



Mars 2015
14DHF020



Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Rapport de phase 2



Direction Ressources en eau et Milieux aquatiques
Unité Hydraulique fluviale
Parc de l'Ile, 15-27 rue du Port 92022 NANTERRE Cedex



Sommaire

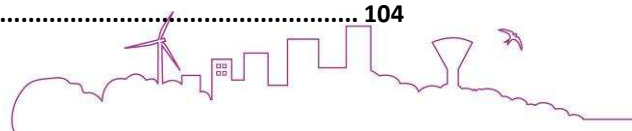
1	Préambule.....	1
1.1	Contexte général de l'étude	1
1.2	Objectifs de l'étude	2
1.3	Objectif de la phase 2.....	3
1.4	Découpage en sous-bassins versants.....	3
2	Inventaire des prelevements	5
2.1	Alimentation en eau potable.....	5
2.1.1	Gestion de l'eau potable sur le territoire	5
2.1.2	Prélèvements AEP	9
2.1.3	Méthode de décomposition	14
2.2	Agriculture	14
2.2.1	Contexte agricole du bassin versant de l'Oudon	14
2.2.2	Prélèvements pour l'irrigation.....	17
2.2.3	Méthode de décomposition	26
2.2.4	Prélèvements destinés à l'abreuvement du bétail	27
2.2.5	Méthode de décomposition	30
2.3	Activité Industrielle	30
2.3.1	Prélèvements industriels	30
2.3.2	Méthode de décomposition	35
2.4	Cas particulier des plans d'eau	35
2.4.1	Préambule	35
2.4.2	Problématique des plans d'eau	36
2.4.3	Constitution d'une base de données	36
2.4.4	Évaluations des incertitudes	37
2.4.5	Résultats obtenus	38
2.4.6	Volumes perdus par évaporation sur les plans d'eau	42
2.4.7	Prise en compte des volumes évaporés par les plans d'eau dans le bilan hydrique.....	47
2.4.8	Méthode de décomposition	48
3	Bilan des restitutions au milieu naturel.....	49
3.1	Pertes liées à l'alimentation en eau potable	49
3.1.1	Volumes de pertes AEP	49



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

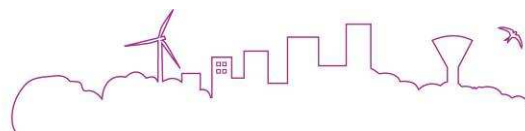
3.1.2 Méthode de décomposition	53
3.2 Assainissement collectif	53
3.2.1 Structures compétentes	53
3.2.2 Les stations d'épuration du territoire.....	54
3.2.3 Les volumes de rejets	59
3.2.4 Méthode de décomposition	62
3.3 Assainissement non collectif	63
3.3.1 Volumes retournant au milieu naturel	63
3.3.2 Méthode de décomposition	64
3.4 Rejets industriels.....	64
3.4.1 Les volumes de rejets	64
3.4.2 Méthode de décomposition	66
4 Bilan des usages par sous bassin versant	67
4.1 Amont du sous bassin de l'Oudon amont.....	68
4.2 Aval du sous bassin de l'Oudon amont.....	70
4.3 Sous bassin de l'Usure.....	72
4.4 Sous bassin de l'Hière.....	74
4.5 Sous bassin du Chéran.....	76
4.6 Sous bassin de l'Oudon moyen.....	78
4.7 Sous bassin de l'Araize	80
4.8 Sous bassin du Misengrain	82
4.9 Sous bassin de la Verzée	84
4.10 Sous bassin de l'Argos	86
4.11 Sous bassin de l'Oudon aval	88
5 Reconstitution de l'hydrologie désinfluencée	91
5.1 Objectif et principes	91
5.2 Méthodologie	92
5.2.1 Concept MIKE BASIN.....	92
5.2.2 Modélisation hydrologique.....	93
5.2.3 Données d'entrée du modèle	94
5.3 Calage du modèle hydrologique.....	96
5.3.1 Principe du calage.....	96
5.3.2 Résultats du calage	97
5.3.3 Critiques relatives au calage du modèle	103
5.4 Résultats de l'hydrologie désinfluencée	104



RAPPORT DE PHASE 2

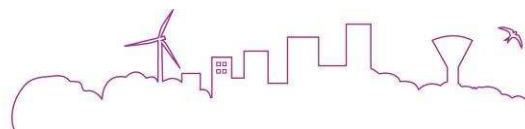
Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

5.4.1 Méthodologie	104
5.4.2 Présentation des résultats par sous bassin versant.....	104
5.5 Synthèse des résultats	116
5.6 Débits caractéristiques désinfluencés sur la période 1993-2011.....	116
6 Suite de l'étude.....	119



Tables des illustrations

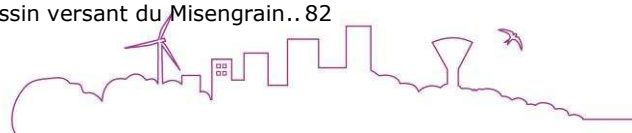
Figure 1-1 : Sous-bassins versants définis sur le territoire du SAGE Oudon.....	4
Figure 2-1 : Localisation des collectivités et captages AEP sur le territoire du SAGE Oudon	8
Figure 2-2 : Prélèvements AEP sur le territoire du SAGE Oudon par ressource (m ³ /an).....	10
Figure 2-3 : Prélèvements AEP sur le territoire du SAGE Oudon par captage (m ³ /an)	10
Figure 2-4 : Répartition des prélèvements AEP sur les sous-bassins du bassin versant de l'Oudon pour l'année 2011	11
Figure 2-5 : Prélèvements AEP par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon.....	13
Figure 2-6 : Répartition des cultures en 2000 et 2010	16
Figure 2-7 : Localisation des prélèvements pour l'agriculture en 2012 sur le territoire du SAGE Oudon	18
Figure 2-8 : Volumes prélevés pour l'irrigation en fonction de l'origine de l'eau (m ³ /an)	19
Figure 2-9 : Volumes prélevés pour l'irrigation sur le bassin versant de l'Oudon en fonction du mode d'alimentation (m ³ /an)	20
Figure 2-10 : Prélèvements pour l'irrigation par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon...	21
Figure 2-11 : Prélèvement pour l'irrigation par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon (m ³ /an)	22
Figure 2-12 : Comparaison des besoins en eau et des prélèvements pour l'irrigation (m ³ /an)....	26
Figure 2-13 : Besoin en eau pour l'abreuvement du bétail par sous-bassins versants en 2010...	28
Figure 2-14 : Volumes prélevés au milieu naturel pour les besoins d'abreuvement (m ³ /an).....	29
Figure 2-15 : Localisation des prélèvements industriels sur le territoire du SAGE Oudon	31
Figure 2-16 : Volumes prélevés pour l'industrie en fonction de l'origine de l'eau (m ³ /an)	32
Figure 2-17 : Prélèvements industriels par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon	33
Figure 2-18 : Prélèvements industriels par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon.....	34
Figure 2-19 : Localisation des plans d'eau sur le territoire du SAGE Oudon	39
Figure 2-20 : Répartition des plans d'eau selon leur superficie.....	40
Figure 2-21 : Répartition des plans d'eau selon leur capacité	40
Figure 2-22 : Différence entre le volume évaporé par les plans d'eau et le volume évapotranspiré sur un couvert végétal (en m ³ par décade)	43
Figure 2-23 : Pertes par évaporation des plans d'eau et pertes par évapotranspiration sur couvert végétal (en m ³ par décade).....	43
Figure 2-24 : Répartition des pertes par évaporation au cours de l'année par sous-bassins versants	44
Figure 3-1 : Volumes perdus pour l'alimentation en eau potable retournant au milieu naturel sur le bassin versant de l'Oudon (m ³ /an).....	50



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

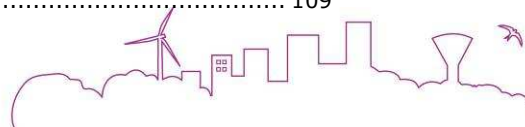
Figure 3-2 : Pertes des réseaux AEP retournant au milieu naturel par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon	51
Figure 3-3 : Volumes de pertes d'usine AEP retournant au milieu sur le bassin versant de l'Oudon (m³/an)	52
Figure 3-4 : Proportion de stations d'épuration en fonction de leur capacité nominale	54
Figure 3-5 : Localisation des rejets de stations d'épuration sur le bassin versant de l'Oudon	56
Figure 3-6 : Répartition des rejets de STEP par sous-bassins sur le territoire du SAGE (m³/an)	60
Figure 3-7 : Volumes de rejets des stations d'épuration par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon	61
Figure 3-8 : Répartition des rejets ANC retournant au milieu naturel par sous-bassins versants en 2011	63
Figure 3-9 : Rejets industriels sur le bassin versant de l'Oudon	65
Figure 4-1 : Chronique des prélèvements mensuels sur l'amont du sous bassin de l'Oudon	68
Figure 4-2 : Chronique des volumes mensuels restitués sur l'amont du sous bassin de l'Oudon	68
Figure 4-3 : Bilan des usages sur l'amont du sous bassin de l'Oudon	69
Figure 4-4 : Chronique des prélèvements mensuels sur l'aval du sous bassin de l'Oudon	70
Figure 4-5 : Chronique des volumes mensuels restitués sur l'aval du sous bassin de l'Oudon	70
Figure 4-6 : Bilan des usages sur l'aval du sous bassin de l'Oudon	71
Figure 4-7 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Usure	72
Figure 4-8 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Usure	72
Figure 4-9 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Usure	73
Figure 4-10 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Hière	74
Figure 4-11 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Hière	74
Figure 4-12 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Hière	75
Figure 4-13 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant du Chéran	76
Figure 4-14 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant du Chéran	76
Figure 4-15 : Bilan des usages sur le sous bassin du Chéran	77
Figure 4-16 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Oudon moyen	78
Figure 4-17 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Oudon moyen	78
Figure 4-18 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Oudon moyen	79
Figure 4-19 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Araize	80
Figure 4-20 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Araize	80
Figure 4-21 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Araize	81
Figure 4-22 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant du Misengrain	82



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Figure 4-23 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant du Misengrain	82
Figure 4-24 : Bilan des usages sur le sous bassin du Misengrain	83
Figure 4-25 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de la Verzée	84
Figure 4-26 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de la Verzée	84
Figure 4-27 : Bilan des usages sur le sous bassin de la Verzée	85
Figure 4-28 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Argos	86
Figure 4-29 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Argos	86
Figure 4-30 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Argos	87
Figure 4-31 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Oudon aval	88
Figure 4-32 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Oudon aval	88
Figure 4-33 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Oudon aval	89
Figure 5-1 : Schéma conceptuel de MIKE BASIN	92
Figure 5-2 : Schéma conceptuel des processus hydrologiques modélisés dans NAM	93
Figure 5-3 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Cossé-le-Vivien	97
Figure 5-4 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Cossé-le-Vivien	98
Figure 5-5 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de la Boissière	99
Figure 5-6 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de la Boissière	99
Figure 5-7 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Sainte-Gemmes-d'Andigné	100
Figure 5-8 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Sainte-Gemmes-d'Andigné	101
Figure 5-9 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Segré	102
Figure 5-10 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Segré	102
Figure 5-11 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur l'amont du sous bassin de l'Oudon amont	104
Figure 5-12 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur l'aval du sous bassin de l'Oudon amont	105
Figure 5-13 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Usure	107
Figure 5-14 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Hière	108
Figure 5-15 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin du Chéran	109



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Figure 5-16 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Araize.....	110
Figure 5-17 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin du Misengrain	111
Figure 5-18 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Argos.....	112
Figure 5-19 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de la Verzée	113
Figure 5-20 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Oudon moyen	114
Figure 5-21 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Oudon aval.....	115

Table des tableaux

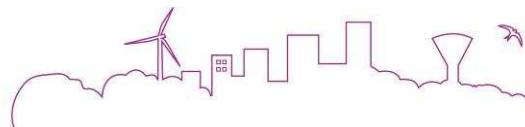
Tableau 2-1 : Compétences communales et intercommunales pour l'alimentation en eau potable sur le territoire du SAGE.....	6
Tableau 2-2 : Répartition des prélèvements pour l'alimentation en eau potable par sous-bassins sur le bassin versant de l'Oudon (en m ³ /an)	12
Tableau 2-3 : Données générales sur l'activité agricole pour les années 2000 et 2010 (Source : RGA) ..	14
Tableau 2-4 : Cheptels sur les communes du bassin versant en 2000 et 2010 (source : RGA) ...	16
Tableau 2-5: Répartition des prélèvements pour l'irrigation par sous-bassins sur le bassin versant de l'Oudon (en m ³ /an)	23
Tableau 2-6: Surface irriguée (ha)	24
Tableau 2-7: Besoin en eau des plantes (m ³ /an)	25
Tableau 2-8 : Estimation des besoins pour l'élevage (en m ³ /an)	27
Tableau 2-9 : Besoin en eau pour l'abreuvement par sous-bassins versants en 2000 et 2010....	29
Tableau 2-10 : Volumes prélevés au milieu naturel pour les besoins d'abreuvement par sous-bassins versants (en m ³ /an).....	30
Tableau 2-11 : Répartition des prélèvements industriels par sous-bassins sur le bassin versant de l'Oudon (en m ³ /an)	33
Tableau 2-12 : Mode d'alimentation des plans d'eau	41
Tableau 2-13 : Répartition des plans d'eau par sous-bassins versants	41
Tableau 2-14 : Répartition des usages des plans d'eau pour lesquels la donnée est disponible ..	42
Tableau 2-15 : Pertes par évaporation par sous-bassin versant (en m ³ /an).....	46
Tableau 2-16 : Synthèse des données sur la connexion/déconnexion des plans d'eau	47
Tableau 3-1 : Pertes des réseaux AEP par sous-bassins versants (en m ³ /an).....	51
Tableau 3-2 : Pertes AEP à la production retournant au milieu par sous-bassins versants (en m ³ /an) ..	53



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

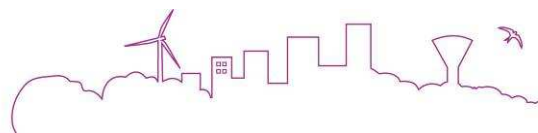
Tableau 3-3 : Compétences intercommunales pour l'assainissement collectif sur le territoire du SAGE Oudon (Source : Observatoire national de l'eau).....	54
Tableau 3-4 : Répartition des stations d'épuration selon les sous-bassins versants	55
Tableau 3-5 : Liste des stations d'épuration rejetant sur le bassin versant de l'Oudon	57
Tableau 3-6 : Volumes de rejets des stations d'épuration par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon (en m ³ /an).....	60
Tableau 3-7 : Répartition mensuelle des rejets de stations d'épuration en fonction du type de traitement des effluents	62
Tableau 3-8 : Rejets industriels par sous-bassins pour les années 2009 et 2010 (en m ³ /an)	64
Tableau 5-1 : Stations pluviométriques sélectionnées.....	94
Tableau 5-2 : Liste descriptive des paramètres utilisés pour le calage des modèles pluie-débit sous NAM	95
Tableau 5-3 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à Cossé-le-Vivien et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011.....	98
Tableau 5-4 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à la Boissière et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011	100
Tableau 5-5 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à Sainte-Gemmes-d'Andigné et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011.....	101
Tableau 5-6 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à Segré et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011	103
Tableau 5-7 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur l'amont de l'Oudon amont.....	105
Tableau 5-8 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur l'aval de l'Oudon amont.....	106
Tableau 5-9 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Usure	107
Tableau 5-10 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Hière.....	108
Tableau 5-11 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin du Chéran	109
Tableau 5-12 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Araïze	110
Tableau 5-13 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin du Misengrain	111
Tableau 5-14 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Argos	112
Tableau 5-15 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de la Verzée.....	113
Tableau 5-16 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Oudon moyen	114
Tableau 5-17 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Oudon aval	115



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 5-18 : Débits caractéristiques désinfluencés par sous bassin versant sur la période 1993-2011	116
---	-----



PRÉAMBULE

1.1 Contexte général de l'étude

Le bassin versant de l'Oudon est caractérisé par des étiages naturels sévères et connaît des déficits quantitatifs récurrents. Des mesures de restrictions des usages de l'eau sont fréquemment prises sur le territoire pour anticiper les risques ou les conséquences de ces situations de tensions quantitatives.

Le déficit structurel en eau s'explique notamment par un contexte géologique peu propice à la formation de ressources en eau souterraines abondantes :

- Le bassin versant de l'Oudon repose sur un socle granitique essentiellement constitué de schistes et de grès dont la perméabilité est faible ;
- L'absence de nappe alluviale étendue explique le régime hydrologique très contrasté du bassin versant et la quasi absence de soutien d'étiage par la nappe.

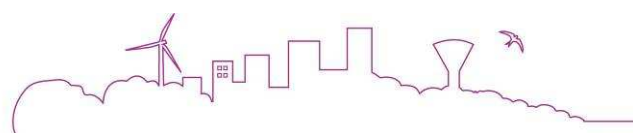
Cette situation de déficit quantitatif chronique provoque une insécurité dans l'alimentation en eau potable et des conflits d'usages.

Le SAGE de 2003 avait pour ambition d'augmenter le taux d'auto-alimentation du bassin versant avec un objectif affiché de 45% à 55%. Or depuis 2003, le taux d'auto-alimentation en eau potable a chuté et représente actuellement environ 40%. L'alimentation en eau potable est donc assurée à hauteur de 60% par des ressources externes au bassin notamment à partir de prélèvements dans la Mayenne ou la Loire. Ainsi, il apparaît essentiel sur le territoire de mettre en place une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau afin de satisfaire les besoins en eau potable de la population à partir des ressources internes au bassin.

Par ailleurs, l'irrigation et les plans d'eau de loisirs peuvent également perturber d'autres usages présents sur le bassin versant notamment : l'industrie (mesures de restriction à l'étiage), la pêche (dégradation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques) ou encore la navigation de plaisance (interruption des éclusages).

Face à ces constats, le SDAGE Loire Bretagne (2010-2015) porte une vigilance accrue sur l'état quantitatif de la ressource en eau sur le territoire et classe le bassin versant de l'Oudon en Zone de Protection Renforcée à l'Étiage (ZPRE) après que celui-ci ait longtemps été classé en Zone de Répartition des Eaux (ZRE).

Localement, le SAGE de l'Oudon se fixe une ambition forte sur le volet quantitatif de la ressource en eau au travers de l'enjeu C : « Gestion quantitative des périodes d'étiage »,



décliné notamment par la disposition C-25 du PAGD « Mener une étude de gestion quantitative sur le bassin de l'Oudon » - objet de la présente étude.

L'étude vise ainsi à caractériser l'état quantitatif de la ressource en eau sur le périmètre du SAGE du bassin versant de l'Oudon et à définir une répartition équilibrée de la ressource entre les usages et les besoins des milieux aquatiques.

1.2 Objectifs de l'étude

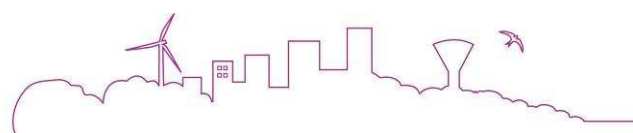
L'étude est décomposée en 5 phases :

- **Phase 1** : Caractérisation des sous bassins et des masses d'eau sur le territoire du SAGE Oudon
- **Phase 2** : Détermination des facteurs influençant le régime des eaux, l'hydrologie et l'hydrogéologie
- **Phase 3** : Détermination des débits minimums biologiques et des débits d'objectifs des cours d'eau
- **Phase 4** : Définition de volumes prélevables par usages sur le bassin.
- **Phase 5** : Proposition d'un programme d'actions et d'éléments de gestion quantitative de la ressource en eau durant la période hivernale et en situation de période de sécheresse.

Et doit permettre de répondre, entre autres, aux questions suivantes :

- Quelles sont actuellement les modalités de sollicitation de la ressource en eau sur le secteur d'étude ? Il s'agit de quantifier la ressource disponible sur le bassin versant puis d'identifier les principaux usages en eau sur le bassin versant et les besoins actuels correspondants.
- Quels besoins supplémentaires en eau sont identifiés sur le territoire d'étude à court et moyen terme ?
- Quelles gammes de débits minimum au niveau des points de référence restent acceptables au vu des besoins du milieu naturel ? Il s'agit d'identifier dans les cours d'eau pérennes, sur la base des observations passées, les conditions de débits à ne pas dépasser, et de fixer les volumes maximum prélevables qui en découlent. Cette analyse se doit d'être réalisée sur l'ensemble du cycle hydrologique.
- Quelles modalités de gestion de la ressource et des usages peuvent être envisagées à court et moyen terme de manière à garantir des débits minimum en cours d'eau pour les besoins du milieu naturel tout en préservant tout ou partie des usages socio-économiques ?

Le présent document constitue le rapport de phase 2.



1.3 Objectif de la phase 2

La phase 2 de l'étude consiste à analyser les usages de l'eau sur le territoire afin de reconstituer l'hydrologie désinfluencée sur le bassin versant de l'Oudon. Cette étude est menée à l'échelle de plusieurs sous-bassins versants définis en fonction des enjeux repérés en phase 1 de l'étude. Ces sous-bassins versants constituent les unités de gestion sur lesquelles les débits minimum biologiques et les volumes prélevables seront définis en phases 3 et 4 de l'étude.

Les étapes de la phase 2 sont les suivantes :

- Inventaire des usages de l'eau sur l'ensemble du bassin versant ;
- Modélisation de l'hydrologie influencée (ou hydrologie actuelle) ;
- Reconstitution de l'hydrologie désinfluencée des prélèvements et rejets.

Sur chaque sous-bassin versant les prélèvements et les rejets d'eau au milieu naturel seront donc listés et analysés afin d'aboutir à une synthèse par sous-bassin versants. Les chroniques obtenues serviront ensuite de données d'entrée pour le modèle hydrologique permettant de reconstituer l'hydrologie désinfluencée.

1.4 Découpage en sous-bassins versants

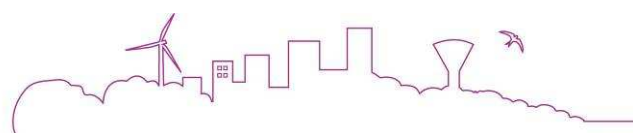
Le bassin versant de l'Oudon a été découpé en plusieurs sous-bassins versants qui correspondront aux unités sur lesquelles une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau sera définie en phase 5 de l'étude.

Les sous-bassins versants ont été définis selon les critères suivants :

- La cohérence avec les masses d'eau décrites dans le SDAGE Loire Bretagne ;
- La proximité avec une station hydrométrique ;
- La superficie des sous-bassins versants drainés globalement homogène. A ce titre la masse d'eau de l'Oudon amont a été découpée en deux sous-bassins versants, d'autres masses d'eau ont été fusionnées ;
- Les usages de l'eau. Il s'agit de répartir et cerner correctement les usages de l'eau en présence sur le bassin versant ainsi que les principales pressions anthropiques qui s'exercent sur la ressource en eau.

Le bilan des prélèvements et des rejets ont été réalisés à l'échelle de chaque sous bassin versant.

Les sous-bassins versants sont présentés à la Figure 1-1.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Rejets industriels
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

- Périmètre du SAGE Oudon
- Réseau hydrographique

Sous bassins versants

- Amont Oudon amont
- Araize
- Argos
- Aval Oudon amont
- Chéran
- Hière
- Misengrain
- Oudon aval
- Oudon moyen
- Usure
- Verzée



SAFEGE
Ingénieurs Conseils

0 10,00
kilomètres



Figure 1-1 : Sous-bassins versants définis sur le territoire du SAGE Oudon

INVENTAIRE DES PRELEVEMENTS

2.1 Alimentation en eau potable

2.1.1 Gestion de l'eau potable sur le territoire

2.1.1.1 Structures compétentes

L'alimentation en eau potable s'organise autour de trois fonctions : la production, le transfert et la distribution de l'eau.

Elle est assurée sur le territoire du SAGE Oudon par :

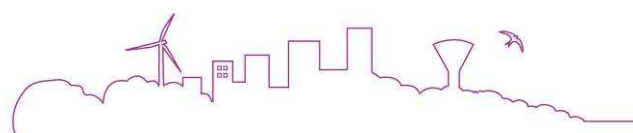
- 11 syndicats d'alimentation en eau potable ;
- 1 syndicat mixte de renforcement d'alimentation en eau potable ;
- 4 communes qui ont gardé la compétence eau potable.

Les compétences AEP sont donc réparties entre ces 16 acteurs sur le territoire.

La gestion de l'eau potable est généralement confiée à des prestataires privés par contrat d'affermage. Les délégataires présents sur le territoire sont la SAUR Ouest (Centre Ile-et-Vilaine), la SAUR Centre Ouest (Centre Anjou-Maine-Tourraine), Veolia Eau, la Lyonnaise des eaux et STGS.

Les communes d'Ahuillé, de Cossé-le-Vivien et de Craon ainsi que les Syndicats Intercommunaux d'Alimentation en Eau Potable de Livré-La Touche et Loire Beconnais sont restés en régie pour l'ensemble des compétences eau potable.

Le Tableau 2-1 liste les collectivités ayant la compétence AEP sur le territoire ainsi que les communes y adhérant et le mode de gestion choisi.

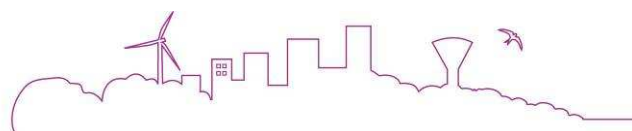


RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 2-1 : Compétences communales et intercommunales pour l'alimentation en eau potable sur le territoire du SAGE

Structure	Communes concernées	Mode de gestion
Régie d'eau d'Ahuillé	Ahuillé	Régie
Régie d'eau de Cossé-le-Vivien	Cossé-le-Vivien	Régie
Régie d'eau de Craon	Craon	Régie
Commune de Chemazé	Chemazé	Affermage
SIAEP de Livré-la-Touche	Athée, Ballots, Brains-sur-les-Marches, Cuillé, Fontaine-Couverte, Gastines, la Roë, Laubrières, Livré, Méral, Saint-Michel-de-la-Roë, Saint-Poix	Affermage
SIAEP de la Région Ouest de Château-Gontier (SIROCG)	Ampoigné, Chérancé, Cosmes, Denazé, Houssay, La-Chapelle-Craonnaise, Laigne, Laigné-sur-Mayenne, Marigné-Deuton, Mée, Deuton, Pommerieux, Quelaines-Saint-Gault, Saint-Quentin-les-Anges, Simplé	Affermage
SIAEP du Craonnais	Bouchamps-les-Craon, La Boissière, Congrier, La Rouaudière, La Selle-Craonnaise, Niaffes, Renazé, Saint-Aignan-sur-Roë, Saint-Erblon, Saint-Martin-du-Limet, Saint-Saturnin-du-Limet, Senonnes	Affermage
SIAEP du Segréen	Andigné, Armaille, Bouille-Ménard, Bourg-l'Evêque, Carbay, Challain-la-Potherie, Châtelais, Chazé-Henry, Chazé-sur-Argos, Combrée, Grez-Neuville, Grugé-l'Hôpital, L'Hôtellerie-de-Flée, La Chapelle-Hullin, La Chapelle-sur-Oudon, La Previère, Le Bourg d'Iré, Le Loin-d'Angers, Loiré, Marans, Montreuil-sur-Maine, Noëllet, Noyant-la-Gravoyère, Nyoiseau, Pouancé, Sainte-Gemmes-d'Andigné, Saint-Michel-et-Chanveaux, Segré, Le Tremblay, Vergonnes	Affermage
SIAEP des Flées	La Ferrière-de-Flée, Saint-Sauveur-de-Flée	Affermage
SIAEP de Bierné	Aviré, Chambellay, La Jaille-Yvon, Louvaines, Montguillon, Saint-Martin-du-Bois, (Montreuil-sur-Maine)	Affermage
SIAEP Loire-Beconnais	Brain-sur-Longuenée, Gené, La Pouëze, Vern-d'Anjou	Affermage
SIAEP du Centre Ouest Mayennais	Astillé, Beaulieu-sur-Oudon, La Brulatte, Courbeville, La Gravelle, Loiron, Montjean, Ruillé-le-Gravelais, Saint-Cyr-le-Gravelais	Affermage
SIAEP de Le Pertre-Saint-Cyr-le-Gravelais	Saint-Cyr-le-Gravelais	Affermage
SIAEP du Pays de la Mée	Juigné-des-Moutiers, Soudan, Villepot	Affermage
SIE de la Forêt du Theil	Chelun, Martigné-Ferchaud, Rannée	Affermage
Syndicat Mixte de Renforcement de l'Alimentation en Eau Potable du Sud Ouest de la Mayenne	SIAEP Livré-La Touche, SIROCG, SGEAU Château-Gontier, Régie d'eau de Craon, SIAEP du Craonnais	Régie



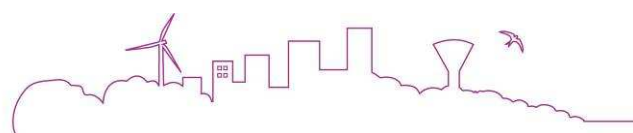
2.1.1.2 Captages AEP sur le territoire du SAGE

Huit structures produisent de l'eau potable à partir de ressources « propres » au bassin versant de l'Oudon. Elles sont recensées ci-dessous :

- Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable du Centre Ouest Mayennais exploite le captage des Fauvières qui regroupe les prélèvements des Fauvières, de la Jordonnière et de la Cruchère sur la commune de Saint-Cyr le Gravelais;
- Le Syndicat Intercommunal des Eaux de Le Pertre-Saint-Cyr le Gravelais exploite le captage de Chalonges à Saint-Cyr le Gravelais ;
- La Régie d'eau de Cossé-le-Vivien exploite le captage de La Haie-Les Friches sur sa commune;
- Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de Livré-La Touche exploite les captages de L'Eperonnière à Livré-la-Touche et de Chaintres sur la commune des Ballots ;
- Le Syndicat Intercommunal de la Région Ouest de Château-Gontier (SIROCG) exploite le captage de La Plaine-Bazouges sur la commune de Château-Gontier ;
- Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable du Craonnais exploite le captage de la Marinière dont une partie des eaux provient du prélèvement en eaux superficielles de La Fontaudière en Araize à Chazé-Henry ;
- La Commune de Chemazé exploite le captage de Chanteloup sur son territoire ;
- Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable du Segréen exploite les captages de la Masuraie et la prise d'eau superficielle de Saint-Aubin du Pavoil sur l'Oudon à Segré. Le captage de Bois II en eaux souterraines a été abandonné depuis 2002.

Au total, le territoire du SAGE Oudon compte 12 prélèvements d'eau potable actifs en 2011. Ces captages ainsi que les structures compétentes sur le territoire sont localisés à la Figure 2-1.

La grande majorité des prélèvements provient d'eaux souterraines.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Collectivités AEP et captages
du Bassin versant de l'Oudon**

Légende

 Périmètre du SAGE Oudon

Collectivités AEP

Volumes prélevés en 2011

-  COMMUNE DE CHEMAZE
-  REGIE D'EAU D'AHUILLE
-  REGIE D'EAU DE COSSE LE VIVIER
-  REGIE D'EAU DE CRAON
-  SGEAU DE L'AGGLO DE CHATEAUGONTIER
-  SIAEP DE BIERNE
-  SIAEP DE LA REGION DE LIVRE LA TOUCHE
-  SIROOG
-  SIAEP DES FLEES
-  SIAEP DU CENTRE OUEST MAYENNAIS
-  SIAEP DU CRAONNAIS
-  SIAEP DU LOIRE-BECONNAIS
-  SIAEP DU PAYS DE LA MEE
-  SIAEP DU SEGREEN
-  SIE DE LA FORET DU THEIL
-  SIE LE PERTRE ST CYR LE GRAVELAIS
-  SMRAEP SUD OUEST MAYENNAIS

captages AEP

Volume prélevé en 2011

-  550 000 m³
-  275 000 m³
-  55 000 m³



0 10,00
kilomètres

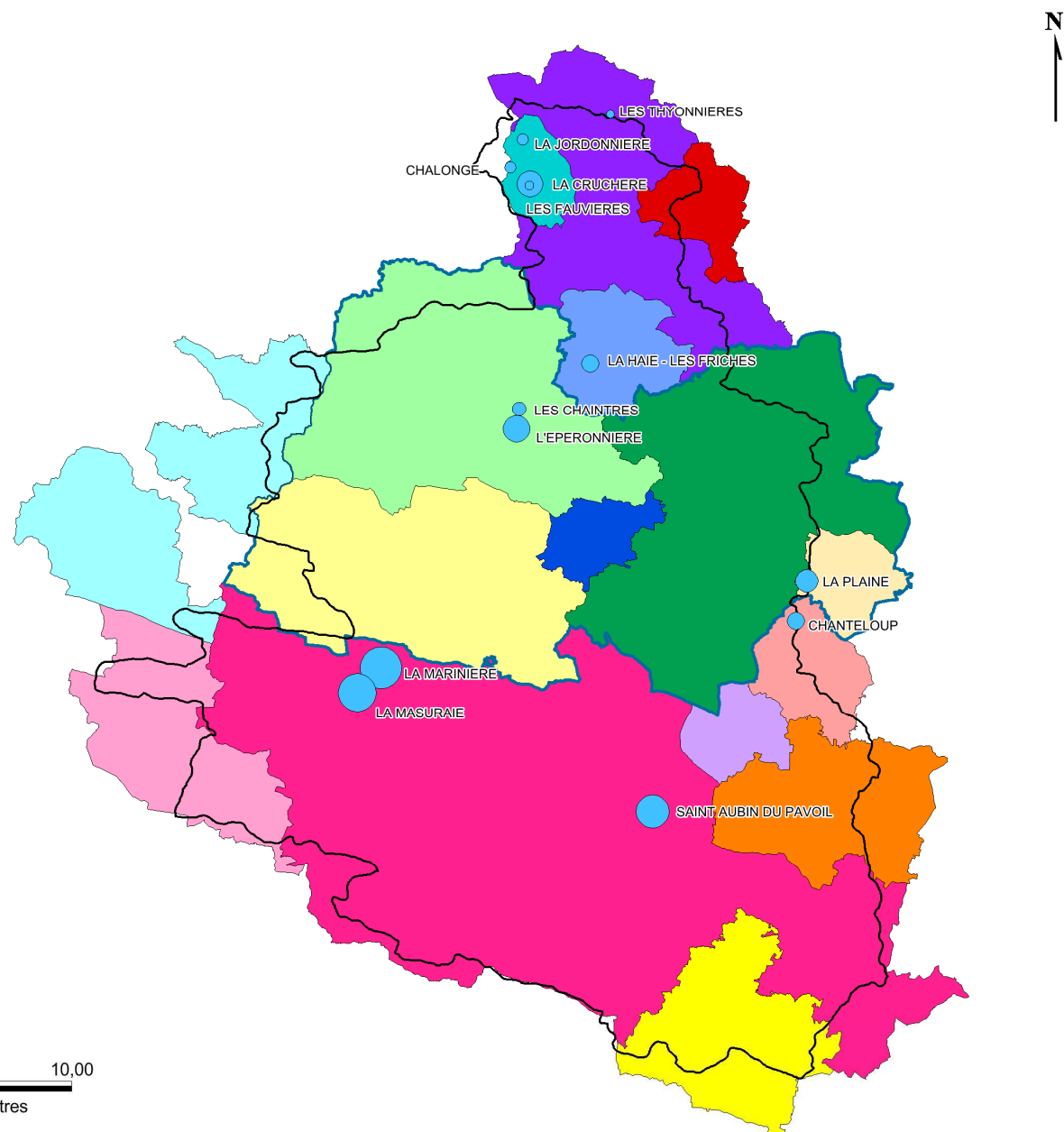


Figure 2-1 : Localisation des collectivités et captages AEP sur le territoire du SAGE Oudon

2.1.1.3 Ressources extérieures au bassin versant

Le bassin versant est fortement dépendant des ressources en eau extérieures. Cette eau provient de plusieurs sources différentes. Les 4 modalités d'import d'eau extérieure sur le bassin sont présentées ci-après :

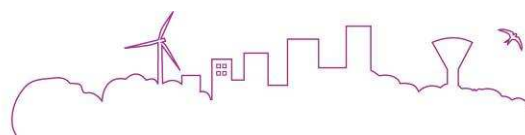
- Des collectivités **exploitent exclusivement des captages hors du bassin versant** :
 - Le SIAEP de Bierné (captage de Daon) ;
 - La Régie d'eau d'Ahuillé (captage de Bon Enfant) ;
 - Le SIAEP du Pays de la Mée (captages de Soulvache et de Nord sur Erdre);
 - Le SIE de la Forêt du Theil (captages de La Groussinière et de La Cité) ;
 - Le SMRAEP Sud Ouest Mayennais (captage de La Roche).
- D'autres collectivités **possèdent des captages externes au bassin versant en plus des captages sur le bassin versant** de l'Oudon cités précédemment :
 - Le SIAEP du Segréen (captages de Chauvon et de Vritz) ;
 - Le SIAEP Centre Ouest Mayennais (captage des Germandières).
- Certaines collectivités **ne produisent pas d'eau et distribuent l'eau achetée à d'autres syndicats provenant de l'extérieur du bassin** :
 - Le SIAEP Loire-Beconnais (eau du SMAEP Saint-Georges).
- Enfin plusieurs collectivités **achètent de l'eau à des syndicats extérieurs au bassin versant afin de compléter leurs propres ressources.** :
 - La régie d'eau d'Ahuillé (principal fournisseur : Laval) ;
 - Le SIAEP du Segréen (principaux fournisseurs : SIAEP de la région d'Ancenis et Angers Loire Métropole).

Le besoin d'eau provenant de l'extérieur du bassin est important. Le taux d'auto-alimentation est faible sur le bassin versant de l'Oudon et en baisse. D'après le SAGE Oudon, il était de 45% en 2003 et 38% en 2007.

2.1.2 Prélèvements AEP

Les données sur les prélèvements d'eau destinés à la consommation humaine sont issues des rapports annuels produits par les collectivités. Lorsque ces données se sont révélées lacunaires les informations du fichier redevance de l'AELB ont été utilisées en complément si elles étaient jugées cohérentes avec les données fournies par les exploitants pour les autres années.

Les volumes prélevés annuels (Vprel) ou à défaut les volumes produits (Vprod) sont présentés dans la Figure 2-2 selon l'origine de la ressource :



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

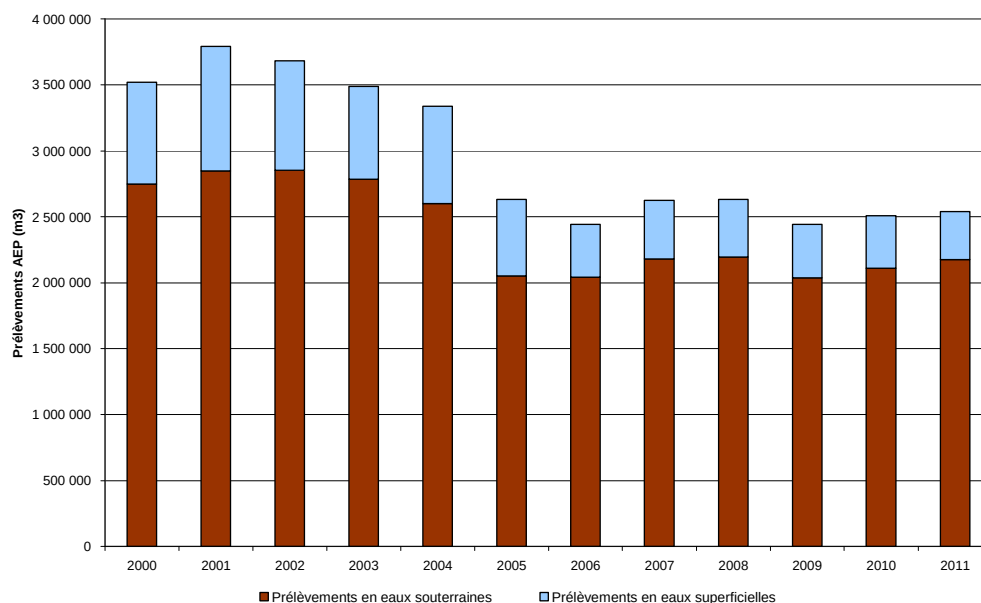


Figure 2-2 : Prélèvements AEP sur le territoire du SAGE Oudon par ressource (m³/an)

A l'exception du prélèvement dans l'Oudon à Segré, tous les prélèvements AEP se font dans les eaux souterraines en nappe profonde (c'est-à-dire que le captage se situe à une profondeur supérieure à 10 m selon les catégories désignées par l'AELB).

Les prélèvements AEP par captage sont présentés dans la Figure 2-3 suivantes. Les volumes prélevés sur les trois captages des Fauvières (Fauvières, Jordonnière, Cruchère) ont été regroupés dans le nom de « Les Fauvières tot ».

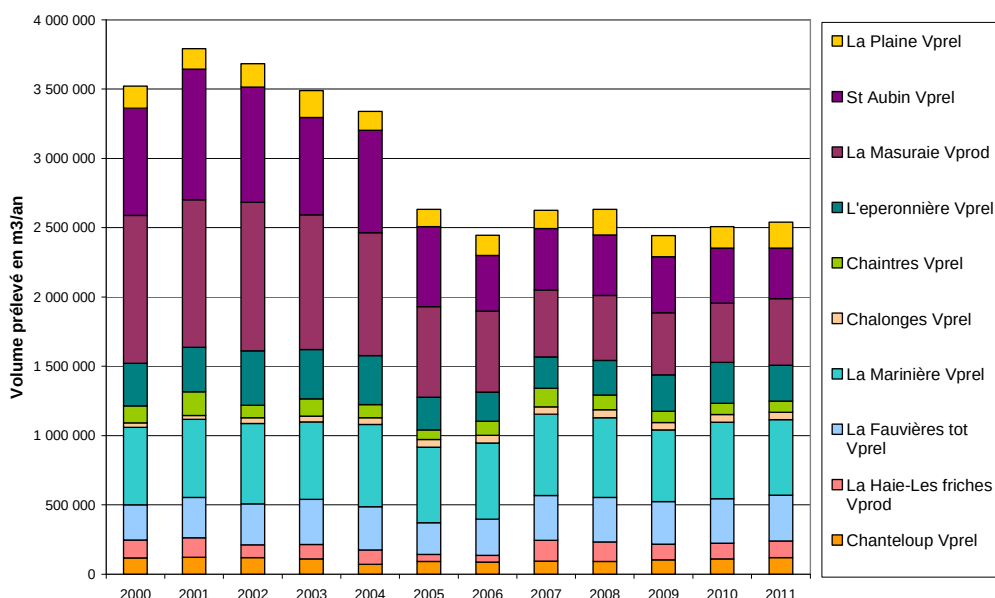
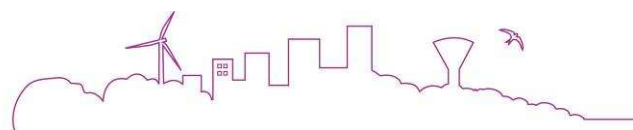


Figure 2-3 : Prélèvements AEP sur le territoire du SAGE Oudon par captage (m³/an)



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Les prélèvements AEP ont diminué de près d'un tiers entre 2001 et 2006 passant de 3 500 000 m³ prélevés en 2000 à 2 500 000 m³ prélevés en 2011. Depuis 2006, les prélèvements semblent s'être stabilisés autour des 2 500 000 m³/an. Cette diminution des prélèvements peut s'expliquer notamment par des économies d'eau (baisse de la consommation moyenne par habitant) et par une hausse dans les apports d'eau extérieurs au bassin versant.

Les baisses les plus importantes observées sur les prélèvements AEP se situent sur les sous bassins versants de l'Araize et l'Oudon moyen. Les productions des captages de la Masuraie sur l'Araize et de Saint-Aubin du Pavoil sur l'Oudon moyen ont diminué de plus de 50% entre 2000 et 2011.

Une légère diminution des prélèvements est également observée sur la période d'étude sur le sous bassin aval de l'Oudon amont avec une baisse des volumes prélevés pour les captages de Chaintres et de l'Éperonnerie.

A l'inverse, il est noté une hausse globale des prélèvements AEP sur l'amont du sous bassin versant de l'Oudon amont.

Les captages AEP se situent principalement dans la partie Nord du bassin versant. Cinq d'entre eux sont situés à l'amont du sous-bassin de l'Oudon amont, deux à l'aval du sous-bassin de l'Oudon amont et deux sur celui de l'Hière.

Toutefois, en termes de volumes prélevés, les captages de Saint Aubin du Pavoil dans l'Oudon, de la Masuraie et de la Marinière sont les plus importants. Ils sont tous les trois situés dans la moitié Sud du bassin sur les sous-bassins de l'Araize et de l'Oudon moyen.

Aucun prélèvement destiné à l'AEP n'est effectué sur les sous-bassins versant de l'Usure, du Misengrain, de la Verzée, de l'Argos et de l'Oudon aval.

La répartition des prélèvements sur les sous-bassins est présentée à la Figure 2-4.

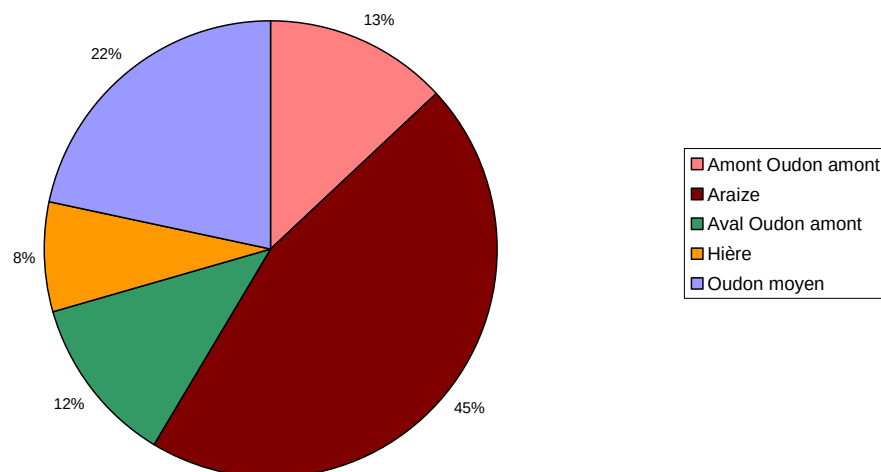


Figure 2-4 : Répartition des prélèvements AEP sur les sous-bassins du bassin versant de l'Oudon pour l'année 2011

Le Tableau 2-2 ci-dessous précise les volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable pour les années 2000 à 2011 par sous-bassins versants.

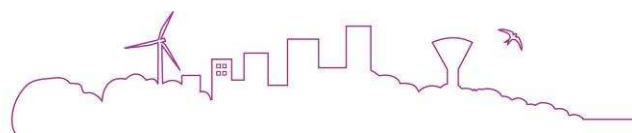


Tableau 2-2 : Répartition des prélèvements pour l'alimentation en eau potable par sous-bassins sur le bassin versant de l'Oudon (en m³/an)

Sous-bassin	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amont Oudon amont	417 300	461 500	428 400	470 400	466 900	335 107	368 445	526 793	521 682	474 936	488 503	505 474
Araize	1625467	1628204	1653158	1531724	1478409	1196211	1133334	1068989	1042894	963116	978540	1023403
Aval Oudon amont	429667	490629	484027	480426	449718	306015	311237	361278	356299	344264	377308	340267
Hière	276358	267200	287166	301617	204608	215694	229884	223246	273814	255753	265748	307552
Oudon moyen	771929	943695	829850	703691	739913	578604	401451	444294	436632	405196	398025	363496
Total	3 520 721	3 791 228	3 682 601	3 487 858	3 339 548	2 631 631	2 444 351	2 624 600	2 631 321	2 443 265	2 508 124	2 540 192

**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Prélèvements AEP
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

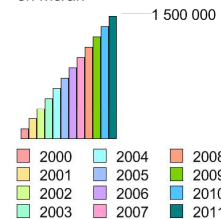
 Périmètre du SAGE Oudon

 Réseau hydrographique

Sous bassins versants

 Amont Oudon amont
 Araize
 Argos
 Aval Oudon amont
 Chéran
 Hière
 Misengrain
 Oudon aval
 Oudon moyen
 Usure
 Verzée

Prélèvements AEP par sous bassins
en m3/an



0 10,00
kilomètres



Figure 2-5 : Prélèvements AEP par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon

2.1.3 Méthode de décomposition

La répartition intra-annuelle précise des prélèvements 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 sur les prélèvements AEP sont issues du croisement du fichier redevance de l'AELB (données au pas de temps annuel), des bilans annuels d'exploitation transmis par les syndicats AEP du territoire ou directement par les délégataires (données au pas de temps annuel ou mensuel) et de données journalières disponibles sur certains captages transmises par l'Agence Technique Départementale de l'Eau du CG 53, le SIAEP du Centre Ouest Mayennais et la SAUR. Les données obtenues ont été traitées de façon à dégager une distribution temporelle.

Aucune tendance journalière n'a pu être dégagée à partir des données transmises. En revanche, une distribution mensuelle moyenne des prélèvements AEP est visible sur les chroniques disponibles. Un coefficient moyen mensuel a ainsi été calculé pour chaque année et appliqué aux captages AEP du territoire pour lesquels seul le volume prélevé annuellement a pu être collecté.

Par ailleurs, le BRGM réalise actuellement une étude sur le bassin Loire Bretagne afin d'évaluer la contribution des nappes aux débits des cours d'eau. Sur le bassin versant de l'Oudon, les résultats montrent que la nappe contribue à hauteur de 20% aux débits des cours d'eau. **Ainsi pour les prélèvements en nappe profonde (selon la dénomination de l'AELB), seul 20% des volumes prélevés indiqués précédemment sont comptabilisés dans le modèle hydrologique.**

2.2 Agriculture

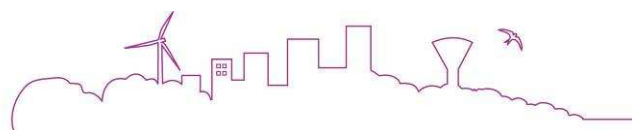
2.2.1 Contexte agricole du bassin versant de l'Oudon

2.2.1.1 Organisation générale du tissu agricole

Les informations présentées dans le Tableau 2-3 sont issues du Recensement Général Agricole (RGA) de 2000 et 2010.

Tableau 2-3 : Données générales sur l'activité agricole pour les années 2000 et 2010 (Source : RGA)

Année	Exploitations agricoles	Cheptel (UGB)	Superficie agricole utilisée (ha)	Superficie en terres labourables (ha)	Superficie en cultures permanentes (ha)	Superficie toujours en herbe (ha)
2000	4 150	336 281	159 931	135 687	904	22 696
2010	2 797	328 260	155 431	138 524	382	15 500



Remarque : Le RGA recense les exploitations ayant un siège dans une des communes du SAGE. Il est possible qu'un exploitant soit installé dans une commune mais que son activité soit localisée qu'en partie ou pas du tout sur cette commune. A ce titre, l'analyse du tableau ci-dessus doit se faire avec précaution. 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.

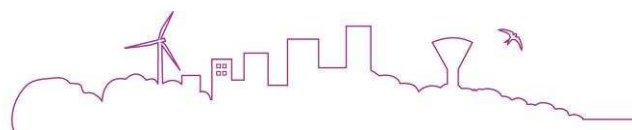
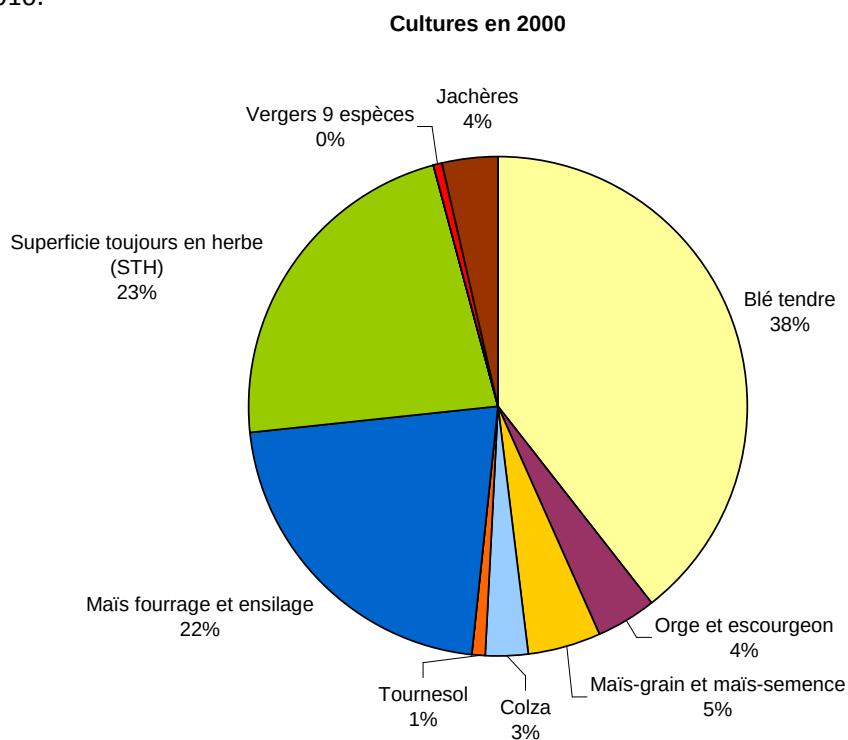
Le nombre d'exploitation ayant leur siège dans le bassin versant a diminué d'un tiers en dix ans. La SAU a également diminué de 3% durant cette même période. Les évolutions les plus marquées concernent les surfaces toujours en herbe qui ont diminué de 30% et celle des cultures permanentes qui ont diminué de près de 60% en 10 ans.

2.2.1.2 Cultures et cheptels sur le bassin versant

Le territoire du SAGE est caractérisé par un contexte de polyculture-élevage. Une part importante de cultures est destinée à l'alimentation du bétail (fourrages et surfaces toujours en herbe) qui représentaient 45% des surfaces cultivées en 2000 et 41% en 2010. D'autre part, les cultures céréalières sont également largement représentées cumulant 47 % des surfaces cultivées en 2000 et 53% en 2010. Il s'agit principalement de blé tendre mais également d'orge, d'escourgeon ou de maïs grain. Le reste est principalement occupé par des oléagineux. Enfin, il existe quelques exploitations fruitières sur le territoire.

Globalement, sur la période 2000-2010 les cultures destinées à l'alimentation du bétail ont régressé de 3% sur le territoire du SAGE. Cette diminution s'est faite au profit des cultures céréalières, dont les surfaces ont augmenté de 6% et du colza. La part des jachères a également largement diminué pour devenir presque inexistante en 2010.

La Figure 2-6 représente la répartition des surfaces cultivées en fonction du type de culture en 2000 et 2010.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

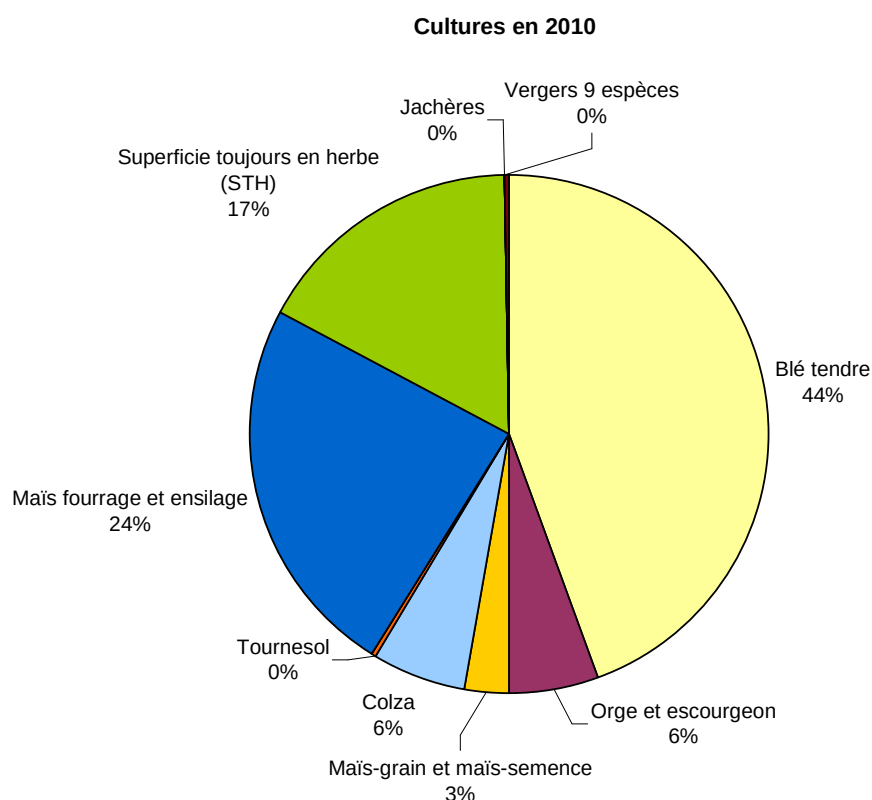


Figure 2-6 : Répartition des cultures en 2000 et 2010

En ce qui concerne l'élevage, les cheptels les plus importants sont ceux de bovins et de porcins. Globalement les effectifs de bétails ont diminué pour tous les types d'animaux depuis 2000.

Le Tableau 2-4 présente les cheptels recensés sur les communes appartenant au bassin versant de l'Oudon en 2000 et 2010.

Tableau 2-4 : Cheptels sur les communes du bassin versant en 2000 et 2010 (source : RGA)

Année	Bovins	Caprins	Ovins	Porcins	Volailles
2000	238 835	499	9 771	234 577	966 583
2010	234 399	0	3 850	189 534	902 814

Les baisses les plus importantes sont celles enregistrées pour les caprins et les ovins. Elles sont toutefois à relativiser en raison du faible effectif de départ et de l'influence plus importante du secret statistique sur ces cheptels.

Les effectifs de porcins ont également largement diminués (près de 20% en 10 ans).



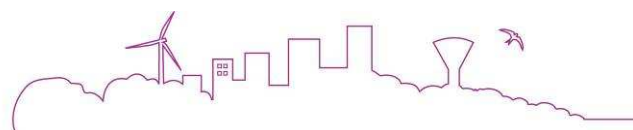
2.2.2 Prélèvements pour l'irrigation

2.2.2.1 Prélèvements annuels

Les données sur les prélèvements dédiés à l'irrigation sont issues du fichier de l'AELB. Compte-tenu de la précision des données AELB, il a été retenu sur demande conjointe des Chambres d'Agriculture et de la DREAL Pays de la Loire de majorer de 10% les données de prélèvement disponibles afin d'approcher plus finement la réalité.

La localisation des prélèvements agricoles est présentée à la Figure 2-7.

Les prélèvements sont majoritairement répartis dans la moitié Sud du bassin versant de l'Oudon où les volumes prélevés semblent également plus importants.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Prélèvements pour l'irrigation
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

- Périmètre du SAGE Oudon
- Réseau hydrographique

Sous bassins versants

- Amont Oudon amont
- Araize
- Argos
- Aval Oudon amont
- Chéran
- Hière
- Misengrain
- Oudon aval
- Oudon moyen
- Usure
- Verzée

Volumes prélevés pour l'irrigation en 2012

- 50 000
- 25 000
- 5 000
- pas de prélèvements en 2012



0 10,00
kilomètres



Figure 2-7 : Localisation des prélèvements pour l'agriculture en 2012 sur le territoire du SAGE Oudon

Les volumes prélevés annuels sont présentés sur la Figure 2-8 en fonction de l'origine de l'eau.

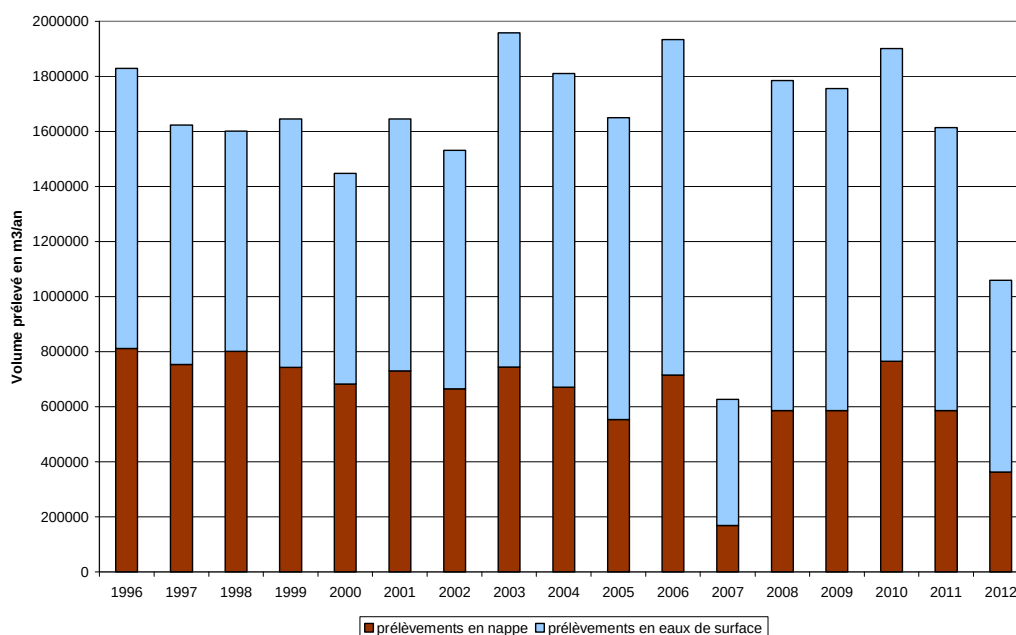


Figure 2-8 : Volumes prélevés pour l'irrigation en fonction de l'origine de l'eau (m³/an)

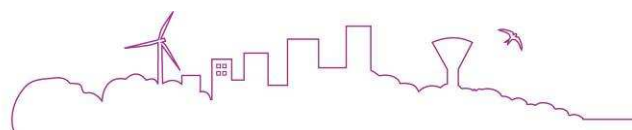
Aucune tendance d'évolution précise ne se dégage pour les volumes prélevés pour l'irrigation. Le climat étant un facteur essentiel, les volumes prélevés varient d'une année sur l'autre. Les prélèvements oscillent généralement entre 1 500 000 m³ et 2 000 000 m³ par an.

Pour les années 2007 et 2012, les volumes prélevés sont inférieurs à 1 100 000 m³. Ils sont exceptionnellement bas en 2007, en raison des conditions climatiques très humides cette année là, avec environ 600 000 m³ prélevés.

Depuis le début des années 2000, la part de l'eau de surface dans les prélèvements pour l'irrigation a augmenté. En effet, jusqu'à 2002 les prélèvements étaient répartis de manière quasi-égale entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Depuis, les prélèvements en eaux de surface représentent environ les 2/3 des volumes totaux prélevés. Cette augmentation peut s'expliquer par le passage du bassin de l'Oudon en Zone de Protection Renforcée à l'étiage qui interdit la création de nouveaux prélèvements estivaux. Les prélèvements hivernaux en cours d'eau destinés à la recharge de retenues agricoles se sont intensifiés.

Les volumes prélevés en fonction du mode d'alimentation sont présentés à la Figure 2-9.

Les prélèvements réalisés pour l'irrigation sont très majoritairement effectués dans des retenues (90% du volume prélevé en 2011). Les retenues dans lesquelles est puisée l'eau d'irrigation sont alimentées principalement via les eaux de ruissellement (44% des volumes prélevés en 2011), ou par des sources (22% des volumes prélevés en 2011). Les 10% restants proviennent directement des cours d'eau ou de nappes souterraines.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

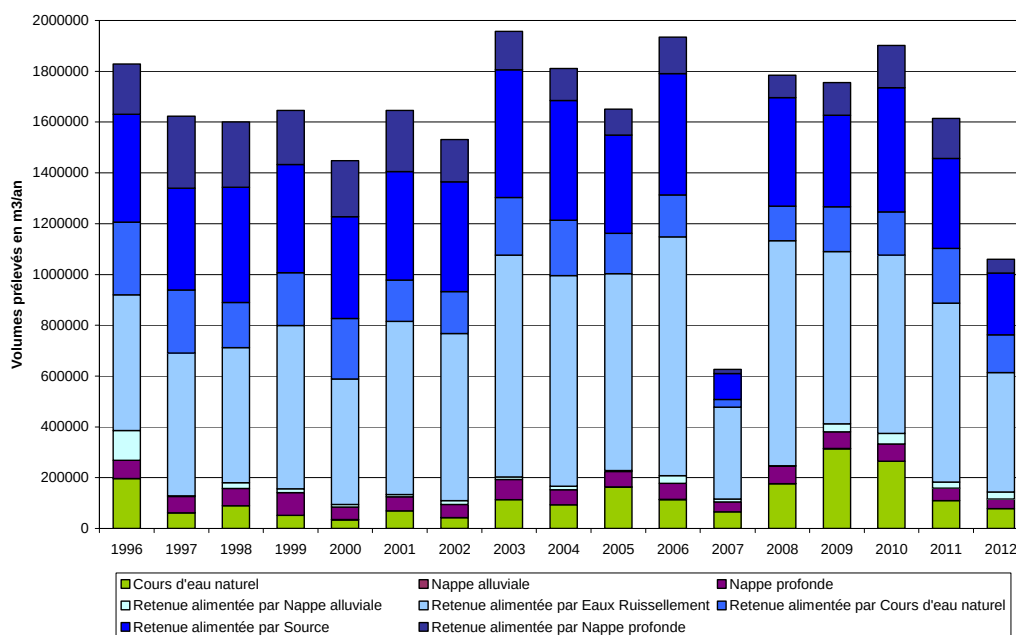


Figure 2-9 : Volumes prélevés pour l'irrigation sur le bassin versant de l'Oudon en fonction du mode d'alimentation (m³/an)

L'évolution des prélèvements pour l'irrigation par sous-bassins est présentée à la Figure 2-10.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Prélèvements pour l'irrigation
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

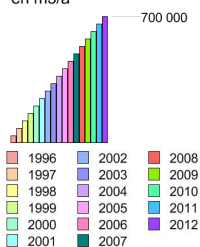
 Périmètre du SAGE Oudon

 Réseau hydrographique

Sous bassins versants

 Amont Oudon amont
 Araize
 Argos
 Aval Oudon amont
 Chéran
 Hière
 Misengrain
 Oudon aval
 Oudon moyen
 Usure
 Verzé

**Prélèvements pour l'irrigation par sous bassins
en m3/a**



0 10,00
kilomètres

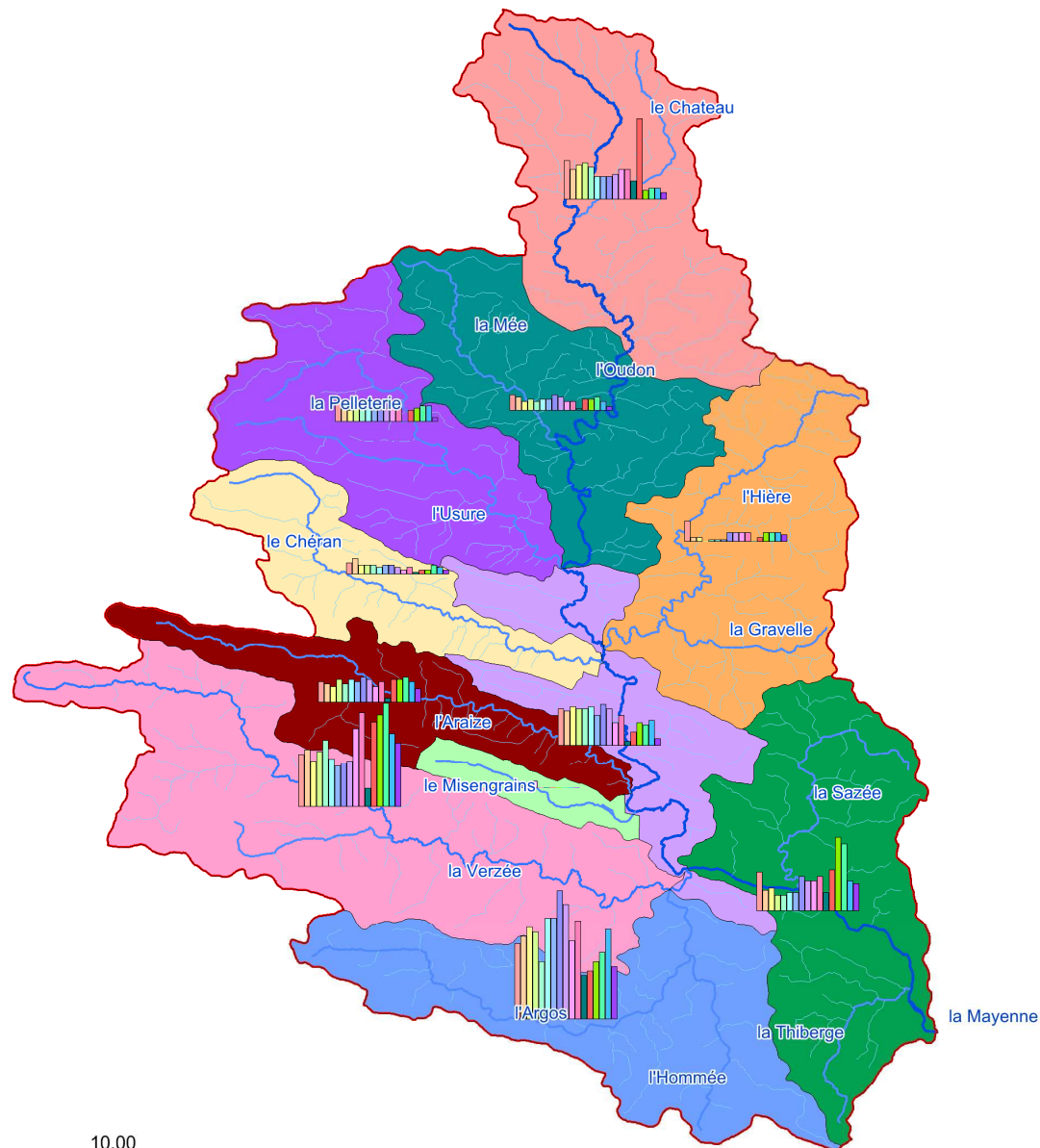


Figure 2-10 : Prélèvements pour l'irrigation par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon

RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

La répartition des prélèvements pour l'irrigation dans les différents sous-bassins du territoire est présentée dans la Figure 2-11 et le Tableau 2-5.

Les sous-bassins les plus sollicités pour l'irrigation sont la Verzée, l'Argos et l'Oudon aval qui représentent respectivement 30%, 25% et 11% des prélèvements en 2011. Des prélèvements relativement importants sont également effectués sur les sous-bassins de l'Oudon moyen (9%) et l'Araize (7%)

Les sous-bassins les moins sollicités sont le Misengrain (pas de prélèvements), l'Aval de l'Oudon amont, le Chéran et l'Hière avec chacun environ 3% des prélèvements.

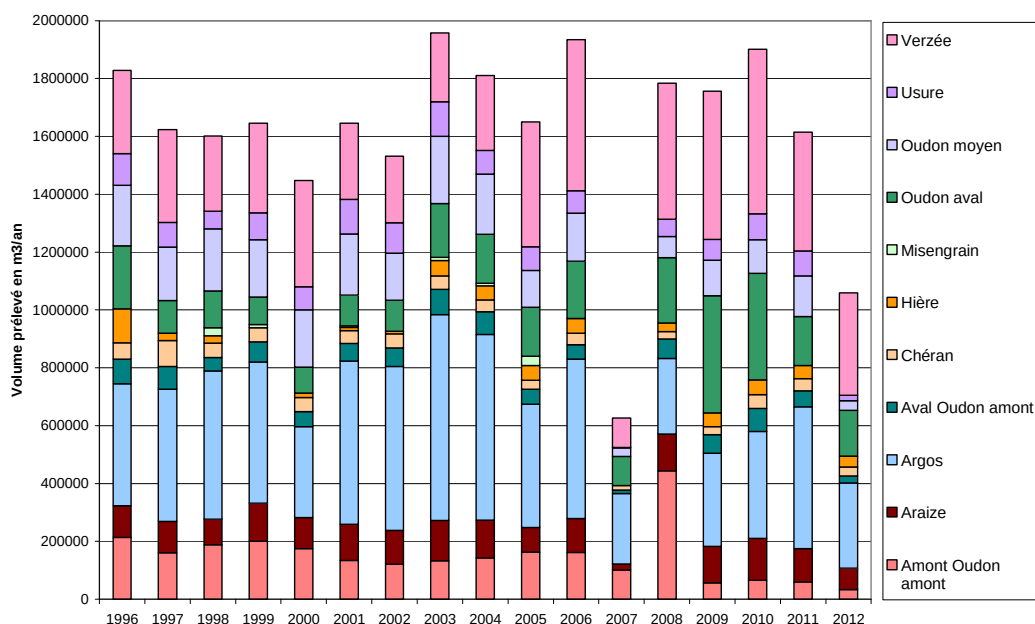
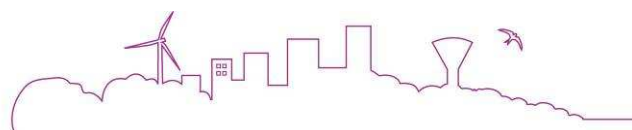


Figure 2-11 : Prélèvement pour l'irrigation par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon (m³/an)

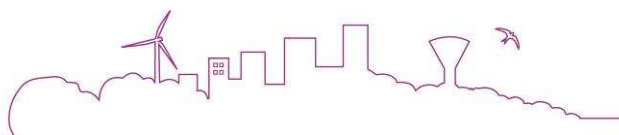


RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 2-5: Répartition des prélèvements pour l'irrigation par sous-bassins sur le bassin versant de l'Oudon (en m³/an)

Sous-bassin	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Amont Oudon amont	212 960	160 490	187 880	200 750	174 350	133 430	121 000	133 320	143 220	162 580	161 260	101 420	443 630	56 564	65 451	59 472	33 704
Araïze	109 670	108 130	88 770	131 560	107 470	126 280	117 700	139 480	129 910	84 700	117 260	20 680	127 050	125 730	144 837	115 002	74 129
Argos	422 730	457 490	512 270	487 740	314 710	564 190	565 620	711 150	642 070	427 130	550 880	242 990	261 580	322 424	369 689	491 011	293 473
Aval Oudon amont	84 040	78 210	46 860	69 630	51 700	59 950	64 240	87 560	78 320	51 040	50 600	11 660	68 090	64 207	79 244	54 626	24 684
Chéran	57 640	89 650	49 720	48 840	49 610	44 440	48 510	46 420	41 470	31 680	39 490	16 500	24 530	26 829	48 367	42 922	31 713
Hière	116 380	25 410	24 970	0	14 740	11 660	8 690	53 240	48 950	50 820	51 260	0	29 920	48 628	50 326	44 795	36 741
Misengrain	0	0	27 940	11 110	0	4 730	0	11 000	8 030	32 450	550	0	0	0	0	0	0
Oudon aval	218 020	113 080	127 820	95 260	89 650	106 590	107 580	185 790	170 170	169 400	197 010	100 100	226 160	404 276	368 476	169 800	158 951
Oudon moyen	208 890	184 800	214 280	198 330	197 890	211 200	162 690	232 100	207 900	126 060	166 540	29 590	73 260	123 792	116 724	139 928	32 086
Usure	110 110	84 810	60 830	92 180	79 750	119 020	104 940	119 790	81 510	82 830	76 780	1 540	58 960	71 559	89 579	86 787	19 314
Verzée	288 090	321 310	259 490	310 310	367 840	263 890	230 450	237 710	259 380	431 530	522 720	102 080	471 350	511 896	568 515	409 857	354 353
Total	1 828 530	1 623 380	1 600 830	1 645 710	1 447 710	1 645 380	1 531 420	1 957 560	1 810 930	1 650 220	1 934 350	626 560	1 784 530	1 755 906	1 901 208	1 614 199	1 059 148



2.2.2.2 Évolution des surfaces irriguées

L'estimation des surfaces irriguées sur le bassin versant a été délicate compte-tenu du peu de données disponibles. L'analyse s'est essentiellement basée sur :

- Les fichiers transmis par la DDT 53 où sont précisées les surfaces cultivées par type de cultures et par communes ;
- Les fichiers transmis par la DDT 49 où sont précisées les surfaces irriguées par type de cultures et par communes pour les années 2000, 2005 et 2009.

Les données n'étant pas disponibles en Mayenne nous avons choisi, en accord avec les Chambres d'Agriculture, d'appliquer des ratios de surfaces irriguées par type de cultures calculés à partir des données de Maine et Loire.

Il faut relativiser ici les lacunes dans les données relatives aux surfaces irriguées : en effet, celles-ci sont utilisées uniquement pour répartir les volumes annuellement prélevés présentés plus haut sur la période d'irrigation (à partir d'un calcul de besoin en théorique des plantes). Le manque de données sur les surfaces irriguées n'impacte donc pas le bilan global des usages de l'eau.

Les surfaces irriguées obtenues sur le bassin versant sont précisées dans le Tableau 2-6 suivant :

Tableau 2-6: Surface irriguée (ha)

Année	2000	2005	2007	2008	2009
Surfaces Irriguées (ha)	3 288	2 599	2 559	2 961	2 713

Les années manquantes ont dû être extrapolées à partir des éléments ci-dessus. Les années manquantes ont été complétées par une interpolation linéaire jusqu'en 2009. Après 2009, les données des surfaces irriguées ont été répliquées.

2.2.2.3 Besoin en eau des plantes

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

BESOIN TOTAL POUR L'IRRIGATION = BUT x Surface Irriguée x 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 : c'est cette valeur qui a été retenue pour l'ensemble de la période d'étude.

Sur la base de cette formule et des coefficients culturaux des cultures irriguées sur le territoire d'étude (principalement maïs grain et ensilage, pois et autres protéagineux), le besoin en eau théorique des plantes a été calculé par décade et par masse d'eau.

Les besoins annuels en eau des plantes sont présentés dans le Tableau 2-9 et sont comparés aux prélèvements effectifs réalisés pour l'irrigation sur la Figure 2-12.

Tableau 2-7: Besoin en eau des plantes (m³/an)

Année	Besoin en eau des plantes
2000	3 138 813
2001	5 135 004
2002	3 997 269
2003	5 863 883
2004	6 607 157
2005	6 305 268
2006	6 975 907
2007	968 290
2008	5 105 406
2009	6 470 965
2010	8 156 143
2011	5 068 054



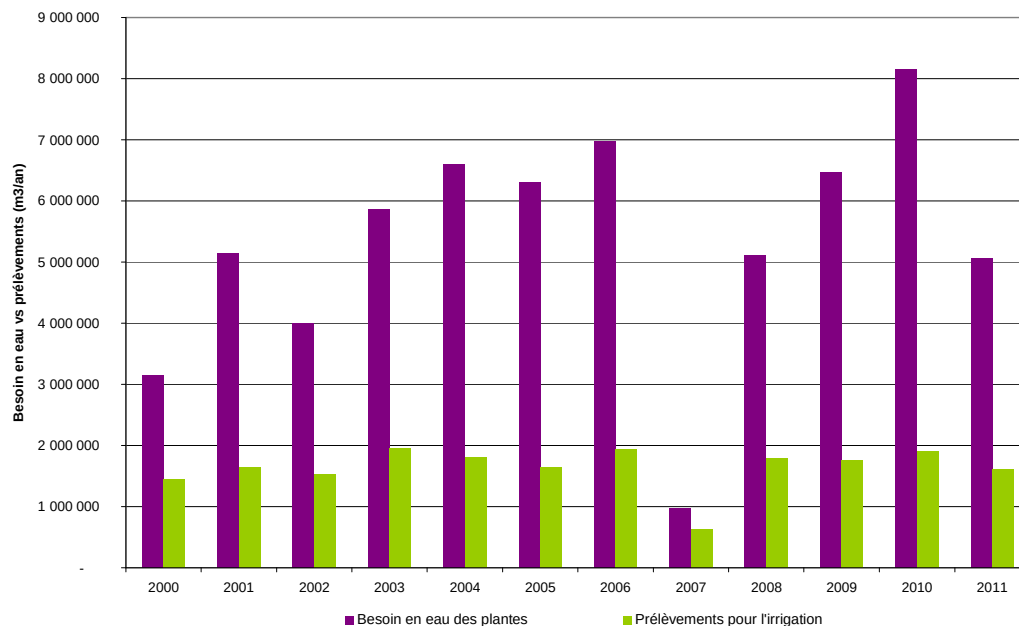


Figure 2-12 : Comparaison des besoins en eau et des prélèvements pour l'irrigation (m³/an)

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.

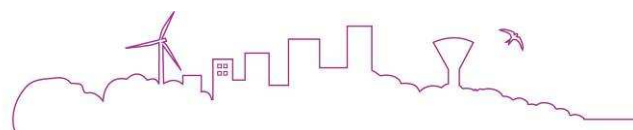
2.2.3 Méthode de décomposition

Les données sur les prélèvements agricoles ont été collectées auprès de l'AELB. 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.

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 :
 - **Concernant la connexion/déconnexion** au cours d'eau : Lorsque la donnée n'est pas disponible, les retenues sont considérées comme connectées au milieu si elles se trouvent dans une zone tampon autour des cours d'eau. La largeur de cette bande



tampon est de 10 m si la largeur du cours d'eau est inférieure à 7 m sinon elle est de 30 m.

- **Si la retenue est connectée** : le prélèvement dans le plan d'eau est immédiatement compensé par un prélèvement sur le cours d'eau. Le volume prélevé est alors ventilé par décade selon les besoins des plantes.
- **Si la retenue est déconnectée** : la période de remplissage de la retenue s'effectue hors période d'étiage et sur 3 mois consécutifs. Le premier mois de remplissage est déterminé en fonction de la pluviométrie. Par ailleurs, il a été convenu que :
 - 50% de la retenue est remplie le premier mois,
 - 30% le second mois de remplissage,
 - 20% le dernier mois.

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).

Enfin comme pour les prélèvements AEP, seul 20% des volumes prélevés en nappe profonde indiqués précédemment sont comptabilisés dans le modèle hydrologique.

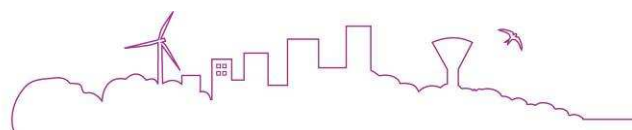
2.2.4 Prélèvements destinés à l'abreuvement du bétail

Afin d'estimer les prélèvements en eau au milieu naturel pour l'abreuvement du bétail, un besoin annuel a été calculé en se basant sur les effectifs issus du RGA auxquels ont été appliqués une consommation moyenne par jour à chaque type de bétail. Les données de consommation moyenne ont été collectées auprès de la Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire.

Le Tableau 2-8 présente les valeurs de consommation journalière retenues par type de bétail et une estimation des besoins en eau du bétail sur le territoire du SAGE.

Tableau 2-8 : Estimation des besoins pour l'élevage (en m³/an)

Type de bétail	Consommation journalière moyenne (L/j)	Effectifs en 2000	Consommation en 2000 (en m ³)	Effectifs en 2010	Consommation en 2010 (en m ³)
Vaches laitières	100	45 008	1 642 800	44 450	1 622 431
Vaches allaitantes	50	24 463	446 457	22 471	410 090
Bovin > 1 an	50	58 265	1 063 335	53 627	978 688
Bovin < 1 an	25	47 893	437 022	55 132	503 076
Chèvres	10	223	813	0	0
Brebis	10	7 808	28 500	3 197	11 670
Truies reproductrices	25	152 608	557 020	124 942	456 039
Autres porcins	10	13 432	122 565	6 872	62 707
Volailles	0,2	735 365	53 682	574 186	41 916
Total		1 085 065	4 352 194	884 877	4 086 617



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Les besoins en eau du bétail sont très importants sur le territoire du SAGE. La consommation annuelle semble varier entre 4 millions de m³ et 4,4 millions de m³.

Il est important de signaler que les résultats obtenus sont des ordres de grandeurs hauts des besoins en eau pour l'abreuvement sur le bassin. En effet, les ratios de consommation peuvent varier significativement entre animaux d'une même espèce, de plus, les effectifs de production animale peuvent varier au cours de l'année en fonction des cycles de production.

Les besoins en eau les plus importants sont ceux destinés à l'abreuvement des bovins qui représentent à eux seuls 86 % des volumes consommés pour l'élevage avec plus de 3 500 000 m³ en 2010.

Seule une partie du volume consommé pour l'élevage est prélevé directement au milieu (par pompage, abreuvement direct au cours d'eau ou plan d'eau), le reste provient directement des réseaux d'alimentation en eau potable. D'après l'étude du Groupement de Défense Sanitaire de la Mayenne parue en juillet 2009 sur les besoins et les ressources en eau pour l'élevage sur le département et le bassin de la Mayenne, 36 % de l'eau consommée provient des réseaux AEP les 64% restants étant satisfaits par prélèvements directs au milieu naturel. **Il sera considéré dans la suite qu'un tiers du besoin d'abreuvement est satisfait par le réseau AEP et deux tiers par prélèvements directs au milieu.**

La répartition des besoins en eau par sous-bassins versants en 2010 est présentée à la Figure 2-13.

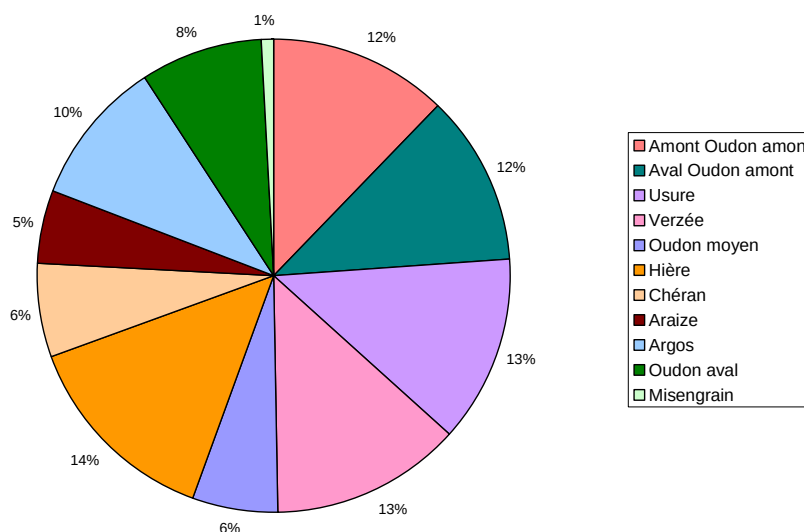
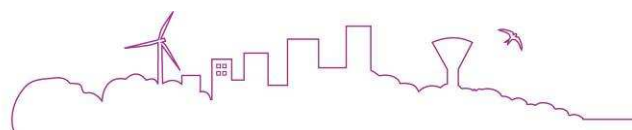


Figure 2-13 : Besoin en eau pour l'abreuvement du bétail par sous-bassins versants en 2010

Les besoins en eau pour l'abreuvement semblent relativement équivalents sur les différents sous-bassins du territoire. La part moins importante des besoins attribués au Misengrain, au Chéran, à l'Araïze et à l'Oudon moyen s'explique en grande partie par la faible superficie de ces sous-bassins.

Le Tableau 2-9 présente les besoins en eau pour l'abreuvement par sous-bassins versants en 2000 et 2010.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 2-9 : Besoin en eau pour l'abreuvement par sous-bassins versants en 2000 et 2010

Sous-bassins	2000	2010
Amont Oudon amont	596 198	503 472
Aval Oudon amont	521 482	474 089
Usure	520 954	523 675
Verzée	551 124	526 807
Oudon moyen	261 871	244 807
Hière	640 048	563 613
Chéran	249 912	262 449
Araize	216 397	199 817
Argos	382 169	418 477
Oudon aval	382 216	338 663
Misengrain	29 823	30 748
Total	4 352 194	4 086 617

Afin de calculer les volumes prélevés directement au milieu sur la période d'étude, on a retenu que deux tiers du besoin en eau pour l'abreuvement est satisfait par des prélèvements directs au milieu. Une régression linéaire est ensuite appliquée aux volumes obtenus pour les années manquantes.

La Figure 2-14 et le Tableau 2-10 présentent les volumes prélevés directement au milieu par sous-bassins pour satisfaire les besoins d'abreuvement du cheptel sur le territoire.

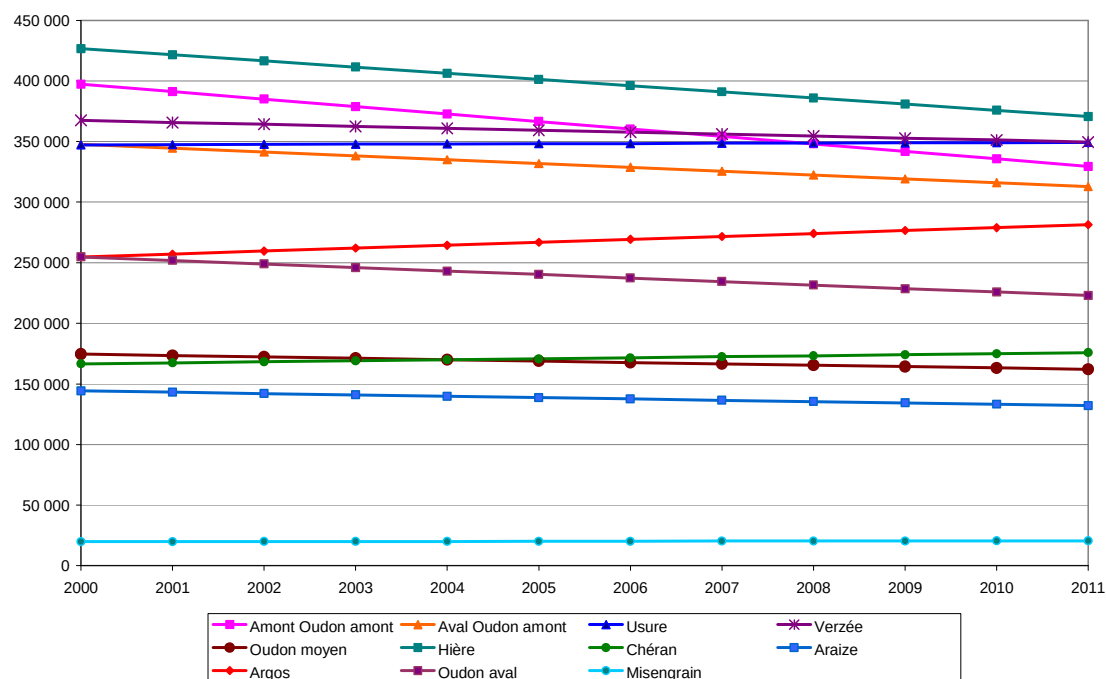
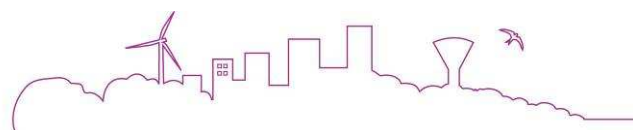


Figure 2-14 : Volumes prélevés au milieu naturel pour les besoins d'abreuvement (m³/an)



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 2-10 : Volumes prélevés au milieu naturel pour les besoins d'abreuvement par sous-bassins versants (en m³/an)

Sous-bassins	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amont Oudon amont	397 465	391 284	385 102	378 920	372 738	366 557	360 375	354 193	348 011	341 830	335 648	329 466
Aval Oudon amont	347 655	344 495	341 336	338 176	335 017	331 857	328 697	325 538	322 378	319 219	316 059	312 900
Usure	347 303	347 484	347 665	347 847	348 028	348 210	348 391	348 572	348 754	348 935	349 117	349 298
Verzée	367 416	365 795	364 174	362 553	360 931	359 310	357 689	356 068	354 447	352 826	351 205	349 584
Oudon moyen	174 581	173 443	172 305	171 168	170 030	168 893	167 755	166 617	165 480	164 342	163 205	162 067
Hière	426 699	421 603	416 507	411 412	406 316	401 220	396 125	391 029	385 933	380 838	375 742	370 646
Chéran	166 608	167 444	168 280	169 115	169 951	170 787	171 623	172 459	173 294	174 130	174 966	175 802
Araize	144 265	143 159	142 054	140 949	139 843	138 738	137 633	136 527	135 422	134 317	133 211	132 106
Argos	254 779	257 200	259 620	262 041	264 461	266 882	269 303	271 723	274 144	276 564	278 985	281 405
Oudon aval	254 811	251 907	249 004	246 100	243 197	240 293	237 389	234 486	231 582	228 679	225 775	222 872
Misengrain	19 882	19 944	20 005	20 067	20 129	20 190	20 252	20 314	20 375	20 437	20 499	20 560
Total	2 901 463	2 883 758	2 866 052	2 848 347	2 830 642	2 812 937	2 795 232	2 777 527	2 759 822	2 742 116	2 724 411	2 706 706

Une légère diminution des volumes prélevés au milieu naturel pour les besoins d'abreuvement peut être observée. Les prélèvements ont diminué de 200 000 m³ entre 2000 et 2011.

2.2.5 Méthode de décomposition

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

2.3 Activité Industrielle

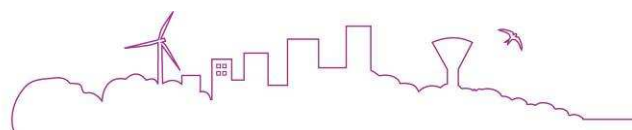
2.3.1 Prélèvements industriels

L'activité industrielle est relativement peu développée sur le bassin versant. En 2011, quatre industries ayant des prélèvements directs au milieu ont été recensées. Il s'agit de l'Hôpital local de Thierry de Langeray à Pouancé, Dirickx Industries à Congrier ainsi que les usines de la Laiterie Célia à Craon et de SARA SAS à Craon. La Laiterie Célia et SARA SAS sont des industries agro-alimentaires alors que Dirickx Industrie est spécialisée en métallurgie.

Les prélèvements industriels sont faibles en comparaison des autres usages du bassin versant. Les deux plus gros préleveurs industriels du bassin sont la Laiterie Célia et les industries Dirickx.

D'autre part, une partie importante des besoins en eaux des industries sont assurés directement par les réseaux de distribution de l'eau potable.

La Figure 2-15 présente la localisation des prélèvements industriels ayant existé entre 2000 et 2011 sur le territoire.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Prélèvements industriels
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

-  Périmètre du SAGE Oudon
 Réseau hydrographique

Sous bassins versants

-  Amont Oudon amont
-  Araize
-  Argos
-  Aval Oudon amont
-  Chéran
-  Hière
-  Misengrain
-  Oudon aval
-  Oudon moyen
-  Usure
-  Verzée

-  Prélèvements industriels



0 10,00
kilomètres



Figure 2-15 : Localisation des prélèvements industriels sur le territoire du SAGE Oudon

Les volumes prélevés annuels sont présentés sur la Figure 2-16 en fonction de l'origine de l'eau.

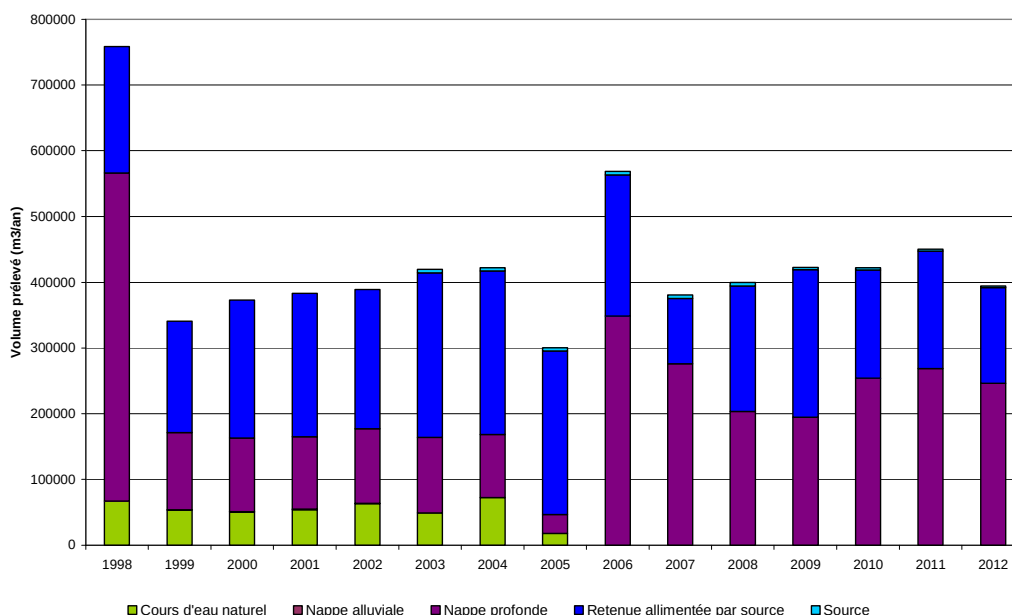


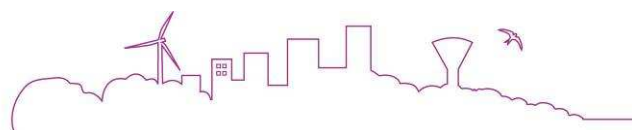
Figure 2-16 : Volumes prélevés pour l'industrie en fonction de l'origine de l'eau (m³/an)

Les prélèvements sont assez variables d'une année sur l'autre. Cependant, il semble que les volumes prélevés depuis 2008 varient entre 400 000 m³/an et 500 000 m³/an.

Les volumes dédiés à l'activité industrielle sont majoritairement issus de prélèvements dans la nappe profonde et dans des retenues alimentées par des sources. Depuis 2006, aucun prélèvement direct dans les cours d'eau n'a été recensé.

La répartition des prélèvements industriels dans les différents sous-bassins du territoire est présentée à la Figure 2-17 et à la Figure 2-18.

Le sous bassin de l'Aval de l'Oudon amont est le plus sollicité depuis 2005 (environ 60% des prélèvements) en raison de la présence de la Laiterie Célia à Craon. Le sous-bassin versant du Chéran est également fortement sollicité en raison de la présence des industries Dirickx à Congrier. Les volumes prélevés sur le sous-bassin de la Verzée (par l'Hôpital de Pouancé) sont très faibles en comparaison de ceux prélevés sur le Chéran et l'Aval de l'Oudon amont. Depuis 1999, il n'y a plus de prélèvements sur l'Amont de l'Oudon amont et le Misengrain (fermeture des Ardoisières d'Angers à Noyant-la-Gravoyère).



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

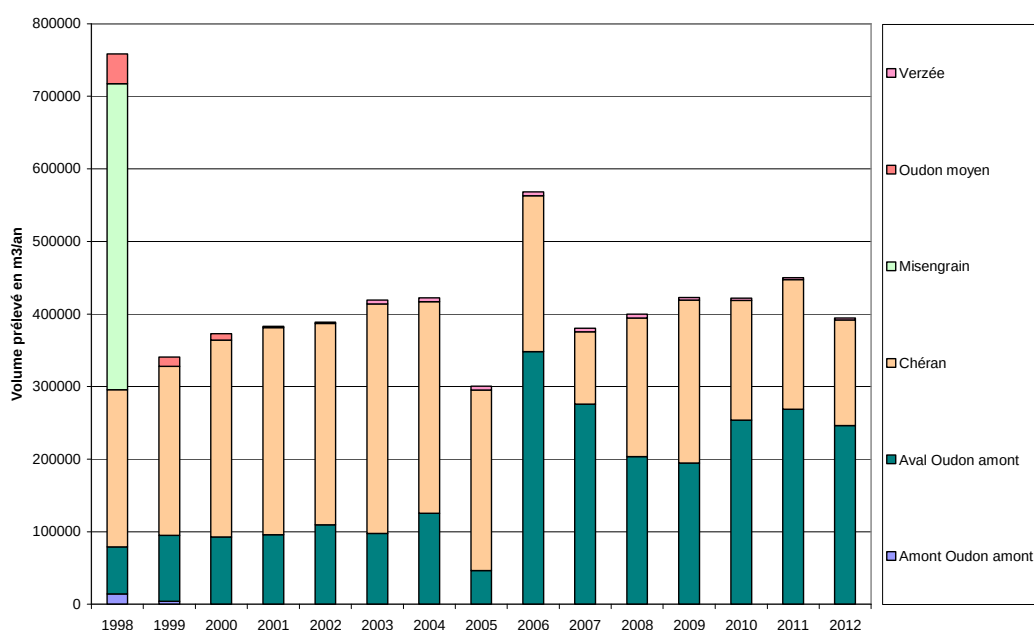
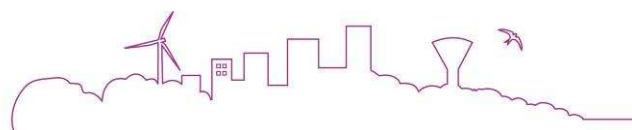


Figure 2-17 : Prélèvements industriels par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon

Le Tableau 2-2 ci-dessous précise les volumes prélevés pour l'industrie pour les années 1998 à 2012 par sous-bassins versants sollicités.

Tableau 2-11 : Répartition des prélèvements industriels par sous-bassins sur le bassin versant de l'Oudon (en m³/an)

Sous-bassin	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Amont Oudon amont	14100	4300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aval Oudon amont	65000	90700	92800	96200	109500	97700	125300	46500	348400	276000	203516	194529	253909	268712	246347
Chéran	216700	233200	271300	284900	277300	316500	291700	248700	214900	99500	191100	224714	164939	178644	145228
Misengrain	421600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oudon moyen	41000	12700	8800	1800	1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verzée	0	0	0	0	0	5200	5200	5200	5200	5200	5100	3258	3155	2889	2903
Total	758 400	340 900	372 900	382 900	388 600	419 400	422 200	300 400	568 500	380 700	399 716	422 501	422 003	450 245	394 478



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Prélèvements industriels
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

- Périmètre du SAGE Oudon
- Réseau hydrographique
- Sous bassins versants
 - Amont Oudon amont
 - Araïze
 - Argos
 - Aval Oudon amont
 - Chéran
 - Hière
 - Misengrain
 - Oudon aval
 - Oudon moyen
 - Usure
 - Verzée

Prélèvements industriels par sous bassins
en m³/an

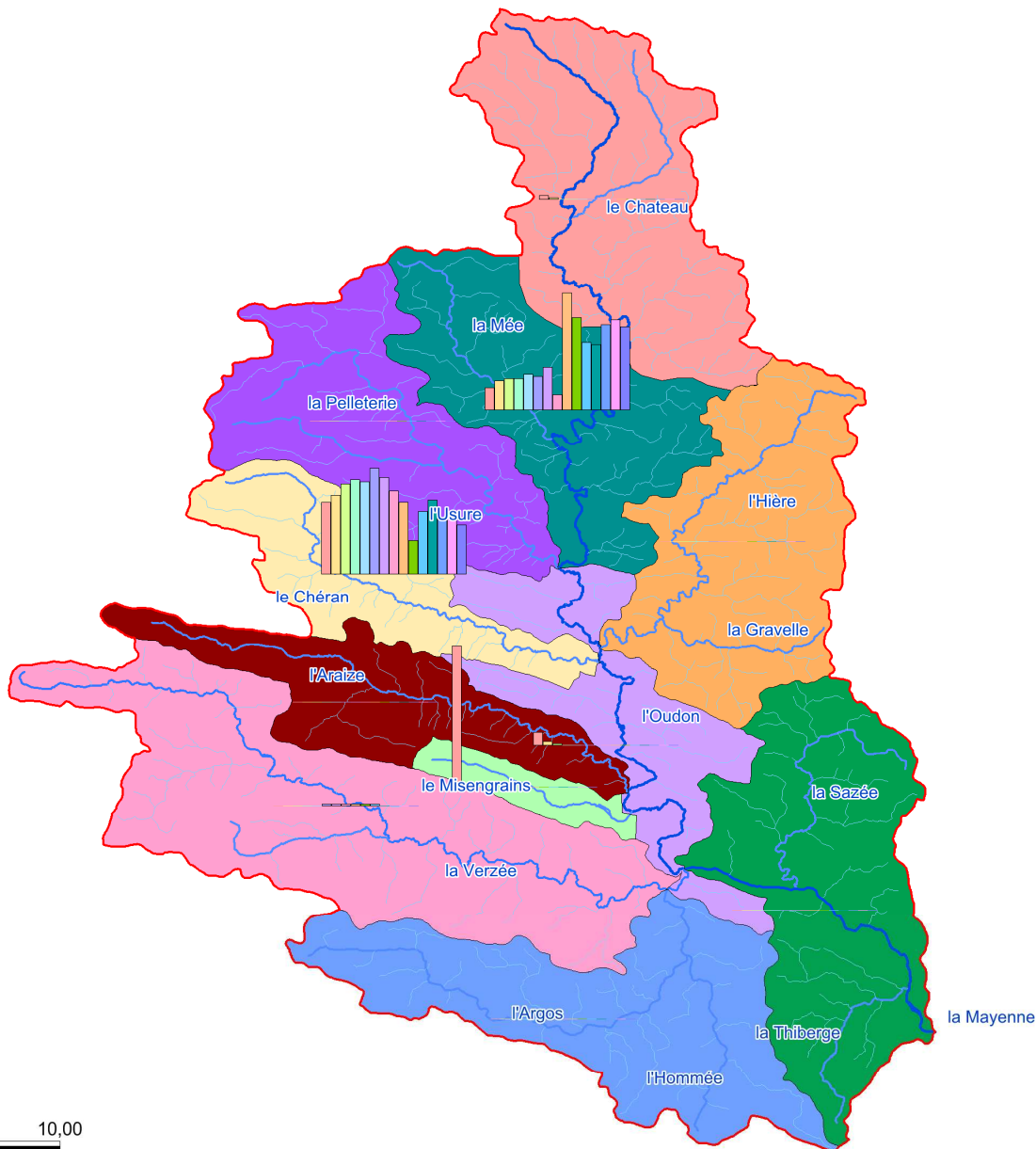
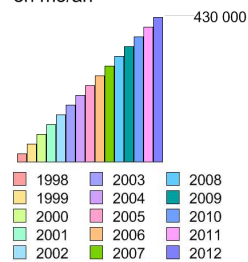


Figure 2-18 : Prélèvements industriels par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon

2.3.2 Méthode de décomposition

Les prélèvements ont été répartis uniformément sur les 12 mois de l'année. Cependant, il a été décidé d'exclure les week-end et les deux premières semaines d'août correspondants à la fermeture estivale. Aucun prélèvement ne sera comptabilisé sur ces périodes.

Ces hypothèses ne s'appliquent pas pour l'industrie Célia qui est en activité 365 jours par an et dont les prélèvements seront donc répartis uniformément sur l'année.

Enfin comme pour les prélèvements AEP, seul 20% des volumes prélevés en nappe profonde indiqués précédemment sont comptabilisés dans le modèle hydrologique.

2.4 Cas particulier des plans d'eau

2.4.1 Préambule

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

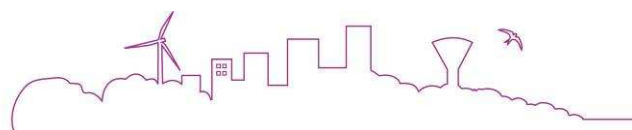
L'analyse présentée ici s'attache à quantifier l'impact des plans d'eau sur l'hydrologie du bassin versant. Le bilan hydrique complet d'un plan d'eau consiste à évaluer les termes :

- **D'apports** : pluie, ruissellement
- **De sortie** : Évaporation, Évaporation de la zone humide associée, percolation, infiltration, débit réservé, surverse....

L'approche retenue ici s'est focalisée sur les deux termes prépondérants du bilan, à savoir la **pluviométrie et l'évaporation** (en réalité le delta entre le volume évaporé et celui évapotranspiré sur un couvert végétal équivalent). Les autres termes du bilan hydrique n'ont pas été intégrés à l'analyse en raison d'une absence quasi-totale de données pour les quantifier.

Par ailleurs, soulignons que la méthode proposée ne tient pas compte des débits éventuellement restitués au cours d'eau par les plans d'eau certaines périodes de l'année (débit réservé, vidange, fuite, surverse...). Les plans d'eau peuvent ainsi participer au soutien d'étiage des cours d'eau. Toutefois, la grande majorité des plans d'eau n'est pas équipée de dispositif de suivi. Ainsi, il n'existe pas de donnée sur le débit restitué/réservé ni sur les périodes de restitution. L'impact reste néanmoins faible voir nul en période d'étiage pour les années sèches, périodes sur lesquelles se focalisent l'analyse.

L'hypothèse retenue pour l'étude est donc simplificatrice et s'explique par l'absence quasi-totale de données pour quantifier les autres termes du bilan hydrique. Nous avons donc considéré une hypothèse haute pour évaluer l'impact des plans d'eau sur le cours d'eau en l'absence de données existantes permettant d'affiner l'analyse.



Enfin, les valeurs présentées dans le rapport sont des pertes « brutes » sans prise en compte des apports : les précipitations. La pluviométrie a été intégrée ultérieurement dans le modèle hydrologique. Les volumes indiqués ne doivent, en aucun cas, être confondus avec les pertes « nettes » associées aux plans d'eau. Les chroniques de débits obtenues en sortie de modèle tiennent en revanche bien compte des apports.

Les paragraphes suivants et les conclusions formulées doivent être analysés à la lumière de ces éléments.

2.4.2 Problématique des plans d'eau

Le territoire du SAGE Oudon est couvert par un nombre important de plans d'eau, dont certains sont d'ailleurs antérieurs au XIV^{ème} siècle. Les impacts attendus 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. 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 ne retournant pas au milieu naturel et non disponibles pour 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 des retenues, c'est-à-dire la période où l'eau est captée au milieu naturel.

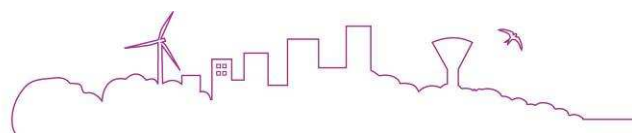
Pour cela, il convient d'analyser la connexion/déconnexion du plan d'eau par rapport au milieu naturel : si un plan d'eau est connecté au cours d'eau, il est attendu que tout prélèvement dans celui-ci sera immédiatement compensé par un nouveau prélèvement dans le cours d'eau. En revanche, si le plan 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.

Rappelons une nouvelle fois que les débits restitués par les plans d'eau au cours d'eau n'ont pas été intégrés dans l'analyse compte tenu de l'absence de donnée.

Pour tenter de caractériser l'impact des plans d'eau sur les écoulements en période d'étiage, une base de données exhaustive des plans d'eau existant sur le territoire a été créée. Elle vise notamment à consolider les connaissances sur la connexion, les modalités de remplissage des retenues et d'identifier les plans d'eau les plus impactant en période d'étiage.

2.4.3 Constitution d'une base de données

La base de données « plans d'eau » a été constituée à partir des informations contenues dans :



- la pré-localisation des zones humides de la DREAL Pays de la Loire ;
- l'inventaire des plans d'eau de la DDT49
- l'inventaire des plans d'eau de la DDT53 ;
- la base de données redevance de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

A partir de ces trois sources d'informations, il s'agissait d'identifier le type de données disponibles dans chacune des bases et d'évaluer les lacunes existantes pour chaque plan d'eau. Un contrôle des données a également été réalisé afin de s'assurer de la cohérence et de la fiabilité des informations disponibles. Les données jugées douteuses (forte présomption d'erreur) ont été écartées.

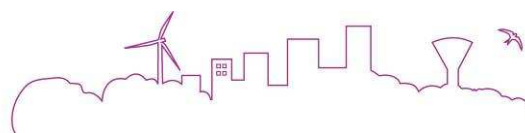
Enfin, une comparaison et un recoupement des données des quatre inventaires disponibles ont été effectués. L'objectif de cette analyse était d'aboutir à une liste de plans d'eau unique la plus exhaustive possible sur le territoire d'étude et qui contient a minima les informations suivantes :

- la situation géographique (coordonnées XY, communes) ;
- l'usage ;
- la surface du plan d'eau ;
- le volume de stockage ;
- la profondeur ;
- la connexion au cours d'eau
- le mode d'alimentation.

2.4.4 Évaluations des incertitudes

Les incertitudes sur la base de données ainsi constituée sont de plusieurs types :

- Localisation des plans d'eau : les coordonnées géographiques des plans d'eau étant imprécises et les noms peu explicites, il a été délicat de localiser correctement les plans d'eau sur le territoire. Ainsi, il est possible qu'un plan d'eau d'une base soit associé à un mauvais plan d'eau dans une autre base. Les données reconstituées pour ce plan d'eau seraient alors erronées. Le travail a toutefois été effectué manuellement pour limiter la marge d'erreur (analyse plan d'eau par plan d'eau en utilisant le Scan25 comme éléments de comparaison).
- Le volume et la profondeur des plans d'eau ont été, pour un grand nombre de plans d'eau, reconstitués à partir des autres informations disponibles (mise en place d'une approche simplifiée).
- Les informations sur les usages et le mode d'alimentation sont considérées fiables, bien que très incomplètes.
- Excepté pour les plans d'eau où la donnée était renseignée (inventaire de la DDT 53), la connexion des plans d'eau au cours d'eau a été déterminée par une approche cartographique. Cette méthode génère des incertitudes en connectant automatiquement au cours d'eau tous les plans d'eau situés dans une base tampon autour du réseau hydrographique.



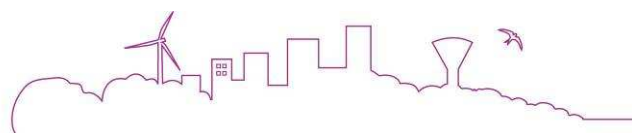
2.4.5 Résultats obtenus

Au total, 4177 plans d'eau ont été recensés sur le territoire du SAGE Oudon. Les plans d'eau couvrent environ 11,7 km² soit près de 1% du bassin versant, pour un volume de stockage total de 21 millions de m³.

Le SMIDAP apporte par ailleurs les éléments de précision suivants :

- La superficie des plans d'eau du bassin versant de l'Oudon est plus importante que la moyenne régionale. A l'échelle de la région, les plans d'eau occupent entre 0,6% et 0,7% du territoire.
- La superficie des plans d'eau sur le territoire de l'Oudon avait été estimée à 10,6 km² en 1763. Lors de ce recensement, les plans d'eau inférieurs à 1 ha n'avaient pas été pris en compte.
- Enfin, les grands plans d'eau en barrage des cours d'eau semblaient être plus importants à l'époque (il y a environ 250 ans) notamment sur le sous bassin versant de l'Hière.

Les plans d'eau sont localisés sur la Figure 2-19 ci-dessous.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Plans d'eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

- Périmètre du SAGE Oudon
- Réseau hydrographique

Sous bassins versants

- Amont Oudon amont
- Araize
- Argos
- Aval Oudon amont
- Chéran
- Hière
- Misengrain
- Oudon aval
- Oudon moyen
- Usure
- Verzée

- Plan d'eau



0 10,00
kilomètres

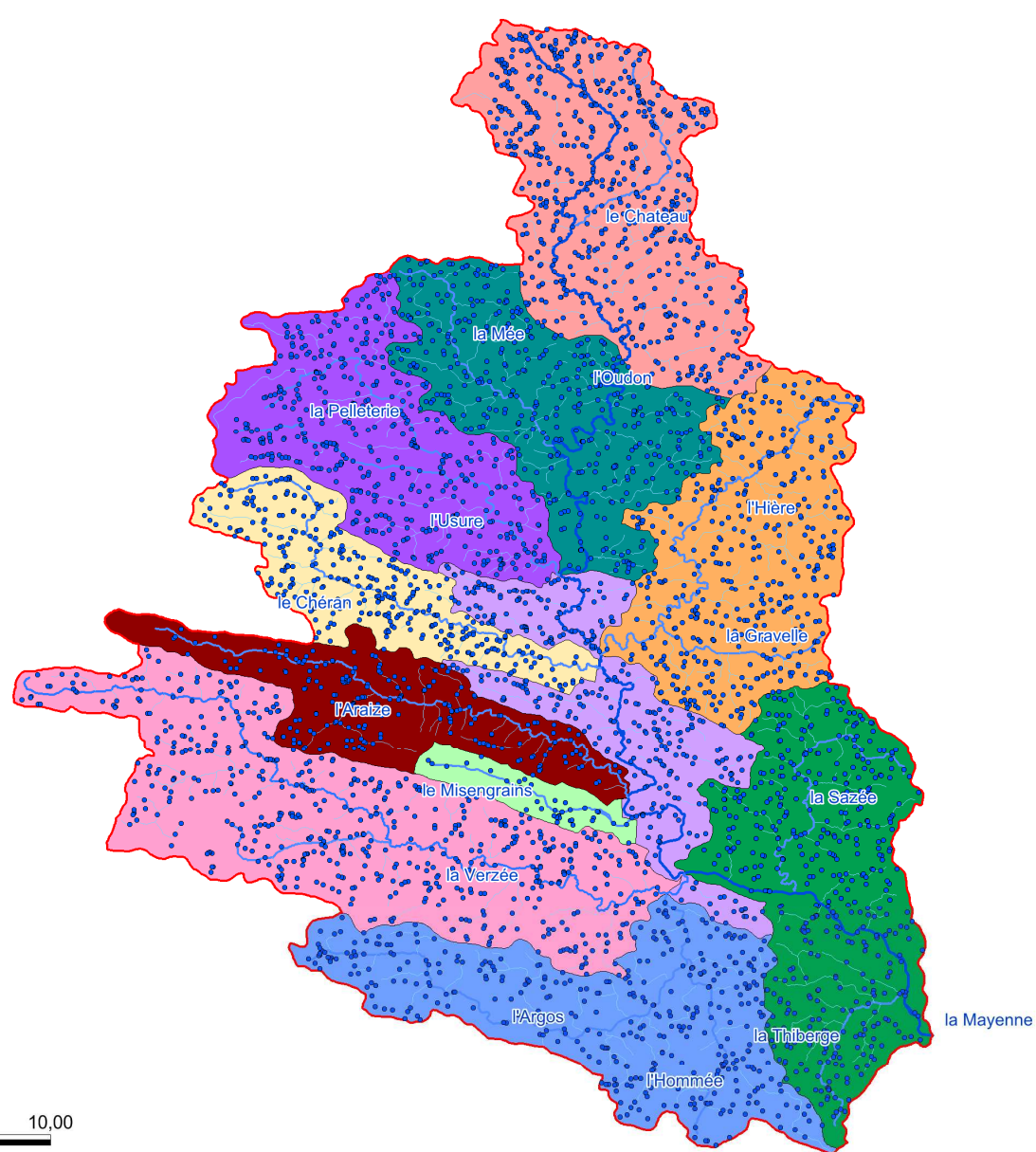


Figure 2-19 : Localisation des plans d'eau sur le territoire du SAGE Oudon

La superficie des plans d'eau est plutôt modérée sur le territoire. Environ 60% des plans d'eau ont une superficie inférieure à 1000 m² dont 38% inférieure à 500 m². Environ 200 de plans d'eau sur les 4161 ont une superficie supérieure à 10 000 m². Les plans d'eau supérieurs à 10 000 ha représentent toutefois une surface de près de 6,2 km².

La répartition des plans d'eau selon leur surface est présentée sur la Figure 2-20 ci-dessous.

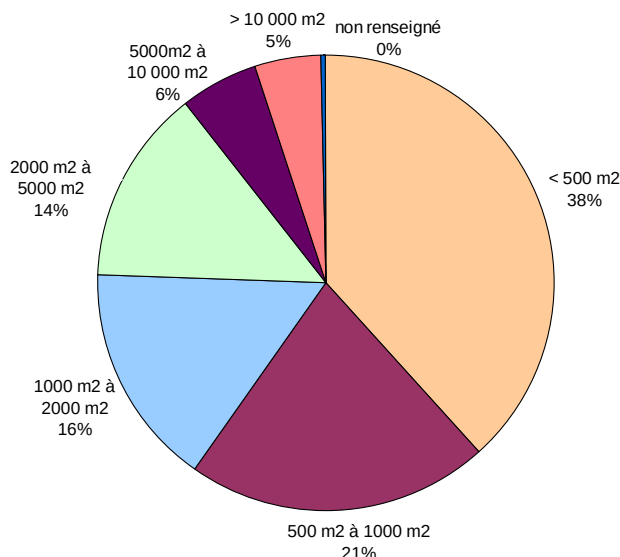


Figure 2-20 : Répartition des plans d'eau selon leur superficie

La répartition des plans d'eau en fonction de leur capacité de stockage est présentée sur la Figure 2-21. Globalement, les plans d'eau ont des capacités variables sur le territoire, de quelques centaines de m³ à 900 000 m³.

Plus de 70% des plans d'eau ont une capacité inférieure à 2000 m³. Les plans d'eau de moins de 5000 m³ représentent 83% des plans d'eau du territoire.

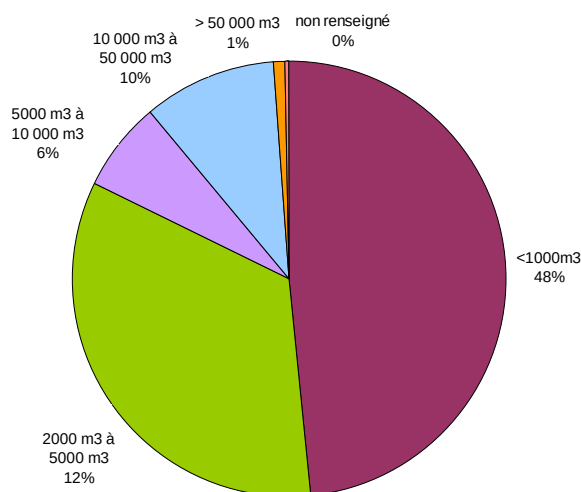
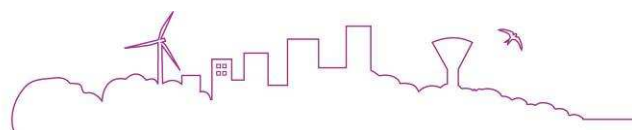


Figure 2-21 : Répartition des plans d'eau selon leur capacité



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Le mode d'alimentation des plans d'eau est précisé dans le Tableau 2-12. Il est courant qu'un plan d'eau soit alimenté par différentes sources, le tableau ci-dessous présente donc les différentes modalités d'alimentation possibles pour environ 200 plans d'eau renseignés.

Tableau 2-12 : Mode d'alimentation des plans d'eau

	Prélèvement en cours d'eau	Prélèvement en nappe	Alimentation par ruissellement	Prélèvement sur source
Prélèvement en cours d'eau	16%	0%	2%	0%
Prélèvement en nappe		10%	0%	0%
Alimentation par ruissellement			34%	8%
Prélèvement sur source				30%

Les plans d'eau sont majoritairement alimentés par ruissellement et par prélèvements sur source et sur cours d'eau. Les nappes participent peu à l'alimentation des retenues pour les plans d'eau renseignés. Enfin précisons que certains plans d'eau peuvent également être alimentés par d'autres plans d'eau. Toutefois, cette information n'est pas renseignée dans les bases de données utilisées.

La répartition des plans d'eau par sous-bassins versants est présentée dans le Tableau 2-13.

Tableau 2-13 : Répartition des plans d'eau par sous-bassins versants

Sous-Bassins	Nombre de plans d'eau	Dont < 500 m ²	Rapport superficie plan d'eau / superficie sous BV
Amont Oudon amont	627	204	1,0%
Araize	202	65	0,5%
Argos	381	172	0,6%
Aval Oudon amont	387	146	0,5%
Chéran	319	125	1,0%
Hière	431	152	0,5%
Misengrain	37	17	1,0%
Oudon aval	467	253	0,3%
Oudon moyen	310	117	0,6%
Usure	454	166	0,9%
Verzée	562	187	1,5%
Total	4177	1604	0,8%

Le sous-bassin versant de l'Amont de l'Oudon amont apparaît comme le sous-bassin le plus sollicité en termes de nombre de plans d'eau. Cependant, en calculant le ratio de la surface des plans d'eau et de la surface du sous-bassin, c'est le sous-bassin de la Verzée qui paraît le plus concerné.

Les sous-bassins de l'Oudon aval, l'Araize, l'Aval de l'Oudon amont et l'Hière sont les moins sollicités proportionnellement à leur surface.

L'usage des plans d'eau quand il est renseigné est indiqué dans Tableau 2-14. L'information n'est disponible que pour 5% des plans d'eau. Parmi les plans d'eau avec un usage renseigné, ceux destinés à l'irrigation sont les plus répandus.

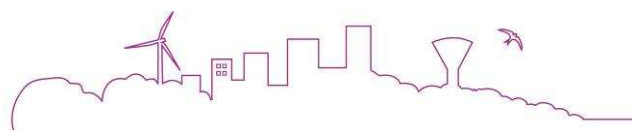


Tableau 2-14 : Répartition des usages des plans d'eau pour lesquels la donnée est disponible

Usage	Pourcentage
abreuvement du bétail	1%
AEP	0.5%
autre	27%
Industrie	1%
Irrigation	64%
pêche et agrément	5%
réserve incendie	1%

La pisciculture fait également partie des usages fréquemment rencontrés sur le territoire de l'Oudon. Toutefois, cette information n'est pas renseignée dans les bases de données utilisées. Selon le SMIDAP, tous les grands plans d'eau du territoire à l'exception de la Rincerie, sont dédiés à la pisciculture.

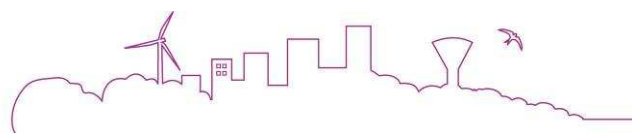
2.4.6 Volumes perdus par évaporation sur les plans d'eau

Les volumes considérés comme perdus par les plans d'eau correspondent au terme d'évaporation des plans d'eau. Les pertes liées à la végétation aquatique par exemple n'ont pas été prise en compte. Par ailleurs, rappelons ici que les apports (précipitations) n'ont pas été pris en compte dans les calculs. Il s'agit donc de pertes « brutes ». La pluviométrie a été intégrée ultérieurement dans le modèle hydrologique.

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 non couverte par un plan d'eau à surface libre. Il a été retenu arbitrairement pour le besoin de l'analyse de considérer les surfaces équivalentes de plan d'eau avec un couvert végétal de type prairie.

Afin de comparer le volume de l'évaporation dû aux plans d'eau à celui d'une évapotranspiration équivalente pour un couvert de prairie, 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 auprès de Météo France à la station de Beaucouzé ;
- Pour l'évapotranspiration sur une surface équivalente à celle des plans d'eau en prairie, une évapotranspiration réelle (ETR) calculée, à partir d'une réserve facilement utilisable du sol moyenne de 90mm. Les données pluviométriques utilisées pour le calcul de la réserve du sol ont été calculées sur chaque sous-bassin en attribuant à chacun des trois pluviomètres utilisés un poids lié à son aire d'influence sur le sous-bassin (polygones de Thiessen).



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Les Figure 2-22 et Figure 2-23 présente la différence entre le volume évaporé par les plans d'eau et celui évapotranspiré sur couvert végétal par décade sur ces dix dernières années.

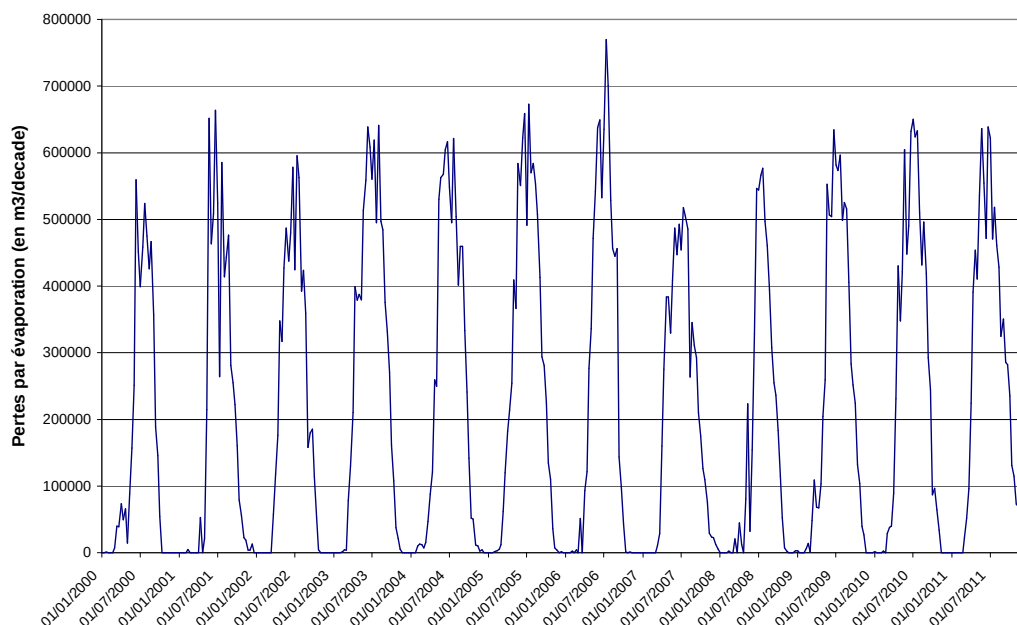


Figure 2-22 : Différence entre le volume évaporé par les plans d'eau et le volume évapotranspiré sur un couvert végétal (en m³ par décade)

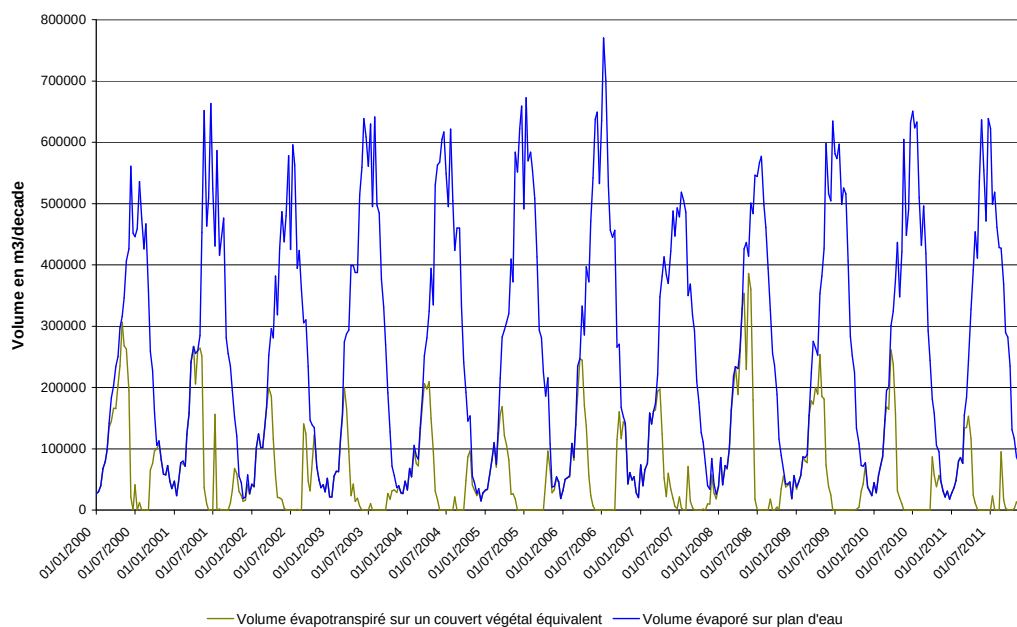
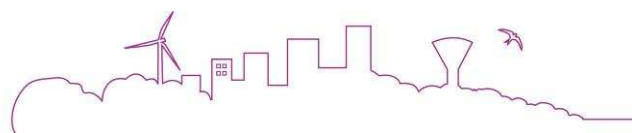


Figure 2-23 : Pertes par évaporation des plans d'eau et pertes par évapotranspiration sur couvert végétal (en m³ par décade)



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Le graphique ci-dessus fournit les enseignements suivants :

- Pour les années pour lesquelles les étés ont été relativement humides (2000 à 2002, 2007, 2008), la différence entre le volume évaporé pour des surfaces en plan d'eau ou en prairie varie entre 5 et 6 millions de m³/an environ (soit environ 5200 m³/ha de plan d'eau /an).
- Pour les années avec des étés très secs (2003 à 2006 et 2009 à 2011), on observe des pertes importantes s'élevant entre 7 millions de m³/an et 8 millions de m³/an (soit environ 7000 m³/ha/an). Les pics d'évaporation apparaissent en général en juillet.

Ces résultats ne doivent pas être directement comparés aux pertes « nettes » d'un plan d'eau. La pluviométrie n'a en effet pas été prise en compte dans les calculs mais intégrée directement dans le modèle hydrologique. Une analyse rapide sur l'amont du bassin versant de l'Oudon amont a montré qu'en intégrant les précipitations dans les calculs (ce que réalise le modèle hydrologique), les pertes nettes en 2003 sont de 3 359 m³/ha. Ces valeurs sont cohérentes avec celles communiquées par le SMIDAP obtenues sur d'autres plans d'eau hors territoire de l'Oudon.

La Figure 2-24 présente la répartition des pertes par évaporation au cours de l'année pour les différents sous-bassins versants.

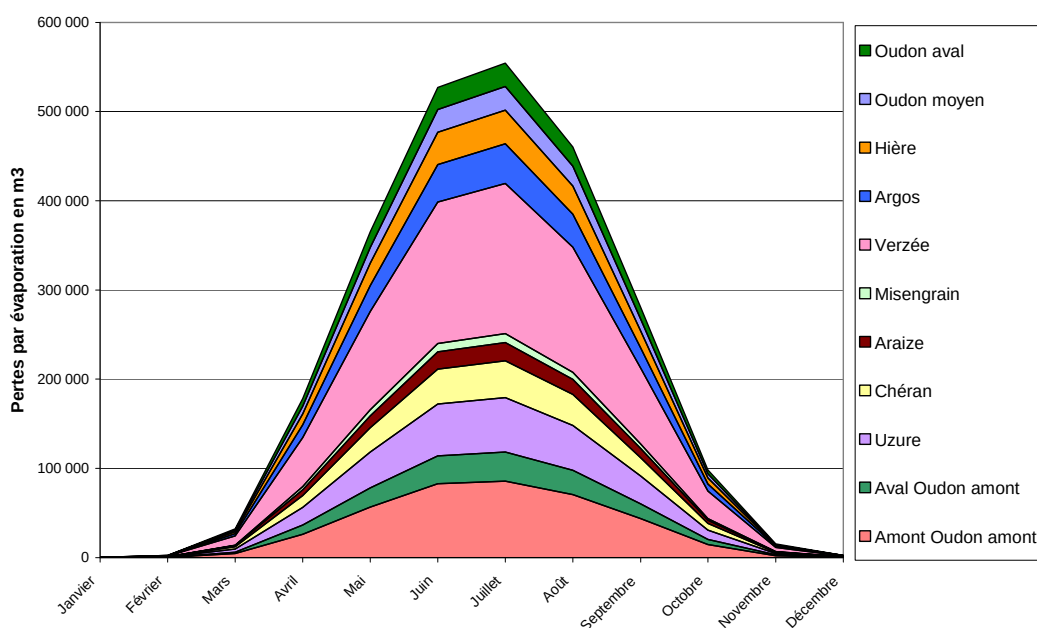
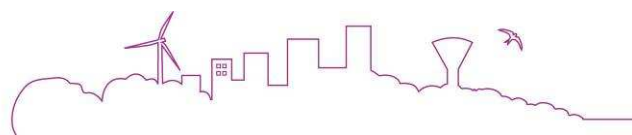


Figure 2-24 : Répartition des pertes par évaporation au cours de l'année par sous-bassins versants

Les observations suivantes peuvent être tirées du graphique ci-dessus :

- La différence entre volumes évaporés et évapotranspirés est nulle hors des périodes les plus humides de l'année (globalement de novembre à mars) ;
- Près de 90% du volume évaporé à l'année se fait entre mai et septembre ;

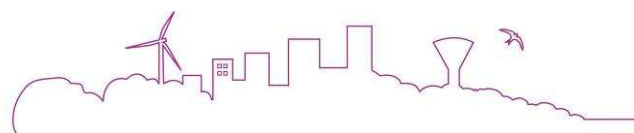


Compte tenu des volumes mis en jeu, il est attendu que l'impact des plans d'eau puisse être significatif et perturbent les écoulements en période d'étiage d'autant plus que les débits mesurés sont très faibles sur cette période pour l'ensemble des cours d'eau. Toutefois, rappelons ici, que l'analyse n'a pas pris en compte les débits éventuellement restitués au milieu par les plans d'eau. Les résultats présentés constituent une hypothèse haute sur l'impact des plans d'eau sur les cours d'eau.

Les pertes par évaporation (volume total évaporé – volume évapotranspiré sur surface équivalente en prairie) réparties par masse d'eau sont présentées dans le Tableau 2-15 suivant. Les volumes annuels totaux et concentrés sur la période de tension (avril-septembre) sont indiqués dans le tableau.

Les pertes par évaporation sont les plus importantes sur la Verzée, dues notamment à la présence de plans d'eau de grande superficie (Étang de la Blisière, Étang de Saint-Aubin, Étang de Tressé par exemple). D'autre part, le volume évaporé sur l'Amont de l'Oudon amont est également important en raison de la densité de plans d'eau sur ce sous-bassin versant et à la présence de plans d'eau de taille significative comme l'Étang de la Guehardière, l'Étang du Château, l'Étang du Grand Moulin ou celui de Loiron. L'impact des plans d'eau est également significatif sur l'Usure.

Les sous-bassins ayant le moins de pertes par évaporation sont le Misengrain, l'Araize, l'Oudon moyen et l'Oudon aval. Pour l'Araize et l'Oudon ce constat s'explique en partie par la faible densité de plans d'eau sur ces sous-bassins et de l'absence de plans d'eau de grande superficie. Pour le Misengrain, la densité de plan d'eau est élevée. Toutefois, le sous bassin versant étant de faible superficie les volumes d'évaporation cumulés des plans d'eau apparaissent moins élevés que ceux des autres sous bassins versants.

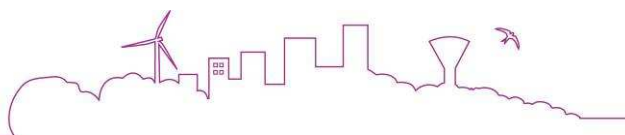


RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 2-15 : Pertes par évaporation par sous-bassin versant (en m³/an)

Année	Amont Oudon amont	Aval Oudon amont	Usure	Chéran	Araize	Misengrain	Verzée	Argos	Hière	Oudon moyen	Oudon aval	Total
2000	852 887	309 973	567 478	395 485	197 053	93 769	1 631 714	424 113	342 489	240 976	236 222	5 292 159
2001	988 079	377 228	700 936	478 254	237 536	114 176	1 954 860	514 516	433 785	306 350	300 306	6 406 026
2002	1 088 318	411 586	757 370	507 569	251 685	121 639	2 064 563	546 946	470 951	332 345	325 790	6 878 763
2003	1 372 820	525 503	975 975	664 462	329 913	158 651	2 705 383	714 887	605 937	428 272	419 824	8 901 627
2004	1 232 511	472 452	879 790	601 296	298 662	143 535	2 458 149	646 855	545 193	385 559	377 954	8 041 955
2005	1 361 616	527 100	982 392	666 917	330 882	159 587	2 717 215	718 261	611 407	432 807	424 269	8 932 453
2006	1 238 186	469 224	871 598	597 737	297 141	142 431	2 450 664	642 493	538 044	379 919	372 425	7 999 862
2007	1 085 716	437 357	820 233	553 690	274 350	132 861	2 247 259	597 091	510 699	361 413	354 283	7 374 952
2008	923 997	349 565	633 487	405 585	200 652	98 312	1 639 082	438 744	399 739	282 072	276 508	5 647 743
2009	1 166 891	460 064	863 469	589 054	292 294	140 911	2 401 008	634 311	537 967	381 311	373 789	7 841 069
2010	1 280 031	496 400	924 522	625 458	310 168	149 816	2 544 709	673 925	575 958	407 725	399 682	8 388 394
2011	1 372 134	523 864	975 381	665 853	330 535	159 107	2 715 671	716 643	602 995	426 177	417 770	8 906 129



2.4.7 Prise en compte des volumes évaporés par les plans d'eau dans le bilan hydrique

Il est attendu que l'impact du volume évaporé par un plan d'eau sur les écoulements ne sera pas le même suivant que le plan est connecté ou pas au réseau hydrographique. En effet, dans le cas d'une connexion directe du plan d'eau au réseau hydrographique, le volume évaporé est quasi-immédiatement compensé par un prélèvement direct au milieu naturel (par captage du ruissellement, de la source d'alimentation ou d'une partie du débit du cours d'eau pour les plans d'eau situés dans le lit mineur d'un cours d'eau ou à proximité). L'impact dépendra également du caractère temporaire ou non des cours d'eau et des sorties des plans d'eau. Ces deux derniers éléments n'ont pas été pris en compte dans l'analyse en raison de l'absence de données.

Dans le cas d'un plan d'eau déconnecté du réseau hydrographique, les pertes par évaporation seront compensées par un prélèvement au milieu naturel a priori hors de la période d'étiage (par pompage dans le milieu naturel). Il convient donc de bien appréhender le mode de connexion du plan d'eau au réseau hydrographique pour ventiler les volumes « perdus » par évaporation sur l'ensemble du cycle hydrologique.

Le mode de connexion des plans d'eau au réseau hydrographique n'étant pas toujours renseigné dans les bases de données de plans d'eau disponibles, une analyse cartographique a été menée afin de reconstituer les informations manquantes. Une bande tampon a été définie, d'une largeur de 30 m pour les cours d'eau de plus de 7 m de large et d'une largeur de 10 m sinon. Deux modalités ont été appliquées :

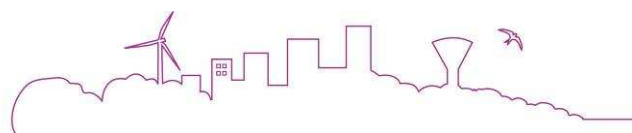
- Si le plan d'eau est situé à l'intérieur de la bande tampon il est considéré comme connecté au cours d'eau (plan d'eau en dérivation ou sur cours d'eau) ;
- Si le plan d'eau n'est pas situé à l'intérieur de la bande tampon il est considéré comme déconnecté du cours d'eau.

Tableau 2-16 : Synthèse des données sur la connexion/déconnexion des plans d'eau

	Plan d'eau connecté au cours d'eau	Plan d'eau déconnecté du cours d'eau
Nombre de plans d'eau	1028	3149
Superficie de plans d'eau (millions de m ²)	4,877	6,824

A la lecture du tableau ci-dessous, il apparaît que :

- 42% des plans d'eau en terme de superficie sont connectés directement au cours d'eau : sur ces plans d'eau, le volume prélevé au milieu naturel pour compenser les



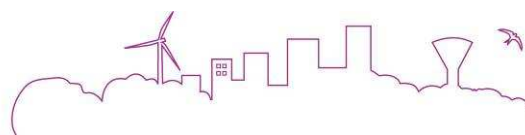
pertes par évaporation se répartit donc suivant l'évaporation réelle, c'est-à-dire en fonction des paramètres hydro-climatiques ;

- 58% des plans d'eau en terme de superficie ne sont pas connectés au réseau hydrographique : sur ces plans d'eau, le volume prélevé au milieu naturel pour compenser les pertes par évaporation se répartit donc hors des périodes les plus sèches (compensé par pompage hors des périodes de tension) ;

2.4.8 Méthode de décomposition

- Si le plan d'eau est connecté : le prélèvement dans le plan d'eau est immédiatement compensé par un prélèvement sur le cours d'eau. Le volume prélevé est alors ventilé par décade selon l'évaporation réelle.
- Si le plan d'eau est déconnecté : la période de remplissage s'effectue hors période d'étiage et sur 3 mois consécutifs. Le premier mois de remplissage est déterminé en fonction de la pluviométrie. Par ailleurs, il a été convenu que :
 - 50% de la retenue était remplie le premier mois,
 - 30% le second mois de remplissage,
 - 20% le dernier mois.

Toutefois si, le volume annuel prélevé est supérieur au volume du plan d'eau, la différence entre volume prélevé et volume du plan d'eau sera ventilée par décade selon l'évaporation réelle.



BILAN DES RESTITUTIONS AU MILIEU NATUREL

Les potentielles restitutions d'eau au milieu sur le bassin versant de l'Oudon 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.

3.1 Pertes liées à l'alimentation en eau potable

Les pertes sur les réseaux AEP sont considérées comme renvoyées au milieu naturel par ruissellement ou infiltration. Deux types de pertes sont à considérer :

- Les pertes sur les réseaux AEP

Les volumes renvoyés chaque année au milieu naturel via les réseaux AEP sont obtenus par la différence entre le volume mis en distribution et le volume effectivement consommé par les abonnés. Les volumes de pertes sur les réseaux AEP obtenus par les syndicats/délégataires ont été répartis par commune proportionnellement au volume consommé ou à défaut au nombre d'abonnés.

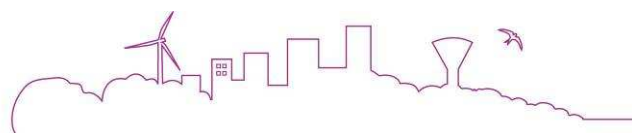
- Les pertes à la production

Les volumes perdus lors de la production correspondant à la différence entre le volume prélevé et le volume effectivement produit. Les données utilisées proviennent des rapports annuels des collectivités ou des délégataires. Les pertes ont été affectées géographiquement au niveau du sous-bassin versant sur lequel se situe le captage concerné.

3.1.1 Volumes de pertes AEP

Les volumes annuels restitués au milieu naturel par les réseaux AEP et à la production sont présentés à la Figure 3-1.

Les pertes des réseaux AEP semblent diminuer depuis le début des années 2000 (environ 1/3 de pertes en moins), elles se sont stabilisées autour de 1,2 million de m³/an depuis 2006 soit environ 20% de la consommation AEP en 2011. Cette baisse peut s'expliquer par la baisse des



prélèvements pour l'eau potable dans le bassin et par la mise en œuvre de travaux d'amélioration du rendement des réseaux au cours des dernières années.



Figure 3-1 : Volumes perdus pour l'alimentation en eau potable retournant au milieu naturel sur le bassin versant de l'Oudon (m³/an)

3.1.1.1 Volume de pertes sur le réseau

Les volumes restitués par sous-bassins versants chaque année sont présentés à la Figure 3-2 et le Tableau 3-1.

Les sous-bassins versants sur lesquels les pertes sont les plus importantes sont l'Oudon aval (18% en 2011), l'Aval de l'Oudon amont (15%) et l'Amont de l'Oudon amont (12%). Ceci s'explique par le fait que les communes les plus peuplées (Segré, Lion d'Angers, Craon, Cossé-le-Vivien) se situent au moins en partie sur ces sous-bassins versants.

Au contraire, les bassins sur lesquels les volumes de perte sont les plus faibles sont le Misengrain (2% en 2011), le Chéran, l'Araize (5% chacun) et l'Hière (6%). Ces sous-bassins sont globalement moins peuplés, et potentiellement moins étendus (cas du Misengrain notamment).



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

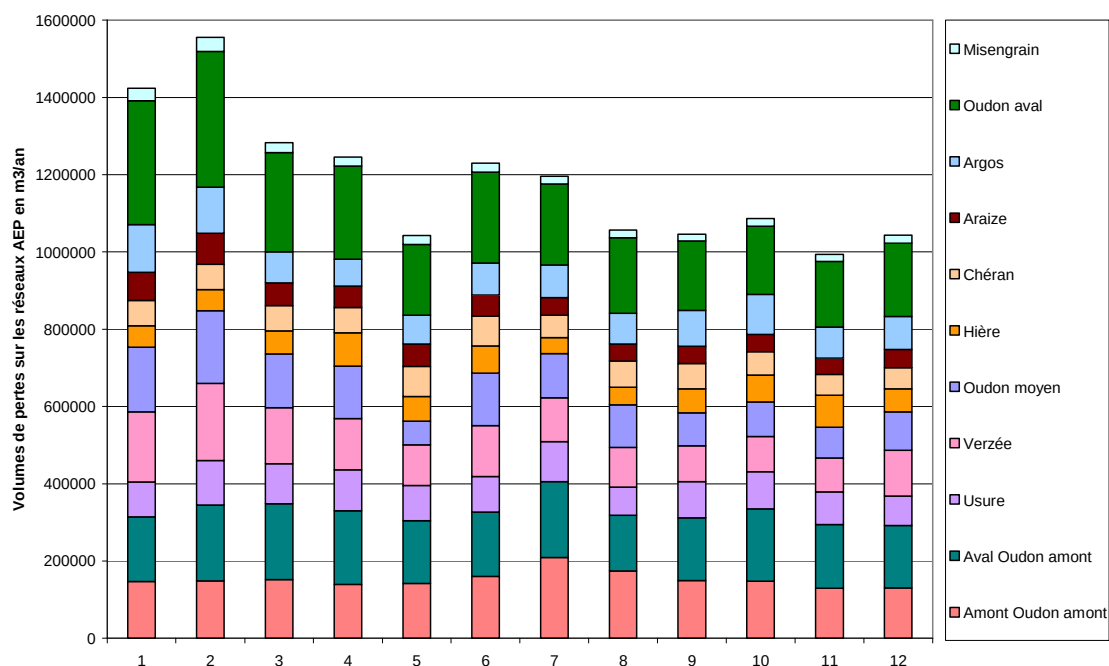
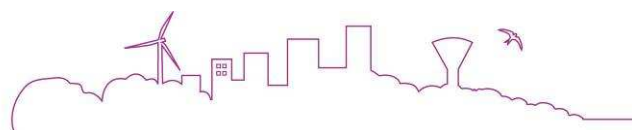


Figure 3-2 : Pertes des réseaux AEP retournant au milieu naturel par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon

Tableau 3-1 : Pertes des réseaux AEP par sous-bassins versants (en m³/an)

Sous-bassin	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amont Oudon amont	147062	148030	151886	139583	141690	159904	209113	174118	149274	147866	129504	130118
Aval Oudon amont	167272	197146	196236	190181	162662	166345	196029	143994	162674	187249	164983	161136
Usure	90545	114672	103659	105936	90618	92196	103648	72997	93048	95961	84079	76857
Verzée	181335	199438	144768	132721	105418	131916	113782	103344	93224	90869	88158	118360
Oudon moyen	166919	189061	139391	135876	61889	136058	114192	109728	85385	89338	80064	99700
Hière	55872	54107	59566	86863	63322	70925	41442	45727	62308	70254	82013	59561
Chéran	65251	65713	65065	65182	77893	76341	57974	67560	65188	60335	54447	54981
Araize	73121	80155	59817	55250	58139	54968	46112	44591	44624	44543	41910	47262
Argos	123456	119205	80303	69880	74735	82485	84575	79344	92880	103241	80492	84533
Oudon aval	321069	351845	256746	240962	182787	235606	209424	195471	180379	177284	169622	189999
Misengrain	32365	36320	25403	23360	23759	22735	19881	19857	17239	19871	18169	20851
Total	1 424 266	1 555 691	1 282 840	1 245 795	1 042 912	1 229 479	1 196 173	1 056 732	1 046 223	1 086 810	993 441	1 043 358



3.1.1.2 Volume de pertes à la production

Au cours du processus de production de l'eau potable, une partie de l'eau brute prélevée est perdue par fuites, suite aux traitements de potabilisation ou à l'utilisation d'eaux de services nécessaires au fonctionnement des installations.

Il est possible d'estimer ces pertes par la différence entre le volume d'eau brute prélevé et le volume produit lorsque ces données sont disponibles. Dans le cas contraire les pertes d'usine sont estimées à 2% du volume prélevé à l'exception des captages où un traitement pour le fer et manganèse est appliqué. Dans ce cas la part perdue sera de 5% des prélèvements.

La Figure 3-3 et le Tableau 3-2 présentent une estimation des volumes perdus lors de la production d'eau potable au niveau des différents captages du bassin versant par sous-bassins versants.

Les pertes liées à la production semblent varier fortement suivant les années et les captages. Le sous-bassin recevant le plus d'apports d'eau dus aux fuites à la production est l'Araize, cela s'explique par le fait que ce bassin est également le plus sollicité en termes de prélèvements AEP. En 2003 et 2004 les pertes sur l'Oudon moyen ont été très importantes (plus de 180 000 m³/an).

En 2011, les pertes liées à la production représentaient 3% des prélèvements pour l'alimentation en eau potable.

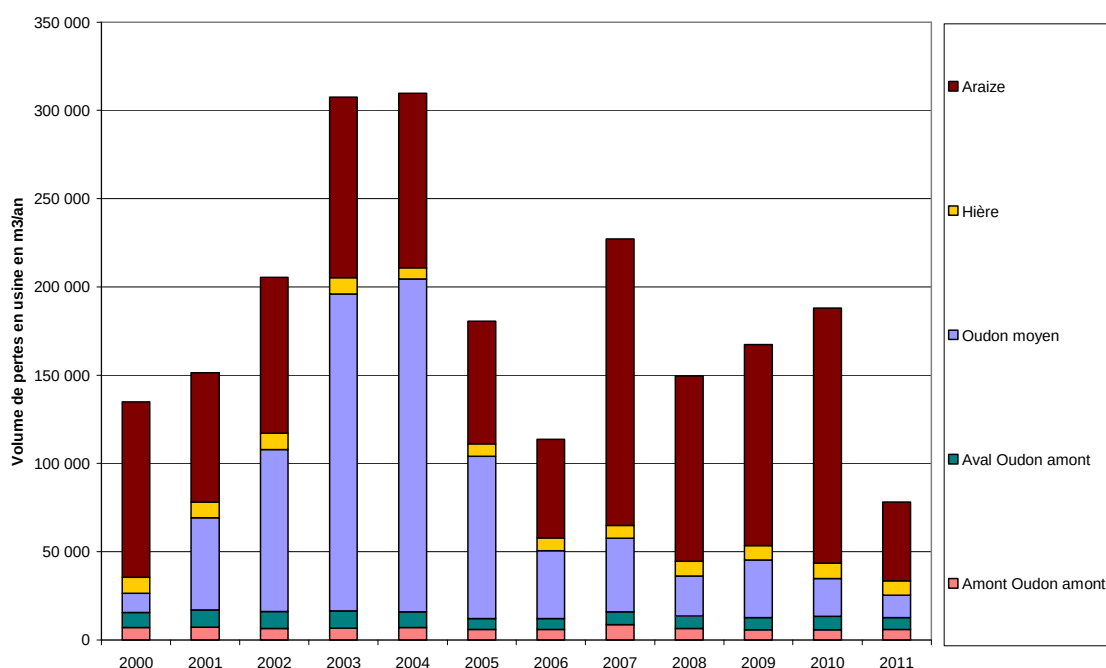


Figure 3-3 : Volumes de pertes d'usine AEP retournant au milieu sur le bassin versant de l'Oudon (m³/an)

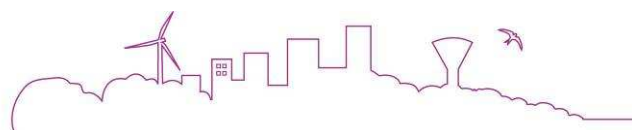


Tableau 3-2 : Pertes AEP à la production retournant au milieu par sous-bassins versants (en m³/an)

Sous-bassin	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amont Oudon amont	7 097	7 279	6 537	6 775	6 951	6 014	5 966	8 682	6 521	5 826	5 833	5 959
Aval Oudon amont	8 593	9 813	9 681	9 609	8 994	6 120	6 225	7 226	7 126	6 885	7 546	6 805
Oudon moyen	10 812	52 136	91 611	179 622	188 613	92 017	38 443	41 705	22 708	32 624	21 498	12 704
Hière	9 044	8 949	9 303	9 332	6 224	7 046	7 176	7 241	8 203	8 202	8 621	7 977
Araize	99 329	73 198	88 262	102 148	98 894	69 430	55 940	162 231	104 976	113 709	144 483	44 765
Total	134 876	151 375	205 394	307 485	309 676	180 628	113 749	227 085	149 533	167 246	187 981	78 210

3.1.2 Méthode de décomposition

Les pertes AEP sont réparties dans le temps de la même manière que les prélèvements AEP. Le ratio mensuel préalablement déterminé pour les prélèvements AEP est appliqué aux pertes liées à l'alimentation en eau potable.

Le taux de retour au milieu naturel des volumes perdus considéré est de :

- 50% des pertes AEP durant la période d'été (1^{er} juillet- 30 septembre) ;
- 100% des pertes AEP le reste de l'année (1^{er} octobre- 30 juin).

3.2 Assainissement collectif

3.2.1 Structures compétentes

Sur le territoire du SAGE la compétence en matière d'assainissement collectif est très majoritairement communale.

Les communes ayant la compétence assainissement sont majoritairement en régie. Deux structures intercommunales ont été recensées et gèrent la compétence assainissement pour 16 communes. Elles sont présentées succinctement dans le Tableau 3-3.

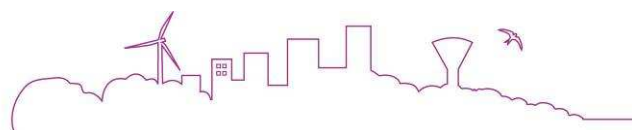


Tableau 3-3 : Compétences intercommunales pour l'assainissement collectif sur le territoire du SAGE Oudon
(Source : Observatoire national de l'eau)

Structure	Communes concernées	Mode de gestion
Communauté de communes du Canton de Segré	Aviré, le Bourg d'Iré, la Chapelle-sur-Oudon, Châtelais, la Ferrière-de-Flée, l'Hôtellerie-de-Flée, Louvaines, Marans, Montguillon, Noyant-la-Gravoyère, Nyoiseau, Saint-Martin-du-Bois, Saint-Sauveur-de-Flée, Sainte-Gemmes d'Andigné, Segré	Régie
Syndicat de Le Pertre-St Cyr	Saint-Cyr le Gravelais	Affermage

3.2.2 Les stations d'épuration du territoire

Le territoire du SAGE Oudon compte 90 stations d'épuration.

Les stations les plus importantes sont celles de Craon (28 000 Équivalents Habitants), de Segré (14 000 EH), du Lion d'Angers (7000 EH) et Cossé-le-Vivien (4300 EH). Environ 90% des stations d'épuration du territoire ont une capacité nominale inférieure à 2000 EH et près d'1/3 des stations du territoire sont de petites unités de moins de 200 EH.

La Figure 3-4 présente la proportion des stations d'épuration en fonction de leur capacité nominale.

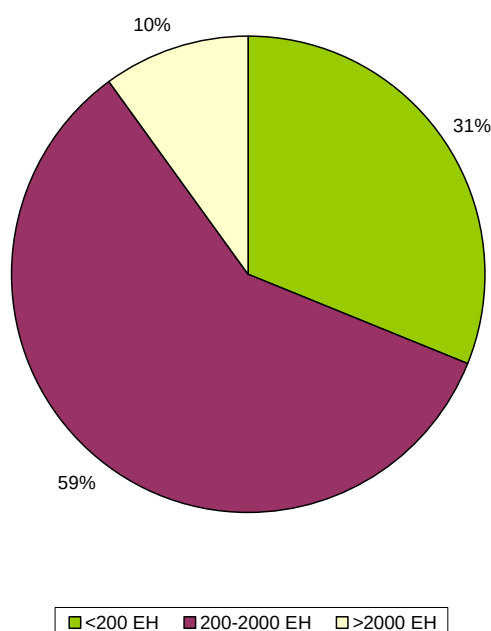
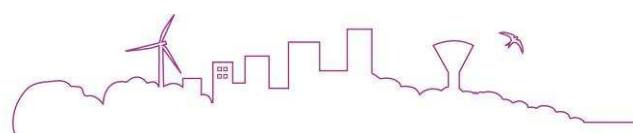


Figure 3-4 : Proportion des stations d'épuration en fonction de leur capacité nominale

Le Tableau 3-4 présente la répartition des stations d'épuration en fonction des sous-bassins versants définis sur le territoire du SAGE Oudon.



RAPPORT DE PHASE 2

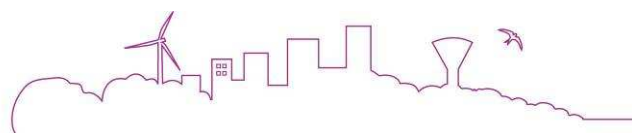
Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Tableau 3-4 : Répartition des stations d'épuration selon les sous-bassins versants

Masse d'eau	Capacité nominale en équivalents habitants			Total
	<200 EH	[200; 2000EH[	> 2000 EH	
Amont Oudon amont	1	9	1	11
Araize	1	5	0	6
Argos		4	1	5
Aval Oudon amont	2	5	1	8
Chéran	1	3	1	5
Hière	2	6	0	8
Misengrain	4	3	0	7
Oudon aval	1	8	2	11
Oudon moyen	3	6	0	9
Usure	2	4	0	6
Verzée	3	8	3	14

Les sous-bassins versants ayant le plus de points de rejets de stations d'épuration sont la Verzée, l'amont du bassin de l'Oudon amont, l'Oudon moyen et l'Oudon aval.

La Figure 3-5 présente la localisation des points de rejets des stations d'épuration sur le bassin-versant de l'Oudon ainsi que la capacité nominale et le type de traitement de la station correspondante.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Stations d'épuration du
bassin versant de l'Oudon**

Légende

□ Périmètre du SAGE Oudon

— Réseau hydrographique

Sous bassin versants

Amont Oudon amont
Araize
Argos
Aval Oudon amont
Chéran
Hière
Misengrain
Oudon aval
Oudon moyen
Usure
Verzée

Capacité nominale

○ > 10 000 EH
○ 2 000 à 10 000 EH
○ 200 à 2 000 EH
○ < 200 EH

Type de station d'épuration

■ Boues activées
▲ Disques biologiques
✚ Epandage
▼ Filtres à sable
▼ Filtres plantés
● Lagune
◆ Lit bactérien



0 10,00
kilomètres



Figure 3-5 : Localisation des rejets de stations d'épuration sur le bassin versant de l'Oudon

RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Le Tableau 3-5 présente une liste des stations d'épuration rejetant sur le bassin versant de l'Oudon ainsi que leur capacité nominale et type de traitement employé.

Tableau 3-5 : Liste des stations d'épuration rejetant sur le bassin versant de l'Oudon

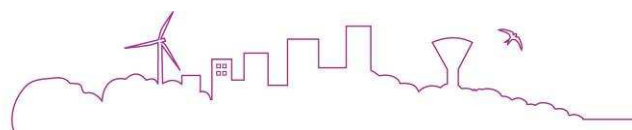
Sous-bassin versant	Commune / Nom de la station	Capacité nominale	Type de traitement
Amont Oudon amont	Beaulieu-sur-Oudon	270	Lagune
	Cosmes	200	Lagune
	Cosse-le-Vivien	4250	Boues activées
	Cosse-le-Vivien musée tatin	90	Lagune
	Courbeville	450	Lagune
	La Gravelle	300	Lagune
	Loiron	1800	Boues activées
	Meral	1000	Boues activées
	Montjean	1000	Boues activées
	Ruillé-le-Gravelais	533	Lagune
	Saint-Cyr-le-Gravelais	540	Lagune
Araize	Bouille-Menard	500	Lagune
	Bourg-l'Evêque	300	Lagune
	La chapelle Hullin	120	Filtres plantés
	Chazé-Henry	500	Lagune
	Chazé-Henry la Mazuraie	270	Lagune
	Grugé-l'Hôpital	220	Lagune
Argos	Challain-la-Potherie	500	Lagune
	Chazé-sur-Argos	500	Lagune
	Loire	900	Filtres plantés
	Marans	600	Filtres plantés
	Vern-d'Anjou	2200	Boues activées
Aval Oudon amont	Athée	180	Lagune
	Ballots	1500	Boues activées
	Craon	28333	Boues activées
	Denazé	100	Lagune
	La chapelle-Craonnaise	200	Lagune
	Laubrières	300	Filtres plantés
	Livre la Touche	417	Lagune
	Saint-Poix	360	Lagune
Chéran	Congrier	817	Boues activées
	Renazé	3000	Boues activées
	Renazé Repenelais	60	Lagune
	Saint-Aignan-sur-Roë	1000	Boues activées
	Saint-Saturnin-du-Limet	270	Lagune
Hière	Ampoigné	500	Filtres plantés
	Laigne	650	disques biologiques
	Marigné-Peuton	500	lit bactérien
	Mée	83	Lagune
	Peuton	120	Lagune
	Pommerieux	317	Lagune
	Saint-Quentin-les-Anges	250	Lagune
	Simple	280	Lagune



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Sous-bassin versant	Commune / Nom de la station	Capacité nominale	Type de traitement
Misengrain	Bouille-Menard Chapelle aux pies	200	Filtres à sable
	Combrée la Forêt	54	Lagune
	Combrée za Bel air	150	Filtres à sable
	Noyant-la-Gravoyère bois i	180	Lagune
	Noyant-la-Gravoyère Gatelière	100	Filtres à sable
	Noyant-la-Gravoyère Misengrain	200	lit bactérien
	Noyant-la-Gravoyère Saint-Blaise	540	Filtres à sable
Oudon aval	Andigné	250	Lagune
	Aviré	300	Filtres à sable
	Brain-sur-Longuenée	333	Lagune
	La Chapelle-sur-Oudon	300	Filtres à sable
	Gene	450	Filtres plantés
	Lion-d'Angers	7000	Boues activées
	Louvaines	200	Lagune
	Montguillon	150	Lagune
	Saint-Martin-du-Bois	500	Boues activées
	Saint-Sauveur-de-Flée	300	Lagune
	Segré	14000	Boues activées
Oudon moyen	Bouchamps-les-Craon	350	Lagune
	Chérancé	150	épandage
	Saint-Martin-du-Limet	360	Lagune
	La Chapelle-sur-Oudon sud	100	Lagune
	Châtelais	550	Lagune
	La Ferrière-de-Flée	400	Lagune
	L'Hôtellerie-de-Flée bourg	400	Filtres plantés
	Nyoiseau	1983	Lagune
	Nyoiseau Charmont	120	Filtres à sable
Usure	Brains-sur-les-Marches	150	Lagune
	Fontaine-couverte	200	Lagune
	La Roë	225	Lagune
	La Selle-Craonnaise	630	Lagune
	Niaflès	270	Lagune
	Saint-Michel-de-la-Roë	150	Lagune
Verzée	Juigné-des-Moutiers la Chapelle Glain	70	Lagune
	Juigné-des-Moutiers la Teillais	300	Lagune
	Armaille	300	Lagune
	Le Bourg-d'Ire	1000	Lagune
	Combrée	1500	Lagune
	Combrée Bel air	2100	Boues activées
	Combrée la Gare	285	Filtres à sable
	Noëllet	350	Lagune
	Noyant-la-Gravoyère bourg	2000	Filtres à sable
	Pouancé	3600	Boues activées
	La Previère	200	Lagune
	Saint-Michel-et-Chanveaux	200	Lagune
	Le Tremblay	180	Lagune
	Vergonnes	180	Lagune



3.2.3 Les volumes de rejets

Les rejets de stations d'épuration correspondent à environ 3 000 000 de m³ d'eau par an.

Les données collectées sur les volumes de rejets sont très partielles. Cela s'explique notamment par le fait qu'un nombre important de stations d'épuration n'est pas équipé d'un débitmètre, spécialement les petites unités.

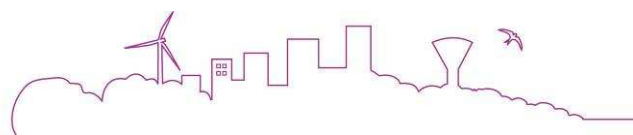
Des données de débit journalier de sortie de station pour 2011 ont pu être collectées pour presque toutes les stations d'épurations recensées (sauf celles d'Armaillé et de la Chapelle-Hullin). Des données ponctuelles de rejets mensuels ou annuels ont également été récupérées sur la période 2009-2013 (stations d'Ampoigné, Ballots, Congrier, Cossé-le-Vivien, Craon, Laigné, Laubrières, Loiron, Méral, Montjean, Renazé, Saint-Aignan sur Roë, Combrée Bel Air, Nyoiseau, Segré et du Vern d'Anjou).

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).

La Figure 3-6, le Tableau 3-6 et la Figure 3-7 présentent l'évolution des rejets annuels de stations d'épuration et la répartition des volumes rejetés par sous-bassins versants sur la période 2000-2011.

On observe une augmentation des volumes rejetés par les stations d'épuration entre 2000 et 2008. Cette augmentation peut être liée à l'augmentation des volumes de traitement passant par une augmentation des taux de raccordement et la construction de nouvelles stations d'épuration. En 2011, environ 2 890 000 m³ ont été restitués au milieu naturel par les rejets de stations d'épuration.

Les sous-bassins versants recevant le plus d'apports d'eau des stations d'épuration communales sont l'Oudon aval (30% en 2011), l'Aval de l'Oudon amont (17%) et la Verzée (14%). Comparativement à sa superficie, le bassin versant du Misengrain reçoit un apport assez important. Ceux pour lesquels les rejets sont les moins importants sont l'Usure (2%), l'Araize (3%) et l'Hière (2%).



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

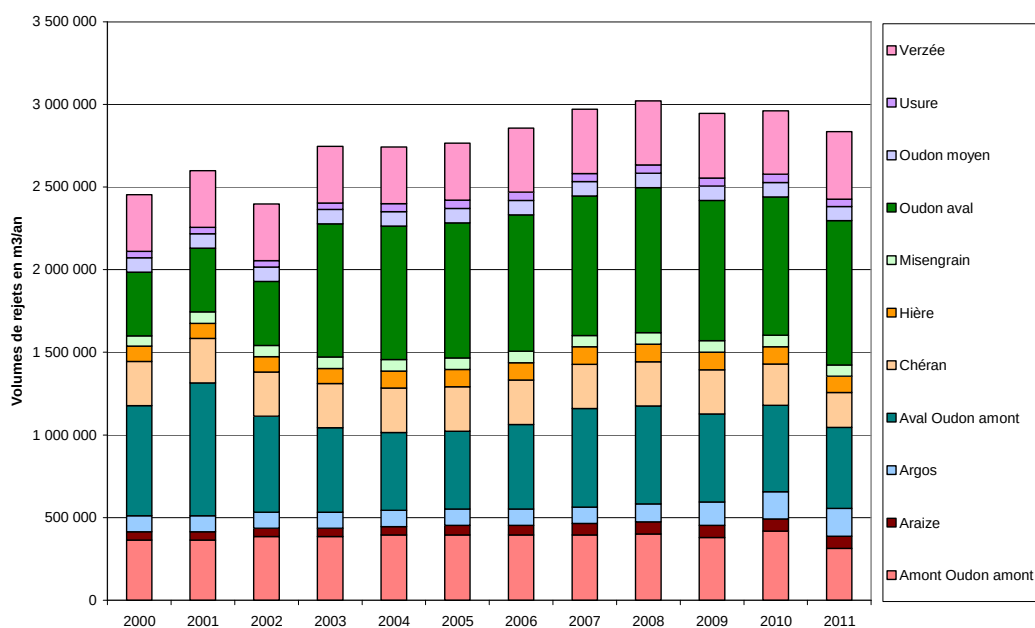
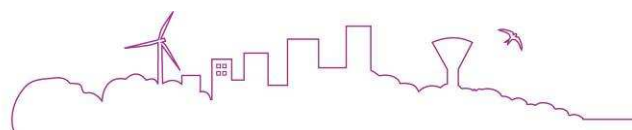


Figure 3-6 : Répartition des rejets de STEP par sous-bassins sur le territoire du SAGE (m³/an)

Tableau 3-6 : Volumes de rejets des stations d'épuration par sous-bassins du bassin versant de l'Oudon (en m³/an)

Sous-bassin	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amont Oudon amont	363 219	363 219	384 073	384 073	394 585	394 585	394 585	394 585	401 382	380 847	418 496	313 948
Araize	50 615	50 615	50 615	50 615	50 615	59 180	59 180	70 861	73 452	73 452	73 452	73 452
Argos	98 549	98 549	98 549	98 549	98 549	98 549	98 549	98 549	107 438	140 605	165 905	168 533
Aval Oudon amont	665 184	802 944	580 044	509 544	471 088	471 088	511 755	595 742	593 375	532 407	521 605	490 779
Chéran	268 065	268 065	268 065	268 065	268 065	268 065	268 065	268 065	268 065	268 065	249 788	209 733
Hière	91 643	91 643	91 643	91 643	105 136	105 136	105 136	105 136	105 136	105 136	105 136	98 065
Misengrain	61 587	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258	69 258
Oudon aval	386 531	386 531	386 531	806 575	806 575	818 256	825 927	844 330	878 716	849 195	836 651	872 579
Oudon moyen	86 313	86 313	101 887	101 887	101 887	101 887	101 887	101 887	101 887	101 887	87 270	129 766
Usure	39 865	39 865	39 865	39 865	50 007	50 007	50 007	50 007	50 007	50 007	50 007	44 532
Verzé	342 150	342 150	342 150	342 150	342 150	345 730	387 482	387 482	387 482	389 570	383 442	408 021
Total	2 453 720	2 599 151	2 412 679	2 762 223	2 757 914	2 781 740	2 871 830	2 985 901	3 036 197	2 960 428	2 961 010	2 878 666



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Rejets des STEP
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

-  Périmètre du SAGE Oudon
 Réseau hydrographique

Sous bassins versants

-  Amont Oudon amont
-  Araize
-  Argos
-  Aval Oudon amont
-  Chéran
-  Hière
-  Misengrain
-  Oudon aval
-  Oudon moyen
-  Usure
-  Verzée

Volume de rejets des STEP
par sous-bassins en 2011

-  850 000 m³
-  425 000 m³
-  85 000 m³



0 10,00
kilomètres



Figure 3-7 : Volumes de rejets des stations d'épuration par sous bassins sur le territoire du SAGE Oudon

3.2.4 Méthode de décomposition

Des ratios mensuels de rejets ont été définis à partir des données mensuelles disponibles pour certaines stations d'épuration. Les volumes de rejets ont été répartis sur l'année en appliquant pour chaque type de traitement des eaux (boues activées, lagune, filtres plantés, disques biologiques, lit bactérien et filtres à sable) le ratio moyen mensuel correspondant.

Une attention particulière a été portée sur les lagunes pour lesquelles les volumes rejetés ont été définis comme nuls à l'étiage en raison d'une forte évaporation.

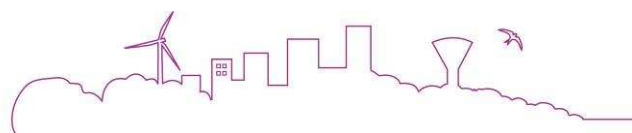
Les ratios mensuels pour les différents types de traitement des effluents calculés à partir des données disponibles sont présentés dans le Tableau 3-7.

Tableau 3-7 : Répartition mensuelle des rejets de stations d'épuration en fonction du type de traitement des effluents

mois	Boues activées	Lagunes	Filtres plantés	Disques biologiques
Janvier	10,9%	11,8%	8,6%	11,6%
Février	9,7%	9,8%	7,7%	8,2%
Mars	8,6%	10,1%	8,1%	6,8%
Avril	8,1%	12,1%	7,9%	7,1%
Mai	8,1%	2,9%	8,3%	6,2%
Juin	7,0%	4,1%	7,4%	7,3%
Juillet	6,4%	0%	7,6%	7,5%
Août	6,2%	0%	7,4%	6,7%
Septembre	6,4%	0%	7,5%	7,1%
Octobre	8,3%	9,8%	9,5%	9,9%
Novembre	8,6%	12,3%	8,8%	9,3%
Décembre	11,7%	16,5%	11,2%	12,1%

Globalement les observations suivantes peuvent être faites :

- Pour les boues activées, les rejets sont plus importants durant les mois de novembre à mars (avec un pic en décembre-janvier), ils sont plus faibles durant les mois d'étiage (environ 6%) et autour de 8% pour les autres mois de l'année ;
- Concernant les lagunes, les rejets les plus importants interviennent entre octobre et avril (avec un pic en décembre), les rejets pour les 3 mois d'étiage sont quasiment nuls en raison de l'évaporation ;
- Dans le cas des filtres plantés et les filtres à sable les rejets sont globalement constants sur l'année avec une légère augmentation en décembre ;
- Pour les disques biologiques et les lits bactériens les rejets sont plus importants entre octobre et février, le reste de l'année ils sont constants autour de 7%.



3.3 Assainissement non collectif

3.3.1 Volumes retournant au milieu naturel

Une estimation des rejets via l'assainissement non collectif a été réalisée en s'appuyant sur les données fournies par les Conseils Généraux de Mayenne et de Maine et Loire détaillant le nombre d'installations non collective par commune. Pour les communes où le nombre d'installations n'est pas connu il a été considéré que :

- 30% de la population est en assainissement non collectif s'il existe une station d'épuration sur la commune ;
- 70% de la population est en assainissement non collectif s'il n'existe pas de station d'épuration sur la commune ;

Les volumes rejetés ont été calculés en considérant que les volumes d'eau transitant par ces filières correspondent à 80L/jour/habitant conformément aux indications de l'Agence technique Départementale de l'Eau de Mayenne et que chaque foyer compte en moyenne 2,1 habitants.

Les volumes de rejets de l'assainissement non collectif représentent en moyenne 500 000 m³/an.

La Figure 3-8 présente la répartition des rejets ANC retournant au milieu par sous-bassins versants en 2011.

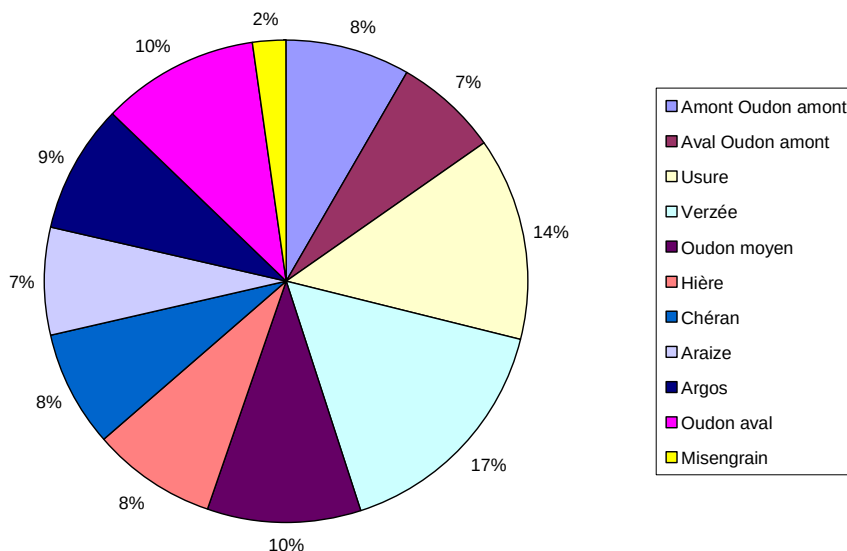
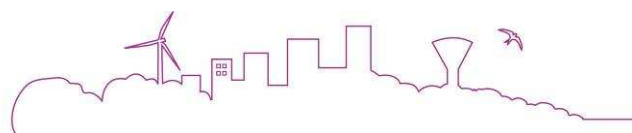


Figure 3-8 : Répartition des rejets ANC retournant au milieu naturel par sous-bassins versants en 2011



Les sous-bassins recevant le plus de rejets d'assainissement non collectif sont la Verzée et l'Usure. Le Misengrain, l'Araize et l'Aval de l'Oudon amont reçoivent peu de rejets d'assainissement non collectif.

3.3.2 Méthode de décomposition

Les rejets d'assainissement non collectif seront répartis de manière homogène sur les 12 mois de l'année.

Le taux de retour des volumes rejetés au milieu naturel considéré est de :

- 50% des volumes issus de l'ANC durant la période d'étiage (1^{er} juillet- 30 septembre) ;
- 100% des volumes issus de l'ANC le reste de l'année (1^{er} octobre- 30 juin).

3.4 Rejets industriels

3.4.1 Les volumes de rejets

Les rejets industriels considérés correspondent aux volumes rejetés par des industries non raccordées aux réseaux d'assainissement communaux. En 2009 et 2010, 7 industries ayant des rejets dans le bassin versant de l'Oudon ont été recensées d'après les données transmises par la DREAL Pays de la Loire. Les rejets de la laiterie de Célia étant épanchés, ils n'ont pas été comptabilisés.

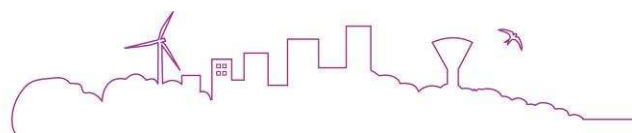
A noter que la laiterie Célia va prochainement se raccorder à une station d'épuration. Les volumes restitués par la laiterie suite à ce raccord pourront être intégrés à l'analyse lors de la détermination des volumes prélevables.

Les industries considérées rejettent environ 175 000 m³/an au milieu naturel. Les rejets les plus importants sont ceux de la Toque Angevine à Segré et de Diana Naturals à Cossé-le-Vivien (70 000 m³/an et 60 000 m³/an environ).

Tableau 3-8 : Rejets industriels par sous-bassins pour les années 2009 et 2010 (en m³/an)

Sous-bassins	2009	2010
Amont Oudon amont	61640	44509
Chéran	39790	56232
Misengrain	0	45
Oudon moyen	70979	74620
Total	172 409	175 406

Le sous-bassin versant recevant le plus d'apport d'eau par les rejets industriels est l'Oudon moyen. Ceux effectués dans le sous-bassin du Misengrain peuvent en revanche être considérés négligeables.



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Rejets industriels
sur le bassin versant de l'Oudon**

Légende

-  Périmètre du SAGE Oudon
 Réseau hydrographique

Sous bassins versants

-  Amont Oudon amont
-  Araize
-  Argos
-  Aval Oudon amont
-  Chéran
-  Hière
-  Misengrain
-  Oudon aval
-  Oudon moyen
-  Usure
-  Verzée

-  Rejets industriels

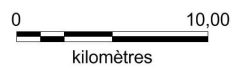
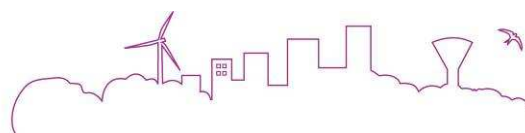


Figure 3-9 : Rejets industriels sur le bassin versant de l'Oudon

3.4.2 Méthode de décomposition

Afin de ventiler les rejets industriels il a été retenu d'appliquer les mêmes hypothèses que celles définies précédemment pour les prélèvements industriels. Les rejets seront donc repartis uniformément sur l'année en considérant qu'il n'y a pas de rejets les week-ends et pendant la première quinzaine d'août.



BILAN DES USAGES PAR SOUS BASSIN VERSANT

Les données relatives aux usages décrites ci-dessous ont été ventilées sur l'ensemble du cycle hydrologique sur la période d'analyse (2000-2011) et réparties par sous-bassins versants. 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 sous bassin 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 et les pertes liées à la production (pertes d'eaux brutes) ;
- L'assainissement collectif : il s'agit des volumes retournant au milieu par les dispositifs d'assainissement collectif (station d'épuration) ;
- L'assainissement non-collectif : il s'agit des volumes retournant au milieu par les dispositifs d'assainissement non-collectif.
- Les rejets industriels : il s'agit des rejets liés aux industries dites isolées qui ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement communal.
- Les volumes restitués par les plans d'eau (vidanges, fuites, surverses, débit réservé) n'ont pas été pris en compte dans l'analyse compte tenu de l'absence de données.

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

- La chronique des volumes mensuels prélevés sur 2000-2011 telle qu'intégrée dans le modèle hydrologique ;
- La chronique des volumes restitués au milieu sur 2000-2011 telle qu'intégrée dans le modèle hydrologique ;
- Une carte de synthèse des principaux enjeux par sous-bassins versants.

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



4.1 Amont du sous bassin de l'Oudon amont

Les volumes mensuels prélevés/restitués à l'amont du sous-bassin de l'Oudon amont sont présentés ci-dessous.

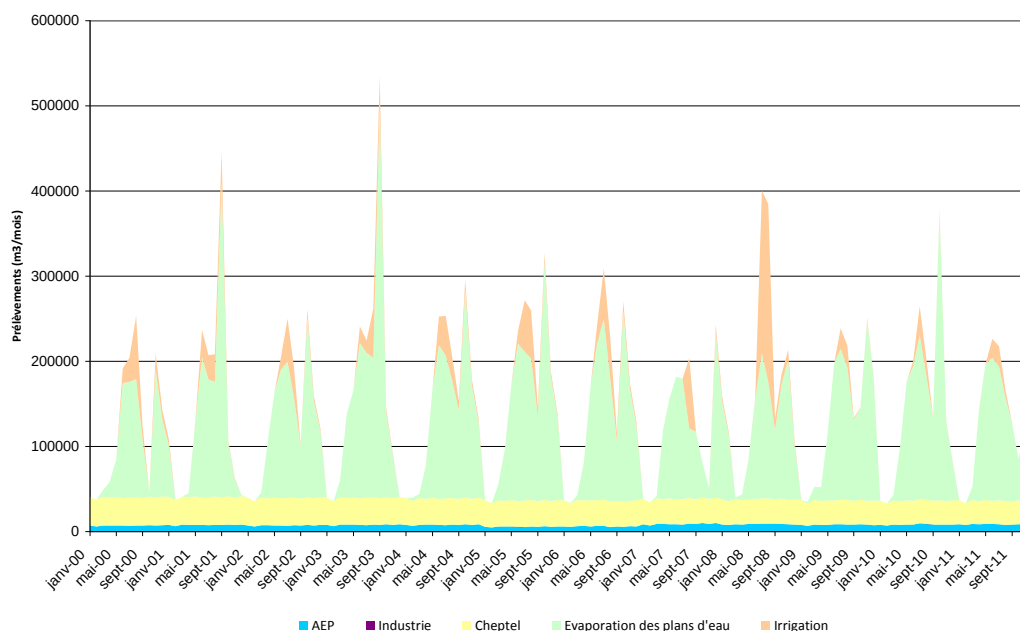


Figure 4-1 : Chronique des prélèvements mensuels sur l'amont du sous bassin de l'Oudon amont

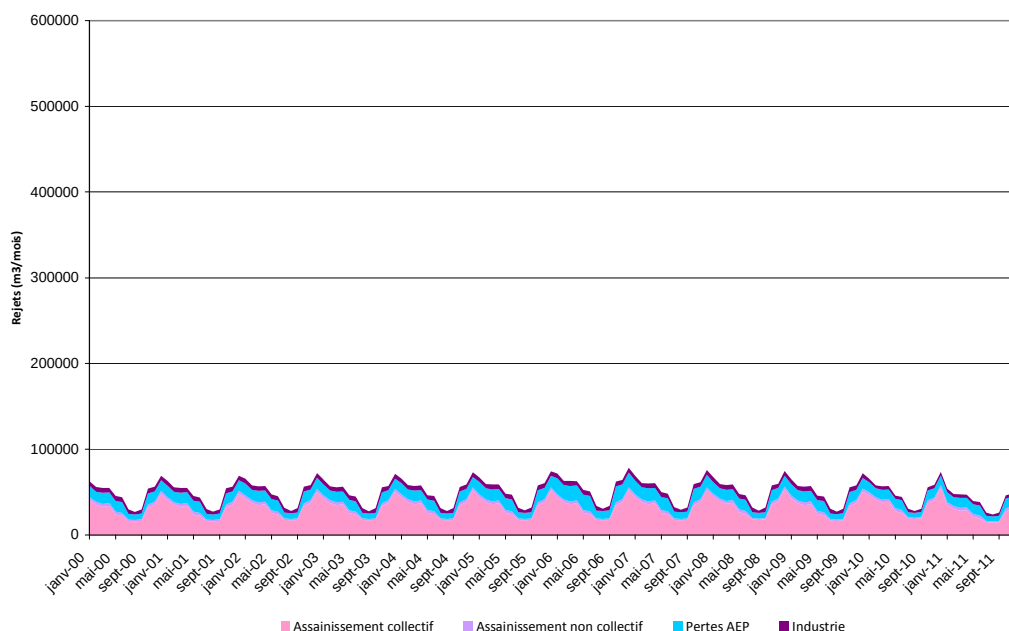
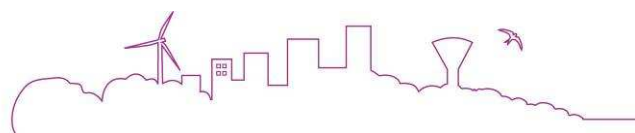


Figure 4-2 : Chronique des volumes mensuels restitués sur l'amont du sous bassin de l'Oudon amont



Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux
Amont Oudon amont

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Amont Oudon amont

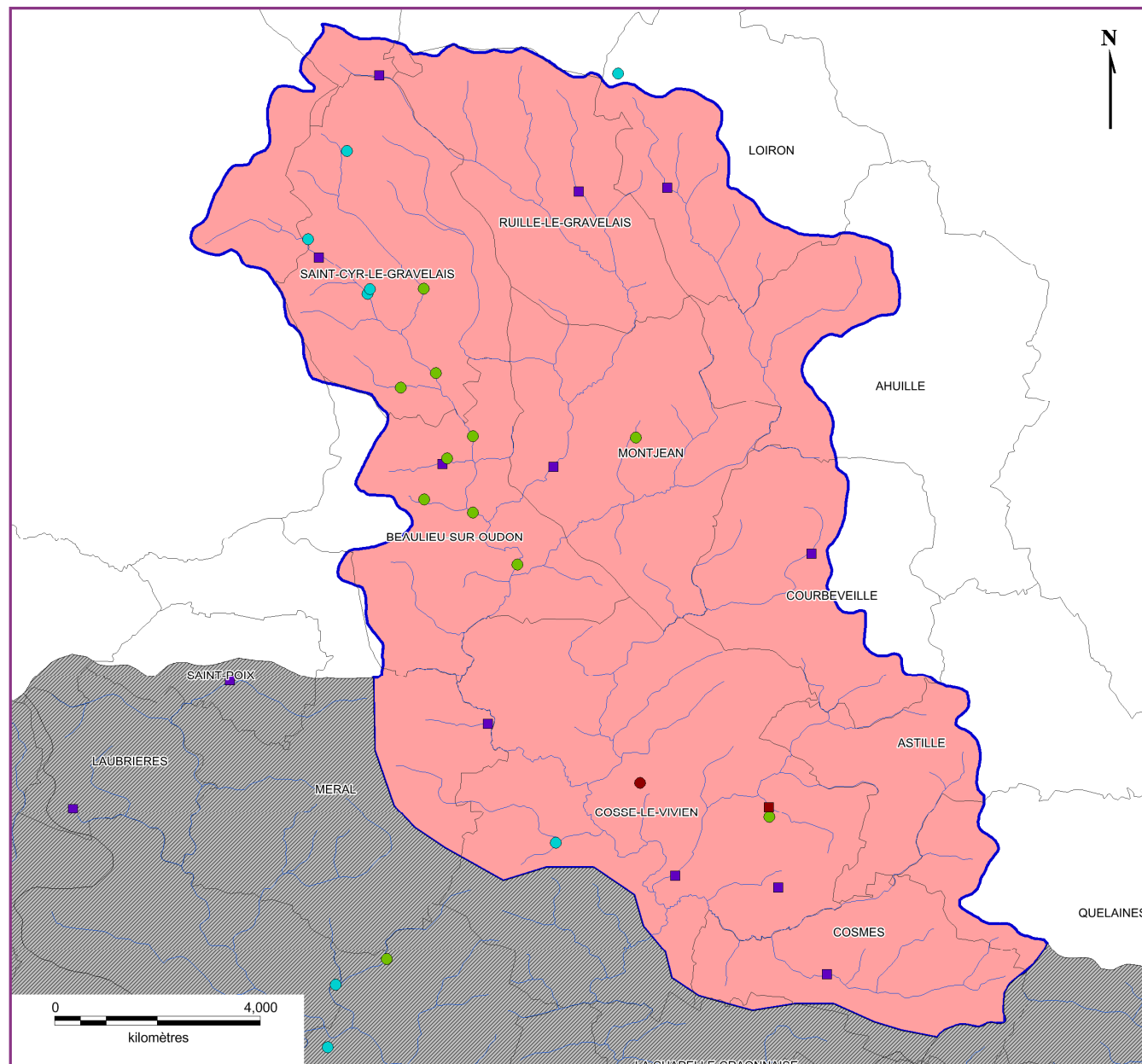


Figure 4-3 : Bilan des usages sur l'amont du sous bassin de l'Oudon amont

4.2 Aval du sous bassin de l'Oudon amont

Les volumes mensuels prélevés/restitués à l'aval du sous bassin de l'Oudon amont sont présentés ci-dessous.

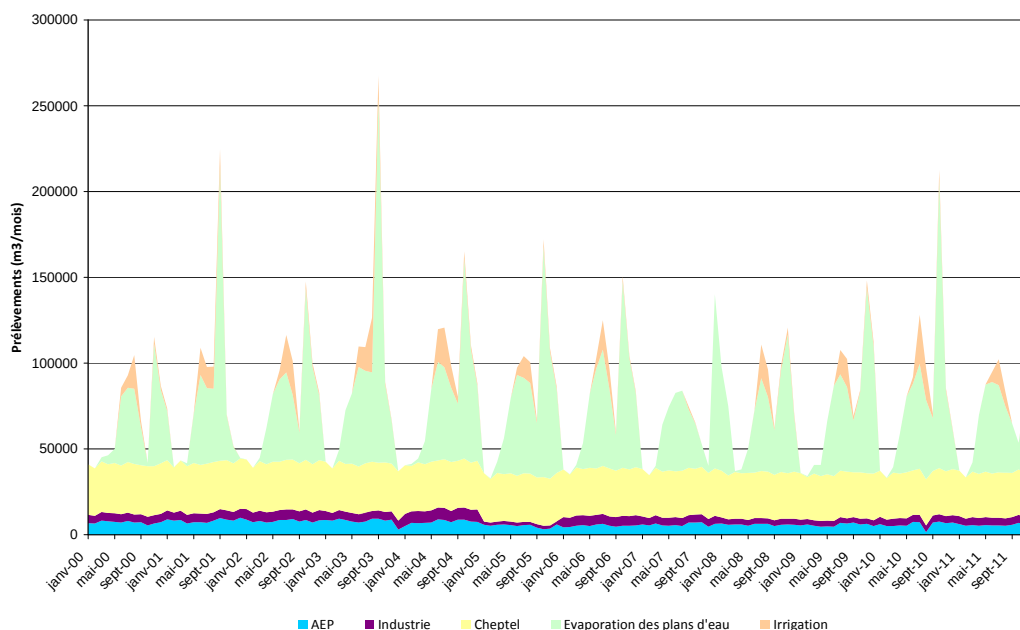


Figure 4-4 : Chronique des prélèvements mensuels sur l'aval du sous bassin de l'Oudon amont

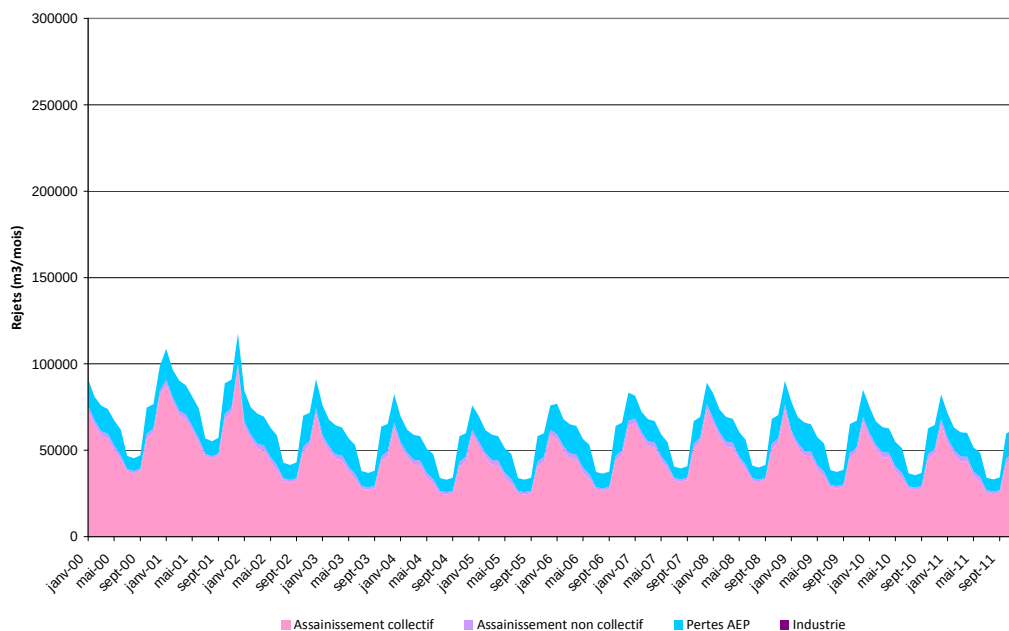
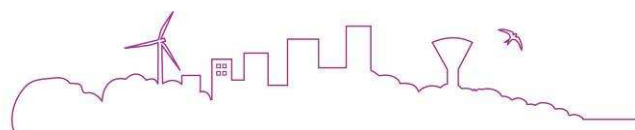


Figure 4-5 : Chronique des volumes mensuels restitués sur l'aval du sous bassin de l'Oudon amont



Etude de gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux Aval Oudon amont

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Aval Oudon amont

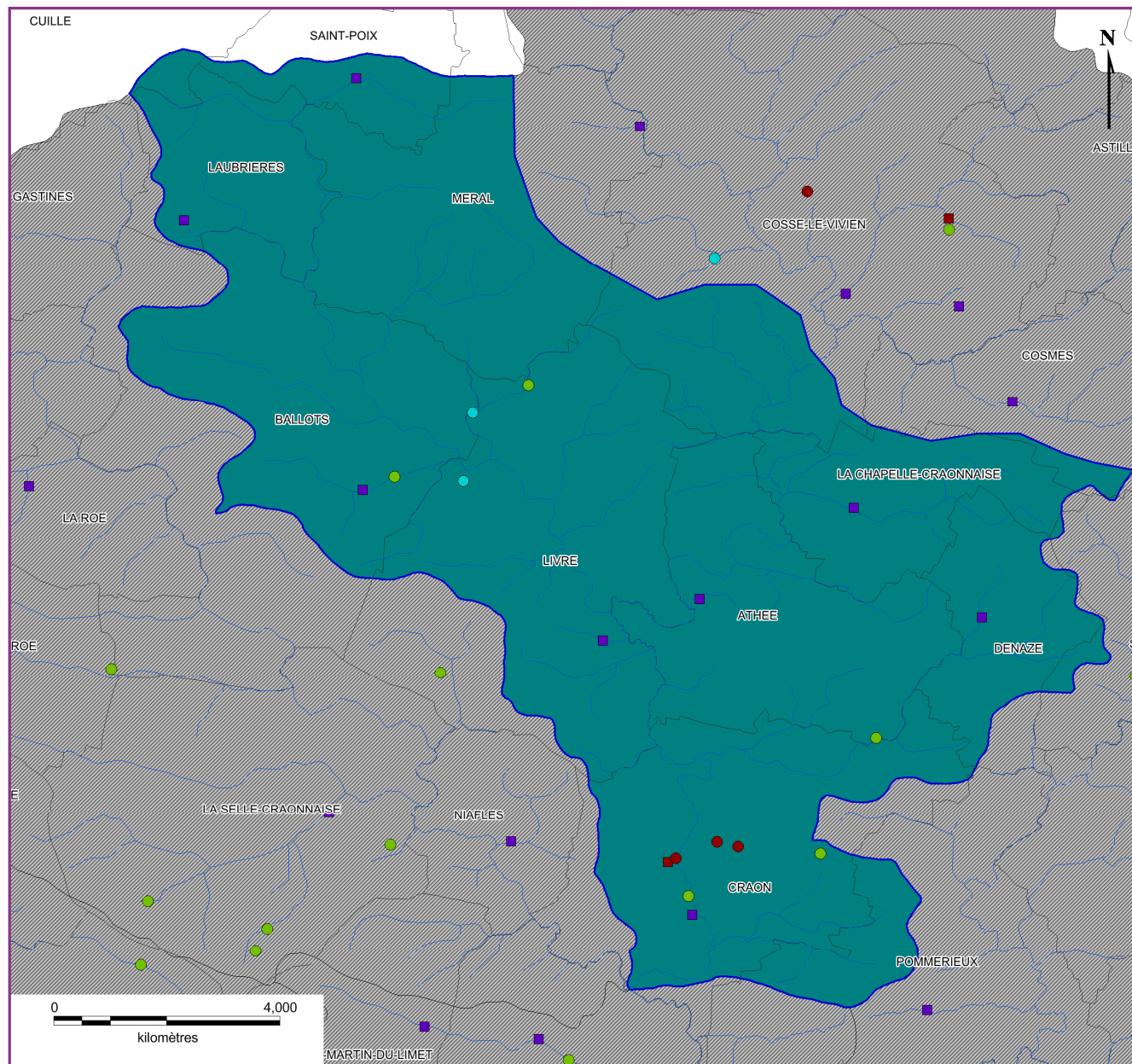


Figure 4-6 : Bilan des usages sur l'aval du sous bassin de l'Oudon amont

4.3 Sous bassin de l'Usure

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de l'Usure sont présentés ci-dessous.

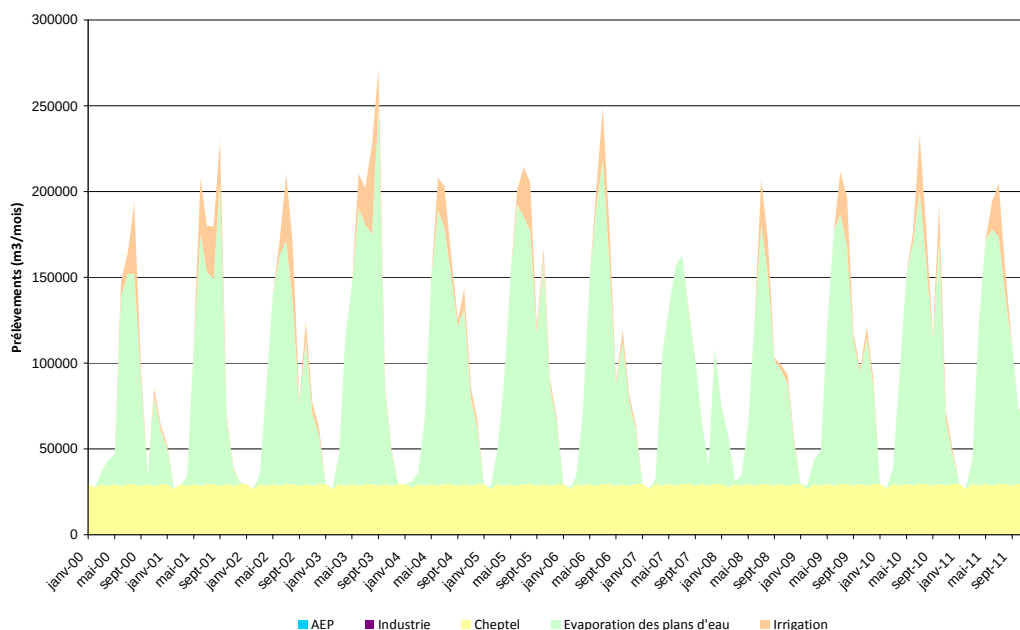


Figure 4-7 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Usure

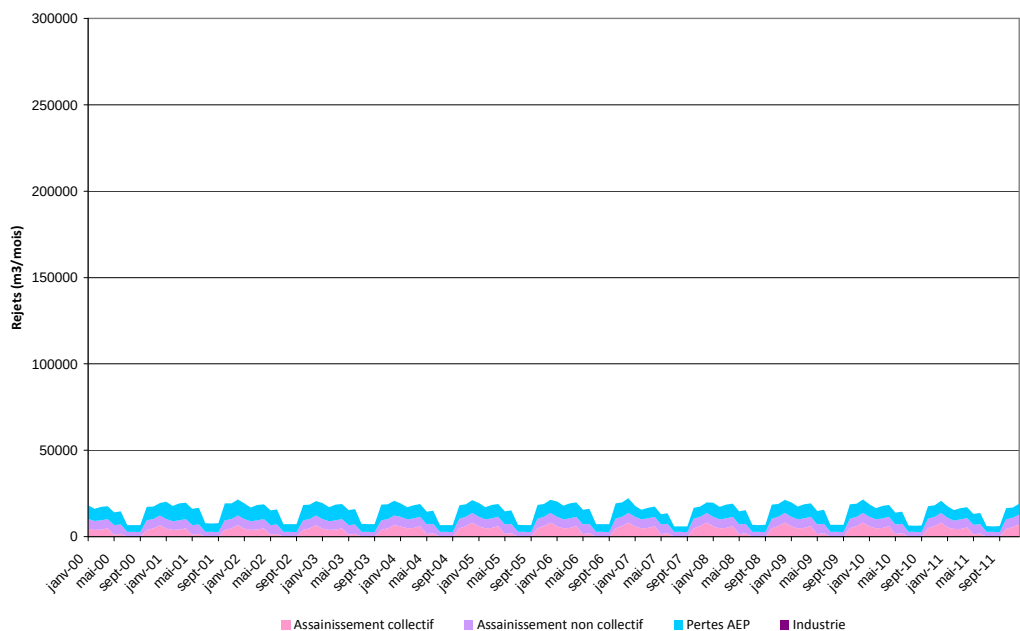
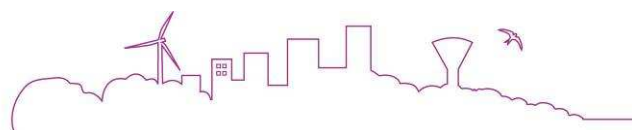


Figure 4-8 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Usure



Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux
Usure

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Usure

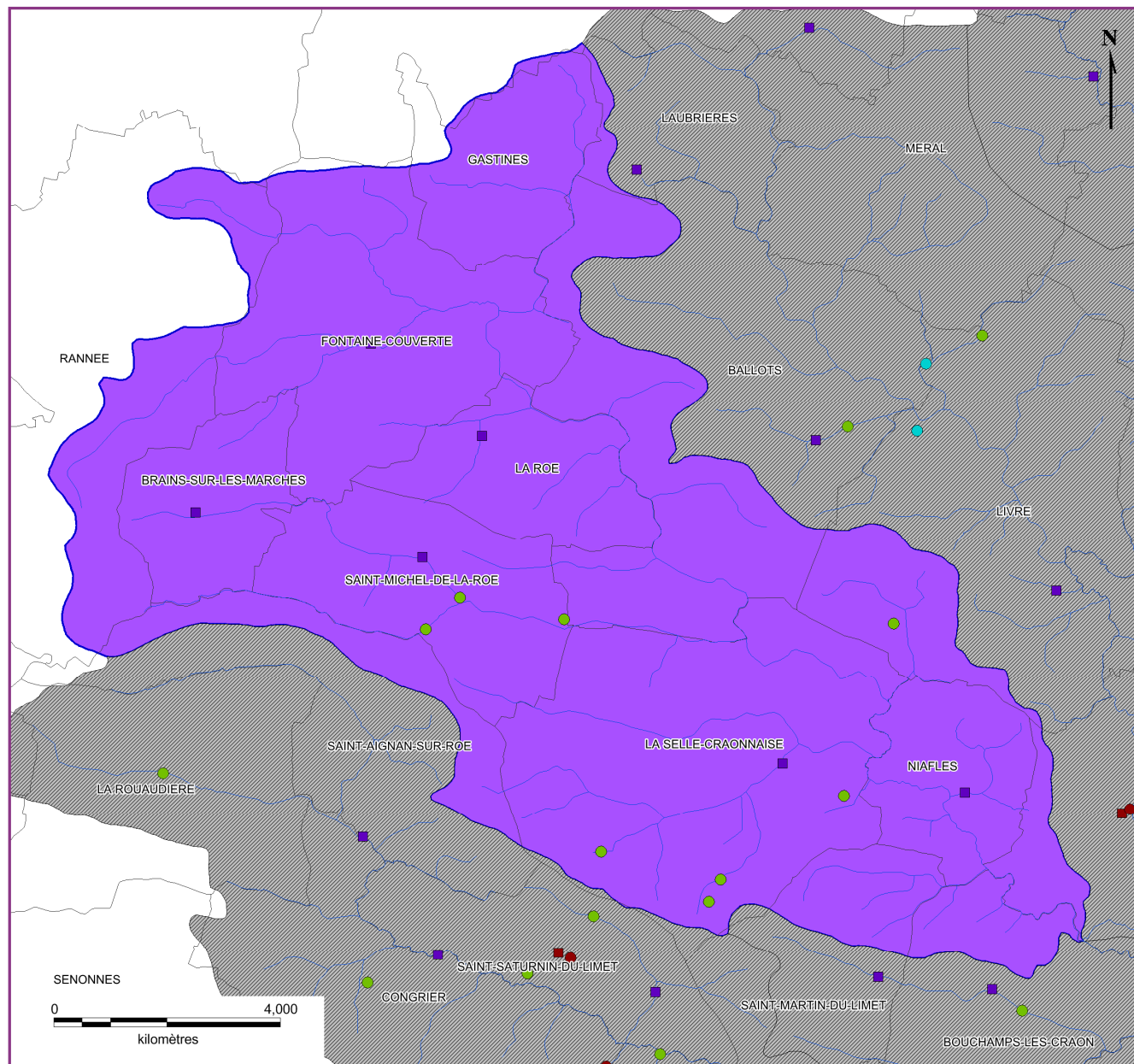


Figure 4-9 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Usure

4.4 Sous bassin de l'Hière

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de l'Hière sont présentés ci-dessous.

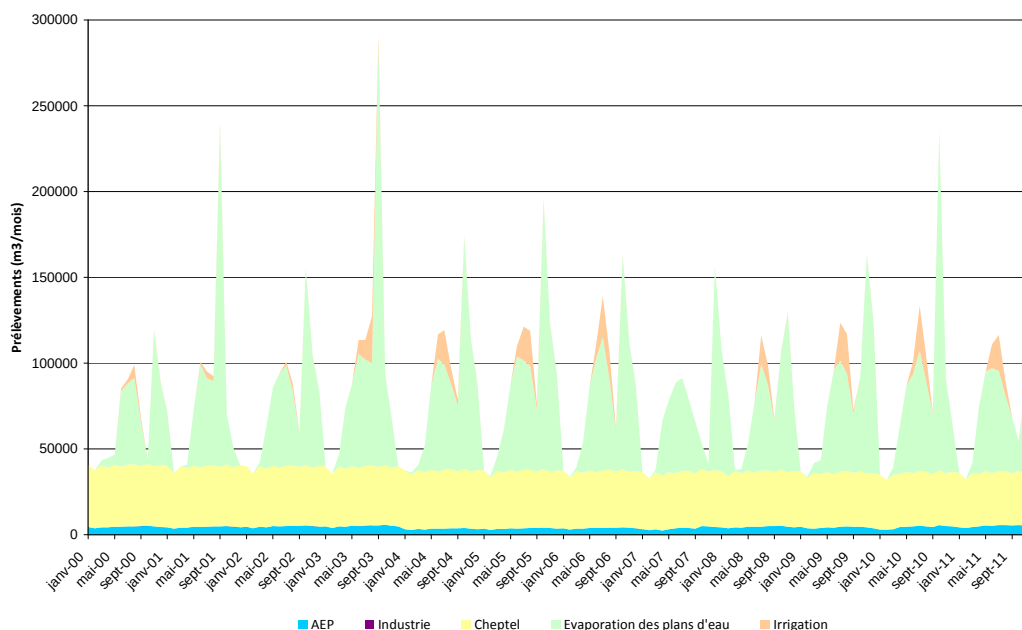


Figure 4-10 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Hière

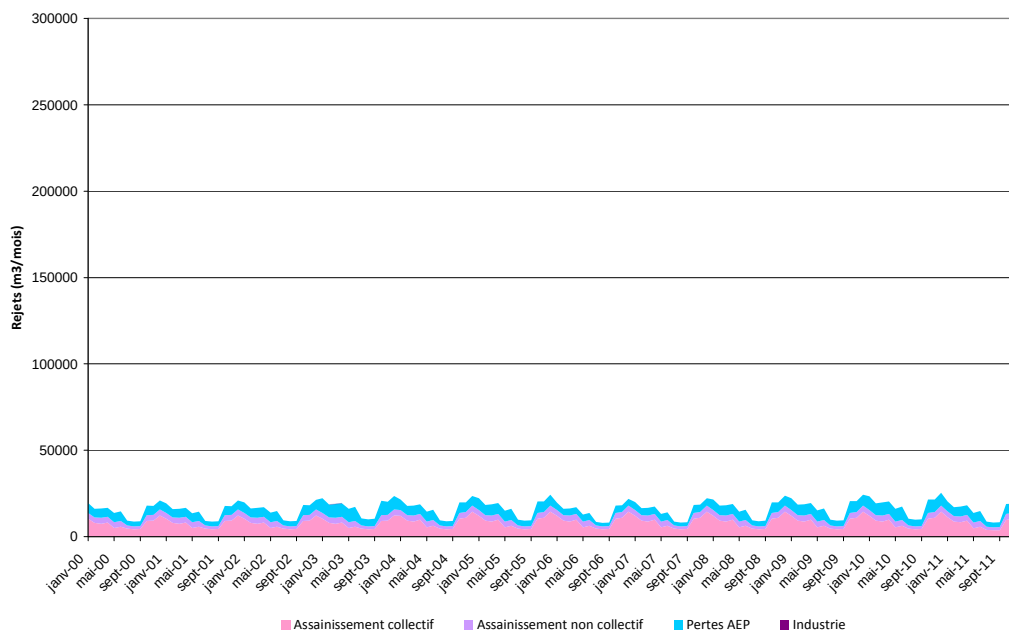
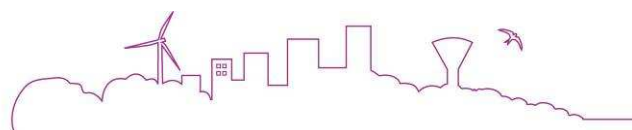


Figure 4-11 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Hière



Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux
Hière

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Hière

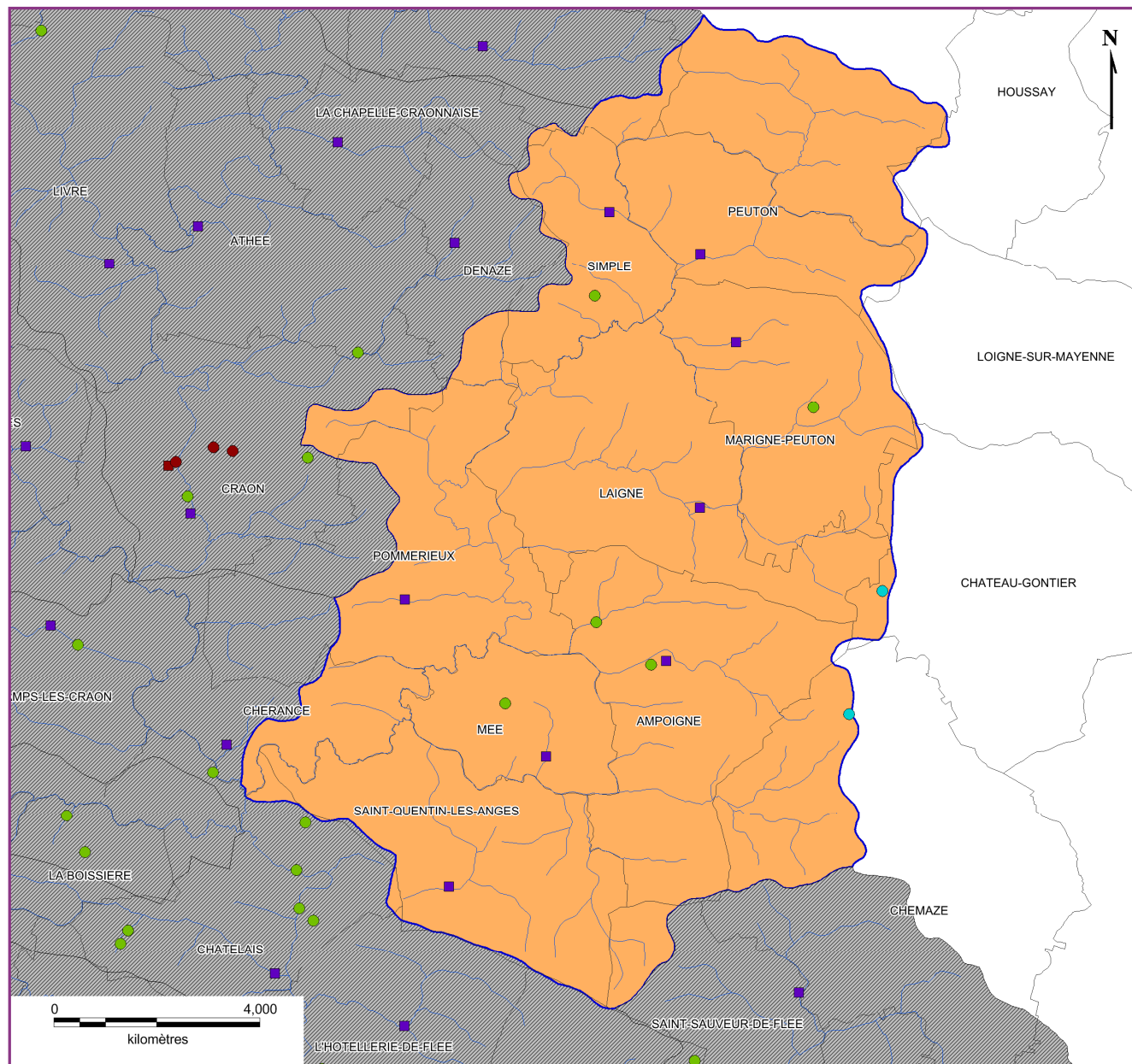


Figure 4-12 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Hière

4.5 Sous bassin du Chéran

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin du Chéran sont présentés ci-dessous.

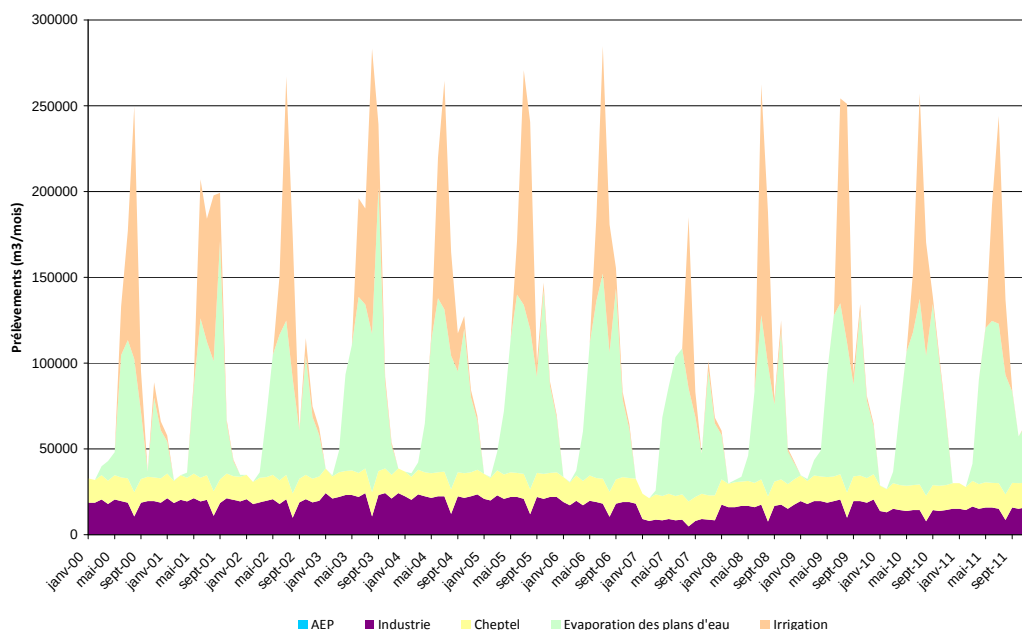


Figure 4-13 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant du Chéran

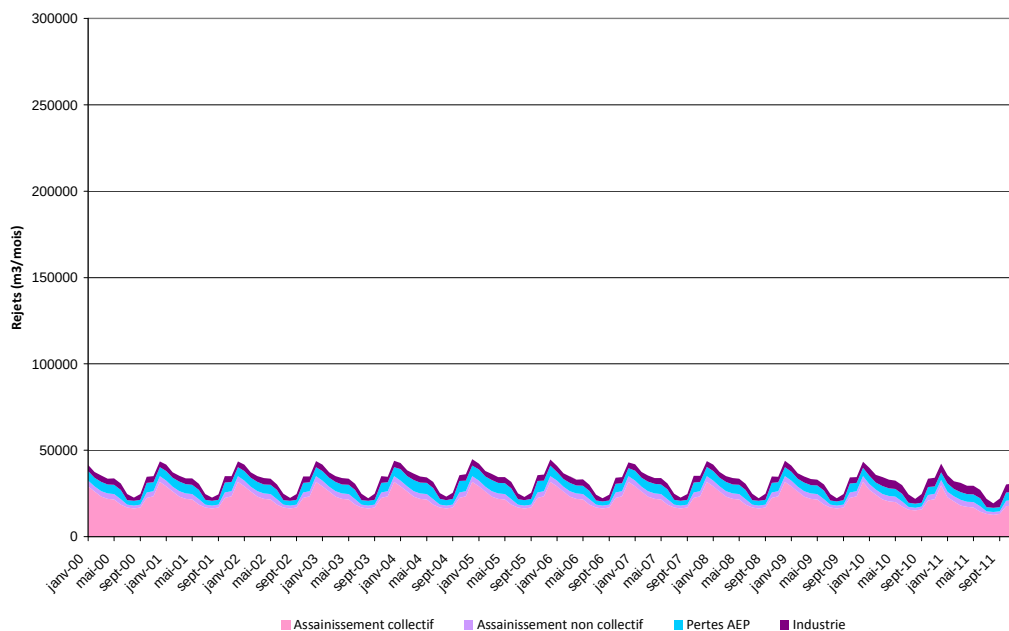
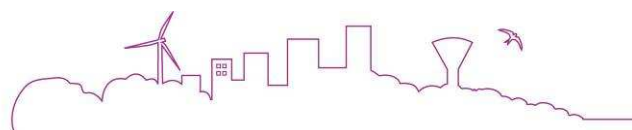


Figure 4-14 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant du Chéran



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Enjeux
Chéran**

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Chéran



SAFEGE
Ingénieurs Conseils

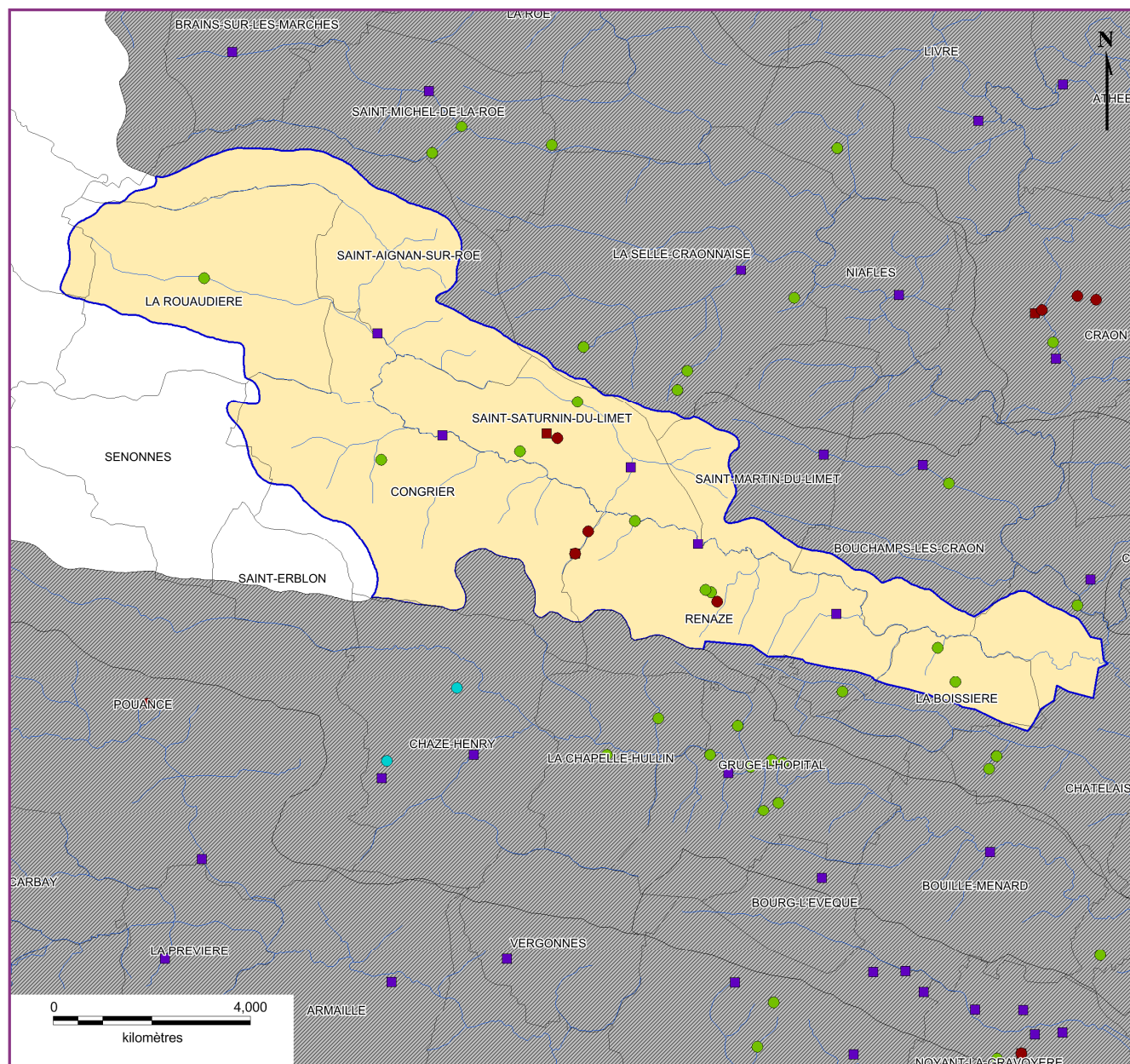


Figure 4-15 : Bilan des usages sur le sous bassin du Chéran

4.6 Sous bassin de l'Oudon moyen

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de l'Oudon moyen sont présentés ci-dessous.

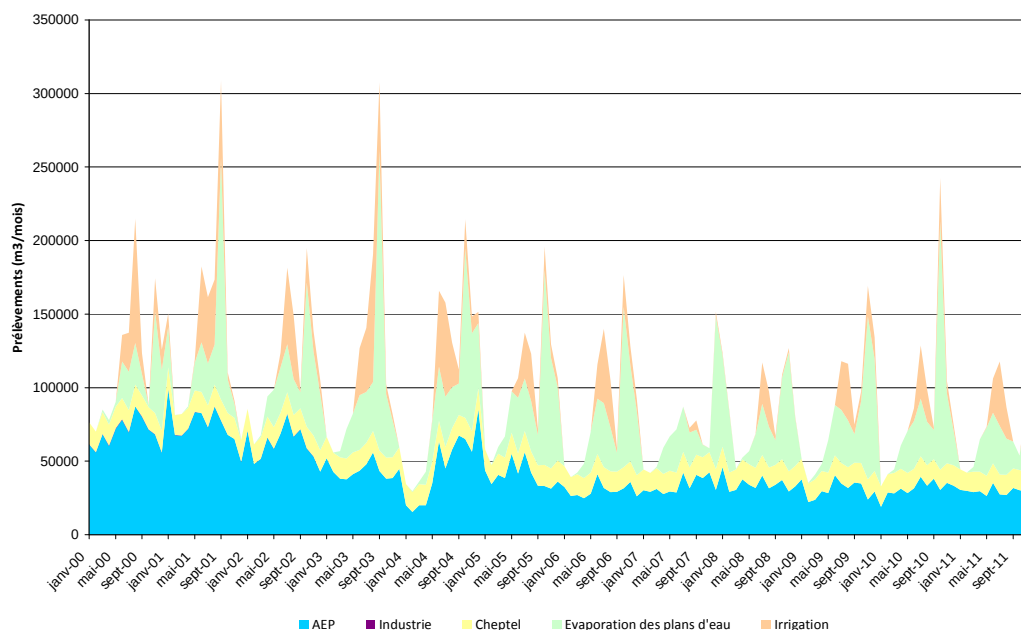


Figure 4-16 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Oudon moyen

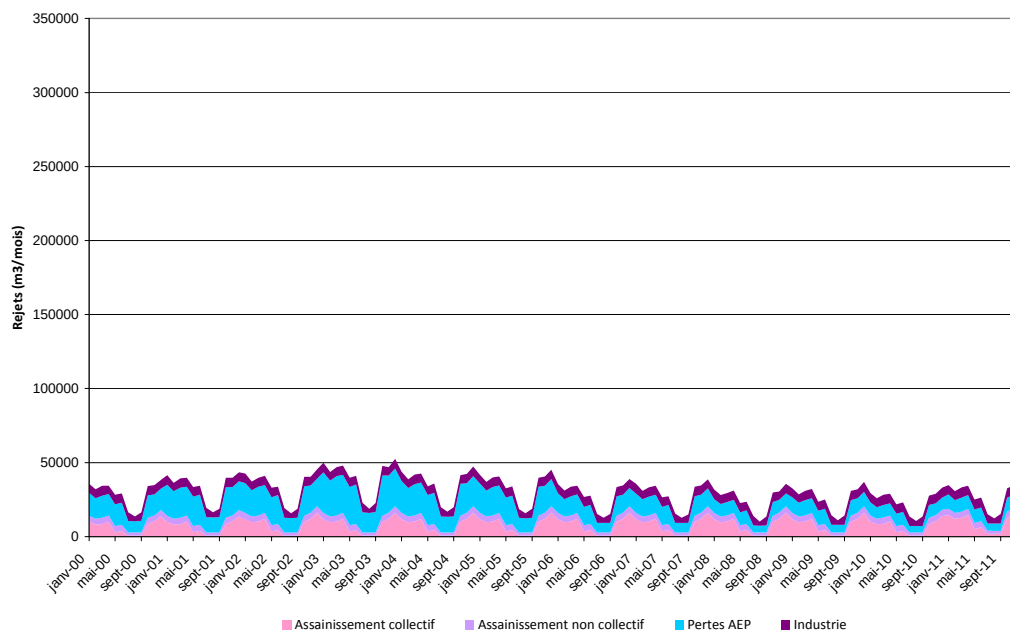
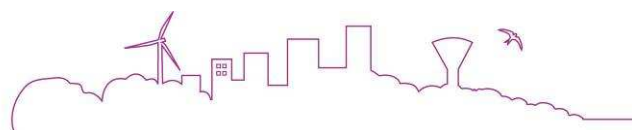


Figure 4-17 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Oudon moyen



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Enjeux
Oudon moyen**

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Oudon moyen

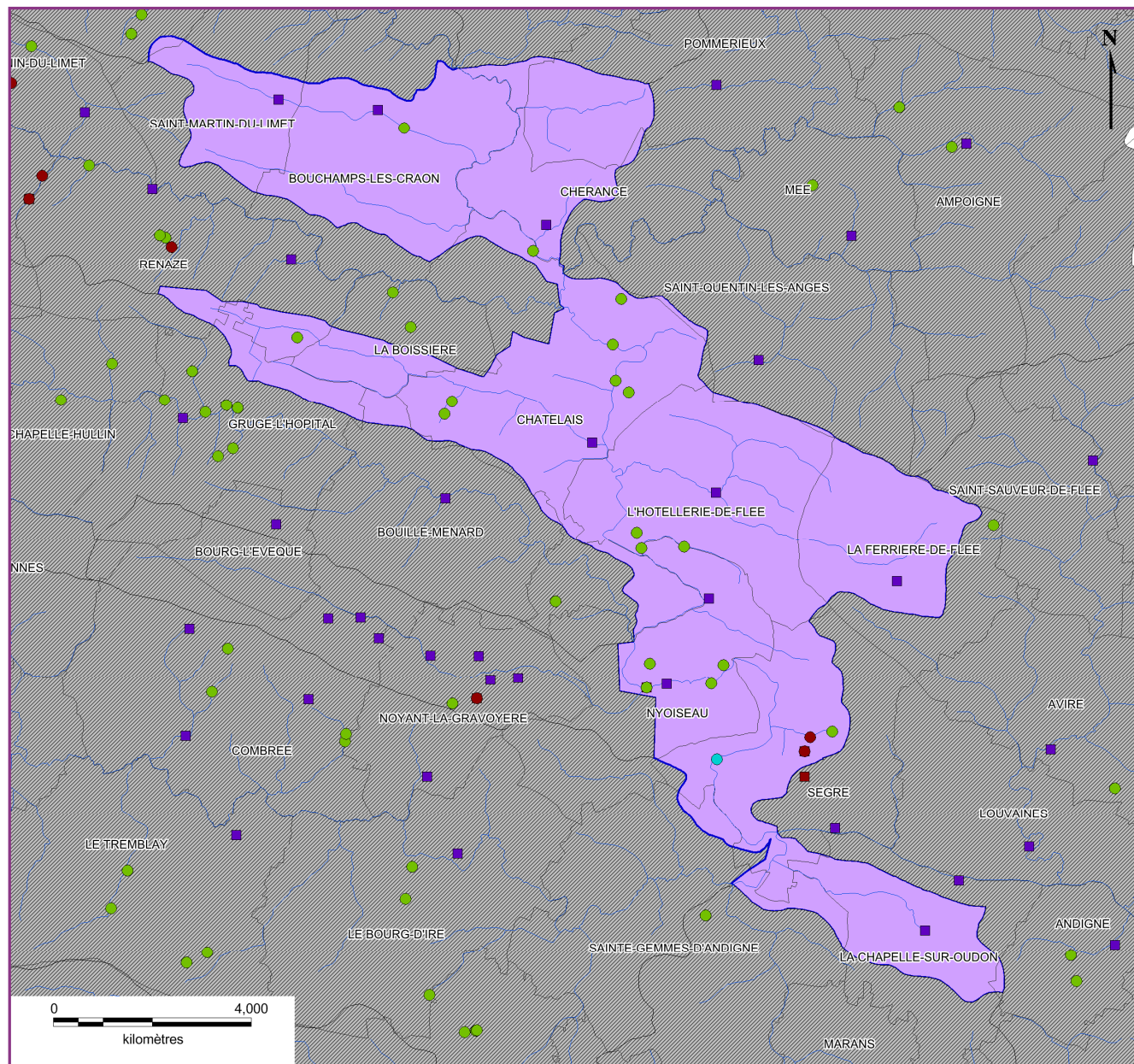


Figure 4-18 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Oudon moyen

4.7 Sous bassin de l'Araize

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de l'Araize sont présentés ci-dessous.

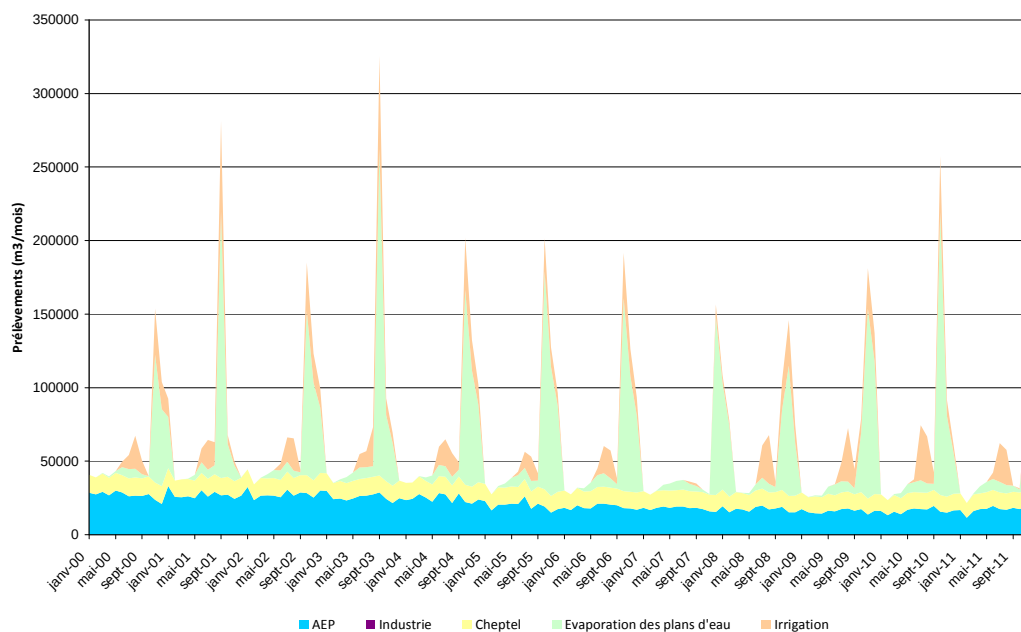


Figure 4-19 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Araize

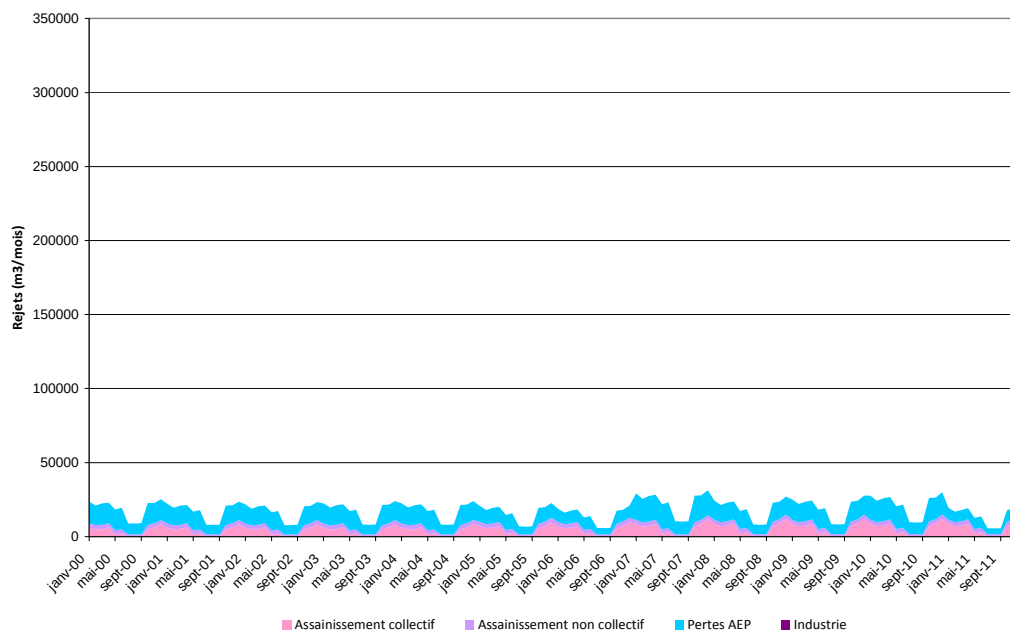
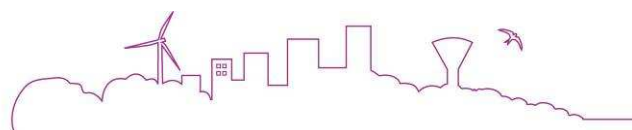


Figure 4-20 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Araize



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Enjeux
Araize**

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Araize



SAFEGE
Ingénieurs Conseils

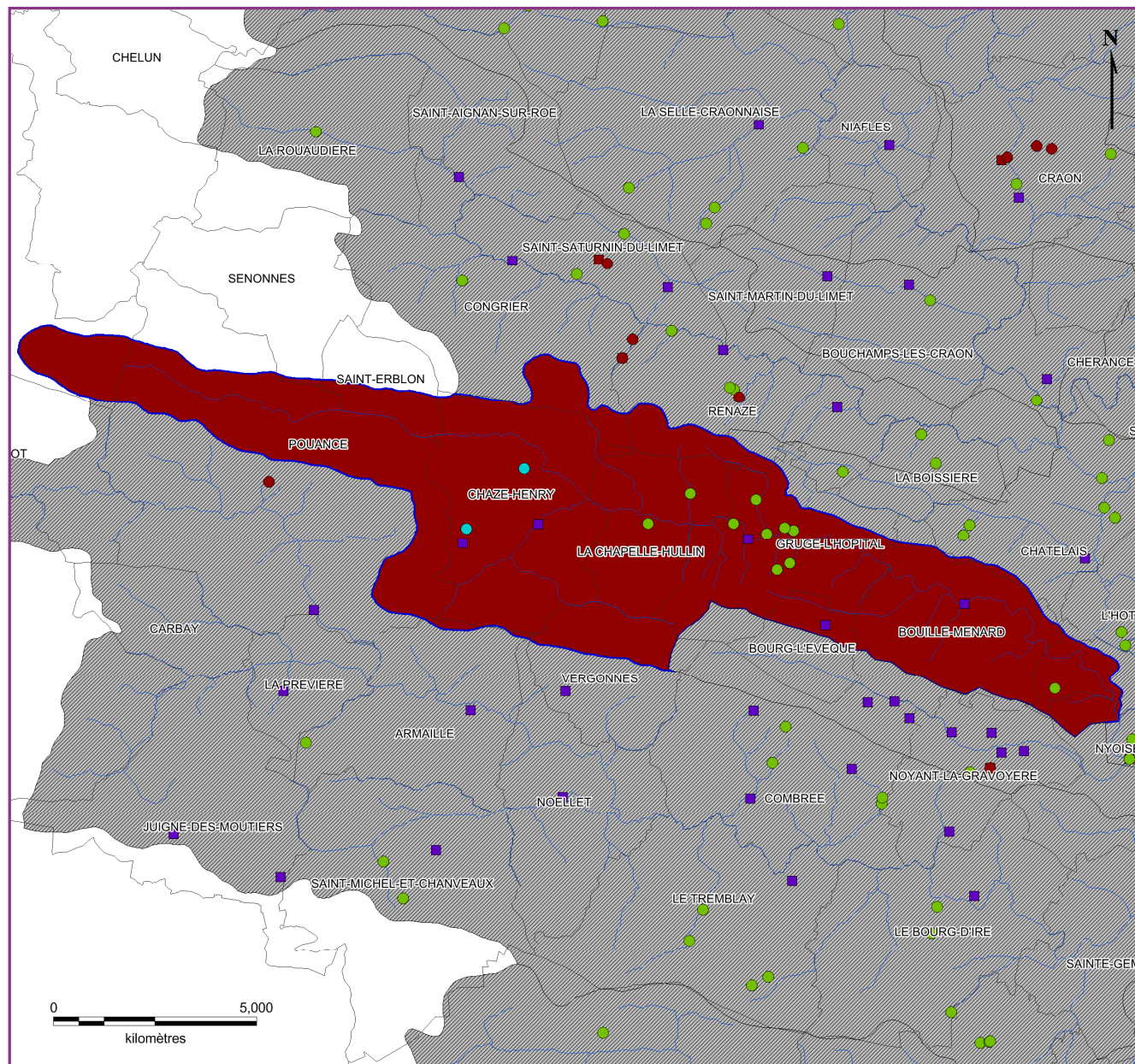


Figure 4-21 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Araize

4.8 Sous bassin du Misengrain

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin du Misengrain sont présentés ci-dessous.

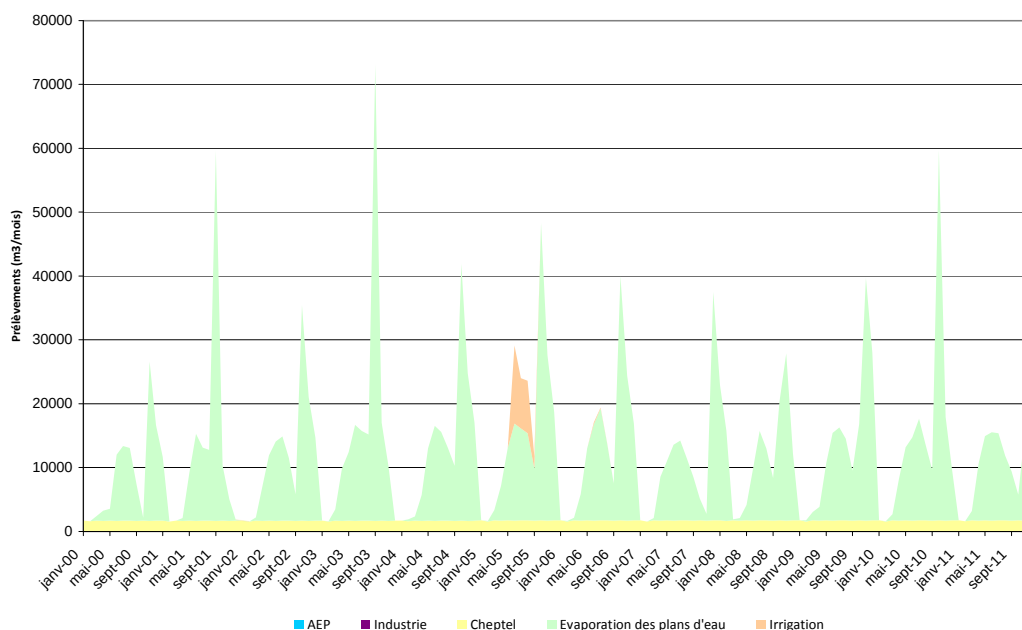


Figure 4-22 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant du Misengrain

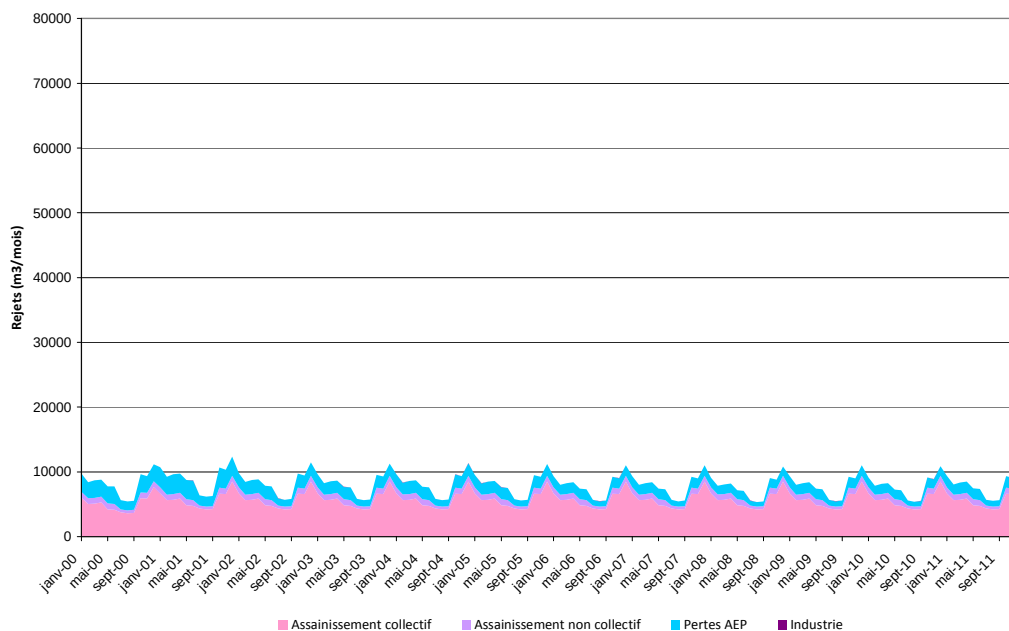
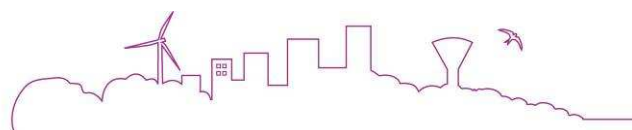


Figure 4-23 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant du Misengrain



Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux
Misengrain

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Misengrain

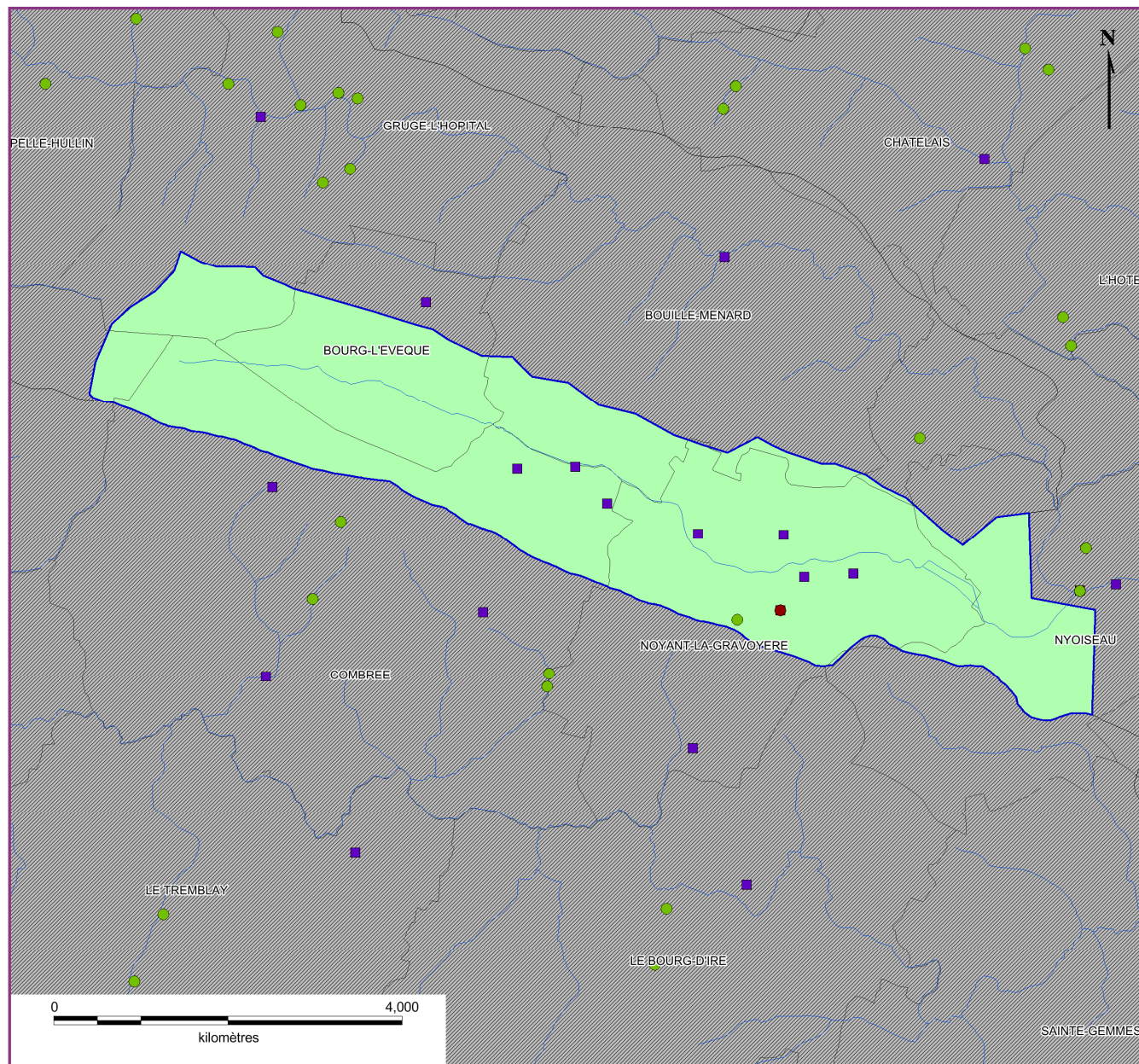


Figure 4-24 : Bilan des usages sur le sous bassin du Misengrain

4.9 Sous bassin de la Verzée

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de la Verzée sont présentés ci-dessous.

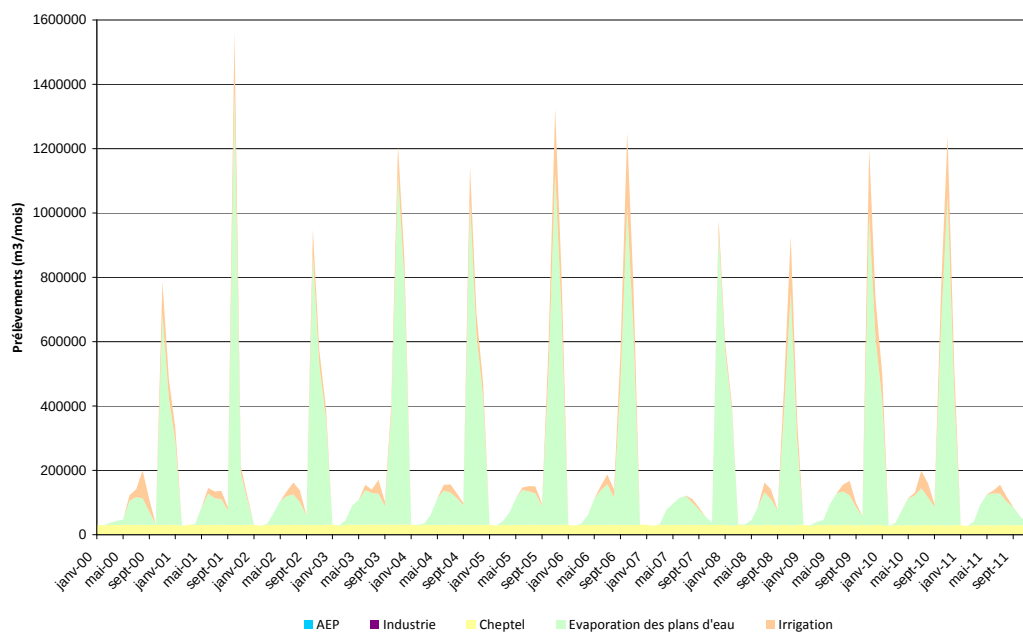


Figure 4-25 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de la Verzée

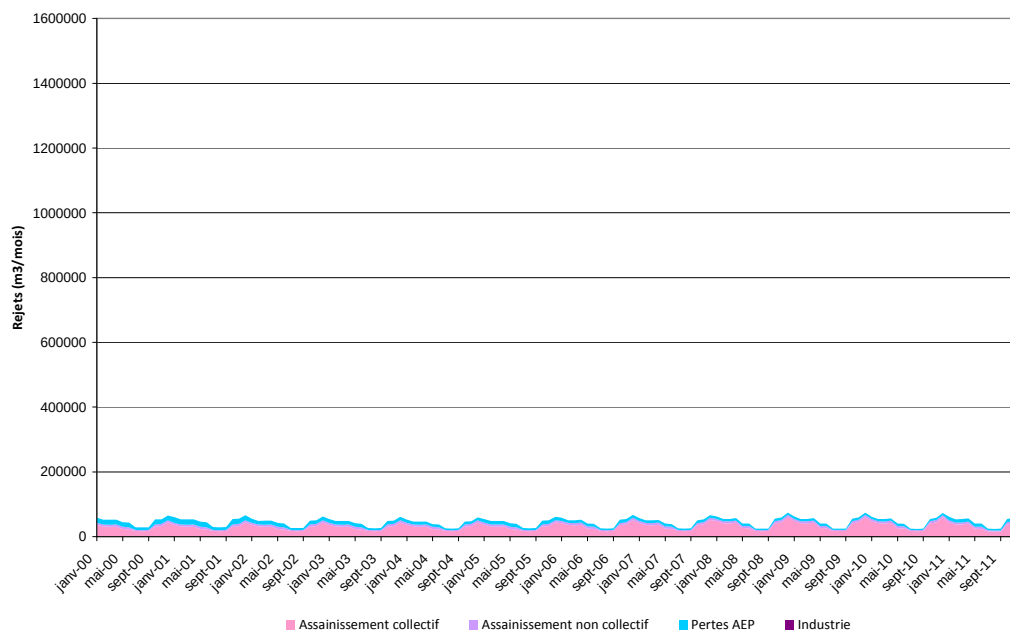
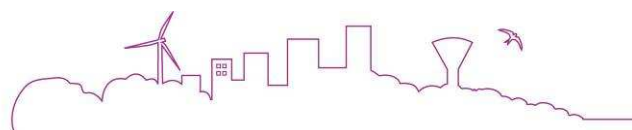


Figure 4-26 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de la Verzée



Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux
Verzée

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Verzée



SAFEGE
Ingénieurs Conseils

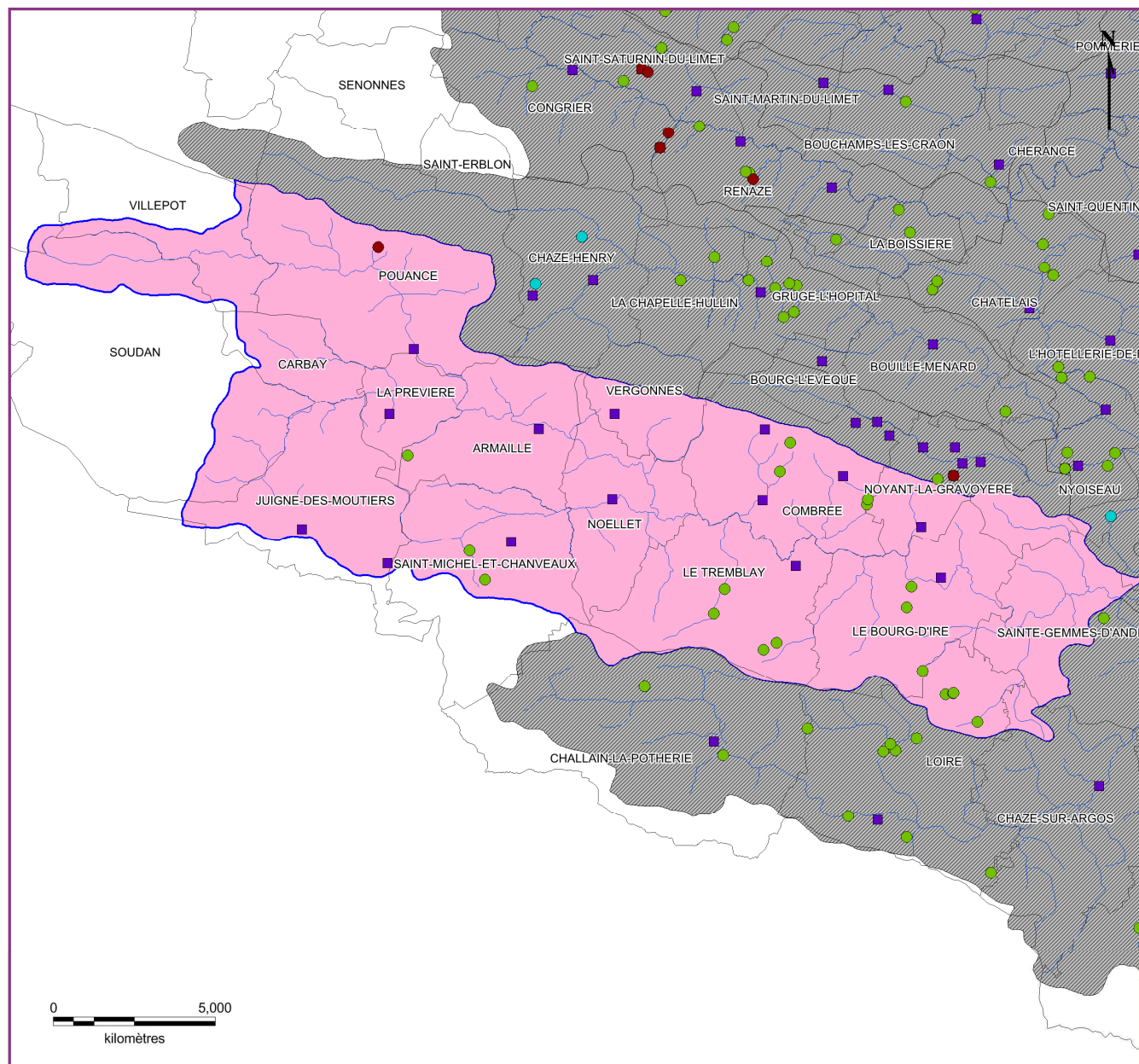


Figure 4-27 : Bilan des usages sur le sous bassin de la Verzée

4.10 Sous bassin de l'Argos

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de l'Argos sont présentés ci-dessous.

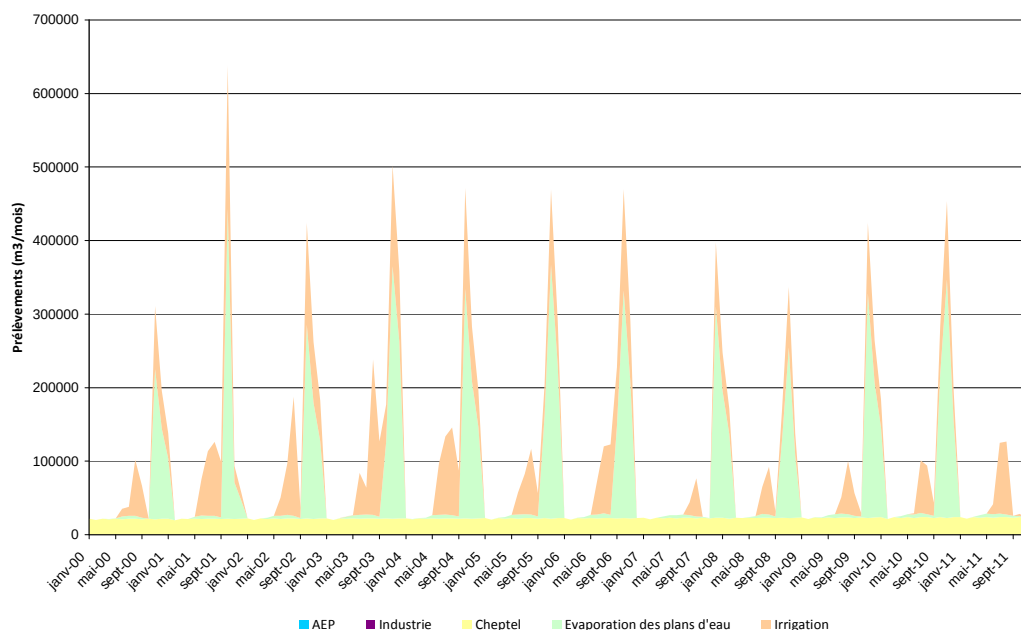


Figure 4-28 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Argos

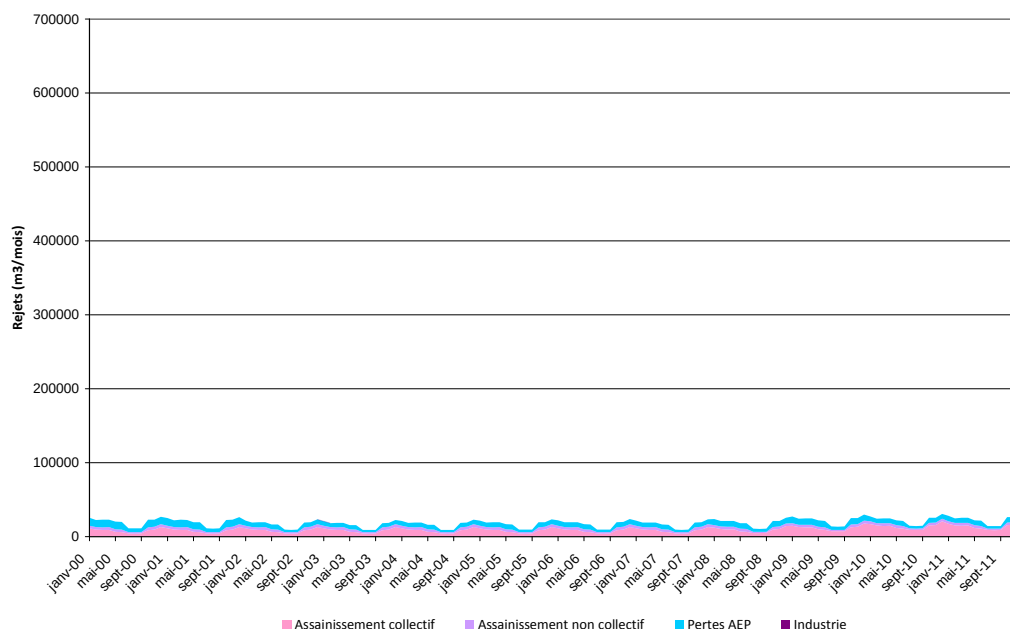
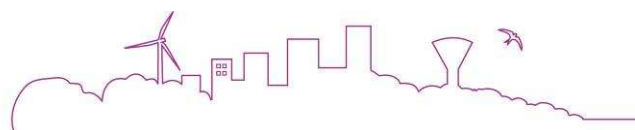


Figure 4-29 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Argos



**Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon**

Phase 2

**Enjeux
Argos**

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Argos

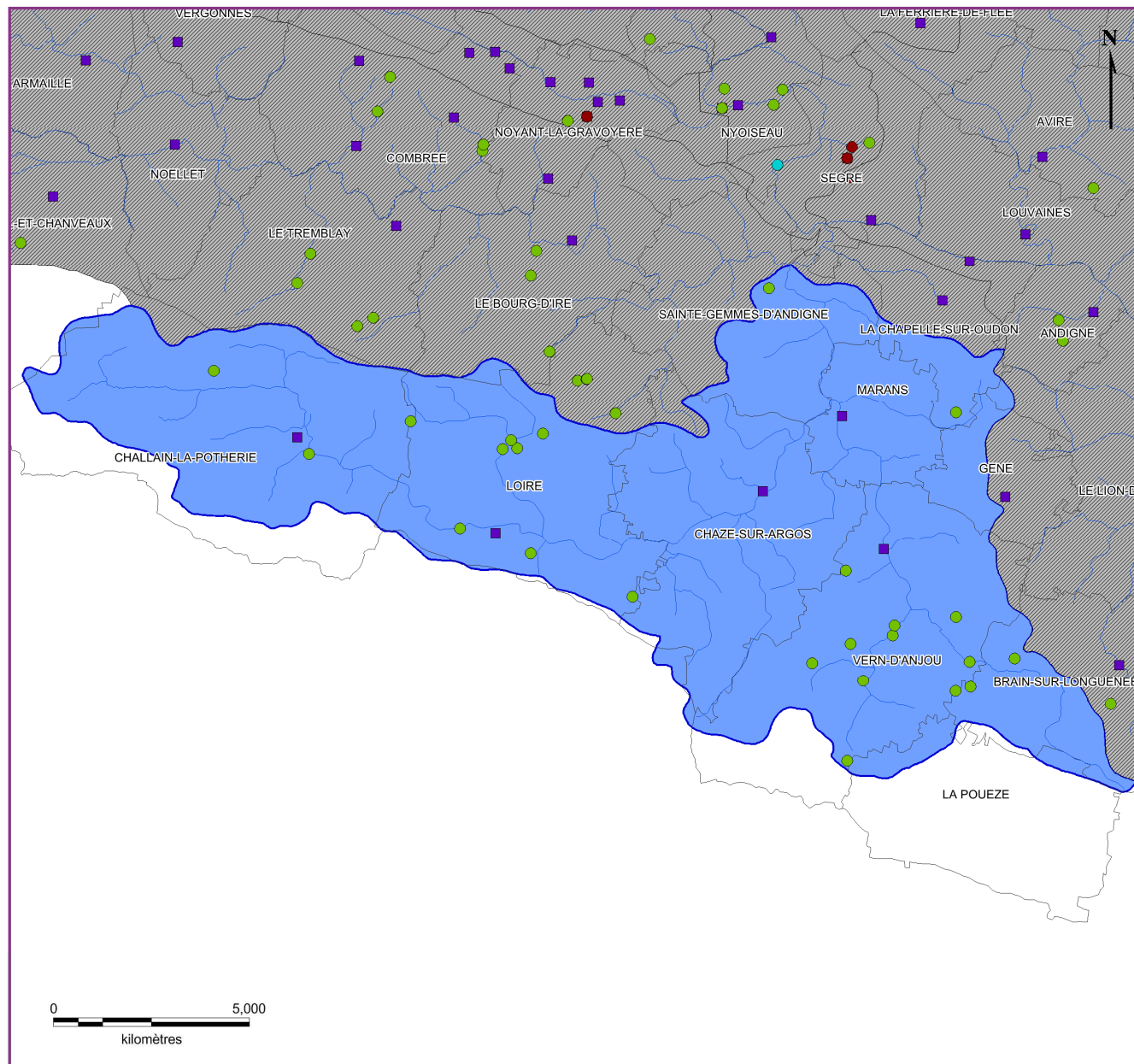


Figure 4-30 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Argos

4.11 Sous bassin de l'Oudon aval

Les volumes mensuels prélevés/restitués sur le sous-bassin de l'Oudon aval sont présentés ci-dessous.

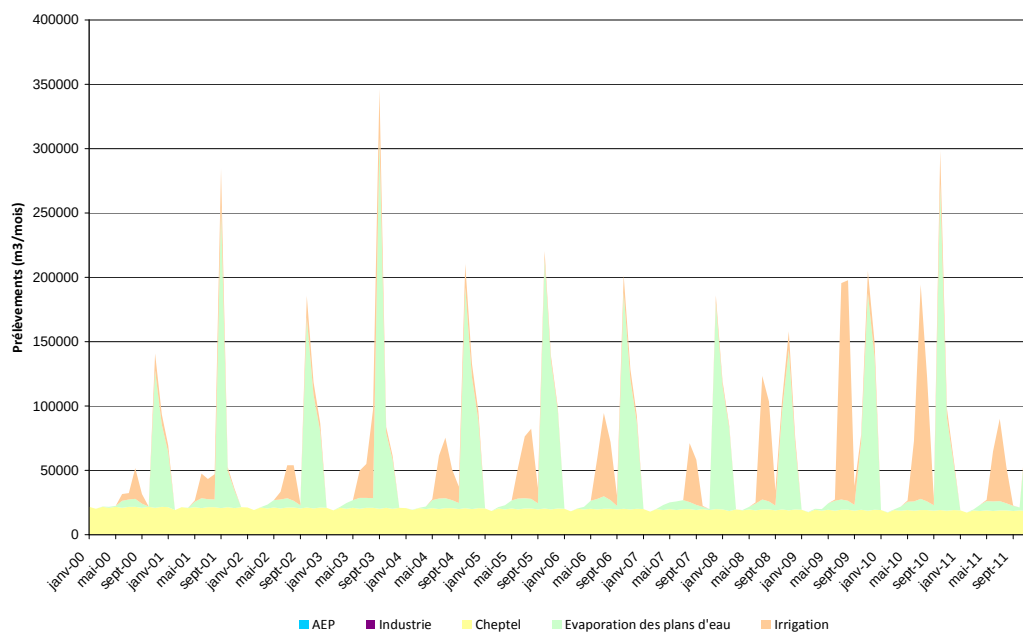


Figure 4-31 : Chronique des prélèvements mensuels sur le sous bassin versant de l'Oudon aval

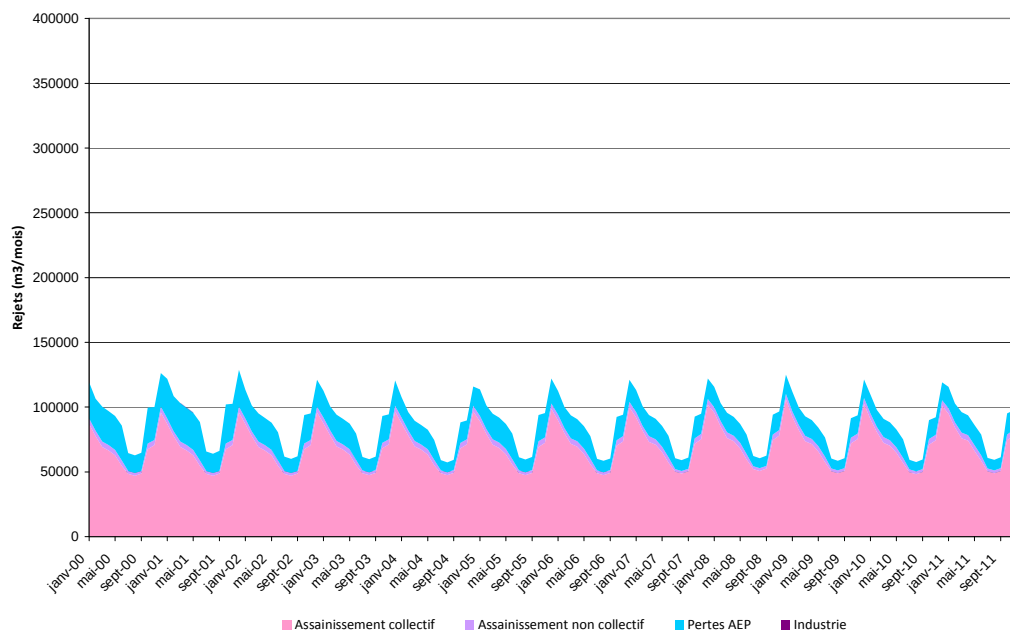
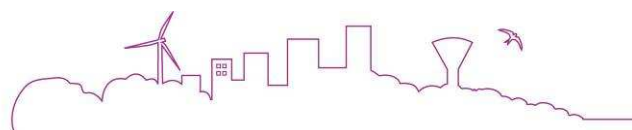


Figure 4-32 : Chronique des volumes mensuels restitués sur le sous bassin versant de l'Oudon aval



Etude de gestion quantitative
de la ressource en eau
sur le bassin versant de l'Oudon

Phase 2

Enjeux
Oudon aval

Légende

- Prélèvements AEP
- Prélèvements industriels
- Prélèvements irrigation
- Stations d'épuration
- Rejets industriels
- Réseau hydrographique
- Limites communales
- Oudon aval

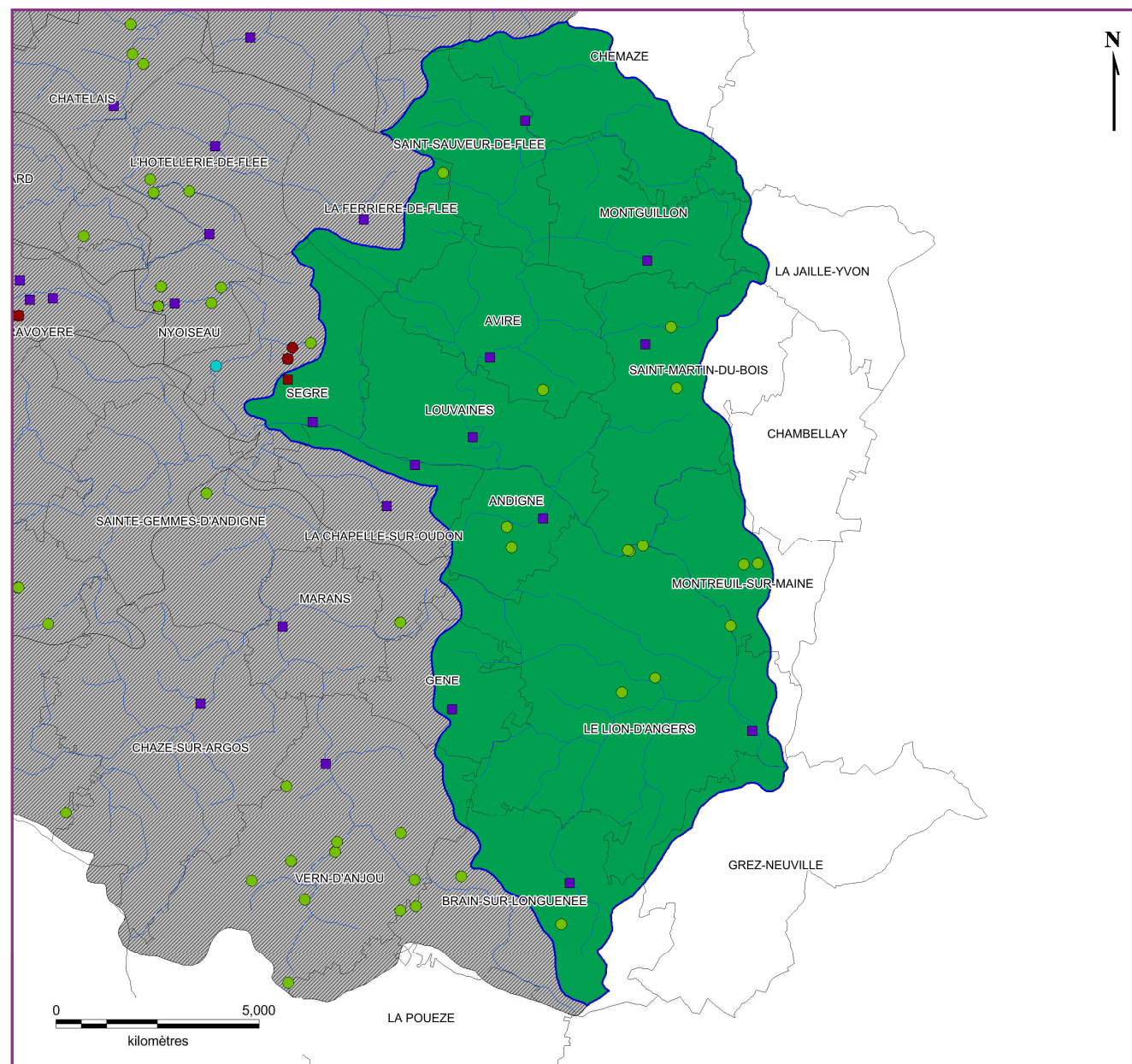
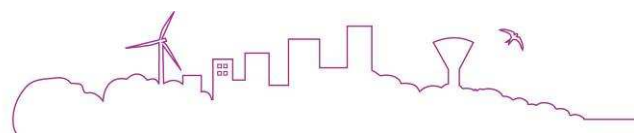


Figure 4-33 : Bilan des usages sur le sous bassin de l'Oudon aval

RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »



RECONSTITUTION DE L'HYDROLOGIE DÉSINFLUENCÉE

5.1 Objectif 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 et des volumes prélevables prévue lors des phases 3 / 4 de l'étude.

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

- D'une série temporelle de débits désinfluencés des prélèvements et rejets liés à l'activité humaine sur la période 2001-2011.
- Des débits caractéristiques des cours d'eau (module, QMNA5) sur la période 1993-2011.

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 2000-2011 sur les bassins versants étudiés, en ne considérant plus les prélèvements et rejets.
- **Étape 4 :** Comparaison des séries temporelles et des valeurs caractéristiques issues des simulations avec et sans intégration des prélèvements et rejets.



5.2 Méthodologie

5.2.1 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 5-1 suivante présente de manière conceptuelle les processus intégrés au logiciel MIKE BASIN.

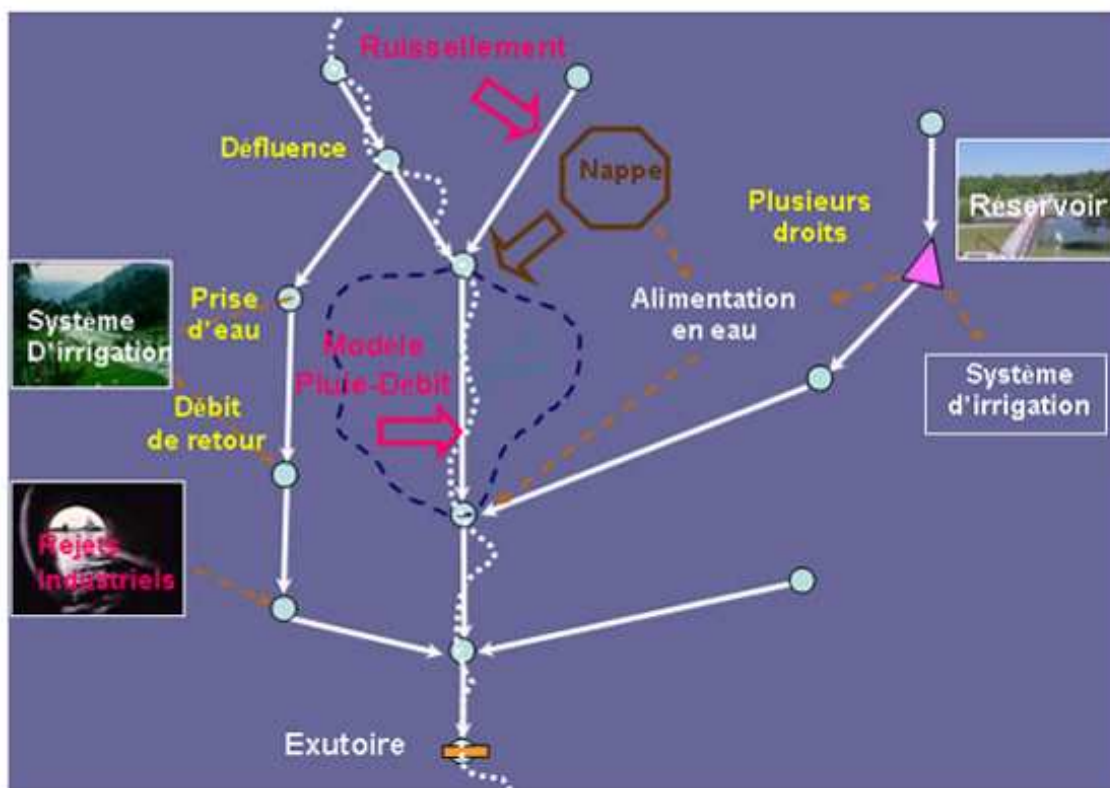


Figure 5-1 : Schéma conceptuel de MIKE BASIN



5.2.2 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 5-2 présente de manière conceptuelle les processus hydrologiques intégrés au module NAM de MIKE11.

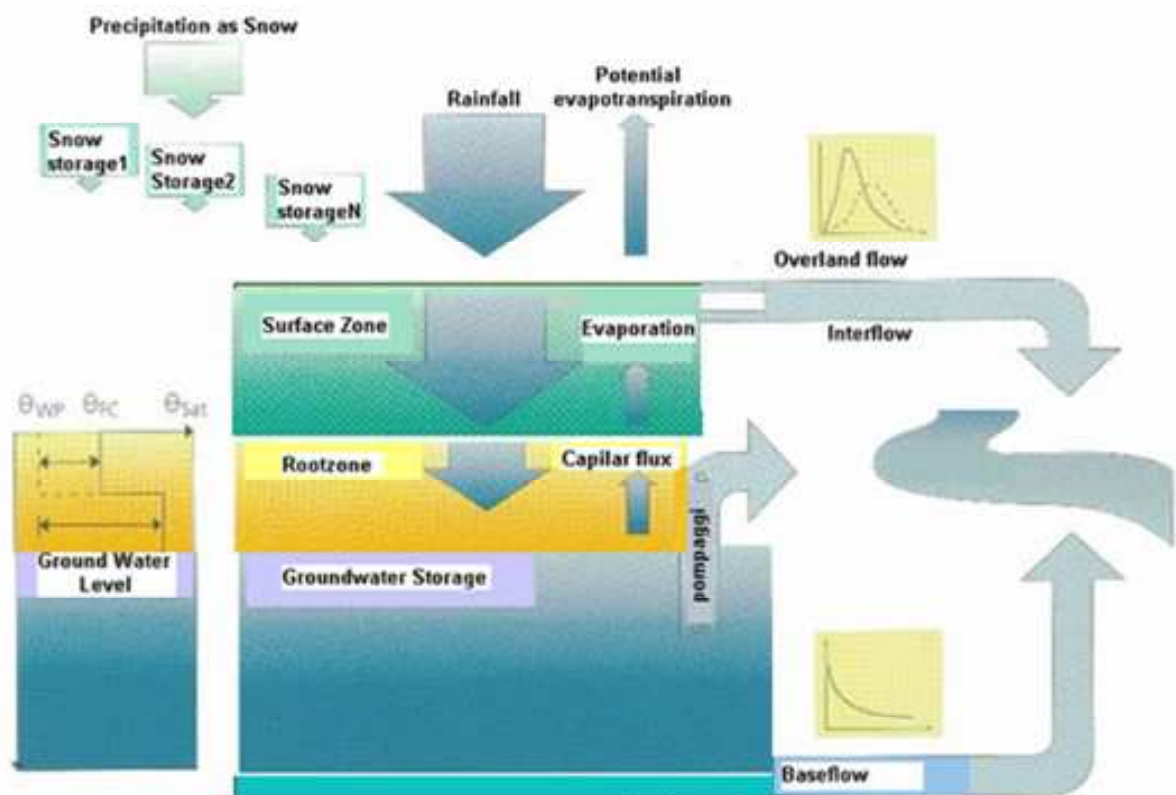
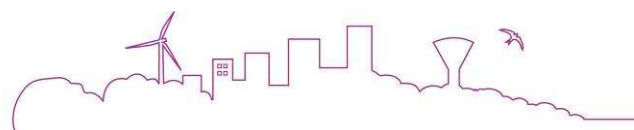


Figure 5-2 : Schéma conceptuel des processus hydrologiques modélisés dans NAM



5.2.3 Données d'entrée du modèle

5.2.3.1 Bassins versants considérés

Chacun des sous bassin versant constitutif du territoire de l'Oudon présenté dans les parties précédentes du rapport a été intégré à la modélisation pluie-débit. Les sous bassins versants ont été considérés de manière globale, c'est-à-dire de leur source jusqu'à leur exutoire.

5.2.3.2 Données hydrométriques

L'hydrométrie du territoire est suivie par un réseau de stations hydrométriques encore en activité, gérées par la DREAL. Certaines de ces stations ont servi de points de référence pour le calage du modèle. **Les stations retenues pour le calage du modèle sont celles en activité sur la période 2000-2011 et situées à proximité des exutoires des sous bassins versants.**

Pour le bassin versant de l'Oudon, il s'agit des stations hydrométriques situées sur :

- L'Oudon à Cossé-le-Vivien ;
- Le Chéran à la Boissière ;
- L'Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné ;
- L'Oudon à Segré.

Les stations hydrométriques sur l'Oudon à Chatelais et la Verzée au Bourg-d'Iré ont été exploitées à titre complémentaire pour s'assurer de la pertinence du calage effectué, celles-ci n'étant pas situées à l'exutoire des bassins versants retenus.

Les débits enregistrés à ces stations ont été collectés sur la période de simulation 2001-2011. Les débits caractéristiques des cours d'eau (module, valeurs mensuelles, QMNA5) ont été recalculés à partir des valeurs mesurées sur cette période afin d'assurer une cohérence avec les débits simulés issus par le modèle hydrologique.

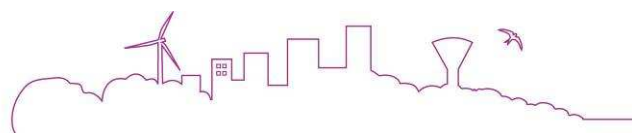
5.2.3.3 Données pluviométriques

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 2000-2011 pour les stations pluviométriques suivantes :

Tableau 5-1 : Stations pluviométriques sélectionnées

Station	Code	Période disponible
COSSE-LE-VIVIEN	53077001	1967-2013
CRAON	53084001	1958-2013
POUANCE	49248001	1955-2013

Le choix de ces stations s'est basé sur les 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.



5.2.3.4 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 d'ETP Penman mesurées à la station de Beaucouzé ont été acquises auprès de Météo France au pas de temps décadaire sur la période 2000-2011.

5.2.3.5 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 2000-2011.

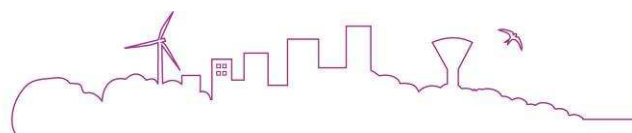
Par le biais de requêtes spatiales sous logiciel SIG, tous les prélèvements et rejets sont identifiés à l'échelle des différents bassins versants retenus.

5.2.3.6 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 5-2 : 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



5.3 Calage du modèle hydrologique

5.3.1 Principe du calage

Le calage des modèles hydrologiques s'est focalisé sur la période 2001-2011, mais les simulations ont été réalisées sur 2000-2011, le modèle nécessitant une période initiale pour converger.

Les sous bassins versants disposant d'une station hydrométrique de référence ont été calés 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. Pour les autres sous bassins versants ne disposant pas de stations hydrométriques, les paramètres de calage ont été ajustés de façon à simuler correctement le fonctionnement hydrologique des bassins versants en fonction de ceux calés.

Le calage tente de valoriser au mieux les éléments suivants :

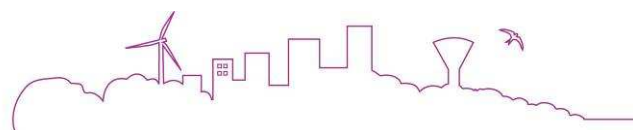
- La meilleure reproduction par le modèle de la forme de la chronique des débits journaliers mesurés sur la période 2001-2011 : le calage s'est particulièrement intéressé aux périodes d'étiage, en maximisant la vraisemblance des pentes de tarissement des modèles et la présence/absence d'assecs.
- La meilleure reproduction par le modèle de la forme de la chronique des débits **mensuels** mesurés sur la période 2001-2011. **La vraisemblance des débits mensuels est primordiale pour l'exploitation des résultats du modèle sur l'ensemble du cycle hydrologique dans la suite de l'étude.**

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. Ce critère adimensionnel a été proposé par Nash et Sutcliffe (1970). Il est défini par :

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

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 : notamment le module interannuel et le débit mensuel minimal de période de retour 5 ans (QMNA5). **Ces valeurs sont particulièrement intéressantes car elles pourront servir de base pour la détermination des débits objectifs.**
- La meilleure reproduction du nombre de jours de dépassement du module sur la période considérée. La vraisemblance de ces éléments est importantes notamment pour l'analyse en période de hautes eaux.



5.3.2 Résultats du calage

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

5.3.2.1 Oudon à Cossé-le-Vivien

La Figure 5-3 suivante présente une comparaison des débits journaliers mesurés à la station hydrométrique de Cossé-le-Vivien et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage.

La valeur du critère de Nash sur l'ensemble de la chronique journalière est de 67%.

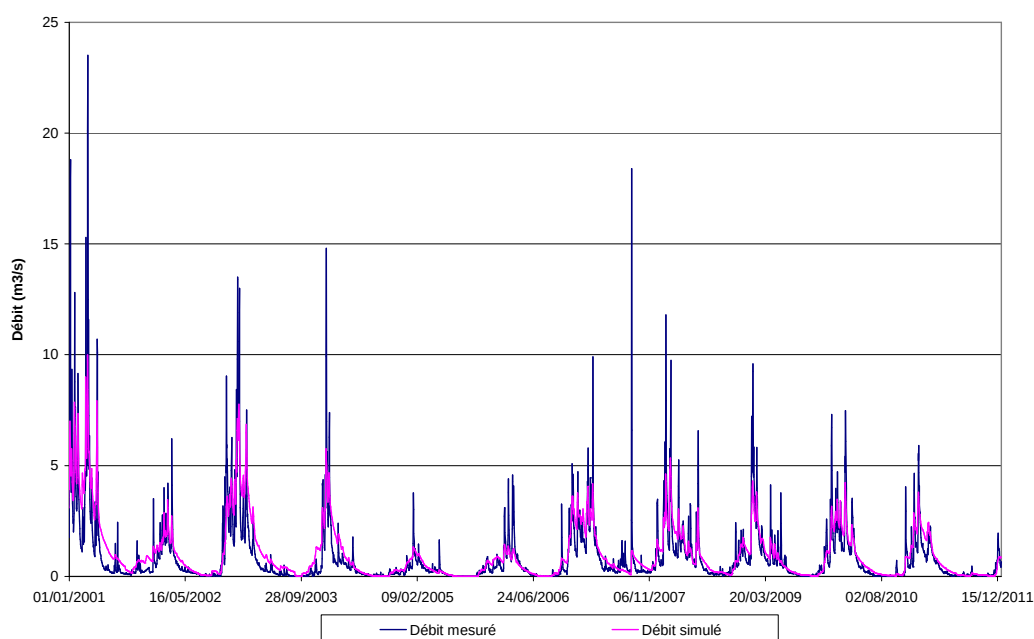
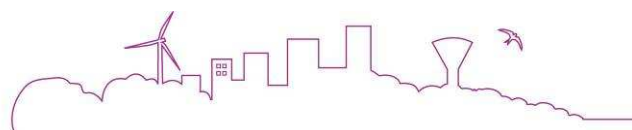


Figure 5-3 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Cossé-le-Vivien

La Figure 5-4 ci-après présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Cossé-le-Vivien et les débits simulés par le modèle. La valeur du coefficient de Nash pour les débits mensuels est de 88%.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

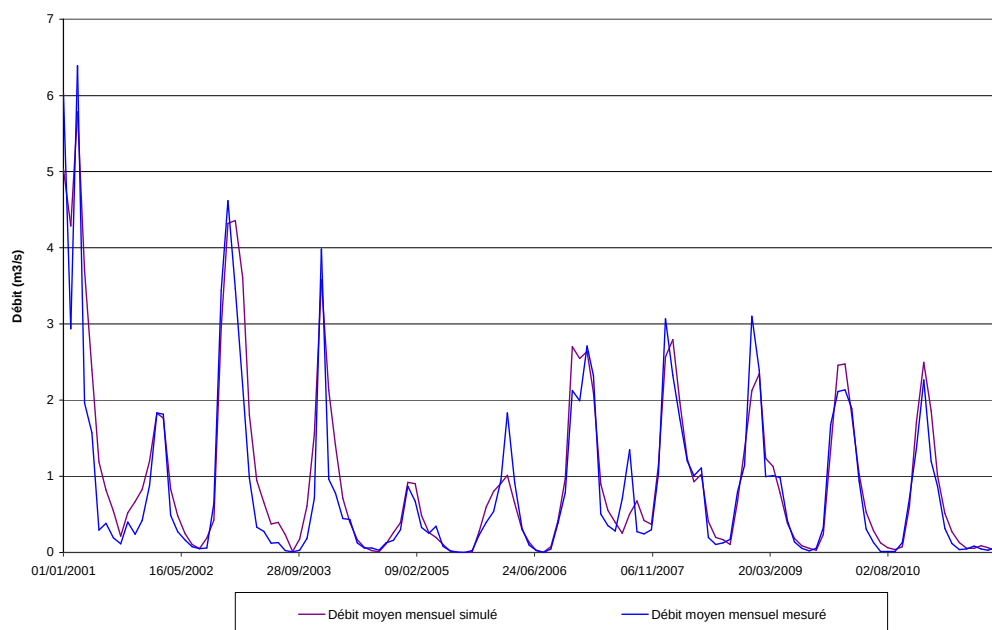


Figure 5-4 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Cossé-le-Vivien

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans le Tableau 5-3 suivant :

Tableau 5-3 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à Cossé-le-Vivien et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011

Oudon à Cossé-le-Vivien	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.0036	1.044
Débits mesurés (m3/s)	0.0040	0.894
Différence (m3/s)	-0.0004	0.110

5.3.2.2 Chéran à la Boissière

La Figure 5-5 suivante présente une comparaison des débits journaliers mesurés à la station hydrométrique de la Boissière et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage.

La valeur du critère de Nash sur l'ensemble de la chronique est de 55%.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

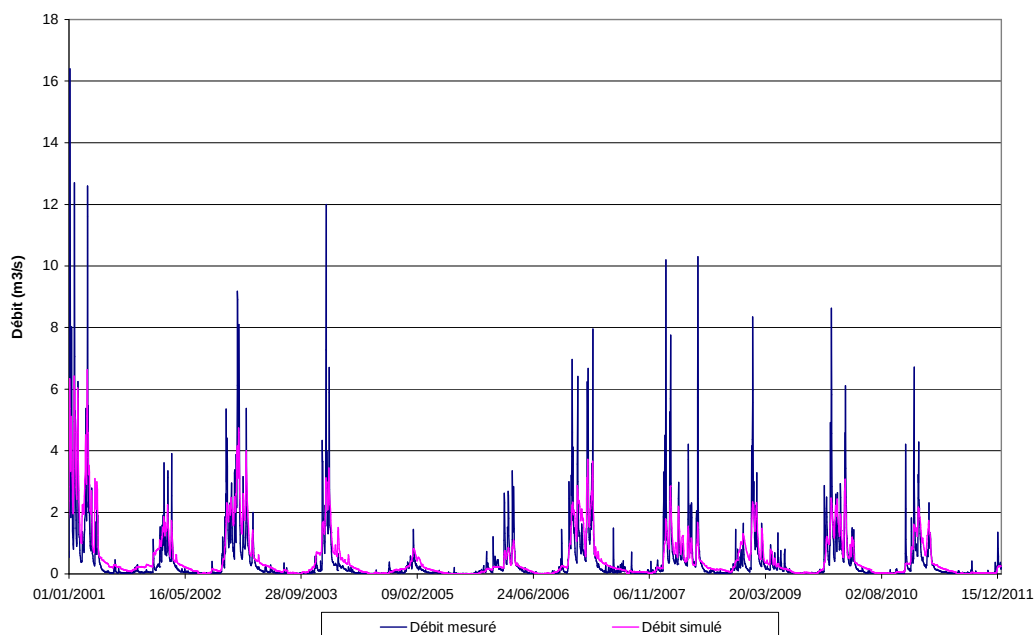


Figure 5-5 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de la Boissière

La Figure 5-6 ci-après présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de la Boissière et les débits simulés par le modèle. La valeur du coefficient de Nash pour les débits mensuels est de 87%.

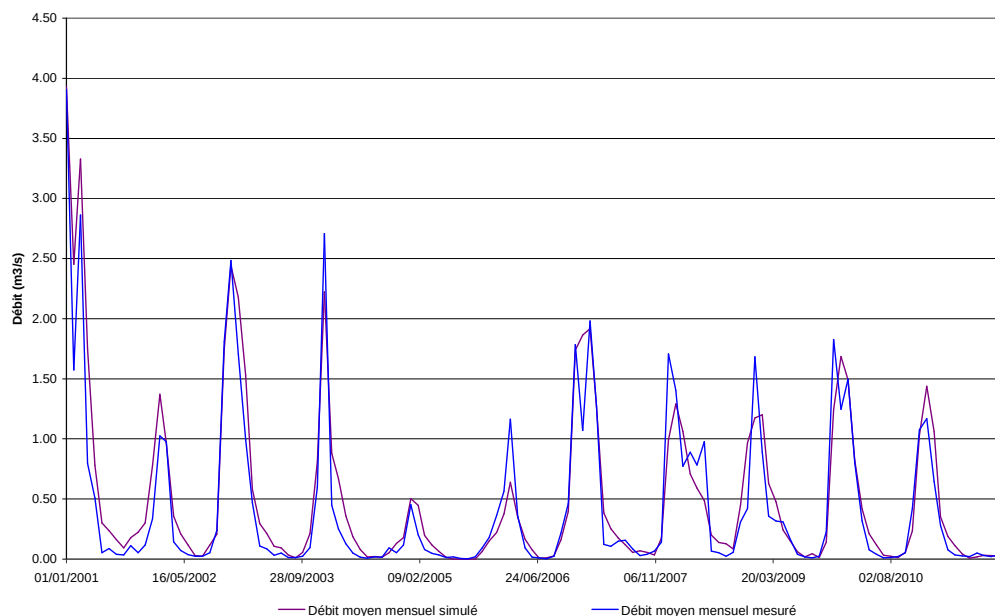
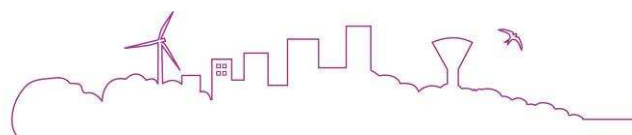


Figure 5-6 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de la Boissière



La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans le Tableau 5-4 suivant :

Tableau 5-4 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à la Boissière et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011

Chéran à la Boissière	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.0010	0.510
Débits mesurés (m3/s)	0.0066	0.457
Différence (m3/s)	-0.0056	0.044

5.3.2.3 Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné

La Figure 5-7 suivante présente une comparaison des débits journaliers mesurés à la station hydrométrique de Sainte-Gemmes-d'Andigné et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage.

La valeur du critère de Nash sur l'ensemble de la chronique est de 55%.

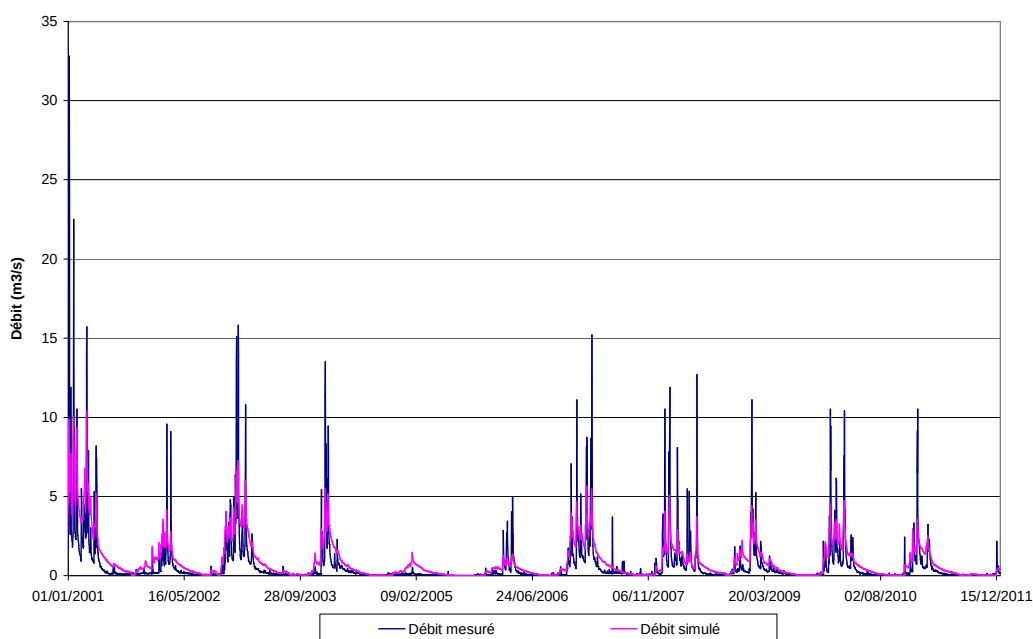
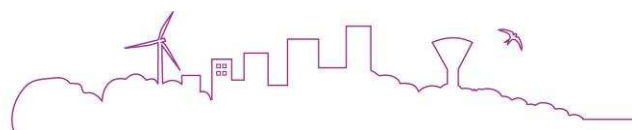


Figure 5-7 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Sainte-Gemmes-d'Andigné

La Figure 5-8 ci-après présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Sainte-Gemmes-d'Andigné et les débits simulés par le modèle. La valeur du coefficient de Nash pour ces débits est de 70%.



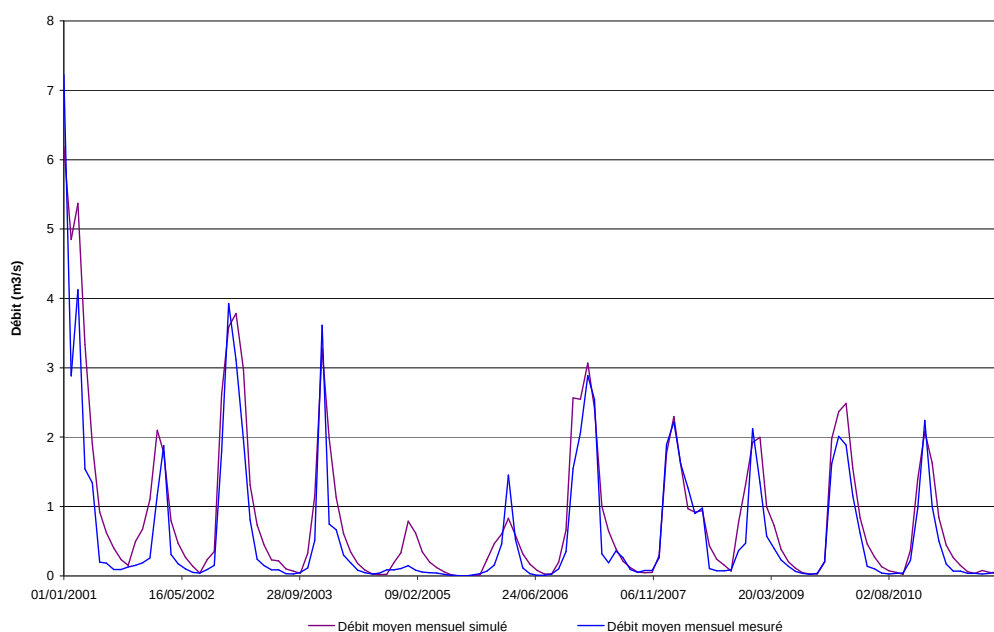


Figure 5-8 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Sainte-Gemmes-d'Andigné

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans le Tableau 5-5 suivant :

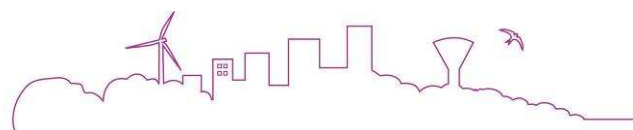
Tableau 5-5 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à Sainte-Gemmes-d'Andigné et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011

Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.0029	0.950
Débits mesurés (m3/s)	0.0072	0.661
Différence (m3/s)	0.0044	0.287

5.3.2.4 Oudon à Segré

La Figure 5-9 suivante présente une comparaison des débits journaliers mesurés à la station hydrométrique de Segré et les débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage.

La valeur du critère de Nash sur l'ensemble de la chronique est de 70%.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

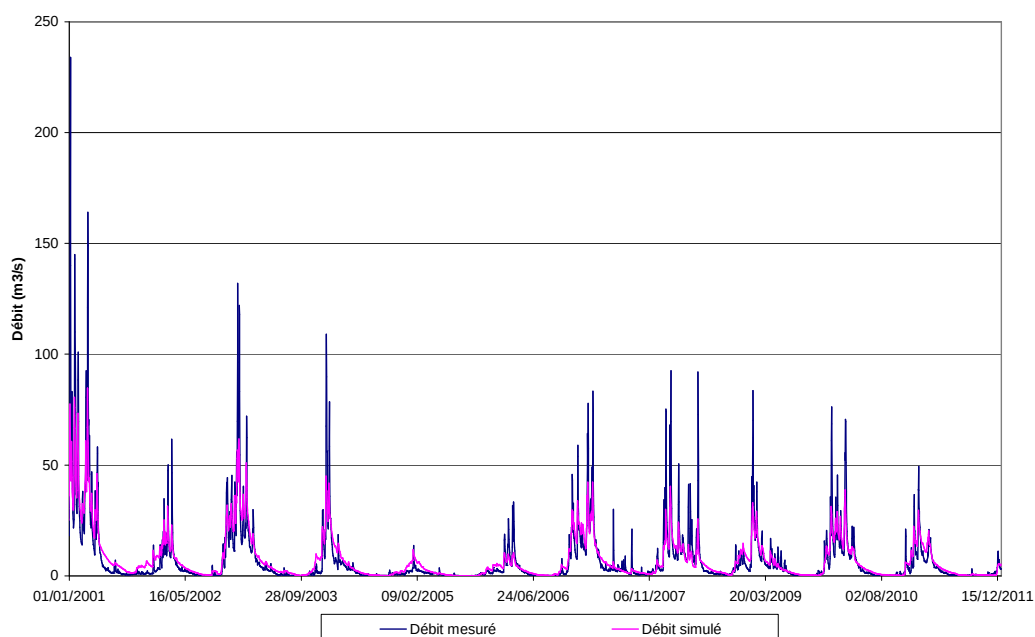


Figure 5-9 : Comparaison des débits journaliers simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Segré

La Figure 5-10 ci-après présente une comparaison des débits moyens mensuels mesurés à la station hydrométrique de Segré et les débits simulés par le modèle. La valeur du coefficient de Nash pour ces débits est de 93%.

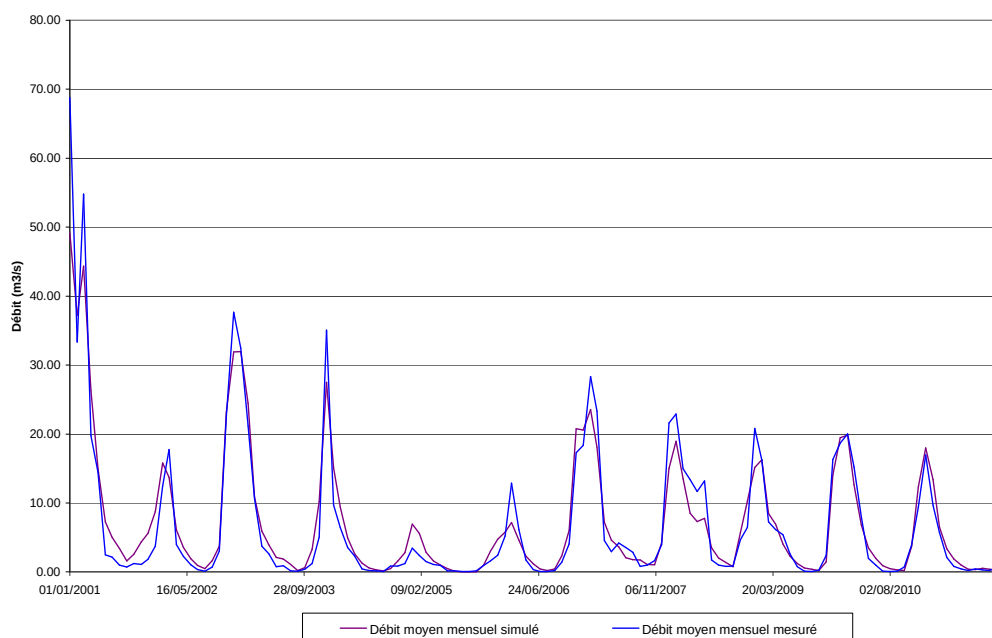


Figure 5-10 : Comparaison des débits mensuel simulés à l'issue du calage et mesurés à la station hydrométrique de Segré

La comparaison des débits caractéristiques est présentée dans le Tableau 5-6 suivant :

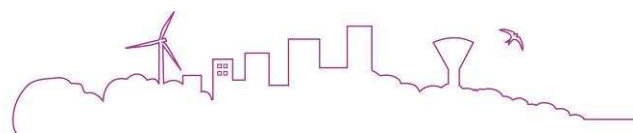


Tableau 5-6 : Comparaison des débits caractéristiques mesurés à Segré et simulés par le modèle pluie débit sur la période 2001-2011

Oudon à Segré	QMNA5	Module
Débits simulés (m3/s)	0.044	7.336
Débits mesurés (m3/s)	0.039	7.170
Différence (m3/s)	0.005	0.179

5.3.3 Critiques relatives au calage du modèle

Le calage du modèle est jugé **satisfaisant pour l'ensemble des sous bassins versants** considérés :

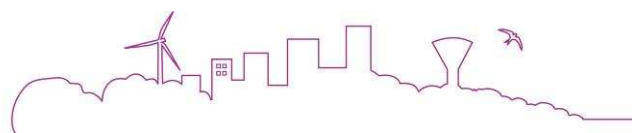
- L'Oudon à Cossé-le-Vivien
- Le Chéran à la Boissière
- L'Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné
- L'Oudon à Segré

La forme des chroniques de débits mensuels, est correctement reproduite avec un critère de Nash systématiquement supérieur à **70%** pour les chroniques de débits mensuels. Les débits caractéristiques simulés (module et QMNA5) sont également proches de ceux mesurés. Les différences sont de l'ordre du litre pour le QMNA5 et de la centaine de litres pour le module pour ces quatre sous bassins versants.

Précisons toutefois que le calage du modèle s'est avéré délicat compte tenu des faibles débits mis en jeu et de la forte réactivité du bassin versant. Les principales difficultés de calage ont été rencontrées à l'aval du territoire, sur les sous bassins versants de l'Oudon moyen et aval. En effet, il a été complexe de reproduire des valeurs de QMNA5 aussi faibles compte tenu de la taille du bassin versant drainé. Les paramètres de calage n'ont cependant pas été « forcés » et respectent bien les plages de valeurs acceptables pour chacun d'entre eux.

Par ailleurs, 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.

Enfin, dans la mesure où seuls quatre sous bassins versants sont équipés de stations hydrométriques à leur exutoire, les valeurs des paramètres de calage ont du être extrapolées aux autres masses d'eau. Ces hypothèses de modélisation peuvent engendrer quelques incertitudes sur le fonctionnement hydrologique des autres masses d'eau.



5.4 Résultats de l'hydrologie désinfluencée

5.4.1 Méthodologie

Les éléments ci-dessous présentent les résultats de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée au droit des différents sous bassins versants à l'aide du modèle pluie-débit sur la période 2001-2011.

Les tableaux récapitulent pour chaque sous bassin versant les débits caractéristiques 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 et identifie l'impact des usages sur les écoulements.

5.4.2 Présentation des résultats par sous bassin versant

L'analyse des résultats de l'hydrologie désinfluencée s'est principalement focalisée sur les écarts obtenus entre les deux chroniques de débits mensuels.

5.4.2.1 Amont du sous bassin de l'Oudon amont

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.

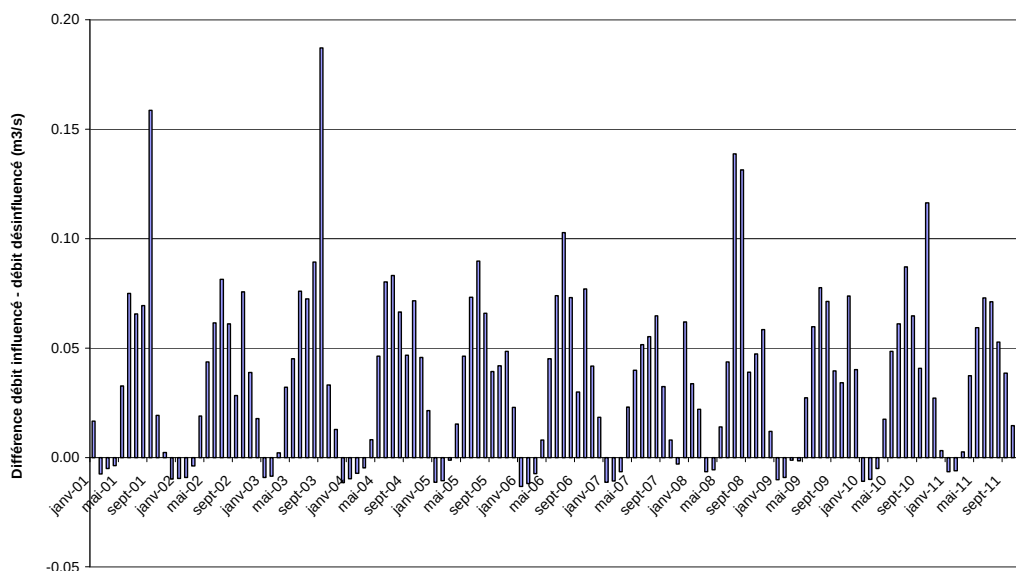


Figure 5-11 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur l'amont du sous bassin de l'Oudon amont

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

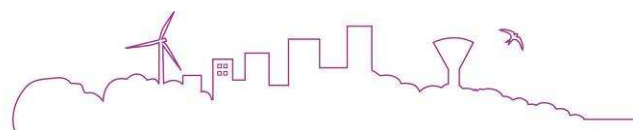


Tableau 5-7 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur l'amont de l'Oudon amont

Amont Oudon Amont	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.0036	1.004
Débits désinfluencés (m3/s)	0.0650	1.041
Différence (m3/s)	0.0614	0.036

Sur l'amont du sous bassin de l'Oudon amont, deux constats peuvent être faits :

- **De décembre 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.
- **Sur le reste de l'année**, la tendance inverse s'observe. Le débit désinfluencé est supérieur au débit influencé. Les écarts maximaux s'observent généralement pendant la période d'étiage (juillet à octobre) et traduisent l'impact des prélèvements (AEP, agricoles) et des pertes par évaporation des plans d'eau sur l'hydrologie du cours d'eau. Les volumes de rejets ne compensent pas les volumes prélevés sur la période concernée. Les écarts varient entre 75l/s et 100l/s en moyenne sur la période d'étude. La différence maximale s'observe en septembre 2003 et atteint près de 180l/s.

5.4.2.2 Aval du sous bassin de l'Oudon amont

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.

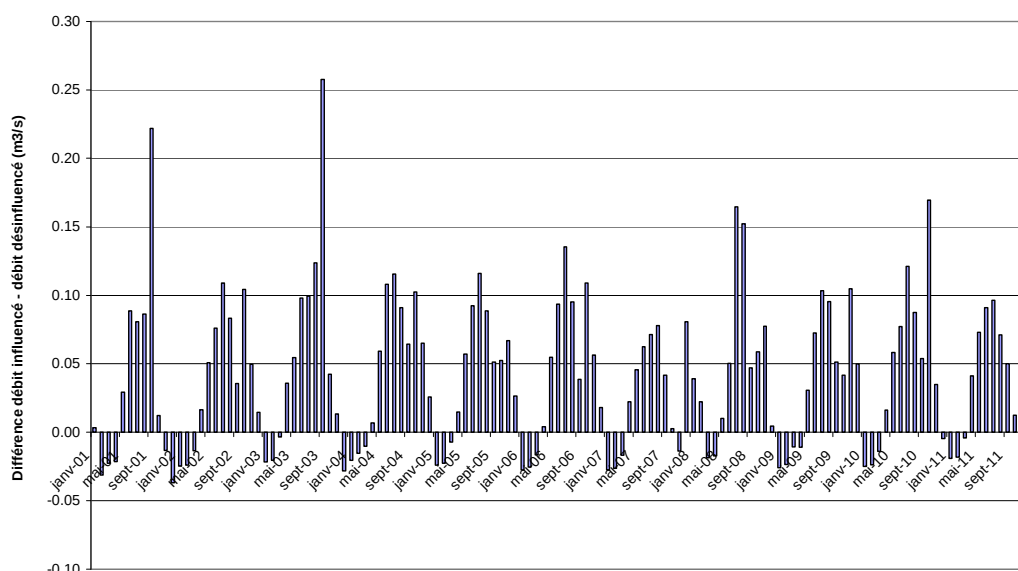
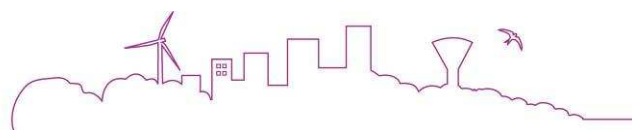


Figure 5-12 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur l'aval du sous bassin de l'Oudon amont



Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-8 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur l'aval de l'Oudon amont

Aval Oudon Amont	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.0037	1.758
Débits désinfluencés (m3/s)	0.0882	1.801
Différence (m3/s)	0.0845	0.043

Sur l'aval du sous bassin versant de l'Oudon amont, le même constat que précédemment peut être fait. Le débit « naturel » du cours d'eau est inférieur au débit influencé de décembre à mars. Sur le reste de l'année, la tendance s'inverse et le débit désinfluencé devient supérieur au débit actuel. Les écarts les plus importants s'observent également en période d'étiage et varient en moyenne entre 75l/s et 100l/s en moyenne.

Il est à noter toutefois que les résultats obtenus ici sont fortement conditionnés par ceux obtenus sur le sous bassin versant amont. En effet, le secteur aval bénéficie des gains en hydrologie désinfluencée acquis sur le sous bassin versant amont. La contribution du secteur amont est significative et traduit l'impact des prélèvements amont sur l'hydrologie du bassin versant de l'Oudon amont global.

Par ailleurs sur l'aval du sous bassin versant de l'Oudon amont, les prélèvements sont compensés en partie par les volumes de rejets au milieu naturel. Les écarts entre l'hydrologie influencée et désinfluencée sont donc moins importants que ceux obtenus sur l'amont.

5.4.2.3 Sous bassin de l'Usure

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.

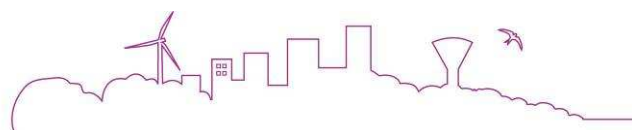
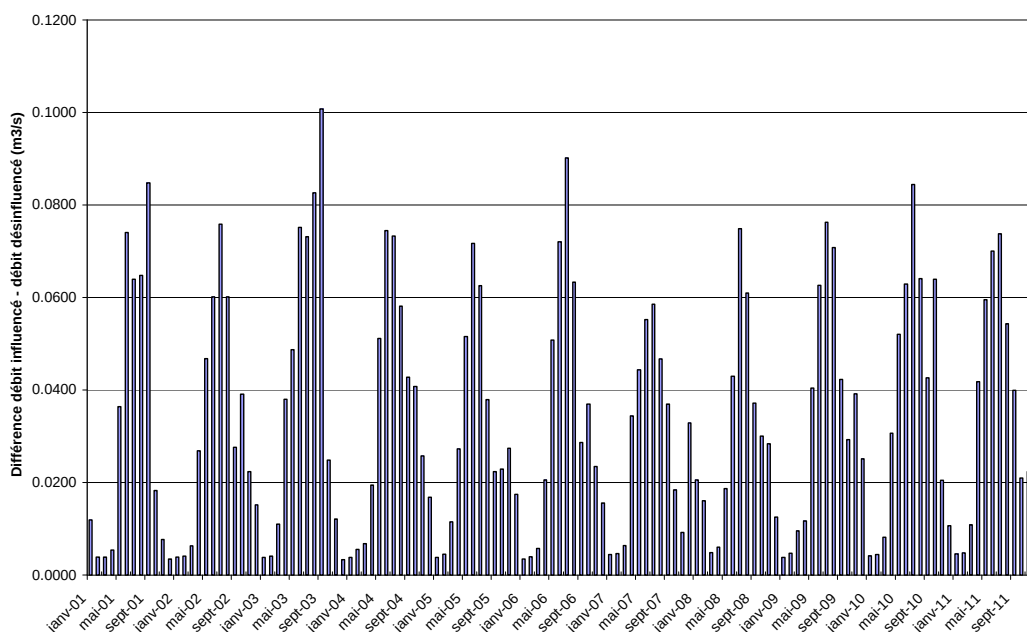


Figure 5-13 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Usure



Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-9 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Usure

Usure	QMNA5	Module
Débits influencés (m³/s)	0.0016	0.832
Débits désinfluencés (m³/s)	0.0439	0.866
Différence (m³/s)	0.0423	0.034

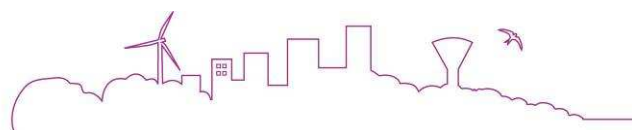
Pour l'Usure, le débit désinfluencé est supérieur au débit influencé sur l'ensemble de la période d'étude. Ce constat traduit l'importance des prélèvements (agricoles notamment) et des pertes par évaporation des plans d'eau sur l'hydrologie du bassin versant. Les volumes de rejets ne compensent pas les volumes prélevés sur la même période.

Les écarts sont notables et s'observent essentiellement de juillet à octobre. Ils varient entre 40 l/s et 80 l/s en moyenne sur ces mois. L'écart maximal est constaté en octobre 2003 et représente près de 100 l/s.

Pour les autres mois de l'année, la différence entre l'hydrologie désinfluencée et influencée est plus faible et représente moins d'une dizaine de litre.

5.4.2.4 Sous bassin de l'Hière

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



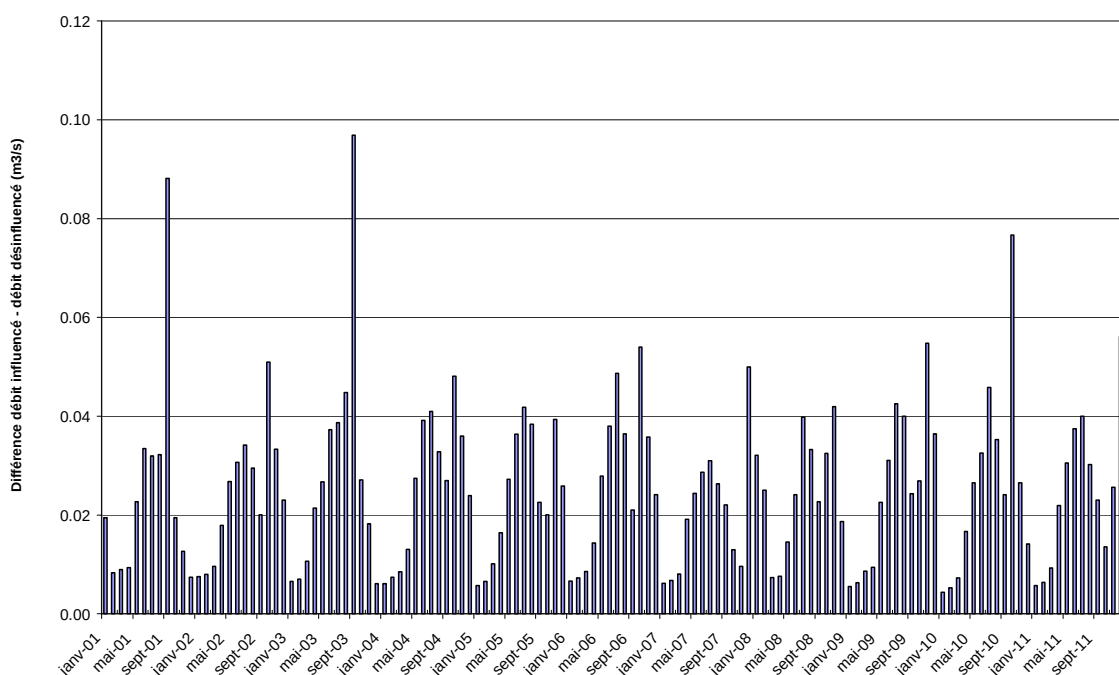


Figure 5-14 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Hière

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-10 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Hière

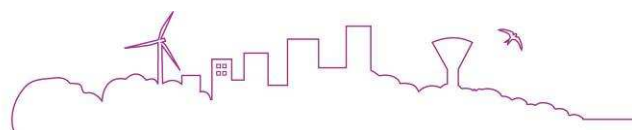
Hière	QMNA5	Module
Débits influencés (m³/s)	0.0035	0.850
Débits désinfluencés (m³/s)	0.0416	0.875
Différence (m³/s)	0.038	0.025

L'analyse précédente montre que le débit « naturel » du cours d'eau est supérieur au débit actuel sur l'ensemble de la période d'étude. Les prélèvements (AEP et agricole notamment) sont significatifs sur l'Hière et l'hydrologie se trouve également impactée par les pertes par évaporation des plans d'eau. 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 de juillet à octobre. Ils sont compris entre 20l/s et 40l/s en moyenne chaque année. Hors période d'étiage, la différence se réduit pour atteindre près de 10l/s environ.

5.4.2.5 Sous bassin du Chéran

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

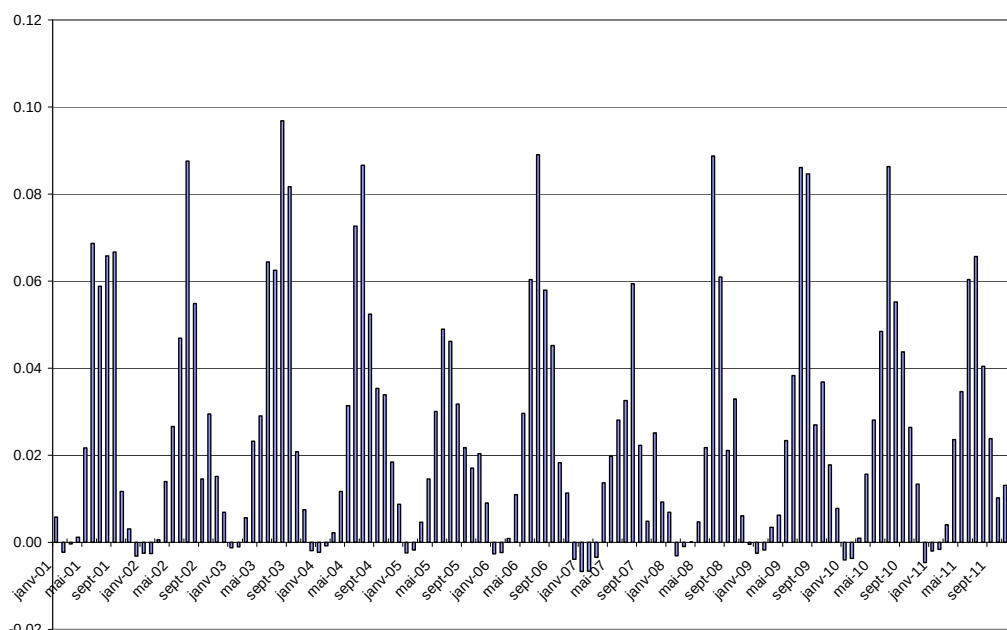


Figure 5-15 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin du Chéran

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-11 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin du Chéran

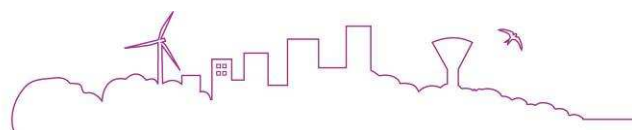
Chéran	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.0010	0.501
Débits désinfluencés (m3/s)	0.0302	0.525
Différence (m3/s)	0.0294	0.024

Sur le Chéran, deux constats peuvent être faits :

- **Hors période d'étiage – de décembre à mars** – l'hydrologie désinfluencée est proche de l'hydrologie influencée. Sur cette période, les pressions de prélèvements sont moins importantes et sont compensées par les rejets. Les écarts entre le débit « naturel » et actuel ne sont pas significatifs et représentent quelques litres uniquement.
- **Sur le reste de l'année – en particulier de juillet à octobre** – le débit désinfluencé est supérieur au débit influencé. Les gains varient entre 60l/s et 80l/s en moyenne. Les pressions de prélèvements se concentrent donc majoritairement en période d'étiage.

5.4.2.6 Sous bassin de l'Araize

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



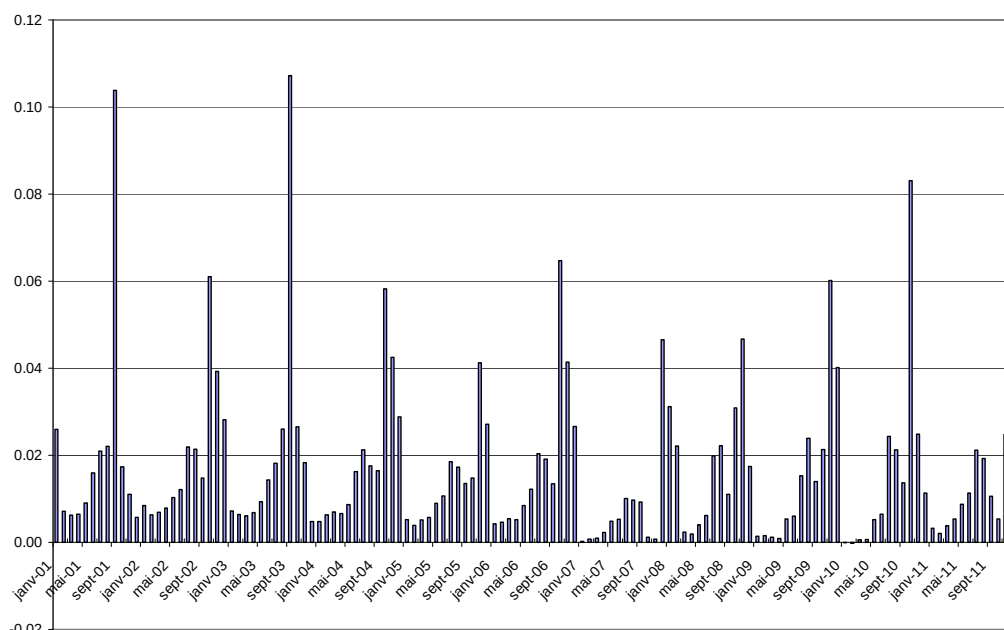


Figure 5-16 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Araize

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-12 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Araize

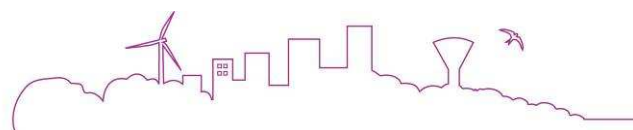
Araize	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.0029	0.588
Débits désinfluencés (m3/s)	0.0368	0.605
Différence (m3/s)	0.0340	0.017

Le débit désinfluencé est supérieur au débit influencé sur l'ensemble de la période d'étude. Les écarts oscillent entre 10 l/s et 20 l/s en moyenne sur l'année.

Par ailleurs, les pics observés chaque année sur trois mois consécutifs correspondent à la période de remplissage des plans d'eau. Ainsi, sur le bassin versant de l'Araize le remplissage des retenues à usage agricole et des plans d'eau impactent significativement l'hydrologie du bassin versant. Sur ces mois, les écarts entre l'hydrologie influencée et désinfluencée sont d'environ 40 l/s. Ils sont encore plus importants pour les années sèches et peuvent atteindre 60 l/s à 100 l/s un mois donné.

5.4.2.7 Sous bassin du Misengrain

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



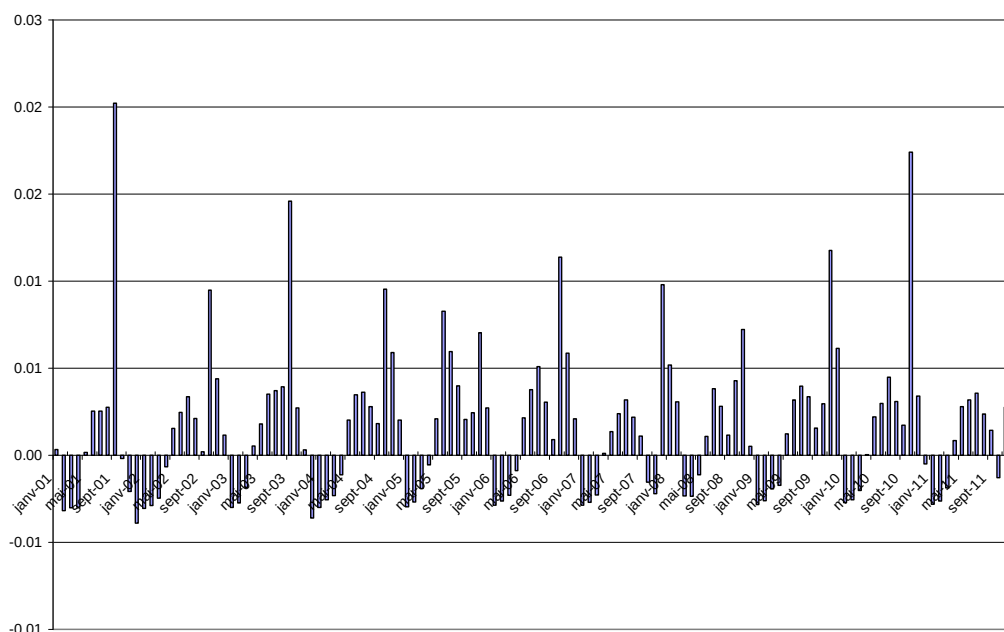


Figure 5-17 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin du Misengrain

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-13 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin du Misengrain

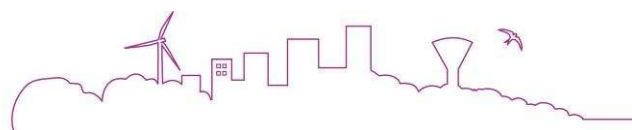
Misengrain	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.0007	0.140
Débits désinfluencés (m3/s)	0.0051	0.142
Différence (m3/s)	0.0044	0.002

Sur le Misengrain, deux régimes se distinguent :

- De décembre à mars, le débit « naturel » est inférieur (de l'ordre de quelques litres) au débit influencé. Sur cette période, les pressions de prélèvements sont moindres et sont compensées par les rejets.
- Sur le reste de l'année, la tendance s'inverse. Le débit désinfluencé devient supérieur au débit influencé. Sur cette période, Les volumes de rejets ne compensent plus les prélèvements et les pressions se renforcent (prélèvements agricoles, pertes par évaporation des plans d'eau). L'impact de la période de remplissage des plans d'eau est également visible sur la chronique précédente. Des pics s'observent ainsi certaines années sur trois mois consécutifs. Les écarts obtenus oscillent en moyenne entre 5l/s et 10l/s.

5.4.2.8 Sous bassin de l'Argos

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

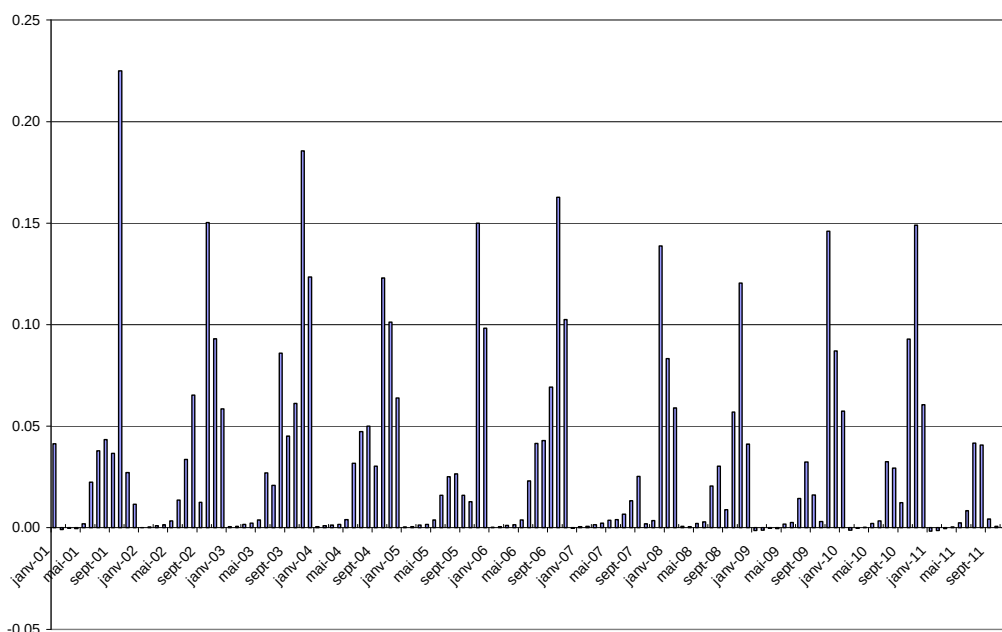


Figure 5-18 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Argos

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-14 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Argos

Argos	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.0029	0.950
Débits désinfluencés (m3/s)	0.0413	0.981
Différence (m3/s)	0.039	0.032

Sur l'Argos, le débit « naturel » est supérieur au débit influencé sur l'ensemble de la période d'étude.

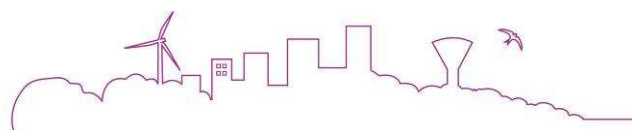
Les écarts les plus importants s'observent de juillet à octobre et traduit l'impact des prélèvements agricoles et des pertes par évaporation des plans d'eau ainsi que de leur période de remplissage sur l'hydrologie du bassin versant. Les pics observés sur trois mois consécutifs mettent ainsi en évidence l'impact du remplissage des retenues sur le territoire.

Sur cette période, les écarts les plus importants oscillent entre 50l/s et 150l/s environ.

Sur le reste de l'année, la différence entre l'hydrologie influencée et désinfluencée est quasiment nulle et les gains en débit moindre.

5.4.2.9 Sous bassin de la Verzée

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



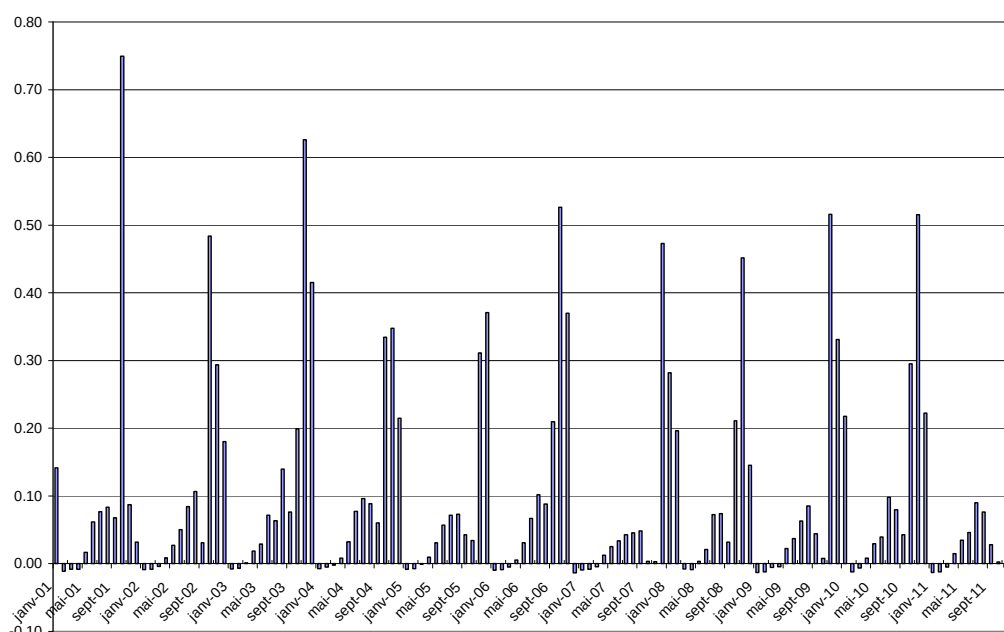


Figure 5-19 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de la Verzée

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-15 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de la Verzée

Verzée	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.002	2.249
Débits désinfluencés (m3/s)	0.103	2.347
Différence (m3/s)	0.102	0.098

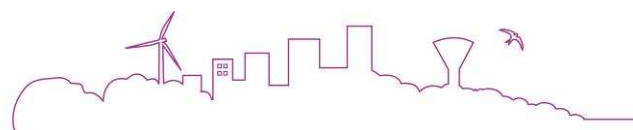
Sur la Verzée, le même constat que sur l'Argos peut être fait. L'hydrologie du bassin versant est impactée par les pressions agricoles et les pertes par évaporation des plans d'eau ainsi que les prélèvements pour leur remplissage. Sur la chronique ci-dessus, cela se traduit par deux périodes d'augmentation des débits en hydrologie désinfluencée par rapport à la situation actuelle : un pendant la période estivale, et un beaucoup plus important en période hivernale.

Sur cette période, les écarts sont de 100l/s environ et augmentent fortement sur les mois correspondant au remplissage des retenues. Les différences peuvent atteindre 300l/s à 500l/s en moyenne un mois donné. Précisons également que la Verzée bénéficie des évolutions de débits en hydrologie désinfluencée acquises sur l'Argos. La contribution du secteur amont est significative.

Enfin, sur le reste de l'année, la différence entre l'hydrologie influencée et désinfluencée est nulle voire négative.

5.4.2.10 Sous bassin de l'Oudon moyen

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.



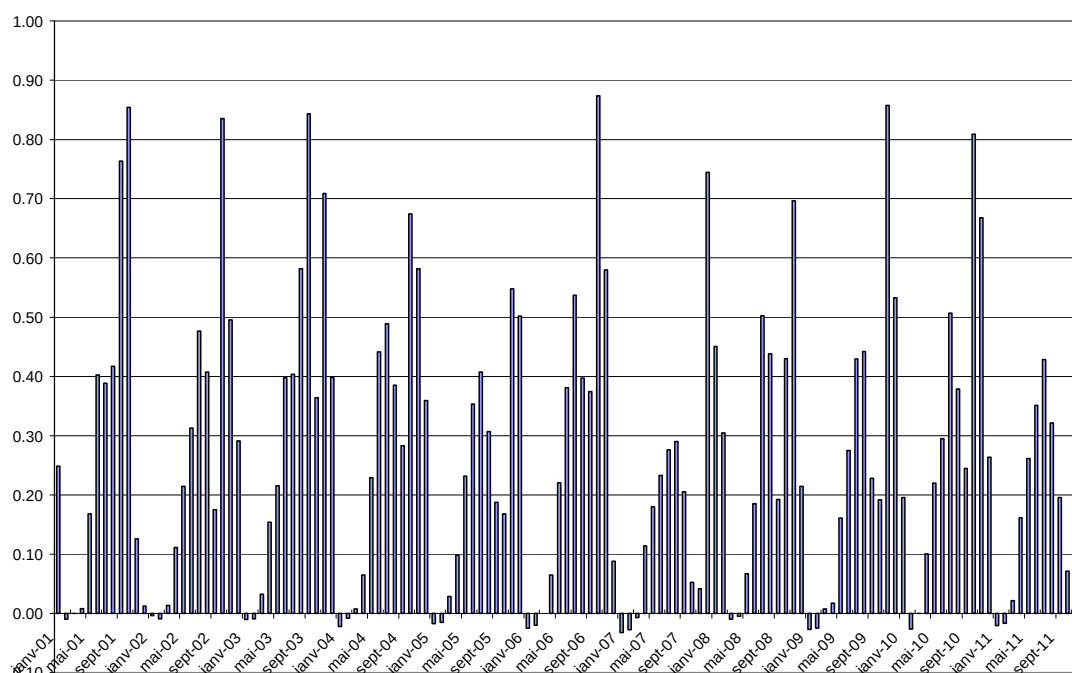


Figure 5-20 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Oudon moyen

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

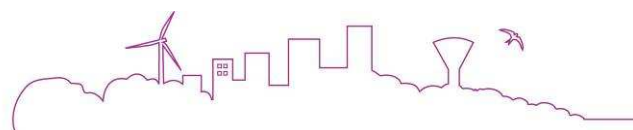
Tableau 5-16 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Oudon moyen

Oudon moyen	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.044	7.336
Débits désinfluencés (m3/s)	0.381	7.624
Différence (m3/s)	0.337	0.267

Sur le sous bassin versant de l'Oudon moyen, le débit « naturel » du cours d'eau est supérieur au débit influencé sur quasiment l'ensemble de la période d'étude. Les écarts varient en moyenne entre 400l/s et 600l/s chaque année. En hiver, l'augmentation de débit est moindre voir négative avec des volumes de rejets supérieurs aux volumes prélevés.

Il est à noter toutefois que les résultats obtenus ici sont fortement conditionnés par ceux obtenus sur les sous bassins versants amont. En effet, l'hydrologie désinfluencée de l'Oudon moyen est influencée par celles des sous bassins versants amont. Leur contribution est significative et traduit l'impact des prélèvements amont sur l'hydrologie globale du bassin versant de l'Oudon.

Par ailleurs sur le secteur de l'Oudon moyen, les prélèvements sont compensés en partie par les volumes de rejets au milieu naturel. Les écarts entre l'hydrologie influencée et désinfluencée sont donc moins importants que ceux obtenus sur l'amont.



5.4.2.11 Sous bassin de l'Oudon aval

La figure suivante présente la différence entre les débits moyens mensuels naturels et influencés.

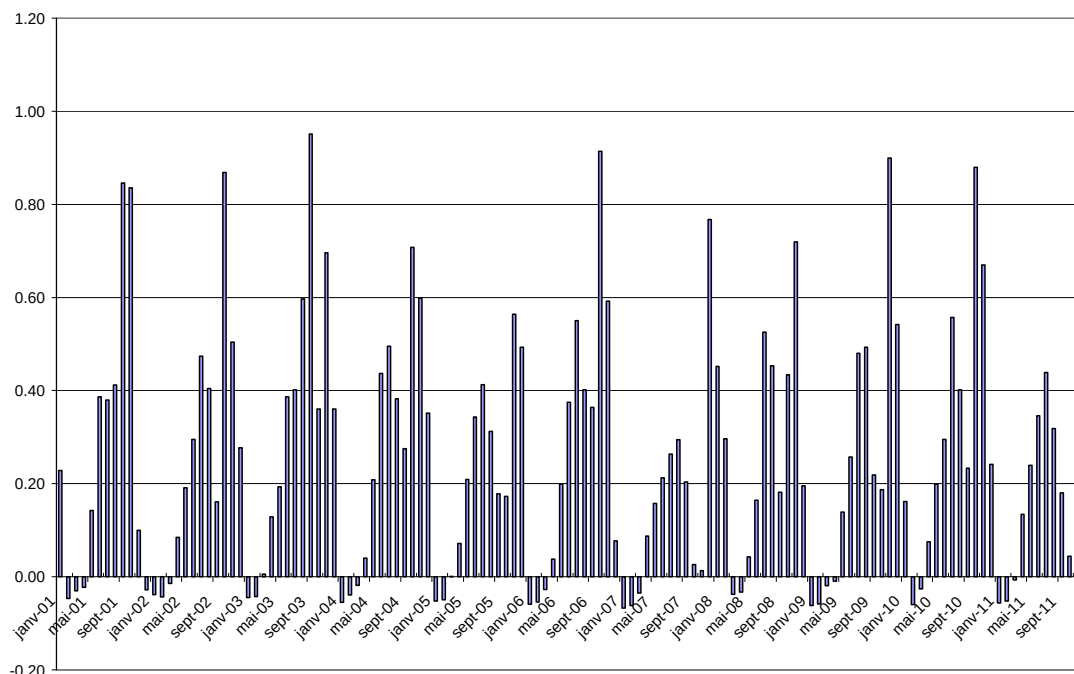


Figure 5-21 : Différence entre les débits mensuels influencés et désinfluencés sur le sous bassin de l'Oudon aval

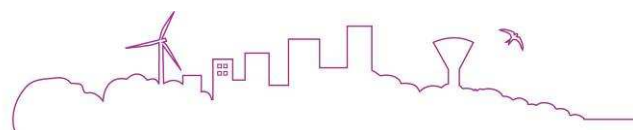
Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs caractéristiques d'étiage pour l'hydrologie influencée et désinfluencée sur la période d'étude.

Tableau 5-17 : Comparaison des débits caractéristiques en hydrologie influencée et désinfluencée sur le sous bassin de l'Oudon aval

Oudon aval	QMNA5	Module
Débits influencés (m3/s)	0.058	8.287
Débits désinfluencés (m3/s)	0.387	8.544
Différence (m3/s)	0.330	0.258

Les mêmes constats que sur l'Oudon moyen sont faits sur l'Oudon aval. Le débit « naturel » est supérieur au débit actuel du cours d'eau sur la majorité des mois de l'année. Les augmentations en débit sont pratiquement identiques à celles obtenues sur le sous bassin versant de l'Oudon moyen. En hiver, la tendance s'inverse et l'écart entre hydrologie désinfluencée et influencée est négatif.

Les résultats obtenus à l'aval de l'Oudon dépendent en grande partie des résultats obtenus sur les sous bassins versants amont. Effet, sur ce secteur, les volumes de rejets sont supérieurs aux prélèvements sur l'ensemble de la période d'étude. Les gains en hydrologie désinfluencée constatée ici dépendent donc entièrement de ceux acquis en amont.



5.5 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 sur l'ensemble de la période d'étude :

- Les bassins versants pour lesquels une augmentation nette des débits disponibles en rivière sur l'ensemble de la période d'étude est observée pour l'hydrologie désinfluencée par rapport à l'hydrologie influencée. Cette situation concerne les sous bassins de **l'Usure, l'Hière, l'Araize et l'Argos**.
- **Pour les autres sous bassins versants**, les résultats obtenus montrent une augmentation des débits en rivière en hydrologie désinfluencée (par rapport à la situation influencée) mais pas sur la période hivernale. Sur ces secteurs, les pressions sur la ressource en eau se concentrent principalement de juillet à octobre. 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. En hiver, le débit désinfluencé devient inférieur au débit actuel du cours d'eau. Les volumes de rejets compensent ainsi les volumes prélevés.

5.6 Débits caractéristiques désinfluencés sur la période 1993-2011

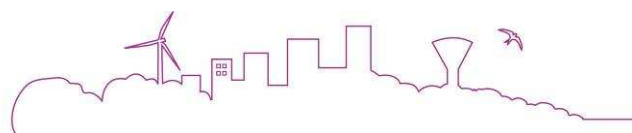
Les paragraphes précédents s'attachaient à mettre en évidence les écarts de débits entre l'hydrologie influencée et désinfluencée sur une période commune de **2001 à 2011**. L'impact des usages sur les écoulements a ainsi pu être quantifié.

Dans ce paragraphe, la période de simulation en hydrologie désinfluencée a été rallongée et s'étend de **1993 à 2011**. L'objectif de cette démarche est d'obtenir des ajustements statistiques pour chaque sous bassin versant les plus pertinents et robustes possibles. En effet, les valeurs des débits caractéristiques obtenus, module et QMNA5, pourront servir de base à la détermination des débits minimum biologiques et des débits objectifs dans les phases suivantes.

Les résultats obtenus pour chaque sous bassin versant sont précisés dans le Tableau 5-18 ci-après :

Tableau 5-18 : Débits caractéristiques désinfluencés par sous bassin versant sur la période 1993-2011

Sous bassin versant	Module (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)
Amont Oudon amont	1.139	0.0752
Aval Oudon amont	1.988	0.1031
Usure	0.946	0.0481
Hière	0.980	0.0453

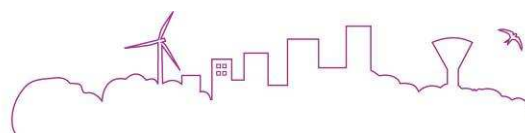


RAPPORT DE PHASE 2

Étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Oudon »

Sous bassin versant	Module (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)
Chéran	0.550	0.0350
Araize	0.625	0.0418
Misengrain	0.151	0.0056
Argos	1.030	0.0497
Verzée	2.413	0.1223
Oudon moyen	8.192	0.4290
Oudon aval	9.242	0.4372

Ces données seront valorisées dans les phases 3 et 4 de l'étude.



6

SUITE DE L'ÉTUDE

Les résultats de l'hydrologie désinfluencée obtenus en phase 2 servent de base à la détermination des Débits Objectifs et des volumes prélevables pour chaque sous bassin versant. Cette étape constitue la suite immédiate de l'étude.

Les éléments mis en évidence ici viendront également éclairer les stratégies de gestion quantitative de la ressource en eau prévue en phase 5 de l'étude.

