

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Détermination des volumes prélevables initiaux dans les cours d'eau et nappes d'accompagnement des unités de gestion en zone de répartition des eaux du bassin Adour-Garonne

BASSIN DE L'ADOUR EN AMONT DU CONFLUENT DES GAVES



Novembre 2009



Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne

Chemin de l'Alette / BP 449 / 65004 Tarbes cedex

Tél. : +33 (0)5 62 51 71 49 / Fax : +33 (0)5 62 51 71 30 / www.cacq.fr



Sommaire

1 - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	1
2 - PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE	5
3 - DEFINITION DES UNITES DE GESTION.....	6
4 - RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS JOURNALIERS.....	7
5 - DETERMINATION DES BESOINS FUTURS.....	9
5.1 - Calcul des besoins.....	9
5.1.1 - Besoins AEP	9
5.1.2 - Besoins industriels	12
5.1.3 - Besoins agricoles	15
6 - BILAN DES VOLUMES ACTUELS STOCKES DANS LES RETENUES DE REALIMENTATION PAR UNITE DE GESTION	21
7 - CALCUL DES VOLUMES PRELEVABLES POTENTIELS NATURELS.....	25
7.1 - Définition des périodes d'études	25
7.2 - Détermination du volume prélevable potentiel naturel.....	25
7.2.1 - Calculs algébriques.....	26
7.2.2 - Analyse statistique	28
7.2.3 - Commentaires sur les résultats	31
7.2.4 - Tests de sensibilité.....	33
8 - METHODE LAGON	37
8.1 - Intérêts et limites de l'approche LAGON.....	37
8.2 - Modélisation	40
8.2.1 - Modélisation du réseau hydrographique.....	40
8.2.2 - Modélisation du système de gestion.....	47
8.2.3 - Modélisation du système climatique et d'irrigation	47
8.2.4 - Modélisation du système de perturbation (ou influence)	48
8.3 - Description des simulations	51
8.3.1 - Préambule sur l'obtention des résultats et les valeurs statistiques prises en compte.....	51
8.3.2 - Recherche des volumes d'écrêtement correspondant à un déficit négligeable	53

8.4 - Présentation des hypothèses	55
8.4.1 - Hypothèse sur les surfaces irriguées, prélèvements AEP et industriels.....	55
8.4.2 - Hypothèses de comportement et de valeurs d'écrêtement des prélèvements agricoles	55
8.4.3 - Coefficient d'efficacité de gestion	56
8.4.4 - Les débits consignés : débits objectifs aval et objectifs intermédiaires.....	57
8.4.5 - Période de calcul des déficits	58
8.4.6 - Synthèse des hypothèses, données d'entrée et paramètres de calcul	58
8.5 - Volumes prélevables par l'irrigation par unité de gestion	58
8.5.1 - Les unités de gestion du PGE Adour amont.....	59
8.5.2 - Les unités de gestion du SAGE Midouze	66
8.5.3 - Les unités de gestion du PGE Luys-Louts.....	74
8.5.4 - L'axe Adour en aval d'Audon	77
9 - SYNTHÈSE SUR LES VOLUMES PRÉLEVABLES	81
10 - ANNEXES	85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : description des unités de gestion de l'Adour et débits objectifs.....	1
Tableau 2 : commentaires concernant les débits objectifs.....	2
Tableau 3 : méthodes de détermination des débits naturels.....	7
Tableau 4 : besoins AEP 2014 entre juin et octobre (par unité de gestion).....	10
Tableau 5 : besoins AEP 2014 entre juin et octobre (regroupement des UG).....	11
Tableau 6 : rejets en rivière des eaux "AEP" épurées (par UG).....	12
Tableau 7 : rejets en rivière des eaux "AEP" épurées (regroupement des UG)	12
Tableau 8 : besoins industriels 2014 entre juin et octobre (par unité de gestion).....	13
Tableau 9 : besoins industriels 2014 entre juin et octobre (regroupement des UG).....	13
Tableau 10 : rejets en rivière des eaux industrielles (par UG)	14
Tableau 11 : rejets en rivière des eaux industrielles (regroupement des UG).....	15
Tableau 12 : analyse des besoins unitaires théoriques par unité de gestion.....	18
Tableau 13 : surfaces irriguées en hectares (par unité de gestion).....	19
Tableau 14 : surfaces irriguées en hectares (regroupement des UG).....	19
Tableau 15 : ressources stockées par unité de gestion.....	22
Tableau 16 : ressources stockées (regroupement des UG).....	23
Tableau 17 : définition des périodes d'irrigation moyennes	25
Tableau 18 : volumes prélevables potentiels naturels par unité de gestion (tous usages)	27
Tableau 19 : volumes prélevables potentiels naturels de fréquence quinquennale sèche par unité de gestion (tous usages).....	29
Tableau 20 : définition d'un débit maximal de prélèvement	34
Tableau 21 : description des régions agricoles.....	48
Tableau 22 : fonctions de transfert appliquées par aquifère et par domaine hydrogéologique lors de l'étude Midouze 2008 et dans la présente étude	51
Tableau 23 : débits objectifs pris en compte en aval des UG	57
Tableau 24 : synthèse des volumes prélevables pour l'irrigation (1 ^{er} juin – 31 octobre).....	81
Tableau 25 : synthèse des volumes prélevables initiaux pour chaque usage	83
Tableau 26 : valeurs de débits consignés en aval des axes Louet et Arros	1
Tableau 27 : déficits absolus simulés par LAGON sur l'UG « Estirac-Aire »	2
Tableau 28 : valeurs de débits consignés en aval des axes Louet et Arros	3
Tableau 29 : déficits absolus simulés par LAGON sur l'UG « Luys »	4

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : unités de gestion du bassin de l'Adour	3
Figure 2 : logigramme méthodologique	6
Figure 3 : besoins AEP par unité de gestion.....	11
Figure 4 : besoins industriels par unité de gestion.....	14
Figure 5 : délimitation de la « zone des sables »	17
Figure 6 : répartition des surfaces irriguées par UG en fonction du type de ressource	20
Figure 7 : répartition des surfaces irriguées par unité de gestion.....	20
Figure 8 : débit naturel (QNJ) et débit objectif (Qobj)	26
Figure 9 : répartition spatiale des VppNat	31
Figure 10 : répartition temporelle des VppNat	31
Figure 11 : VppNat avec et sans crue pour l'UG en amont d'Estirac.....	35
Figure 12 : VppNat avec et sans crue pour l'UG entre Campagne et l'Adour.....	35
Figure 13 : comparaison des VppNat par approche globale ou BV intermédiaire (bassin de l'Adour en amont de la confluence avec les Gaves).....	36
Figure 14 : comparaison des VppNat par approche globale ou BV intermédiaire (bassin de la Midouze en amont de la confluence avec l'Adour).....	36
Figure 15 : modélisation du bassin de l'Adour	41
Figure 16 : modélisation des bassins versants des Luys et du Louts.....	43
Figure 17 : modélisation du bassin de la Midouze.....	45
Figure 18 : fonctions de transfert utilisées	50
Figure 19 : chronique de déficits absolus entre juin et octobre pour l'unité de gestion « Adour Amont Estirac »	52
Figure 20 : exemple d'ajustement statistique sur une chronique de déficits.....	52
Figure 21 : exemple de variation linéaire du déficit en fonction du niveau d'écrêtement des prélèvements agricoles.....	54
Figure 22 : exemple de variation du déficit en fonction du niveau d'écrêtement des prélèvements agricoles dans des unités de gestion du cas n°2.....	55
Figure 23 : transferts hydrauliques à partir du réservoir du Gabas	60
Figure 24 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour en amont d'Estirac »	61
Figure 25 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Estirac et Aire/Adour »	62
Figure 26 : déficit résiduel calculé, pour comparaison, selon les mêmes principes que lors de l'étude CACG 2005 (sans comptabiliser pour cette UG les 6 Mm3 du Gabas dédiés à l'Adour) en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Estirac et Aire/Adour »	63
Figure 27 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Lées »	64

Figure 28 : déficit résiduel calculé, pour comparaison, selon les mêmes principes que lors de l'étude CACG 2005 (calculé sur l'UG Léés en comptabilisant la totalité des 12 Mm3 du Gabas) en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Léés »	65
Figure 29 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Aire/Adour et Audon »	65
Figure 30 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Douze en amont de Roquefort »	68
Figure 31 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Douze en aval de Roquefort »	69
Figure 32 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midour en amont d'Arthez »	70
Figure 33 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midour en aval d'Arthez »	71
Figure 34 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne »	72
Figure 35 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midouze entre Campagne et l'Adour »	73
Figure 36 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Louts »	75
Figure 37 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Luys »	76
Figure 38 : déficit « observé » à la station de St-Vincent-de-Paul.....	78
Figure 39 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul »	78
Figure 40 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul »	79
Figure 41 : détermination des déficits nuls sur l'UG « Estirac-Aire »	2
Figure 42 : détermination des déficits nuls sur l'UG « Luys »	4

1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Dans le cadre de l'étude de détermination des volumes prélevables initiaux conduite par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le bassin du fleuve Adour entre sa source et sa confluence avec les Gaves a été prédécoupé en 14 unités de gestion (Cf. Figure 1).

Ces unités de gestion sont décrites dans le Tableau 1 : elles sont en particulier caractérisées par un débit aval dont l'objectif est de pouvoir le garantir au moins quatre années sur cinq.

Tableau 1 : description des unités de gestion de l'Adour et débits objectifs

Identifiant de l'UG	Nom de l'unité de gestion	Surface En km ²	Point de contrôle	Débit Objectif Qobj en m ³ /s
AD_AM_ES	Adour en amont d'Estirac	1 141	Estirac	3.30
AD_ES_AI	Adour entre Estirac et Aire/Adour en amont de Aire/Adour		Aire/Adour amont	4.50
	Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	1 087	Aire/Adour aval	5.80
LE_AM_AV	Lées de la source à la confluence avec l'Adour	445	Bernède	0.50
AD_AI_AU	Adour entre Aire/Adour et Audon	1 145	Audon	8.20
MI_AM_RO	Douze en amont de Roquefort	452	Roquefort	0.35
MI_DO_AV	Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	775	Station fictive Domi ¹	2.40
MI_MI_AM	Midour en amont d'Arthez	507	Arthez	0.12
MI_MI_AV	Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	280	Mont-de-Marsan	1.60
MI_MO_CA	Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	513	Campagne	5.60
MI_CA_AD	Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	628	Tartas	5.30
LO_AM_AV	Louts	286	Gamarde	0.14
AD_AU_VI	Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	246	Saint-Vincent-de-Paul	18.00
LU_AM_AV	Luys	1 231	Saint-Pandelon	1.20
AD_VI_GA	Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	437	Station fictive Adour-Gaves	20.30

¹ En l'absence de station de mesure sur ce tronçon, ce point « Domi » (pour « Douze au confluent Midour ») est un point fictif sur la Douze à Mont-de-Marsan en amont immédiat de la confluence

Le Tableau 2 précise les hypothèses retenues pour fixer ces débits objectifs.

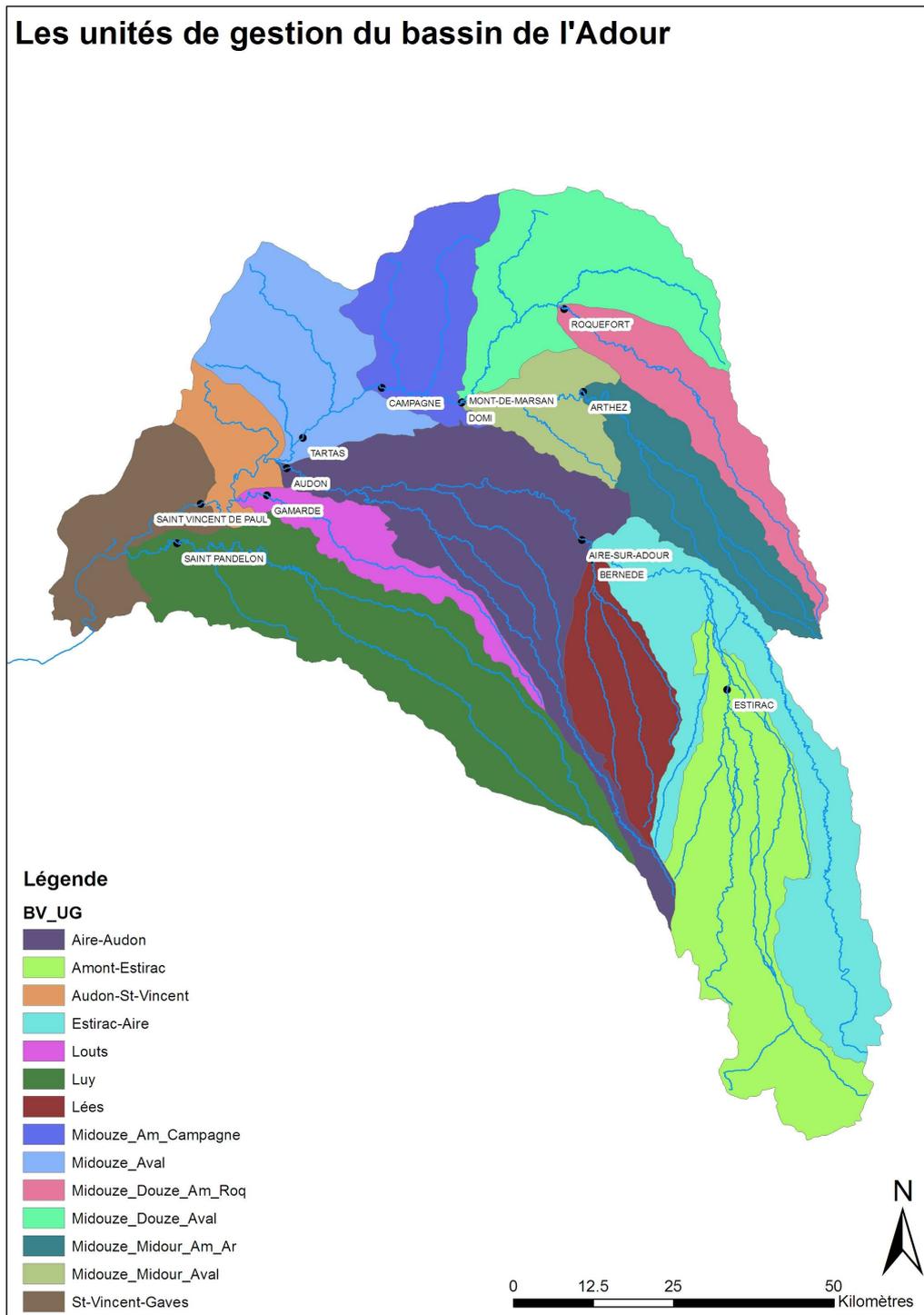
Tableau 2 : commentaires concernant les débits objectifs

Point de contrôle	Débit Objectif (m ³ /s)	Commentaires
Estirac	3.30	DOE
Aire/Adour amont	4.50	DOE inscrit au projet de SDAGE 2010-2015
Aire/Adour aval	5.80	DOE
Bernède	0.50	Débit Seuil de Gestion du barrage du Gabas sur le bassin des Lées
Audon	8.20	DOE
Roquefort	0.35	QMNA5 naturel, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
Station fictive Domi ²	2.40	Débit biologique de crise, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
Arthez	0.12	DSR et DMS définis dans l'arrêté interpréfectoral du 06 juillet 2004, valeurs retenues dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
Mont-de-Marsan	1.60	Débit biologique de crise, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
Campagne	5.60	Débit biologique objectif, valeur ayant reçu un avis favorable par le comité de bassin pour devenir la valeur du DOE à Campagne dans le cadre du SDAGE 2010-2015
Tartas	5.30	Débit biologique de crise, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
Gamarde	0.14	QMNA5 naturel
Saint-Vincent-de-Paul	18.00	DOE
Saint-Pandelon	1.20	Valeur proposée comme DOE suite aux études du PGE Luys/Louts
Station fictive Adour-Gaves	20.30	(DOE St Vincent de Paul + DOE St Pandelon) x correction de bassin versant

La définition de ces débits objectifs résulte des compromis trouvés entre les acteurs locaux au cours des démarches de concertation passées dans le cadre de l'élaboration du SDAGE et/ou des PGE. Pour la station la plus aval à la confluence Adour-Gaves, le débit retenu est une combinaison des débits objectifs des deux bassins amont de l'Adour et des Luys, augmentée du prorata de bassin versant intermédiaire situé entre Saint-Vincent-de-Paul et la confluence Adour-Gaves : il convient cependant de relativiser ce débit objectif dans la mesure où ce tronçon de l'Adour est sous influence de la marée ; par conséquent, la mesure du débit ne peut être réalisée dans de bonnes conditions car l'effet de marée permet de maintenir les hauteurs d'eau à un niveau important et compatible avec les prélèvements actuels (en pratique, il n'y a pas de station hydrométrique en ce point).

² En l'absence de station de mesure sur ce tronçon, ce point « Domi » (pour « Douze au confluent Midour ») est un point fictif sur la Douze à Mont-de-Marsan en amont immédiat de la confluence

Figure 1 : unités de gestion du bassin de l'Adour



(NB : Rattaché au système Neste, le bassin du Bouès est en dehors de la zone d'étude)

2- PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE

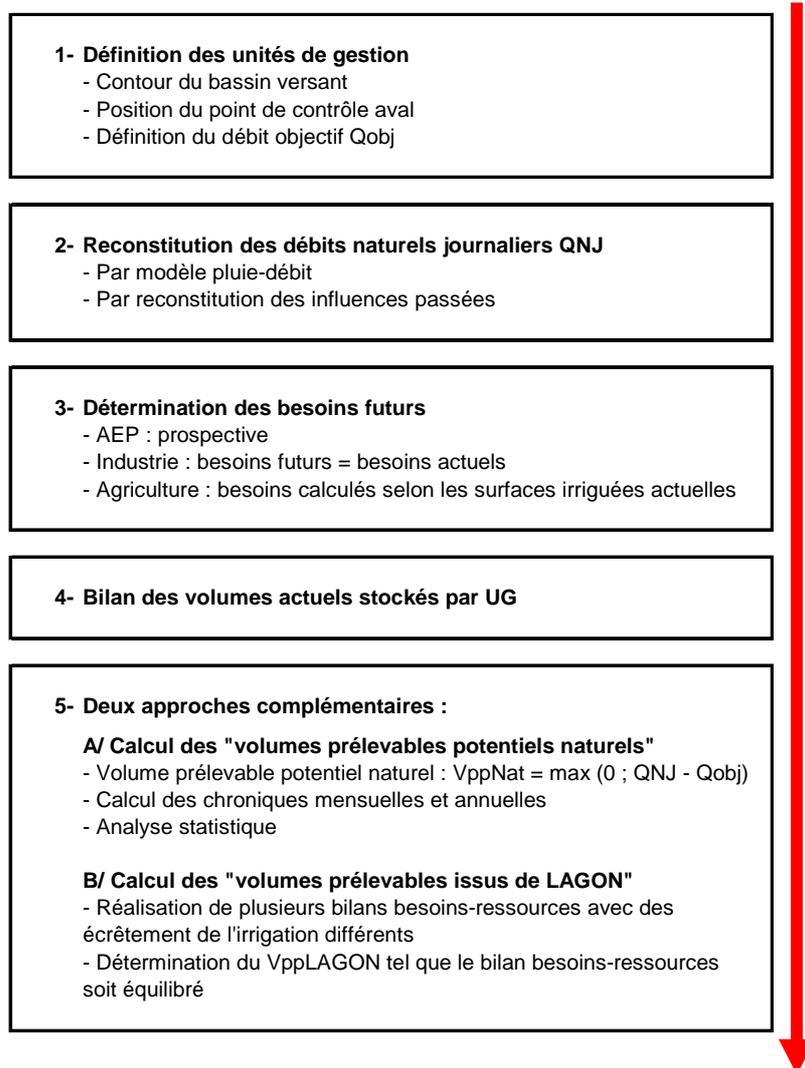
La méthodologie mise en œuvre pour la détermination des volumes prélevables sur le bassin de l'Adour est basée sur une double approche :

1. détermination des volumes que nous appellerons « **volumes prélevables potentiels naturels** », basée sur le calcul du terme $Q_{NJ} - Q_{obj}$ (débit naturel – débit objectif) au pas de temps journalier, au niveau du point de contrôle de chaque UG ; ces volumes représentent donc le **surplus d'écoulement naturel par rapport au DOE** constaté au point de consigne aval de chaque unité de gestion ;
2. détermination des « **volumes prélevables par l'ensemble des usages à partir du logiciel LAGON** » : cette approche est basée sur l'utilisation du logiciel LAGON développé par la CACG qui permet le calcul de bilans besoins-ressources ; il s'agit pour cette seconde approche de réaliser plusieurs bilans, tenant compte de l'état actuel des ressources en eau (débits naturels et ressources stockées) et des besoins en eau actuels pour l'industrie et l'irrigation (au travers des surfaces irriguées pour ce second terme) et futurs pour l'usage eau potable. Chaque bilan besoins-ressources calculé correspond à un scénario différent de limitation des prélèvements agricoles au travers de l'application de volumes d'écêtement des prélèvements d'irrigation. Le volume prélevable par l'irrigation issu de LAGON est calculé par la formule « **SI actuelle X valeur d'écêtement** » avec les valeurs d'écêtement permettant d'équilibrer le bilan besoins-ressources.

L'intérêt de l'approche LAGON pour déterminer les volumes prélevables initiaux réside dans la **finesse de modélisation du bassin** : le logiciel prend en compte en effet la **complexité du réseau hydrographique** (barrages, canaux...), la **localisation des besoins et des ressources** à une échelle relativement fine à l'intérieur de chaque unité de gestion et l'impact des **prélèvements en nappes d'accompagnement** sur l'évolution des débits mesurés dans les cours d'eau (l'effet d'un prélèvement en nappe sur les écoulements superficiels est en général atténué et décalé dans le temps) ; de plus, les excédents d'eau non consommés en **amont** sont disponibles pour l'**aval** ; enfin, cette approche permet d'assurer une **cohérence avec les études antérieures** déjà menées sur l'Adour amont, la Midouze et les bassins Luys-Louts dans le cadre des PGE et SAGE.

Notre méthodologie est résumée dans la Figure 2.

Figure 2 : logigramme méthodologique



3- DEFINITION DES UNITES DE GESTION

Le bassin de l'Adour est finalement composé des 14 unités de gestion présentées au paragraphe 1.

4- RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS JOURNALIERS

Compte tenu du découpage retenu, il a fallu reconstituer les débits naturels en aval de chacune des unités de gestion retenue sur la période 1970-2006.

Les données et méthodes utilisées sont détaillées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : méthodes de détermination des débits naturels

Point de contrôle	Source des données ³	Méthode de reconstitution des débits naturels
Estirac	Etude EAUCEA pour Institution Adour (2008)	Modèle pluie-débit couplé à modèle de reconstitution des prélèvements passés
Aire/Adour		
Audon		
Bernède	Etude CACG pour Institution Adour (2005) complétée	Modèle pluie-débit
Roquefort	Etude CACG pour Institution Adour (2008)	Reconstitution des prélèvements passés puis calage d'un modèle pluie-débit sur cette reconstitution et extrapolation aux bassins versants sans station hydrométrique
Domi		
Arthez		
Mont-de-Marsan		
Campagne		
Tartas		
Gamarde	Etude CACG pour Institution Adour (2006) complétée	Modèle pluie-débit sur station d'Hagetmau puis extrapolation à Gamarde
Saint-Vincent-de-Paul	Reconstitution CACG 2009 pour la présente étude	Intégration des QNJ amont et modèle pluie-débit pour les apports intermédiaires
Saint-Pandelon	Etude CACG pour Institution Adour (2006) complétée	Modèle pluie-débit
Station fictive Adour-Gaves	Reconstitution CACG 2009 pour la présente étude	Combinaison linéaire des QNJ amont

L'ensemble des données QNJ utilisées pour la présente étude sont rassemblées en annexe (sur CD-ROM).

³ Les références des études citées ici sont fournies en annexe

5- DETERMINATION DES BESOINS FUTURS

5.1- Calcul des besoins

Cette étape de l'étude consiste à établir le bilan des besoins pressentis à l'horizon 2015-2020 :

- Pour l'eau potable, nous utilisons les analyses prospectives réalisées dans le cadre des schémas départementaux d'AEP et des données de l'INSEE concernant les scénarios d'évolution de la population afin de réévaluer la consommation actuelle ; les données de base sont constituées par les informations sur les prélèvements AEP fournies par l'Observatoire de l'Eau du Bassin de l'Adour (sources primaires : Agence de l'Eau Adour-Garonne et DDASS) ;
- Pour l'industrie, nous faisons l'hypothèse que les besoins seront constants et qu'ils pourront être déterminés à partir des autorisations actuelles ; les données de base relatives aux prélèvements sont constituées des fichiers redevance de l'Agence de l'Eau ;
- Pour l'agriculture, nous nous basons également sur la situation connue actuellement en termes de surface irriguées et/ou de quotas autorisés (en volume ou en débit).

5.1.1- Besoins AEP

L'analyse a été réalisée à partir des données compilées par l'Observatoire de l'eau. Nous avons ainsi pu affecter chaque prélèvement à l'un des sous-bassins de la zone d'étude. L'analyse historique de ces prélèvements montre une relative constance entre 2003 et 2007 autour de 47 Mm³ pour l'ensemble du bassin.

Afin d'intégrer les évolutions des besoins d'ici 2014, nous avons intégré :

- Les informations des schémas départementaux d'eau potable et celles des services de police de l'eau : aucun projet d'envergure ne semble susceptible de remettre en cause les points de prélèvement actuels ;
- Les données de l'INSEE concernant la prospective d'évolution des populations par département : le taux d'évolution annuel attendu de la population dans les quatre départements concernés est de l'ordre de 0,05% (0,01% dans les Hautes-Pyrénées, 0,02% dans le Gers, 0,04% dans les Pyrénées Atlantiques et 0,07% dans les Landes) ; nous avons appliqué ces taux aux besoins AEP mais cela ne représente que 150 000 m³ de plus en 2014.

Ces prélèvements ont ensuite été répartis :

- Selon la période du besoin : nous avons déterminé un débit fictif continu constant sur l'année ;
- Selon le type de ressource : rivière, nappes influençant les débits (y compris les sources), nappes profondes.

Il en résulte un besoin global de **13 Mm³** pour la période d'étiage, en 2014 et pour les ressources influençant les débits (notons que l'intégration de l'évolution de la population entre 2007 et 2014 n'amène qu'un besoin supplémentaire de 7 000 m³).

Le Tableau 4 et la Figure 3 détaillent la répartition de ces besoins selon les unités de gestion et le type de ressource (rivière ou nappe influençant les débits et nappes profondes).

Tableau 4 : besoins AEP 2014 entre juin et octobre (par unité de gestion)

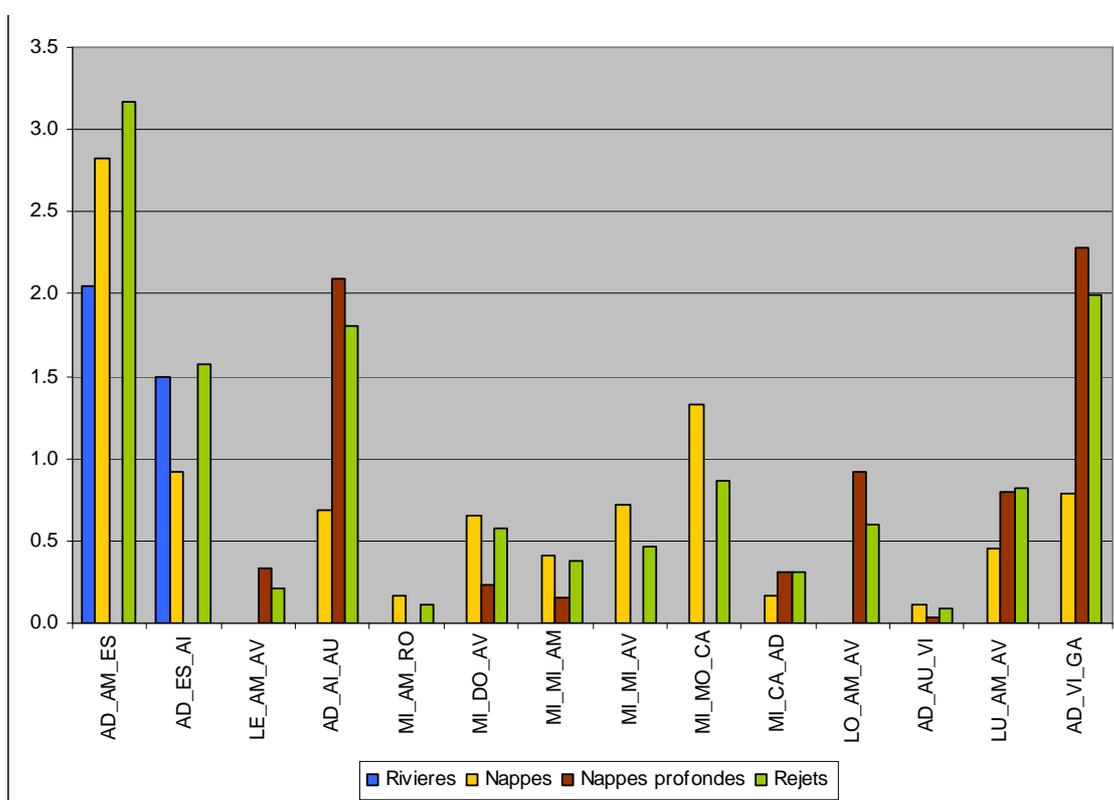
Nom de l'unité de gestion	Besoins en rivière (Mm ³)	Besoins en nappe (Mm ³)	Besoins en nappe profonde (Mm ³)	Besoins totaux (Mm ³)
Adour en amont d'Estirac	2.05	2.82	0.00	4.87
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	1.50	0.92	0.00	2.42
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	0.00	0.00	0.33	0.33
Adour entre Aire/Adour et Audon	0.00	0.69	2.09	2.78
Douze en amont de Roquefort	0.00	0.17	0.00	0.17
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	0.00	0.65	0.24	0.89
Midour en amont d'Arthez	0.00	0.41	0.16	0.57
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	0.00	0.72	0.00	0.72
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	0.00	1.33	0.00	1.33
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	0.00	0.16	0.31	0.47
Louts	0.00	0.00	0.92	0.92
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	0.00	0.11	0.03	0.14
Luys	0.00	0.46	0.80	1.26
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	0.00	0.79	2.28	3.07
TOTAL	3.55	9.23	7.16	19.93

Dans le Tableau 5, ces besoins sont regroupés par périmètre de PGE ou de SAGE pour comparaison avec les études antérieures.

Tableau 5 : besoins AEP 2014 entre juin et octobre (regroupement des UG)

Nom du PGE ou du SAGE	Besoins en rivière (Mm ³)	Besoins en nappe (Mm ³)	Besoins en nappe profonde (Mm ³)	Besoins totaux (Mm ³)
PGE ADOUR AMONT	3.55	4.43	2.42	10.40
SAGE MIDOUZE	0.00	3.45	0.70	4.15
PGE LUYS-LOUTS	0.00	0.46	1.72	2.18
AUTRES UNITES DE GESTION	0.00	0.90	2.31	3.21

Figure 3 : besoins AEP par unité de gestion



Ces besoins sont bruts et doivent en fait être réduits pour tenir compte des rejets dans le milieu naturel après épuration. Selon les données de l'Agence de l'Eau, on estime que 65% des prélèvements sont rendus au milieu naturel. Cela signifie que les rivières peuvent recevoir davantage que ce qu'elles ont perdu puisque les prélèvements en nappe profonde sont bien entendu restitués dans les eaux superficielles. Les résultats par unité de gestion sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : rejets en rivière des eaux "AEP" épurées (par UG)

Nom de l'unité de gestion	Rejets AEP en rivière (Mm ³)
Adour en amont d'Estirac	3.16
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	1.57
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	0.22
Adour entre Aire/Adour et Audon	1.81
Douze en amont de Roquefort	0.11
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	0.58
Midour en amont d'Arthez	0.37
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	0.47
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	0.87
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	0.31
Louts	0.60
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	0.09
Luys	0.82
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	1.99
TOTAL	12.96

Le regroupement des unités de gestion pour comparaison avec les études antérieures est réalisé dans le Tableau 7.

Tableau 7 : rejets en rivière des eaux "AEP" épurées (regroupement des UG)

Nom du PGE ou du SAGE	Rejets AEP en rivière (Mm ³)
PGE ADOUR AMONT	6.76
SAGE MIDOUZE	2.70
PGE LUYS-LOUTS	1.42
AUTRES UNITES DE GESTION	2.09

On peut donc retenir que les besoins AEP sont de l'ordre de 20 Mm³ en période d'étiage (juin à octobre), tous types de ressources confondus, dont 13 Mm³ sont prélevés en rivière ou nappe d'accompagnement. Et comme les rejets sont de l'ordre de 13 Mm³ également, on peut considérer que les besoins AEP sont globalement neutres vis-à-vis des débits en rivière.

5.1.2- Besoins industriels

Les besoins industriels ont été déterminés à partir des fichiers redevances de l'Agence de l'eau. L'hypothèse retenue pour estimer les besoins 2014 est celle du statut quo par rapport à la situation actuelle.

Comme pour les besoins AEP, les points de prélèvements ont été affectés aux sous-bassins de la zone d'étude et regroupés selon le type de ressource. Nous avons également considéré que les prélèvements étaient constants sur la période de juin à octobre.

Le besoin annuel global s'élève par conséquent à 24,2 Mm³, soit 10,2 Mm³ pour la seule période d'étiage. Le détail de ces besoins par unité de gestion et par type de ressource est présenté dans le Tableau 8 : il en ressort que 77% des prélèvements (soit 7,9 Mm³) influencent les débits des cours d'eau (cf. aussi la Figure 4).

Tableau 8 : besoins industriels 2014 entre juin et octobre (par unité de gestion)

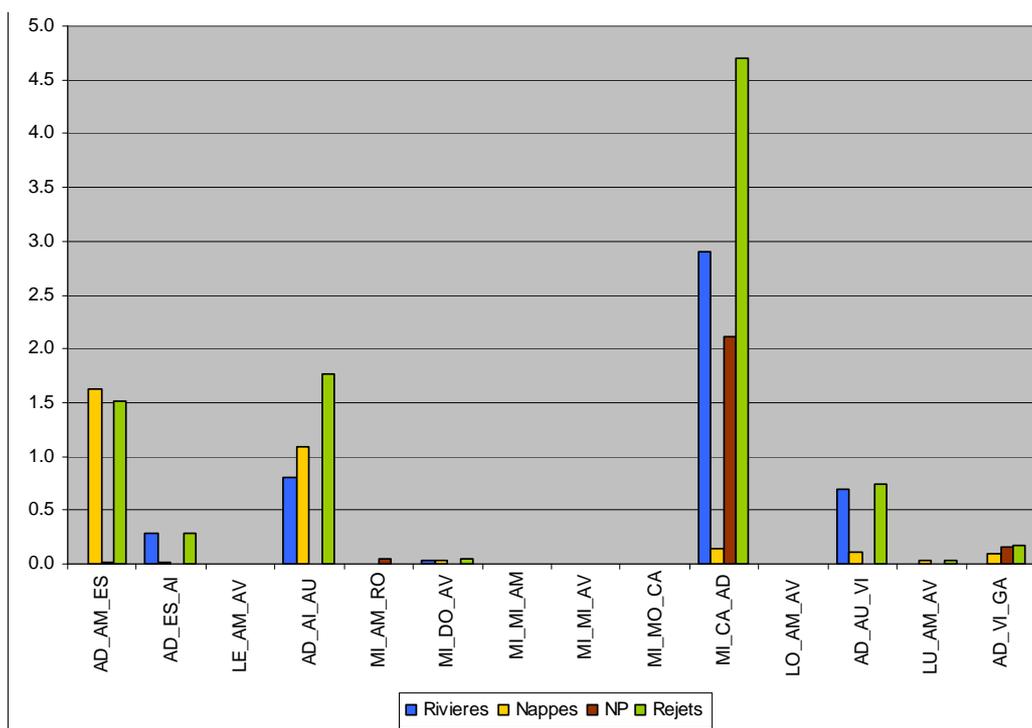
Nom de l'unité de gestion	Besoins en rivière (Mm ³)	Besoins en nappe (Mm ³)	Besoins en nappe profonde (Mm ³)	Besoins totaux (Mm ³)
Adour en amont d'Estirac	0.01	1.62	0.02	1.65
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	0.29	0.01	0.00	0.30
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	0.00	0.00	0.00	0.00
Adour entre Aire/Adour et Audon	0.80	1.09	0.01	1.90
Douze en amont de Roquefort	0.00	0.00	0.04	0.04
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	0.03	0.03	0.00	0.06
Midour en amont d'Arthez	0.00	0.00	0.00	0.00
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	0.00	0.00	0.00	0.00
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	0.00	0.01	0.00	0.01
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	2.90	0.14	2.12	5.16
Louts	0.00	0.00	0.00	0.00
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	0.69	0.11	0.00	0.80
Luys	0.00	0.04	0.00	0.04
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	0.00	0.09	0.16	0.25
TOTAL	4.72	3.14	2.35	10.21

Le regroupement des unités de gestion par PGE ou SAGE est présenté dans le Tableau 9.

Tableau 9 : besoins industriels 2014 entre juin et octobre (regroupement des UG)

Nom du PGE ou du SAGE	Besoins en rivière (Mm ³)	Besoins en nappe (Mm ³)	Besoins en nappe profonde (Mm ³)	Besoins totaux (Mm ³)
PGE ADOUR AMONT	1.10	2.72	0.03	3.85
SAGE MIDOUZE	2.93	0.18	2.16	5.27
PGE LUYS-LOUTS	0.00	0.04	0.00	0.04
AUTRES UNITES DE GESTION	0.69	0.20	0.16	1.05

Figure 4 : besoins industriels par unité de gestion



Comme pour l'eau potable, ces besoins sont bruts et doivent en fait être réduits pour tenir compte des rejets dans le milieu naturel après épuration. Selon les données de l'Agence de l'Eau, une part variable des prélèvements est rendue au milieu naturel en fonction de la nature de l'activité industrielle mais on peut retenir que les rejets sont de l'ordre de 99% des prélèvements pour 95% d'entre eux. Les résultats par unité de gestion sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10 : rejets en rivière des eaux industrielles (par UG)

Nom de l'unité de gestion	Rejets IND en rivière (Mm ³)
Adour en amont d'Estirac	1.51
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	0.28
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	0.00
Adour entre Aire/Adour et Audon	1.77
Douze en amont de Roquefort	0.01
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	0.05
Midour en amont d'Arthez	0.00
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	0.00
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	0.00
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	4.70
Louts	0.00
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	0.74
Luys	0.03
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	0.18
TOTAL	9.27

En regroupant les unités de gestion, on trouve les résultats présentés dans le Tableau 11.

Tableau 11 : rejets en rivière des eaux industrielles (regroupement des UG)

Nom du PGE ou du SAGE	Rejets IND en rivière (Mm ³)
PGE ADOUR AMONT	3.56
SAGE MIDOUZE	4.76
PGE LUYS-LOUTS	0.03
AUTRES UNITES DE GESTION	0.92

Comme pour l'AEP, l'usage industriel est quasiment neutre du point de vue de son impact quantitatif sur les débits des rivières. En effet, pour un prélèvement en rivière ou nappe d'accompagnement évalué globalement à 8 Mm³, on évalue les rejets d'eaux industrielles à 9 Mm³ environ soit un « bénéfice » de l'ordre d'1 Mm³.

5.1.3- Besoins agricoles

Les besoins agricoles sont déterminés de façon indirecte en croisant les besoins des plantes (compte-tenu de l'assolement, de la pédologie et des conditions climatiques) et les surfaces irriguées. Ces surfaces irriguées ont été analysées à partir des bases de données de l'Observatoire de l'Eau qui a synthétisé et homogénéisé les informations fournies par les services de police de l'eau des quatre départements concernés par le bassin de l'Adour. Elles ont ensuite été réparties par sous-bassin en fonction de la localisation du point de prélèvement. Une distinction a également été opérée selon le type de ressource (rivières, nappes, réservoirs influençant le débit des cours d'eau [barrages de soutien d'étiage], réservoirs sans influence sur le débit estival des cours d'eau [retenues collinaires à remplissage hivernal qui ne soutiennent pas les débits d'étiage]).

Pour l'estimation des volumes prélevables, les surfaces irriguées à partir des réservoirs collinaires ont été retirées de la base de données en considérant que les volumes prélevables les concernant seraient traités à part, en dehors du cadre de la présente étude. Ces réservoirs collinaires sans influence sur les débits d'étiage représentent 5 000 ha irrigués dans les Pyrénées Atlantiques et 2 000 ha irrigués dans les Landes.

Les surfaces irriguées retenues sont alors converties en besoins d'irrigation au pas de temps décadaire au moyen de la relation classique suivante :

BESOIN TOTAL POUR L'IRRIGATION = BUT x SI x Coefficient comportemental

BUT : besoin unitaire théorique des plantes déterminé à partir de l'assolement (au travers des coefficients culturaux Kc), de la pédologie (RFU, réserve facilement utilisable) et des conditions climatiques (ETP, évapotranspiration et P, la pluie) avec $BUT = Kc \times ETP - (P + RFU)$

SI : surface irriguée

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. Dans les études citées au § 4, nous avons réalisé les bilans besoins-ressources en tenant compte du niveau de prélèvement actuel et donc en appliquant un coefficient comportemental de 1. C'est à nouveau cette valeur que nous proposons d'adopter ici, tout en gardant à l'esprit ses limites :

- Dans la réalité, on observe que l'apport d'eau s'effectue généralement à hauteur du BUT pour les années moyennes, mais cela est moins vrai pour les années sèches, l'apport d'eau étant généralement inférieur au BUT. Ainsi, selon une étude réalisée par la CACG en 2001 dans le département des Landes, l'apport s'effectue généralement à hauteur de 100% du BUT en année moyenne, mais en année sèche les consommations plafonnent à des valeurs inférieures aux besoins théoriques. Cependant, l'application d'une valeur d'écrêtement dans nos calculs de bilan nous permet de tenir compte de ce plafonnement des apports.
- Dans le **contexte particulier des sables landais**, ce coefficient est au contraire supérieur à 1 dans la pratique. Les sols sableux nécessitent en effet des apports d'eau réguliers dont une partie s'infiltré et rejoint directement les nappes superficielles sans être consommée par les plantes : ces particularités conduisent à des apports d'eau nettement supérieurs aux besoins théoriques des plantes. Dans le cadre du bilan Midouze, ce sont les quantités consommées (=BUT) qui ont été prises en compte, la part d'eau retournant à la nappe étant considérée comme sans influence sur le bilan global. Nous conserverons ce même principe pour la présente étude, mais **dans le contexte particulier des zones sableuses, le résultat correspondra à un volume « prélevable net »**, le volume prélevable « brut » devra en être déduit par l'application d'un coefficient d'efficience de l'apport.

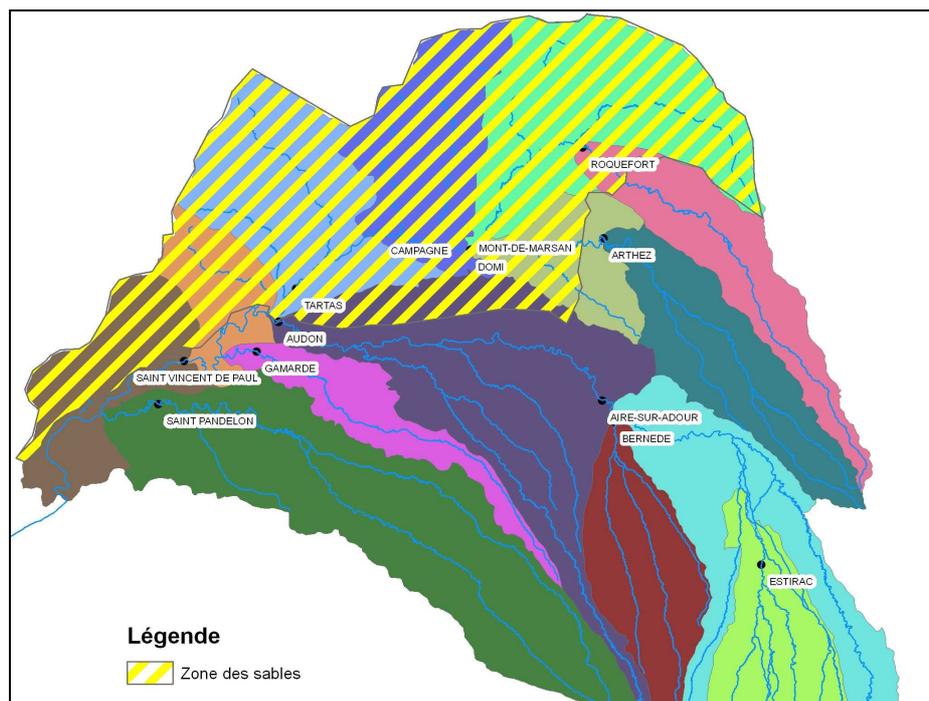
La Chambre d'Agriculture des Landes réalise des bilans hydriques sur des parcelles de référence. Elle nous a transmis les résultats des mesures réalisées entre 2002 et 2007 sur 4 parcelles localisées dans le bassin versant de la Midouze à Solférino (amont du bassin du Bes), Labrit (amont du bassin de l'Estrigon), Bourriot-Bergonce (bassin de l'Estampon) et Saint Cricq-Villeneuve (Midour aval).

Le ratio représentant le rapport entre le besoin en eau des plantes et l'apport d'eau à effectuer pour une irrigation optimale dans ces zones (visant à ne pas assécher la réserve facilement utilisable du sol) varie selon les années et les parcelles entre 0,4 et 1,3 avec une valeur moyenne de 0,72 ; mais certaines valeurs ne correspondent visiblement pas à des apports optimaux (déficits d'apport en eau par rapport au besoin théorique des plantes et/ou assèchement de la réserve en eau du sol pendant plusieurs jours, ou au contraire apports probablement excédentaires). Pour la conduite d'une irrigation optimale, il s'agit d'apporter l'eau en quantité suffisante et au bon moment, de façon à ne pas assécher la réserve en eau du sol. Les valeurs de ratio correspondant à un non assèchement de la réserve utile (hors année 2007, humide, qui risque de fausser les résultats) sont de 0,54 et 0,58. Les valeurs de ratio correspondant à un apport très légèrement insuffisant, ayant conduit à assécher la réserve utile 1 journée sur la campagne, sont de 0,67 et 0,69. Il semblerait donc que la valeur optimale du ratio se situe autour de 0,6 et en tous cas entre 0,5 et 0,7.

Notons de plus que l'état des lieux du SAGE Leyre (bassin situé immédiatement au Nord de celui de la Midouze) indique que dans les zones sableuses, 40 à 50% des apports d'eau retournent à la nappe. Autrement dit, selon cette source, le ratio besoins des plantes / apports d'eau serait de l'ordre de 0,5 à 0,6.

Ces deux sources convergent vers une valeur de ratio autour de 0,6, valeur qui est celle prise en compte par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne au titre de la redevance pour les prélèvements irrigation dans les zones des sables. **Dans les zones sableuses, le coefficient qui permettra de déterminer le volume prélevable brut à partir du volume prélevable net serait donc de l'ordre de $1/0,6 \approx 1,7$.** La Figure 5 ci-après indique la délimitation approximative de la zone sableuse, telle que nous l'avons prise en compte pour l'évaluation des surfaces irriguées qui s'y opèrent.

Figure 5 : délimitation de la « zone des sables »



Les besoins agricoles unitaires ont ainsi été étudiés sur 16 régions agricoles différentes. Une synthèse de ces besoins est présentée par unité de gestion dans le Tableau 12 : lorsqu'une unité de gestion est concernée par plusieurs régions agricoles, nous avons déterminé un besoin quinquennal sec moyen et mis en évidence le besoin minimal et le besoin maximal (toujours en années quinquennale sèche).

Tableau 12 : analyse des besoins unitaires théoriques par unité de gestion

Unité de gestion	Ensemble de l'unité de gestion (m ³ /ha)	Région agricole aux besoins les plus faibles (m ³ /ha)	Région agricole aux besoins les plus forts (m ³ /ha)
Amont Estirac	1 916	1 537	2 047
Estirac-Aire	1 846	1 824	1 896
Lées	1 896		
Aire-Audon	1 934		
Audon-St-Vincent	1 897	1 708	2 355
St-Vincent-Gaves	1 708		
Douze amont	2 215	1 934	2 355
Midour amont	2 137	1 840	2 242
Douze aval	2 355		
Midour aval	2 222	2 228	2 242
Mont-de-Marsan-Campagne	2 322	2 228	2 355
Campagne-Confluence Adour	2 298	2 228	2 355
Louts	1 646		
Luys	1 646		

Nous avons réalisé de plus une analyse statistique des besoins d'irrigation pour étudier les dates de démarrage de la campagne ainsi que sa durée.

Pour les Hautes-Pyrénées, nous avons pris en compte les surfaces irriguées par submersion par opposition aux surfaces irriguées par aspersion afin de prendre en compte le surplus de besoin induit par cette méthode (l'hypothèse retenue est celle d'un besoin deux fois et demi plus important).

On aboutit finalement à plus de 105 000 ha irrigués :

- 61 600 ha par aspersion à partir des eaux superficielles ;
- 42 800 ha par aspersion à partir des nappes alluviales ;
- 1 250 ha par submersion.

Les résultats détaillés par unité de gestion sont présentés dans le Tableau 13.

Tableau 13 : surfaces irriguées en hectares (par unité de gestion)

Nom de l'unité de gestion	Rivières		Nappes		Total	Evaluation de la surface irriguée en zone des sables
	Aspersion	Submersion	Submersion	Aspersion		
Adour en amont d'Estirac	7 725.59	1 075.03	40.11	9 900.73	18 741.45	0
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	14 922.12	134.43	0.00	347.25	15 403.80	0
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	6 009.32	0.00	0.00	0.00	6 009.32	0
Adour entre Aire/Adour et Audon	10 783.53	0.00	0.00	5 688.93	16 472.46	3 230
Douze en amont de Roquefort	2 148.55	0.00	0.00	287.47	2 436.02	379
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	433.68	0.00	0.00	7 266.50	7 700.18	7 700
Midour en amont d'Arthez	1 627.22	0.00	0.00	16.00	1 643.22	0
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	2 294.45	0.00	0.00	2 523.40	4 817.85	2 936
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	636.23	0.00	0.00	4 243.51	4 879.74	4 880
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	2 492.99	0.00	0.00	7 314.42	9 807.41	9 807
Louts	1 529.34	0.00	0.00	209.63	1 738.97	0
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	1 324.48	0.00	0.00	2 158.09	3 482.57	1 527
Luys	7 187.32	0.00	0.00	544.72	7 732.04	0
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	2 457.08	0.00	0.00	2 263.52	4 720.60	2 711
TOTAL	61 571.90	1 209.45	40.11	42 764.17	105 585.63	33 170

Si l'on regroupe ces surfaces par PGE ou SAGE, les résultats sont ceux présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14 : surfaces irriguées en hectares (regroupement des UG)

Nom du PGE ou du SAGE	Rivières		Nappes		Total
	Aspersion	Submersion	Submersion	Aspersion	
PGE ADOUR AMONT	39 440.56	1 209.45	15 936.91	40.11	56 627.03
SAGE MIDOUZE	9 633.12	0.00	21 651.30	0.00	31 284.42
PGE LUYS-LOUTS	8 716.66	0.00	754.35	0.00	9 471.01
AUTRES UNITES DE GESTION	3 781.56	0.00	4 421.61	0.00	8 203.17

Les 105 000 ha irrigués retenus pour la présente étude se répartissent notamment pour plus de 50% en amont d'Audon et pour 30% sur le bassin de la Midouze (Cf. Figure 6 et Figure 7). Sur la base d'un volume théorique consommé en année sèche de l'ordre de 2 000 m³/ha (valeur médiane parmi les régions agricoles étudiées), on évalue le besoin global à 210 Mm³.

Figure 6 : répartition des surfaces irriguées par UG en fonction du type de ressource

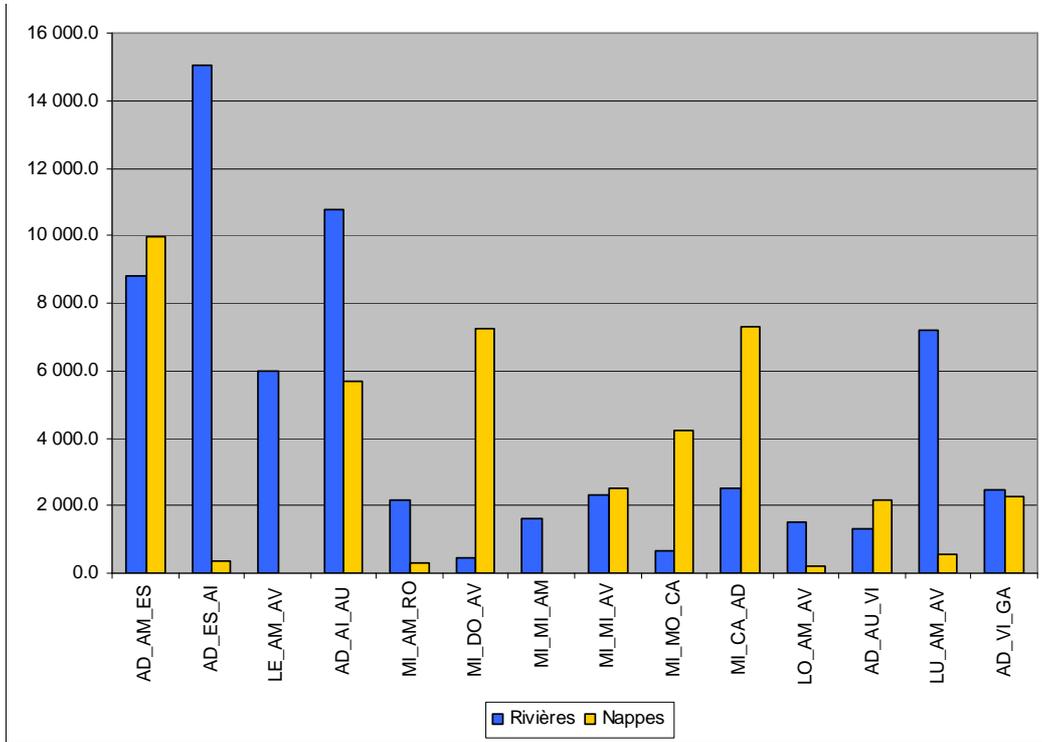
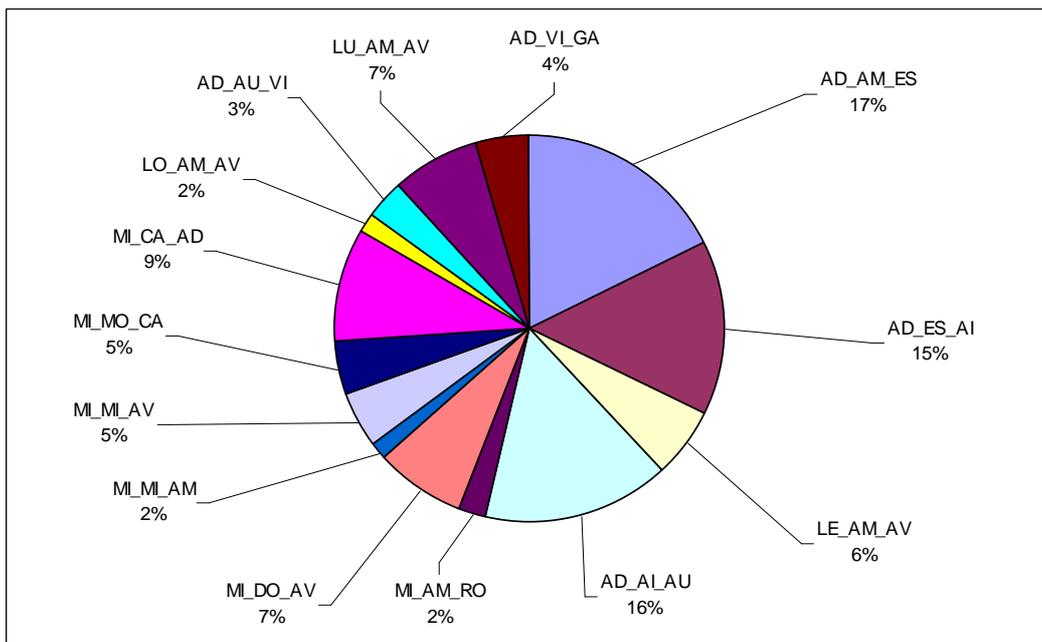


Figure 7 : répartition des surfaces irriguées par unité de gestion



6- BILAN DES VOLUMES ACTUELS STOCKES DANS LES RETENUES DE REALIMENTATION PAR UNITE DE GESTION

Le bassin de l'Adour compte de nombreuses retenues de stockage qui permettent de réalimenter les cours d'eau en été, à la fois pour satisfaire les besoins environnementaux (débits objectifs) mais également pour subvenir aux besoins, notamment d'irrigation.

On dénombre ainsi plus d'une trentaine de barrages pour un volume stocké de l'ordre de 86 Mm³. Le détail par unité de gestion est donné dans le Tableau 15.

L'affectation par unité de gestion s'est faite sur la base d'un critère géographique : chaque barrage et le volume qu'il peut stocker sont associés à l'unité de gestion sur lequel il est implanté. Cependant, nous avons intégré le cas particulier du réservoir du Gabas qui réalimente le Gabas mais également les Léés. Or cette seconde réalimentation (12 Mm³) vise d'une part à permettre des prélèvements d'irrigations (4,7 Mm³) mais également à réalimenter l'Adour en aval d'Aire/Adour (7,3 Mm³). Nous avons donc comptabilisé ces 7,3 Mm³ au profit de l'Adour, entre la confluence des Léés avec l'Adour et Audon.

Dans l'intégration de ces ressources au moment de déterminer les volumes prélevables, nous prendrons en compte le volume utile de ces retenues en faisant l'hypothèse (optimiste) qu'elles sont pleines en début de période d'irrigation.

Tableau 15 : ressources stockées par unité de gestion

Nom de l'unité de gestion	Nom de la retenue	Volumes utiles (Mm ³)	Commentaires
Adour en amont d'Estirac 7.5 Mm ³	Lac Bleu	4.7	Hypothèse retenue dans PGE : volume mobilisable en gestion interannuelle pour le Lac Bleu et convention avec EDF pour Gréziolles
	Gréziolles	2.8	
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées) 15Mm ³	Louet	5.0	
	Arrêt-Darré	10.0	
Lées de la source à la confluence avec l'Adour 20.7 Mm ³	Bassillon + Lembeye	3.6	
	Cadillon + Castillon	1.2	
	Peyrelongue	1.0	
	Gabassot	2.9	
	Gabas(Lées)	12.0	Dont 7.3 Mm3 en transit par les Lées pour alimenter l'Adour entre la confluence avec les Lées et Audon
Adour entre Aire/Adour et Audon 22.5 Mm ³	Gabas(Gabas)	8.0	
	Latrille	2.3	
	Brousseau	1.7	
	Lourden	5.0	
	Renung	1.9	
	Miramont	1.8	
	Fargues	0.9	
	Coudures	0.9	
Douze en amont de Roquefort 3.5 Mm ³	St Jean	2.5	
	Tailluret	1.0	
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)		0.0	
Midour en amont d'Arthez 3.3 Mm ³	Charros	1.2	
	Bourges	0.5	
	Lapeyrie	0.6	
	Maribot	1.0	
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris) 1.3 Mm ³	Arthez	0.8	
	St Michel	0.3	
	St Gein	0.3	
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne		0.0	
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour		0.0	
Louts 2.9 Mm ³	Arzacq	0.6	
	Hagetmau	2.3	
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul		0.0	
Luys 9.8 Mm ³	Balaing	3.3	
	Serres-Castet	1.6	
	Ayguelongue	2.9	
	Aubin	2.0	
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves		0.0	

Pour comparaison avec les études antérieures, le Tableau 16 présente les volumes stockés regroupés par grands bassins.

Tableau 16 : ressources stockées (regroupement des UG)

Nom duPGE ou du SAGE	Ressources (Mm ³)
PGE ADOUR AMONT	65.6
SAGE MIDOUZE	8.0
PGE LUYS-LOUTS	12.7
AUTRES UNITES DE GESTION	0.0

7- CALCUL DES VOLUMES PRELEVABLES POTENTIELS NATURELS

7.1- Définition des périodes d'études

Les calculs ont été réalisés sur 7 périodes distinctes :

- La période d'étiage comprise entre le 1^{er} juin et le 31 octobre ;
- Chacun des mois de juin, juillet, août, septembre et octobre ;
- Une période d'irrigation spécifique à chaque unité de gestion et définie comme étant la période moyenne au cours de laquelle s'expriment 90% des besoins, lesquels dépendent des surfaces irriguées, des régions agricoles et des conditions climatiques ; les périodes d'irrigation propres à chaque unité de gestion sont présentées dans le Tableau 17.

Tableau 17 : définition des périodes d'irrigation moyennes

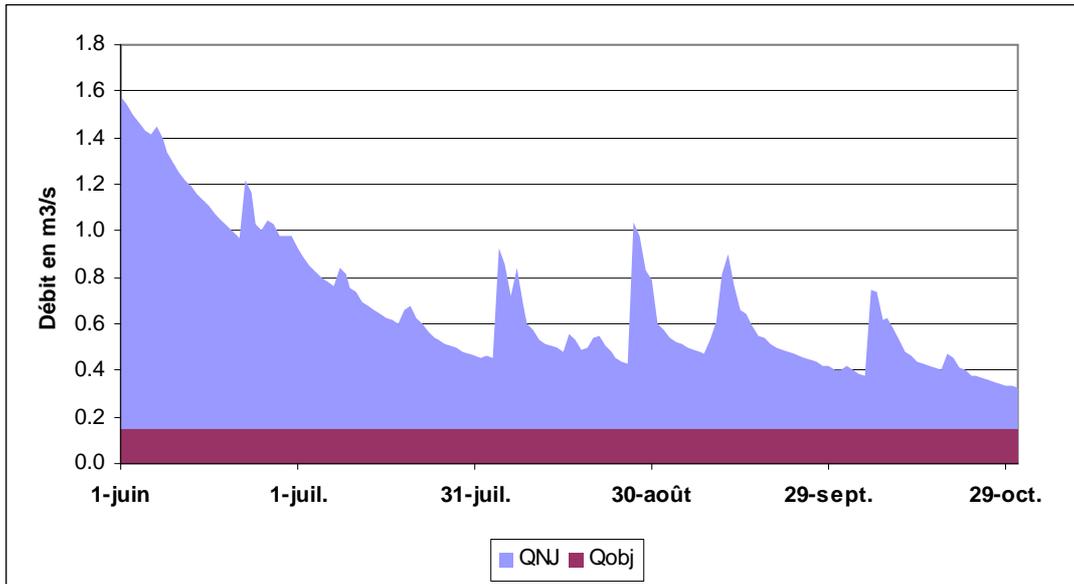
Nom de l'unité de gestion	Date de début de la campagne	Date de fin de la campagne
Adour en amont d'Estirac	4-juil.	28-août
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	6-juil.	27-août
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	3-juil.	25-août
Adour entre Aire/Adour et Audon	4-juil.	23-août
Douze en amont de Roquefort	26-juin	26-août
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	20-juin	18-août
Midour en amont d'Arthez	27-juin	26-août
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	26-juin	25-août
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	21-juin	19-août
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	21-juin	20-août
Louts	9-juil.	27-août
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	28-juin	20-août
Luys	9-juil.	27-août
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	7-juil.	22-août

On constate que l'irrigation s'étale sur une période comprise entre le 20 juin et le 28 août et qu'elle dure en moyenne 55 jours selon l'unité de gestion.

7.2- Détermination du volume prélevable potentiel naturel

Ce volume prélevable potentiel naturel **VppNat** s'obtient en intégrant la différence **QNJ-Qobj** au niveau du point de contrôle aval du 01/06 au 31/10 de chaque année de la période 1970-2006 (Cf. Figure 8) : il représente *a priori* les volumes naturels disponibles entre juin et octobre pour satisfaire les usages anthropiques (AEP, industrie, irrigation...).

Figure 8 : débit naturel (QNJ) et débit objectif (Qobj)



La première étape consiste donc à calculer l'ensemble des VppNat journaliers sur la chronique disponible puis de convertir ces débits en volumes au pas de temps mensuel ou annuel (*i.e.* entre les mois de juin et octobre inclus).

Pour les bassins intermédiaires sur l'Adour, on retranche les volumes disponibles affectés aux bassins situés en amont : les surplus d'eau éventuels en amont par rapport aux besoins (ou même par rapport à une clé de répartition « équitable ») ne sont donc pas redistribués vers l'aval.

La dernière étape consiste à conduire une analyse statistique sur les chroniques disponibles pour faire apparaître les grandeurs caractéristiques intéressantes pour la gestion : minimum, maximum, moyenne, valeur quinquennale sèche.

7.2.1- Calculs algébriques

Cette approche QNJ – Qobj a été réalisée pour chacune des 14 unités de gestion définies sur le bassin de l'Adour. Les résultats bruts synthétiques sont présentés dans le Tableau 18 (Cf. aussi les annexes pour le détail des chroniques de chaque année).

Tableau 18 : volumes prélevables potentiels naturels par unité de gestion (tous usages)

Nom de l'unité de gestion		Etiage	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Période d'irrigation
Adour en amont d'Estirac	moy	118.65	43.19	24.43	15.44	12.54	20.18	35.33
	min	49.91	15.25	9.06	4.93	4.48	3.39	12.51
	max	249.33	78.01	59.66	29.94	27.63	79.08	79.63
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	moy	50.58	20.24	6.87	5.92	5.04	16.81	9.70
	min	7.05	0.81	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
	max	125.35	76.70	18.96	27.99	16.59	95.71	26.19
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	moy	12.26	5.20	1.99	0.67	0.55	5.49	2.27
	min	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	max	50.03	22.10	20.19	10.02	4.50	41.19	27.46
Adour entre Aire/Adour et Audon	moy	89.80	30.17	16.27	8.38	10.09	19.66	25.70
	min	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67
	max	368.54	157.46	74.60	24.33	46.18	92.93	118.76
Douze en amont de Roquefort	moy	11.09	4.09	1.71	1.27	0.97	2.24	3.03
	min	1.09	0.27	0.02	0.00	0.00	0.02	0.08
	max	43.46	19.23	8.77	6.93	3.42	12.05	12.02
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	moy	34.39	9.98	7.73	6.18	5.16	5.47	14.75
	min	16.20	0.10	3.15	2.64	1.85	2.49	5.96
	max	67.42	28.85	14.61	12.02	9.77	10.20	28.85
Midour en amont d'Arthez	moy	9.19	4.03	1.31	0.67	0.81	2.14	2.16
	min	1.29	0.40	0.05	0.00	0.03	0.30	0.07
	max	23.13	17.82	7.63	2.29	3.05	12.00	9.57
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	moy	16.50	5.33	3.16	2.80	2.32	2.67	6.36
	min	3.21	1.19	0.87	0.42	0.22	0.16	1.40
	max	48.01	22.47	7.23	9.16	6.13	8.40	21.68
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	moy	19.16	7.38	3.14	1.66	1.61	4.44	5.87
	min	3.43	0.13	0.53	0.23	0.24	0.15	1.21
	max	75.82	27.67	8.46	4.77	5.42	23.68	15.32
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	moy	44.12	12.68	8.60	6.93	6.53	7.45	16.61
	min	27.53	5.72	5.52	5.37	5.25	5.30	10.80
	max	111.53	39.14	12.55	10.62	12.46	15.40	25.84
Louts	moy	13.66	4.75	2.43	0.67	0.99	5.92	1.56
	min	0.58	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	max	48.25	18.35	19.83	4.50	3.52	38.08	10.73
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	moy	20.78	14.63	3.00	1.54	0.83	8.17	4.84
	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	max	78.63	120.83	35.68	38.24	20.40	100.94	53.39
Luys	moy	66.94	22.68	7.56	4.10	5.64	23.91	8.35
	min	5.52	1.62	0.04	0.16	0.24	0.21	0.23
	max	232.86	93.77	38.49	17.67	17.91	130.20	33.94
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	moy	10.59	5.19	1.71	0.51	0.44	2.66	1.60
	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	max	36.48	21.39	10.82	6.25	6.04	18.54	15.39

7.2.2- Analyse statistique

L'étape suivante consistait à déduire de ces chroniques par période une valeur représentative des années quinquennales sèches.

Pour cela, nous avons cherché des lois statistiques permettant de représenter nos « échantillons expérimentaux » le mieux possible pour les fréquences les plus faibles. Le plus souvent, c'est une loi polynomiale de degré 5 qui a permis de déduire la valeur quinquennale sèche mais nous avons également pu avoir recours à une loi polynomiale de degré 3. Dans quelques cas particulier pour lesquels les VppNat à basse fréquence étaient très faibles, nous avons déduit la valeur quinquennale sèche des fréquences expérimentales observées faute de pouvoir représenter notre échantillon par une loi statistique adaptée.

Il résulte de cette analyse les résultats présentés dans le Tableau 19.

Ce tableau présente les volumes quinquennaux secs déterminés pour chacune des sept périodes d'étude. Il convient de noter que les valeurs mensuelles ont été réévaluées au prorata de leur poids dans la série initiale calculée (colonnes « init. » et « taux » dans le Tableau 19) afin d'obtenir une somme des VppNat mensuels égale au volume disponible sur toute la période d'étiage (colonne « Global » dans le Tableau 19). La valeur finale proposée pour chaque mois est donc celle de la colonne « cor. » dans le Tableau 19.

Tableau 19 : volumes prélevables potentiels naturels de fréquence quinquennale sèche par unité de gestion (tous usages)

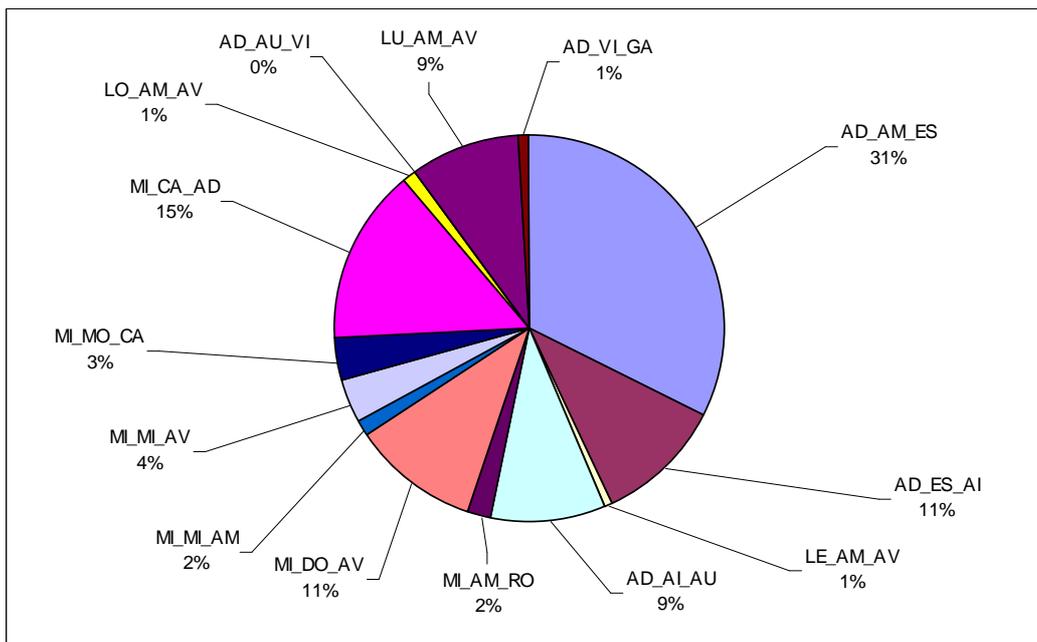
Valeurs en Mm3	Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Etiage Juin/oct		Période d'irrigation Fin juin/fin août
	init.	Tx	cor.	init.	Tx	cor.	init.	Tx	cor.	init.	Tx	cor.	init.	Tx	cor.	Σ Init.	Global	
Adour en amont d'Estirac	27.2	39%	28.6	16.7	24%	17.5	11.2	16%	11.8	8.0	11%	8.4	7.4	10%	7.7	70.4	74.0	25.3
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)	7.3	65%	15.7	1.6	14%	3.4	1.0	9%	2.1	0.9	8%	2.0	0.5	4%	1.0	11.2	24.1	2.7
Lées de la source à la confluence avec l'Adour	0.2	97%	1.6	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	3%	0.0	0.2	1.6	0.0
Adour entre Aire/Adour et Audon	6.9	58%	12.3	2.1	18%	3.8	1.1	9%	1.9	1.3	11%	2.3	0.5	4%	0.9	11.8	21.2	4.0
Douze en amont de Roquefort	1.1	41%	1.8	0.5	18%	0.8	0.3	10%	0.4	0.3	13%	0.6	0.5	19%	0.8	2.6	4.4	0.9
Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	5.6	25%	6.0	5.0	22%	5.4	4.3	19%	4.6	4.0	18%	4.4	3.6	16%	3.9	22.6	24.3	9.4
Midour en amont d'Arthez	0.9	42%	1.4	0.3	14%	0.5	0.1	7%	0.2	0.3	13%	0.4	0.5	25%	0.9	2.2	3.5	0.6
Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	2.0	26%	2.1	1.9	24%	1.9	1.5	19%	1.6	1.3	17%	1.4	1.2	15%	1.2	7.9	8.2	3.5
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	2.8	39%	3.1	1.4	20%	1.6	1.0	14%	1.1	0.8	11%	0.9	1.1	16%	1.3	7.0	7.9	2.6
Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	8.0	25%	8.5	6.7	21%	7.1	5.9	19%	6.3	5.5	17%	5.8	5.8	18%	6.1	31.9	33.9	13.0
Louts	0.4	44%	0.9	0.1	7%	0.2	0.1	6%	0.1	0.0	5%	0.1	0.3	37%	0.8	0.9	2.0	0.2
Adour entre Audon et Saint- Vincent-de-Paul	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0.3	0.0
Luys	4.2	38%	7.9	1.9	17%	3.6	1.0	9%	1.8	1.4	12%	2.6	2.6	23%	4.9	11.0	20.8	2.3
Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	0.8	100 %	2.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.0	0%	0.0	0.8	2.0	0.0
TOTAL			91.9			45.9			31.9			28.7			29.5		228.3	64.6

7.2.3- Commentaires sur les résultats

Le volume potentiel prélevable naturel est de l'ordre de 230 Mm³ entre les mois de juin et d'octobre. Mais cette valeur masque une certaine hétérogénéité :

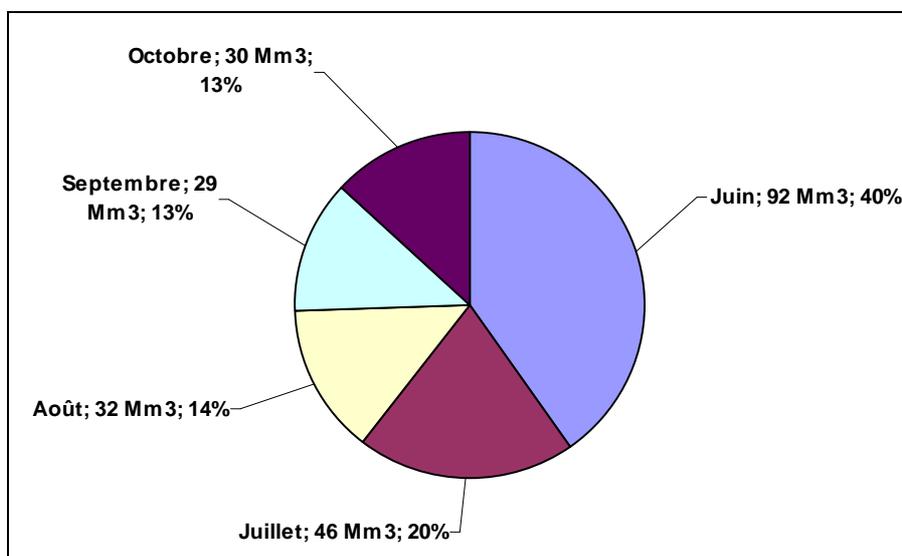
- **Hétérogénéité spatiale** : par exemple, plus de 40% de ces volumes sont disponibles en amont d'Aire/Adour (cf. Figure 9) ;

Figure 9 : répartition spatiale des VppNat



- **Hétérogénéité temporelle** : par exemple, 40% de ces volumes sont disponibles au cours du seul mois de juin (cf. Figure 10)

Figure 10 : répartition temporelle des VppNat



On peut isoler **quelques têtes de bassins versants** qui présentent des volumes prélevables potentiels naturels relativement faibles (les VppNat sont faibles en valeur absolue et faibles relativement à la taille des bassins versants) :

- Bassin des Lées : $3\,600\text{ m}^3/\text{km}^2$ sur les 5 mois d'étiage ;
- Bassin du Louts : $7\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$ sur les 5 mois d'étiage ;
- Bassin amont du Midour : $6\,800\text{ m}^3/\text{km}^2$ sur les 5 mois d'étiage ;
- Bassin amont de la Douze : $9\,700\text{ m}^3/\text{km}^2$ sur les 5 mois d'étiage.

Ces bassins présentent également de faibles débits objectifs en proportion de la taille des bassins versants (de 0,2 à 1,1 L/s/km²). La faiblesse des volumes potentiels naturels est donc directement liée au niveau des apports naturels, insuffisants pour permettre de nombreuses activités au-delà du débit objectif. La présence de retenues de stockage a néanmoins permis un certain développement agricole sur ces territoires.

Le **cas du fleuve Adour** est également intéressant puisque les volumes potentiels naturels décroissent d'amont en aval (de $65\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$ en amont d'Estirac à moins de $5\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$ sur les bassins les plus en aval). Cela illustre l'une des limites de cette approche qui ignore la notion de **solidarité « amont-aval »** : tous les excédents d'apports naturels sont affectés aux bassins amont. Par ailleurs, si la part du débit objectif devant être assuré par chaque bassin intermédiaire est relativement homogène sur les unités de gestion de l'Adour (entre 1,8 et 2,9 L/s/km²), cet indicateur est disproportionné dans le cas de l'unité de gestion « Audon – Saint-Vincent-de-Paul » puisqu'il s'élève à $17,7\text{ L/s/km}^2$: on comprend dès lors pourquoi le volume disponible sur cet UG est si faible. Concernant l'unité de gestion « Saint-Vincent-de-Paul – Bec des Gaves », il convient de rappeler que le résultat est basé sur la détermination d'un débit objectif fictif qui combine les DOE amont et les apports intermédiaires mais qui ne tient pas compte de l'influence de la marée sur les niveaux d'eau constatés à ce niveau du fleuve.

Le **bassin de la Midouze** présente un fonctionnement hydrologique très particulier, avec des débits naturels faibles en amont (zone des coteaux, Armagnac, où le ruissellement est prédominant) et qui augmentent fortement vers l'aval au niveau de l'entrée dans la « zone des sables ». Cette particularité se traduit par une répartition originale des volumes potentiels naturels :

- Les bassins amont disposent de peu de ressources naturelles en étiage ; ainsi, comme nous l'avons déjà indiqué au début de ce paragraphe, les volumes prélevables potentiels naturels sont faibles sur les UG « Midour amont Arthez » et « Douze amont Roquefort » (ce qui explique aussi pourquoi des barrages de réalimentation ont été créés sur ces secteurs) ;
- Les bassins aval de la Douze et du Midour ont un volume disponible conséquent ($30\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$ pour chacune des 2 UG) malgré l'importance relative des débits objectifs (2,7 et 5,3 L/s/km²) : dans ces UG, les rivières sont en effet largement soutenues en étiage par les nappes ;

- L'unité de gestion « Mont-de-Marsan – Campagne » dispose de $15\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$ pour un objectif de $3,1\text{ L/s}/\text{km}^2$, ce qui correspond à un volume disponible moyen malgré un débit objectif relativement élevé en valeur spécifique ; cela reflète bien le fonctionnement hydrologique de ce secteur, où les écoulements naturels d'étiage bénéficient du soutien par les nappes, qui est toutefois moins important qu'en amont (aval du Midour par exemple) ;
- Le volume disponible naturel est très important sur l'unité de gestion aval « Campagne – Adour » ($54\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$) ; sur cette UG, le résultat est essentiellement lié au débit objectif pris en compte au niveau de Tartas : inférieur à celui de Campagne⁴, il conduit à un objectif spécifique nul.

Il faut noter enfin que les valeurs les plus faibles de V_{ppNat} masquent l'existence de déficits au regard des besoins induits par la satisfaction des DOE : certains bassins ne peuvent donc pas naturellement satisfaire le DOE qui leur est associé.

7.2.4- Tests de sensibilité

Pour conforter la robustesse des résultats précédents, nous avons réalisé des calculs similaires en faisant varier deux paramètres a priori influents :

- Les crues estivales : nous avons procédé à un écrêtement des crues estivales pour traduire le fait que les usagers ne sont pas techniquement en mesure de prélever l'intégralité des volumes qui s'écoulent (au-delà du DOE) au cours de ces périodes très pluvieuses ;
- L'échelle de calcul : nous avons cherché à évaluer la cohérence du calcul par bassin versant intermédiaire en la comparant à une approche plus générale à l'échelle des grands bassins versant regroupant plusieurs unités de gestion.

7.2.4.1- Sensibilité à l'écrêtement des crues

Pour réaliser ce test de sensibilité, nous avons pris les deux hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : les usagers n'ont pas la capacité technique (niveau d'équipement) pour prélever le débit correspondant aux pics de crues ;

⁴ Les débits objectifs retenus par la CLE Midouze dans le cadre du bilan besoins-ressources (CACG, 2008) correspondent au débit biologique de crise DBC au niveau de Tartas et au débit biologique objectif DBO au niveau de Campagne. Ces valeurs dépendent à la fois des exigences des espèces présentes dans la rivière et des caractéristiques morphologiques de la rivière.

- Hypothèse 2 : on détermine une capacité de prélèvement instantanée maximale correspondant :
 - Aux besoins fictifs continus pour l'AEP et l'industrie ;
 - A un certain niveau d'équipement pour l'irrigation : ce niveau d'équipement a été supposé correspondre à la satisfaction des besoins maximaux des plantes en année quinquennale sèche (on a vérifié que cela était cohérent avec un niveau d'équipement de 0,65 L/s/ha, valeur citée dans la littérature⁵).

Le calcul consiste à écrêter, chaque jour, le volume potentiellement prélevable au niveau maximal déterminé précédemment et présenté dans le Tableau 20.

Tableau 20 : définition d'un débit maximal de prélèvement

ID UG	Nom de l'unité de gestion	Qmax AEP (L/s)	Qmax IND (L/s)	Qmax IRR (L/s)	Qmax TOTAL (L/s)
AD_AM_ES	Adour en amont d'Estirac	368	123	11 933	12 424
AD_ES_AI	Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Léés)	183	23	9 284	9 490
LE_AM_AV	Léés de la source à la confluence avec l'Adour	0	0	3 646	3 646
AD_AI_AU	Adour entre Aire/Adour et Audon	52	144	10 257	10 453
MI_AM_RO	Douze en amont de Roquefort	13	0	1 493	1 505
MI_DO_AV	Douze aval (y compris les affluents Estampon, Gouaneyre)	49	4	4 706	4 759
MI_MI_AM	Midour en amont d'Arthez	31	0	1 002	1 034
MI_MI_AV	Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan, Ludon compris)	54	0	2 970	3 024
MI_MO_CA	Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne	101	1	2 980	3 080
MI_CA_AD	Midouze aval, entre Campagne et la confluence avec l'Adour	12	230	5 992	6 235
LO_AM_AV	Louts	0	0	1 003	1 003
AD_AU_VI	Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul	8	60	2 104	2 173
LU_AM_AV	Luys	35	3	4 460	4 497
AD_VI_GA	Saint-Vincent-de-Paul à Bec des Gaves	60	7	2 883	2 950
	TOTAL	967	595	64 711	66 273

⁵ Diagnostic de réhabilitation des réseaux collectifs d'irrigation des Landes : bilans et perspectives – DRAF Aquitaine ; Agence de l'Eau Adour-Garonne ; Fédération départementale des associations et collectivités pour l'aménagement des terres agricoles du département des Landes – CACG – 2001

Les résultats de cette approche montrent que cet écrêtement ne modifie pas substantiellement le volume potentiellement prélevable en année quinquennale sèche. Cela s'explique par le fait que ces années sèches ne comptent que rarement des crues telles qu'elles devraient être écrêtées. Les graphiques suivants permettent de visualiser la faiblesse des écarts entre la méthode générale et la méthode avec écrêtement des crues.

Figure 11 : VppNat avec et sans crue pour l'UG en amont d'Estirac

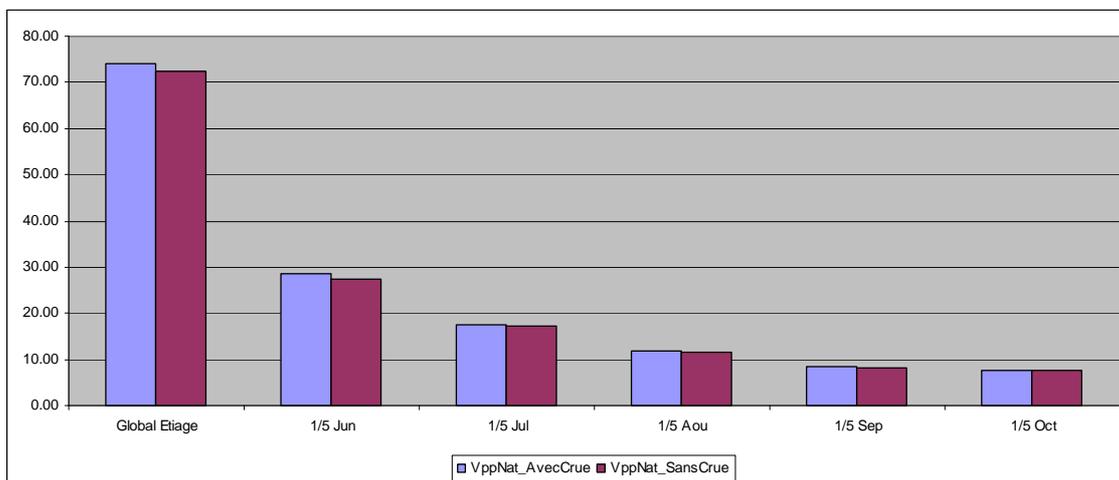
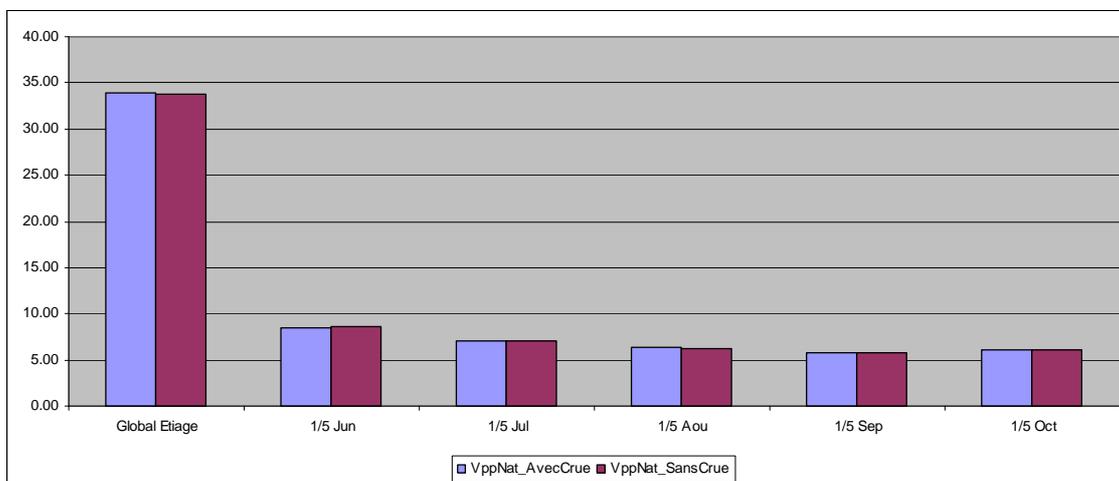


Figure 12 : VppNat avec et sans crue pour l'UG entre Campagne et l'Adour



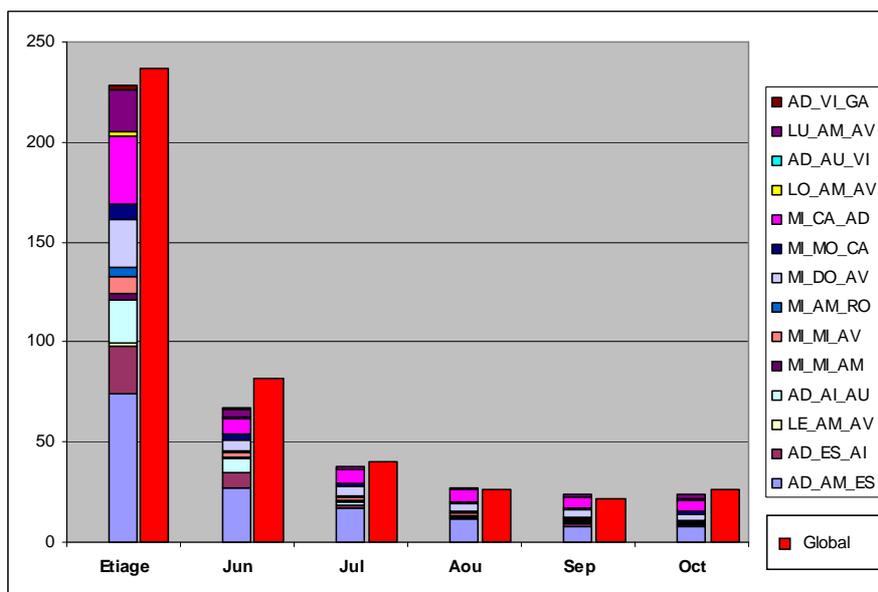
7.2.4.2- Sensibilité à l'approche par bassin versant globalisé

Les résultats déterminés précédemment ont été basés sur une approche par bassin versant intermédiaire. Autrement dit, le volume potentiellement prélevable a été calculé déduction faite au pas de temps journalier du volume potentiellement prélevable dans le ou les bassins amont.

Nous avons donc vérifié que cette méthode n'introduisait pas de biais significatif lors de l'agrégation de ces volumes prélevables intermédiaires à l'échelle de l'ensemble du bassin versant.

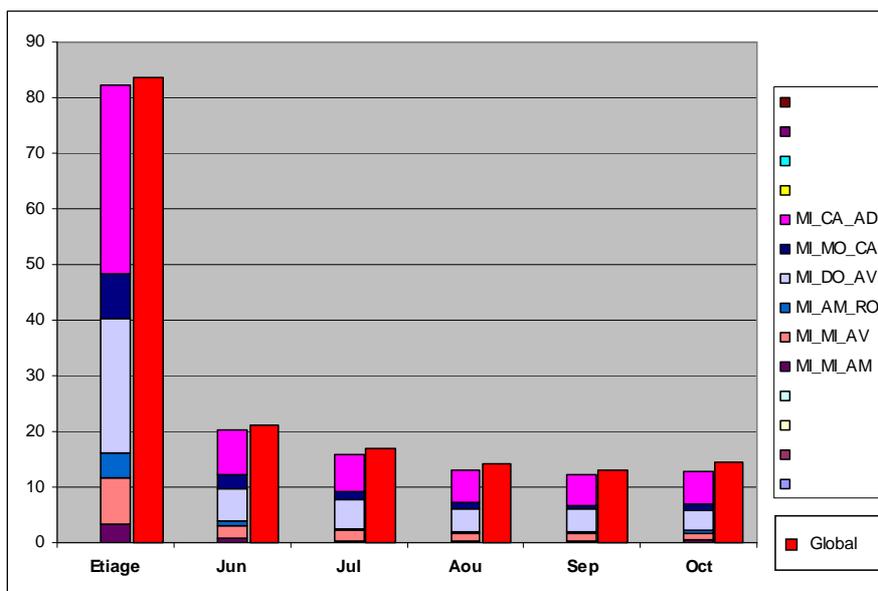
Les résultats sont très clairs : hormis un biais inévitable dû aux estimations statistiques des volumes prélevables, les ordres de grandeur sont les mêmes avec les deux approches, ainsi que le montrent les figures suivantes. La somme des volumes prélevables potentiels est à peu près égale au volume prélevable potentiel global.

Figure 13 : comparaison des VppNat par approche globale ou BV intermédiaire (bassin de l'Adour en amont de la confluence avec les Gaves)



Rappel : les identifiants des unités de gestion dans la légende ont été présentés dans le Tableau 1.

Figure 14 : comparaison des VppNat par approche globale ou BV intermédiaire (bassin de la Midouze en amont de la confluence avec l'Adour)



Rappel : les identifiants des unités de gestion dans la légende ont été présentés dans le Tableau 1.

8- METHODE LAGON

Pour le bassin de l'Adour, sur une grande partie duquel nous disposons d'une modélisation réalisée au cours d'études antérieures, nous avons travaillé en basant notre méthodologie sur l'utilisation du logiciel LAGON mis au point par la CACG.

LAGON est conçu pour déterminer les volumes d'eau nécessaires au pas de temps journalier à la satisfaction de l'ensemble des usages, y compris les consignes de débits. En particulier, les besoins agricoles sont déterminés, pour chaque région agricole et chaque pas de temps, à partir des besoins unitaires théoriques des cultures (BUT) évoqués au paragraphe 5.1.3 et des surfaces irriguées, le tout plafonné par une valeur d'écrêtement annuelle (en m³/ha). Ces volumes nécessaires sont confrontés aux ressources naturelles ce qui permet de calculer un déficit en eau dès que celles-ci sont inférieures aux besoins.

Nous proposons donc de définir le volume agricole prélevable V_p comme le facteur « **SI actuelle X Valeur d'écrêtement** » tel que la valeur d'écrêtement en question rende le déficit de fréquence quinquennale négligeable. Pour déterminer cette valeur (en fait, la combinaison de valeurs d'écrêtement propres à chaque région agricole), nous proposons de simuler plusieurs scénarios avec des niveaux d'écrêtement variables (en commençant par ceux faisant référence dans les études récentes).

8.1- Intérêts et limites de l'approche LAGON

Ce logiciel permet non seulement de **tenir compte de la répartition dans le temps des ressources et des besoins** mais également :

- **de prendre en compte la complexité du réseau hydrographique** et la présence d'ouvrages de gestion (barrages, vannes, canaux,...)
- **de prendre en compte la répartition spatiale des besoins et des ressources** : au niveau de chaque maille du modèle (bassin versant élémentaire dans LAGON), la contrainte de non assèchement du tronçon de rivière est vérifiée (ce qui n'est pas fait lorsque l'on raisonne globalement sur un bassin et peut masquer des insuffisances ponctuelles de ressource même si le bilan global est satisfaisant). Ce point est particulièrement important dans la plaine alluviale de l'Adour 65 où la répartition spatiale des ressources est très influencée par les dérivations des canaux ;
- **d'intégrer des consignes intermédiaires** traduisant des contraintes de débit particulières (salubrité, dilution, débits biologiques...)
- **d'intégrer**, au travers de fonctions de transfert nappes-rivières (40% de prélèvements en nappes connectées) **le fait que les prélèvements en nappe ont une influence différée et amortie sur les écoulements superficiels.**

De plus, les excédents d'eau non consommés en **amont** sont disponibles pour **l'aval** ; enfin, cette approche permet d'assurer une **cohérence avec les études antérieures** déjà menées sur l'Adour amont, la Midouze et les bassins Luys-Louts dans le cadre des PGE et SAGE.

Nous proposons d'illustrer la mise en application de cette approche et ses avantages et inconvénients au travers d'un exemple.

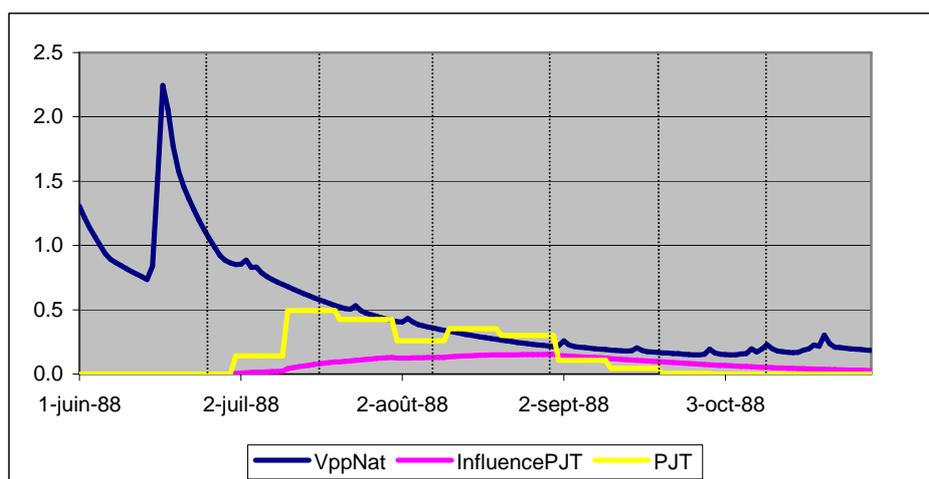
Lors de l'étude de bilan besoins-ressources sur le bassin de la Midouze (CACG, 2008), plusieurs simulations LAGON ont été réalisées avec des volumes d'écrêtement différents pour les prélèvements agricoles. Sur le sous-bassin du Géloux (qui ne dispose pas de ressources stockées dans des barrages de réalimentation), la simulation correspondant à un volume d'écrêtement testé de 2000 m³/ha est celle qui conduit à un déficit quinquennal nul sur la chronique. Autrement dit, pour cette simulation, on constate au plus 8 années déficitaires (c'est à dire comportant quelques jours dans l'année où l'influence des prélèvements sur les écoulements superficiels est supérieure au terme QNJ-Qobj) sur les 38 années de simulation.

NB : On distingue « l'influence des prélèvements sur les écoulements superficiels » à chaque pas de temps de calculs des prélèvements eux-mêmes. La différence est importante ici car l'irrigation s'effectue majoritairement à partir de pompages en nappe et s'exprime sur le débit de la rivière au travers d'une fonction de transfert.

Pour illustrer les calculs réalisés, nous proposons ci-après 3 graphiques correspondant à 3 années particulières de la chronique simulée. Sur chacun de ces graphiques sont représentés :

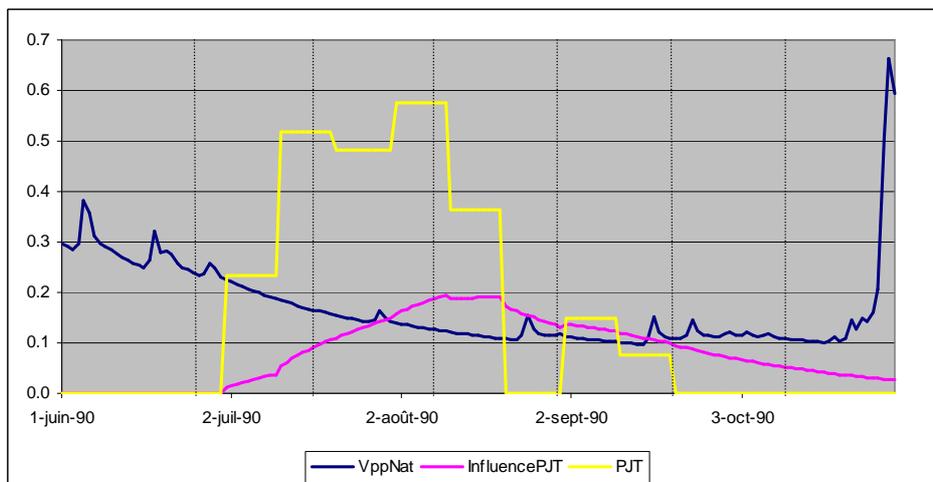
1. En **bleu**, le terme « QNJ-Qobj » ou **VppNat** ;
2. En **Jaune**, les **prélèvements** tels que simulés dans LAGON (courbe « PJT » dont le calcul est basé sur les besoins unitaires théoriques des cultures, tenant compte de la surface irriguée en amont de St Martin d'Oney, avec application du volume d'écrêtement de 2000 m³/ha) ;
3. En **rose**, **l'influence des prélèvements** sur les écoulements superficiels tenant compte des fonctions de transfert nappes-rivière (courbe « influence PJT »).

Figure 1: Exemple de simulation : l'année 1988



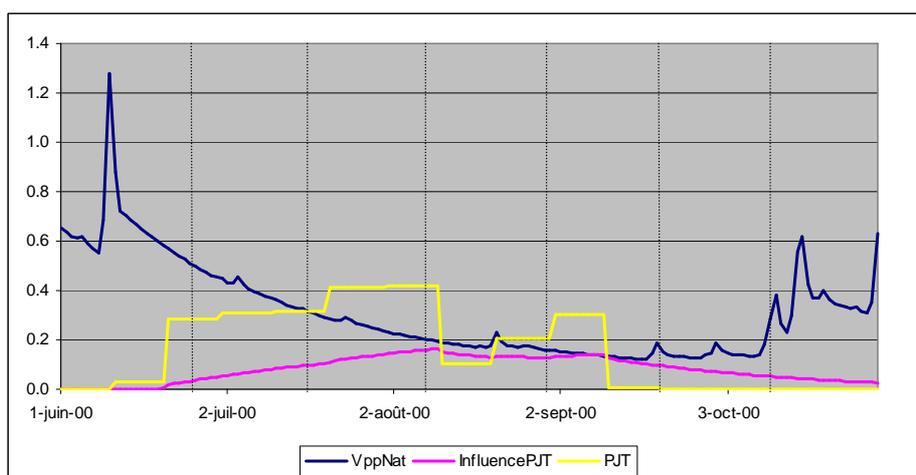
Une année comme 1988 n'est pas déficitaire : la courbe « influence PJT » reste sous la courbe VppNat.

Figure 2: Exemple de simulation : l'année 1990



Une année comme 1990 est déficitaire : la courbe « influence PJT » dépasse sur une longue période la courbe VppNat.

Figure 3: Exemple de simulation : l'année 2000



Même si les prélèvements sont largement supérieurs à VppNat certains jours de juillet et d'août, une année comme 2000 n'est pas déficitaire pour cette simulation car la courbe « influence PJT » reste en dessous de la courbe VppNat.

C'est cet exemple en particulier qui révèle les limites de l'approche « QNJ – Qobj » qui ne peut « voir » les volumes d'eau disponibles dans les nappes d'accompagnement. Les volumes prélevables qui seraient déterminés par l'approche « QNJ – Qobj » seraient alors nettement inférieurs aux volumes effectivement prélevables dans ce bassin. LAGON permet de tenir compte des relations nappes/rivières et donc de calculer un volume prélevable intégrant les ressources disponibles dans les nappes d'accompagnement. Par contre, il ne tient pas compte des volumes disponibles en dehors de la période d'irrigation actuelle (début juin notamment, alors que les volumes potentiels naturels sont importants) et « fige » l'état actuel des prélèvements agricoles : en effet, les caractéristiques de l'irrigation en termes de surfaces irriguées, d'assolement, de ressources prélevées (nappes/rivières) sont des données d'entrée du modèle (hors volumes d'écrêtement des prélèvements agricoles), que nous avons prises égales aux caractéristiques actuelles de l'irrigation.

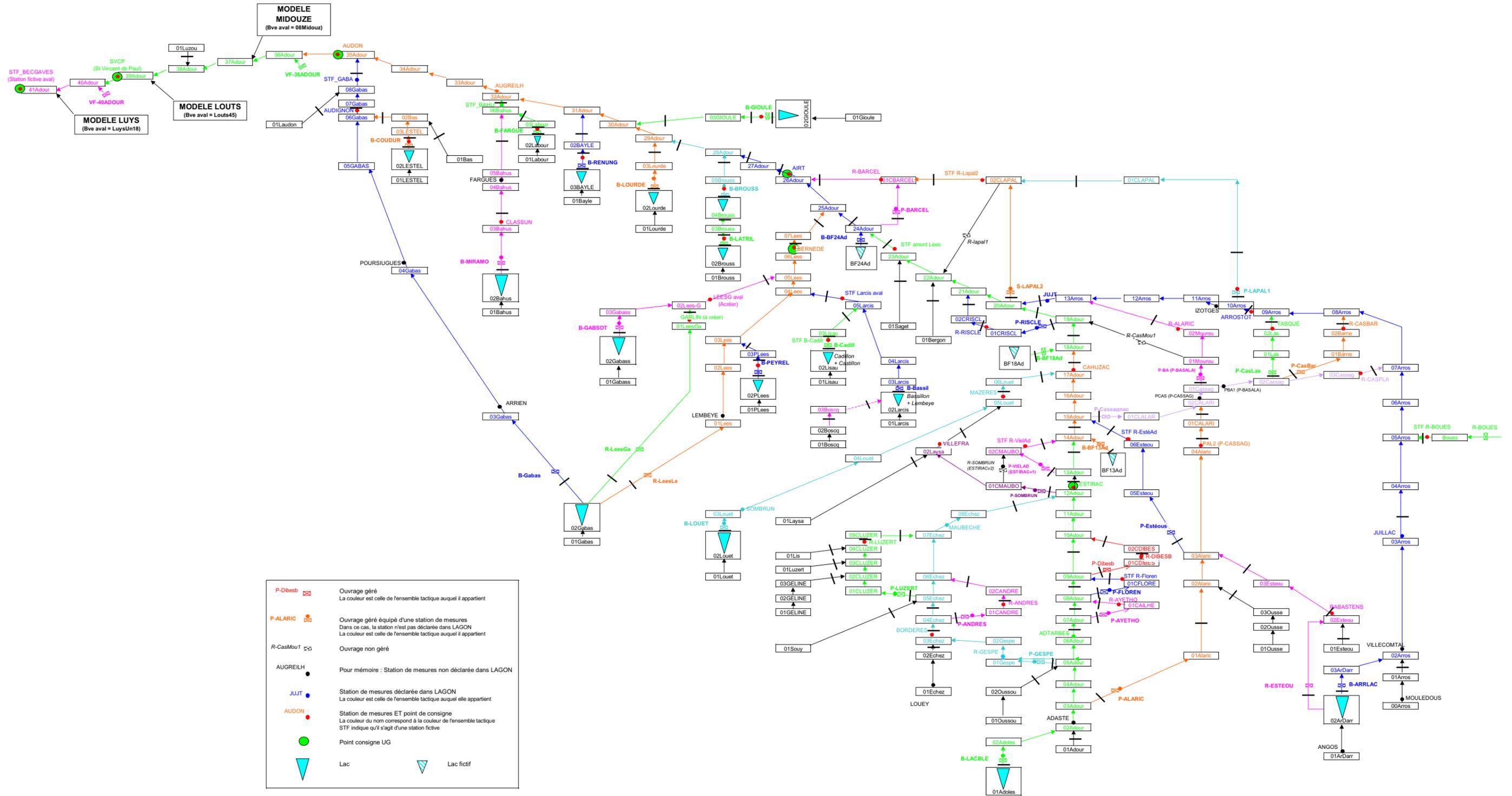
8.2- Modélisation

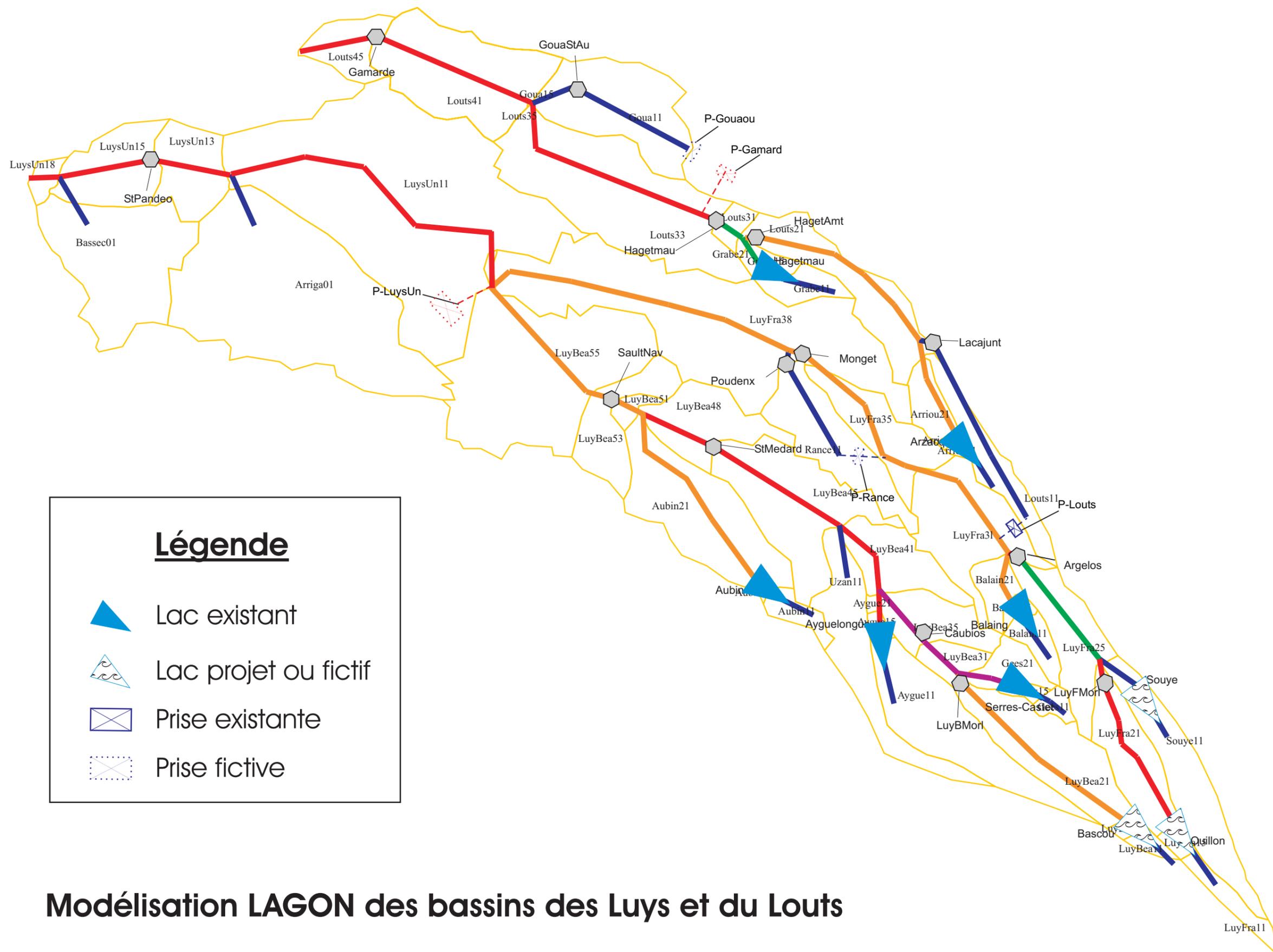
Les études précédemment menées ont déjà permis de modéliser sous LAGON une partie du bassin de l'Adour en amont des Gaves, à savoir les sous-bassins suivants : Adour en amont de Aire, Midouze, Luys et Louts. Le travail de modélisation réalisé ici a donc consisté à compiler les modèles existants et à les étendre sur l'Adour entre Aire et le bec des Gaves.

8.2.1- Modélisation du réseau hydrographique

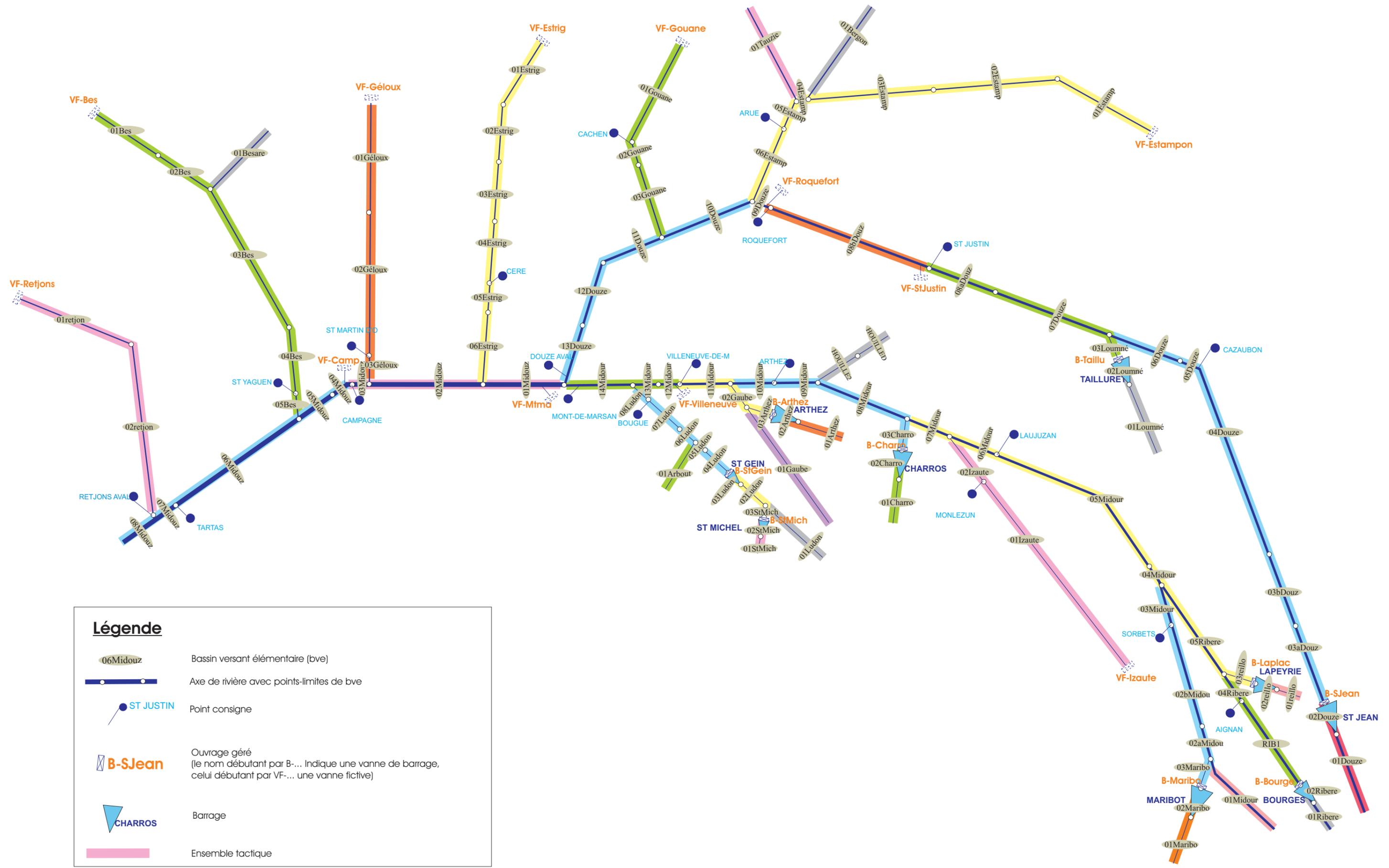
La modélisation consiste à décrire le réseau hydrographique dans son état naturel ou pseudo naturel au travers d'un découpage du bassin versant en mailles surfaciques élémentaires, les bassins versants élémentaires (BVE), et de l'établissement des liens entre les BVE. Le bassin de l'Adour en amont du confluent des Gaves a ainsi été découpé en 366 BVE représentés sur les figures suivantes : Figure 15 (bassin global), Figure 16 (détail de la modélisation pour les bassins des Luys et du Louts), Figure 17 (détail de la modélisation pour le bassin de la Midouze).

Modélisation LAGON du bassin de l'Adour en amont des Gaves





Modélisation LAGON des bassins des Luys et du Louts



Légende

- Bassin versant élémentaire (bve)
- Axe de rivière avec points-limites de bve
- Point consigne
- Ouvrage géré (le nom débutant par B-... Indique une vanne de barrage, celui débutant par VF-... une vanne fictive)
- Barrage
- Ensemble tactique

Modélisation du bassin versant de la Midouze en vue du bilan besoins-ressources à l'aide du logiciel LAGON



8.2.2- Modélisation du système de gestion

LAGON permet de tenir compte de la présence d'ouvrages mis en place pour la surveillance ou la répartition des ressources en eau. Ainsi, sur le bassin de l'Adour, nous avons pu modéliser les ouvrages suivants :

- Les stations de mesure dont certaines servent de points-consignes où sont fixés des objectifs de débit à satisfaire ; certaines stations de mesures fictives ont du être introduites, en particulier au niveau du bec des gaves, point le plus aval de la zone d'étude (non équipé de station hydrométrique à l'heure actuelle) ;
- Les barrages de réalimentation actuels ;
- Les ouvrages gérés actuels : il s'agit de toutes les vannes en sortie des barrages, des vannes alimentant les canaux de dérivation de la plaine de l'Adour, des ouvrages de transfert (du Luy de France vers le Louts en particulier) ; chacun de ces ouvrages est indexé sur un point de consigne situé en aval et LAGON calcule le débit qui doit transiter par l'ouvrage pour satisfaire le débit consigne et les usages de l'eau sur le sous-bassin compte tenu des apports intermédiaires ; notons que le logiciel LAGON ne simule pas la gestion opérationnelle des ouvrages car on suppose leur capacité illimitée pour comptabiliser un déficit absolu sur le bassin (on prend simplement en compte une forme de gestion en adaptant l'ouverture des vannes aux besoins exprimés en aval et aux apports naturels intermédiaires) ;
- Des ouvrages gérés fictifs, qui sont des astuces de modélisation pour sectoriser les déficits sur des sous-bassins actuellement non gérés. Leur fonctionnement dans LAGON est le même que celui des ouvrages gérés actuels.

Tous les ouvrages ainsi pris en compte dans la modélisation sont indiqués sur les Figure 15, Figure 16 et Figure 17. La liste des points de consignes et les débits associés est fournie en annexe.

8.2.3- Modélisation du système climatique et d'irrigation

Les principaux objets utilisés pour modéliser le système climatique et d'irrigation sont les *régions agricoles* (RA) dont chacune est un ensemble de BVE. Chaque région agricole doit disposer de caractéristiques agro-climatiques propres (RU, RFU, ETP, pluviométrie) et un assolement homogène ou assez homogène. Ces caractéristiques servent de base pour le calcul des besoins unitaires des cultures (BUT). En particulier, dans LAGON, un volume d'écrêtement unique s'applique sur chaque région agricole. Cette notion est donc importante vis-à-vis de la méthodologie proposée ici, où le volume prélevable pour l'irrigation est déterminé par le terme « SI X Vol.Ecrêtement ». Les Besoins Unitaires Théoriques sont calculés au pas de temps décennaires et répartis uniformément sur les 10 jours composant la décennie. La valeur d'écrêtement s'exprime en m³/ha/an et s'applique sur le BUT annuel (somme des BUT décennaires). Pour les années où le besoin théorique est supérieur à cette valeur, le prélèvement finalement simulé dans LAGON correspond à une répartition journalière du prélèvement plafonné, au prorata des besoins unitaires théoriques journaliers. C'est une façon de modéliser le comportement des agriculteurs lorsqu'ils savent qu'ils ont un volume limité à prélever.

NB : a priori, selon la définition ci-avant, une région agricole peut concerner plusieurs UG et à l'inverse une UG peut être à cheval sur plusieurs régions agricoles.

Pour la présente étude, nous avons réutilisé le découpage en région agricole issu des études précédentes auquel nous avons apporté les compléments et modifications suivants :

- Extension sur le territoire non couvert (Adour entre Aire et le Bec des Gaves) ;
- Découpage des régions agricoles selon les contours des UG (en conservant les caractéristiques des RA d'origine), ce qui permet de mieux ajuster les valeurs d'écrêtement des prélèvements agricoles pour déterminer le Vp de chaque UG.

Le bassin de l'Adour a ainsi été découpé en 25 régions agricoles. Une description de ces régions est fournie dans le Tableau 21 (cf. aussi les détails complémentaires en annexe).

Tableau 21 : description des régions agricoles

ID_RA	Description sommaire	Unité de gestion concernée
105ECHEZ	Bassin de l'Echez en amont de Tarbes	Amont Estirac
100ADOUR	Bassin de l'Adour en amont de Tarbes	Amont Estirac
104ADOUR	Bassins de l'Adour et de l'Echez entre Tarbes et Maubourguet	Amont Estirac
109ADOUR	Bassin de l'Adour entre Aire et Audon	Aire/Adour -> Audon
106ARROS	Bassin de l'Arros	Estirac Aire/Adour
107ADOUR	Bassin de l'Alaric entre Tarbes et Maubourguet	Amont Estirac
108AD_ES_AI	Bassin de l'Adour entre Estirac et Aire/Adour	Estirac Aire/Adour
LEES	Bassin des Lées	Lées
110AD_AU_VI	Bassin de l'Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul	Audon -> St-Vincent
LANDES_AU_VI	Sables des Landes entre Audon et St-Vincent-de-Paul	Audon -> St-Vincent
110AD_VI_GA	Bassin de l'Adour entre St-Vincent-de-Paul et la confluence Gaves	St-Vincent -> Gaves
ARMAG_MI_MI_AM	Bas Armagnac dans l'UG Midour amont	Midour amont
ARMAG_MI_MI_AV	Bas Armagnac dans l'UG Midour aval	Midour aval
MIDOUR_AMONT	Coteaux du Midour amont	Midour amont
DOUZE_AMONT	Coteaux de la Douze amont	Douze amont
ARMAG_MI_AM_RO	Bas Armagnac dans l'UG Douze amont	Douze amont
LANDES_MI_AM_RO	Sables des Landes dans l'UG Douze amont	Douze amont
LANDES_MI_DO_AV	Sables des Landes dans l'UG Douze aval	Douze aval
LANDES_MI_CA_AD	Sables des Landes dans l'UG Mont-de-Marsan – Campagne	Mt-de-Marsan -> Campagne
MARSAN_MI_CA_AD	Sables du Marsan dans l'UG Campagne – Confluence Adour	Campagne -> Adour
MARSAN_MI_MO_CA	Sables du Marsan dans l'UG Mont-de-Marsan – Campagne	Mt-de-Marsan -> Campagne
MARSAN_MI_MI_AV	Sables du Marsan dans l'UG Midour aval	Midour aval
LANDES_MI_MO_CA	Sables des Landes dans l'UG Campagne – Confluence Adour	Campagne -> Adour
LOUTS	Bassin du Louts	Louts
LUYS	Bassin des Luys	Luys

8.2.4- Modélisation du système de perturbation (ou influence)

Le système de perturbation permet de décrire les influences directes (prélèvements et rejets en rivière) ou indirectes (prélèvements en nappe) sur les ressources en eau de surface, au travers de fonctions descriptives : les fonctions de transfert et fonctions de répartition.

8.2.4.1- Fonctions de transfert

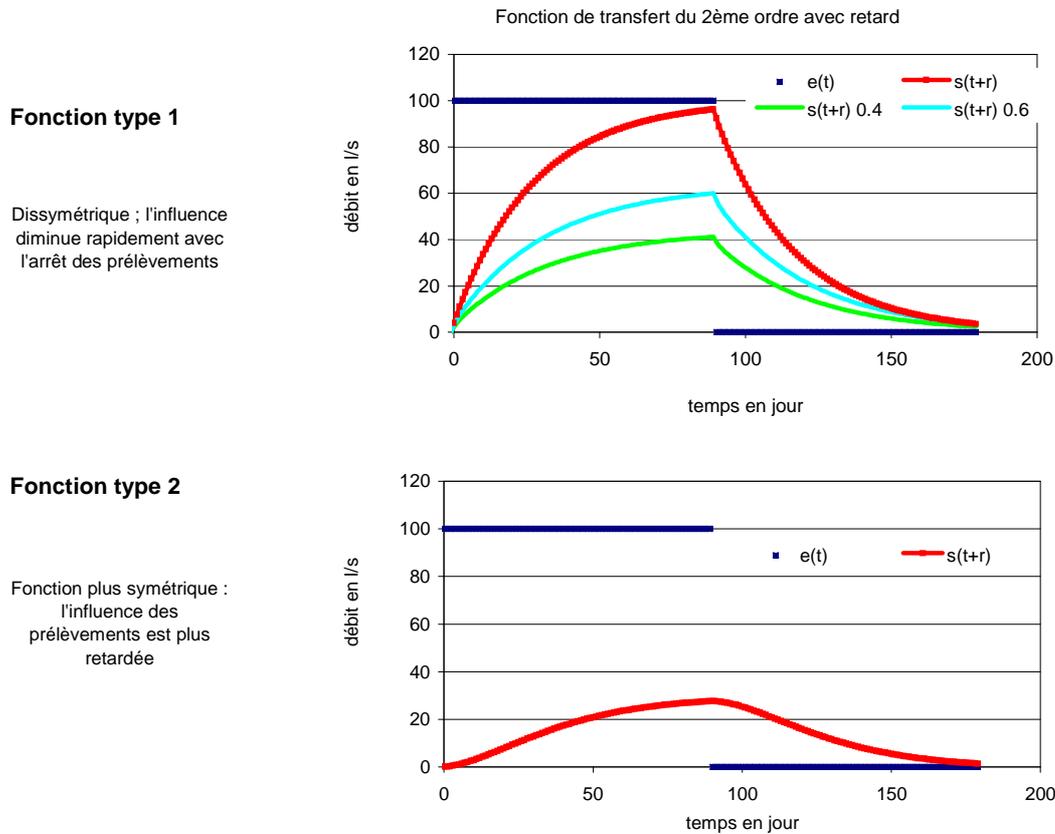
Les fonctions de transfert sont utilisées pour évaluer l'influence des prélèvements en nappe sur les débits des cours d'eau : elles permettent de tenir compte de l'amortissement et du décalage dans le temps de ces influences. Pour la présente étude, nous avons réutilisé les fonctions de transfert des bilans besoins-ressources précédents :

- La fonction de transfert « Adour » pour les prélèvements en nappe alluviale de l'Adour et les prélèvements en nappe des bassins Luys-Louts ;
- Les 4 fonctions de transfert du bilan Midouze, qui permettent de décrire la complexité du système multicouche de ce bassin : selon la nappe captée et le « domaine hydrogéologique »⁶ dans lequel se trouve un prélèvement, il est pris en compte avec une influence plus ou moins amortie et plus ou moins différée décrite par l'une des 4 fonctions de transfert. Les nappes suivantes ont ainsi été prises en compte comme « **nappes d'accompagnement** » sur le bassin de la Midouze (et par extension sur le bassin du Luzou et le bassin de l'Adour à proximité) :
 - nappes alluviales,
 - nappe du Mio-Plio-Quaternaire,
 - nappe du Marsan,
 - nappe du Miocène.

Ces fonctions de transfert sont illustrées par la Figure 18, qui montre l'influence résultante sur les écoulements superficiels (courbes $s(t+r)$, $s(t+r)0.4$ et $s(t+r)0.6$) d'un pompage en nappe fictif de 100 l/s, constant pendant 90 jours (courbe $e(t)$).

⁶ Selon délimitation proposée lors de l'étude de bilan besoins-ressources sur le bassin de la Midouze (CACG, 2008)

Figure 18 : fonctions de transfert utilisées



Ces fonctions de transfert sont de deux types :

- la fonction de transfert de type 1, dans laquelle les effets retardés sont minorés, pour les prélèvements dans les nappes superficielles directement connectées aux écoulements ; ce premier type de fonction de transfert est basé sur la fonction qui avait été calée sur le bassin de l'Adour lors du Schéma Directeur de Gestion des Etiages de 1994 ; il a été décliné selon le degré d'amortissement de l'influence par l'introduction de coefficients multiplicateurs traduisant l'influence en volume⁷ (1, 0.6 et 0.4) correspondant aux 3 courbes $s(t+r)$ présentées sur le graphe du haut de la Figure 18 ; sur la bassin de la Midouze, ces fonctions de transfert ont été appliquées aux prélèvements selon les nappes et le domaine hydrogéologique comme indiqué dans le Tableau 22. La fonction de transfert de type 1 avec coefficient 1 a été appliquée à tous les prélèvements dans la nappe alluviale de l'Adour et dans le bassin des Luys et du Louts, comme dans les études préalables aux PGE ;
- la fonction de transfert de type 2, de forme plus symétrique et dans laquelle les effets retardés sont plus importants, pour les prélèvements dans les nappes plus profondes et moins directement connectées (cf. Tableau 22).

⁷ Par exemple, la fonction de transfert de type 1 avec un coefficient d'influence en volume de 0.4 s'applique pour un prélèvement en nappe peu connecté aux écoulements superficiels qui se traduit par une influence sur les écoulements superficiels équivalente à 40% du volume pompé en nappe.

Tableau 22 : fonctions de transfert appliquées par aquifère et par domaine hydrogéologique lors de l'étude Midouze 2008 et dans la présente étude

Domaine Hydrogéologique		Aquifères superficiels, directement drainés				Aquifères plus ou moins recouverts, drainés uniquement dans les vallées principales mais susceptibles de générer des drainances verticales des parties libres du multicouche			
		Code aquifère	Nom aquifère	Coef d'influence en volume	Type de fonction de transfert	Code aquifère	Nom aquifère	Coef d'influence en volume	Type de fonction de transfert
1	"Armagnac" (Midour-Douze amont)	565	Nappe du Miocène (Armagnac)	1	1	-			
2	"Amont des affluents rive droite"	127 A0	Nappe du Mio-Plio-Quaternaire	0.4	1	235	Nappe du Miocène	0.25	2
3	"Aval des affluents rive droite"	127 A0 + 235	Nappe du Mio-Plio-Quaternaire + Nappe du Miocène	0.6	1	-			
4	"Marsan"	128	Nappe du Marsan	0.4	1	235	Nappe du Miocène	0.25	2
5	"Vallée Midouze moyenne et inférieure"	348 + 127 A0	Nappe alluviale + Nappe du Mio-Plio-Quaternaire	0.6	1	235	Nappe du Miocène	0.25	2

8.2.4.2- Fonctions de répartition

Les fonctions de répartition traduisent la répartition mensuelle au cours de l'année des différents types de prélèvements (hors irrigation, dont la répartition dans le temps est décrite au travers des BUT) et des rejets. Pour la présente étude, nous avons considéré des prélèvements et rejets constants sur la période d'étiage (en dehors de la période d'étiage, le bilan n'est pas calculé).

8.3- Description des simulations

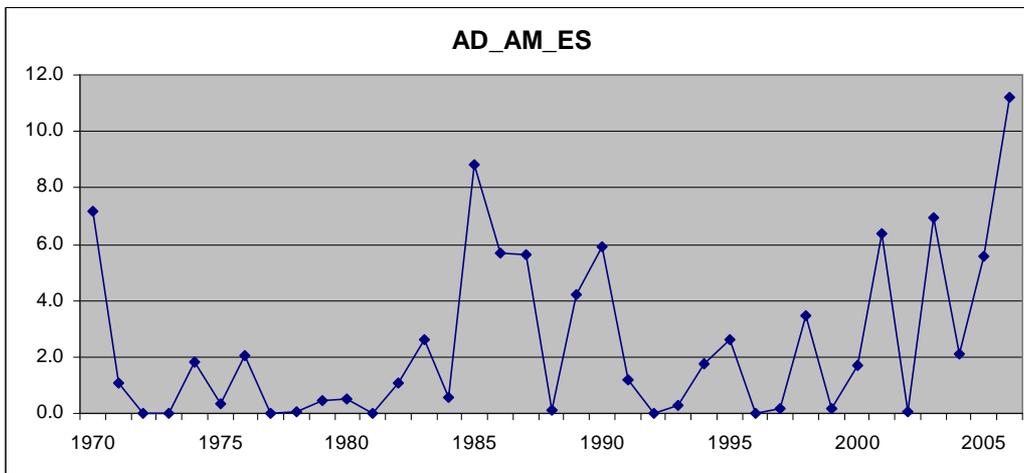
En procédant à plusieurs simulations qui ne varient que par le niveau d'écrêtement des prélèvements agricoles, on construit des courbes permettant de décrire comment évolue le déficit en fonction du niveau d'écrêtement.

8.3.1- Préambule sur l'obtention des résultats et les valeurs statistiques prises en compte

Des chroniques de déficits sont calculées à chacune des simulations : on parle de déficits « absolus » (compte non tenu des ressources existantes), à partir desquels sont ensuite réalisées des analyses statistiques. Le résultat final correspond au déficit résiduel, obtenu à partir du déficit absolu issu de l'analyse statistique, déduction faite des volumes actuels mobilisés dans des barrages de réalimentation.

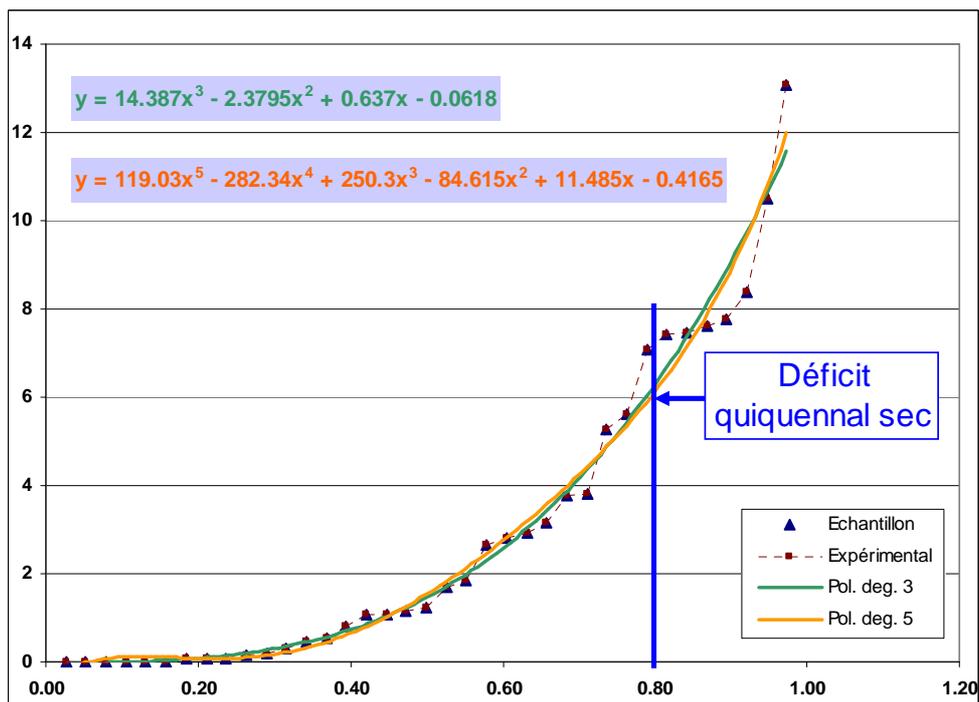
Cette démarche est illustrée pour l'une des simulations réalisées pour l'unité de gestion « Adour Amont Estirac ». Les premiers résultats sont les déficits absolus de chaque année de la chronique, tels qu'illustrés par la Figure 19.

Figure 19 : chronique de déficits absolus entre juin et octobre pour l'unité de gestion « Adour Amont Estirac »



A partir de cette chronique, on recherche alors un ajustement statistique permettant de décrire au mieux l'échantillon expérimental autour de la fréquence quinquennale sèche (cf. Figure 20).

Figure 20 : exemple d'ajustement statistique sur une chronique de déficits



Pour chaque simulation, caractérisée par une combinaison de valeurs d'écrêtement⁸ appliquées sur le territoire, est ainsi obtenue une valeur de déficit absolu de période de retour 5 ou 10 ans. Les valeurs statistiques que nous considérerons seront :

- Pour les axes réalimentés : les valeurs décennales issues des chroniques LAGON (correspondant à la fréquence quinquennale en avenir incertain⁹) ;
- Pour les axes non réalimentés : les valeurs quinquennales issues des chroniques LAGON.

Une fois ce déficit statistique déterminé, il suffit de considérer les ressources stockées dans l'unité de gestion pour déduire le déficit résiduel. Nous rappelons que pour la détermination du volume prélevable par unité de gestion, c'est la combinaison de valeurs d'écrêtement qui rend le déficit résiduel (décennal pour les axes réalimentés et quinquennal pour les autres) négligeable qui est recherchée. Nous avons pour cela procédé par itération, au moyen de plusieurs scénarios.

8.3.2- Recherche des volumes d'écrêtement correspondant à un déficit négligeable

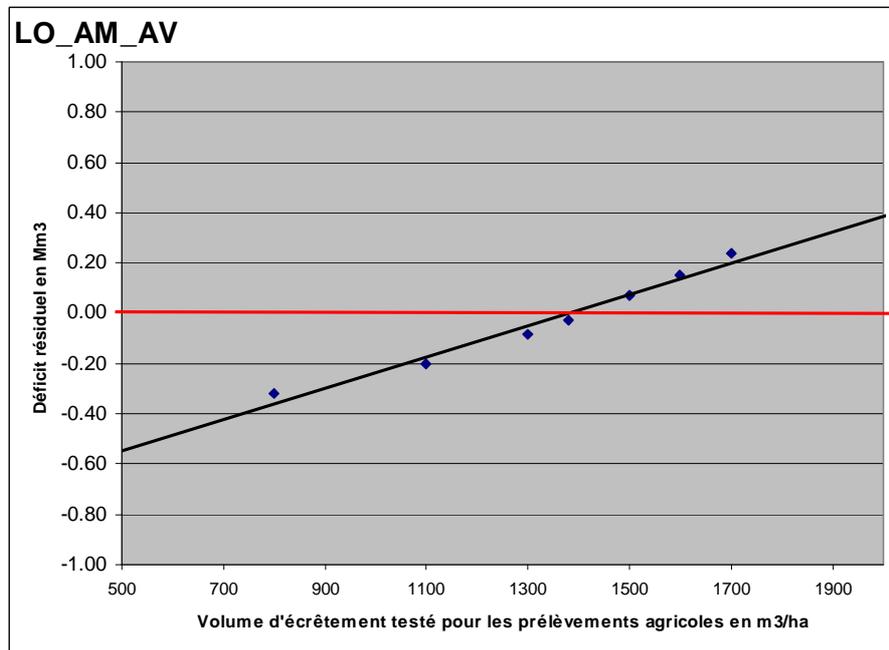
Deux cas caractéristiques se sont présentés selon les UG lors de la détermination de la « valeur d'équilibre » :

- Cas n°1 : pour certaines UG, le déficit résiduel varie franchement et de manière quasiment linéaire lorsque l'on fait varier le volume d'écrêtement testé pour les prélèvements agricoles ; de plus, les valeurs testées permettent d'encadrer ou d'approcher la situation d'équilibre (cas illustré ci-après sur la Figure 21). Dans ce cas, la détermination de la valeur d'écrêtement qui « annule le déficit » est aisée et fiable (incertitude faible) ; 6 UG ont leur résultat dans cette configuration : « Adour en amont d'Estirac », « Adour entre Estirac et Aire », « Adour entre Aire et Audon », « Lées », « Louts », « Luys », « Midour amont », « Douze amont », « Midour aval ». Ce sont des unités de gestion de l'amont ;

⁸ Chaque simulation LAGON s'applique au bassin de l'Adour en amont des Gaves, dans son ensemble. Les valeurs d'écrêtement s'appliquent dans LAGON région agricole par région agricole. Toutefois, compte tenu de l'objectif de l'étude (déterminer un volume prélevable par UG et donc pouvoir ajuster au plus près, par UG, les prélèvements pour arriver à une situation d'équilibre), une astuce de modélisation a consisté à découper les régions agricoles selon les contours des UG de façon à pouvoir appliquer une valeur d'écrêtement par UG. Chaque simulation correspond donc à une combinaison de valeurs d'écrêtement sur le territoire. NB : Lorsque les contours d'une UG et d'une région agricole étaient très peu différents, la région agricole n'a pas été redécoupée.

⁹ **La fréquence supposée admissible pour les restrictions est la fréquence quinquennale.** Or il a été montré empiriquement (dans le cadre des études « Charlas ») que les déficits décennaux estimés à partir des chroniques obtenues avec LAGON correspondent en fait à un taux de défaillance quinquennal en avenir incertain lorsqu'on s'intéresse aux axes réalimentés. D'autres études menées sur le système Neste ont montré que si l'on mobilise des volumes correspondant aux déficits quinquennaux calculés *a posteriori* à partir de chroniques LAGON, on risque dans la réalité de ne pas satisfaire les usages entre une année sur 3 et une année sur 4. Cet écart est lié à une incertitude sur l'avenir que connaît le gestionnaire et qui l'oblige à faire des prévisions en fonction de probabilités d'occurrence, cette incertitude n'intervenant pas du tout dans les calculs de bilans besoins-ressources puisque l'on regarde la situation *a posteriori*.

Figure 21 : exemple de variation linéaire du déficit en fonction du niveau d'écrêtement des prélèvements agricoles



- Cas n°2 : les variations du niveau d'écrêtement n'ont pas beaucoup d'influence sur le niveau de déficit (cf. Figure 22) ; il s'agit des unités de gestion « Douze aval », « Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne », « Midouze aval », « Adour entre Audon et Saint-Vincent de Paul », « Adour entre Saint-Vincent de Paul et les Gaves » : on constate qu'il s'agit d'unités de gestion de l'aval du bassin, dans les Landes, où les nappes d'accompagnement jouent un rôle fondamental dans la régulation des débits des cours d'eau ; dans ces régions, on peut considérer que le déficit est peu sensible à la variation du niveau de prélèvement ; néanmoins certaines de ces nappes sont classifiées en déséquilibre quantitatif par l'état des lieux de la Directive Cadre sur l'Eau¹⁰ ; dans l'objectif de retrouver un équilibre en 2015 ou 2021, ces masses d'eau ne doivent donc pas subir de déficits supplémentaires.

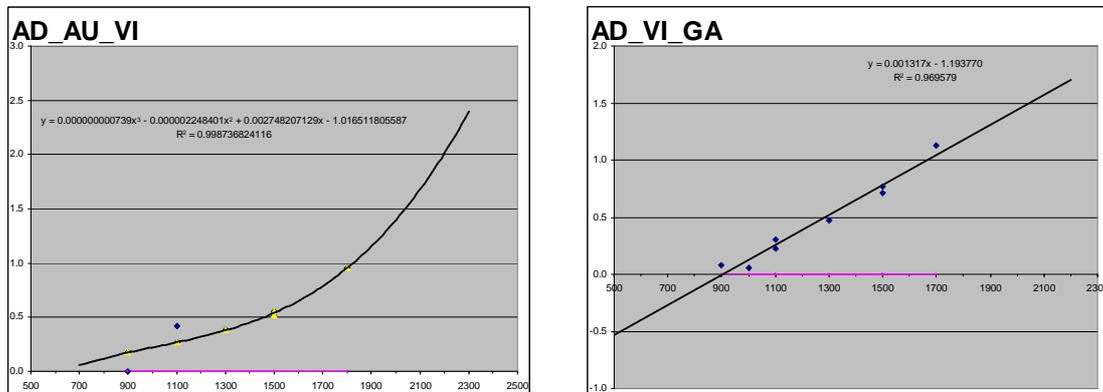
¹⁰ Certaines nappes de ce secteur sont classifiées en déficit quantitatif DCE avec un objectif de retour à l'équilibre pour 2015 voire 2021 :

-> N°5028 - ALLUVIONS DE L'ADOUR ET DE L'ECHEZ, L'AR ROS, LA BIDOUZE ET LA NIVE (objectif : 2021)

-> N°5029 - ALLUVIONS DES LUYSS (objectif : 2015)

-> N°5066 - SABLES FAUVES BV ADOUR REGION HYDRO Q (objectif : 2021)

Figure 22 : exemple de variation du déficit en fonction du niveau d'écrêtement des prélèvements agricoles dans des unités de gestion du cas n°2



8.4- Présentation des hypothèses

Dans un souci de cohérence avec les études antérieures qui ont servi de base à l'élaboration des PGE et SAGE sur les bassins concernés, la plupart des hypothèses prises en compte dans les bilans précédents ont été conservées. Les différences portent sur les prélèvements et rejets (données actualisées pour l'irrigation et l'industrie, projections à l'horizon 2014 pour l'AEP) et valeurs d'écrêtement variables selon les simulations. Les différentes hypothèses sont détaillées ci-après.

8.4.1- Hypothèse sur les surfaces irriguées, prélèvements AEP et industriels, rejets

Les bilans besoins-ressources réalisés ont tenu compte d'une hypothèse unique sur les surfaces irriguées, les prélèvements AEP et industriels et les rejets associés : il s'agit des données ressortant de l'analyse des besoins telle que présentée au § 5.1.3. Ces données ont été affectées aux bassins versants élémentaires du modèle (BVE) par le biais d'une analyse sous SIG des points de prélèvements (AEP, IND et IRR).

8.4.2- Hypothèses de comportement et de valeurs d'écrêtement des prélèvements agricoles

Dans toutes les simulations, compte tenu de ce qui a été exposé au § 5.1.3, le coefficient comportemental a été pris égal à 1.

Par contre, et c'est là tout le fondement de notre méthode, nous avons fait varier la valeur d'écrêtement d'irrigation par région agricole à chacune des simulations. C'est finalement le seul paramètre qui varie d'une simulation à l'autre, toutes les autres hypothèses étant fixes. Ainsi à chaque simulation correspond une combinaison de valeurs d'écrêtement sur le bassin de l'Adour.

8.4.3- Coefficient d'efficience de gestion

Le coefficient d'efficience de gestion décrit d'une manière globale l'efficacité de la gestion d'un système des ressources en eau. Ce coefficient est nécessairement ≥ 1 pour tenir compte du fait que la délicatesse d'ajustement des lâchers de barrage ou d'un ouvrage de transfert pour assurer un débit consigne conduit généralement à perdre un peu de ressource.

Dans les bilans besoins-ressources réalisés précédemment sur la zone d'étude, les valeurs prises en compte ont été les suivantes :

- **1,2** pour la plupart des points de bilan du bassin qui sont situés sur des axes gérés ; en tant que gestionnaire de barrages, la CACG sait que, dans la réalité, les efficacités de gestion sont très variables d'un bassin à l'autre et varient en fonction de plusieurs paramètres (taille du bassin et donc temps de transfert entre le barrage et le point consigne, valeur du point consignes, importance des apports et des prélèvements intermédiaires...). La prise en compte de coefficients réalistes bassin par bassin est cependant délicate et nous avons donc adopté pour les calculs cette valeur de 1,2 que nous considérons comme une hypothèse optimiste ;
- **1** pour les points de bilan des axes non réalimentés du bassin de la Midouze, généralement situés dans la zone des sables.

Nous avons conservé ces valeurs dans les calculs réalisés pour la présente étude.

8.4.4- Les débits consignes : débits objectifs aval et objectifs intermédiaires

Les débits objectifs aval pris en compte pour chacune des UG sont rappelés dans le Tableau 23.

Tableau 23 : débits objectifs pris en compte en aval des UG

Nom du point consigne aval	Nom de l'UG	Débit objectif en m3/s	Commentaires
ESTIRAC	Adour amont Estirac	3.30	DOE
AIRE-SUR-ADOUR AMONT	Estirac-Aire hors Lées	4.50	DOE pour le projet de SDAGE 2010-2015
AIRE-SUR-ADOUR AVAL		5.80	DOE
BERNEDE	Lées	0.50	Débit Seuil de Gestion du barrage du Gabas sur le bassin des Lées
ARTHEZ	Midour amont Arthez	0.12 du 15/06 au 31/08 0.08 du 01/06 au 15/06 et du 01/09 au 31/10	DSR et DMS définis dans l'arrêté interpréfectoral du 06 juillet 2004, valeurs retenues dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
ROQUEFORT	Douze amont Roquefort	0.35	QMNA5 naturel, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
MONT-DE-MARSAN	Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan / Ludon compris)	1.60	Débit biologique de crise, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
DOMI	Douze aval (y compris affluents Estampon, Gouaneyre)	2.40	Débit biologique de crise, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
CAMPAGNE	Midouze entre Mont de Marsan et Campagne	5.60	Débit biologique objectif, valeur ayant reçu un avis favorable par le comité de bassin pour devenir la valeur du DOE à Campagne dans le cadre du SDAGE 2010-2015
TARTAS	Midouze aval (entre Campagne et confluence Adour)	5.30	Débit biologique de crise, valeur retenue dans le scénario de référence du bilan besoins-ressources Midouze
AUDON	Aire-Audon	8.20	DOE
GAMARDE	Louts	0.14	QMNA5 naturel
SAINT VINCENT DE PAUL	Audon-St Vincent de Paul	18.00	DOE
SAINT PANDELON	Luys	1.20	valeur proposée comme DOE suite aux études du PGE Luys/Louts
BEC DES GAVES	St Vincent de Paul-Bec des Gaves	20.30	(DOE St Vincent de Paul + DOE St Pandelon) x correction de bassin versant

Des débits objectifs intermédiaires ont, de plus, été considérés. Ils correspondent aux valeurs retenues dans les scénarios de référence des études de bilans besoins-ressources antérieures (le détail de ces hypothèses est fourni en annexe).

8.4.5- Période de calcul des déficits

Les calculs de déficit sont effectués chaque année sur la période comprise entre le **1^{er} Juin et le 31 Octobre**, soit **22 semaines** environ.

8.4.6- Synthèse des hypothèses, données d'entrée et paramètres de calcul

En résumé, les données d'entrée et hypothèses de calcul à retenir sont les suivantes :

- **Ressources** : débits naturels reconstitués sur la période 1970-2006 (période choisie en fonction des données disponibles et des possibilités d'extension des chroniques compatibles avec les délais de l'étude) ;
- **Prélèvements et rejets** :
 - Besoins AEP estimés à l'horizon 2014 et rejets associés ;
 - Prélèvements industriels actuels (autorisations 2007) et rejets associés ;
 - Irrigation :
 - Surfaces irriguées correspondant aux autorisations 2008 (cf. Tableau 13) ;
 - Volumes d'écrêtement des prélèvements agricoles variables selon les régions agricoles et les simulations ;
 - Prise en compte des prélèvements dans les nappes d'accompagnement au travers de fonctions de transfert nappes/rivière ; les nappes prises en compte comme nappes d'accompagnement sont les nappes alluviales, la nappe du Pliocène, la nappe du Mio-Plio-Quaternaire, nappe du Marsan et nappe du Miocène ;
- **Système géré**, dans lequel ont été pris en compte :
 - Les débits objectifs des points consignes de chaque UG et des débits consignes intermédiaires : la combinaison de débits est fixe pour l'ensemble des simulations ;
 - Coefficient d'efficacité de gestion = 1.2 (hypothèse optimiste) pour les axes réalimentés et 1 pour les axes non réalimentés ;
 - Une gestion optimisée des canaux de dérivation de la plaine de l'Adour et de l'ensemble des barrages de réalimentation modélisés ;
- Période de calcul des déficits : du 01/06 au 31/10 de chaque année, d'après les données hydrologiques et climatologiques de la période 1970-2006.

8.5- Volumes prélevables par l'irrigation par unité de gestion

Nous présentons dans ce paragraphe les conclusions de l'étude concernant les volumes prélevables pour l'agriculture. Ces résultats sont systématiquement comparés aux conclusions des études antérieures pour démontrer la cohérence des ordres de grandeur entre eux ou expliquer les écarts obtenus.

Pour chaque unité de gestion, le volume prélevable proposé (et le niveau d'écrêtement associé) concerne les prélèvements en rivière et en nappe d'accompagnement sans distinction sur l'origine de la ressource : l'équilibre que nous avons trouvé est basé sur la répartition actuelle des besoins entre les rivières et les nappes (cf. § 5.1.3), ce qui permet de simuler un effet décalé dans le temps des prélèvements en nappe sur les débits en rivière, effet qui serait sensiblement différent si la clé de répartition entre les besoins en rivière et les besoins en nappe évoluait de façon significative.

Pour les UG concernées par la zone des sables (cf. § 5.1.3), un Vp net et un Vp brut sont proposés. Le Vp brut correspond à ce qui est effectivement prélevable par l'irrigation lorsque l'on tient compte que, en zone des sables, 40% environ des apports d'eau d'irrigation s'infiltrent et retournent à la nappe.

8.5.1- Les unités de gestion du PGE Adour amont

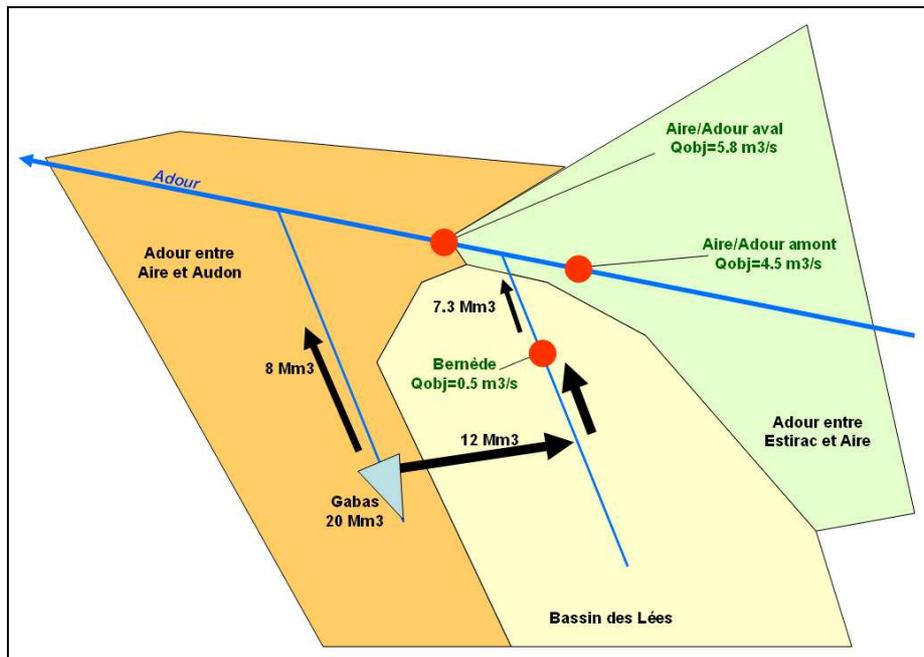
Nous présentons dans ce paragraphe les résultats pour les unités de gestion suivantes :

- L'Adour en amont d'Estirac ;
- L'Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Léés) ;
- Le bassin des Léés ;
- L'Adour entre Aire/Adour et Audon.

Il faut noter le contexte particulier attaché au réservoir du Gabas dont le volume stocké (20 Mm^3) concerne trois des unités de gestion ci-dessus (cf. Figure 23) :

- L'Adour entre Aire/Adour et Audon par réalimentation directe de la rivière Gabas à partir du barrage (8 Mm^3) et par transfert via le bassin des Léés ($7,3 \text{ Mm}^3$) ;
- L'Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Léés) puisque le transfert par le bassin des Léés implique un rejet en aval de cette unité de gestion ($7,3 \text{ Mm}^3$) : ce volume permet notamment d'assurer l'augmentation du débit objectif entre Aire amont ($4,5 \text{ m}^3/\text{s}$) et Aire aval ($5,8 \text{ m}^3/\text{s}$) ;
- Le bassin des Léés qui reçoit $7,3 \text{ Mm}^3$ en transit et $4,7 \text{ Mm}^3$ pour satisfaire ses propres usages (agricoles).

Figure 23 : transferts hydrauliques à partir du réservoir du Gabas



D'après l'étude CACG de 2005, le volume nécessaire au passage d'un débit objectif de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en amont de Aire à un débit objectif de $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$ en aval de Aire est de 6 Mm^3 entre juin et octobre (ces 6 Mm^3 correspondent au déficit absolu calculé dans la simulation n°4 de l'étude CACG de 2005 sur l'axe « Aire amont / Aire aval »).

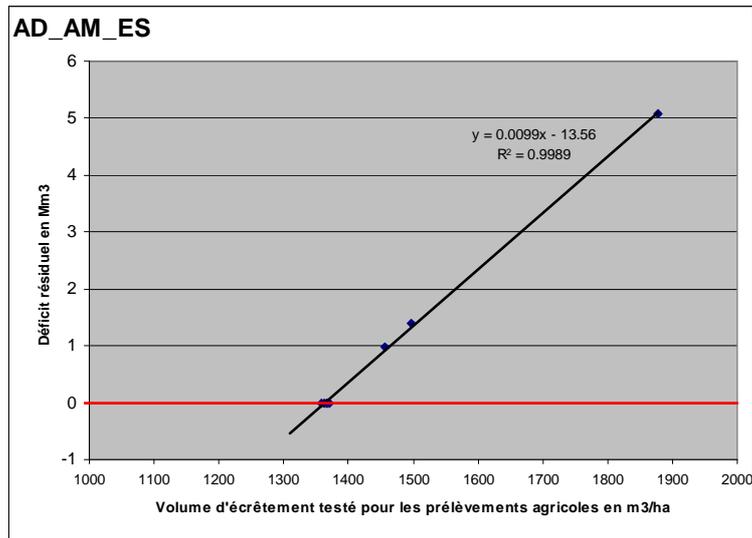
Nous proposons donc de répartir les $7,3 \text{ Mm}^3$ transitant par les Lées et dédiés à l'Adour en affectant 6 Mm^3 du barrage du Gabas pour satisfaire les besoins de l'UG « Estirac-Aire (hors Lées) » et $1,3 \text{ Mm}^3$ pour satisfaire ceux de l'UG « Aire-Audon ».

Dans les paragraphes qui suivent, les résultats sont illustrés par des graphiques représentant le déficit résiduel en fonction des niveaux d'écrêtement des prélèvements agricoles ce qui permet une comparaison directe avec les études antérieures du PGE Adour amont.

8.5.1.1- L'Adour en amont d'Estirac

La Figure 24 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

**Figure 24 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG
« Adour en amont d'Estirac »**



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume d'écrêtement testé de 1 350 m³/ha environ, correspondant à un volume prélevable pour l'irrigation de 27,9 Mm³. Ce volume global tient compte du fait que, sur cette UG, 1115 ha sont irrigués par submersion et on estime que cette technique nécessite un apport d'eau environ 2,5 fois supérieur à celui d'une irrigation par aspersion.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du PGE Adour amont

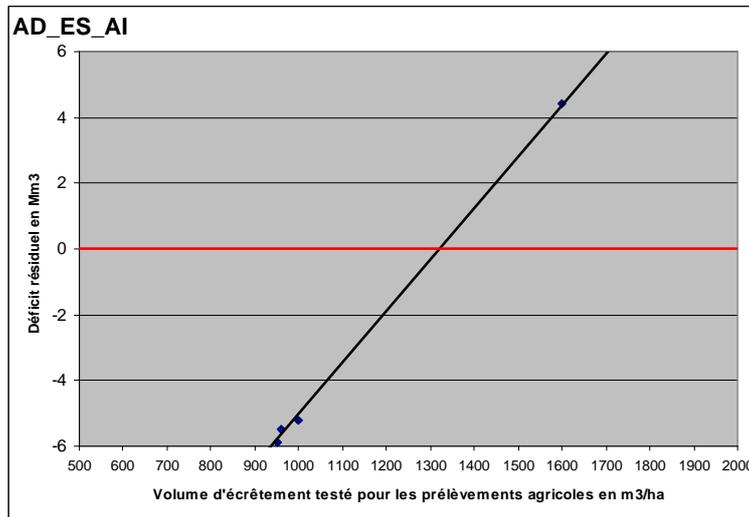
- Le déficit absolu mis en évidence lors des études préalables au PGE (CACG, 2005) était de 12 Mm³ en amont d'Estirac (soit un déficit résiduel de 4,5 Mm³ avec le Lac Bleu pris en compte à hauteur de 4,7 Mm³ en gestion interannuelle et Gréziolles à 2,8 Mm³). Le niveau d'écrêtement de l'irrigation considéré était alors de 1 800 m³/ha.
- On retrouve un bon ordre de grandeur de ce couple (Valeur d'écrêtement = 1 800 / Déficit résiduel = 4,4) sur la courbe de la Figure 24, ce qui permet de vérifier la cohérence avec les chiffres du PGE.

Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 24), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 27,9 Mm³.

8.5.1.2- L'Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)

La Figure 25 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

**Figure 25 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG
« Adour entre Estirac et Aire/Adour »**



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume d'écrêtement testé de 1 350 m³/ha environ, correspondant à un volume prélevable pour l'irrigation de 20,6 Mm³. Ce résultat intègre les ressources provenant du Gabas telles que décrites en introduction du paragraphe 8.5.1.

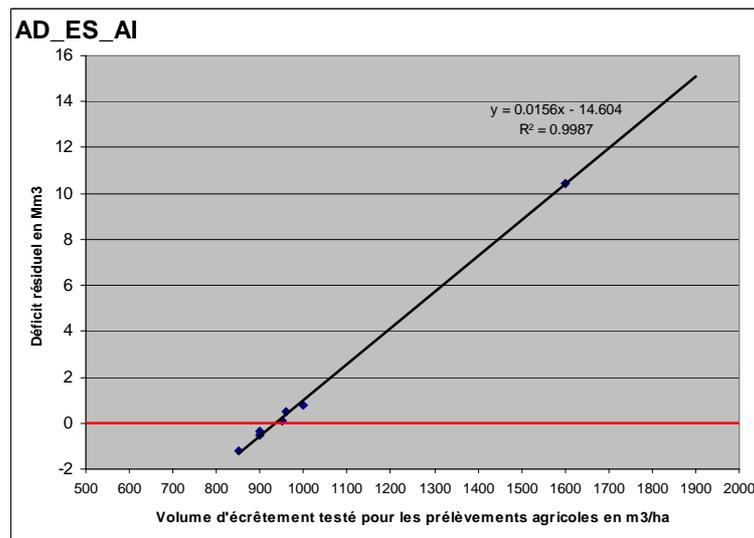
Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du PGE Adour amont

- Le déficit résiduel mis en évidence lors des études préalables au PGE (CACG, 2005) était de 14 Mm³ entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées) soit 3 Mm³ pour le bassin du Louet, 2 Mm³ pour le bassin de l'Arros, 3 Mm³ pour l'Adour entre Estirac et Cahuzac et 6 Mm³ pour l'Adour entre la confluence avec les Lées et Aire/Adour (déficit traduisant le passage d'un débit objectif de 4,5 m³/s en amont de Aire à 5,8 m³/s en aval). Le niveau d'écrêtement de l'irrigation considéré était alors de 1 800 m³/ha.

Le déficit résiduel de l'étude CACG 2005 est calculé différemment du déficit résiduel de la présente étude. Dans l'étude CACG 2005, les 7,3 Mm³ du barrage du Gabas transitant par le bassin des Lées mais dédiés à l'Adour avaient été pris en compte dans le calcul du déficit résiduel du bassin des Lées, créant ainsi un « excédent » sur ce bassin, valorisé en aval sur l'axe Adour. Cette façon de faire était entièrement cohérente avec l'objectif de l'étude qui était la réalisation d'un bilan besoins-ressources, mais n'est pas adaptée pour la détermination des volumes prélevables. La Figure 26 s'obtient simplement en réduisant de 6Mm³ les ressources propres à l'Adour, c'est à dire en translatant de 6Mm³ vers le haut la courbe de la Figure 25.

- On retrouve un bon ordre de grandeur de ce couple (Valeur d'écrêtement = 1 800 / Déficit résiduel = 13,6) sur la courbe de la Figure 26 qui permet une comparaison des résultats de la présente étude avec ceux de l'étude PGE de 2005¹¹.

Figure 26 : déficit résiduel calculé, pour comparaison, selon les mêmes principes que lors de l'étude CACG 2005 (sans comptabiliser pour cette UG les 6 Mm³ du Gabas dédiés à l'Adour) en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Estirac et Aire/Adour »



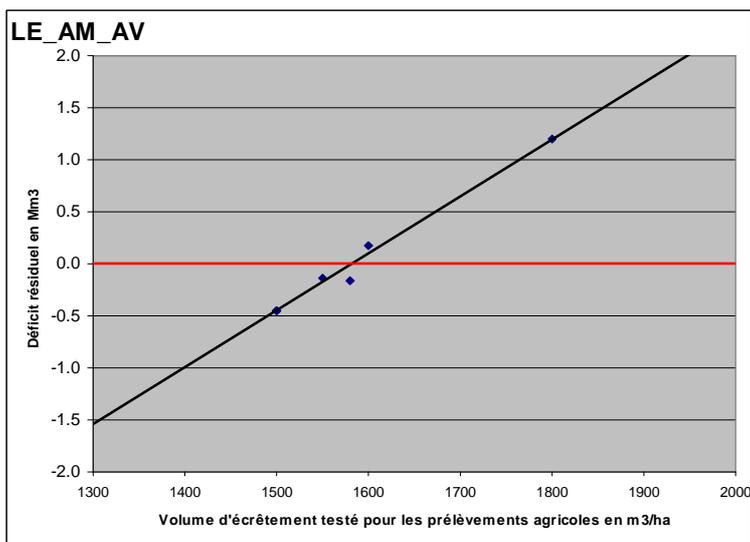
Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 25), nous proposons de retenir un volume de 20,6 Mm³.

8.5.1.3- Le bassin des Lées

Les ressources stockées prises en compte sur le bassin des Lées correspondent aux volumes utiles des barrages de Gabassot, Bassillon, Lembeye, Cadillon, Castillon, Peyrelongue et une partie du barrage du Gabas (4,7 Mm³). Dans le barrage du Gabas, les 12 Mm³ pour le bassin des Lées ne sont en effet que partiellement dédiés à ce bassin : 7,3 Mm³ ne font que transiter par les Lées et servent à réalimenter l'Adour

La Figure 27 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

Figure 27 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Lées »

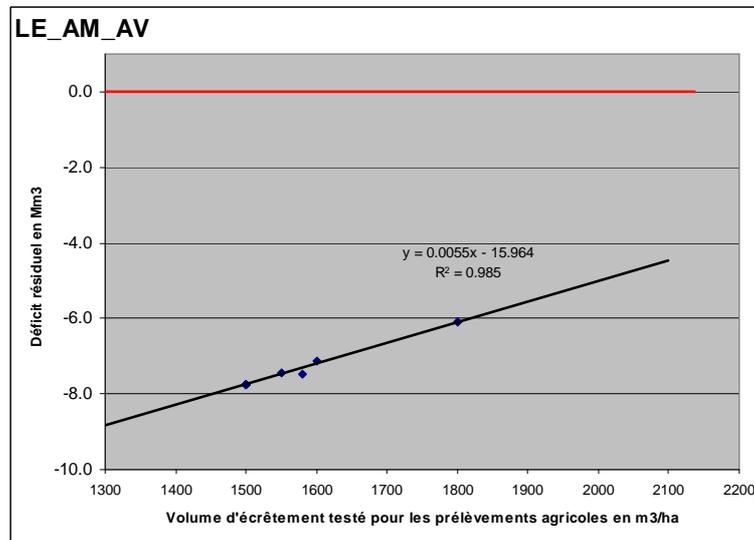


La situation d'équilibre s'obtient pour un volume d'écrêtement testé de près de 1 600 m³/ha et correspond à un volume prélevable pour l'irrigation de 9,6 Mm³. Ce résultat intègre les ressources provenant du Gabas telles que décrites en introduction du paragraphe 8.5.1.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du PGE Adour amont

- Les études préalables au PGE (CACG, 2005) ont mis en évidence un excédent de 6 Mm³ sur le bassin des Lées. Cet excédent étant lié à la présence du barrage du Gabas : 7,3 Mm³ ne sont en réalité pas prélevables dans ce bassin selon le plan d'exploitation du barrage ; il reste donc un déficit réel de 1,3 Mm³ propre à ce bassin. Le niveau d'écrêtement de l'irrigation considéré était alors de 1 800 m³/ha.
- On retrouve un bon ordre de grandeur de ce couple (Valeur d'écrêtement = 1 800 m³/ha / Déficit résiduel = -6 Mm³) sur la courbe de la Figure 28, ce qui permet de vérifier la cohérence avec les chiffres du PGE. Sur cette figure, l'analyse sur le déficit résiduel est présentée en tenant compte de la totalité des 12 Mm³ dans le bassin des Lées (comme dans l'étude du PGE Adour amont), même si 7,3 Mm³ ne sont pas prélevables sur ce bassin et sont dédiés à l'Adour.

Figure 28 : déficit résiduel calculé, pour comparaison, selon les mêmes principes que lors de l'étude CACG 2005 (calculé sur l'UG Lées en comptabilisant la totalité des 12 Mm³ du Gabas) en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Lées »

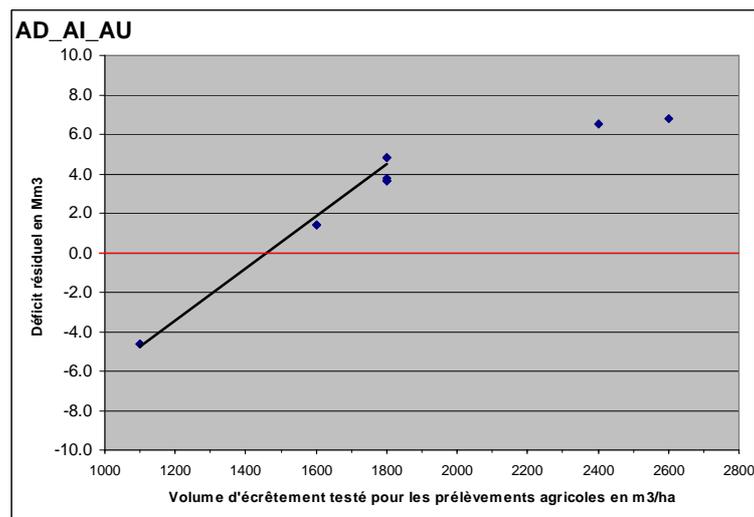


Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 27), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 9,6 Mm³.

8.5.1.4- L'Adour entre Aire/Adour et Audon

La Figure 29 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

Figure 29 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Aire/Adour et Audon »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume d'écrêtement testé de 1 450 m³/ha environ et correspond à un volume prélevable net pour l'irrigation de 23,7 Mm³. Ce résultat intègre les ressources provenant du Gabas telles que décrites en introduction du paragraphe 8.5.1.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du PGE Adour amont

Les études antérieures n'avaient pas pour objet de modéliser ce tronçon sous LAGON : nous ne disposons donc pas de valeur de référence directement comparable.

Cela étant dit, les autorisations actuelles de prélèvement pour l'irrigation sur ce bassin sont de l'ordre de 24 Mm³ soit sensiblement ce que permettent de conclure les simulations de la présente étude. Il faut également noter qu'environ 1 500 ha supplémentaires, actuellement non souscrits, pourraient être intégrées aux surfaces irriguées de cette unité de gestion.

Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 29), nous proposons de retenir un volume prélevable net pour l'irrigation de 23,7 Mm³.

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 27 Mm³.

8.5.2- Les unités de gestion du SAGE Midouze

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats pour les unités de gestion suivantes :

- La Douze en amont de Roquefort ;
- La Douze en aval de Roquefort ;
- Le Midour en amont d'Arthez ;
- Le Midour en aval d'Arthez ;
- La Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne ;
- La Midouze entre Campagne et la confluence avec l'Adour.

8.5.2.1- Remarques générale sur les résultats obtenus pour le bassin de la Midouze

Si l'on considère les résultats de volumes prélevables pour l'irrigation globalement sur le bassin de la Midouze, les résultats peuvent sembler élevés car ils sont de l'ordre de grandeur des volumes autorisés actuellement alors que ce bassin connaît des situations de crise. Cependant, il faut noter que :

- Les calculs de Vp ont été réalisés sur la base d'un DOE à Campagne abaissé à 5,6 m³/s, alors que l'objectif en ce point était jusqu'à présent de 7 m³/s (cette modification impacte les résultats des UG aval du bassin de la Midouze mais pas les UG amont pour lesquelles les débits consignés sont restés les mêmes) ;
- Il faut considérer les résultats UG par UG : la globalisation des résultats des 6 UG de la Midouze masque les secteurs sur lesquels le Vp obtenu est inférieur au volume autorisé actuel.

Une approche a déjà été menée dans l'étude Midouze 2008 pour déterminer les « volumes d'écrêtement pour les prélèvements agricoles » par sous-bassin tels que le déficit soit nul. L'équilibre trouvé dans l'étude 2008 permet donc d'estimer un volume prélevable par la formule « $SI \times \text{Ecrêtement}$ », à la différence près que le découpage adopté alors était différent du découpage en UG. Comme on est amené à sommer des résultats issus d'analyses statistiques, avec des seuils d'acceptabilité du déficit affinés dans le cadre de la présente étude, on constate des petites différences dans les résultats des Vp mais la cohérence reste bonne entre les résultats de l'étude Midouze 2008 et la présente étude (sauf pour les UG aval, en lien avec la modification du débit objectif à Campagne). Précisons également que dans l'étude Midouze 2008, les Vp définis étaient des Vp nets et n'intégraient pas le coefficient de 1,7 pour les prélèvements en zone des sables.

Dans les paragraphes qui suivent, les résultats sont illustrés par des graphiques représentant le déficit résiduel en fonction des prélèvements agricoles ce qui permet une comparaison directe avec les études antérieures du SAGE Midouze. Pour cette comparaison et compte tenu à la fois des incertitudes sur les surfaces irriguées dans la zone amont (les conventions de restitutions actuelles étant données en débit, cf. §8.5.2.2 et §8.5.2.4) et de la faible variabilité des déficits en fonction du volume testé, nous avons opté pour une présentation des courbes de déficit en fonction du volume total prélevé plutôt que du volume d'écrêtement unitaire.

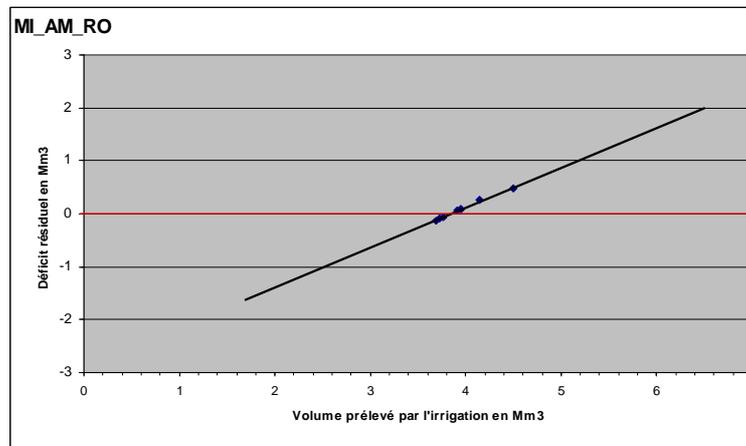
8.5.2.2- La Douze en amont de Roquefort

Remarque importante pour ce sous-bassin : les autorisations de prélèvements délivrées sur la partie réalimentée le sont en L/s et non en ha (autorisations en débit et non en surface). Pour les besoins du modèle, nous avons dû convertir les débits autorisés en surface irriguée, à partir d'un ratio de L/s/ha. Deux hypothèses différentes ont été prises entre la présente étude et l'étude de bilan de 2008 (0,7 L/s/ha dans un cas – source : Observatoire de l'eau du bassin de l'Adour – et 0,5 L/s/ha dans l'autre – source : CACG). Cela n'impacte pas le résultat du Vp¹², mais modifie les volumes d'écrêtement unitaires (en m³/ha) conduisant à la situation d'équilibre. **Le seul résultat à retenir est donc ici le volume prélevable pour l'irrigation.**

La Figure 30 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation).

¹² Lorsque l'on réalise 2 calculs, avec SI_1 et SI_2 , on obtient 2 valeurs différentes d'écrêtement unitaires q_1 et q_2 correspondant respectivement à une situation d'équilibre pour ces SI. Le produit $SI_1 \times q_1$ est sensiblement égal à $SI_2 \times q_2$: les volumes prélevables obtenus dans les deux calculs seraient ainsi les mêmes, comme permet de le vérifier l'analyse de cohérence réalisée plus loin entre les résultats de la présente étude et ceux de l'étude Midouze 2008.

**Figure 30 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG
« Douze en amont de Roquefort »**



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 3,8 Mm³.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du SAGE Midouze

- L'étude Midouze 2008 scindait cette unité de gestion en deux sous-bassins, pour lesquels la situation d'équilibre était obtenue avec une limitation des prélèvements agricoles aux volumes suivants :
 - Amont Cazaubon : 3,1 à 3,2 Mm³ (qui correspondait à un volume d'écrêtement unitaire de 1530 à 1600 m³/ha compte tenu des surfaces irriguées prises en compte dans l'étude 2008) ;
 - Cazaubon-Roquefort : 0,3 à 0,4 Mm³ (qui correspondait alors à un volume d'écrêtement unitaire de 250 à 340 m³/ha) ;
 - Soit un total de 3,4 à 3,6 Mm³ ;
- On retrouve un bon ordre de grandeur de cette valeur, la légère différence pouvant s'expliquer par l'approche statistique basée sur un bassin dans la présente étude et sur deux bassins dans l'étude 2008 : on peut donc affirmer que les résultats des deux études sont cohérents entre eux.

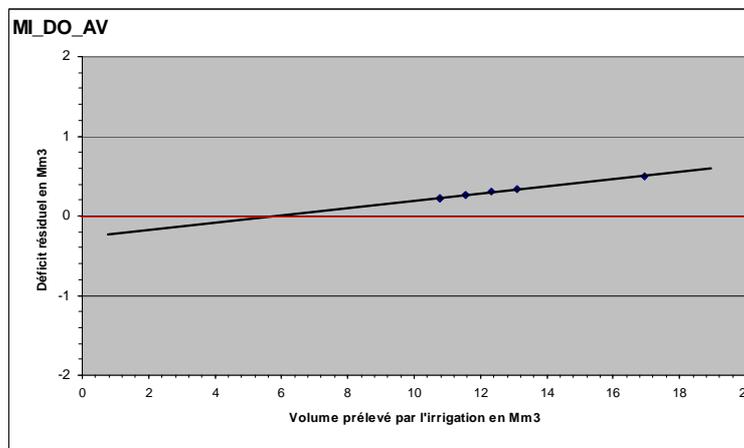
Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 30), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 3,8 Mm³.

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 4,3 Mm³.

8.5.2.3- La Douze en aval de Roquefort

La Figure 31 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation).

**Figure 31 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG
« Douze en aval de Roquefort »**



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 6,2 Mm³. Remarquons cependant que le déficit de cette unité de gestion est peu sensible aux limitations des prélèvements agricoles : les variations de prélèvements agricoles n'entraînent que des variations minimales du déficit : ainsi, une augmentation de 10% du volume prélevable (passage de 6,2 à 6,8 Mm³) n'entraîne qu'un déficit de 0,05 Mm³. Une analyse approfondie serait nécessaire pour expliquer précisément ce phénomène, mais il est probablement lié à « l'effet nappe » et les déficits que l'on observe sont vraisemblablement des déficits automnaux.

Cela étant dit, ce bassin est concerné par la nappe souterraine N°5066 considérée en déséquilibre quantitatif dans l'état des lieux DCE.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du SAGE Midouze

- L'étude Midouze 2008 scindait cette unité de gestion en 3 sous-bassins, pour lesquels la situation d'équilibre était obtenue avec une limitation des prélèvements agricoles correspondant aux volumes suivants :
 - Estampon : 7,9 à 9 Mm³ (qui correspondait alors à un volume d'écrêtement unitaire de 1400 à 1600 m³/ha) ;
 - Gouaneyre : 1,1 à 1,7 Mm³ (qui correspondait alors à un volume d'écrêtement unitaire de 800 à 1200 m³/ha) ;
 - Le bassin « Douze aval » (hors Estampon et Gouaneyre) n'était pas déficitaire dans les simulations réalisées, y compris pour un volume maximal testé de 1,6 Mm³ (ce qui correspondait à un volume d'écrêtement de 2400 m³/ha) ;
 - Soit un total de 10,6 à 12,3 Mm³ ;
- On ne retrouve pas l'ordre de grandeur de cette valeur dans la présente étude : cela est dû à la faible variabilité du déficit en fonction des volumes prélevables pour l'irrigation ; on peut cependant affirmer que les résultats des deux études sont cohérents entre eux car le traitement statistique et la sensibilité retenue pour déterminer la valeur du déficit négligeable sont à l'origine des écarts entre les deux études : la fourchette de volumes de prélèvements agricoles de l'étude de 2008 (10,6 à 12,3 Mm³) correspond dans la présente étude à un déficit compris entre 0,2 et 0,3 Mm³.

La variabilité du déficit en fonction du niveau de prélèvement est relativement faible sur cette unité de gestion. On peut toutefois considérer que cette unité de gestion est à l'équilibre pour des prélèvements agricoles de $6,2 \text{ Mm}^3$ (cf. Figure 31).

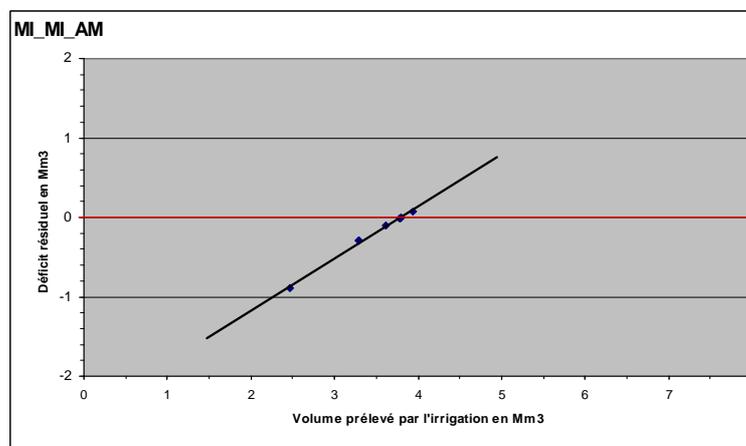
Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le V_p brut total à $10,5 \text{ Mm}^3$.

8.5.2.4- Le Midour en amont d'Arthez

Remarque importante pour ce sous-bassin : les autorisations de prélèvements délivrées sur la partie réalimentée le sont en L/s et non en ha (autorisation en débit et non en surface). Pour les besoins du modèle, nous avons dû convertir les débits autorisés en surface irriguée, à partir d'un ratio de L/s/ha. Deux hypothèses différentes ont été prises entre la présente étude et l'étude de bilan de 2008 ($0,7 \text{ L/s/ha}$ dans un cas – source : Observatoire de l'eau du bassin de l'Adour – et $0,5 \text{ L/s/ha}$ dans l'autre – source : CACG). Cela n'impacte pas le résultat du V_p , mais modifie les volumes d'écrêtement unitaires (en m^3/ha) conduisant à la situation d'équilibre. **Le seul résultat à retenir est donc ici le volume prélevable pour l'irrigation.**

La Figure 32 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation).

Figure 32 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midour en amont d'Arthez »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de $3,8 \text{ Mm}^3$.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du SAGE Midouze

- L'étude Midouze 2008 scindait cette unité de gestion en deux sous-bassins, pour lesquels la situation d'équilibre était obtenue avec une limitation des prélèvements agricoles aux volumes suivants :
 - Amont Laujuzan : $2,1$ à $2,2 \text{ Mm}^3$ (qui correspondait à un volume d'écrêtement unitaire de 1370 à $1440 \text{ m}^3/\text{ha}$ compte tenu des surfaces irriguées prises en compte dans l'étude 2008) ;

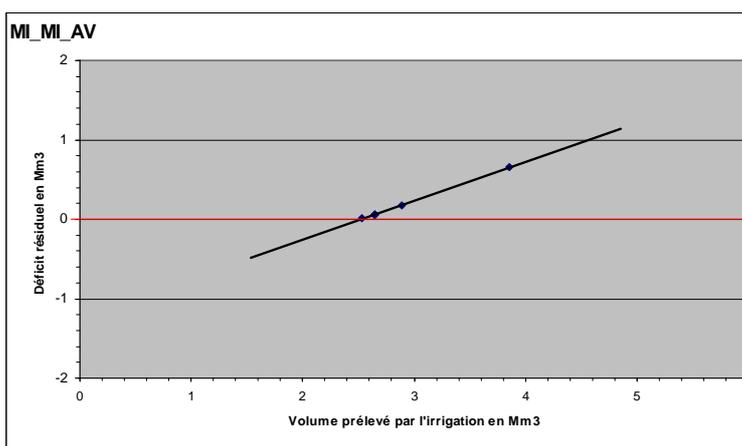
- Laujuzan-Arthez : 1,7 à 1,8 Mm³ (qui correspondait à un volume d'écrêtement unitaire de 1450 à 1500 m³/ha) ;
- Soit un total de 3,8 à 4 Mm³ ;
- On retrouve un bon ordre de grandeur de cette valeur, la légère différence pouvant s'expliquer par l'approche statistique basée sur un bassin dans la présente étude et sur deux bassins dans l'étude 2008 : on peut donc affirmer que les résultats des deux études sont cohérents entre eux.

Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 32), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 3,8 Mm³.

8.5.2.5- Le Midour en aval d'Arthez

La Figure 33 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation).

Figure 33 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midour en aval d'Arthez »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 2,5 Mm³ (qui correspond à un volume d'écrêtement testé unitaire de 520 m³/ha environ).

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du SAGE Midouze

- L'étude Midouze 2008 scindait cette unité de gestion en 2 sous-bassins, pour lesquels la situation d'équilibre était obtenue avec une limitation des prélèvements agricoles correspondant aux volumes suivants :
 - Midour aval (hors Ludon) : 1,1 à 1,2 Mm³ (qui correspondait à un volume d'écrêtement unitaire de 450 à 530 m³/ha) ;
 - Ludon : 1,2 à 1,4 Mm³ (qui correspondait à un volume d'écrêtement unitaire de 450 à 510 m³/ha) ;
 - Soit un total de 2,3 à 2,6 Mm³ ;

- On retrouve un bon ordre de grandeur de cette valeur puisque la valeur obtenue dans la présente étude est comprise dans la fourchette donnée dans l'étude 2008 : on peut donc affirmer que les résultats des deux études sont cohérents entre eux.

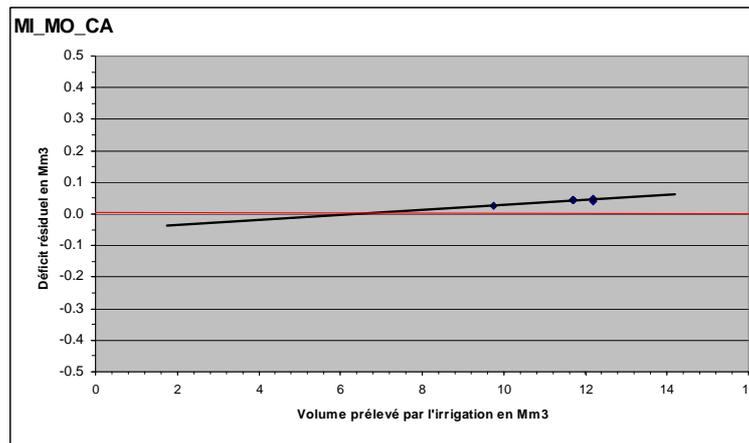
Compte tenu de la très bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 33), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 2,5 Mm³.

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 3,6 Mm³.

8.5.2.6- La Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne

La Figure 34 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation).

**Figure 34 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG
« Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne »**



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 6,3 Mm³. Remarquons cependant que le déficit de cette unité de gestion est peu sensible aux limitations des prélèvements agricoles : les variations de prélèvements agricoles n'entraînent que des variations minimales du déficit : ainsi, une augmentation de 10% du volume prélevable (passage de 6,3 à 6,9 Mm³) n'entraîne qu'un déficit de 0,004 Mm³.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du SAGE Midouze

- L'étude Midouze 2008 avait conclu sur un scénario de référence avec un DOE de 7 m³/s à Campagne ; la recherche des volumes d'écrêtement tels que le déficit soit nul avait été menée pour ce scénario et ne correspond pas au débit objectif retenu pour cette nouvelle étude : les résultats ne sont donc pas directement comparables ; cependant, le scénario 2c avait été testé avec un DOE de 5,6 m³/s, valeur retenue dans la présente étude : ce scénario concluait à un équilibre pour des prélèvements agricoles limités à 11,7 Mm³ (4 880 ha X 2 400 m³/ha) ;

- On ne retrouve pas l'ordre de grandeur de cette valeur dans la présente étude : cela est dû à la faible variabilité du déficit en fonction des volumes prélevables pour l'irrigation ; on peut cependant affirmer que les résultats des deux études sont cohérents entre eux car le traitement statistique et la sensibilité retenue pour déterminer la valeur du déficit négligeable sont à l'origine des écarts entre les deux études : la valeur de 11,7 Mm³ de l'étude de 2008 correspond dans la présente étude à un déficit de 0,04 Mm³.

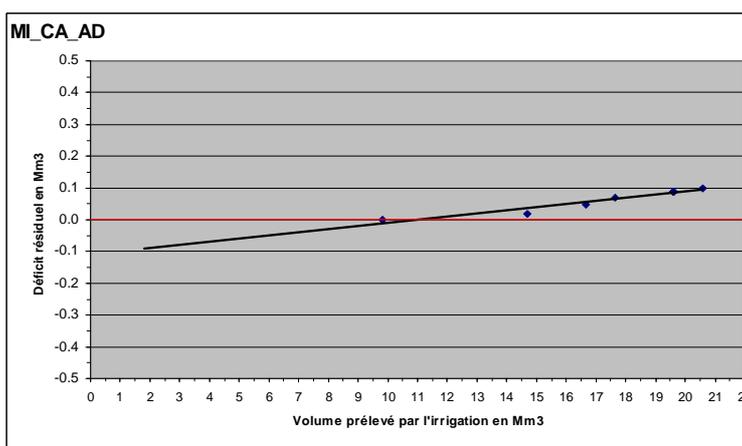
La variabilité du déficit en fonction du niveau de prélèvement est relativement faible sur cette unité de gestion. On peut toutefois considérer que cette unité de gestion est à l'équilibre pour des prélèvements agricoles de 6,3 Mm³ (cf. Figure 34).

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 10,8 Mm³.

8.5.2.7- La Midouze entre Campagne et la confluence avec l'Adour

La Figure 35 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation).

Figure 35 : déficit résiduel en fonction du volume prélevé pour l'irrigation sur l'UG « Midouze entre Campagne et l'Adour »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 13,2 Mm³. Remarquons cependant que le déficit de cette unité de gestion est peu sensible aux limitations des prélèvements agricoles : les variations de prélèvements agricoles n'entraînent que des variations minimales du déficit : ainsi, une augmentation de 10% du volume prélevable (passage de 13,2 à 14,5 Mm³) n'entraîne qu'un déficit de 0,02 Mm³.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du SAGE Midouze

- Comme pour l'unité de gestion précédente, il faut noter que l'étude Midouze 2008 avait conclu sur un scénario de référence avec un DOE de 7 m³/s à Campagne ; la recherche des volumes d'écrêtement tels que le déficit soit nul avait été menée pour ce scénario et ne correspond pas au débit objectif retenu pour cette nouvelle étude : les résultats ne sont donc pas directement comparables ;

- Le scénario 2c de l'étude 2008, correspondant aux mêmes débits objectifs que ceux retenus ici, conduisait à un déficit résiduel nul sur l'axe Midouze et sur son affluent le Retjons et à un déficit quinquennal de 0,3 Mm³ sur le bassin du Bez. Ce scénario correspondait donc à un déficit résiduel de 0,3 Mm³ pour cette unité de gestion, avec des prélèvements limités à 24,5 Mm³ (les surfaces irriguées prises en compte et leurs limitations étaient les suivantes : 1 400 ha limités à 2 400 m³/ha dans le bassin du Retjons , 4 200 ha limités à 2 400 m³/ha dans le bassin du Bes et 5 000 ha limités à 2 200 m³/ha sur le sous-bassin propre à la Midouze en aval de Campagne) ;
- On ne retrouve pas l'ordre de grandeur de cette valeur dans la présente étude : cela est dû à la faible variabilité du déficit en fonction des volumes prélevables pour l'irrigation ; on peut cependant affirmer que les résultats des deux études sont cohérents entre eux car le traitement statistique et la sensibilité retenue pour déterminer la valeur du déficit négligeable sont à l'origine des écarts entre les deux études : la valeur de 24,5 Mm³ de l'étude de 2008 correspond dans la présente étude à un déficit de 0,16 Mm³.

La variabilité du déficit en fonction du niveau de prélèvement est relativement faible sur cette unité de gestion. On peut toutefois considérer que cette unité de gestion est à l'équilibre pour des prélèvements agricoles de 13,2 Mm³ (cf. Figure 35).

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 22,5 Mm³.

8.5.3- Les unités de gestion du PGE Luys-Louts

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats pour les unités de gestion suivantes :

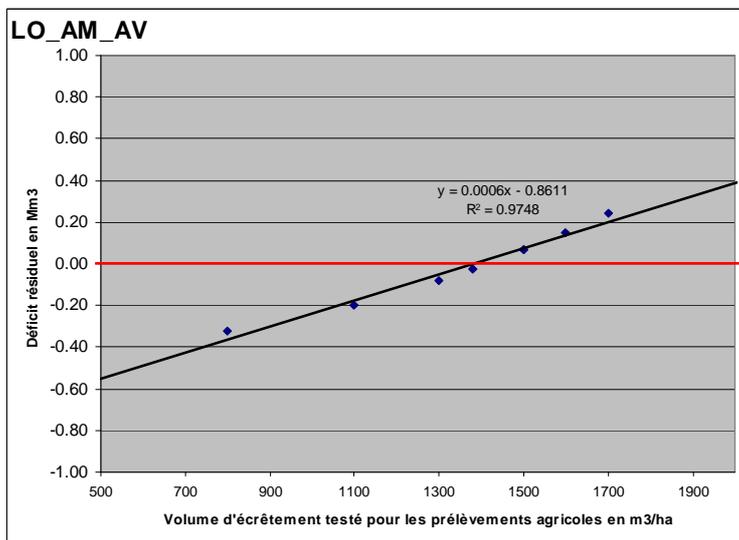
- Le bassin du Louts ;
- Le bassin des Luys.

Dans les paragraphes qui suivent, les résultats sont illustrés par des graphiques représentant le déficit résiduel en fonction des niveaux d'écrêtement des prélèvements agricoles ce qui permet une comparaison directe avec les études antérieures du PGE Luys-Louts.

8.5.3.1- Le bassin du Louts

La Figure 36 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

Figure 36 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Louts »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume d'écrêtement testé de 1 350 m³/ha environ, correspondant à un volume prélevable pour l'irrigation de 2,4 Mm³.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du PGE Luys-Louts

- Le déficit résiduel mis en évidence lors des études préalables au PGE (CACG, 2006, scénario 8) était de 1,1 Mm³ pour un niveau d'écrêtement des prélèvements de 1 500 m³/ha ;
- On ne retrouve pas tout à fait ce couple (Valeur d'écrêtement / Déficit résiduel) sur la courbe de la Figure 36, le déficit obtenu pour un volume d'écrêtement de 1 500 m³/ha étant plutôt ici de l'ordre de 0,1 Mm³. Ceci s'explique par des différences dans les surfaces irriguées prises en compte puisque dans le bilan de 2006 :
 - Une partie des prélèvements en retenues collinaires avaient été pris en compte à la demande du SPE 64 qui considérait que certaines retenues impactaient les écoulements d'étiage (alors qu'une des hypothèses pour la présente étude consiste précisément à ne pas tenir compte des surfaces irriguées à partir de ces retenues collinaires). Cet écart de 1 150 ha pourrait expliquer, à 1 500 m³/ha, une différence de 0,5 Mm³ (avec 1,24 Mm³ de réserve, ces retenues sont en déficit de (1150 x 1500 – 1,24 = 0,5) ;
 - Les surfaces irriguées à partir des rivières représentent 1 750 ha dans la présente étude contre 2 220 ha dans l'étude 2006 ce qui permet d'expliquer 0,7 Mm³ de différence supplémentaires ;

- En intégrant ces informations relatives aux surfaces irriguées, on rétablit la cohérence entre les deux études puisque le déficit résiduel à 1 500 m³/ha est quasiment nul dans les deux cas (0,1 vs -0,1 Mm³, qui représentent environ 1% des ressources disponibles).

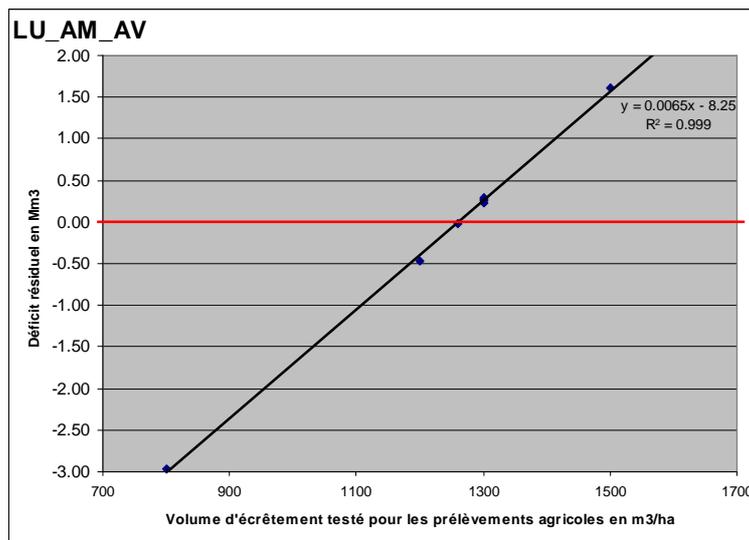
NB : ces incohérences sur les surfaces irriguées ne modifient pas l'équilibre Déficit nul / Vp car le volume prélevable est déterminé par le produit « SI X Ecrêtement » qui est peu sensible aux différences de surfaces irriguées en jeu dans les deux études¹³.

Compte tenu de la bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 36), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 2,4 Mm³.

8.5.3.2- Le bassin des Luys

La Figure 37 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

Figure 37 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Luys »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume d'écrêtement testé de 1 260 m³/ha environ, correspondant à un volume prélevable pour l'irrigation de 9,7 Mm³.

Vérification de la cohérence avec les ordres de grandeur du PGE Luys-Louts

- Le déficit résiduel mis en évidence lors des études préalables au PGE (CACG, 2006, scénario 8) était de 2,9 Mm³ pour un niveau d'écrêtement des prélèvements de 1 500 m³/ha :
 - 0,7 Mm³ sur le Luy-de-France ;
 - 0,5 Mm³ sur le Luy-de-Béarn ;

¹³ Cf. note de bas de page, en page 67

- 1,7 Mm³ sur les affluents des Luys réunis ;
- Ces valeurs masquent en réalité des tronçons excédentaires en aval des retenues sur le Luy-de-France (2 Mm³) et le Luy-de-Béarn (2,7 Mm³) alors que l'amont de ces bassins est déficitaire et ne peut être alimenté par ces excédents ;
- En revanche, ces excédents peuvent compenser le déficit absolu sur l'axe des Luys réunis (3,7 Mm³) ce qui laisse un excédent de 1 Mm³ qui ne peut compenser le déficit des affluents en aval ;
- En conclusion, on se retrouve, dans l'étude 2006 avec un déficit de 2,9 Mm³ et un excédent de 1 Mm³ non affectable à la résorption de ce déficit ;
- Dans la présente étude, l'analyse est globalisée sur l'ensemble de l'unité de gestion et le déficit résiduel pour un écrêtement de 1 500 m³/ha est de 1,6 Mm³ ce qui est cohérent avec « 2,9 – 1 = 1,9 » (l'écart résiduel est faible et provient des biais statistiques dus aux sommes de déficits qui ne sont pas exactement équivalents aux déficits globaux).

Compte tenu de la bonne linéarité des déficits obtenus au cours des différentes simulations (Figure 37), nous proposons de retenir un volume prélevable pour l'irrigation de 9,7 Mm³. Cependant, il faut conserver à l'esprit que ce volume ne peut être réparti uniformément sur le bassin : en pratique, les axes non réalimentés devront faire l'objet d'un écrêtement plus sévère que les axes réalimentés.

8.5.4- L'axe Adour en aval d'Audon

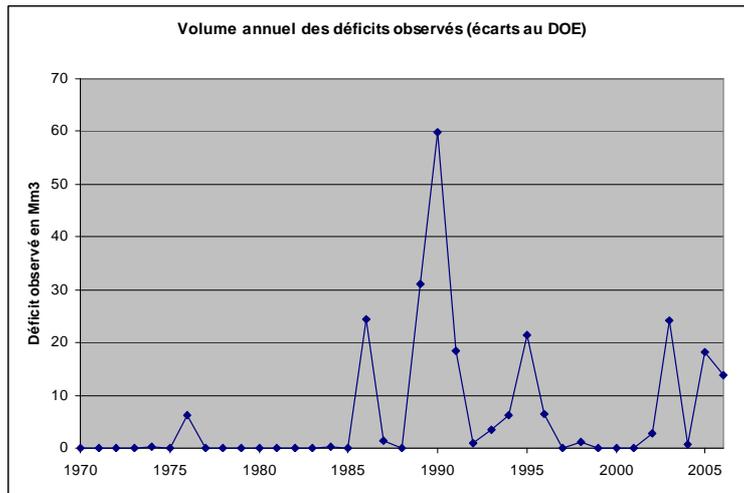
Nous présentons dans ce paragraphe les résultats pour les unités de gestion suivants :

- L'Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul ;
- L'Adour entre St-Vincent-de-Paul et la confluence avec les Gaves.

Ce secteur est réputé « sans problème » car il bénéficie d'importants apports de nappe et les débits observés sont élevés (27 m³/s mesurés en moyenne au mois d'août à la station de Saint-Vincent-de-Paul sur la période de fonctionnement de la station, de 1918 à 2009, 26 m³/s sur la période 1991 à 2006, mais 12 m³/s seulement en moyenne au mois d'août 2003). Or si on s'intéresse aux débits mesurés à St-Vincent-de-Paul relativement au DOE de 18 m³/s, on constate que des périodes de crise sont tout de même observables sur ce secteur.

La Figure 38 ci-après montre les « déficits observés » (qui correspondent au volume manquant pour satisfaire le DOE) sur la période 1970-2006.

Figure 38 : déficit « observé » à la station de St-Vincent-de-Paul



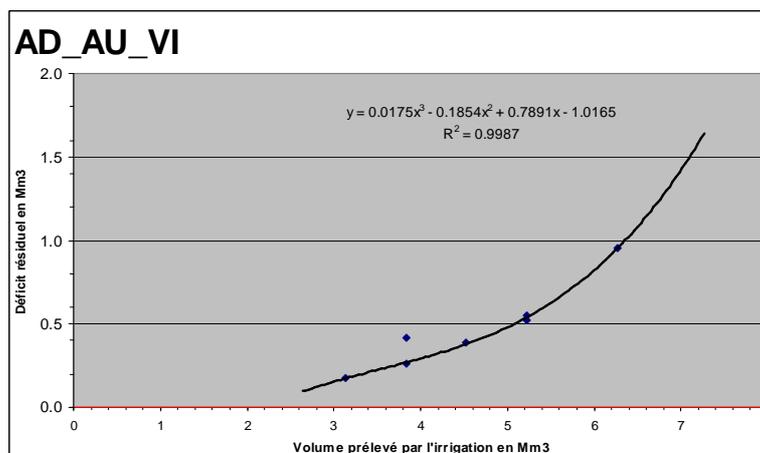
Ce graphe montre que les premières années de la chronique n'étaient pas déficitaires (les prélèvements n'étaient alors pas à leur niveau actuel), mais par contre depuis 1985, 16 années sur 21 ont été déficitaires. Si les périodes de crise semblent de faible intensité car les débits résiduels dans la rivière restent élevés, il n'en demeure pas moins que les déficits sont importants (10 Mm³ en moyenne calculés sur les déficits observés entre 1990 et 2006).

En l'absence de bilan besoins-ressources sur ce secteur, ce sont les seuls éléments quantitatifs dont on dispose.

8.5.4.1- L'Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul

La Figure 39 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume prélevé total).

Figure 39 : déficit résiduel en fonction du volume d'écêtement testé sur l'UG « Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 2,4 Mm³. Remarquons cependant que le déficit de cette unité de gestion est peu sensible aux limitations des prélèvements agricoles : les variations de prélèvements agricoles n'entraînent que des variations minimales du déficit : ainsi, une augmentation de 10% du volume prélevable (passage de 2,4 à 2,6 Mm³) n'entraîne qu'un déficit de 0,09 Mm³.

Cela étant dit, ce bassin est concerné par des nappes souterraines considérées en déséquilibre quantitatif dans l'état des lieux DCE.

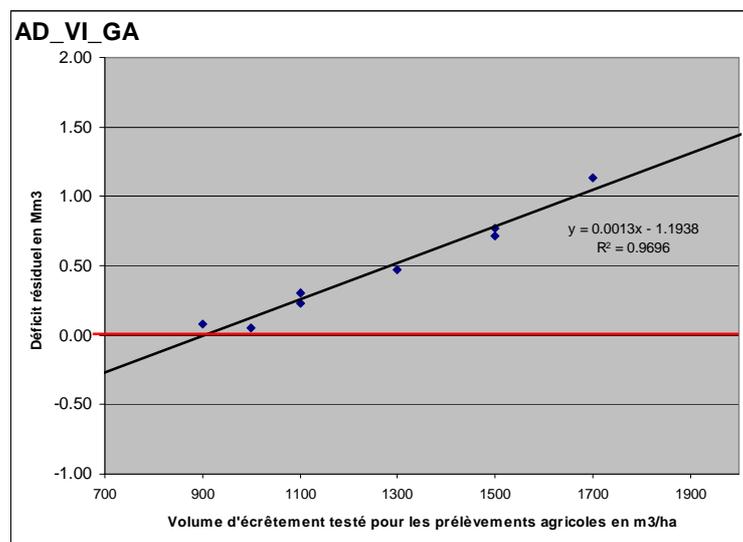
La variabilité du déficit en fonction du niveau de prélèvement est relativement faible sur cette unité de gestion. On peut toutefois considérer que cette unité de gestion est à l'équilibre pour des prélèvements agricoles de 2,4 Mm³.

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 3,2 Mm³.

8.5.4.2- L'Adour entre St-Vincent-de-Paul et la confluence avec les Gaves

La Figure 40 montre les résultats obtenus pour les différentes simulations réalisées avec LAGON (déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé).

Figure 40 : déficit résiduel en fonction du volume d'écrêtement testé sur l'UG « Adour entre Audon et St-Vincent-de-Paul »



La situation d'équilibre s'obtient pour un volume prélevable pour l'irrigation de 4,7 Mm³. Remarquons cependant que le déficit de cette unité de gestion est peu sensible aux limitations des prélèvements agricoles : les variations de prélèvements agricoles n'entraînent que des variations minimales du déficit : ainsi, une augmentation de 10% du volume prélevable (passage de 4,7 à 5,2 Mm³) n'entraîne qu'un déficit de 0,25 Mm³.

Cela étant dit, ce bassin est concerné par des nappes souterraines considérées en déséquilibre quantitatif dans l'état des lieux DCE.

D'autre part, les calculs réalisées n'ont pu tenir compte de l'influence de la marée, aujourd'hui mal connu (absence de station hydrométrique), alors que, selon les acteurs locaux, la marée contribue à maintenir des niveaux d'eau compatibles avec les prélèvements actuels.

On peut considérer que cette unité de gestion est à l'équilibre pour des prélèvements agricoles de 4,7 Mm³ **mais il faut conserver à l'esprit que l'effet marée n'est pas pris en compte dans le logiciel LAGON ce qui rend la précision de ce résultat incertaine.**

Une partie de l'irrigation dans cette UG se pratiquant en zone des sables, on évalue le Vp brut total à 6,6 Mm³.

9- SYNTHÈSE SUR LES VOLUMES PRÉLEVABLES

Dans le paragraphe précédent, nous avons présentés les résultats des volumes prélevables pour l'irrigation. Le Tableau 24 synthétise ces conclusions.

Tableau 24 : synthèse des volumes prélevables pour l'irrigation (1^{er} juin – 31 octobre)

ID_UG	Nom de l'unité de gestion	Vp Irrigation (Mm ³) <u>net</u>	Pour les UG concernées par la zone des sables ¹⁴		
			Vplrr hors zone des sables	Vplrr <u>net</u> zone des sables	Vplrr total (Mm ³) <u>brut</u>
AD_AM_ES	Adour amont Estirac	27.9			
AD_ES_AI	Estirac-Aire hors Lées	20.6			
LE_AM_AV	Lées	9.6			
AD_AI_AU	Aire-Audon	23.7	19.1	4.6	27.0
MI_AM_RO	Douze amont Roquefort	3.8	3.2	0.6	4.3
MI_DO_AV	Douze aval (y compris affluents Estampon, Gouaneyre)	6.2	-	6.2	10.5
MI_MI_AM	Midour amont Arthez	3.8			
MI_MI_AV	Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan / Ludon compris)	2.5	1	1.5	3.6
MI_MO_CA	Midouze entre Mont de Marsan et Campagne	6.3	-	6.3	10.8
MI_CA_AD	Midouze aval (entre Campagne et confluence Adour)	13.2	-	13.2	22.5
LO_AM_AV	Louts	2.4			
AD_AU_VI	Audon-St-Vincent	2.4	1.3	1.1	3.2
LU_AM_AV	Luys	9.7			
AD_VI_GA	St-Vincent-Bec des Gaves	4.7	2	2.7	6.6

¹⁴ Voir explications dans le texte ci-après

Pour une bonne interprétation de ces résultats, il est important de conserver à l'esprit quelques hypothèses fondamentales qui les sous-tendent :

- **Outil et données de bases prises en compte** : l'outil LAGON, qui a été utilisé pour la détermination des volumes prélevables initiaux pour l'irrigation, est celui qui avait été utilisé lors des études de bilans besoins-ressources, préalables à la révision du PGE Adour-amont (étude CACG 2005), au PGE Luys-Louts (étude CACG 2006) et au SAGE Midouze (étude CACG 2008) ; nous avons réutilisé les mêmes hypothèses et données de base, à l'exception des données suivantes :
 - Période de référence pour les calculs : nous avons travaillé sur une période homogène (1970-2006), donc légèrement différente des autres études (1969-2006 pour la Midouze, 1969-2003 pour l'Adour amont et 1970-2004 pour Luys-Louts) ;
 - Débits naturels : pour l'Adour en amont d'Audon, l'Arros et le Louet, nous avons travaillé à partir des nouvelles chroniques reconstituées par le bureau d'études EauCéa en 2009 ; en revanche, au niveau des autres points de bilan du bassin, il s'agit des mêmes chroniques que dans les études précédentes, éventuellement prolongées de quelques années pour couvrir la période 1970-2006 ;
 - Surfaces irriguées : il s'agit des données actualisées (2008), compilées et traitées par l'Observatoire de l'Eau du Bassin de l'Adour à partir des données des Services Police de l'Eau des 4 départements concernés ; seuls les prélèvements en nappes d'accompagnement, rivières et retenues de soutien d'étiage ont été pris en compte¹⁵ ;
- **Globalisation des ressources stockées par unité de gestion** : l'interprétation finale des résultats issus de LAGON a été menée de façon globale par unité de gestion ; les ressources stockées dans des barrages de réalimentation ont ainsi été affectées à l'unité de gestion dans son ensemble ; dans la réalité, ces ressources ne sont disponibles que dans les sous-bassins réalimentés ce qui pourrait conduire à répartir les volumes précédemment déterminés de façon hétérogène en termes de niveau d'écrêtement des prélèvements ;
- **Affectation temporelle des ressources stockées** : les ressources de la plupart (ce n'est pas le cas pour ceux du bassin de la Midouze) des barrages de réalimentation actuels ont été affectées sur les 5 mois constituant la période de travail (du 01/06 au 31/10) ; ainsi, dans les calculs, les volumes actuellement stockés sont utilisés pour satisfaire tous les besoins, dont les débits objectifs, sur toute la période (en y affectant une part des réserves), alors que la plupart des barrages n'ont actuellement vocation à soutenir les étiages que sur une période plus restreinte (en général 2 mois ou 2 mois et demi selon les règlements d'eau). Pour les bassins réalimentés où le débit naturel automnal ne permet pas de garantir le DOE quatre années sur cinq, si l'on considère que les déficits automnaux dus à la faiblesse des débits naturels n'ont pas à être compensés par les ressources stockées (conformément aux règlements d'eau actuels), les volumes réellement prélevables seraient supérieurs aux résultats présentés dans cette étude ;

¹⁵ Les surfaces irriguées à partir des retenues collinaires n'ont pas été comptabilisées alors qu'elles étaient intégrées dans l'étude préalable au PGE Luys-Louts.

- **Cas particulier des prélèvements pour l'irrigation dans les zones sableuses :** pour ces prélèvements, les volumes prélevables issus de LAGON sont des valeurs nettes ; le volume prélevable brut a été déterminé en appliquant un ratio représentant le rapport entre l'apport d'eau à effectuer pour une irrigation optimale dans ces zones et le besoin en eau des plantes ; ce ratio serait de l'ordre de 1,7 (cf. § 5.1.3), soit « volume prélevable brut \approx volume prélevable net x 1,7 ».

En intégrant ces résultats aux besoins AEP et industriels, on détermine les volumes prélevables initiaux pour chaque usage : le Tableau 25 présente cette répartition.

Tableau 25 : synthèse des volumes prélevables initiaux pour chaque usage

ID_UG	Nom de l'unité de gestion	AEP Mm ³	INDUSTRIE Mm ³	IRRIGATION (Vp nets) Mm ³	IRRIGATION (Vp bruts) Mm ³	TOTAL calculé sur Vp Irrigation bruts Mm ³
AD_AM_ES	Adour amont Estirac	4.87	1.62	27.87	27.87	34.36
AD_ES_AI	Estirac-Aire hors Léés	2.42	0.30	20.64	20.64	23.36
LE_AM_AV	Léés	0.00	0.00	9.59	9.59	9.59
AD_AI_AU	Aire-Audon	0.69	1.90	23.70	26.96	29.54
MI_AM_RO	Douze amont Roquefort	0.17	0.00	3.84	4.26	4.42
MI_DO_AV	Douze aval (y compris affluents Estampon, Gouaneyre)	0.65	0.06	6.16	10.47	11.18
MI_MI_AM	Midour amont Arthez	0.41	0.00	3.80	3.80	4.21
MI_MI_AV	Midour aval (entre Arthez et Mont de Marsan / Ludon compris)	0.72	0.00	2.53	3.61	4.32
MI_MO_CA	Midouze entre Mont de Marsan et Campagne	1.33	0.01	6.34	10.78	12.12
MI_CA_AD	Midouze aval (entre Campagne et confluence Adour)	0.16	3.05	13.24	22.51	25.72
LO_AM_AV	Louts	0.00	0.00	2.39	2.39	2.39
AD_AU_VI	Audon-St-Vincent	0.11	0.80	2.44	3.19	4.10
LU_AM_AV	Luys	0.46	0.04	9.74	9.74	10.24
AD_VI_GA	St-Vincent-Bec des Gaves	0.79	0.09	4.72	6.62	7.50
	TOTAL	12.78	7.86	136.99	162.41	183.05

10- ANNEXES

- ANNEXE 1 : Bibliographie**
- ANNEXE 2 : Données de travail et données élaborées**
- ANNEXE 3 : Volumes prélevables potentiels naturels**
- ANNEXE 4 : Tests de sensibilité des VppNat**
- ANNEXE 5 : Présentation du logiciel LAGON**
- ANNEXE 6 : Débits consignes intermédiaires pris en compte dans les bilans LAGON**
- ANNEXE 7 : Description des régions agricoles**
- ANNEXE 8 : Tests de sensibilité des volumes prélevables par l'irrigation en fonction des débits consignes intermédiaires**
- **Unité de gestion « Estirac-Aire »**
 - **Unités de gestion « Luys » et « Louts »**

ANNEXE 1

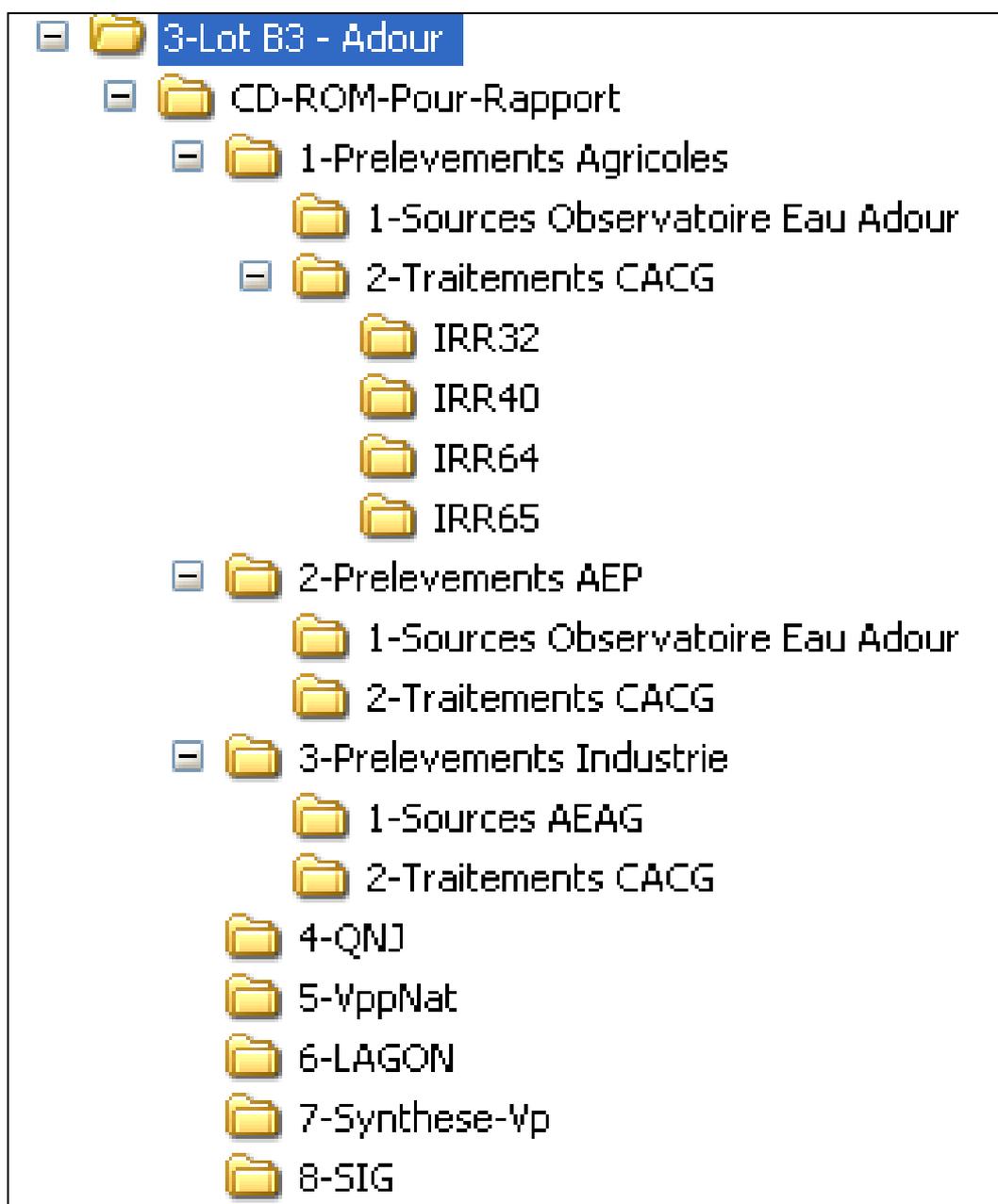
BIBLIOGRAPHIE

1. Diagnostic de réhabilitation des réseaux collectifs d'irrigation des Landes : bilans et perspectives – 2001 - DRAF Aquitaine ; Agence de l'Eau Adour-Garonne ; Fédération départementale des associations et collectivités pour l'aménagement des terres agricoles du département des Landes – CACG
2. Renforcement de la ressource en eau sur le Haut-bassin de l'Adour – Mars 2003 – Institution Adour – CACG
3. Etude préalable à l'actualisation du PGE Adour amont – Juin 2005 – Institution Adour – CACG
4. Définition de débits de référence et bilans besoins-ressources dans les bassins du Louts et des Luys – Octobre 2006 – Institution Adour – CACG
5. Bilan besoins-ressources sur le bassin versant de la Midouze – Avril 2008 – Institution Adour – CACG
6. Révision du Plan de Gestion des Etiages de l'Adour à l'amont d'Audon – Février 2009 – Institution Adour – EAUCEA

ANNEXE 2

Données de travail et données élaborées

Les données sont disponibles sur un CD-ROM dont l'architecture est la suivante :



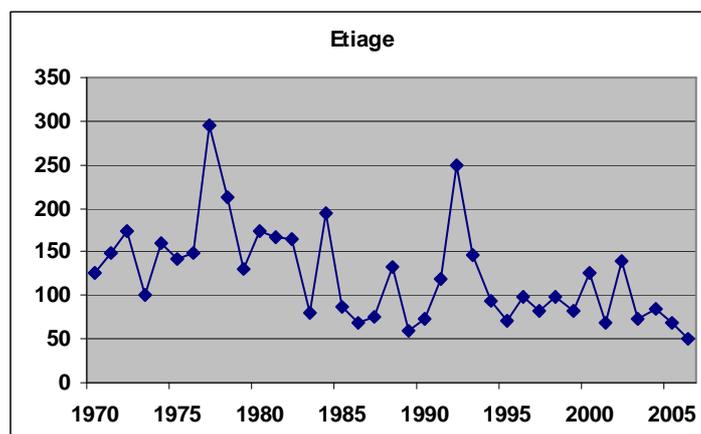
ANNEXE 3

VOLUMES PRELEVABLES POTENTIELS NATURELS

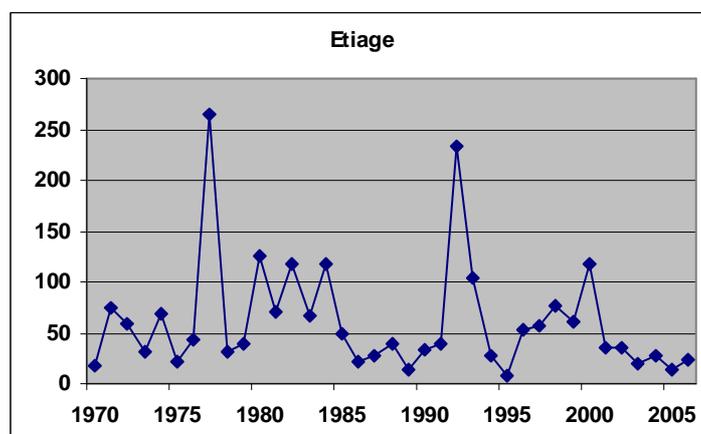
Nous présentons ici les chroniques de volumes prélevables potentiels naturels (VppNat) calculées selon la méthode décrite dans le corps du rapport au paragraphe 7. Il s'agit des VppNat calculés entre le 1^{er} juin et le 31 octobre de chaque année.

Sur les graphiques, les années sont données en abscisse et les VppNat en ordonnée (en Mm³).

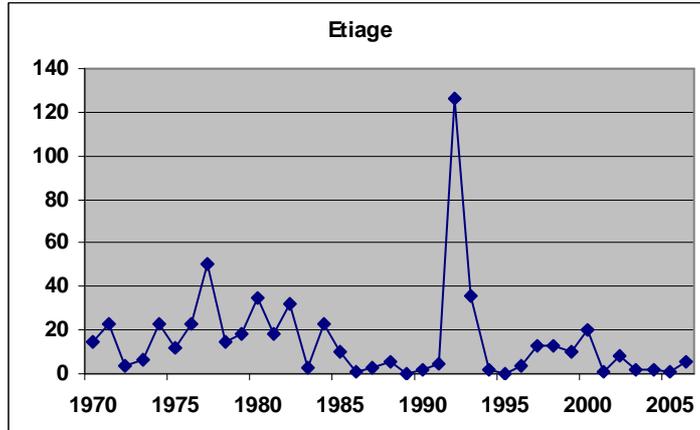
Adour en amont d'Estirac



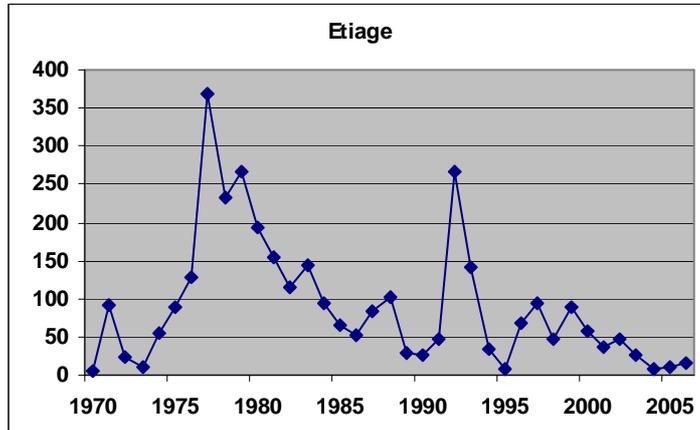
Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)



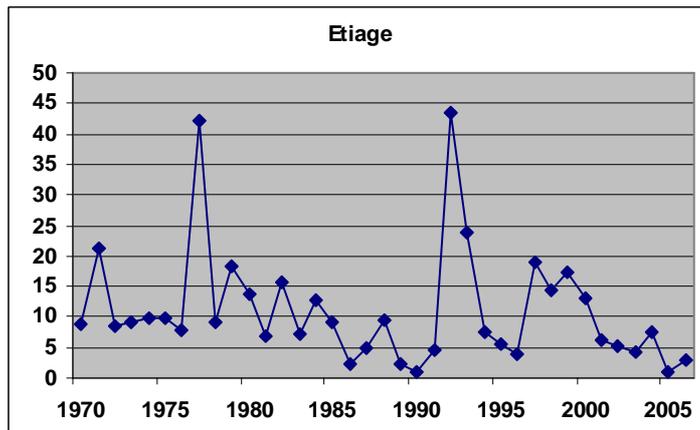
Bassin des Lées



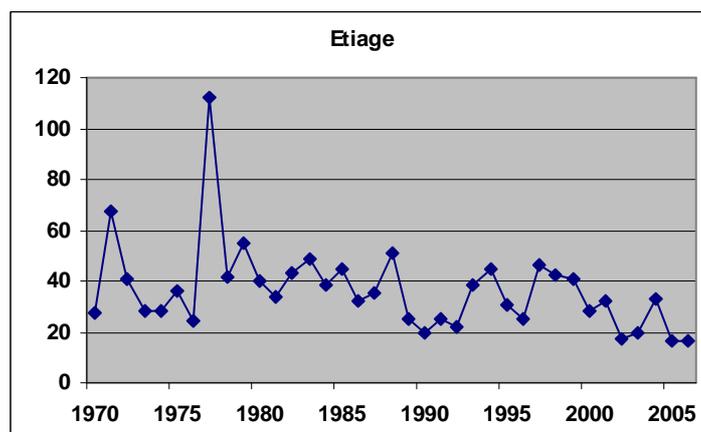
Adour entre Aire/Adour et Audon



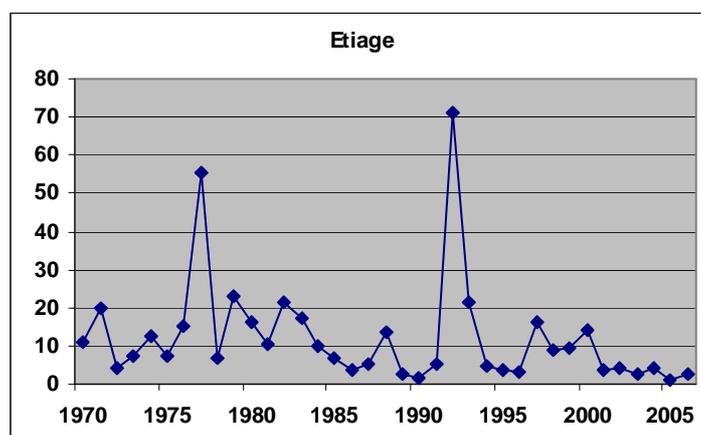
Douze en amont de Roquefort



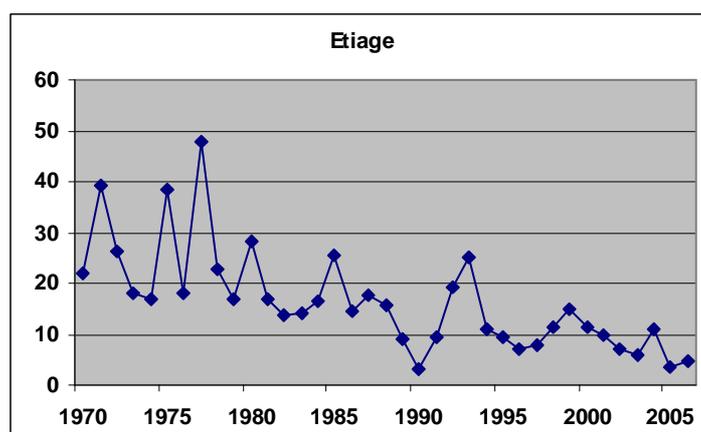
Douze en aval de Roquefort



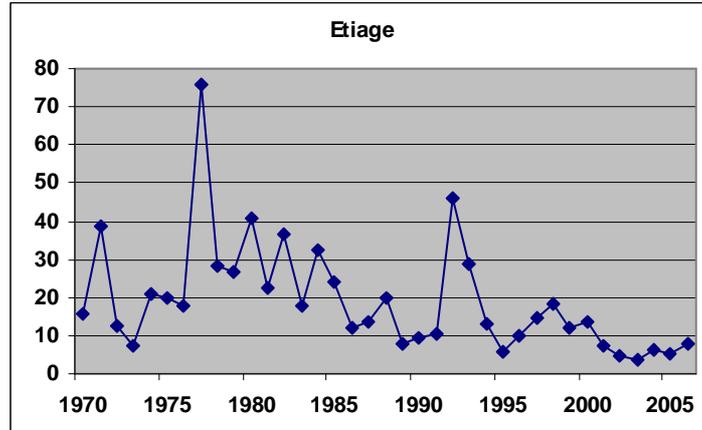
Midour en amont d'Arthez



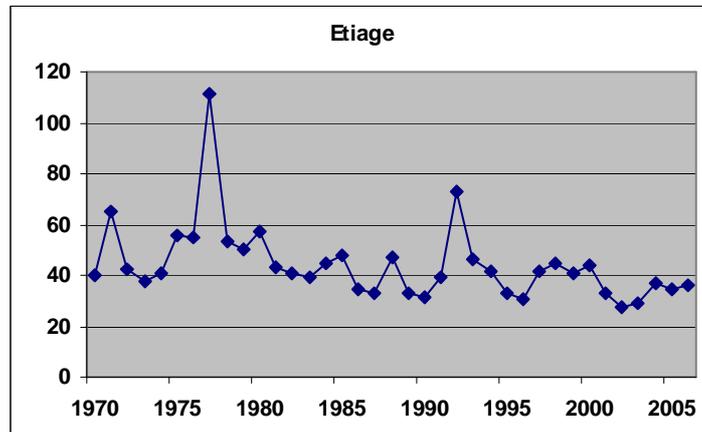
Midour en aval d'Arthez



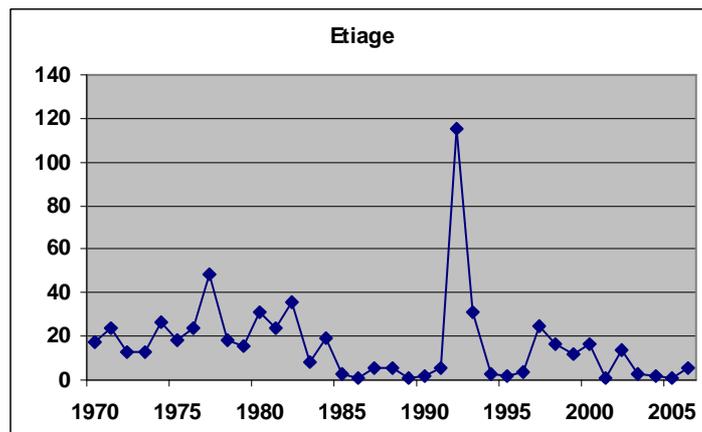
Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne



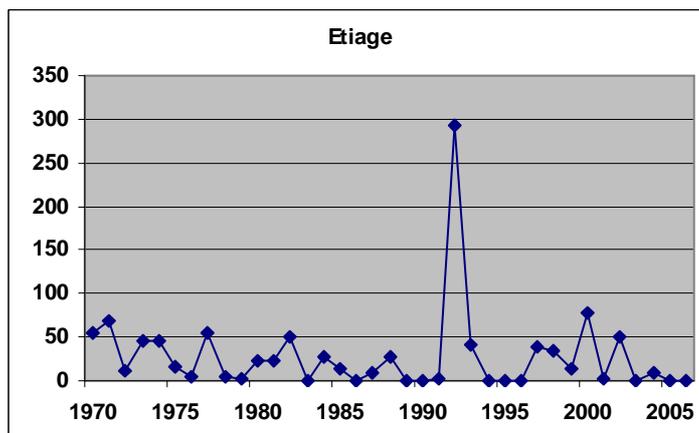
Midouze entre Campagne et la confluence avec l'Adour



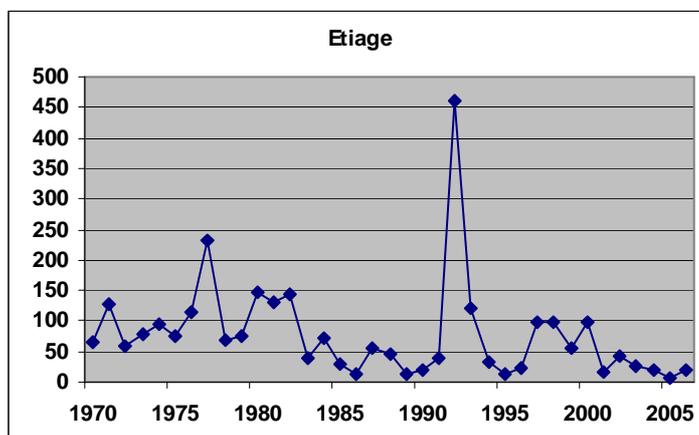
Bassin du Louts



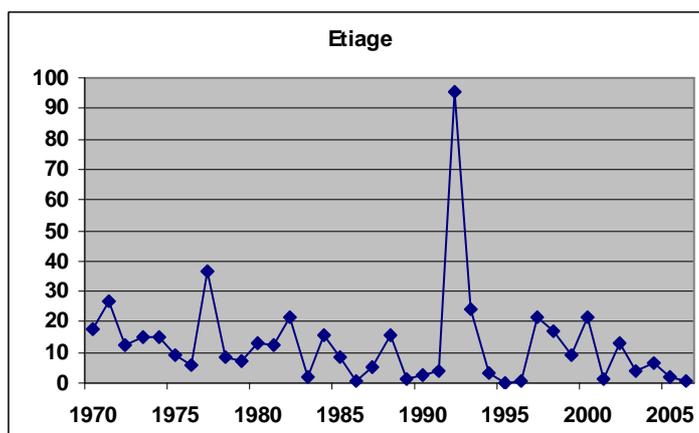
Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul



Bassin des Luys



Adour entre Saint-Vincent-de-Paul et la confluence avec les Gaves



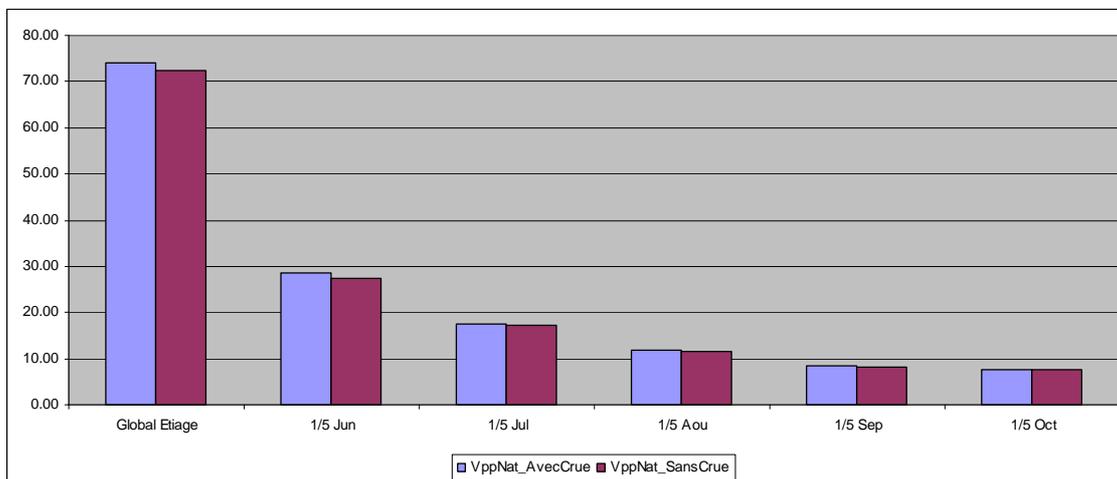
ANNEXE 4

TESTS DE SENSIBILITE DES VppNAT

1- Sensibilité à l'écrêtement des crues

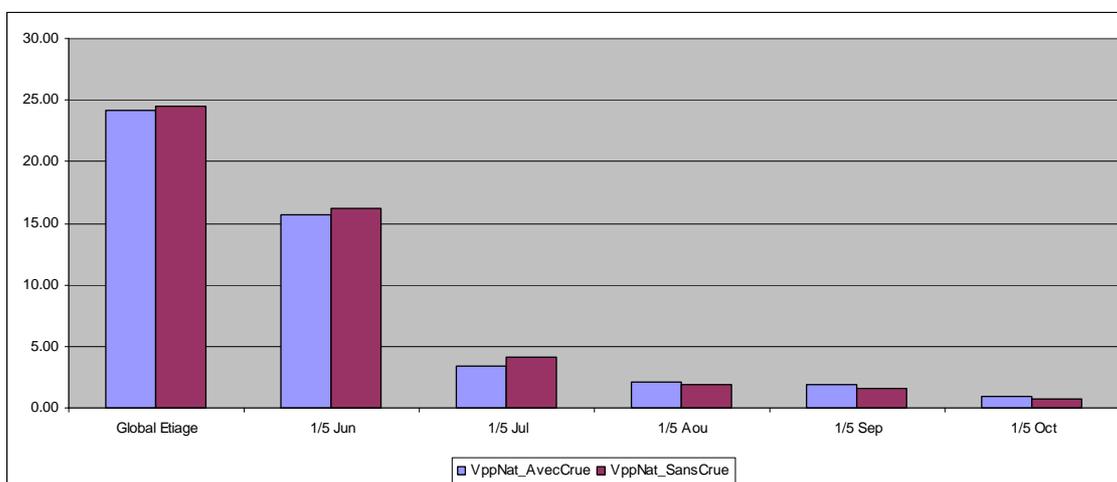
Nous présentons ici les volumes prélevables potentiels naturels (VppNat) calculés avec ou sans écrêtement des crues selon la méthodologie présentée au paragraphe 7.2.4.1.

Adour en amont d'Estirac



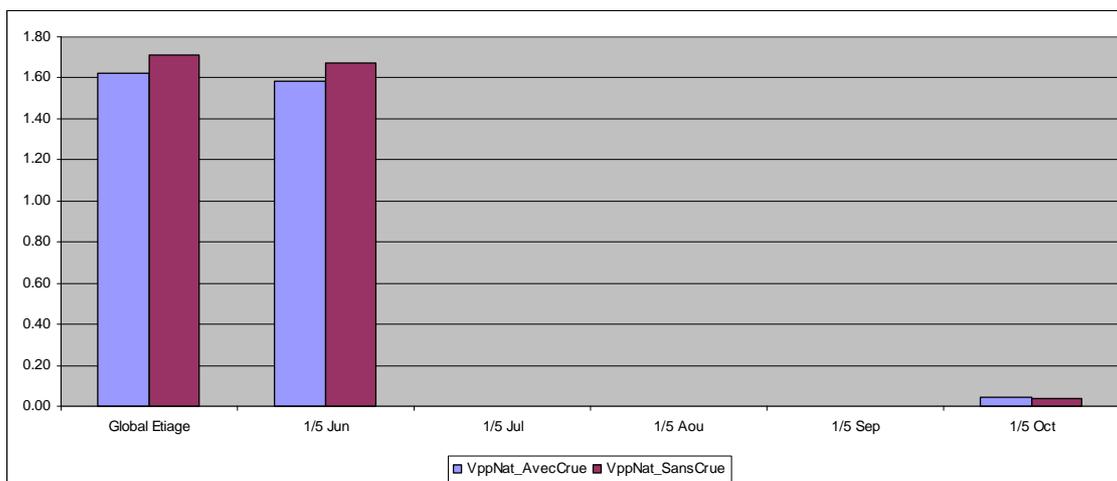
Le résultat est conforme aux attentes : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. Cependant, les écarts ne sont pas significatifs.

Adour entre Estirac et Aire/Adour (hors Lées)



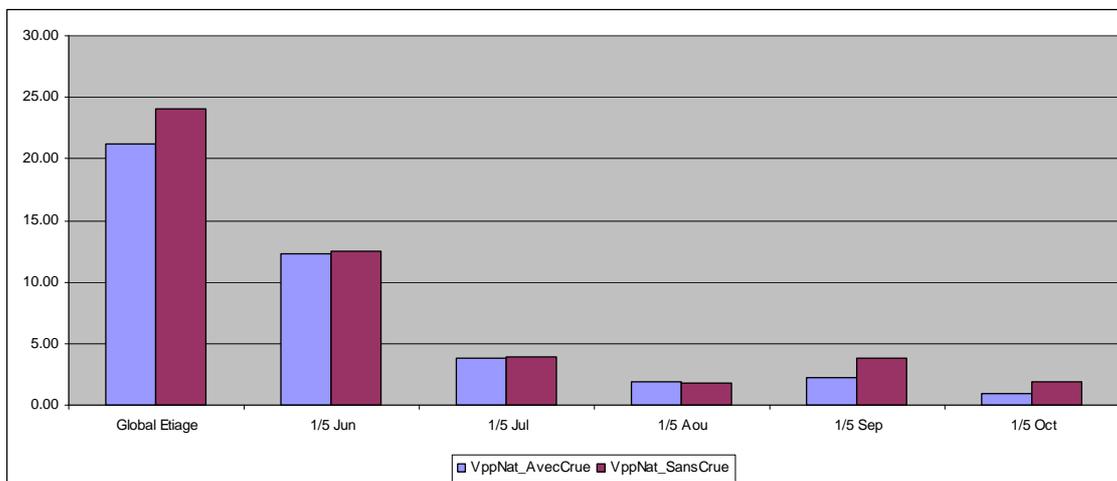
Le résultat est conforme aux attentes pour les mois d'août à octobre : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juin et juillet ainsi que pour le cumul des cinq mois. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écrêtement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écrêtement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Bassin des Lées



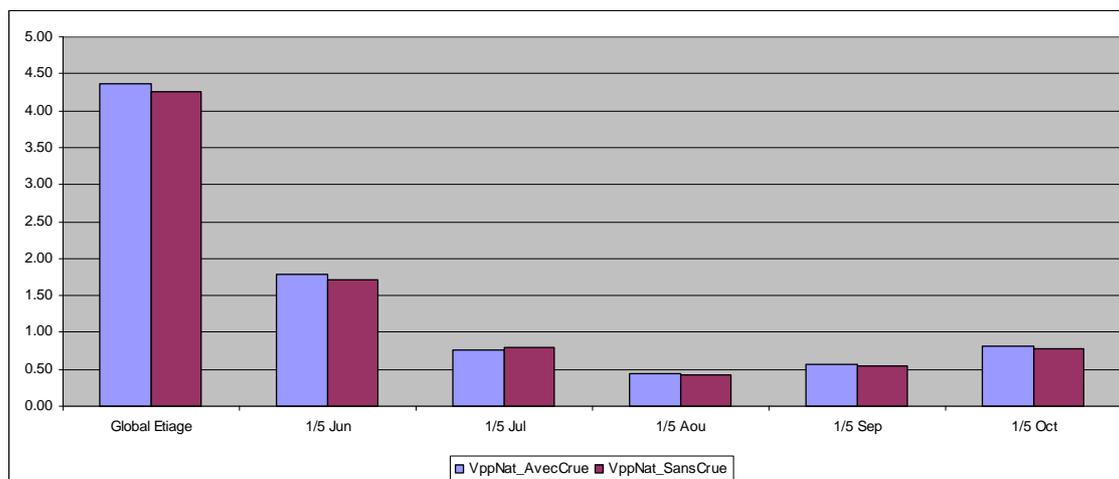
Le résultat est conforme aux attentes pour les mois de juillet à octobre : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juin pour le cumul des cinq mois. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écrêtement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écrêtement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Adour entre Aire/Adour et Audon



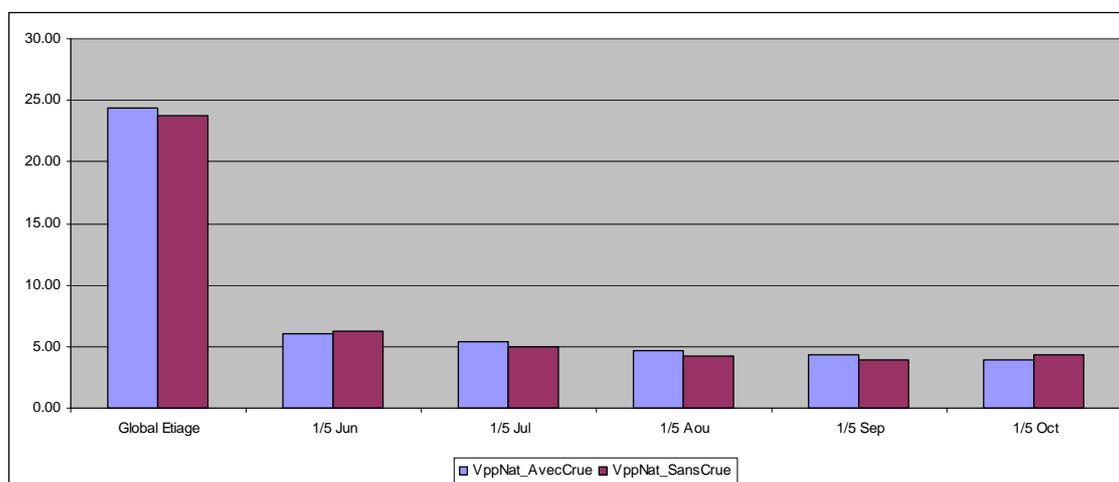
Le résultat est conforme aux attentes pour les mois de juillet, août et octobre : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juin et septembre ainsi que pour le cumul des cinq mois. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écrêtement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écrêtement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Douze en amont de Roquefort



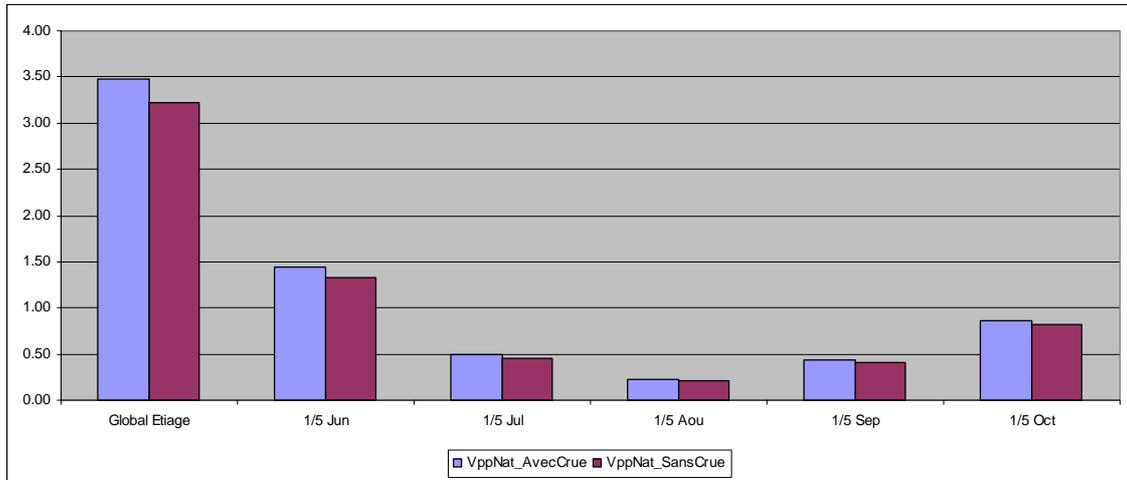
Le résultat est conforme aux attentes pour les mois de juin et d'août à octobre : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juillet. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écrêtement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écrêtement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Douze en aval de Roquefort



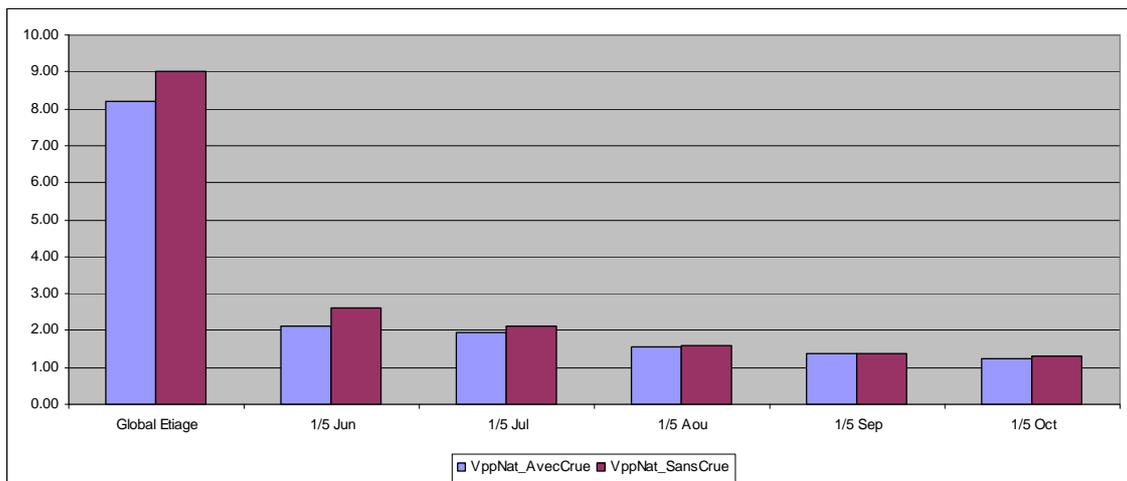
Le résultat est conforme aux attentes pour les mois de juillet à septembre : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juin et octobre. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écrêtement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écrêtement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Midour en amont d'Arthez



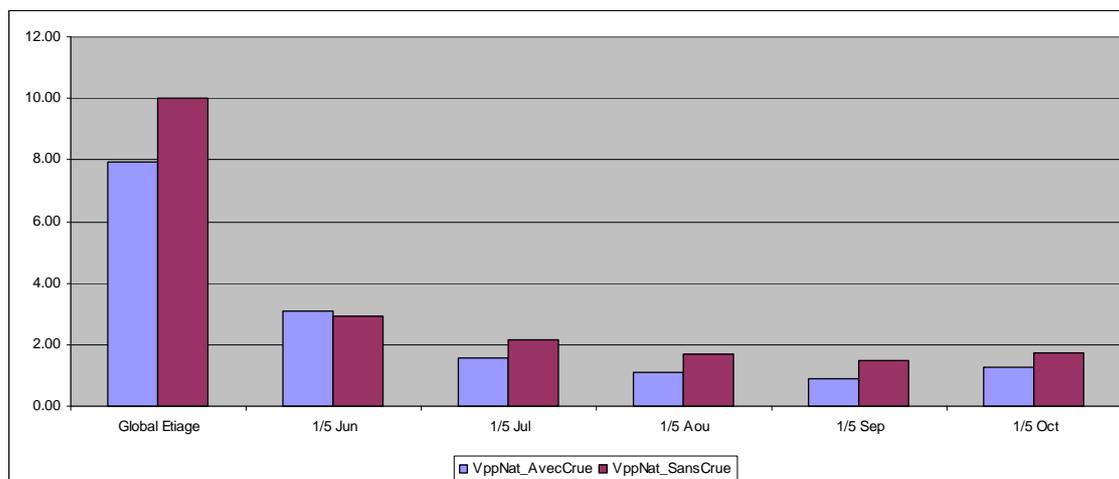
Le résultat est conforme aux attentes : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. Cependant, les écarts ne sont pas significatifs.

Midour en aval d'Arthez



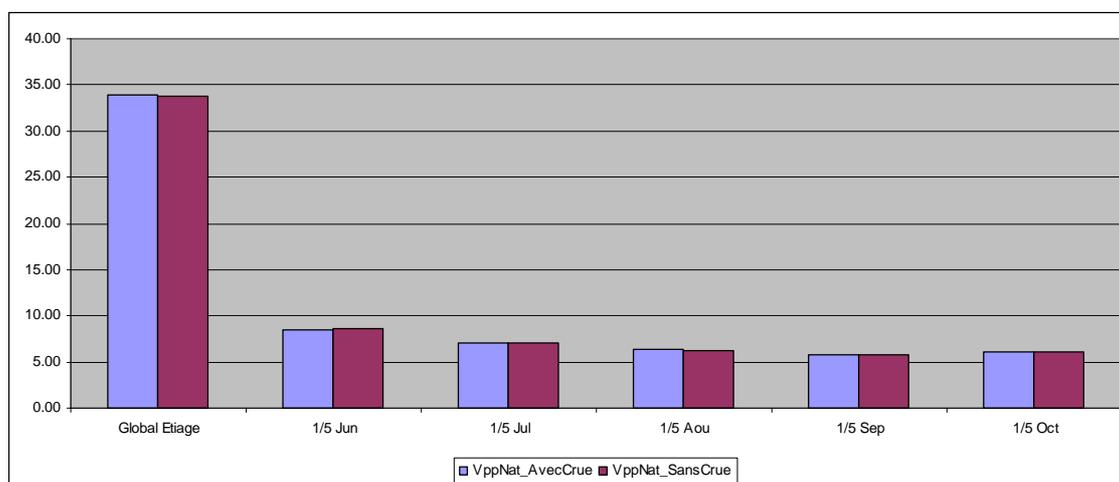
Le résultat est conforme aux attentes pour le mois de septembre : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juin à août, d'octobre ainsi que pour le cumul des cinq mois. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écrêtement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écrêtement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Midouze entre Mont-de-Marsan et Campagne



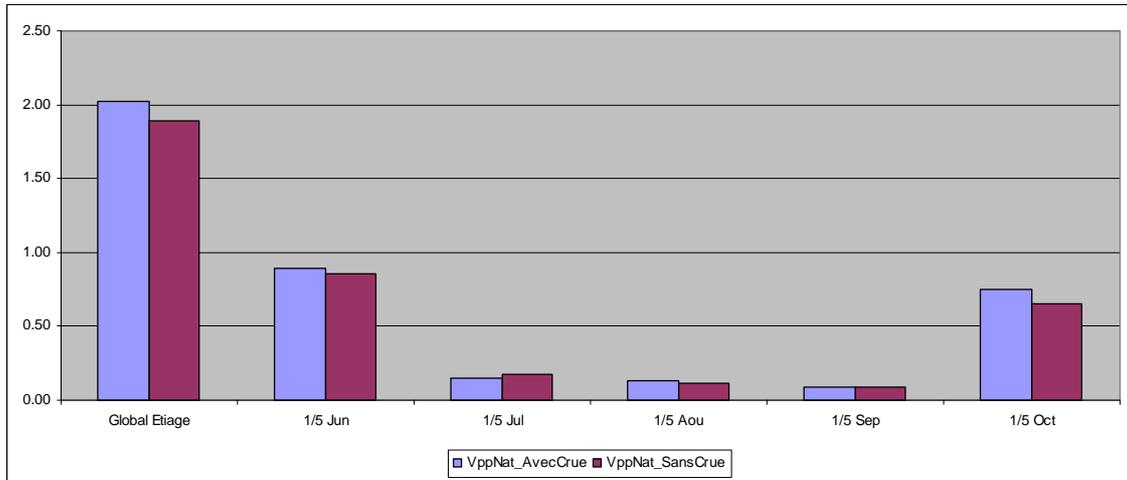
Le résultat est conforme aux attentes pour le mois de juin : le VppNat est inférieur quand on écrete les crues. En revanche, on constate un écart léger pour les mois de juillet à septembre ainsi que pour le cumul des cinq mois. Cela s'explique par le biais introduit par l'analyse statistique : les échantillons de la méthode sans écretement sont très hétérogènes et la précision du résultat est moins bonne que dans la méthode avec écretement. Cela dit, les écarts ne sont pas significatifs, dans un sens ou dans l'autre.

Midouze entre Campagne et la confluence avec l'Adour



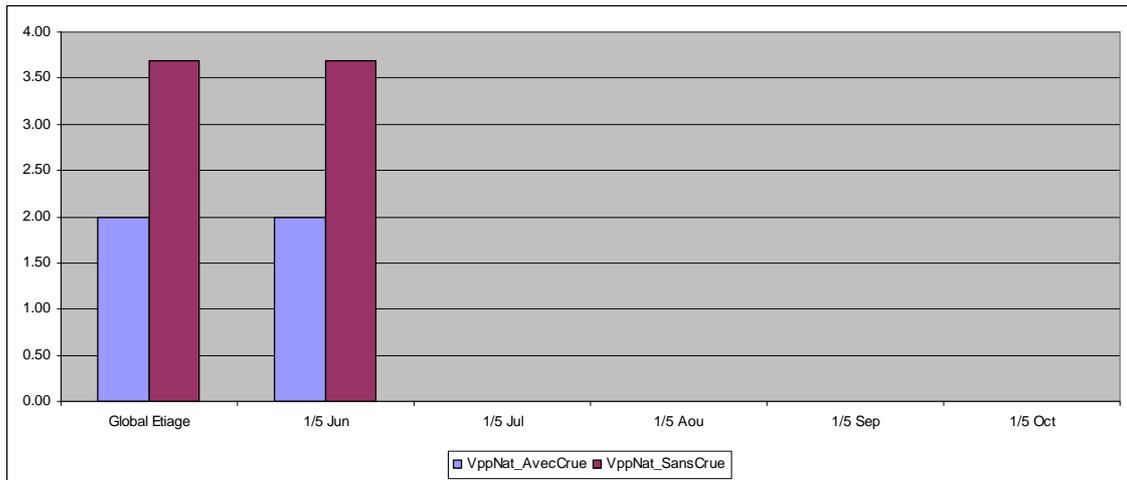
Le résultat est conforme aux attentes : le VppNat est inférieur quand on écrete les crues. Cependant, les écarts ne sont pas significatifs.

Bassin du Louts



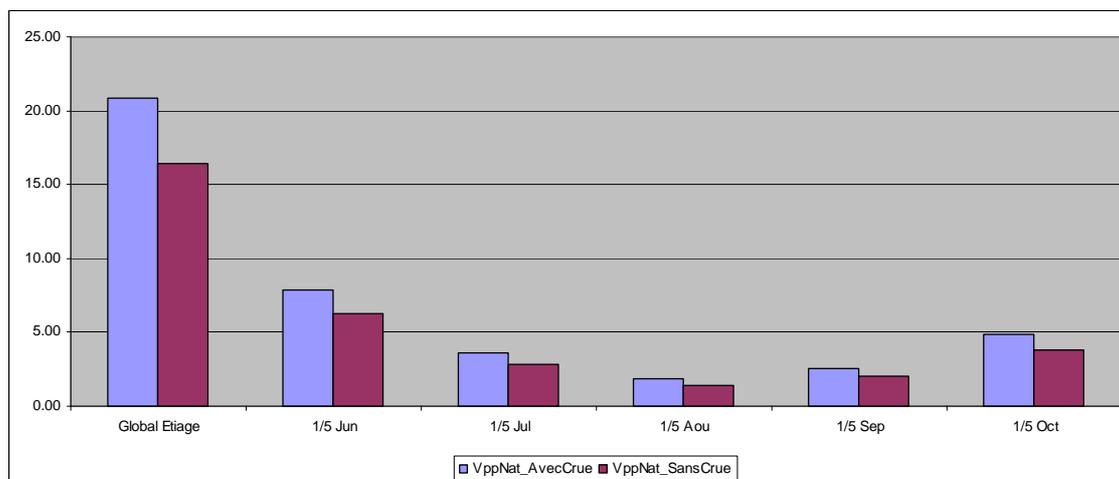
Le résultat est conforme aux attentes : le VppNat est inférieur quand on écrête les crues. Cependant, les écarts ne sont pas significatifs. On note un léger écart inversé pour le mois de juillet qui est dû aux biais introduits par l'analyse statistique.

Adour entre Audon et Saint-Vincent-de-Paul



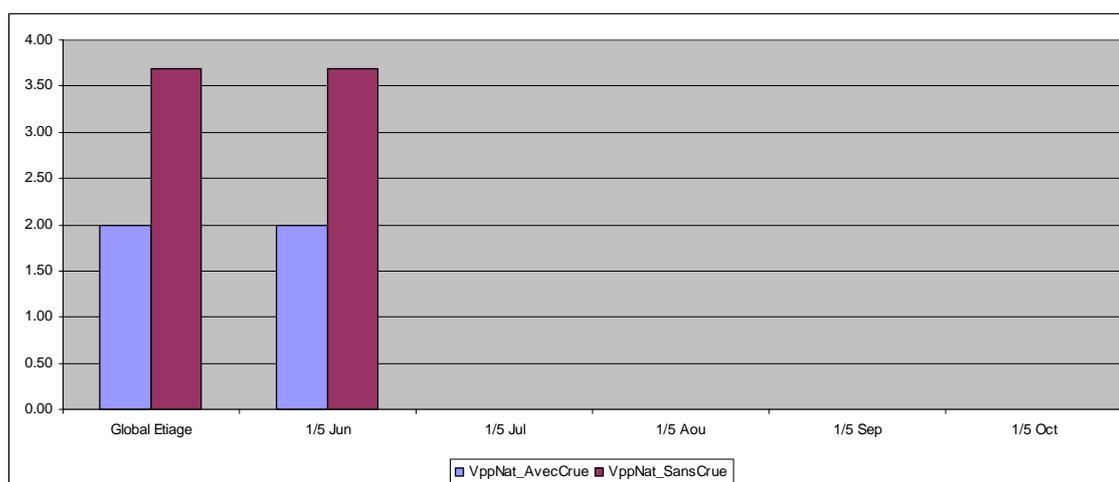
La comparaison n'est pas pertinente pour cette unité de gestion car les volumes en jeu sont très faibles. On constate néanmoins que les deux méthodes donnent des VppNat nuls pour les mois de juillet à octobre.

Bassin des Luys



Le résultat est conforme aux attentes : le VppNat est inférieur quand on écrete les crues. Cependant, les écarts ne sont pas significatifs.

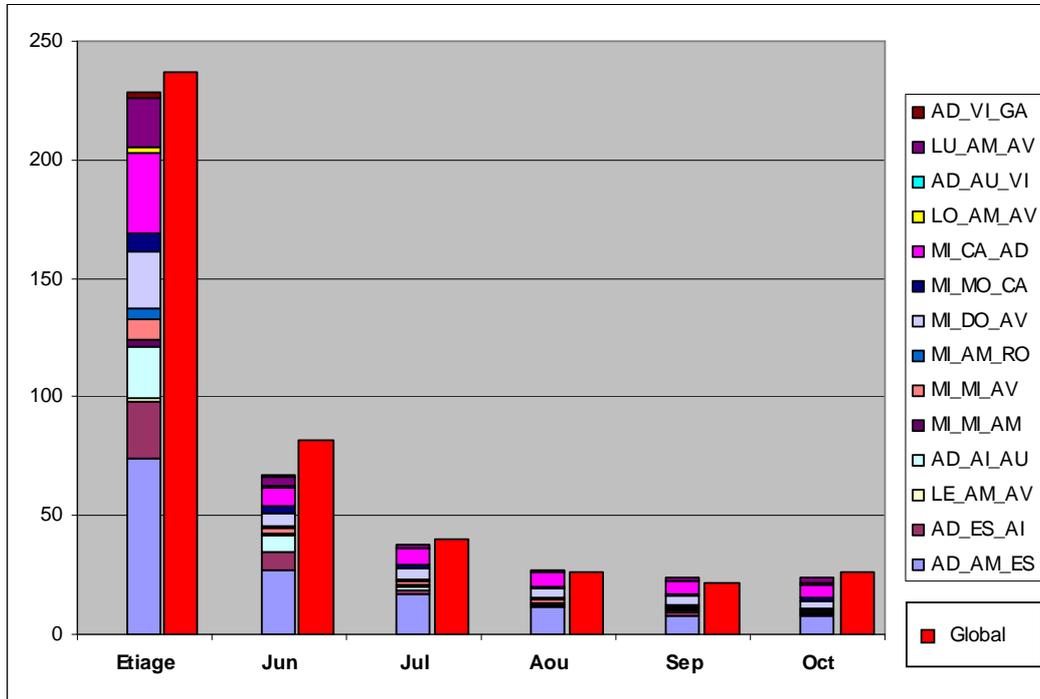
Adour entre Saint-Vincent-de-Paul et la confluence avec les Gaves



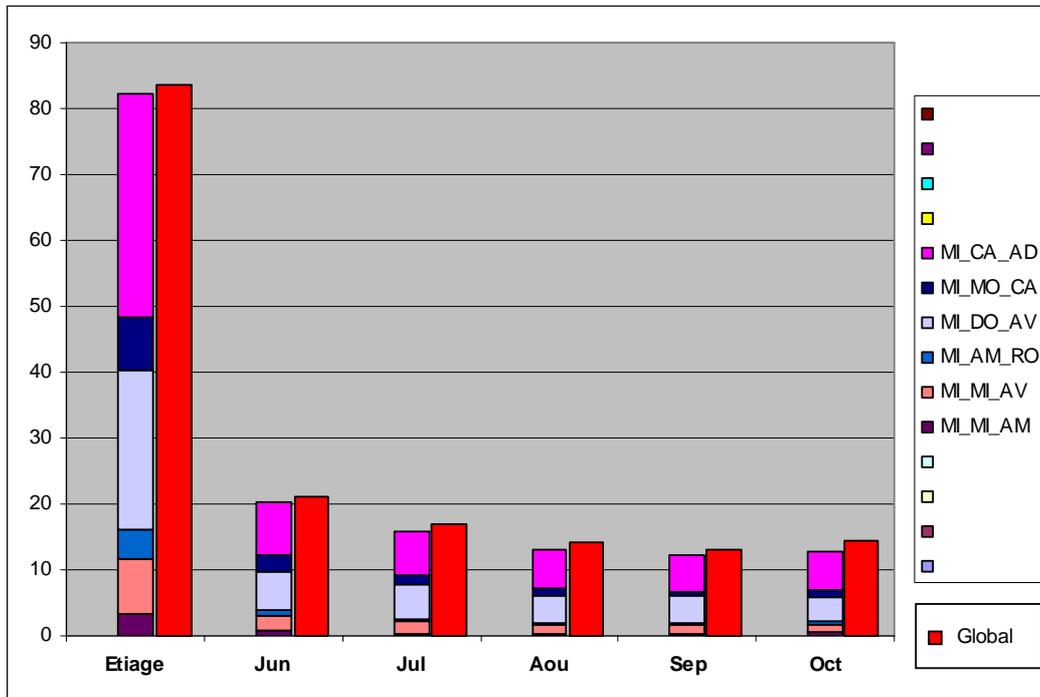
La comparaison n'est pas pertinente pour cette unité de gestion car les volumes en jeu sont très faibles. On constate néanmoins que les deux méthodes donnent des VppNat nuls pour les mois de juillet à octobre.

2- Sensibilité à l'approche par bassin versant globalisé

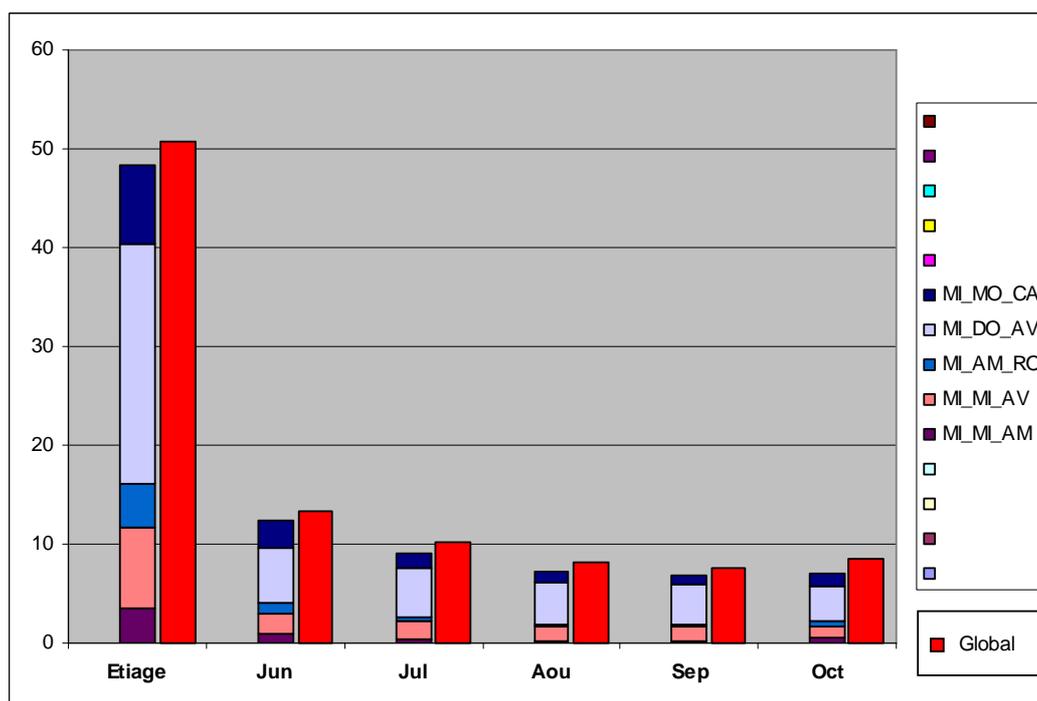
Bassin de l'Adour en amont de la confluence avec les Gaves



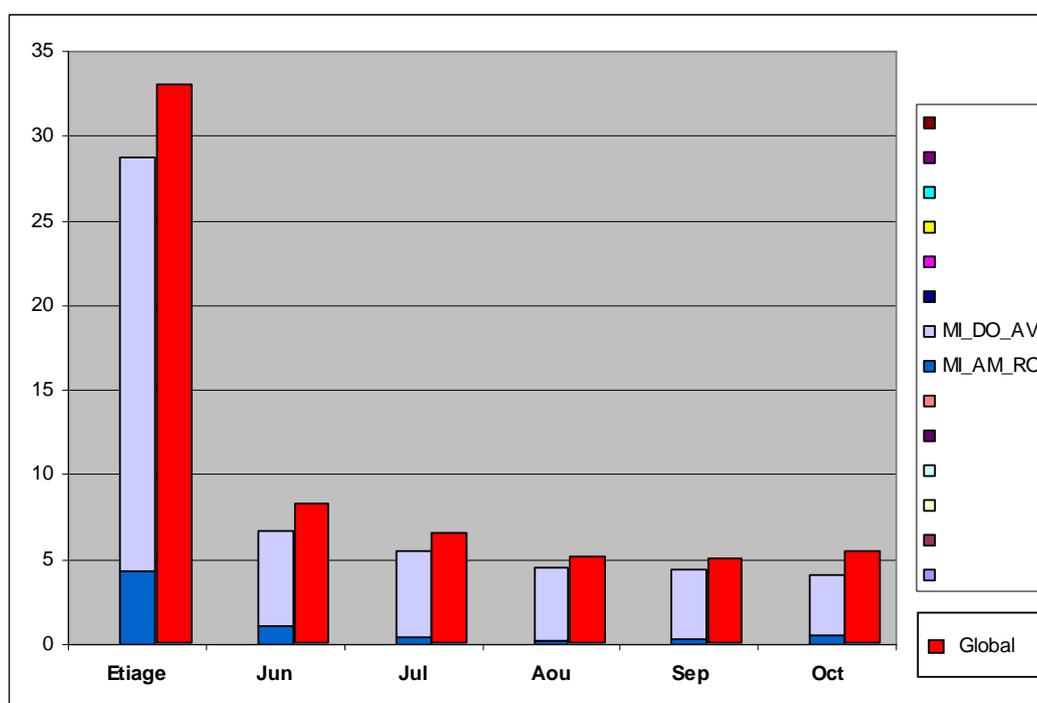
Bassin de la Midouze en amont de la confluence avec l'Adour



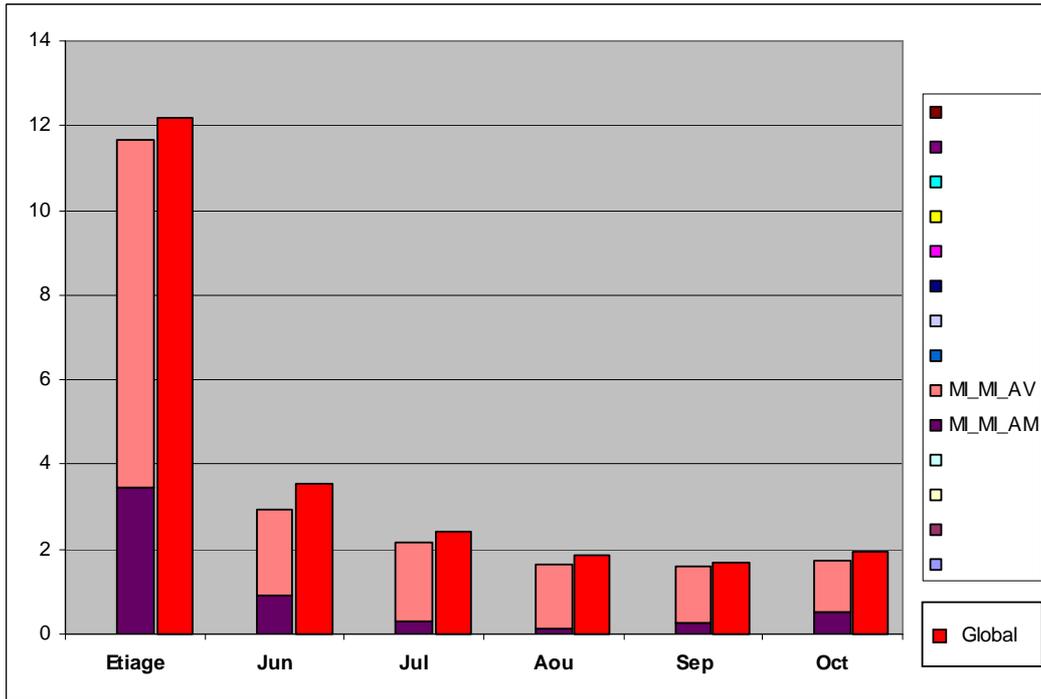
Bassin de la Midouze en amont de Campagne



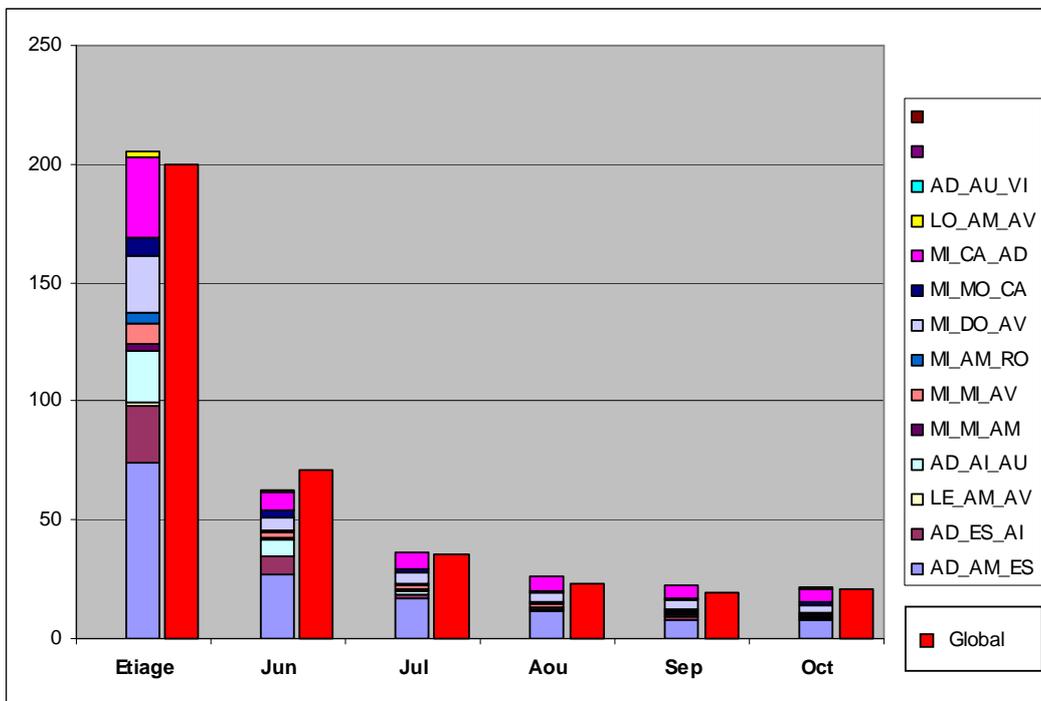
Bassin de la Douze en amont de Mont-de-Marsan



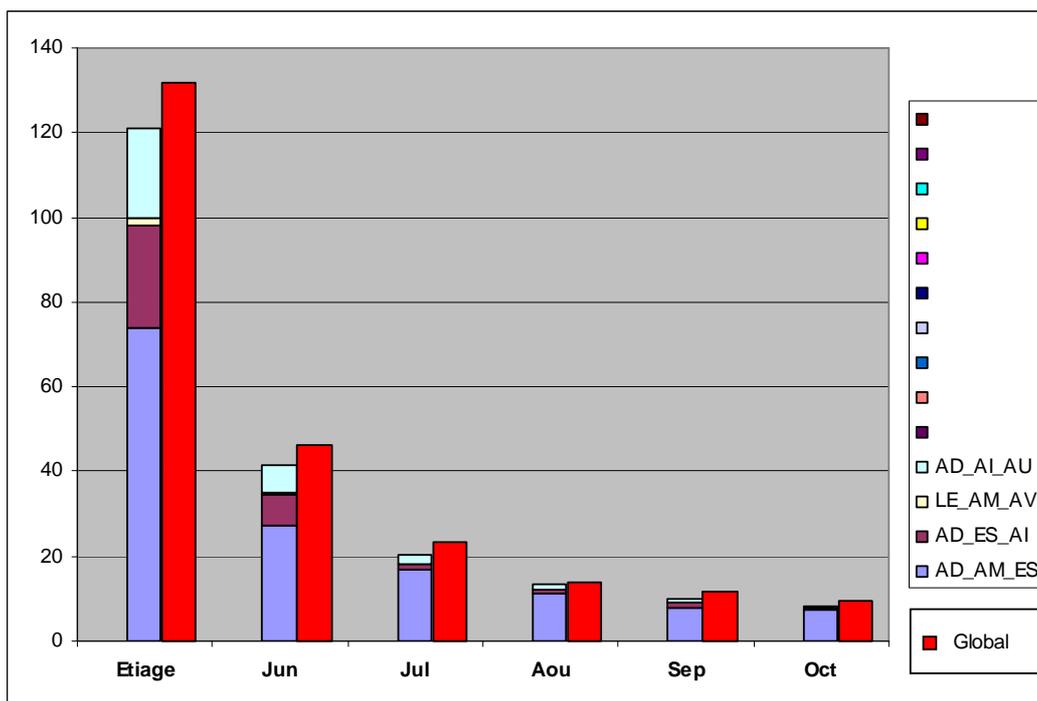
Bassin du Midour en amont de Mont-de-Marsan



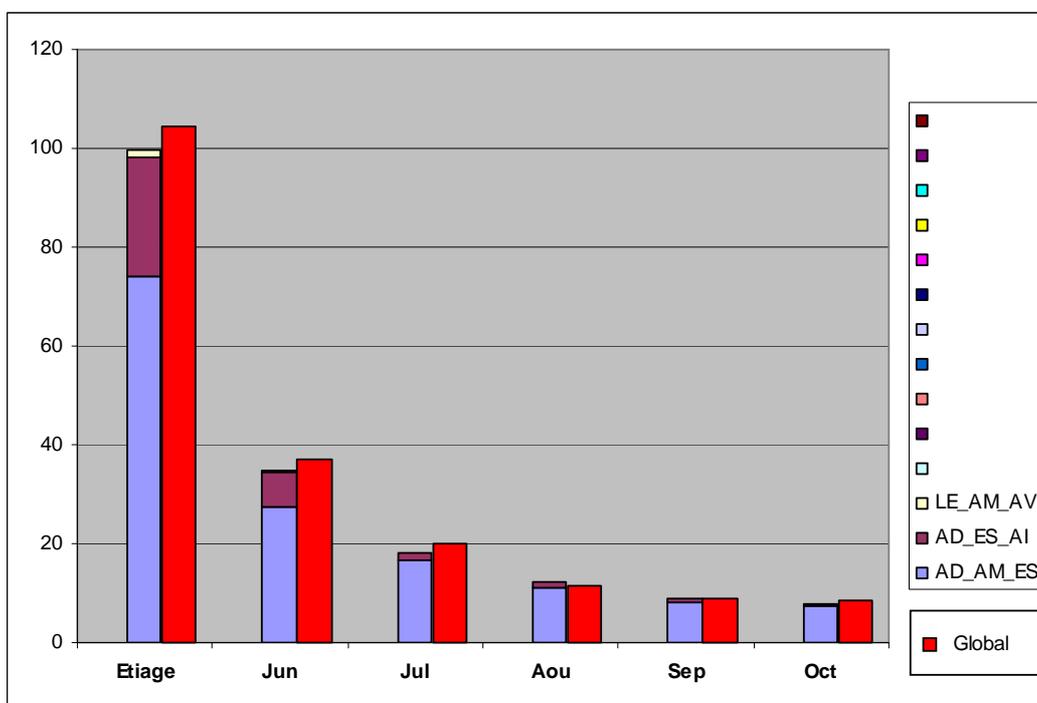
Bassin de l'Adour en amont de Saint-Vincent-de-Paul



Bassin de l'Adour en amont de Audon



Bassin de l'Adour en amont de Aire/Adour



ANNEXE 5

PRESENTATION DU LOGICIEL LAGON

LAGON

Logiciel pour les Bilans Besoins-Ressources en eau

SOMMAIRE

CHAPITRE I. PRESENTATION GENERALE	1
CHAPITRE II. MODELISATION D'UN SYSTEME DE RESSOURCE EN EAU	2
1 Modélisation du réseau hydrographique	2
2 Modélisation du système de gestion.....	3
3 Modélisation du système climatique et d'irrigation.....	3
4 Modélisation du système d'influence (ou de perturbation)	4
5 Organisation structurelle des systèmes modélisés	7
CHAPITRE III. CALCUL DE BESOIN ET PRELEVEMENT UNITAIRE	8
1 Calcul de besoin unitaire théorique des cultures (BUT).....	8
2 Calcul de prélèvement unitaire théorique des cultures (PUT).....	8
3 Calcul de prélèvement unitaire réel des cultures (PUR).....	8
4 Calcul du prélèvement unitaire horizon (PUSim)	8
CHAPITRE IV. CALCUL DES INFLUENCES JOURNALIERES	9
CHAPITRE V. RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS (QNJ)	10
1 Reconstitution des débits naturels en appliquant un modèle pluie-débit.....	10
2 Reconstitution des débits naturels à partir des influences réelles.....	10
3 Reconstitution des débits naturels par corrélation	10
CHAPITRE VI. BILAN BESOINS-RESSOURCES D'UN SYSTEME MODELISE -	11
1 Composition de scénario de déficit	11
2 Calcul de bilan d'un <i>système non géré</i>	11
3 Calcul de bilan d'un <i>système géré</i>	12
4 Remarque.....	13
CHAPITRE VII. CONCLUSION ET EXEMPLES D'APPLICATION	14

CHAPITRE I. PRESENTATION GENERALE

Connaître l'état de son système de ressource en eau est la 1^{ère} préoccupation du décideur et/ou du gestionnaire. On ne peut pas imaginer dans notre société contemporaine que les autorités décident d'installer des retenues sans connaître les ressources naturelles disponibles et les besoins pour l'ensemble des usages. On ne peut pas non plus imaginer qu'un gestionnaire qui a la tâche de satisfaire pendant une période de gestion (souvent annuelle) toutes les contraintes définies préalablement ne puisse cerner les risques de défaillances de gestion en fonction de l'état actuel des ressources disponibles.

Il est donc nécessaire avant tout d'établir des bilans besoins-ressources non seulement sur l'état de fonctionnement actuel d'un système mais aussi pour un horizon donné. Ces bilans permettent en quelque sorte de justifier la nécessité de créer de nouvelles ressources ou/et d'établir des cadres directives de gestion des ressources existantes.

Pour ceci, on a recours en général à un logiciel informatique qui est le fameux LAGON à la CACG. C'est un outil d'aide à la décision (de planification) lorsqu'il est utilisé pour étudier la nécessité de créer de nouvelles ressources et/ou un outil d'aide à la gestion lorsqu'il est utilisé pour établir ou préciser le cadre des directives de gestion des ressources existantes.

La mise en œuvre du logiciel LAGON bénéficie de tout le savoir-faire acquis depuis plus de 30 ans par la CACG en tant que gestionnaire sur des systèmes de ressource en eau (Neste, Adour, etc), mais aussi des expertises menées dans le cadre des nombreuses études concernant l'élaboration des plans de gestion de ressource en eau (tant en France qu'à l'échelle internationale).

Par ailleurs, elle s'appuie sur les technologies informatiques les plus avancées, à savoir en particulier :

- La méthode UML (*Unified Modelling Language*) a été utilisée lors des analyses physique et logique du problème traité ;
- Le SGBD (*Système de Gestion des Bases des Données*) MySQL est utilisé pour l'implantation de la base des données LAGON ;
- La méthode de développement POO (*programmation orientée objet*), sous Visual Basic 6 (un langage de haut niveau mais ouvert).

Les principales fonctionnalités du LAGON sont celles fondées sur des problèmes réels.

Il s'agit de :

- Estimations des prélèvements réels ;
- Reconstitution des débits naturels ;
- Etablissement des bilans besoins-ressources ;
- Diagnostic de la méthodologie de gestion existante d'un système de ressource en eau ;

CHAPITRE II. MODELISATION D'UN SYSTEME DE RESSOURCE EN EAU

LAGON décompose tout d'abord un système de ressource en eau en différents sous-systèmes qui sont les suivants (voir **Figure II-1**) :

- Un réseau hydrographique (base de tout système) ;
- Un système de gestion ;
- Un système climatique et d'irrigation ;
- Un système d'influence (ou de perturbation).

Il les modélise avec des objets adéquats présentés dans les paragraphes suivants.

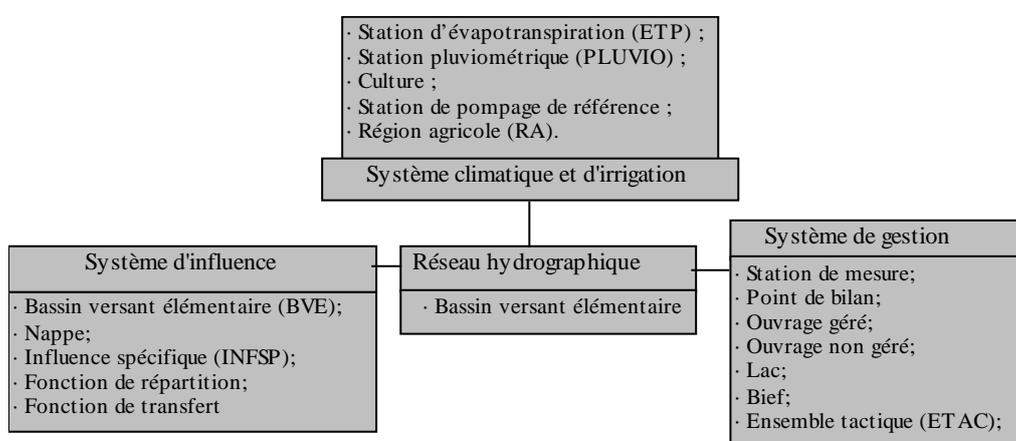


Figure II-1 : relations des différents sous-systèmes d'un système de ressource en eau

1 Modélisation du réseau hydrographique

La modélisation du réseau hydrographique est l'étape de base de toute la modélisation d'un système de ressource en eau. Il s'agit de décrire le réseau dans son *état naturel ou pseudo-naturel* au travers d'un découpage du bassin versant en mailles surfaciques élémentaires (BVE) qui désigne également un tronçon de cours d'eau correspondant.

Ce découpage, reposant sur l'état naturel du réseau hydrographique du système de ressource en eau à modéliser, doit permettre de bien reconstituer informatiquement l'architecture du réseau hydrographique par l'établissement des liens entre les BVE, en respectant les critères suivants :

- l'essentiel du réseau doit rester conforme au réseau naturel ;
- il devra permettre de répondre aux études des scénarios des bilans besoins-ressources.

2 Modélisation du système de gestion

Le système de gestion comprend des composants édifiés ou élaborés par le gestionnaire pour la surveillance ou la manipulation des ressources en eau. Il s'agit des objets suivants :

- **Ouvrage géré :**
Un ouvrage géré, c'est une vanne (pompe ou turbine) dont les modalités de gestion dépendent d'un point de consigne aval (ou un point de bilan). L'axe hydraulique entre l'ouvrage et le point de consigne compose un ensemble tactique ;
- **Ouvrage non géré :**
C'est une vanne qui n'a pas de modalité de gestion, c'est-à-dire, son ouverture n'est pas régularisée automatiquement en fonction des besoins aval ;
- **Station de mesure :**
Elle peut être réelle (si celle-ci dispose de mesures de débits) ou fictive (pas de mesure de débits mais chroniques découlant de combinaisons ou reconstitutions). On déclare une station de mesure lorsqu'on a besoin de connaître les débits naturels du bassin versant amont ou/et lorsqu'on a besoin d'effectuer des bilans besoins-ressources à l'endroit correspondant ;
- **Point de bilan :**
C'est un point réel ou fictif attaché périodiquement dans l'année à une ou plusieurs sections du cours d'eau auxquelles sont définis les débits objectifs de gestion ;
- **Lac :**
C'est un plan d'eau réel (lac existant) ou fictif (lac à créer) qui dispose d'une modalité de gestion (*lac géré*) ou non (*lac non géré*) ;
- **Bief :**
C'est un tronçon de cours d'eau qui se compose d'un ou plusieurs BVE successifs. La plupart du temps, on trouve en aval de celui-ci une station de mesure qui permet au gestionnaire de contrôler le non-assèchement du cours d'eau en amont ;
- **Ensemble tactique (ETAC) :**
Un ETAC se compose d'un ou plusieurs biefs successifs. Un ETAC dit *mono vanne* comprend un ouvrage géré de réalimentation en amont et un point de consigne (point de bilan dans LAGON) en aval.

Les ouvrages gérés, ouvrages non gérés, lacs, stations de mesures et points de bilan sont des objets ponctuels. Les biefs et ensembles tactiques sont des objets structurels.

3 Modélisation du système climatique et d'irrigation

Dans LAGON, le système climatique et d'irrigation a pour but de cerner les besoins agricoles de base en matière de ressource en eau. Afin de modéliser celui-ci, les objets suivants sont utilisés:

- **Station d'évapotranspiration (ETP) :**
Les stations d'évapotranspiration sont des stations météorologiques où l'on mesure l'évapotranspiration des plantes (ETP, journalières ou décadaires) ;
- **Station pluviométrique (PLUVIO) :**
Les stations pluviométriques sont également des stations météorologiques où l'on mesure les hauteurs de précipitations (PLUVIO, journalières ou décadaires) ;
- **Culture :**
Il s'agit des plantes cultivées dont les croissances normales sont en général assurées par *irrigation*. Les coefficients culturaux sont rattachés à une région agricole et par culture ;
- **Station de pompage de référence :**
On déclare une station de pompage de référence si celle-ci possède des enregistrements de chroniques des prélèvements et si ces données seront utilisées pour calculer les prélèvements réels par région agricole ;

- **Région agricole (RA) :**

LAGON utilise les objets de type *région agricole* (RA) pour modéliser les influences climatiques sur les besoins unitaires des cultures. Ils jouent un rôle intermédiaire entre les ressources en eau et les objets nécessitant l'irrigation. Les RA sont des objets surfaciques et chacune se compose d'un ensemble de BVE. Sur les RA sont attachés des stations ETP, des stations PLUVIO, des cultures et/ou des stations de pompage de référence.

Exemple des coefficients cultureux :

Les coefficients cultureux doivent être déclarés au niveau de région agricole et par culture. Ils s'appliquent pour toutes les années de la simulation avec la prise en compte de « décades décalées » pour les années présentant un décalage climatique.

Tableau II-1 : Coefficients cultureux de MAÏS attachés à l'objet région agricole intitulé DEFAUT
(utilisés en cas de non déclarations des coefficients cultureux pour une région agricole spécifique)

n° décade dans l'année Décade	<=9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	3-mars	1-avr	2-avr	3-avr	1-mai	2-mai	3-mai	1-juin	2-juin	3-juin
MAIS	0	0	0	0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
n° décade dans l'année	19	20	21	22	23	24	25	26	27	>=28
Décade	1-juil	2-juil	3-juil	1-août	02-août	03-août	1-sept	2-sept	3-sept	1-oct
MAIS	0.9	1.05	1.15	1.15	1.05	1	0.9	0.8	0.7	0

Tableau II-2 : Décalage annuel des besoins d'irrigation

Année	Décades décalées
2005	1
2006	-1

(NOTA : valeur négative correspond à l'avancement du calendrier d'irrigation et valeur positive à retardement)

4 Modélisation du système d'influence (ou de perturbation)

Pour LAGON, une *influence*, c'est une *perturbation de ressource sans retour*, soit des ressources extraites pour consommation (prélèvements) ou des ressources injectées (rejets) dans un système de ressource en eau. Le système d'influence est l'acteur principal d'un système de ressource en eau. Il comprend toutes les perturbations directes ou indirectes (via les nappes) concernant les ressources en eau de surface (les apports, les prélèvements, les rejets) et les fonctions descriptives.

Les objets suivants sont utilisés pour modéliser le système d'influence :

- **Bassin versant élémentaire (BVE) :**

Toutes les perturbations *directes* concernant les ressources en eau de surface et exprimées sous forme de souscriptions sont traitées comme des attributs des objets BVE :

- s_irr_asp : surface souscrite rivière irriguée en mode d'aspersion (ha) ;
- s_irr_gra : surface souscrite rivière irriguée en mode gravitaire (ha) ;
- qs_aep : débit d'AEP souscrit rivière (l/s) ;
- qs_div : débit divers souscrit rivière (l/s) ;
- qs_rejet : débit rejet souscrit rivière (l/s) ;

- **Nappes :**
Toutes les perturbations *indirectes* concernant les ressources en eau souterraines et exprimées sous forme de souscriptions sont traitées directement comme des attributs des nappes associées au BVE considéré (ou exactement des attributs des couples BVE-NAPPE) :
s_irr_asp : surface souscrite rivière irriguée en mode d'aspersion ;
s_irr_gra : surface souscrite rivière irriguée en mode gravitaire (ha) ;
qs_aep : débit d'AEP souscrit en nappes (l/s) ;
qs_div : débit divers souscrit nappes (l/s) ;
- **Influence spécifique (INFSP) :**
Les objets d'influence spécifique (ou perturbation spécifique) sont utilisés pour modéliser les prélèvements et/ou les rejets spécifiques ayant des chroniques journalières de débits ou des chroniques mensuelles pouvant être converties en chroniques journalières.
- **Fonction de répartition :**
Les fonctions de répartition sont utilisées pour décrire la répartition mensuelle dans l'année des prélèvements d'AEP, des prélèvements divers et des rejets. Elles comportent chacune 12 coefficients mensuels.

Tableau II-3 : Exemple d'une fonction de répartition mensuelle pour AEP

Mois\ Fonction_repartition	Coefficient de répartition pour AEP
1	0.91
2	0.92
3	0.95
4	1.00
5	1.06
6	1.12
7	1.09
8	1.04
9	1.07
10	1.00
11	0.94
12	0.90

- **Fonction de transfert :**
Les prélèvements dans les nappes sont considérés comme des prélèvements indirects. LAGON a recouru à des fonctions de transfert pour évaluer leurs influences équivalentes sur les débits des cours d'eau. Il utilise un protocole de fonction de transfert de 2^{ième} ordre avec retard. La définition d'une telle fonction de transfert consiste à définir les coefficients du protocole. Le calcul des influences équivalentes sur les débits de cours d'eau se fait à partir des chroniques de prélèvements journaliers dans les nappes. En règle générale, chaque type de nappe a sa propre fonction de transfert. L'équation des fonctions de transfert est la suivante :

$$Q_{inf_riv}(j) = \alpha_1 * Q_{inf_riv}(j-1) + \alpha_2 * Q_{inf_riv}(j-2) + \beta_1 * Q_{prel_nap}(j) + \beta_2 * Q_{prel_nap}(j-1)$$

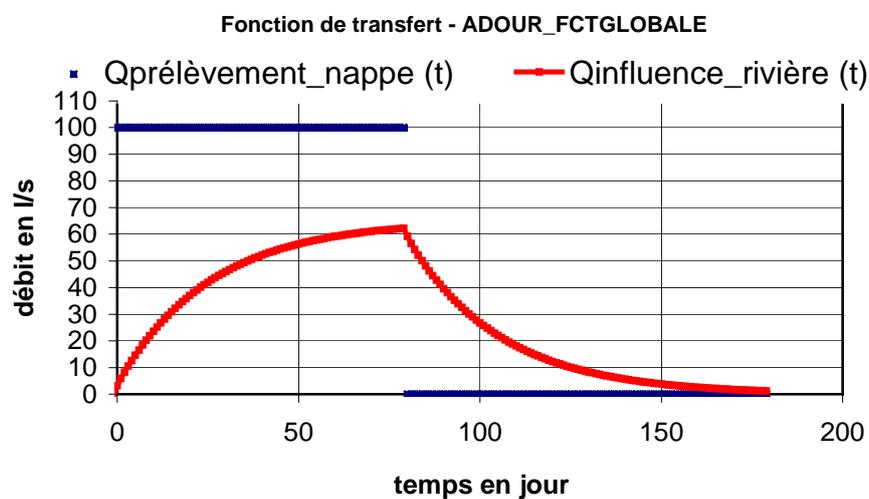
Avec :

- j désignant le numéro de jour,
- Q_{prel_nap} correspondant aux prélèvements directs dans les nappes
- Q_{inf_riv} représentant les influences sur les débits du cours d'eau.

La définition d'une fonction de transfert consiste donc à définir une combinaison des coefficients (α_1 , α_2 , β_1 , β_2). Le tableau suivant présente une fonction de transfert ainsi que les gains applicables à ses influences respectives sur les débits de cours d'eau.

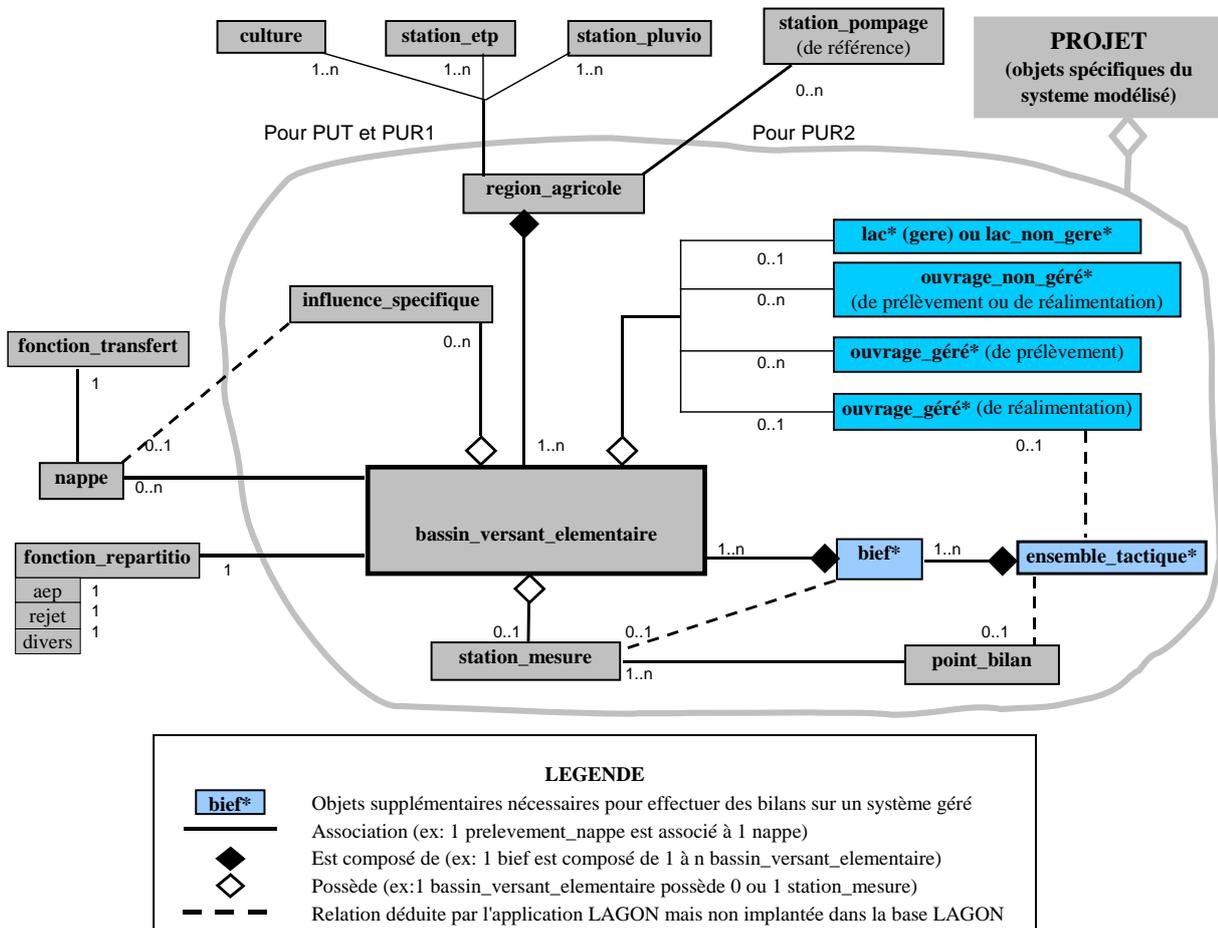
Tableau II-4 : Exemples d'une fonction de transfert et les gains d'influence correspondants

Nom de fonction	α_1	α_2	β_1	β_2	Gain du 80 ^{ième} jour	Gain sur 80 jours	Gain sur 200 jours
ADOUR_FCTGLOBALE	1.440	-0.460	0.0315	-0.0185	62.2%	45.9%	64.8%

**Figure II-2 : Evolution de l'influence des prélèvements dans la nappe sur le débit du cours d'eau**

5 Organisation structurelle des systèmes modélisés

Le modèle relationnel des objets adopté par LAGON est illustré dans la Figure II-3 ci-après.



(NOTA : un projet correspond à un système spécifique de ressource en eau)

Figure II-3 : Schéma relationnel des objets - modèle informatique de LAGON

CHAPITRE III. CALCUL DE BESOIN ET PRELEVEMENT UNITAIRE

Les besoins et les prélèvements unitaires des cultures (théoriques, réels ou horizon) sont calculés au niveau des régions agricoles (RA). Il s'agit de besoins et de prélèvements unitaires pondérés sur les taux des cultures.

1 Calcul de besoin unitaire théorique des cultures (BUT)

Le besoin unitaire théorique (BUT) est le volume d'eau annuel nécessaire pour permettre une croissance normale des plantes. Le calcul de BUT s'appuie sur le concept d'une réserve utile du sol RU qui est composée de doubles réservoirs : RFU-réserve facilement utilisable et RU2-réserve de survie, avec un pas de temps décadaire. Les caractéristiques de la région agricole considérée (taux des différentes cultures, ETP et PLUVIO, etc) sont prises en compte.

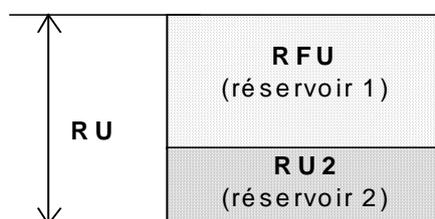


Figure III-1 : schéma du modèle à doubles réservoirs du sol

2 Calcul de prélèvement unitaire théorique des cultures (PUT)

Les prélèvements unitaires théoriques (PUT l/s/ha) sont obtenus par la conversion des besoins unitaires théoriques (BUT).

3 Calcul de prélèvement unitaire réel des cultures (PUR)

Le prélèvement unitaire réel (PUR en l/s/ha, du passé) peut être calculé :

- Soit à partir de celui théorique (PUT) en appliquant, pour une année considérée, un coefficient comportemental d'irrigation et du quota pratiqué ;
- Soit à partir des prélèvements réels des stations de pompage de référence ce qui consiste à pondérer leurs prélèvements réels en proportion des surfaces irriguées recensées ;
- Soit à partir du coefficient d'irrigation (coef_irr) qui désigne, pour un jour donné, le taux d'arrosage par rapport au débit souscrit (Qs en l/s). Il est saisi par le gestionnaire du système de ressource en eau en fonction du contexte climatique du jour.

4 Calcul du prélèvement unitaire horizon (PUSim)

Le prélèvement unitaire horizon (PUSim) ne peut être calculé qu'à partir du prélèvement unitaire théorique (PUT), du coefficient comportemental horizon et du quota horizon souhaité.

CHAPITRE IV. CALCUL DES INFLUENCES JOURNALIERES

Les influences sont des quantités d'eaux retirées du système modélisé ou injectées dans le système modélisé à travers des objets consommateurs. Elles ne comprennent pas les eaux échangées à travers des objets véhiculeurs (ex : les vannes mais aussi les lacs).

Elles sont calculées au niveau de chaque BVE. Il s'agit de comptabiliser toutes les perturbations apportées sur les ressources du système modélisé, avec la prise en compte des influences des nappes.

Les influences journalières réelles et horizon peuvent être calculées respectivement à partir des prélèvements unitaires réels (et ou horizon) et des caractéristiques de souscription réelles (ou horizon).

CHAPITRE V. RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS (QNJ)

Les débits naturels (QNJ) d'un cours d'eau sont les débits engendrés par le bassin versant amont en l'absence de perturbation hydraulique (ni apport, ni prélèvement, ni rejet). Ce sont des informations indispensables pour établir les bilans besoins-ressources. Leur reconstitution est une tâche essentielle pour LAGON.

Les débits naturels reconstitués au niveau d'un bief sont les débits naturels du bassin versant intermédiaire logeant le bief (ou débits naturels intermédiaires) et ceux reconstitués au niveau d'une station de mesure sont des débits naturels du bassin versant amont.

1 Reconstitution des débits naturels en appliquant un modèle pluie-débit

La reconstitution des débits naturels à l'aide d'un modèle pluie-débit consiste à calculer les débits naturels directement à partir des :

1. Caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques du bassin versant (ou bassin versant intermédiaire) considéré ;
2. Mesures climatiques en particulier la pluviométrie et l'ETP (parfois certains modèles utilisent même les températures).

2 Reconstitution des débits naturels à partir des influences réelles

La reconstitution des débits naturels du bassin versant consiste à ajouter toutes les influences ou perturbations réelles aux débits mesurés, soit :

$$QMJ = QNJ + INF_{BVE} + INF_{LAC} + QMJ_{perturbation}$$

A savoir que dans cette expression vectorielle, l'influence induisant la réduction des débits de cours d'eau porte le signe négatif et celle provoquant le renforcement des débits de cours d'eau porte le signe positif, avec :

- QMJ = débit mesuré de bassin versant à la station de mesure considérée ;
- INF_{BVE} = influence totale du bassin versant amont ;
- INF_{LAC} = influence totale des lacs du bassin versant amont. Il s'agit de la variation du volume totale des tous les lacs.
- $QMJ_{perturbation}$ = débit total de tous les ouvrages de prélèvement (négatifs) ou de réalimentation (positifs) qui assurent des échanges de ressources avec autres bassins versants.

3 Reconstitution des débits naturels par corrélation

La reconstitution des débits naturels par corrélation consiste à calculer les débits naturels d'une station de mesure ou d'un bief à partir de ceux d'autres stations de mesure ou d'autres biefs.

CHAPITRE VI. BILAN BESOINS-RESSOURCES D'UN SYSTEME MODELISE

1 Composition de scénario de déficit

Un bilan besoins-ressources, c'est toujours par rapport à un *scénario de déficit* qui comprend :

- la structure du système de gestion à l'horizon ;
Il s'agit de définir un scénario du système par la prise en compte des objets déclarés (lac, ensemble tactique, etc) et des raccordements des axes hydrauliques à travers des ouvrages gérés ou non ;
- les contraintes de gestion imposées au droit des différents points de consigne (points de bilan) intermédiaires liés et exprimées par des débits objectifs ;
- les influences (ou prélèvements) à l'horizon :
Il s'agit ici d'établir les hypothèses qui permettront de calculer les influences pour un horizon.
 - **Au niveau de région agricole (RA) :**
 - Coefficient comportemental d'irrigation (variant entre 0.0 et 1.0) ;
 - Quota d'irrigation (ex : 1700m³/ha/an) ;
 - Taux des cultures ou assolement (ex : 30% de maïs et 70% de soja).
 - **Au niveau de bassin versant élémentaire (BVE) :**
 - les souscriptions des AEP, REJET et DIVERS ;
 - les souscriptions des prélèvements agricoles ;
 - **Influence spécifique :**
Il s'agit de définir des chroniques d'influences journalières (prélèvements ou rejets) pour les objets d'influence spécifique concernés.
- les fonctionnements des ouvrages non gérés à l'horizon ;
Lors du calcul des bilans besoins-ressources, les débits transitant par les ouvrages non gérés ne peuvent pas être calculés car ils ne sont liés à aucun point de consigne. Il faut donc établir des hypothèses. Il leur faut donc définir des chroniques de débits journaliers à l'horizon.

Par ailleurs, il faut également définir un coefficient d'efficience (k) de gestion qui décrit d'une manière globale l'efficacité de la gestion d'un système des ressources en eau, avec $k \geq 1.0$.

2 Calcul de bilan d'un système non géré

Le calcul de bilan d'un *système non géré* s'applique au niveau du bassin versant et repose sur un réseau hydrographique pseudo-naturel. Il ne prend pas en compte la structure du système de gestion. Seuls les ouvrages non gérés qui assurent les échanges des ressources entre le bassin versant du point de bilan considéré et les autres bassins versants sont pris en compte, à savoir :

- Les lacs au sein du système sont ignorés. Les débits naturels excédentaires des journées humides ne sont donc pas retenus et réutilisés pour d'autres journées sèches et déficitaires ;
- Les points de consigne de gestion intermédiaires (points de bilan pour LAGON) et tous les ouvrages gérés sont également ignorés ;
- Les influences du bassin versant et le débit objectif de gestion défini au niveau du point de bilan considéré sont satisfaits par les ressources naturelles du bassin versant et les apports provenant des bassins versants externes à travers des ouvrages non gérés. Les chroniques de ces ouvrages ont été définies auparavant ;

Le déficit en matière de débit journalier du bassin versant du point de bilan considéré peut être calculé à partir de l'expression suivante :

$$Q_{\text{deficit}} = \text{MAX} [0, k * Q_{\text{obj}} - (Q_{\text{NJ}} + Q_{\text{echangé}} - \text{INFSimTotale})]$$

Avec :

Q_{NJ} = Débit naturel du bassin versant ;

$Q_{\text{echangé}}$ = Débit total d'échange entre le bassin versant considéré et d'autres bassins versants à travers des ouvrages non gérés pour un horizon donné. Dans cette expression, les débits entrant dans le bassin versant portent le signe positif et ceux sortant portent le signe négatif ;

INFSimTotale = Influence totale du bassin versant amont pour un horizon donné (incluant tout type de prélèvement et rejet). Dans cette expression, les influence induisant la réduction des débits de cours d'eau portent le signe positif et celles provoquant le renforcement des débits de cours d'eau portent le signe négatif,

Q_{obj} = Débit objectif de gestion défini au niveau du point de bilan considéré.

k = Coefficient d'efficience de gestion ;

Le déficit volumique annuel est alors :

$$\text{VolDeficit} = \sum_{j=1}^n Q_{\text{deficit}}(j) * 86400 \quad n = \text{nombre de jours de la période de gestion en année}$$

3 Calcul de bilan d'un système géré

Le calcul de bilan d'un *système géré* prend en compte la structure du système de gestion des ressources en eau. Il consiste à évaluer, pour une *année donnée* et pour chaque axe géré (ensemble tactique mono-vanne), les débits nécessaires de la prise pour satisfaire la contrainte et les besoins de l'axe. Ceux-ci permettent ensuite d'obtenir, une courbe d'évolution du volume de lac pour chaque lac et une chronique des débits pour chaque ouvrage géré qui prend de l'eau dans un système externe.

Un exemple de courbe d'évolution du volume d'un lac est donné dans la Figure VI-1. L'écart entre les volumes maximum (initialement défini) et minimum correspond au déficit de ressource en eau du secteur considéré. Sur cette figure, on constate que le volume du lac (maximum) est initialisé à **24hm³** et le volume minimum calculé est de **4hm³** (10/09/2003) ce qui correspond à un volume déficitaire de **20hm³** (=24hm³ – 4hm³) pour l'année 2003.

La somme des déficits de tous les lacs concernés est appelée déficit global du système. Il faut y ajouter les ressources provenant des systèmes externes par des ouvrages gérés.

Le calcul est beaucoup plus complexe que celui d'un système non géré, à savoir que :

- Il faut tenir compte de la structure et du mode de fonctionnement du système. Par exemple, la prise en compte des lacs permet de revaloriser les débits naturels excédentaires sur une période pour d'autres périodes déficitaires.
- Il faut tenir compte des contraintes de gestion intermédiaires, c'est-à-dire, les besoins et les débits objectifs des axes gérés ayant des liens de ressources en eau avec celui du point de bilan considéré doivent être satisfaits par les ouvrages gérés correspondants ;
- Le calcul se fait axe par axe (géré ou non), bief par bief au sein d'un axe ce qui permet de mieux appréhender les répartitions des apports naturels d'une part et d'assurer le non-assèchement des tronçons des cours d'eau des axes gérés d'autre part.

Pour un axe géré, les besoins sont satisfaits à la fois par les débits naturels intermédiaires et les débits provenant de l'ouvrage géré ce qui permet de garantir le non-assèchement du cours d'eau. Pour un axe non géré, les besoins ne sont satisfaits que par les débits naturels intermédiaires et le non-assèchement de cours d'eau ne peut pas être garanti. En cas de pénurie, le cours d'eau se met à sec et un débit nul est enregistré à l'aval.

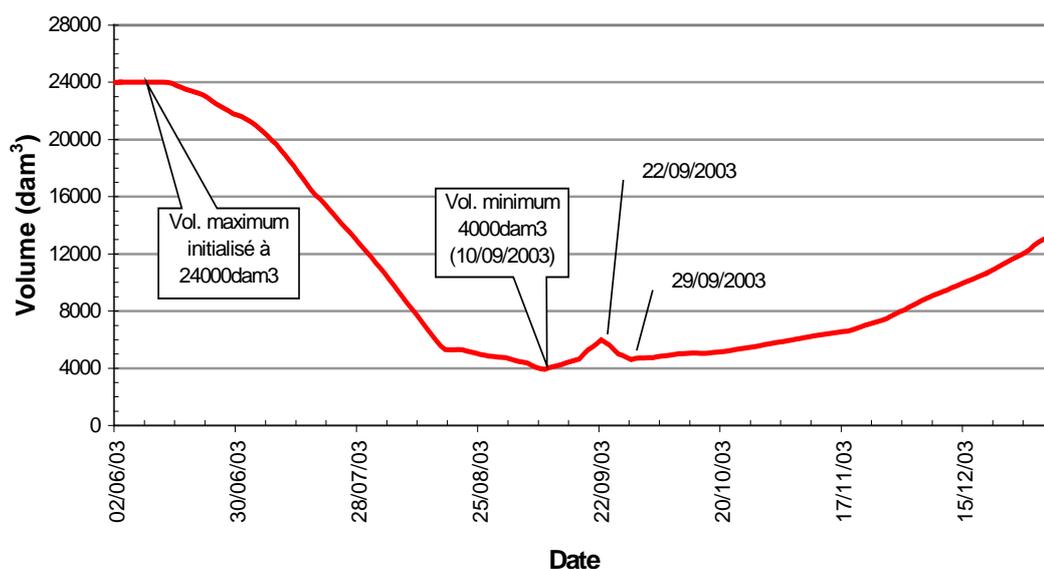


Figure VI-1 : Illustration du volume déficitaire d'un système géré contenant un seul lac

Sur toutes les années considérées, on peut obtenir une chronique des déficits annuels sur lesquels on peut réaliser des analyses statistiques ce qui permet d'évaluer l'état actuel de ressource et la nécessité de créer des nouvelles ressources.

4 Remarque

Les méthodes de calcul de déficit présentées ci-dessus peuvent en fait être considérées comme des options de calcul.

Les déficits obtenus avec l'option de calcul *système non géré* correspondent aux différences entre les besoins à un horizon donné (contrainte de gestion comprise) et les ressources naturelles d'un bassin versant considéré. Les débits naturels excédentaires des journées humides ne sont pas réutilisés.

Quant aux déficits obtenus avec l'option de calcul *système géré*, ils correspondent aux volumes des lacs d'un système de ressource en eau considéré et aux volumes provenant des systèmes externes qui sont nécessaires pour satisfaire, à un horizon donné, les besoins (contraintes de gestion comprises) des axes hydrographiques réalimentés.

La prise en compte de la présence et de la localisation des lacs permet de réutiliser les débits naturels excédentaires des journées humides pour autres journées sèches et déficitaires.

CHAPITRE VII. CONCLUSION ET EXEMPLES D'APPLICATION

LAGON utilise des objets pour modéliser les systèmes de ressource en eau, ce qui lui rend souple d'utilisation et permet une bonne appréhension du problème réel. Les analyses physique et logique ont permis d'établir le schéma relationnel des objets (voir Figure II-3).

Lors du développement et de la présentation des diverses méthodes et des algorithmes de calcul utilisés dans LAGON, on a constaté :

- Que bien que le calcul des influences des BVE apparaisse comme simple, la collecte des informations nécessaires au calcul des influences réelles par BVE n'en reste pas moins une routine fastidieuse ;
- La reconstitution des débits naturels est une étape cruciale de LAGON. C'est également la tâche la plus complexe car il faut calculer les influences réelles d'une part et tenir compte de tout ce qui s'est réellement passé dans le système d'autre part ;
- Les bilans besoins-ressources obtenus par LAGON pour un système géré (avec option de calcul *système géré*) prend en compte la réalité du système de ressource en eau géré, avec la revalorisation des excédents périodiques des ressources naturels amont des lacs. Le calcul de bilan exige une modélisation de qualité du système considéré et nécessite une élaboration rigoureuse des hypothèses et des scénarios.

Les principales étapes nécessaires pour obtenir des bilans cohérents sur un système de ressource en eau sont les suivantes :

- Modélisation du système considéré ;
- Reconstitution des débits naturels ;
- Elaboration des hypothèse et des scénario
- Calcul des bilans.

La Figure VII-1 schématise en détail les étapes de calcul jusqu'à l'obtention d'un bilan besoins-ressources. Pour garantir la cohérence des résultats, il est très important de savoir que la modification des données d'une étape intermédiaire (de bas niveau) impose le re-calcul de toutes les étapes suivantes (de hauts niveaux) auprès des objets concernés.

Exemples d'application :

LAGON a été utilisé pour calculer des bilans besoins/ressources pour de nombreux systèmes de ressource en eau parmi lesquels on trouve :

- le système Neste ;
- le bassin de l'Adour en amont de Aire-sur-Adour ;
- le système Ariège - Hers-vif ;

Le modèle informatique est présenté dans la Figure VII-2 ;

- les bassins des Luys et Louts ;

Le modèle informatique et les contraintes des scénarii de déficit sont présentés dans la Figure VII-3. Les résultats de calcul d'un scénario de déficit sont illustrés dans Figure VII-4, affichés au niveau des lacs existants ou à créer ;

- la bassin de la Midouze.

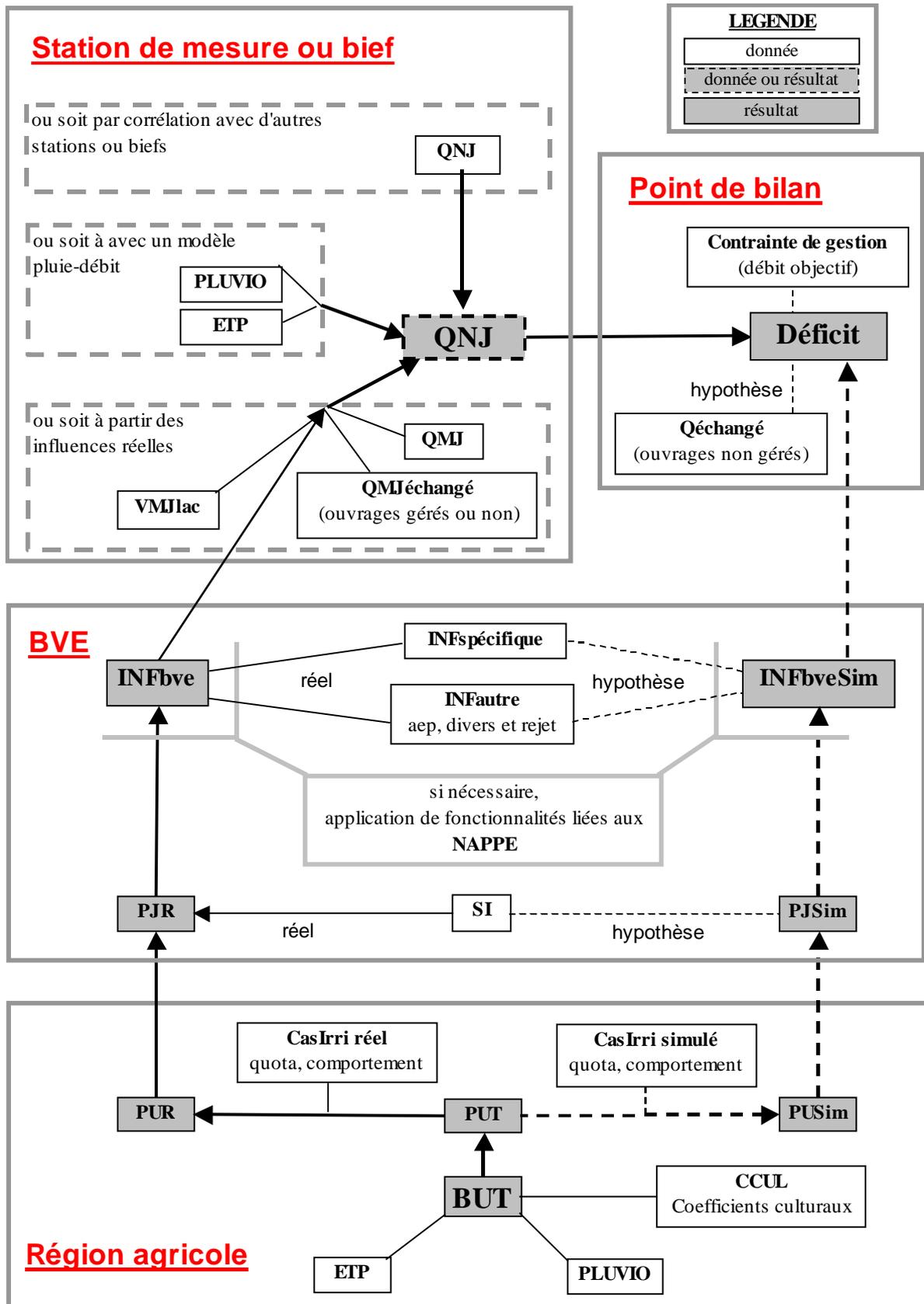


Figure VII-1 : Schématisation des étapes de calcul de bilan besoins-ressources

Figure VII-2 - Plan schématique du modèle informatique de LAGON pour le système de ressource en eau de l'Ariège (non à l'échelle)

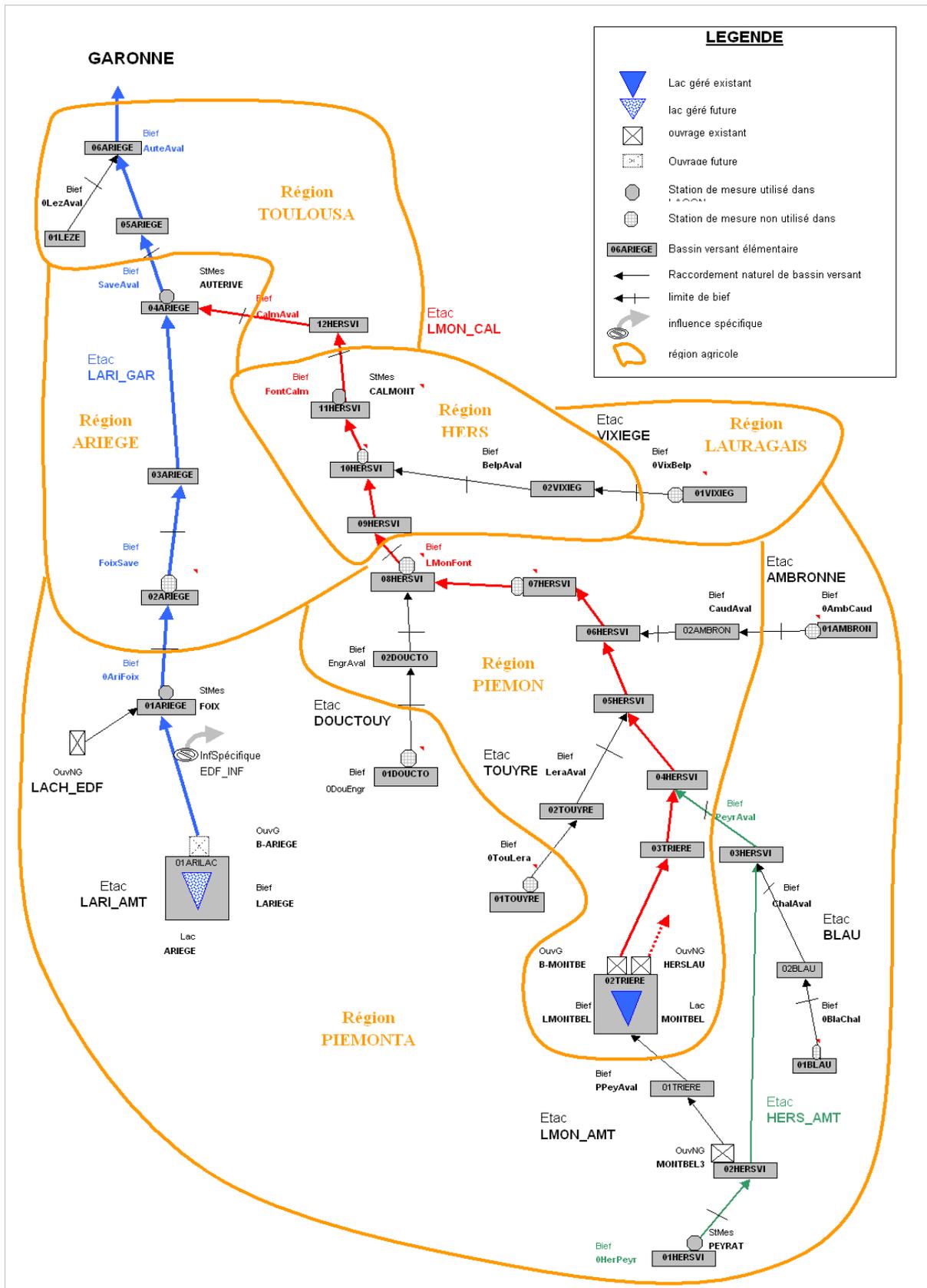


Figure VII-3 – Modèle informatique de LAGON et définition des débits objectifs de gestion pour le système des ressources en eau des Luys et Louts (débit en m³/s)

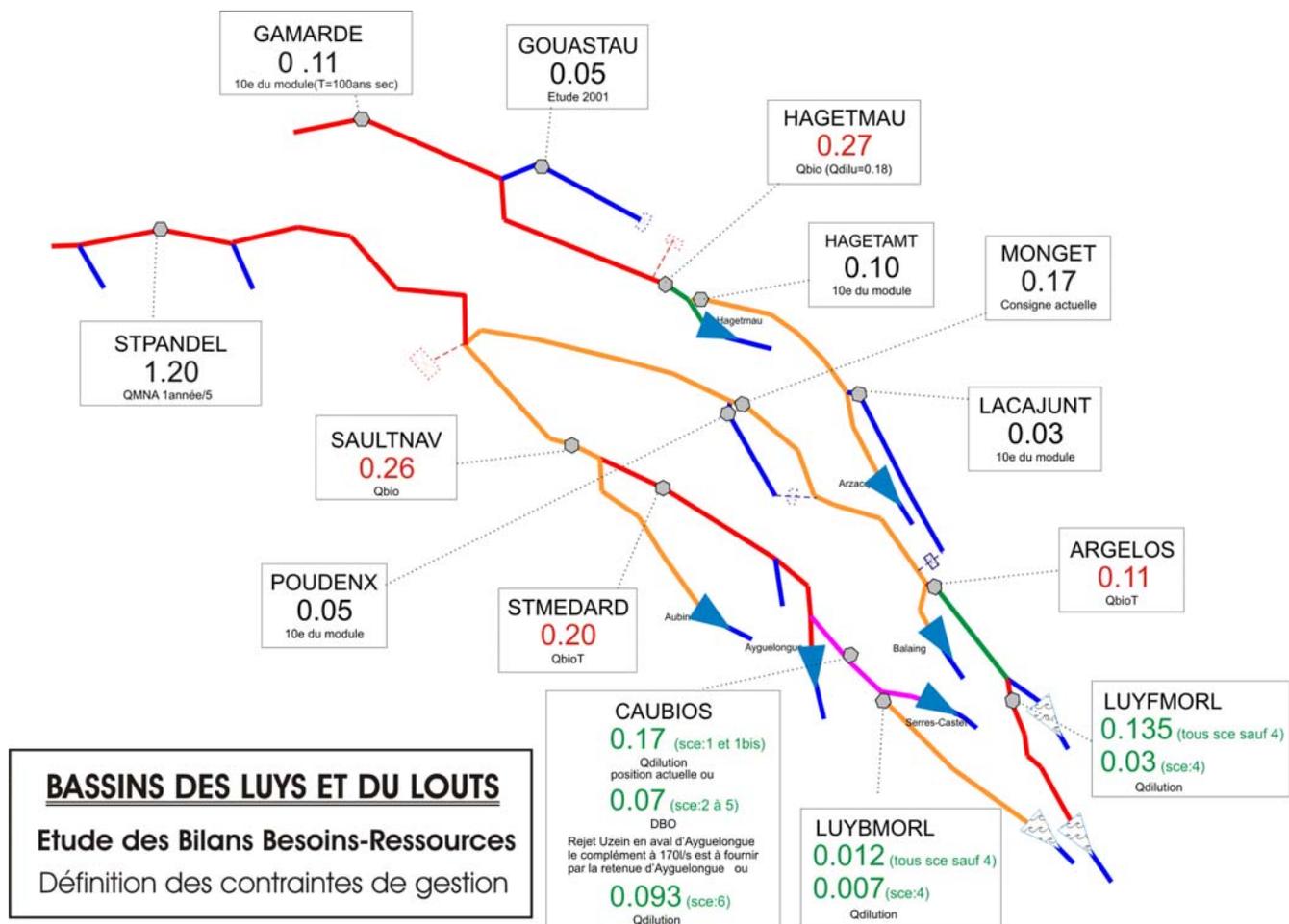
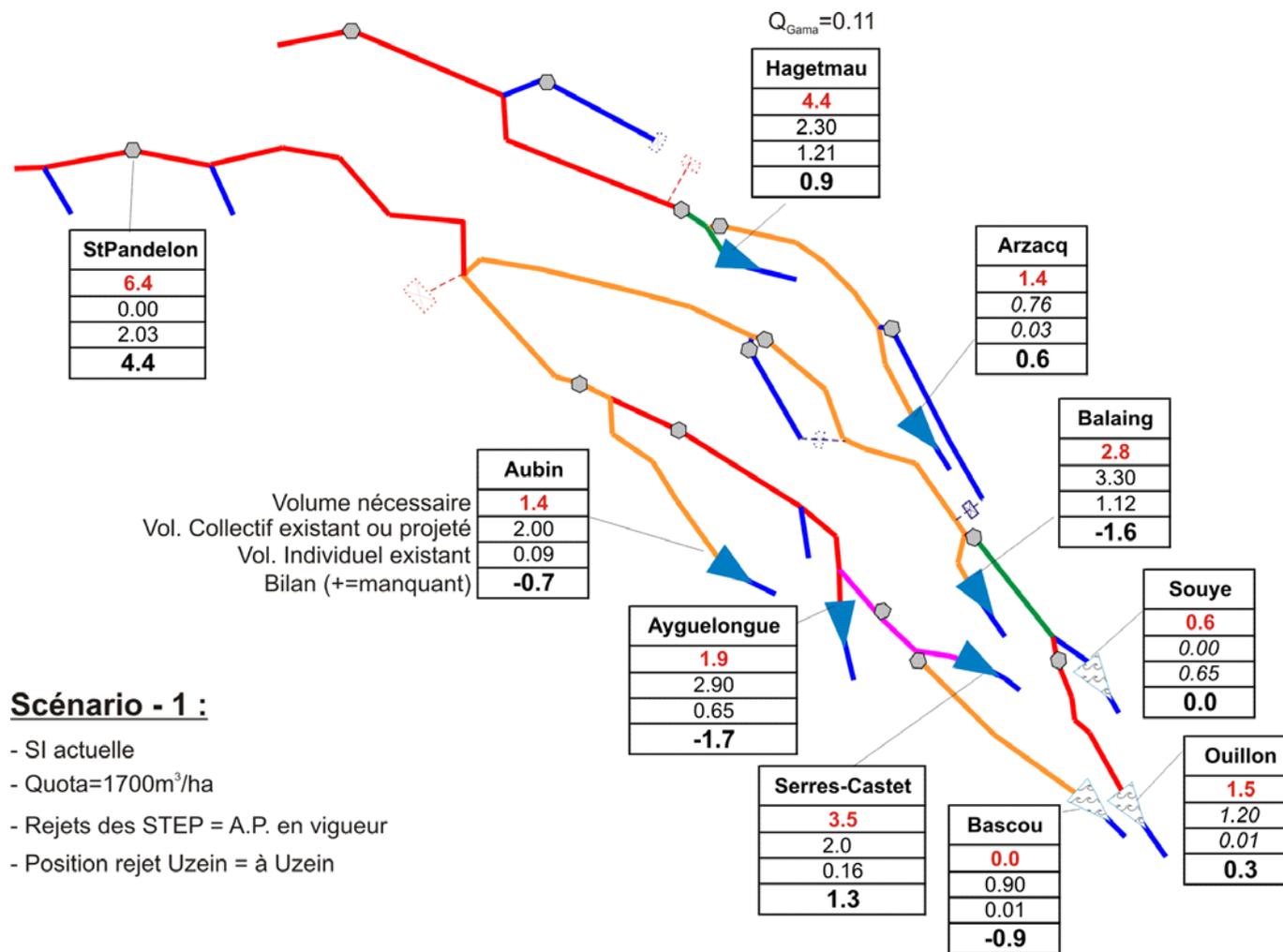


Figure VII-4 – Modèle informatique de LAGON et résultats de calcul d'un scénario de déficit pour le système des ressources en eau des Luys et Louts (volume en hm³)



ANNEXE 6

**DEBITS CONSIGNES INTERMEDIAIRES PRIS EN
COMPTE DANS LES BILANS LAGON**

Les débits consignes intermédiaires (en plus des débits objectifs au niveau des points de contrôle situés en aval des UG) pris en compte dans les calculs LAGON sont ceux qui ont servi de référence dans les études précédentes. Ils sont rassemblés dans les tableaux suivants :

Débits consignes pris en compte dans le bassin de l'Adour en amont de Aire/Adour (mêmes valeurs que lors de l'étude préalable à l'actualisation du PGE Adour amont, CACG 2005, pour le compte de l'institution Adour)				
Type de point de consigne	Point de consigne	Débits consignes		Source
		Type	Valeur	
Points nodaux du SDAGE	Estirac	DOE	3.3 m ³ /s	SDAGE Adour-Garonne
	Aire-sur-Adour	DOE	5.8 m ³ /s	
Point intermédiaire sur l'Adour	Cahuzac	pas d'objectif réglementaire	3.8 m ³ /s	Valeur retenue dans l'étude CACG 2005, recherchée de manière à ne pas « coûter d'eau » (ne pas engendrer de déficit supplémentaire)
Point nodal du SDAGE 2010*-2015	Aire-sur-Adour amont Lées		4.5 m ³ /s	Valeur retenue dans l'étude CACG 2005, recherchée de manière à obtenir une situation d'équilibre sur l'ensemble Lées + Adour entre ce point et la station Aire aval.
Point de consigne pour la gestion du barrage de l'Arret Darré	Arrostot	DSG	1.0 m ³ /s	D'après plan d'exploitation du réservoir de l'Arret Darré
Point de consigne pour la réalimentation des Lées par le barrage du Gabas	Bernède	DSG1	0.5 m ³ /s	D'après plan d'exploitation du réservoir du Gabas, consigne valable si débit à Aire > 4.05 m ³ /s
Point de consigne pour la réalimentation de l'Estéous par le barrage de l'Arret Darré	Rabastens	DSG	0.035 m ³ /s	D'après plan d'exploitation du réservoir de l'Arret Darré
Point de consigne pour la gestion du barrage du Louet	Sombrun	DSG	0.4 m ³ /s (*)	D'après plan d'exploitation du réservoir du Louet ; (*) du 01/06 au 30/09 ; pour le mois d'octobre, un débit objectif réduit à 50l/s a été pris en compte
Restitution de l'Estéous dans l'Adour	R-EstéAd	pas d'objectif réglementaire	0.15 m ³ /s	D'après "dossier d'intérêt général et d'utilité publique pour la création d'un réservoir de renforcement dans le Haut bassin de l'Adour (sous-bassin de l'Alaric)", CACG, Août 1997, l'Objectif de salubrité était évalué à 300 l/s au total à l'aval du système Alaric-Estéous
Restitution du canal de l'Alaric dans le canal de Cassagnac	Pal2	pas d'objectif réglementaire	0.15 m ³ /s	
Point de consigne en aval du Bouès, réalimenté par un système extérieur (système Neste)	R-Bouès (Beaumarché)	DSG "été" (Juin - Septembre)	0.2 m ³ /s	PGE Neste et rivières de Gascogne
		DSG "hors été" (Octobre - Mai)	0.3 m ³ /s	

Débits consignes pris en compte dans le bassin de la Midouze (mêmes valeurs que le scénario 2c de l'étude bilan besoins-ressources du SAGE Midouze, CACG 2008, pour le compte de l'institution Adour)			
Type de point consigne	Point de consigne	Débit consigne	
		Valeur en m3/s	Type de débit correspondant
Point nodal du SDAGE	Midouze à CAMPAGNE	5.6	DBO, valeur ayant reçu un avis favorable par le comité de bassin pour devenir la valeur du DOE à Campagne dans le cadre du SDAGE 2010-2015
Dernière station hydrométrique avant l'Adour	Midouze à TARTAS	5.3	DBC
Station fictive	Douze aval (DOMI)	2.4	DBC
Station intermédiaire Douze	Douze à ROQUEFORT	0.35	QMNA5 nat
Station hydro Estampon	Estampon à ARUE	0.84	DBC
Station hydro Gouaneyre	Gouaneyre à CACHEN	0.23	DBC
Station hydro Midou aval	Midou à MONT-DE-MARSAN	1.6	DBC
Station hydro Izaute	Izaute à MONLEZUN	0.03	QMNA5 nat
Echelle limnimétrique Ludon	Ludon à BOUGUE	0.21	DBC
Station hydro Estrigon	Estrigon à CERE	0.5	DBC
Station hydro Géloux	Géloux à ST MARTIN D'ONEY	0.33	DBC
Station hydro Bez	Bez à ST YAGUEN	0.76	DBC
Station fictive	RETJONS AVAL	0.33	DBC
Point consigne de gestion du barrage de Tailluret	Douze à ST JUSTIN	01/06-15/06 : 0.09	DMS
		16/06-31/08 : 0.15	DSR
		01/09-31/10 : 0.09	DMS
Point consigne de gestion du barrage de St Jean	Douze à CAZAUBON	01/06-15/06 : 0.06	DMS
		16/06-31/08 : 0.06	DSR
		01/09-31/10 : 0.06	DMS
Point consigne de gestion du barrage d'Arthez	Midou à VILLENEUVE-DE-MARSAN	01/06-15/06 : 0.09	DMS
		16/06-31/08 : 0.225	DSR
		01/09-31/10 : 0.09	DMS
Point consigne de gestion du barrage de Charros	Midou à ARTHEZ	01/06-15/06 : 0.08	DMS
		16/06-31/08 : 0.12	DSR
		01/09-31/10 : 0.08	DMS
Point consigne de gestion des barrages de Lapeyrie et Bourges	Midou à LAUJUZAN	01/06-15/06 : 0.05	QMNA5 nat
		16/06-31/08 : 0.08	DSR
		01/09-31/10 : 0.05	QMNA5 nat
Point consigne de gestion du barrage de Maribot	Midou à SORBETS	01/06-15/06 : 0.013	QMNA5 nat
		16/06-31/08 : 0.03	DSR
		01/09-31/10 : 0.013	QMNA5 nat
Point indicateur de gestion du barrage de Bourges	Riberette à AIGNAN	0.01	QMNA5 nat

Signification des sigles :

- DBO = Débit Biologique Objectif (déterminé lors de l' « Etude contribuant à la mise en place d'une gestion globale et équilibrée du bassin de la Midouze par la détermination hydrobiologique de débits de référence », CACG, 2005 pour le compte de la MISE 40) ;
- DBC = Débit Biologique de Crise (même source) ;

- QMNA5 nat = Débit mensuel le plus faible, de période de retour 5 ans, calculé sur les débits naturels reconstitués ;
- DMS et DSR = débit minimum de Salubrité et Débit Seuil de Restriction exprimés, au droit des points de consigne des ouvrages de réalimentation actuels, par l'arrêté interpréfectoral du 06 juillet 2004.

Débits consignés pris en compte dans les bassins Luys/Louts (mêmes valeurs que le scénario 8 de l'étude bilan besoins-ressources préalable au PGE Luys/Louts, CACG 2006, pour le compte de l'institution Adour)			
Type de point consigne	Point de consigne	Débit consigné	
		Valeur en l/s	Type de débit correspondant
Point consigne de gestion	Louts à Gamarde	140	QMNA5 nat
	Gouaougue à St Aubin	50	
Point intermédiaire de gestion	Louts à Hagetmau avant STEP	01/06 – 14/06 : 135 l/s 15/06 – 31/08 : 270 l/s 01/09 – 31/10 : 135 l/s	DBO du 15/06 au 31/08
	Louts amont Hagetmau	34	QMNA5 nat
	Lacajunte	10	QMNA5 nat
	Luy F aval Morlaàs	80	
	Luy F à Argelos	80	
Station hydrométrique	Luy F à Monget	170	Débit consigné de gestion actuel du barrage de Balaing
	Ruisseau Poudenx	17	QMNA5 nat
	Luy B aval Morlaàs	12	Débit de dilution
Point consigne de gestion	Luy B à Caubios	93	Débit de dilution
	Brg Ayguelongue	70	Débit réservé
Station hydrométrique	Luy B à St Médard	200	DBO transposé
Point consigne de gestion	Luy B à Sault de Navailles	260	DBO
Station hydrométrique	Luys réunis à St Pandelon	1200	QMNA5 nat
Station fictive	Ruisseau Arrigan aval	206	QMNA5 nat
Station fictive	Ruisseau Bassecq aval	89	QMNA5 nat
Station fictive	Ruisseau Cazeaux aval	77	QMNA5 nat

Contrairement aux sous-bassin cités ci-avant, la partie du bassin de l'Adour située entre Aire-sur-Adour et le confluent des Gaves (hors bassins de la Midouze, des Luys et du Louts), n'a pas fait l'objet de bilan besoins-ressources récent sous LAGON. Dans ce secteur, les débits objectifs pris en compte sont consignés dans le tableau suivant.

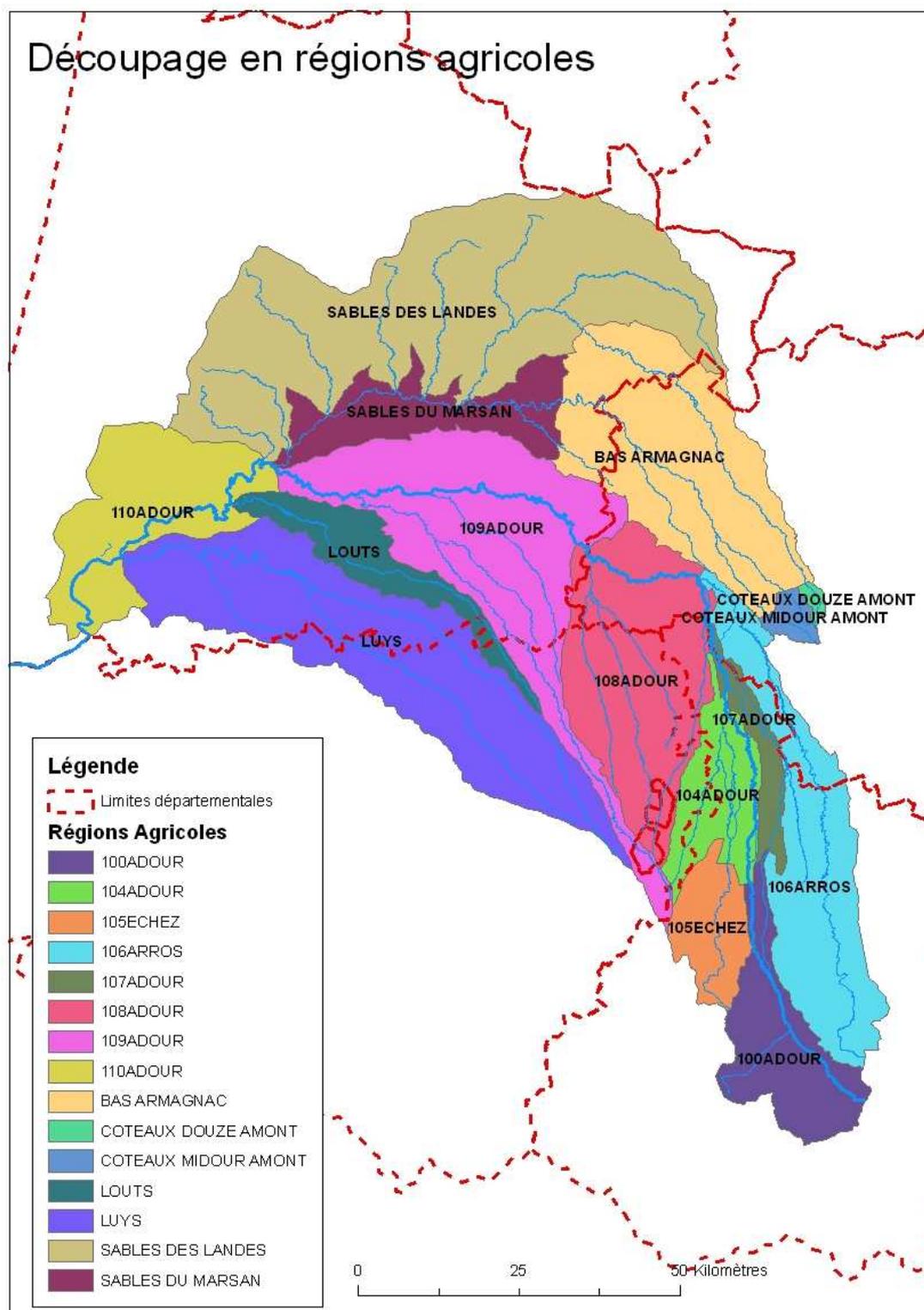
Débits consignés pris en compte dans le sous-bassin Aire-Bec des Gaves (hors bassins de la Midouze, des Luys et du Louts)			
Type de point consigne	Point de consigne	Débit consigné	
		Valeur en m3/s	Type de débit correspondant
Point nodal du SDAGE	Adour à Audon	8.2	DOE
Point consigne de gestion du barrage du Gabas	Gabas à Audignon	0.6	DSG
Point consigne de gestion du barrage de Miramont (Bahus)	Bahus à Classun	0.16	DSG

NB : les débits objectifs pris en compte pour les « petits » barrages de ce secteur correspondent à leur débit réservé en pied de barrage : Latrille (17l/s), Brousseau (26l/s), Renung (13l/s), Fargues (6l/s), Coudures (2.7l/s).

ANNEXE 7

DESCRIPTION DES REGIONS AGRICOLES

Les régions agricoles prises en compte sont les mêmes que celles des études précédentes réalisées sous LAGON. Leurs limites sont indiquées sur la carte jointe et leurs caractéristiques données dans les tableaux suivants. NB : pour les besoins de l'étude, ces régions agricoles ont été re-découpées selon les limites des UG mais il s'agit uniquement d'une astuce de modélisation pour le calcul des volumes prélevables ; les caractéristiques restent celles des régions agricoles d'origine, telles que décrites ci-après.



Caractéristiques des régions agricoles de l'Adour en amont de Aire/Adour (idem étude CACG 2005 « Etude préalable à l'actualisation du PGE Adour amont »)							
Région agricole	Nom 8	100ADOUR	105ECHEZ	106ARROS	104ADOUR	107ADOUR	108ADOUR
	Intitulé	Adour et Alaric en amont de Tarbes	Echez en amont de Bordères	Arros - Estéous	Adour et Echez de Tarbes à confl Estéous ; Laysa	Alaric en aval de Tarbes	Adour de confl Echez à Aire
Répartition des postes pluviométriques		80%Ossun 20%Maubourguet	55%Ossun 45%Maubourguet	50%Maubourguet 40%Ossun 10%Maumusson	30%Ossun 70%Maubourguet	10%Ossun 90%Maubourguet	50%Maumusson 25%Aire 25%Ossun
Répartition des ETP		95%Ossun 5%Maubourguet	92%Ossun 8%Maubourguet	70%Ossun 30%Maubourguet	60%Ossun 40%Maubourguet	60%Ossun 40%Maubourguet	30%Ossun 30%Maubourguet 40%MontdeMarsan
RFU moyenne		60 mm	100 mm	70 mm	75 mm	75 mm	60 mm
Assolement		55%Maïs 45%Prairie	85%Maïs 15%Prairie	90%Maïs 5%Soja 5%prairie	85%Maïs 15%Prairie	85%Maïs 15%Prairie	80%Maïs 10%Maïs doux 5%Soja 5%Haricotvert

Caractéristiques des régions agricoles du bassin de la Midouze (idem étude CACG 2008 « Bilan besoins-ressources sur le bassin versant de la Midouze »)						
Région agricole	Nom	DOUZE_AMONT	MIDOUR_AMONT	BAS_ARMAGNAC	MARSAN	LANDES
	Intitulé	Coteaux de la Douze amont	Coteaux du Midour amont	Bas Armagnac	Sables du Marsan	Sables des Landes
Répartition des postes pluviométriques		100% Lupiac	70% Lupiac 30%Maumusson	100%Salles	100% Mont-de-Marsan	100% Mont-de-Marsan
Répartition des ETP		50% Ossun 50% Mont-de-Marsan	50% Ossun 50% Mont-de-Marsan	30%Ossun 70% Mont-de-Marsan	100% Mont-de-Marsan	100% Mont-de-Marsan
RFU moyenne		70 mm	70 mm	50 mm	45 mm	35 mm
Assolement des surfaces irriguées <i>(sources : DRAF Aquitaine et DDAF32)</i>		60%Maïs 30%Soja 6%Fèves et féveroles 3%Pois 1%Maïs Doux	60%Maïs 30%Soja 6%Fèves et féveroles 3%Pois 1%Maïs Doux	91%Maïs 4%Soja 2%Maïs doux 1%Haricots 1%Fèves et féveroles 1%Pois	85%Maïs 7%Maïs doux 4%Haricots verts 3%Asperges 1%Prairies	78%Maïs 12%Maïs doux 5%Haricots verts 5%Asperges

Caractéristiques des régions agricoles des bassins Luys-Louts et Adour aval (idem étude CACG 2006 pour les bassins Luys Louts)					
Région agricole	Nom	109ADOUR	110ADOUR	LUYS	LOUTS
	Intitulé	Adour de Aire à Audon	Adour de Audon au Bec des Gaves	Bassin des Luys	Bassin du Louts
Répartition des postes pluviométriques		30% Aire 30% Mont-de-Marsan 30% Urgons 10% Ossun	100% Dax	30% Dax 30% Pau 40% Urgons	30% Dax 30% Pau 40% Urgons
Répartition des ETP		80% Mont-de-Marsan 20% Ossun	100% Dax	50% Dax 50% Pau	50% Dax 50% Pau
RFU moyenne		70 mm	70 mm	75 mm	75 mm
Assolement des surfaces irriguées		80% maïs 10% Maïs doux 5% Soja 5% Haricot	100% Maïs	100% Maïs	100% Maïs

ANNEXE 8

**Tests de sensibilité des volumes prélevables par l'irrigation en fonction
des débits consignés intermédiaires**

Simulations de nouveaux débits consignes sur les axes réalimentés Arros et Louet

A la demande du maître d'ouvrage, la CACG a réalisé des simulations complémentaires ciblées sur l'unité de gestion « Estirac-Aire » afin de déterminer un ordre de grandeur des incertitudes sur les volumes prélevables. Ces incertitudes sont liées aux hypothèses de débits consignes retenues pour l'étude Vp 2009 par le comité de pilotage au début de la prestation (nous rappelons que le principe retenu alors était de conserver les hypothèses testées dans les études antérieures afin de pouvoir comparer les résultats).

En effet, ces hypothèses conduisent à ce que les volumes stockés dans les retenues situées en amont des sous-bassins du Louet et de l'Arros, contribuent à satisfaire les débits objectifs et les usages sur l'ensemble de la période Juin-Octobre. Or, les plans d'exploitations des ouvrages ne prévoient pas que ces ouvrages soient utilisés pour combler des déficits automnaux « naturels » (cf. la remarque formulée en conclusion du rapport Vp 2009 intitulée « Affectation temporelle des ressources stockées »). Une partie des volumes stockés contribue donc, dans ces simulations, à satisfaire des débits environnementaux qui ne font pas l'objet d'objectifs contractuel actuellement.

Nous avons donc simulé trois nouveaux scénarios en modifiant quelques hypothèses sur les débits consignes pour se rapprocher des conditions d'exploitation actuelle (cf. Tableau 26). L'analyse réalisée ensuite sur les résultats de modélisation n'a porté que sur l'unité de gestion « Estirac-Aide ».

Tableau 26 : valeurs de débits consignes en aval des axes Louet et Arros

Bassin	Point Consigne	Commentaires	Simulations étude 2005 et calculs Vp (scénario de contraintes liées n°1 dans LAGON)	Selon Plans d'exploitation	Nouvelles simulations réalisées (scénario de contraintes liées n°3 dans LAGON)
ARROS	ARROSTOT	Arros aval	1 m ³ /s du 01/06 au 31/10	1000 l/s pendant 4 mois	1 m ³ /s du 15/06 au 15/10 0 le reste du temps
	RABASTENS	Estéous à Rabastens	35 l/s du 01/06 au 31/10	35 l/s pendant la « campagne d'été »	35 l/s du 15/06 au 15/09 0 le reste du temps
LOUET	SOMBRUN	Louet à Sombrun	400 l/s du 01/06 au 30/09 50 l/s du 01/10 au 31/10	400 l/s du 01/07 au 31/08	400 l/s du 01/07 au 31/08 0 le reste du temps

Les scénarios étudiés pour comparaison sont les suivants :

- Scénario 2 (1600 m³/ha pour l'UG Estirac-Aire) ;
- Scénario 3 (850 m³/ha pour cette UG) ;
- Scénario 5 (1000 m³/ha pour cette UG).

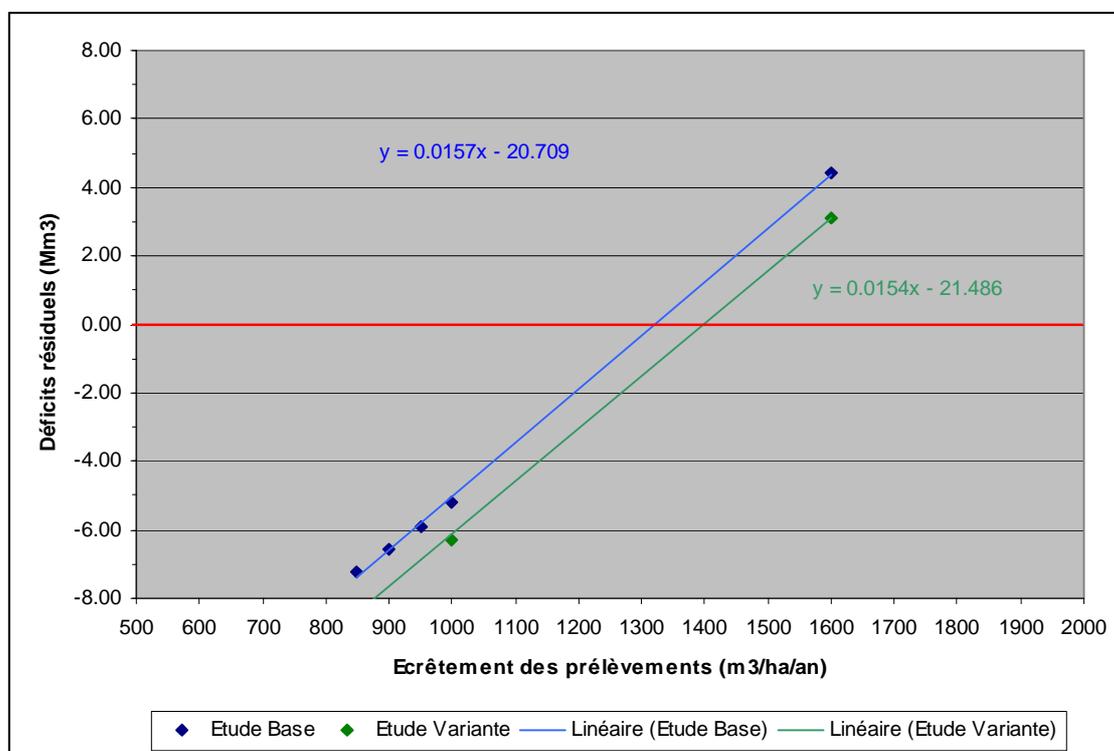
Les résultats montrent un écart de $1,2 \text{ Mm}^3$ en termes de volumes prélevables par l'irrigation. Ainsi, les premières simulations conduisaient à un volume d'équilibre de $20,64 \text{ Mm}^3$ et cette nouvelle analyse conduit à un résultat de l'ordre de $21,87 \text{ Mm}^3$.

Le Tableau 27 montre les déficits absolus simulés par LAGON (dont on retranche 15 Mm^3 pour les retenues du Louet et de l'Arros ainsi que 6 Mm^3 pour la contribution du Gabas). La Figure 41 permet de visualiser les écarts entre les résultats issus des deux hypothèses en matière de débits consignés.

Tableau 27 : déficits absolus simulés par LAGON sur l'UG « Estirac-Aire »

Scénario	Déficit Etude Vp 2009	Déficit Variante Arros-Louet
3	13.78	12.68
5	15.81	14.73
2	25.43	24.11

Figure 41 : détermination des déficits nuls sur l'UG « Estirac-Aire »



Conclusion

La précision des résultats est sensible aux hypothèses retenues en termes de débits consignés : on le constate avec ces nouvelles simulations.

D'autre part, le niveau (géographique) d'analyse des résultats peut entraîner quelques différences selon que l'on calcule des statistiques à une échelle fine ou pas (le fait de travailler au niveau des unités de gestion ne permet pas de voir les différences entre les axes réalimentés et les autres), et ce même si LAGON modélise précisément le bassin (localisation des ressources et des prélèvements).

Simulations de nouveaux débits consignes sur les axes réalimentés Luys et Louts

A la demande du maître d'ouvrage, la CACG a réalisé des simulations complémentaires ciblées sur les unités de gestion « Luys » et « Louts » afin de déterminer un ordre de grandeur des incertitudes sur les volumes prélevables. Ces incertitudes sont liées aux hypothèses de débits consignes retenues pour l'étude Vp 2009 par le comité de pilotage au début de la prestation (nous rappelons que le principe retenu alors était de conserver les hypothèses testées dans les études antérieures afin de pouvoir comparer les résultats).

En effet, ces hypothèses conduisent à ce que les volumes stockés dans les retenues situées en amont des sous-bassins des Luys et du Louts, contribuent à satisfaire les débits objectifs et les usages sur l'ensemble de la période Juin-Octobre. Or, les plans d'exploitations des ouvrages ne prévoient pas que ces ouvrages soient utilisés pour combler des déficits automnaux « naturels » (cf. la remarque formulée en conclusion du rapport Vp 2009 intitulée « Affectation temporelle des ressources stockées »). Une partie des volumes stockés contribue donc, dans ces simulations, à satisfaire des débits environnementaux qui ne font pas l'objet d'objectifs contractuel actuellement.

Nous avons donc simulé trois nouveaux scénarios en modifiant quelques hypothèses sur les débits consignes pour se rapprocher des conditions d'exploitation actuelle (cf. Tableau 26). L'analyse réalisée ensuite sur les résultats de modélisation n'a porté que sur les unités de gestion « Luys » et « Louts ».

Tableau 28 : valeurs de débits consignes en aval des axes Louet et Arros

Bassin	Point Consigne	Commentaires	Simulations étude 2005 et calculs Vp (scénario de contraintes liées n°1 dans LAGON)	Nouvelles simulations réalisées (scénario de contraintes liées n°4 dans LAGON)
LUYS	CAUBIOS	Luy Béarns	93 L/s du 01/06 au 31/10	53 L/s du 01/06 au 31/10 - DSG pendant l'irrigation (AP du 09/07/02 relatif à la gestion de Serres-Castet) - QMNA5 sinon
	AVAL MORLAAS	Luy France	80 l/s du 01/06 au 31/10	19 L/s du 01/06 au 31/10 (QMNA5)
	ARGELOS	Luy France	80 l/s du 01/06 au 31/10	51 L/s du 01/06 au 31/10 (QMNA5)
LOUTS	Pas de nouvelles hypothèses			

Les scénarios étudiés pour comparaison sont les suivants :

- Scénario 2 (1500 m³/ha pour les UG « Luys » et « Louts ») ;
- Scénario 3 (1200 m³/ha pour l'UG « Luys » et 1100 m³/ha pour l'UG « Louts ») ;

- Scénario 5 (1300 m³/ha pour l'UG « Luys » et 1700 m³/ha pour l'UG « Louts »).

Les résultats montrent un écart de 0,2 Mm³ en termes de volumes prélevables par l'irrigation sur l'UG « Luys » (pas de modification sur l'UG « Louts » puisque les hypothèses n'ont pas été modifiées). Ainsi, les premières simulations conduisaient à un volume d'équilibre de 9,74 Mm³ et cette nouvelle analyse conduit à un résultat de l'ordre de 9,95 Mm³.

Le Tableau 27 montre les déficits absolus simulés par LAGON (dont on retranche 9,8 Mm³ pour les retenues de Balaing, Serres-Castet, Ayguelongue et Aubin). La Figure 41 permet de visualiser les écarts entre les résultats issus des deux hypothèses en matière de débits consignés.

Tableau 29 : déficits absolus simulés par LAGON sur l'UG « Luys »

Scénario	Déficit Etude Vp 2009	Déficit Variante Luys
2	11.27	11.42
3	9.17	9.33
5	9.94	10.10

Figure 42 : détermination des déficits nuls sur l'UG « Luys »

