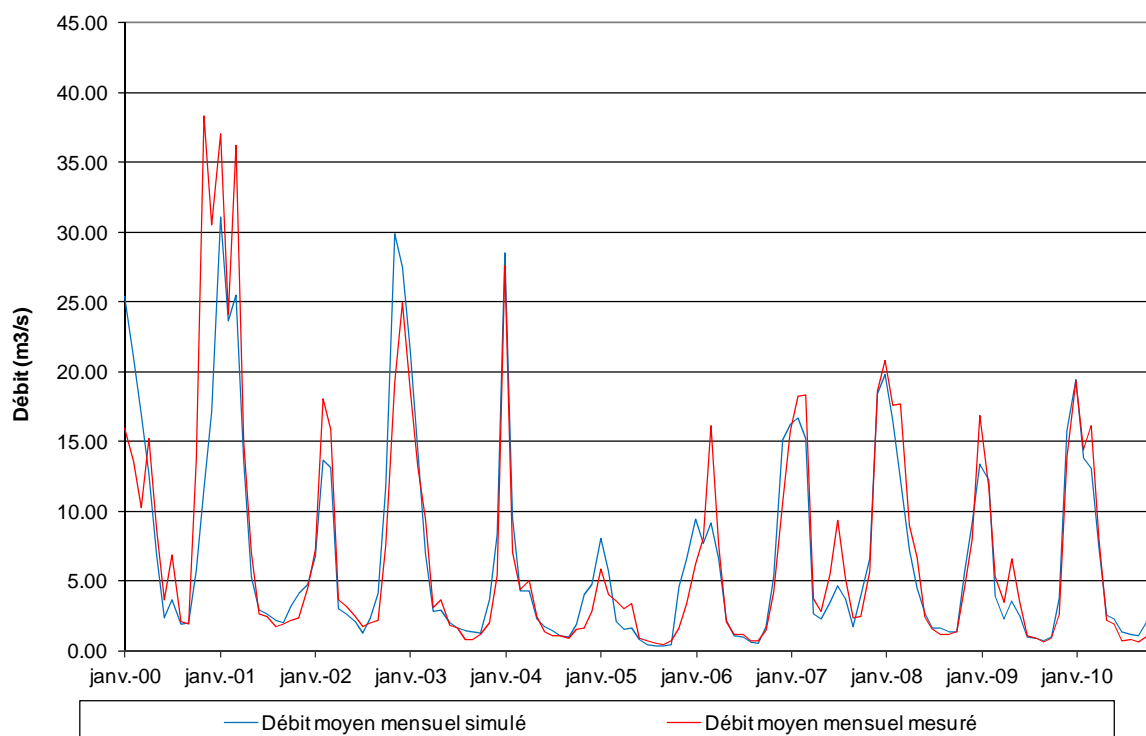


Figure 4-3 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de Saint-Ceneri-le-Gerei

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 4-3 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Saint-Ceneri-le-Gerei et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.658	6.898
Débits mesurés (m3/s)	0.647	7.229
Erreur absolue (m3/s)	0.011	-0.331

Tableau 4-4 : Comparaison des QMN5 mesurés à Saint-Ceneri-le-Gerei et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5 simulés (m3/s)	1.425	0.901	0.742	0.657	1.012
QMN5 mesurés (m3/s)	1.391	0.881	0.719	0.660	0.892
Erreur absolue (m3/s)	0.034	0.020	0.023	-0.003	0.120

4.3.2.2 L'Orne Saosnoise à Montbizot

La figure suivante présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Montbizot et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage. La valeur du critère de Nash pour le calage du modèle pluie-débit sur les débits moyens mensuels est de 90%.

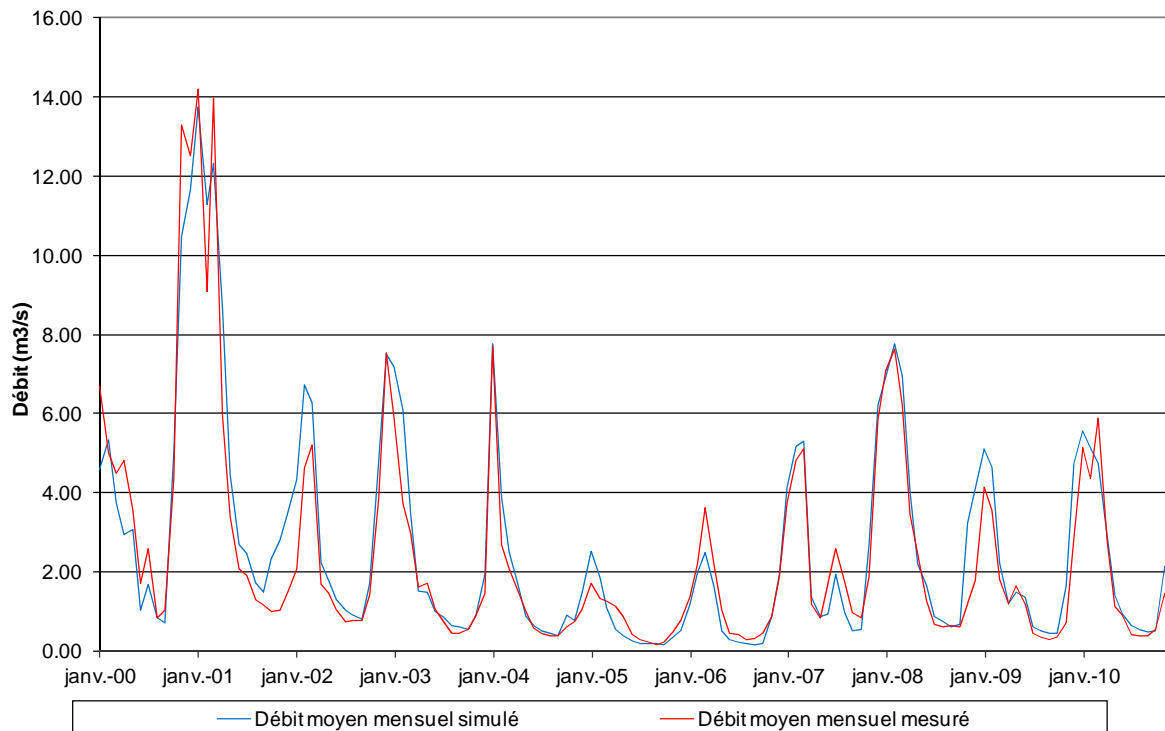


Figure 4-4 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de l'Orne Saosnoise à Montbizot

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 4-5 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Montbizot et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Orne Saosnoise à Montbizot	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.281	2.626
Débits mesurés (m3/s)	0.286	2.435
Erreur absolue (m3/s)	-0.005	0.192

Tableau 4-6 : Comparaison des QMN5 mesurés à Montbizot et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Orne Saosnoise à Montbizot	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5 simulés (m3/s)	0.498	0.383	0.322	0.285	0.309
QMN5 mesurés (m3/s)	0.637	0.394	0.315	0.293	0.367
Erreur absolue (m3/s)	-0.138	-0.011	0.006	-0.008	-0.058

4.3.2.3 La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

La figure suivante présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Saint-Georges-le-Gautier et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage. La valeur du critère de Nash pour le calage du modèle pluie-débit sur les débits moyens mensuels est de 87%.

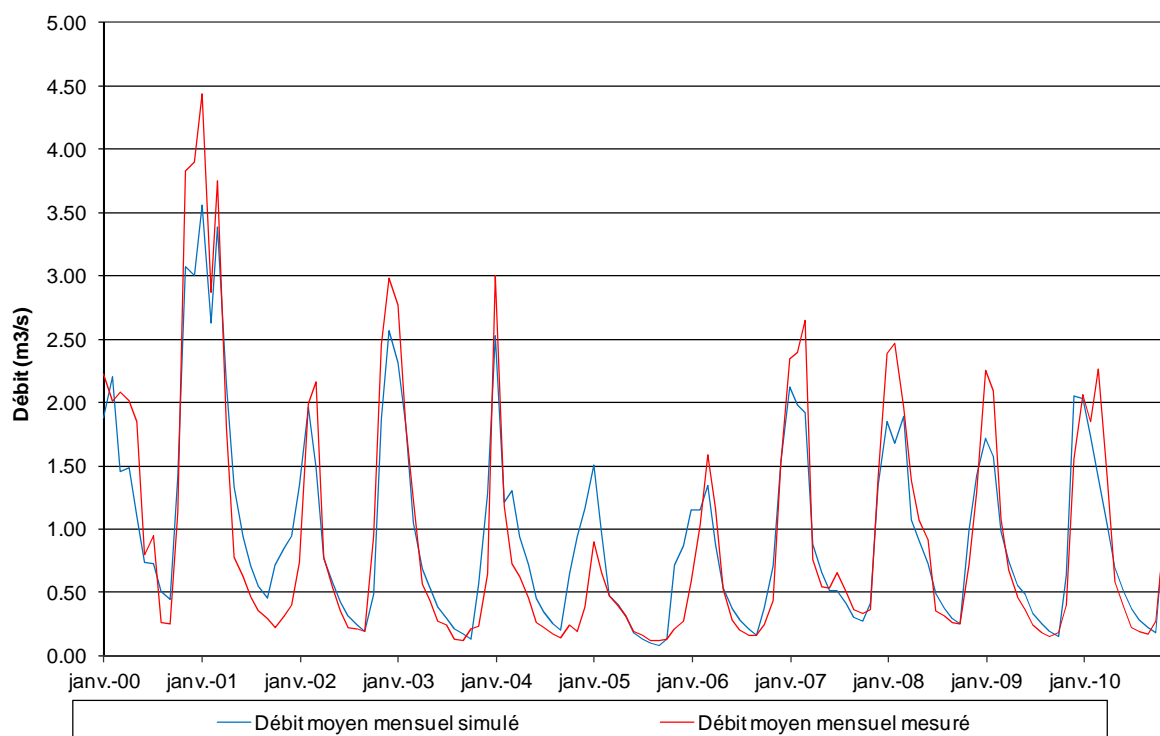


Figure 4-5 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 4-7 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Saint-Georges et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Vaudelle à St-Georges-le-Gautier	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.130	0.959
Débits mesurés (m3/s)	0.138	0.957
Erreur absolue (m3/s)	-0.007	0.002

Tableau 4-8 : Comparaison des QMN5 mesurés à Saint-Georges et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Vaudelle à St-Georges-le-Gautier	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5 simulés (m3/s)	0.332	0.247	0.184	0.143	0.165
QMN5 mesurés (m3/s)	0.266	0.191	0.150	0.138	0.169
Erreur absolue (m3/s)	0.067	0.055	0.035	0.005	-0.005

4.3.2.4 La Bienne à Thoiré-sous-Contensor

La figure suivante présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Thoiré-sous-Contensor et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage. La valeur du critère de Nash pour le calage du modèle pluie-débit sur les débits moyens mensuels est de 92%.

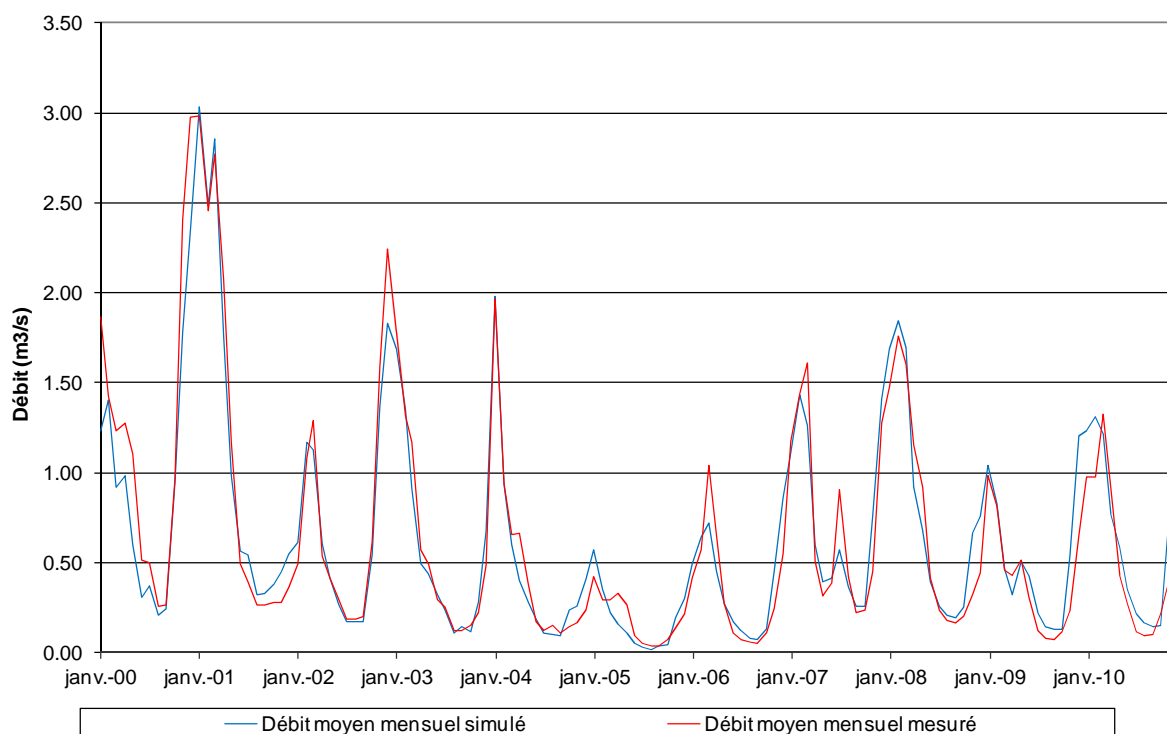


Figure 4-6 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Bienne

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 4-9 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Thoiré-sous-Contensor et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Bienne à Thoiré-sous-Contensor	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.067	0.640
Débits mesurés (m3/s)	0.069	0.647
Erreur absolue (m3/s)	-0.002	-0.007

Tableau 4-10 : Comparaison des QMN5 mesurés à Thoiré-sous-Contensor et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Bienne à Thoiré-sous-Contensor	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5 simulés (m3/s)	0.155	0.101	0.070	0.085	0.104
QMN5 mesurés (m3/s)	0.165	0.093	0.076	0.070	0.109
Erreur absolue (m3/s)	-0.009	0.008	-0.006	0.015	-0.004

4.3.2.5 La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

La figure suivante présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Neuville-Souillé et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage. La valeur du critère de Nash pour le calage du modèle pluie-débit sur les débits moyens mensuels est de 73%.

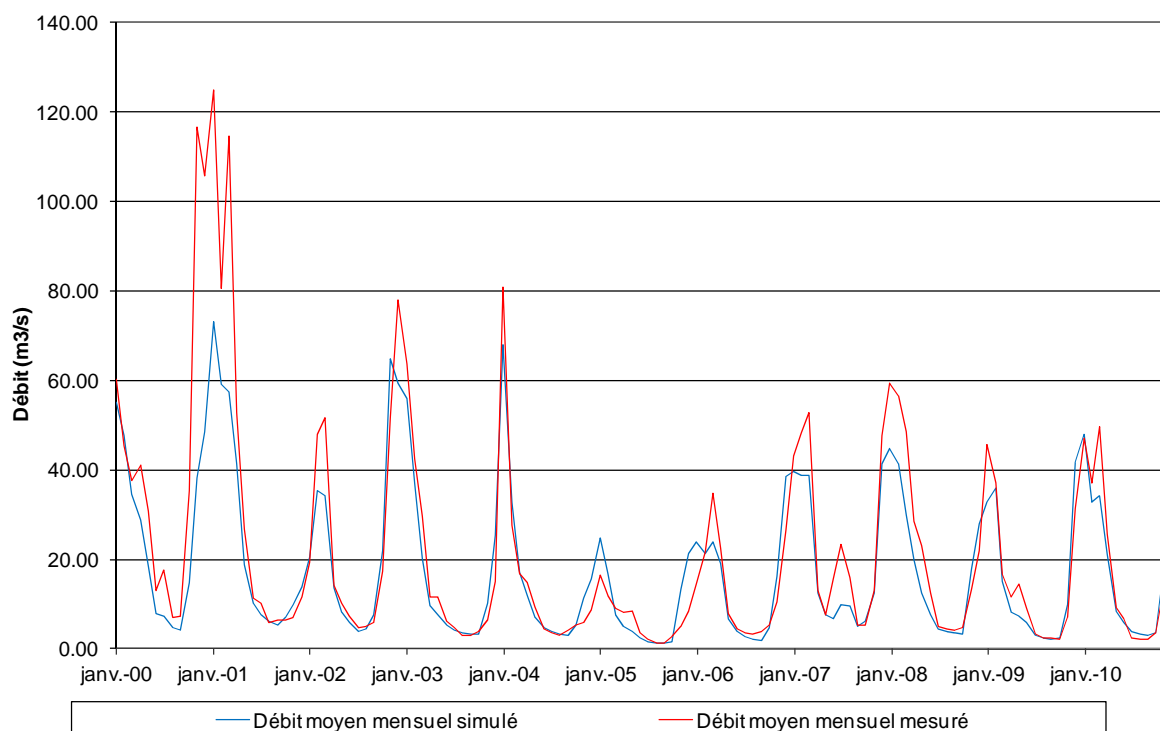


Figure 4-7 : Comparaison des débits moyens mensuels simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 4-11 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage mesurées à Neuville-Souillé et simulées par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Sarthe à Neuville-Souillé	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	2.157	17.792
Débits mesurés (m3/s)	2.214	21.837
Erreur absolue (m3/s)	-0.057	-4.045

Tableau 4-12 : Comparaison des QMN5 mesurés à Neuville-Souillé et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2010

Sarthe à Neuville-Souillé	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5 simulés (m3/s)	4.180	2.799	2.340	2.167	2.603
QMN5 mesurés (m3/s)	5.065	2.770	2.265	2.331	2.909
Erreur absolue (m3/s)	-0.884	0.030	0.075	-0.164	-0.305

4.3.3 Critiques relatives au calage du modèle

Le calage du modèle est particulièrement satisfaisant pour 4 des 5 sous bassins versants considérés :

- ✓ La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei
- ✓ La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier
- ✓ La Bienne à Thoiré-sous-Contensor
- ✓ L'Orne Saosnoise à Montbizot

Sur ces bassins, la forme des courbes en étiage, est correctement reproduite avec des critères de Nash supérieur à 87%, hormis sur la Sarthe à Saint-Cénéri où le coefficient de Nash est de 79%. Sur ce bassin, cela n'impacte pas les résultats sur la période estivale, avec une très bonne reproduction des QMNA5 et QMN5. Les débits caractéristiques simulés sur les autres bassins sont également proches de ceux mesurés, la différence étant au maximum de quelques dizaines de litres seulement.

Les principales difficultés de calage ont été rencontrées pour **la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe**.

Pour la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe, la valeur du critère de Nash est de 73%. Le modèle reproduit cependant bien la forme de la chronique de débit en période d'étiage, les débits de hautes eaux étant par contre souvent sous-estimés. Cela se voit d'ailleurs sur la valeur simulée du module, sous estimée d'environ 18% par le modèle. Malgré ces légers écarts constatés sur les débits de hautes eaux, le modèle assure des résultats satisfaisants sur les débits d'étiage, puisque le QMNA5 est approché à 2%, et les QMN5 sur le cœur de l'étiage (juillet à septembre) ne s'écarte jamais de plus de 6% des valeurs mesurées.

Par ailleurs, les incertitudes sur la valeur du module simulée sont à relativiser dans la mesure où la détermination en phase 3 des Débits Minimum Biologiques (DMB) sur les deux points nodaux complémentaires repose sur la mise en œuvre du protocole ESTIMHAB et d'une valorisation des QMNA5 (et non sur la base du 1/10 du module). Il n'est pas prévu de détermination de DMB sur les autres points, seulement une extrapolation des valeurs définies par la méthode Estimhab aux secteurs où le protocole n'est pas mis en œuvre. Globalement, les résultats obtenus ne devraient pas remettre en question la suite du déroulement de l'étude.

Enfin, les résultats obtenus doivent être analysés à la lumière des données d'entrée de la modélisation, et notamment des incertitudes pesant sur elles. Ces incertitudes s'appliquent notamment à la répartition spatiale des pluies (et aux éventuelles lacunes existantes sur ces séries) et aux données de prélèvements et rejets. L'utilisation de données volumiques annuelles distribuées sur l'année pour un certain nombre de prélèvements et rejets produit un effet de lissage qui peut s'avérer déterminant, notamment lorsque les débits en rivière sont très faibles.

4.4 Résultats de l'hydrologie désinfluencée

4.4.1 Méthodologie

Les éléments ci-dessous présentent les résultats de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée au droit des différentes masses d'eau à l'aide du modèle pluie-débit.

Les tableaux récapitulent pour chaque masse d'eau les débits caractéristiques d'étiage obtenus pour l'hydrologie influencée et désinfluencée. Enfin les graphiques détaillent la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés. Ils permettent de mettre en évidence les périodes de gains et de pertes entre l'hydrologie influencée et désinfluencée.

4.4.2 Présentation des résultats par sous-bassin

L'analyse des résultats de l'hydrologie désinfluencée s'est principalement focalisée sur les écarts obtenus entre les deux chroniques de débits en période d'étiage. L'objectif de ce paragraphe est de mettre en évidence les sous-bassins versants pour lesquels il serait intéressant d'envisager des actions et de mettre en place des stratégies de gestion.

4.4.2.1 La Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei

La Figure 4-8 présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés. Le Tableau 4-13 présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

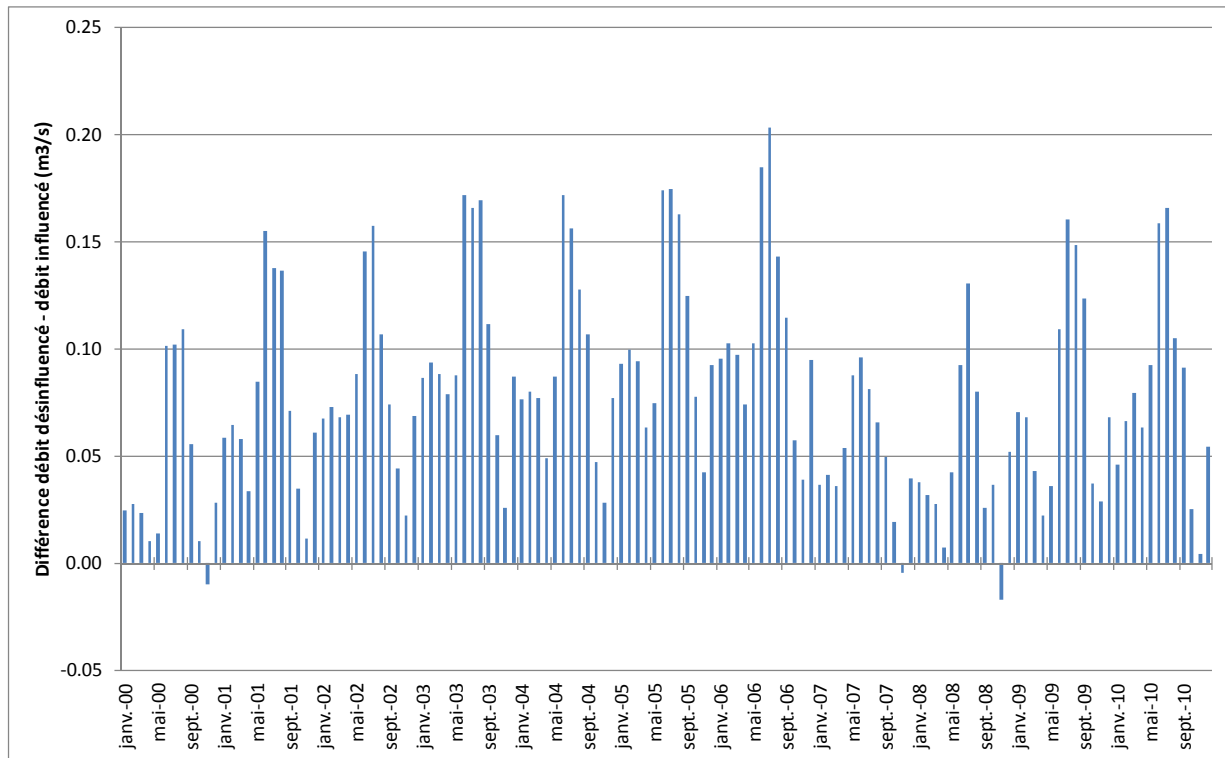


Figure 4-8 : Différence débits mensuels désinfluencés/influencés sur la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei

Tableau 4-13 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei

Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	QMNA5	Module
Débits influencés (m ³ /s)	0.658	6.898
Débits désinfluencés (m ³ /s)	0.786	6.976
Différence (m ³ /s)	0.128	0.078

L'analyse précédente montre que le débit « naturel » du cours d'eau est supérieur au débit actuel pour quasiment tous les mois de la période d'étude. Ce constat traduit l'impact des prélèvements importants (prélèvements AEP, agricoles, impact des plans d'eau) sur l'hydrologie du bassin versant.

Les écarts les plus importants s'observent pendant la période d'étiage essentiellement de juin à août. Pour les années particulièrement sèches (2003 à 2006 notamment), les écarts varient entre 150 l/s et 200 l/s. Pour les années pluvieuses (2007 et 2008), la différence entre le débit influencé et désinfluencé est plus faible mais atteint néanmoins environ 100 l/s.

Les différences les plus faibles s'observent essentiellement sur les mois de novembre à janvier. Les écarts sont pratiquement nuls et représentent moins d'une dizaine de litres. L'hydrologie actuelle du cours d'eau est donc proche de celle désinfluencée. Les volumes de rejets compensent ainsi les volumes prélevés.

Globalement, l'impact sur le QMNA5 est significatif, avec une hausse de plus de 120 l/s.

4.4.2.2 L'Orne Saosnoise à Montbizot

La Figure 4-9 présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés. Le Tableau 4-14 présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

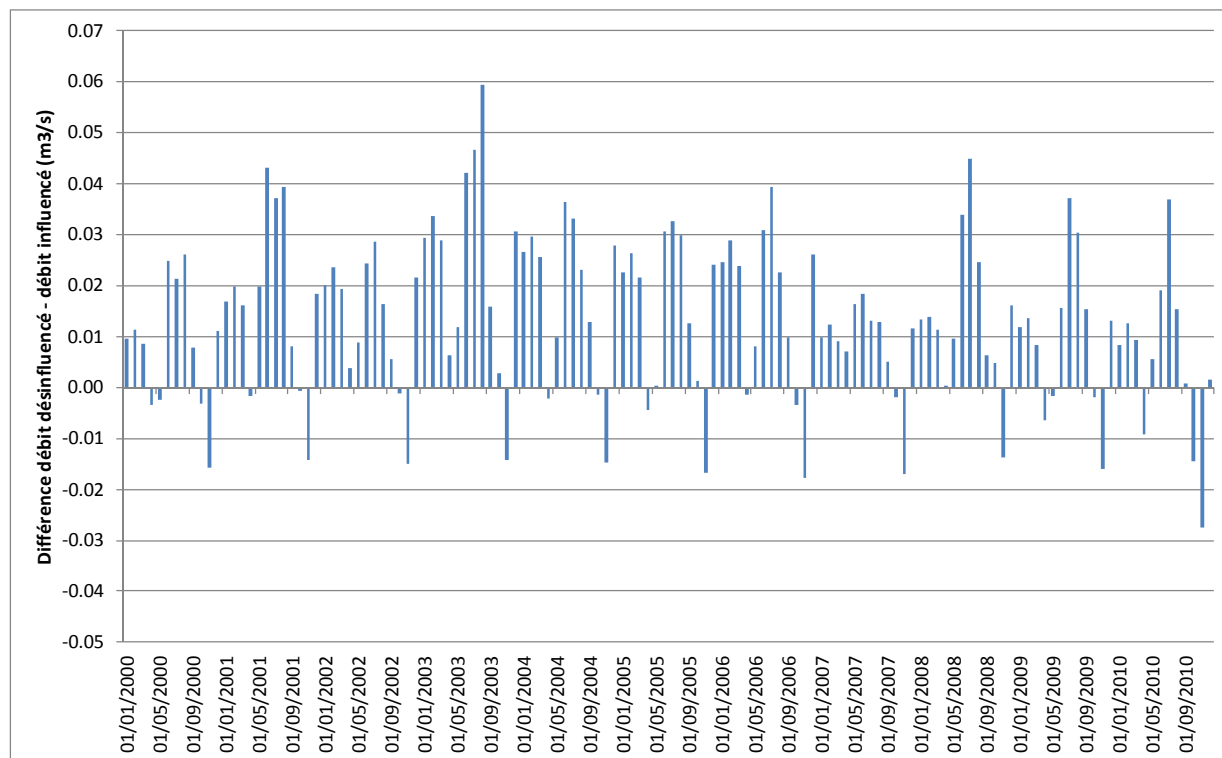


Figure 4-9 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur l'Orne Saosnoise à Montbizot

Tableau 4-14 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur l'Orne Saosnoise à Montbizot

Orne Saosnoise à Montbizot	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.281	2.626
Débits désinfluencés (m3/s)	0.288	2.640
Différence (m3/s)	0.007	0.014

Les résultats obtenus sur l'Orne à Montbizot mettent en évidence l'impact des prélèvements AEP, agricoles et les pertes par évaporation des plans d'eau principalement sur l'hydrologie du bassin versant. Le débit désinfluencé reconstitué est ainsi supérieur au débit actuel du cours d'eau pour pratiquement tous les mois de la période d'étude. Les rejets domestiques (AC et ANC) ainsi que les pertes des réseaux AEP ne compensent pas les prélèvements sur le sous bassin versant. Les écarts les plus importants s'observent essentiellement pendant la période d'étiage, de juin à août. Le débit désinfluencé se retrouve ainsi supérieur au débit actuel du cours d'eau. L'écart le plus élevé est obtenu en août 2003 et atteint près de 60 l/s. Les autres années, la différence pendant la période d'étiage varie entre 30 l/s et 40 l/s en moyenne.

Hors période d'étiage, les écarts sont moindres et la tendance s'inverse même pratiquement chaque année de novembre à décembre où le débit désinfluencé devient inférieur au débit actuel du cours d'eau. Pour ces mois, les volumes de rejets sont supérieurs aux volumes prélevés.

4.4.2.3 La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

La Figure 4-10 présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés. Le Tableau 4-15 présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

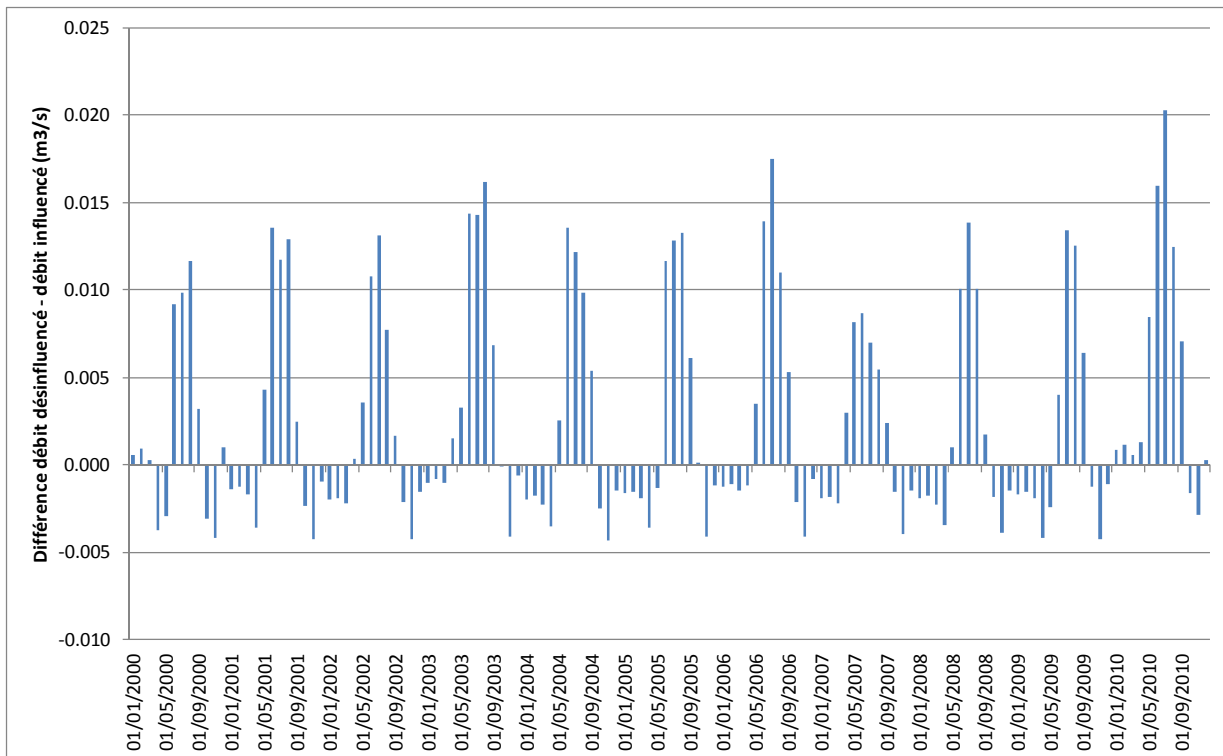


Figure 4-10 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

Tableau 4-15 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier

Vaudelle à Saint-Georges-le-Gautier	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.130	0.959
Débits désinfluencés (m3/s)	0.133	0.961
Différence (m3/s)	0.003	0.002

Sur la Vaudelle, deux constats peuvent être faits :

- ✓ Hors période d'étiage – D'octobre à mars – le débit « naturel » est inférieur au débit actuel du cours d'eau. Les volumes de rejets sont donc supérieurs aux prélèvements sur ces mois de

l'année. Les écarts restent néanmoins faibles et représentent moins d'une dizaine de litres chaque année.

- ✓ Pendant la période d'étiage, la tendance inverse s'observe. Le débit désinfluencé est supérieur au débit influencé. L'impact des prélèvements est donc majoritairement concentré en période d'étiage. Les écarts varient entre 10 l/s et 20 l/s en moyenne.

4.4.2.4 La Bienne à Thoiré-sous-Contensor

La Figure 4-11 présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés. Le Tableau 4-16 présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

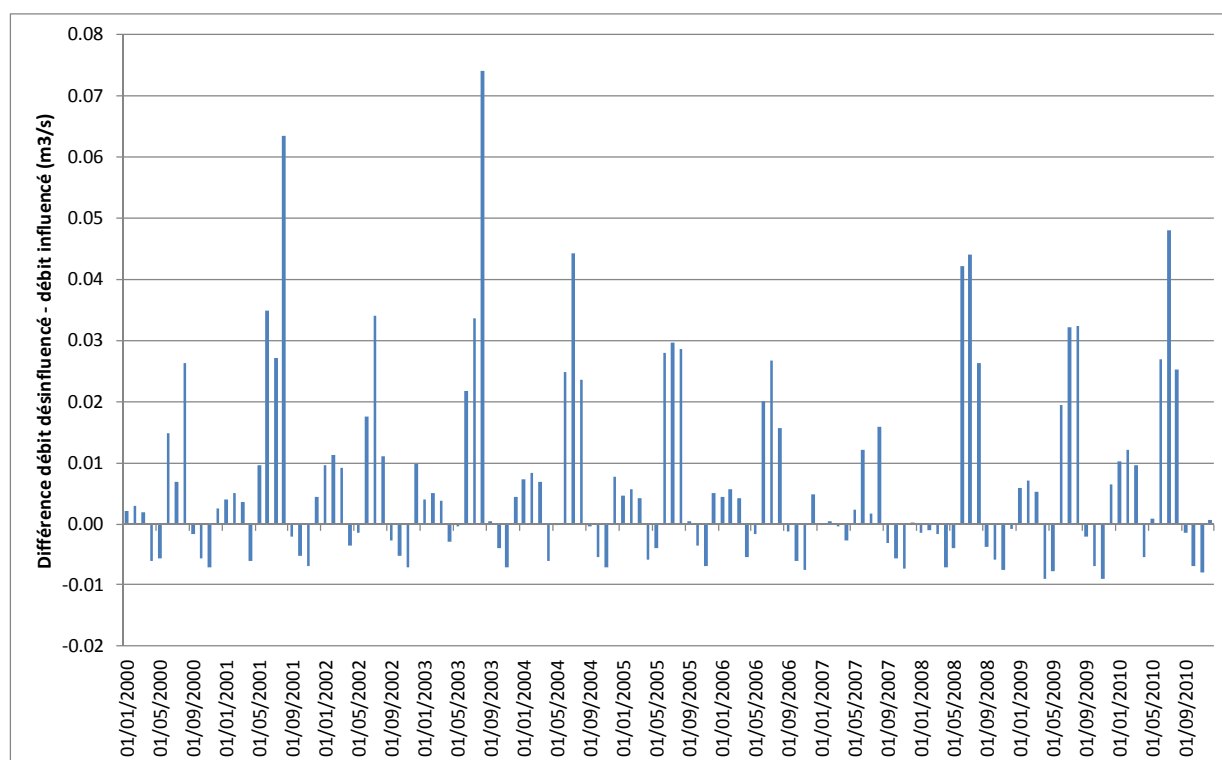


Figure 4-11 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor

Tableau 4-16 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor

Bienne à Thoiré-sous-Contensor	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.067	0.640
Débits désinfluencés (m3/s)	0.082	0.647
Différence (m3/s)	0.015	0.007

Sur la Bienne, le débit désinfluencé est supérieur au débit actuel du cours d'eau en période estivale. Les écarts les plus importants s'observent principalement de juin à août. Ce constat traduit l'impact

des prélèvements (agricoles, impact des plans d'eau) sur l'hydrologie du bassin versant. Les pressions sur la ressource se concentrent ainsi majoritairement en période d'étiage. Les écarts entre le débit désinfluencé et influencé restent néanmoins faibles et représentent moins d'une dizaine de litres environ. L'écart maximal est obtenu en août 2003 et atteint près de 70 l/s.

Hors période d'étiage, le gain est moindre voir négatif avec des volumes de rejets (AC, ANC et AEP) supérieur aux volumes prélevés.

Globalement, l'impact sur QMNA5 est significatif, avec une hausse de plus de 15 l/s.

4.4.2.5 La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

La Figure 4-12 présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés. Le Tableau 4-17 présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

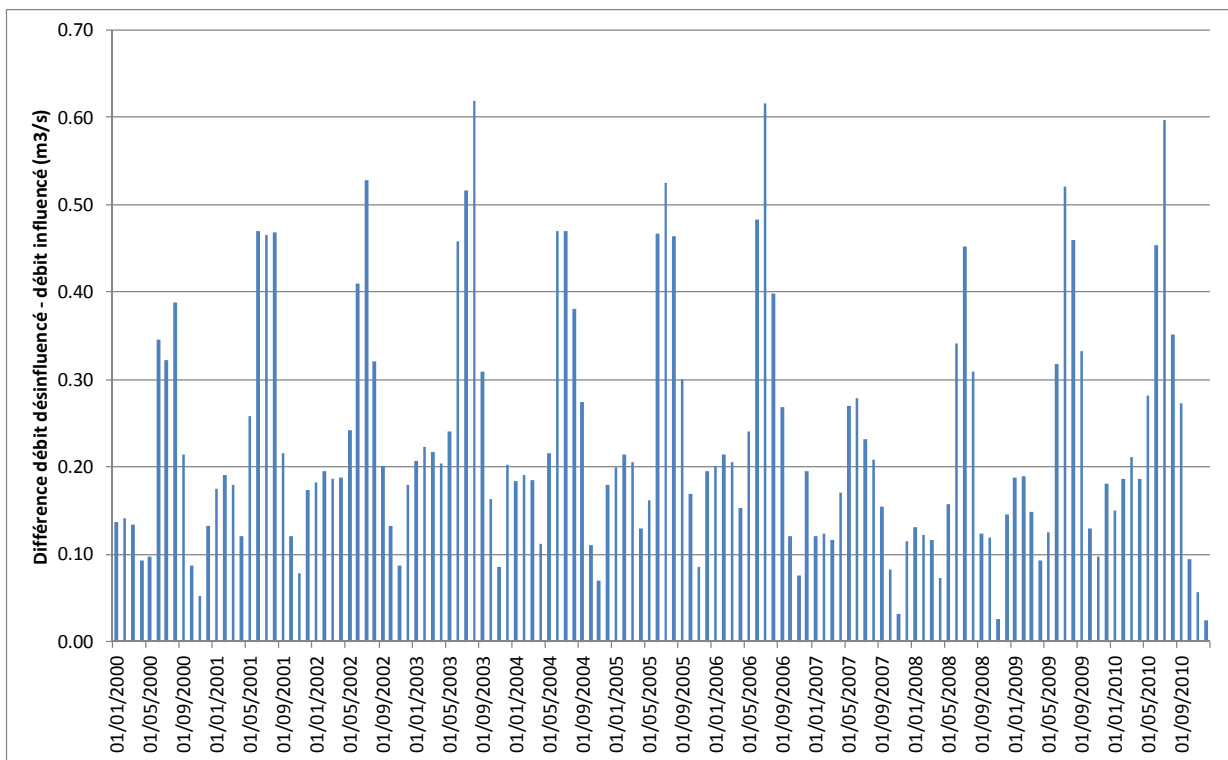


Figure 4-12 : Différence débits mensuels influencés/désinfluencés sur la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

Tableau 4-17 : Comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage en hydrologie influencée et désinfluencée sur la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe

Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	2.157	17.792
Débits désinfluencés (m3/s)	2.438	18.023
Différence (m3/s)	0.281	0.231

Pour la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe, le débit désinfluencé est supérieur au débit influencé sur l'ensemble de la période d'étude. Ce constat traduit l'importance des prélèvements (AEP, agricole, industriel...) sur l'hydrologie du bassin versant. Les volumes de rejets ne compensent pas les volumes prélevés sur la période d'étude.

Comme sur les autres sous bassins versants, les écarts les plus importants s'observent pendant la période d'étiage de juin à août. Les écarts entre le débit désinfluencé et influencé sont significatifs et varient entre 450 l/s et 600 l/s en moyenne. En 2000 et 2007 (années pluvieuses), les gains sont plus faibles et atteignent environ 300 l/s.

Hors période d'étiage, les écarts sont plus faibles mais restent significatifs. Ils oscillent entre 100 l/s et 150 l/s environ.

Les résultats obtenus au niveau de ce point de mesure tiennent compte également des gains mis en évidence précédemment sur les autres sous bassins versants. L'impact sur le QMNA5 est important, avec une hausse de plus de 280 l/s au total sur le bassin de la Sarthe Amont.

4.5 Synthèse des résultats

A partir des résultats obtenus par sous-bassin versant, il est possible de dresser la typologie suivante des bassins versants en fonction du rapport entre hydrologie influencée et désinfluencée en période d'étiage :

- ✓ Les bassins versants pour lesquels une amélioration d'un point de vue quantitatif entre hydrologie désinfluencée et influencée est observée **uniquement en période d'étiage**. Cette situation concerne les sous bassins de la Vaudelle et de la Bienne. Sur ces secteurs, les pressions sur la ressource en eau se concentrent principalement en période estivale. Les prélèvements impactent ainsi significativement l'hydrologie du bassin versant. Par ailleurs, en situation naturelle, les cours d'eau ne bénéficient plus de l'apport des rejets domestiques qui permettent de maintenir un débit minimum dans la rivière. Hors période d'étiage, le débit désinfluencé devient inférieur au débit actuel du cours d'eau. Les volumes de rejets compensent ainsi les volumes prélevés.

- ✓ Les bassins versants pour lesquels une amélioration nette d'un point de vue quantitatif est observée entre hydrologie désinfluencée et influencée sur l'ensemble de la période d'étude. Cette situation concerne les sous bassins de l'Orne, de la Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei et de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe. La présence importante de prélèvements sur ces sous secteurs expliquent les gains de débits obtenus. Les gains les plus importants concernent le sous bassin de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe.